

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุดิบ

- ปลายข้าวเจ้า พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เกรดซี จากสหกรณ์ข้าว
- อ่างเก็บน้ำ จังหวัด เชียงใหม่ เดือนกุมภาพันธ์ 2548
- ข้าวโพดเกล็ด (corn grit) จาก บริษัท ไทยเมส โปรดักส์ จำกัด
- แคลเซียมคาร์บอเนต จากห้างหุ้นส่วน จำกัด โอ.วี เคมิคัล แอนด์ ซัพพลาย
- น้ำตาลทรายขาว ตรา มิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
- น้ำมันพืช ตรา อุ่น บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน)
- น้ำดื่มบริษัท เชียงใหม่โพสตา (1992) จำกัด
- งามาวยดิบ ตราเกษตร จากบริษัท ไทยฮา จำกัด (มหาชน)
- งามาดิบ ตราเกษตร จากบริษัท ไทยฮา จำกัด (มหาชน)
- งามาญจ จากร้านค้าปลีกตลาดต้นพะยอม
- ผงปรุงรสสำเร็จรูปรส โนริสาหร่าย จากร้านคลังเครื่องปรุงเชียงใหม่

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมงา

- เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยว (Brabender Laboratory Extruder) : model 19/20 DN, Brabender DHG, Germany (ภาพที่ ก.4)
- เครื่องวัดความชื้น (Infrared moisture determination balance) : FD-620-1, Kett Electric Laboratory, Japan
- เครื่องร่อนตะแกรง (Test sieve shaker) : Octagon 200, England
- เครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill) และตะแกรงขนาด 2.5 มิลลิเมตร : Armfield FT2, Armfield Limited, England (ภาพที่ ก.3)
- ตู้อบลมร้อนชนิดถาด (Tray dryer) : model kottermann, Germany
- เครื่องชั่งแบบดิจิทัล (Analytical balance) : Tanita, model 1140, Thailand
- เครื่องบดอาหาร (Blender) : National, model MX- 795 N, Thailand
- เตาแก๊ส 4 หัว : Whirlpool
- กระดาษฟอยล์เคลือบเทฟลอน ตราผ้าลาย

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดสี (Color lab) : Minolta CR-300 Series, Japan
- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) : Instron, model 5565, USA
- ภาชนะแก้วทรงกระบอก ปริมาตร 730 มิลลิเมตร
- เวอร์เนีย คาลิเปอร์ขนาด 0-150 มิลลิเมตร

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV/VIS Spectrometer) : Jasco V- 530, Japan
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยมที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม (Analytical balance) : A120S, Switzerland
- ชุดย่อยโปรตีน (Digestion unit) : Digestion 1007 digester, Sweden
- ชุดกลั่นโปรตีน (distillation unit) : Tecator 2100, Sweden
- เครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี (AQUA LAB) : CX3TE, model series 3, USA
- เตาเผา (Muffle furnace): Gallen kamp, USA
- ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet extraction apparatus): Soxtec avanti 2050, Iteicator
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath): Memmert WB14, Germany
- ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven): Termaks, Germany

3.2 สารเคมี

- เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol; EtOH, C₂H₅OH): GR Grade, Merck, Germany
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH): GR Grade, Merck, Germany
- กรดอะซิติก (Acetic acid, CH₃COOH): GR Grade, Merck, Germany
- โปเตโตอิมิโลสบริสุทธิ (potato amylose): GR Grade, Fluka, Seitzland
- ไอโอดีน (Iodine, I₂) : GR Grade, APS finechem, Australia
- โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide): GR Grade, APS finechem, Australia
- ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether): GR Grade, Merck, Germany
- กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, H₂ SO₄): GR Grade, Merck, Germany

- โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate, Na_2SO_4) : GR Grade, Merck, germany
- คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate pentahydrate, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) : GR Grade, Merck, Germany
- เมทิลเรด (Methyl red) : GR Grade, Merck, Germany
- โบรโมกรีน (Bromogresol green) : GR Grade, Merck, Germany
- กรดบอริก (Boric acid) : GR Grade, Merck, Germany
- โพแทสเซียมไตรไอโอดेट (Potassium tri iodate) : GR Grade, APS finechem, Australia
- แป้ง (Soluble starch) : GR Grade, Fluka, Germany

3.3 วิธีการทดลอง

การศึกษาผลของส่วนผสมและสภาวะการผลิตโดยกระบวนการเอ็กทราชันต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวเสริมงา แบ่งงานวิจัยออกเป็น 5 ตอนดังนี้

3.3.1 ศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยว

3.3.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดกลีต ปลายข้าวหอมมะลิ และงา ซึ่งมีการเตรียมแตกต่างกันดังนี้

- ข้าวโพดกลีต คัดเลือกสิ่งเจือปนออก
- ปลายข้าวหอมมะลิ คัดเลือกสิ่งเจือปนออก บดด้วยเครื่องบดแบบค้อนผ่านตะแกรง

ขนาด 2.5 มิลลิเมตร

- งา คั่วดิบ งาขาวดิบ และงาหม่นดิบ คัดเลือกสิ่งเจือปน และเมล็ดงาเสียออก จากนั้นนำงาแต่ละชนิดมาคั่วด้วยไฟระดับต่ำสุดด้วยเตาแก๊ส ครั้งละ 150 กรัมในกระทะแบนแบบเคลือบเทฟลอน ใช้ไม้พายคนตลอดเวลา เป็นระยะเวลา 5 นาที ทำให้เย็นบนถาด แบ่งงาแต่ละชนิดที่คั่วแล้วมาบดด้วยเครื่องบดอาหารความเร็วระดับ 1 ครั้งละ 50 กรัม จนละเอียดไม่เห็นเป็นเมล็ด

3.3.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพของวัตถุดิบ

นำวัตถุดิบที่เตรียมได้ ทั้ง 3 ชนิดไปตรวจคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำโดยวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ดังนี้

1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าสี โดยวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) โดยเครื่องวัดสีระบบอัตโนมัติ (Hunter Lab) (ภาคผนวก ค 1.1)
- ขนาดของอนุภาค โดยร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 และ 50 เมช (mesh) ด้วยเครื่องร่อนตะแกรง ชั่งน้ำหนักของอนุภาคที่ตกค้างและรูดผ่านตะแกรงแต่ละขนาดคำนวณค่าเป็นร้อยละ

2) การวิเคราะห์ทางเคมี ทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ดังนี้

- ความชื้น โดยการอบที่ 105 องศาเซลเซียส (AOAC, 2000)
- โปรตีน โดยวิธี Semi-Kjedahl (AOAC, 2000)
- ไขมัน โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอีเทอร์ (Ether extract method ; AOAC, 2000)
- เถ้าทั้งหมด โดยการเผาที่ 550 องศาเซลเซียส (AOAC, 2000)
- เยื่อใยหยาบ โดยการย่อยด้วยกรดและด่าง (AOAC, 2000)
- คาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ (AOAC, 2000)
- ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity : a_w) โดยเครื่อง AQUA LAB
- แป้ง (starch) ในข้าวโพดกลีต และ ปลายข้าวหอมมะลิบดโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง (AOAC, 2000)
- อะไมโลส ในข้าวโพดกลีต และ ปลายข้าวหอมมะลิบดโดยวิธี Iodine blue value (Knutson, 1986)

นำข้อมูลคุณภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.2 ศึกษาชนิดของงานและการก่อตัวคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมงาซึ่งผลิต

จากเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์

ใช้สูตรของขนมขบเคี้ยวพื้นฐานที่ดัดแปลงจาก ประชา และจุพาลักษณ์ (2543) ซึ่งประกอบด้วย ส่วนผสมของข้าวโพดกลีต : ปลายข้าวหอมมะลิบด (1: 1) น้ำตาลทราย น้ำมันพืช และแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณร้อยละ 3 2 และ 1 ตามลำดับ โดยในการศึกษานี้ใช้ งา ที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆเดิมลงไป ปริมาณร้อยละ 4 ของส่วนผสมสูตรพื้นฐาน โดยส่วนผสมอื่น ๆ มีปริมาณคงที่

เตรียมส่วนผสม 400 กรัมโดยเติมงาที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆเพิ่มลงไป ร้อยละ 4 ผสมให้เข้ากันโดยใช้มือในการผสม ประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นปรับความชื้นส่วนผสมเป็นร้อยละ 13 (ภาคผนวก ง.1) บรรจุเก็บไว้ในถุงโพลีโพรพีลีน และรัดปากถุงทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นป้อนเข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ใช้รูเปิดหน้าแปลนเป็นรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร สภาพะที่ใช้ในการผลิตประกอบด้วย ความเร็วในการป้อนวัตถุดิบ (feeder speed) 40 รอบต่อนาที ความเร็วรอบสกรู (screw speed) 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิภายในเครื่อง (barrel temperature) โซนที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 120 150 และ 170 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และความเร็วของใบมีดหน้าแปลน (cutter speed) 80 รอบต่อนาที (ตัดแปลงจาก Brabender, 2002 และ ขวัญชนก และจารุพันธ์ 2548) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปอบโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที เก็บผลิตภัณฑ์บรรจุลงในถุง ปิดผนึกให้แน่น จากนั้นจึงสุ่มตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) โดยตรวจคุณภาพดังนี้

- ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) โดยเครื่องวัดสี (ภาคผนวก ค.1.1)
- วัดค่าแรงกดแตก (Maximum compression force: CF) (ภาคผนวก ค.1.2)
- ความหนาแน่น (Bulk density : BD) (ภาคผนวก ค.1.3)
- อัตราส่วนการพองตัว (Expansion ratio : ER) (ภาคผนวก ค.1.4)

จากข้อมูลคุณภาพที่วิเคราะห์ได้ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

นำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ ไปทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์ จำนวน 20 คนซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท และเอกของภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้ระบบการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale ซึ่งให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด (ภาคผนวก ข.1) ทำการประเมินคุณภาพทางด้าน สี (color) กลิ่น (odor) รสชาติ (taste) ความกรอบ (crispiness) ความเนียนเนื้อ (smoothness) และความชอบโดยรวม (overall acceptability) นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบชิมไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design : RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของงา ในการผลิตขนมขบเคี้ยว โดยเครื่องเอ็กซ์ทราเดอร์

จากชนิดของงาที่เหมาะสมที่ได้ (จากการทดลองที่ 3.3.2) จะนำชนิดงาที่ได้มาเติมในส่วนผสม โดยใช้ปริมาณแตกต่างกัน 6 ระดับ คือ ร้อยละ 2 4 6 8 10 และ 12 ของส่วนผสมสูตรพื้นฐาน ตามลำดับ โดยที่ส่วนผสมอื่น ๆ มีปริมาณคงที่

เตรียมส่วนผสมและใช้สภาวะการผลิตเดิม (จากการทดลองที่ 3.3.2) ดำเนินการผลิตและนำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมงาที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพดังนี้

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าแรงกดแตก ความหนาแน่น และอัตราส่วนการพองตัวเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.2
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์ จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทและเอกของภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้ระบบการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale ซึ่งให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด (ภาคผนวก ข.1) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวม นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบชิมไปวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.2 จากนั้นทำการคัดเลือกชนิดของงาที่เหมาะสมที่สุดเพียงชนิดเดียวโดยนำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมงาที่ได้จากการศึกษาข้างต้น มาเปรียบเทียบกับ การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ระบบการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale (ภาคผนวก ข.1) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวม นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบชิมไปวิเคราะห์ความแปรปรวน วางแผนการทดลองแบบ T-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.4 ศึกษาสภาวะการผลิตที่เหมาะสมของขนมขบเคี้ยวเสริมงา

ศึกษาสภาวะของเครื่องเอ็กซ์ทราเดอร์ ในการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมงา จากอัตราส่วนที่เหมาะสมของงาที่ได้ (จากการทดลองที่ 3.3.3) นำไปศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต โดยใช้โดยใช้วิธี Response Surface Methodology (RSM) วางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Experiment in Central Composite Design (CCD) (อิสรพงษ์, 2544) โดยศึกษาปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวเสริมงา 3 ปัจจัย ได้แก่ สภาวะการผลิต 3 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้นส่วนผสม (feed moisture) ความเร็วรอบสกรู (screw speed) และอุณหภูมิสุดท้าย (temperature

in the last section) โดยแต่ละปัจจัย ได้กำหนดค่าต่ำสุดและสูงสุด ดังนี้ ความชื้นของส่วนผสม ร้อยละ 13 และ 16 ความเร็วรอบสกรู 150 และ 250 รอบต่อนาที และอุณหภูมิสุดท้าย 160 และ 180 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งจากการวางแผนการทดลองดังกล่าว จะได้สภาวะในการผลิตทั้งหมด 20 สภาวะ (ตารางภาคผนวก ง.1) จากนั้นคำนวณหาค่าของปัจจัยที่ระดับต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต (ตารางภาคผนวก ง.2) ทำการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมงาทั้ง 20 สภาวะ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าแรงกดแตก ความหนาแน่น และอัตราส่วนการฟองตัวเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.2

- คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์ จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทและเอกของภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้ระบบการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale ซึ่งให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด (ภาคผนวก ข.2) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวม

นำข้อมูลคุณภาพที่ได้ นำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert 6.0 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต และหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) จากนั้นเลือกสมการถดถอยลดอันดับที่มีค่า R^2 (coefficient of determination) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 เพื่อนำไปสร้างกราฟพื้นที่ตอบสนอง (response surface) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistica 5.01

3.3.5 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพโดยการปรุงรส และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

เสริมงา

3.3.5.1 ศึกษาระดับที่เหมาะสมของผงปรุงรส โนริสาหร่าย

ทำการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมงาตามอัตราส่วนของงา และสภาวะการผลิตที่เลือกได้ (จากการทดลองที่ 3.3.3 และ 3.3.4) นำไปปรุงรสด้วยผงปรุงรส โนริสาหร่าย 4 ระดับคือร้อยละ 6 9 12 และ 15 ของน้ำหนักขนมขบเคี้ยวเสริมงา ตามลำดับ โดยใช้น้ำมันพืชร้อยละ 8 ของน้ำหนักขนมขบเคี้ยวเสริมงา พ่นลงบนชิ้นขนม เพื่อช่วยในการเกาะติดของผงปรุงรส (คัดแปลงจาก ขนิษฐา, 2549)

นำขนมขบเคี้ยวเสริมงาที่ผ่านการปรุงรสแล้วมาทำการตรวจคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีทดสอบจัดอันดับ (Ranking test) (ภาคผนวก ข.3) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์จำนวน 20 คน ทำการตรวจสอบคุณภาพทางด้านความชอบโดยรวม โดยเรียงลำดับความชอบ ซึ่งให้หมายเลข 1 แทนความชอบอันดับแรก จนถึงหมายเลข 4 แทนความชอบอันดับสุดท้าย เปรียบเทียบผลรวมอันดับ โดยใช้ตาราง เปรียบเทียบ Rank totals (ภาคผนวก จ) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ไพโรจน์, 2545)

3.3.5.2 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมงา

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมงาที่ได้จากการศึกษา 3.3.5.1 ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันในทางการค้า 2 ชนิด ดังนี้

1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแต่ละชนิดไปวัดค่าสี โดยวัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) โดยเครื่องวัดสี (ภาคผนวก ค. 1.1) และความหนาแน่น (ภาคผนวก ค. 1.3) ค่าแรงกดแตก (ภาคผนวก ค. 1.4)

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีต่างๆ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ ไขมันทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต วอเตอร์แอกติวิตี (ภาคผนวก ค. 2)

3) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.3.2 ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวมโดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก ข.4)