บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- ข้าวเจ้าท่อน พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากสหกรณ์ข้าว อำเภอ สันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่
- ลำไย พันธุ์ดอ สวนกรรณานุช จังหวัดลำพูน
- แคลเซียมคาร์บอเนต จากบริษัท สงวนชัยเคมีอิมปอร์ต จำกัด
- กรดซิตริก จากห้างหุ้นส่วน จำกัด โอ.วี เคมิเคิล แอนด์ ซัพพลาย
- กัวกัม จากห้างหุ้นส่วน จำกัด โอ.วี เคมิเคิล แอนด์ ซัพพลาย
- น้ำตาลทรายขาว ตรา มิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
- เกลือ ตราปรุงทิพย์ บริษัท สหพัฒนพิบูล จำกัด (มหาชน)
- เนยชนิดเค็ม ตราออร์คิด บริษัท อุตสาหกรรมนมไทย จำกัด
- น้ำดื่ม บริษัท เชียงใหม่โพสตาร์ (1992) จำกัด

3.1.2 อุปกรณ์

- เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยว (Brabender Laboratory Extruder) : model 19/20 DN, Brabender DHG, Germany
- เครื่องวัดความชื้น (Infrared moisture determination balance) : FD-620-1, Kett Blectric Laboratory, Japan
- เครื่องร่อนตะแกรง (Test sieve shaker) : Octagon 200, England
- เครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill) : Armfield FT2, Armfield Limited, England
- เครื่องบดอาหาร (Blender) : Kenwood, model CH550, England
- เครื่องบดอาหาร (Blender) : Philips, model HR2001, China
- เครื่องผสม (Mixer) : House worth, model HW-30835, China
- ตู้อบลมร้อนชนิดถาด (Tray dryer) : Thailand

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) : Labconco, USA
- เครื่องวัดสี (Color lab) : Minolta CR-410 Series, Japan
- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) : Instron, model 5565, USA
- ดิจิตอล เวอร์เนีย คาลิปเปอร์ขนาด 0-200 มิลลิเมตร : MITUTOYO, Japan
- เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) : Novasina, model MS1, Switzerland
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) : Hermle, model Z200A, Germany
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV/VIS Spectrometer) : Jasco V- 530, Japan
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) : Memmert WB14, Germany
- ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven) : Memmert, model UE 400, Germany
- เตาเผา (Furnace) : Carborlite, model CWF 11/14, UK
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance) : Mettler Toledo, model PL1502 -S, Switzerland
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance) : Mettler Toledo, model AB204 -S, Switzerland
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance) : Mettler Toledo, model AL204, Switzerland

3.1.3 สารเคมี

- เอทานอลแอลกอฮอล์ (Ethanol alcohol, EtOH, C_2H_5OH) : Merck, Germany
- อะซิโตน (Acetone, CH_3COCH_3) : RCI Labscan Limited, Thailand
- โปแตสเซียมเฟอริไซยาไนด์ (Potassium ferricyanide, K3Fe(CN)6) : QRëC^{TM}
- กรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid, $C_2HCl_3O_2$) Fisher scientific, UK
- เฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric chloride, FeCl3) Fisher scientific, UK
- โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Sodium dihydrogen phosphate, NaH2PO4•2H2O) : RANKEM, india
- ได-โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (di-Sodium hydrogen phosphate7-hydrate, Na_2HPO_4•$7H_2O$) : Panreac Quimica S.A.U., EU
- 2,2-ไดฟีนิล-1-พิคริลไฮดราซิล (2,2-Diphenyl-1-picryhydrazyl, DPPH) : SIGMA-ALDRICH®, USA

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- สารโฟลิน เซลเคลทีส ฟีนอล (Folin-Ciocalteu's phenol reagent, FCR) : Merck, Germany
- โซเดียม คาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3) : RANKEM, India
- กรดแกลลิค (Gallic acid monohydrate, $C_7H_6O_5 \cdot H_2O$) : SIGMA-ALDRICH®, China
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) : Lab-Scan Analytical Sciences, Thailand
- เอนไซม์โปรตีเอส (Protease)
- เอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส (Amyloglucosidase)
- เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α-Amylase)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยวผสมลำไย

3.2.1.1 ลำไยสด พันธุ์ดอ ล้างให้สะอาด ปอกเปลือก คว้านเมล็ดออก ล้างด้วยน้ำสะอาด บดละเอียดและคั้นน้ำออก บรรจุถุงพลาสติก (High density polyethylene; HDPE) เก็บที่ -18 องศาเซลเซียส จนกว่านำมาศึกษา

3.2.1.2 ลำไยอบแห้งจากกรรมวิธีการอบแห้งโดยเตาอบลมร้อน นำลำไยพันธุ์ดอ ล้างให้สะอาด ปอกเปลือก คว้านเมล็ดออก ล้างด้วยน้ำสะอาด แช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นำไปอบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง จากนั้นอบต่อที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนลำไยมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10-15 นำลำไยที่ได้มาบดให้ละเอียด บรรจุถุงฟอยล์ ปิดผนึกสุญญากาศ เก็บที่ -18 องศาเซลเซียส จนกว่านำมาศึกษา

3.2.1.3 ลำไยผงจากกรรมวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze-dryer) โดยประยุกต์ใช้วิธีการเตรียมลำไยผงของนพพลและคณะ (2552) โดยนำเนื้อลำไยพันธุ์อีดอไปบดให้ละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้ละเอียด จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ผงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะ บรรจุถุงฟอยล์ ปิดผนึกสุญญากาศ เก็บที่ -18 องศาเซลเซียส จนกว่านำมาศึกษา

3.2.1.4 แป้งข้าวเจ้า เตรียมโดยนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาบดละเอียดด้วยเครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill) ผ่านตะแกรงขนาด 2.5 มิลลิเมตร (สุลาลักษณ์, 2549) บรรจุถุงพลาสติกแบบหนา (Polypropylene; PP) ปิดผนึกสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิห้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 การศึกษาสมบัติทางด้านกายภาพและด้านเคมีของลำไยสด ลำไยอบแห้ง และลำไยผง

ศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและด้านเคมีของลำไยสด ลำไยอบแห้ง และลำไยผง ที่ได้จากการเตรียมลำไยจาก 3.2.1 โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติดังนี้

3.2.2.1 วัดสีในระบบ Hunter (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab (Minolta CR-400 Series, Japan) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.1.1

3.2.2.2 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.1

3.2.2.3 สกัดตัวอย่าง โดยดัดแปลงวิธีจาก Mahattanatawee et al. (2006) และ Wu *et al.* (2006) (ภาคผนวก ข.2.4) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu's reagent (Lim *et al*., 2007) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.5

- ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhy-drazyl (DPPH) (ดัดแปลงวิธีจาก Wu *et al.*, 2006) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.6

- Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Lim *et al*., 2007) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.7

3.2.3 การศึกษารูปแบบของลำไยที่เหมาะสมสำหรับผลิตขนมขบเคี้ยวผสมลำไย

การศึกษารูปแบบของลำไยที่เหมาะสมสำหรับผลิตขนมขบเคี้ยวผสมลำไย ได้แก่ ลำไยสด (FL) ลำไยจากกรรมวิธีการอบแห้ง (HADL) และลำไยผงจากกรรมวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (FDL) โดยใช้วัตถุดิบหลัก 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทราย และลำไยที่ได้จากการเตรียมวัตถุดิบ โดยกำหนดปริมาณของลำไยคงที่ในปริมาณ 5 กรัม (น้ำหนักเปียก) ต่อน้ำหนักส่วนผสมหลัก 100 กรัม และปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคงที่ในปริมาณ 1 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสมหลัก 100 กรัม เตรียมส่วนผสมในแต่ละสูตรหนัก 1 กิโลกรัม ปรับความชื้นส่วนผสมเป็นร้อยละ 13 (จิราภา, 2539) แล้วบรรจุในถุงพลาสติกแบบหนา (Polypropylene; PP) ที่ปิดสนิทและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นป้อนเข้าเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยว (model 19/20 DN, Brabender DHG, Germany) ใช้หน้าแปลน (die) เป็นรูเปิดวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร โดยมีสภาวะที่ใช้ในการผลิตประกอบด้วย ความเร็วของการป้อนวัตถุดิบ (feeder speed) 40 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของสกรู (screw speed) 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิของบาร์เรล (barrel temperature) โซนที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 120, 150 และ 170 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และความเร็วของใบมีดที่หน้าแปลน (cutter speed) 180 รอบต่อนาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (สุลาลักษณ์, 2549) บรรจุถุงฟอยล์ปิดผนึก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งนำไปวิเคราะห์คุณภาพ ดังต่อไปนี้

3.2.3.1 สกัดตัวอย่าง โดยดัดแปลงวิธีจาก Mahattanatawee et al. (2006) และ Wu *et al.* (2006) (ภาคผนวก ข.2.4) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu's reagent (Lim *et al*., 2007) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.5

- ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhy-drazyl (DPPH) (ดัดแปลงวิธีจาก Wu *et al.*, 2006) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.6

- Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Lim *et al*., 2007) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.7

3.2.3.2 วัดสีในระบบ Hunter (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab (Minolta CR-410 Series, Japan) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.1.1

3.2.3.3 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.1

3.2.3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยการวัดค่าแรงกดแตก โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer: Instron, model 5565, USA) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.1.2

3.2.3.5 ความหนาแน่น (จตุพร, 2550) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.1.3

3.2.3.6 อัตราส่วนการพองตัว (สุลาลักษณ์, 2549) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.1.4

3.2.3.7 วอเตอร์แอคติวิตี (water activity, a_w) โดยเครื่อง Aqua Lab ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.2

3.2.3.8 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Anderson *et al.*, 1969) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.3

3.2.3.9 ความสามารถในการละลายน้ำ (Anderson *et al.,* 1969) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.3

3.2.3.10 การประเมินทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ทำการประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ (texture) สี (color) กลิ่น (flavour) รสชาติ (taste) ความเนียนเนื้อ (smoothness) ความกรอบ (crispiness) และความชอบโดยรวม (overall acceptability) ใช้วิธีทดสอบแบบ 9-points hedonic scale โดยให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากนั้นนำข้อมูลคุณภาพที่ได้ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2.4 การศึกษาสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับผลิตขนมขบเคี้ยวผสมลำไย

การศึกษาสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับผลิตขนมขบเคี้ยวผสมลำไย โดยใช้วัตถุดิบหลัก 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทราย และรูปแบบของลำไยที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดจากการทดลองที่ 3.2.3 โดยใช้ลำไย ร้อยละ 5-15 (น้ำหนักเปียก) กำหนดปริมาณแคลเซียม-คาร์บอเนตคงที่ในปริมาณ 1 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสมหลัก 100 กรัม วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ซึ่งเป็นแผนการทดลองที่ใช้ในการหาส่วนผสมของสูตร หลักการคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.0 หรือร้อยละ 100 ในการทดลองกำหนดระดับต่ำ (low level) และระดับสูง (high level) ของขนมขบเคี้ยวผสมลำไย โดยอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทราย และ ลำไยอบแห้งบดละเอียด วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แบบ D-Optimal โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design Expert โดยกำหนดระดับสูงต่ำที่ใช้ในการทดลอง 3 ปัจจัย ดังนี้ แป้งข้าว ระดับต่ำ เท่ากับ ร้อยละ 80 และระดับสูง เท่ากับ ร้อยละ 95 น้ำตาลทราย ระดับต่ำ เท่ากับ ร้อยละ 0 และระดับสูง เท่ากับ ร้อยละ 5 และลำไย ระดับต่ำ เท่ากับ ร้อยละ 5 และระดับสูง เท่ากับ ร้อยละ 15 ได้สัดส่วนของสิ่งทดลอง 8 สูตร ดังที่แสดงในตารางที่ 3.1

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวผสมลำไย มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.3 แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบถดถอยเชิงเส้น จากนั้นนำมาทำ Response Surface Methodology (RSM) เพื่อดูการตอบสนอง และหาสูตรที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิค Optimization และใช้ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสเป็นเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของขนมขบเคี้ยวผสมลำไย

สิ่งทดลองที่	อัตราส่วนผสม		
	แป้งข้าวเจ้า (กรัม)	น้ำตาลทราย (กรัม)	ลำไยอบแห้งบดละเอียด (กรัม)
1	85.0	5.0	10
2	90.0	0	10
3	85.0	0	15
4	95.0	0	5
5	90.0	5.0	5
6	92.5	2.5	5
7	92.5	2.5	5
8	80.0	5.0	15

3.2.5 การศึกษาปริมาณกัวกัมและความชื้นที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว

การศึกษาปริมาณกัวกัมและความชื้นที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว โดยใช้สูตรส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 3.2.4 และแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณคงที่ที่ 1 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสมหลัก 100 กรัม วิธีการทำเหมือนในการทดลองที่ 3.2.4 โดยใช้กระบวนการเอกซ์ทรูชันดังนี้ เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยว (model 19/20 DN, Brabender DHG, Germany) ใช้หน้าแปลน (die) เป็นรูเปิดวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร โดยมีสภาวะที่ใช้ในการผลิตประกอบด้วย ความเร็วของการป้อนวัตถุดิบ (feeder speed) 40 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของสกรู (screw speed) 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิของบาร์เรล (barrel temperature) โซนที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 100, 120 และ 150 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

โดยการวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) 2 ปัจจัย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ กำหนดปริมาณสารเพิ่มใยอาหาร (Guar gum) สูงสุดที่ระดับ +1 เท่ากับ 9 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสมหลัก 100 กรัม และค่าต่ำสุดที่ระดับ -1 เท่ากับ 5 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสมหลัก 100 กรัม และปริมาณความชื้นที่ระดับ +1 เท่ากับร้อยละ 15 และที่ระดับ -1 เท่ากับร้อยละ 11 ดังที่แสดงในตารางที่ 3.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.2 ปริมาณกัวกัมและความชื้นที่ใช้ในการศึกษาปริมาณกัวกัมและความชื้นที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว

สิ่งทดลอง	Guar gum (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)
1	9.83	13.00
2	4.17	13.00
3	9.00	15.00
4	5.00	11.00
5	7.00	13.00
6	7.00	10.17
7	7.00	13.00
8	7.00	13.00
9	9.00	11.00
10	5.00	15.00
11	7.00	13.00
12	7.00	15.83
13	7.00	13.00

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวผสมลำไย มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนี้

3.2.5.1 สกัดตัวอย่าง โดยดัดแปลงวิธีจาก Mahattanatawee et al. (2006) และ Wu *et al.* (2006) (ภาคผนวก ข.2.4) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu's reagent (Lim *et al*., 2007) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.5
- ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhy- drazyl (DPPH) (ดัดแปลงวิธีจาก Wu *et al.*, 2006) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.6
- Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Lim *et al*., 2007) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.7

3.2.5.2 วัดสีในระบบ Hunter (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab (Minolta CR-410 Series, Japan) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.1.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.5.3 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.1

3.2.5.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยการวัดค่าแรงกดแตก โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer: Instron, model 5565, USA) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.1.2

3.2.5.5 ความหนาแน่น (จตุพร, 2550) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.1.3

3.2.5.6 อัตราส่วนการพองตัว (สุลาลักษณ์, 2549) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.1.4

3.2.5.7 วอเตอร์แอคติวิตี (water activity, a_w) โดยเครื่อง Aqua Lab ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.2

3.2.5.8 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Anderson *et al.*, 1969) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.3

3.2.5.9 ความสามารถในการละลายน้ำ (Anderson *et al.,* 1969) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.3

3.2.5.10 Soluble dietary fible (AOAC, 2000) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.8

3.2.5.11 Insoluble dietary fible (AOAC, 2000) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.9

3.2.5.12 Total dietary fible (AOAC, 2000) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.10

3.2.5.13 การประเมินทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ทำการประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ (texture) สี (color) กลิ่น (flavour) รสชาติ (taste) ความเนียนเนื้อ (smoothness) ความกรอบ (crispiness) และความชอบโดยรวม (overall acceptability) ใช้วิธีทดสอบแบบ 9-points hedonic scale โดยให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด

จากนั้นนำข้อมูลคุณภาพที่ได้ ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต และหาสมการถดถอย เพื่อนำไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง (response surface)

3.2.6 การศึกษาผลของสภาวะของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ในกระบวนการผลิตต่อสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวผสมลำไย

ศึกษาสภาวะการผลิตโดยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยวที่เหมาะสม จากอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.5 โดยการวางแผนการทดลองแบบ CCD ทำการศึกษาปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยว 3 ปัจจัย ได้แก่ ความเร็วของการป้อนวัตถุดิบ ความเร็วรอบของสกรู และอุณหภูมิโซนที่ 3 ของบาร์เรล โดยแต่ละปัจจัยได้กำหนดค่าต่ำสุดและสูงสุด ดังนี้ ความเร็วของการป้อนวัตถุดิบ 15 และ 45 รอบต่อนาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเร็วรอบของสกรู 150 และ 250 รอบต่อนาที และอุณหภูมิโซน 3 ของบาร์เรล 120 และ 160 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และกำหนดให้อุณหภูมิของบาร์เรลโซนที่ 1 และ 2 เท่ากับ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ตามตารางที่ 3.3 แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

ตารางที่ 3.3 สภาวะที่ใช้ศึกษาผลของสภาวะของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ของขนมขบเคี้ยวผสมลำไย

สิ่งการทดลอง	สภาวะ		
	Feed rate	**Screw speed**	**Temp**
1	15	250	160
2	30	200	140
3	45	150	120
4	45	250	120
5	15	150	120
6	45	250	160
7	15	150	160
8	45	150	160
9	30	200	140
10	15	250	120
11	30	200	140

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.3 นำข้อมูลคุณภาพที่ได้ นำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต และหาสมการถดถอยเพื่อนำไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง

3.2.7 การศึกษาผลของการเคลือบขนมขบเคี้ยวผสมลำไยต่อสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวผสมลำไย

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวผสมลำไยที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 3.2.6 มาเคลือบด้วยคาราเมลที่ผสมลำไยผง 3 ระดับ คือ ร้อย 10 ร้อยละ 20 และร้อยละ 30 ซึ่งคาราเมลที่ใช้เคลือบ มีอัตราส่วนต่างๆได้แก่ น้ำตาลทราย ร้อยละ 55 น้ำ ร้อยละ 35 เนยชนิดเค็ม ร้อยละ 9.6 เกลือ ร้อยละ 0.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยทำการเคลือบคาราเมลที่อัตราส่วนน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ต่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 2:1 โดยใช้วิธี hand spray จากนั้นนำไปอบในตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (สุลาลักษณ์, 2549) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.3 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

3.2.8 การศึกษาคุณภาพของขนมขบเคี้ยวผสมลำไย

ผลิตขนมขบเคี้ยวผสมลำไยโดยใช้สูตรและกรรมวิธีการผลิตที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 3.2.3-3.2.7 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.5 รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.2.11-2.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved