บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- ข้าวโพดเกล็ด (corn grit) จาก บริษัท ไทยเมส โปรดักส์ จำกัด
- ปลายข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากสหกรณ์ข้าว อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ เดือนกุมภาพันธ์ 2548
- ฟักทอง พันธุ์ศรีเมือง จากตลาดไท กรุงเทพมหานคร เดือนพฤษภาคม 2548
- แคลเซียมคาร์บอเนต จากห้างหุ้นส่วนจำกัด โอ.วี. เคมิเคิล แอนด์ ซัพพลาย
- น้ำตาลทราย ตรามิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
- น้ำมันถั่วเหลือง ตราองุ่น บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน)
- เนยชนิดเค็ม ตราอราวรี บริษัท ยูไนเต็ดแดรีฟูด จำกัด
- เกลือ ตราปรุงทิพย์ บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด
- นม UHT รสจืด ตราโฟร์โมสต์ บริษัทโฟร์โมสต์ ฟรีสแลนด์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

- เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยว (Barbender Laboratory Extruder) : model 19/20 DN, Brabender DHG, Germany
- เครื่องวัดความชื้น (Infrared moisture determination balance) : FD-620-1, Kett Electric Laboratory, Japan
- เครื่องร่อนตะแกรง (Test sieve shaker) : Octagon 200, England
- เครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill) : Armfield FT2, Armfield Limited, England
- ตู้อบลมร้อนชนิดถาด (Tray dryer) : model kottermann,Germany
- เครื่องอัดแบบไฮโดรลิก (Hydraulic press) : Sakaya Automated, Thailand
- เครื่องบดสับเนื้อ (Meat chopper) : Meissner mascinen, Wallau, Thailand
- เครื่องชั่งแบบดิจิตอล (Analytical balance) :Tanita, model 1140, Thailand
- เครื่องผสม (Kitchen aid) : model 5K553, USA

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดสี (Color lab) :Minolta CR-300 Series, Japan
- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) : Instron, model 5565, USA
- ภาชนะวัดปริมาตรขนาด 740 มิลลิลิตร
- เวอร์เนีย คาลิปเปอร์ขนาด 0-150 มิลลิเมตร

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV/VIS Spectrometer) : model jasco V-530, Japan
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance) : model metter BB120, Switzerland
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance) : model A120S, Switzerland
- ชุดย่อยโปรตีน (Digestion unit) : model digestion'6 1007 digester, Sweden
- ชุดกลั่นโปรตีน (distillation unit) : model Tecator 2100, Sweden
- เครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี (AQUA LAB) : CX3TE, model series 3, serial S36092, USA
- เตาเผา (Muffle furnance) : model gallen kamp, USA
- ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet extraction apparatus) : Soxtec avanti 2050, Itecator
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) : model memmert WB14, Germany
- ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven) : Termaks, Germany

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 สารเคมี

- เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol; EtOH, C_2H_5OH) : Merck, Germany
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) : Merck, Germany
- กรดอะซิติก (Acetic acid, CH_3COOH) : Merck,Germany
- โปเตโตอมิโลสบริสุทธิ์ (Potato amylase) : Fluka, Switzeland

- ไอโอดีน (Iodine, I_2) : APS finechem, Australia
- โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide) : APS finechem, Australia
- ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) : Merck, Germany
- กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, H_2SO_4) : Merck, Germany
- โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate, Na_2SO_4) : Merck, Germany
- คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate pentahydrate, $CuSO_4.5H_2O$) : Anala R, England
- เมทิลเรด (Methyl red) : GR Grade, Merck, Germany
- โบรโมกรีซอลกรีน (Bromogresol green) : GR Grade, Merck, Germany
- กรดบอริก (Boric acid) : Merck, Germany
- โพแทสเซียมไตรไอโอเดต (Potassium tri iodate) : APS finechem, Australia
- แป้ง (Soluble starch) : Fluka, Germany

3.3 วิธีการทดลอง

การศึกษาผลของส่วนผสมและสภาวะการผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันต่อคุณภาพของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง แบ่งงานวิจัยออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

3.3.1 ศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

3.3.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดเกล็ด ปลายข้าวหอมมะลิบดด้วยเครื่องบดแบบค้อนผ่านตะแกรงขนาด 2.5 มิลลิเมตร และฟักทองผง ซึ่งผลิตตามกรรมวิธีของ จิรภา และคณะ (2546) โดยนำผลฟักทองมาล้างให้สะอาด ปอกเปลือก ผ่าเอาเมล็ดออก หั่นเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2 x 3 นิ้ว นำไปสับให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อ ตักเนื้อฟักทองที่สับละเอียดแล้วใส่ลงไปในถุงคั้น จากนั้นนำไปบีบน้ำที่ความดัน 100 บาร์ด้วยเครื่องอัดแบบไฮโดรลิก นำเนื้อฟักทองที่ได้ไปอบแห้งโดยวางฟักทองแผ่กระจายบนตะแกรงอบให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร ใส่ตู้อบลมร้อนชนิดถาด ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำฟักทองแห้งที่ได้มาบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบดแบบค้อนผ่านตะแกรงขนาด 2.5 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพของวัตถุดิบ

นำวัตถุดิบที่เตรียมได้ทั้ง 3 ชนิด ไปตรวจคุณภาพทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ดังนี้

1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าสี โดยวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) โดยเครื่องวัดสี (ภาคผนวก ค.1.1)
- ขนาดของอนุภาค โดยร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 และ 50 เมช (mesh) ด้วยเครื่องร่อนตะแกรง ชั่งน้ำหนักของอนุภาคที่ตกค้างและลอดผ่านตะแกรงแต่ละขนาดคำนวณค่าเป็นร้อยละ

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ดังนี้

- ความชื้น โดยการอบที่ 105 องศาเซลเซียส (AOAC, 2000)
- โปรตีน โดยวิธี Semi-Kjeldahl method (AOAC, 2000)
- ไขมัน โดยวิธี Soxhlet (AOAC, 2000)
- เยื่อใยหยาบ โดยการย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง (AOAC, 2000)
- เถ้าทั้งหมด โดยการเผาที่ 550 องศาเซลเซียส (AOAC, 2000)
- คาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ (AOAC, 2000)
- อะไมโลส โดยวิธี Iodine blue value (Knutson, 1986)
- แป้ง (starch) โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง (AOAC, 2000)
- วอเตอร์แอคติวิตี (water activity,a_w) โดยเครื่อง AQUA LAB
- เบต้า-แคโรทีน โดยวิธี Open Column Chromatography (AOAC, 2000)

นำข้อมูลคุณภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Dancan's New Multiple Range Test (DMRT)โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

ดัดแปลงสูตรส่วนผสมพื้นฐานขนมกรอบของ Boonyasirikul and Churunuch (2000a) ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของข้าวโพดเกล็ดกับปลายข้าวบด (1:1) น้ำตาลทราย น้ำมันพืช และแคลเซียมคาร์บอเนต ในปริมาณร้อยละ 3 2 และ 1 ตามลำดับ โดยในการศึกษานี้ใช้ฟักทองผงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เตรียมได้เสริมทดแทนส่วนผสมของข้าวโพดเกล็ดกับปลายข้าวบด (1:1) ในปริมาณร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ตามลำดับ ส่วนผสมอื่นๆ ปริมาณคงที่ตามสูตรพื้นฐาน

เตรียมส่วนผสมในแต่ละสูตรรวม 300 กรัม ผสมให้เข้ากันดีโดยใช้มือในการผสมเป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นปรับความชื้นส่วนผสมวัตถุดิบเป็นร้อยละ 13 (ภาคผนวก ง.1) พักไว้ในถุงพลาสติกชนิดพีพี (poly propylene) และรัดปากถุงให้แน่น ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นป้อนเข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ใช้หน้าแปลนเป็นรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร สภาวะที่ใช้ในการผลิตประกอบด้วย ความเร็วของส่วนป้อนวัตถุดิบ (feeder speed) 40 รอบต่อนาที ความเร็วรอบสกรู (screw speed) 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิภายในเครื่อง (barrel temperature) โซนที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 120 150 และ 170 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และความเร็วของใบมีดที่หน้าแปลน (cutter speed) 280 รอบต่อนาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที บรรจุถุง ปิดผนึกให้แน่น แล้วสุ่มตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) คุณภาพที่ตรวจมีดังนี้

- ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) โดยเครื่องวัดสี (ภาคผนวก ค.1.1)
- ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยการวัดค่าแรงกดแตก (compression force) (ภาคผนวก ค.1.2)
- ความหนาแน่น (bulk density) (ภาคผนวก ค.1.3)
- อัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio) (ภาคผนวก ค.1.4)

จากข้อมูลคุณภาพที่ได้ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Dancan's New Multiple Range Test (DMRT)โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้ ไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block design : RCRD) ใช้ผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์ จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทและเอก ของภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการประเมินคุณภาพทางด้าน สี (color) กลิ่น (odor) รสชาติ (taste) ความกรอบ (crispiness) ความเนียนเนื้อ (smoothness) และความชอบโดยรวม (overall acceptability) ใช้วิธีทดสอบแบบ 9-Point hedonic scale โดยให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด (ภาคผนวก ข.1) คะแนนที่ได้จากการทดสอบชิม นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Dancan's New Multiple Range Test (DMRT)โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.3 ศึกษาสภาวะการผลิตที่เหมาะสมของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

จากอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ได้ (จากการทดลองที่ 3.3.2) นำไปศึกษาสภาวะการผลิตที่เหมาะสม โดยใช้วิธี Response Surface Methodology วางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Experiment in Central Composite Design (อิศรพงษ์, 2544) ศึกษาปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง 3 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้นส่วนผสม (feed moisture) ความเร็วรอบสกรู (screw speed) และอุณหภูมิสุดท้าย (temperature in the last section) โดยแต่ละปัจจัย ได้กำหนดค่าต่ำสุดและสูงสุด ดังนี้ ความชื้นของส่วนผสม ร้อยละ 12 และ 16 ความเร็วรอบของสกรู 150 และ 250 รอบต่อนาที และอุณหภูมิสุดท้าย 150 และ 180 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งจากการวางแผนการทดลองดังกล่าว จะได้สภาวะในการผลิตทั้งหมด 17 สภาวะ (ตารางภาคผนวก ง.1) จากนั้นคำนวณหาค่าของปัจจัยที่ระดับต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต (ภาคผนวก ง.2) ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 17 สภาวะ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าแรงกดแตก ความหนาแน่น และอัตราส่วนการพองตัว เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.3.2
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์ จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทและเอก ของภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการประเมินคุณภาพทางเนื้อสัมผัสได้แก่ ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ 9-Point hedonic scale ให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด (ภาคผนวก ข.2)

จากข้อมูลคุณภาพที่ได้ นำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert 6.0 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต และหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) จากนั้นเลือกสมการถดถอยถอดรหัสที่มีค่า R^2 (Coefficient of determination) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 เพื่อนำไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง (response surface) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistica 5.0

3.3.4 ศึกษาปริมาณคาราเมลที่เหมาะสมในการเคลือบอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

ทำการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงตามอัตราส่วนของวัตถุดิบและสภาวะการผลิตที่เลือกได้ (จากการทดลองที่ 3.3.2 และ 3.3.3) นำไปเคลือบด้วยคาราเมล 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 40 50 60 และ 70 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ ซึ่งคาราเมลที่ใช้สำหรับเคลือบ มีส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ น้ำตาลร้อยละ 55 น้ำร้อยละ 35 เนยชนิดเค็มร้อยละ 9.6 และเกลือร้อยละ 0.4 หลังจากอุ่นส่วนผสมคาราเมลที่เตรียมได้ นำไปคลุกผสมกับอาหารเช้าธัญชาติในแต่ละระดับ จากนั้นอบในเตา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อบลมร้อนชนิดถาดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ดัดแปลงจากวิจิตรา, 2546) นำไปวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ดังนี้

- ความคงตัวในน้ำนม นำอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงที่เคลือบคาราเมลในระดับต่างๆ ใส่ลงไปในน้ำนม UHT ที่อุณหภูมิห้อง จุ่มตัวอย่างเป็นระยะเวลาต่างกันคือ 0 1 2 3 และ 4 นาที ตามลำดับ หลังจุ่ม นำตัวอย่างไปวัดค่าแรงต้านการเจาะทะลุ (ภาคผนวก ค.1.5) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design : CRD) นำข้อมูลที่ได้ในนาทีที่ 4 ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Dancan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบแบบจัดลำดับ (Ranking test) (ภาคผนวก ข.3) โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์จำนวน 15 คน เรียงลำดับความชอบ โดยนำผลิตภัณฑ์ใส่ลงในน้ำนมและทำการทดสอบชิมในทันที คะแนนรวมที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับตาราง Rank totals (ภาคผนวก จ.) (ไพโรจน์, 2539ก)

3.3.5 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

นำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงที่คัดเลือกได้ (จากการทดลองที่ 3.3.4) ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันในทางการค้า 2 ชนิด ดังนี้

1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

นำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติ ไปวัดค่าสี โดยวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) โดยเครื่องวัดสี (ภาคผนวก ค.1.1) และค่าความหนาแน่น (ภาคผนวก ค.1.3)

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ เถ้าทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต วอเตอร์แอคติวิตี และวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน โดยวิธี Open Column Chromatography (AOAC, 2000)

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.3.2 โดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก ข.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved