

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 กากงาขาว ได้จากการนำเมล็ดงาขาวพันธุ์เมืองเลยไปผ่านการกระบวนการบีบอัดเพื่อเอาน้ำมันออกด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอลิก

3.1.1.2 ลูกเดือย ตราไรทิพย์ ผลิตโดย บริษัท ไร่บุญภู จำกัด จังหวัด นครบุรี

3.1.1.3 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์ 97 จากอำเภอ พระพุทธบาท จังหวัด สระบุรี

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 แคลเซียมซัลเฟต (food grade)

3.1.2.2 แมกนีเซียมซัลเฟต (food grade)

3.1.2.3 สารเคมี (AR – grade) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่

3.1.2.3.1 1000 kjeltabs Cu/3,5 ยี่ห้อ FOSS บริษัท Foss Analytical ประเทศสวีเดน

3.1.2.3.2 acetic acid ยี่ห้อ Lab-Scan

3.1.2.3.3 antifoam ยี่ห้อ Fluka บริษัท Fluka Biochemika ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3.1.2.3.4 boric acid (H_3BO_3) ยี่ห้อ Merck บริษัท Merck KGaA ประเทศเยอรมัน

3.1.2.3.5 bromocresol green ยี่ห้อ Merck บริษัท Merck KGaA ประเทศเยอรมัน

3.1.2.3.6 ethyl alcohol ยี่ห้อ J.T.Baker บริษัท J.T.Baker Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.2.3.7 hydrochloric acid ยี่ห้อ Lab-Scan

3.1.2.3.8 methyl red ยี่ห้อ Carlo ERBA reagent บริษัท Carlo ERBA reagenti ประเทศอิตาลี

3.1.2.3.9 petroleum ether บริษัท J.T Baker บริษัท J.T.Baker Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.2.3.10 sodium hydroxide ยี่ห้อ Merck บริษัท Merck KGaA

ประเทศเยอรมัน

3.1.2.3.11 sulfuric acid ยี่ห้อ Lab-Scan

3.1.2.3.12 thiobarbituric acid ยี่ห้อ Fluka บริษัท Fluka Biochemika

ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3.1.2.4 สารเคมี (AR – grade) และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ได้แก่

3.1.2.4.1 sodium chloride ยี่ห้อ Merck บริษัท Merck KGaA ประเทศ

เยอรมัน

3.1.2.4.2 tartaric acid ยี่ห้อ Analyticals Carlo ERBA บริษัท

Farmitalia Carlo ERBA ประเทศอิตาลี

3.1.2.4.3 plate count agar ยี่ห้อ Difco บริษัท Difco Laboratory

ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.2.4.4 potato dextrose agar ยี่ห้อ Difco บริษัท Difco

Laboratory ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.2.5 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ได้แก่

3.1.2.5.1 ethyl alcohol

3.1.2.5.2 glutaraldehyde

3.1.2.5.3 phosphate buffer

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.3.1 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ ยี่ห้อ AquaLab รุ่น CX2 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3.2 เครื่องวิเคราะห์หาความชื้นโดยความร้อนจากหลอดไฟฟ้าอินฟราเรด ยี่ห้อ Kett รุ่น F-1A ประเทศญี่ปุ่น

3.1.3.3 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) แบบ single beam รุ่น 4001/4 บริษัท Thermospectronic Unicam ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3.4 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร (texture analyzer) และหัววัดแบบ Cylinder ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Stable Micro System บริษัท Stable Micro System รุ่น TA-XT2i ประเทศอังกฤษ

3.1.3.5 เครื่องปั่นน้ำผลไม้ ยี่ห้อ Panasonic รุ่น MX-J210GN ประเทศจีน

3.1.3.6 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่

3.1.3.6.1 เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ยี่ห้อ Tecator รุ่น 1002 บริษัท A Perstorp Analytical ประเทศสวีเดน

3.1.3.6.2 เครื่องย่อยสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย ยี่ห้อ Labconco รุ่น 30002 บริษัท Labconco Corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3.6.3 เครื่องสกัดไขมันแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น S306AK ประเทศเยอรมัน

3.1.3.6.4 เครื่องกรองพร้อมปั๊มสุญญากาศ ยี่ห้อ DOERR บริษัท DOERR Emerson Electric ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3.6.5 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ WTC binder รุ่น ED ประเทศเยอรมัน

3.1.3.6.6 ตู้ดูดควัน ยี่ห้อ Flexlab รุ่น RH 2.0 ม. บริษัท Official equipment manufacturing ประเทศญี่ปุ่น

3.1.3.6.7 เตาเผา ยี่ห้อ Carbolite รุ่น CSF12/13 ประเทศอังกฤษ

3.1.3.6.8 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius ประเทศเยอรมัน

3.1.3.6.9 Kjeldahl flask ยี่ห้อ FOSS บริษัท Foss Analytical ประเทศสวีเดน

3.1.3.6.10 hot plate บริษัท PMC Industries, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3.6.11 อุปกรณ์อื่นๆ เช่น โถดูดความชื้น ชุดกลั่น ชุดไทเทรต ปีกเกอร์ หลอดทดลอง ถ้วยอะลูมิเนียม ขวดแก้ว เป็นต้น

3.1.3.7 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ได้แก่

3.1.3.7.1 ตู้บ่มเชื้อ ยี่ห้อ Shel Lab รุ่น 1535 บริษัท Sheldon Manufacturing ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3.7.2 เครื่อง autoclave รุ่น KT-40 บริษัท ALP ประเทศญี่ปุ่น

3.1.3.7.3 เครื่องตีปั่น (stomacher) ยี่ห้อ AES laboratoire ประเทศฝรั่งเศส

3.1.3.7.4 อุปกรณ์อื่นๆ เช่น จานเพาะเชื้อ ขวดแก้ว ตะเกียงแอลกอฮอล์ ปีกเกอร์ ปิเปต เป็นต้น

3.1.3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ได้แก่

3.1.3.8.1 เครื่องทำแห้ง ณ จุดวิกฤติ (critical point dryer) ยี่ห้อ Balzers รุ่น CPD 020 ประเทศเยอรมัน

3.1.3.8.2 เครื่องฉาบ (ion sputter coater) ยี่ห้อ Balzers รุ่น SCD 040 ประเทศเยอรมัน

3.1.3.8.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-5410LV ประเทศญี่ปุ่น

3.1.3.9 เครื่องครัว เช่น กระชอน ถ้วยชาม ทัพพี ผ้าขาวบาง หม้อ เป็นต้น

3.1.3.10 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่น กระดิกน้ำร้อน แก้วน้ำ ช้อน ถ้วยชิม ถาด เป็นต้น

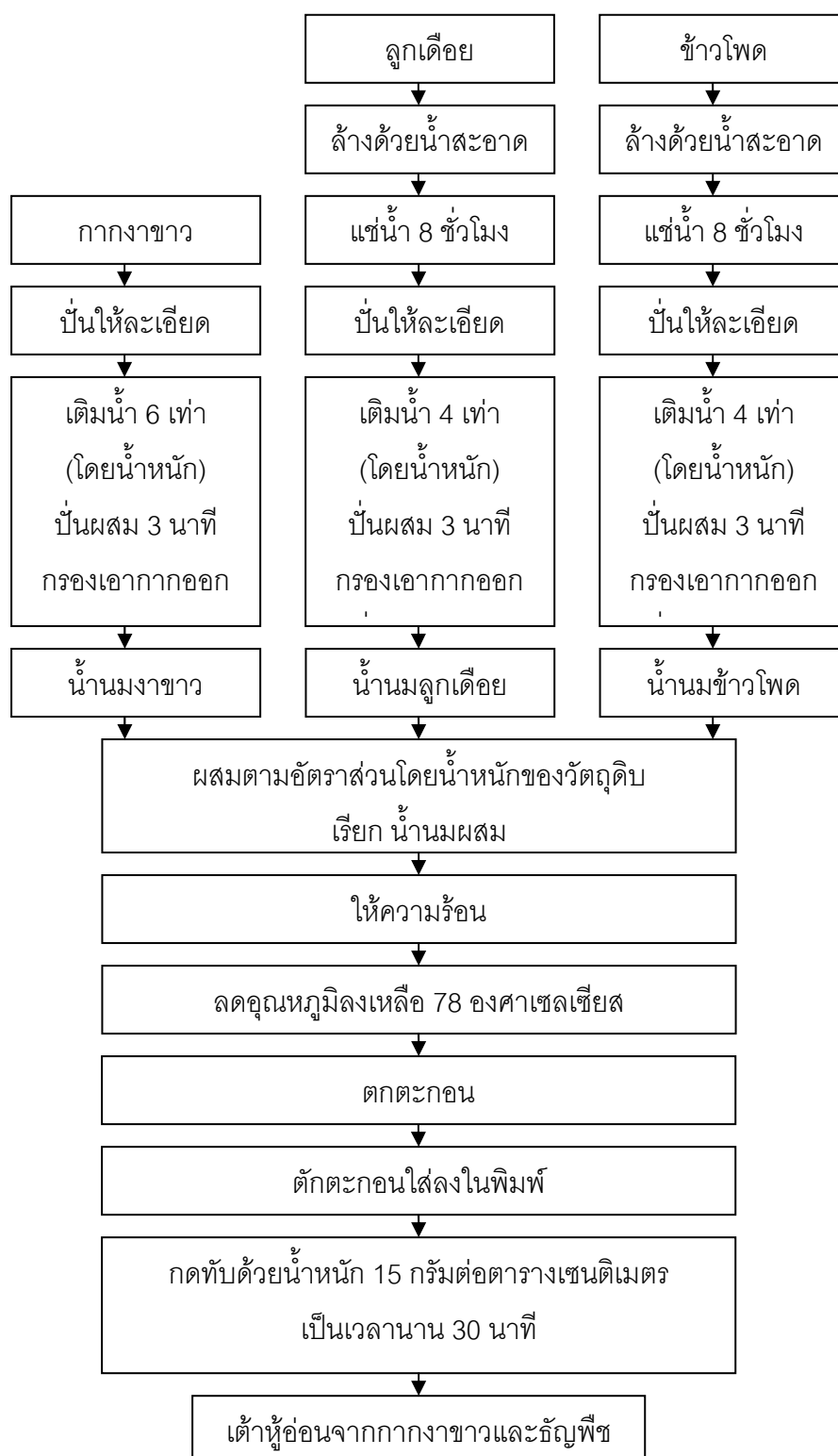
3.1.3.11 เครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ เช่น กระบอกตวง กล้องพลสติกสำหรับบรรจุอาหาร เครื่องชั่ง ตู้เย็น เทอร์โมมิเตอร์ ปีกเกอร์ พิมพ์สำหรับกด เป็นต้น

3.2 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อำเภอ คลองหลวง จังหวัด ปทุมธานี และศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัด กรุงเทพฯ

3.3 กระบวนการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชเบื้องต้น

แช่ลูกเต๋อยและข้าวโพดในน้ำสะอาด นาน 8 ชั่วโมง นำไปปั่นให้ละเอียด แล้วปั่นผสมกับน้ำสะอาดในปริมาณ 4 เท่า (โดยน้ำหนัก) กรองเอากากออกจะได้น้ำนมลูกเต๋อยและน้ำนมข้าวโพด ตามลำดับ ส่วนกากงาขาวนำไปปั่นให้ละเอียด แล้วปั่นผสมกับน้ำสะอาดในปริมาณ 6 เท่า (โดยน้ำหนัก) กรองเอากากออกจะได้น้ำนมงาขาว จากนั้นนำน้ำนมลูกเต๋อย น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมงาขาวมาผสมกันตามอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบ จะได้น้ำนมผสม หลังจากนั้นนำน้ำนมผสมไปให้ความร้อนตามระดับอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด ลดอุณหภูมิลงเหลือ 78 องศาเซลเซียส ทำการตกตะกอน ตักตะกอนใส่ลงในแม่พิมพ์ แล้วกดทับด้วยน้ำหนัก 15 กรัมต่อตารางเซนติเมตร นาน 30 นาที ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตเต้าหู้จากกากงาขาวและธัญพืชเบื้องต้น

ที่มา : ดัดแปลงจาก Liu, 1999

3.4 วิธีการ

3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

3.4.1.1 การวางแผนการทดลองและประเมินคุณภาพ

นำวัตถุดิบทั้งสามชนิด คือ กากงาขาว ลูกเดือย และข้าวโพดที่บั่นละเอียดไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และความชื้น ตามวิธีของ AOAC (AOAC, 1997) และคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในภาคผนวก ค

3.4.1.2 สถิติที่ใช้ในการประเมิน

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4.2 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบ

3.4.2.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชตามกระบวนการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) แปรอัตราส่วนของปริมาณกากงาขาว ลูกเดือย และข้าวโพด ตามการจัดสิ่งทดลองแบบ mixture design และกำหนดปริมาณกากงาขาว ขึ้นต่ำไว้ที่ร้อยละ 60 (โดยน้ำหนัก) ได้ทั้งหมด 7 สิ่งทดลอง (ทำซ้ำในจุดตรงกลาง 3 ครั้ง) ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และตกตะกอนนาน 30 นาที โดยไม่ใส่สารตกตะกอน จากนั้นชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ แล้วแบ่งบรรจุลงในกล่องพลาสติกปิดสนิทและแยกเก็บรักษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 100 นาที เพื่อนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น และค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพ และส่วนที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 30 นาที เพื่อใช้สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Cai และ Baik, 2001)

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของกากงาขาว ลูกเดือย และข้าวโพดในแต่ละสิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนของวัตถุดิบ (% โดยน้ำหนัก)		
	กากงาขาว	ลูกเดือย	ข้าวโพด
1	100	0	0
2	80	20	0
3	80	0	20
4 (ทำ 3 ซ้ำ)	74	13	13
5	60	40	0
6	60	0	40
7	60	20	20

3.4.2.2 การประเมินคุณภาพ

วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมันผสมด้วยเครื่องวิเคราะห์หาความชื้นโดยความร้อนจากหลอดไฟฟ้าอินฟราเรด และคำนวณปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ ด้วยสูตร

$$\text{ปริมาณผลผลิต (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของเต้าหู้ที่ได้}}{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบ}} \times 100$$

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ตามวิธีของ AOAC (AOAC, 1997) ดังแสดงในภาคผนวก ค และวิเคราะห์เค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ (texture profile analysis) ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ใช้หัววัดแบบ cylinder ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยวัดค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และความสามารถในการเกาะกัน (ดัดแปลงจาก Cai และ Baik, 2001; Prabhakaran และคณะ, 2006) ดังแสดงในภาคผนวก ข

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 60 คน ทั้งนี้นำเสนอตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชในน้ำซุปร่วมกับแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก จ) โดยเตรียมตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชด้วยการนำเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด 1 x 1 x 2 เซนติเมตร แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด นาน 1 นาที ส่วนการเตรียม

น้ำซุปรทำได้โดยนำซุปรสไก่กึ่งสำเร็จรูป 10 กรัม มาปั่นให้เป็นผงละเอียด เติมน้ำสะอาด 3 ลิตร คนให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มจนเดือด ส่วนการนำเสนอตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบทำได้โดยตัดตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชจำนวน 2 ชิ้น ใส่ลงในถ้วยชิม แล้วเติมน้ำซุปรที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จำนวน 20 มิลลิลิตร ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างโดยตัดชิมตามวิธีการบริโภคปกติของผู้ทดสอบเอง จากนั้นให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่มีต่อตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืช โดยไม่พิจารณาส่วนที่เป็นน้ำซุปร ด้วย 9-point hedonic scale ซึ่ง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทำการนำเสนอที่ละตัวอย่างตามลำดับแบบสุ่มจนครบทุกตัวอย่าง

3.4.2.3 สถิติที่ใช้ในการประเมิน

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณผลผลิต ความชื้นและค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design: CRD) ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD)

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's new multiple range test และนำข้อมูลค่าคุณภาพที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญมาวิเคราะห์หาสมการถดถอยที่เหมาะสม แล้วนำผลที่ได้มาเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology: RSM) แบบ mixture design ดังแสดงในภาคผนวก ก จากนั้นนำอัตราส่วนที่เหมาะสมนั้นไปทำการทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อทำการทวนสอบ (verification) พร้อมทั้งเก็บข้อมูลด้านปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณผลผลิต ความชื้นและค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพ แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธี one sample t-test เทียบกับค่าที่ทำนายได้จากสมการถดถอย

3.4.3 การศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสม

3.4.3.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชตามกระบวนการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) แปรอุณหภูมิในการให้ความร้อน 3 ระดับ ได้แก่ 85, 90 และ 95 องศาเซลเซียส และเวลาในการให้ความร้อน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 นาที ตามการจัดสิ่งทดลองแบบ 3 X 3 factorial design ได้ทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบตามที่ได้จากการศึกษาข้างต้นและทำการตกตะกอน นาน 30 นาที โดยไม่ใสสารตกตะกอน จากนั้นชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ แล้วแบ่งบรรจุลงในกล่องพลาสติกปิดสนิทและแยกเก็บรักษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บรักษา

ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 100 นาที เพื่อนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ และส่วนที่ 2 เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 30 นาที เพื่อนำไปใช้สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Cai และ Baik, 2001)

3.4.3.2 การประเมินคุณภาพ

คำนวณปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ ด้วยสูตร ปริมาณผลผลิต (%) =
$$\frac{\text{น้ำหนักของเต้าหู้ที่ได้}}{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบ}} \times 100$$

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ตามวิธีของ AOAC (AOAC, 1997) ดังแสดงในภาคผนวก ค และวิเคราะห์ค่าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ใช้หัววัดแบบ cylinder ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยวัดค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และความสามารถในการเกาะกัน (ดัดแปลงจาก Cai และ Baik, 2001; Prabhakaran และคณะ, 2006) ดังแสดงในภาคผนวก ข

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 60 คน ทั้งนี้นำเสนอตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชในน้ำซุปร่วมกับแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก จ) โดยเตรียมตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชด้วยการนำผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด 1 x 1 x 2 เซนติเมตร แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด นาน 1 นาที ส่วนการเตรียมน้ำซุปรทำได้โดยนำซุปรสไก่ก้อนกึ่งสำเร็จรูป 10 กรัม มาปั่นให้เป็นผงละเอียด เติมน้ำสะอาด 3 ลิตร คนให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มจนเดือด ส่วนการนำเสนอตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบทำได้โดยตัดตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชจำนวน 2 ชิ้น ใส่ลงในถ้วยชิม แล้วเติมน้ำซุปรที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จำนวน 20 มิลลิลิตร ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างโดยดักชิมตามวิธีการบริโภคปกติของผู้ทดสอบเอง จากนั้นให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่มีต่อตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชโดยไม่พิจารณาส่วนที่เป็นน้ำซุปร ด้วย 9-point hedonic scale ซึ่ง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทำการนำเสนอทีละตัวอย่างตามลำดับแบบสุ่มจนครบทุกตัวอย่าง

3.4.3.3 สถิติที่ใช้ในการประเมิน

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต ความชื้น และ ค่าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์

วิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's new multiple range test และนำข้อมูลค่าคุณภาพที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมาวิเคราะห์หาสมการถดถอยที่เหมาะสม แล้วนำผลที่ได้มาเลือกสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสม ด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง ดังแสดงในภาคผนวก ก จากนั้นนำสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมนั้นไปทำการทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อทำการทวนสอบ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลด้านปริมาณผลผลิต ความชื้น และค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพ แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธี one sample t-test เทียบกับค่าที่ทำนายได้จากสมการถดถอย

3.4.4 การศึกษาสภาวะในการตกตะกอนที่เหมาะสม

3.4.4.1 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารตกตะกอน

3.4.4.1.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืช ตามกระบวนการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) แปรชนิดของสารตกตะกอน 2 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟต และความเข้มข้นของสารตกตะกอน 3 ระดับ ได้แก่ 1, 2 และ 3% ของน้ำหนักวัตถุดิบ พร้อมทั้งทำตัวอย่างควบคุมที่ไม่ใส่สารตกตะกอนรวมเป็น 7 สิ่งทดลอง โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบและสภาวะการให้ความร้อนตามที่ได้จากการศึกษาข้างต้น และทำการตกตะกอนนาน 30 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ แล้วแบ่งบรรจุลงในกล่องพลาสติกปิดสนิท และแยกเก็บรักษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 100 นาที เพื่อนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพ และส่วนที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 30 นาที เพื่อนำไปใช้สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Cai และ Baik, 2001)

3.4.4.1.2 การประเมินคุณภาพ

คำนวณปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ ด้วยสูตร ปริมาณผลผลิต (%) =
$$\frac{\text{น้ำหนักของเต้าหู้ที่ได้}}{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบ}} \times 100$$

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ตามวิธีของ AOAC (AOAC, 1997) ดังแสดงในภาคผนวก ค และวิเคราะห์ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารใช้หัววัดแบบ cylinder ขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยวัดค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และความสามารถในการเกาะกัน (ดัดแปลงจาก Cai และ Baik, 2001; Prabhakaran และคณะ, 2006) ดังแสดงในภาคผนวก ข

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 60 คน ทั้งนี้นำเสนอตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชในน้ำซุปร่วมกับแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก จ) โดยเตรียมตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชด้วยการนำผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด $1 \times 1 \times 2$ เซนติเมตร แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 1 นาที ส่วนการเตรียมน้ำซूपทำได้โดยนำซूपรสไก่ก้อนสำเร็จรูป 10 กรัม มาปั่นให้เป็นผงละเอียด เติมน้ำสะอาด 3 ลิตร คนให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มจนเดือด ส่วนการนำเสนอตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบทำได้โดยตัดตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชจำนวน 2 ชิ้น ใส่ลงในถ้วยชิม แล้วเติมน้ำซूपที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จำนวน 20 มิลลิลิตร ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่าง โดยตัดชิมตามวิธีการบริโภคปกติของผู้ทดสอบเอง จากนั้นให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่มีต่อตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืช โดยไม่พิจารณาส่วนที่เป็นน้ำซूप ด้วย 9-point hedonic scale ซึ่ง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทำการนำเสนอทีละตัวอย่างตามลำดับแบบสุ่มจนครบทุกตัวอย่าง

3.4.4.1.3 สถิติที่ใช้ในการประเมิน

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต ความชื้นและ ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's new multiple range test

3.4.4.2 การศึกษาระยะเวลาในการตกตะกอน

3.4.4.2.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชตามกระบวนการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) แปรระยะเวลาในการตกตะกอน 3 ระดับ คือ 20, 30 และ 40 นาที รวมเป็น 3 สิ่งทดลอง โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบ สภาวะการให้ความร้อน และชนิดและความเข้มข้นของสารตกตะกอนตามที่ได้จากการศึกษาข้างต้น จากนั้นชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้แล้วแบ่งบรรจุลงในกล่องพลาสติกปิดสนิทและแยกเก็บรักษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 100 นาที เพื่อนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่าโครงสร้าง

ลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ และส่วนที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 30 นาที เพื่อนำไปใช้สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Cai และ Baik, 2001)

3.4.4.2.2 การประเมินคุณภาพ

คำนวณปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ ด้วยสูตร ปริมาณผลผลิต (%) = $\frac{\text{น้ำหนักของเต้าหู้ที่ได้}}{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบ}} \times 100$

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ตามวิธีของ AOAC (AOAC, 1997) ดังแสดงในภาคผนวก ค และวิเคราะห์ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ใช้หัววัดแบบ cylinder ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยวัดค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และความสามารถในการเกาะกัน (ดัดแปลงจาก Cai และ Baik, 2001; Prabhakaran และคณะ, 2006) ดังแสดงในภาคผนวก ข

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 60 คน ทั้งนี้นำเสนอตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชในน้ำซุปร่วมกับแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก จ) โดยเตรียมตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชด้วยการนำผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด 1 x 1 x 2 เซนติเมตร แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 1 นาที ส่วนการเตรียมน้ำซุปรทำได้โดยนำซุปรสไก่ก้อนสำเร็จรูป 10 กรัม มาปั่นให้เป็นผงละเอียด เติมน้ำสะอาด 3 ลิตร คนให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มจนเดือด ส่วนการนำเสนอตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบทำได้โดยตัดตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชจำนวน 2 ชิ้น ใส่ลงในถ้วยชิม แล้วเติมน้ำซุปรที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จำนวน 20 มิลลิลิตร ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างโดยตัดชิมตามวิธีการบริโภคปกติของผู้ทดสอบเอง จากนั้นให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่มีต่อตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชโดยไม่พิจารณาส่วนที่เป็นน้ำซุปร ด้วย 9-point hedonic scale ซึ่ง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทำการนำเสนอที่ละตัวอย่างตามลำดับแบบสุ่มจนครบทุกตัวอย่าง

3.4.4.2.3 สถิติที่ใช้ในการประเมิน

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต ความชื้นและ ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's new multiple range test

3.4.5 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้

3.4.5.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชตามกระบวนการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบ สภาวะการให้ความร้อนและสภาวะการตกตะกอน ตามที่ได้จากการศึกษาข้างต้น จากนั้นแบ่งบรรจุลงในกล่องพลาสติกปิดสนิทและแยกเก็บรักษาเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 100 นาที เพื่อนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ค่า TBA ค่าโคโรแลกซ์เนื่อสัมผัสทางกายภาพ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ส่วนที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 30 นาที เพื่อนำไปใช้สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Cai และ Baik, 2001) และส่วนที่ 3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปใช้สำหรับการหาลักษณะการขับน้ำออกจากเจล (syneresis) (Noh และคณะ, 2005)

3.4.5.2 การประเมินคุณภาพ

คำนวณร้อยละการขับน้ำออกจากเจล (Noh และคณะ, 2005) ด้วยสูตร ร้อยละการขับน้ำออกจากเจล (%) =
$$\frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

หาค่าวอเตอร์แอคติวิตี ตามวิธีของ AOAC (AOAC, 1997) ดังแสดงในภาคผนวก ข ค่า TBA ตามวิธีของ Egan และคณะ (1981) ดังแสดงในภาคผนวก ค วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยและเถ้าตามวิธีของ AOAC (AOAC, 1997) และคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในภาคผนวก ค วิเคราะห์ค่าโคโรแลกซ์เนื่อสัมผัสทางกายภาพด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ใช้หัววัดแบบ cylinder ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยวัดค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และความสามารถในการเกาะกัน (ดัดแปลงจาก Cai และ Baik, 2001; Prabhakaran และคณะ, 2006) ดังแสดงในภาคผนวก ข และตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (ดัดแปลงจาก วิลาวรรณ, 2539) ดังแสดงในภาคผนวก ง

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ทั้งนี้นำเสนอตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชในน้ำซุปร่วมกับแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก จ) โดยเตรียมตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชด้วยการนำผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

มาตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด $1 \times 1 \times 2$ เซนติเมตร แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด นาน 1 นาที ส่วนการเตรียมน้ำชุบทำได้โดยนำซูเปอร์ไก่ก้อนกึ่งสำเร็จรูป 10 กรัม มาปั่นให้เป็นผงละเอียด เติมน้ำสะอาด 3 ลิตร คนให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มจนเดือด ส่วนการนำเสนอดตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบทำได้โดยตัดตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชจำนวน 2 ชิ้น ใส่ลงในถ้วยชิม แล้วเติมน้ำชุบที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จำนวน 20 มิลลิลิตร ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างโดยดกชิมตามวิธีการบริโภคปกติของผู้ทดสอบเอง จากนั้นให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่มีต่อตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืช โดยไม่พิจารณาส่วนที่เป็นน้ำชุบ ด้วย 9-point hedonic scale ซึ่ง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชและผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนที่ทำจากถั่วเหลืองที่จำหน่ายทางการค้า เตรียมตัวอย่างโดยตัดตัวอย่างให้มีขนาด 5×10 มิลลิเมตร และหนา 3 มิลลิเมตร นำไปแช่ในสารละลาย glutaraldehyde ร้อยละ 2.5 ในสารละลาย 0.1 M phosphate buffer ที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7.2 นาน 24 ชั่วโมง แล้วล้างตัวอย่างสองครั้งด้วย phosphate buffer เป็นเวลานาน 30 นาทีต่อครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นกำจัดน้ำออกด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 30, 50, 70, 95 และ 100 (จำนวน 3 ครั้ง) ตามลำดับ ขั้นตอนละ 1 ชั่วโมง แล้วทำตัวอย่างให้แห้ง ณ จุดวิกฤติ ด้วยเครื่อง critical point dryer จากนั้นหักตัวอย่างออกเป็นสองท่อน แล้วติดตัวอย่างบนแท่นวางตัวอย่าง (stub) ด้วยเทปกาวยสองหน้าหรือกาวย นำไปฉาบทองด้วยเครื่อง ion sputter coater แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3.4.5.3 สถิติที่ใช้ในการประเมิน

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับข้อมูลด้านองค์ประกอบทางเคมีและค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพ วิเคราะห์ด้วยวิธี independent samples t-test เปรียบเทียบกับเต้าหู้อ่อนที่ทำจากถั่วเหลืองที่จำหน่ายทางการค้า

3.4.6 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้

3.4.6.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชตามกระบวนการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบ สภาวะการให้ความร้อนและสภาวะการตกตะกอน ตามที่ได้จากการศึกษาข้างต้น จากนั้นแบ่งบรรจุลงใน

กล่องพลาสติกปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ กล่าวคือ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนของเด้าหู้แผ่น (มผช.461/2546) ที่กำหนดให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 5×10^4 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งแสดงในภาคผนวก ข (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) หรือมีค่า TBA สูงกว่าระดับต่ำสุดที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในอาหาร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม (Shamberger และคณะ, 1977) หรือได้รับคะแนนความชอบน้อยกว่า 5 คะแนน ทั้งนี้ทำการตั้งตัวอย่างเด้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 – 3 วัน โดยนำตัวอย่างไปวางที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 100 นาที ก่อนนำไปประเมินคุณภาพในด้านต่างๆ (Cai และ Baik, 2001)

3.4.6.2 การประเมินคุณภาพ

วิเคราะห์ปริมาณค่า TBA ตามวิธีของ Egan และคณะ (1981) ดังแสดงในภาคผนวก ค วิเคราะห์เค้ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ใช้หัววัดแบบ cylinder ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยวัดค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และความสามารถในการเกาะกัน (ดัดแปลงจาก Cai และ Baik, 2001; Prabhakaran และคณะ, 2006) ดังแสดงในภาคผนวก ข และตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (ดัดแปลงจาก วิลาวรรณ์, 2539) ดังแสดงในภาคผนวก ง

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน โดยใช้ผู้ทดสอบชุดเดิมทุกๆ ระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้นำเสนอตัวอย่างเด้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชในน้ำซุปร่วมกับแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก จ) โดยเตรียมตัวอย่างเด้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชด้วยการนำผลิตภัณฑ์เด้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด $1 \times 1 \times 2$ เซนติเมตร แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด นาน 1 นาที ส่วนการเตรียมน้ำซุปร่วมทำได้โดยนำซุปรสไก่ก้อนสำเร็จรูป 10 กรัม มาปั่นให้เป็นผงละเอียด เติมน้ำสะอาด 3 ลิตร คนให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มจนเดือด ส่วนการนำเสนอตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบทำได้โดยตักตัวอย่างเด้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชจำนวน 2 ช้อน ใส่ลงในถ้วยชิม แล้วเติมน้ำซุปร่วมที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จำนวน 20 มิลลิลิตร ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างโดยตักชิมตามวิธีการบริโภคปกติของผู้ทดสอบเอง จากนั้นให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่มีต่อตัวอย่างเด้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืช โดยไม่พิจารณาส่วนที่เป็นน้ำซุปร่วมด้วย 9-point hedonic scale ซึ่ง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

3.4.6.3 สถิติที่ใช้ในการประเมิน

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณค่า TBA ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทางกายภาพ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's new multiple range test

3.4.7 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้

3.4.7.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชตามกระบวนการผลิตเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบ สภาวะการให้ความร้อนและสภาวะการตกตะกอน ตามที่ได้จากการศึกษาข้างต้น โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 30 นาที (Cai และ Baik, 2001) รวมทั้งสร้างแบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งแบ่งคำถามออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 คือ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ทดสอบ ส่วนที่ 2 คือ ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนของผู้ทดสอบ และส่วนที่ 3 คือ ข้อมูลเกี่ยวกับคะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืช

3.4.7.2 การประเมินคุณภาพ

ทำการทดสอบการยอมรับจากกลุ่มผู้บริโภคจำนวน 200 คน ตามวิธี central location test (CLT) ทั้งนี้นำเสนอตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชในน้ำซุปร่วมกับแบบทดสอบการยอมรับ (ภาคผนวก ข) โดยเตรียมตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชด้วยการนำผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด $1 \times 1 \times 2$ เซนติเมตร แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 1 นาที ส่วนการเตรียมน้ำซุปรทำได้โดยนำซุปรสไก่ก้อนสำเร็จรูป 10 กรัม มาปั่นให้เป็นผงละเอียด เติมน้ำสะอาด 3 ลิตร คนให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มจนเดือด ส่วนการนำเสนอตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบทำได้โดยตัดตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชจำนวน 2 ชิ้น ใส่ลงในถ้วยชิม แล้วเติมน้ำซุปรที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จำนวน 20 มิลลิลิตร ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างโดยตัดชิมตามวิธีการบริโภคปกติของผู้ทดสอบเอง จากนั้นให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่มีต่อตัวอย่างเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชโดยไม่พิจารณาส่วนที่เป็นน้ำซุปร ด้วย 9-point hedonic scale ซึ่ง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

3.4.7.3 สถิติที่ใช้ในการประเมิน

วิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์และพฤติกรรม
การบริโภคของผู้ทดสอบในรูปของความถี่และร้อยละ วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับคะแนนความชอบ
ในรูปของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน