

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

วัตถุดิบ

- แป้งข้าวเหลืองไขมันเต็ม ( สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ )
- แป้งข้าวเหลืองสกัดไขมัน ( สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ )
- โปรตีนข้าวเหลืองสกัด (500E๑) ลักษณะเป็นผง สีขาว ขนาดอนุภาค 100 mesh ( บริษัทฟู้ดแอนด์คอสเมติก จำกัด )
- โปรตีนเกษตร๑ เป็น TSP มีลักษณะเป็นชิ้นสีน้ำตาลอ่อน ขนาด  $1*1*0.5 \text{ cm}^3$  เนื้อสัมผัสค่อนข้างเป็นโพรง กลิ่นรสเลียนแบบเนื้อหมู ( สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ )
- Soyex๑ เป็น TSP มีลักษณะเป็นชิ้นเล็ก เนื้อแน่นและแข็ง สีน้ำตาลเข้ม ขนาดใกล้เคียงเนือบดหยาบ กลิ่นรสเลียนแบบเนื้อหมู ( บริษัทเนสท์เล่ประเทศไทยจำกัด )
- Mincer๑ เป็น TSP มีลักษณะเป็นชิ้นเล็ก ขนาดใกล้เคียงเนือบดหยาบ สีน้ำตาลอ่อน ไม่แต่งกลิ่น ( บริษัทบีแอนด์วีเทรดดิ้ง ประเทศไทย จำกัด )
- กลูเต็นผง ( บริษัทวิกิกอินเตอร์เนชั่นแนล ประเทศไทย จำกัด )
- vegetable shortening ตราซิลเวอร์คราวน์ ( บริษัทเบอร์ลิสซุกเกอร์ จำกัด )
- น้ำตาลทรายขาว ( บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด )
- เกลือป่น ตรานาเม็ย ( บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด )

- พริกไทยป่น ตราเกษตร ( บริษัทผู้ดมาสเตอร์ จำกัด )  
 อบเชย ตรามือที่ 1 ( บริษัท NGUAN SOON Ltd. )  
 paprika ตราแม่คกาเรต ( บริษัทสไปซ์โปรดักส์ จำกัด )  
 hydrolyzed vegetable protein, SSF/K 331 type pork  
 ( บริษัทเนสท์เล่ ประเทศไทย จำกัด )  
 ไข่ขาวผง ( บริษัทไข่ผงแปดริ้ว จำกัด )  
 ใยบรรจุชนิด cellulose ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 มิลลิเมตร, Cellophane  
 ( บริษัทวิกกิ้นเตอร์เนชั่นแนล ประเทศไทย จำกัด )  
 ด้ายกลุ่มสำหรับผูกไส้กรอก  
 ซานอ้อย ( เชื้อเพลิงใช้เป็นแหล่งควัน อบจนความชื้นสุดท้าย 11.52 % )

#### สารเคมี

##### การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

- Sulfuric acid A.R.
- Potassium hydrogen phthalate A.R.
- Sodium hydroxide A.R.
- Boric acid A.R.
- Kjeltabs® (  $K_2SO_4$  : Se = 100 : 1 ) บริษัทลิตทิวพรแอสโซซิเอต จำกัด
- Methyl red
- Methylene blue

##### การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

- Petroleum ether A.R.

##### การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

- Sulfuric acid A.R.
- Sodium hydroxide A.R.
- 95 % Ethyl alcohol A.R.

### การวิเคราะห์จุลินทรีย์

- Plate count agar ( Difco laboratory )
- Potato dextrose agar ( Difco laboratory )

### อุปกรณ์

#### การผลิต

- เครื่องผสมอาหารพร้อมอุปกรณ์ในการอัดไส้ ( Kenwood, A907 )
- ตู้รมควัน ขนาด 50 \* 50 \* 120 เซนติเมตร<sup>3</sup> ควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 80 -100 °C ( ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย )

#### การบรรจุและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

- ถุงพลาสติก High density polyethylene ( HDPE ) ขนาด 17.8 \* 25.3 เซนติเมตร<sup>2</sup> หนา 0.03 มิลลิเมตร
- เครื่องปิดผนึกแบบสูญญากาศ ( Multivac type, AG 500 )
- ห้องเย็น อุณหภูมิ 4-10 °C
- ห้องแช่แข็ง อุณหภูมิ (-18) °C

#### การวิเคราะห์ทางเคมี

- เครื่องชั่งละเอียด ( Sartorius, A200S )
- เครื่องชั่งหยาบ ( Sartorius, B3100S )
- ตู้อบลมร้อน ช่วงอุณหภูมิ 0-250 °C ( Scientific Instrument Development and Service Centre, Chulalongkorn University, SC 1086 )
- ชุดสกัดไขมัน ( Gerhardt Soxtherm Automatic, S-166 )
- ชุดย่อย, กลิ่นโปรตีน ( Kjeldatherm and Vapodest I, Gerhardt, KT 85 )
- ชุดวิเคราะห์เส้นใย และ hot plate พร้อม round condenser ( Gerhadrt, RF 16-6 )
- Muffle furnace ช่วงอุณหภูมิ 500-700 °C ( Carbolite, EML

11-2.)

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

- Texturometer ใช้เซลล์ใบมีดแบบตัด ( Mainframe Standard, T2001 )

การวิเคราะห์จุลินทรีย์

- เครื่องชั่งหยาบ ( Sartorius, B3100S )
- เครื่องปั่นอาหารความเร็วสูง ( Waring blender, 328-L79 )
- Autoclave ( Tomy, SS-3201 )
- Incubator ช่วงอุณหภูมิ 25-70 °C ( Memmert, B30 )

### ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 ศึกษาสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองและกลูเต็นผง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแต่ละชนิด ทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง สมบัติที่วิเคราะห์ได้แก่

- 3.1.1 ปริมาณความชื้น (67)
- 3.1.2 ปริมาณโปรตีน (67)
- 3.1.3 ปริมาณไขมัน (67)
- 3.1.4 ปริมาณเส้นใย (67)
- 3.1.5 ปริมาณเถ้า (67)

#### 3.2 ศึกษาอัตราการคั่วคั่วคั้นของตัวอย่างโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส

ใช้ตัวอย่าง 10.00 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 15 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง นำตัวอย่างที่ได้ไปชั่งหาน้ำหนัก (68)

#### 3.3 สูตรต้นแบบและกระบวนการผลิตไส้กรอกเลียนแบบ

- 3.3.1 สูตรต้นแบบไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ (จากการศึกษาเบื้องต้น โดยดัดแปลงจากงานของ Frank และ Circle (43))

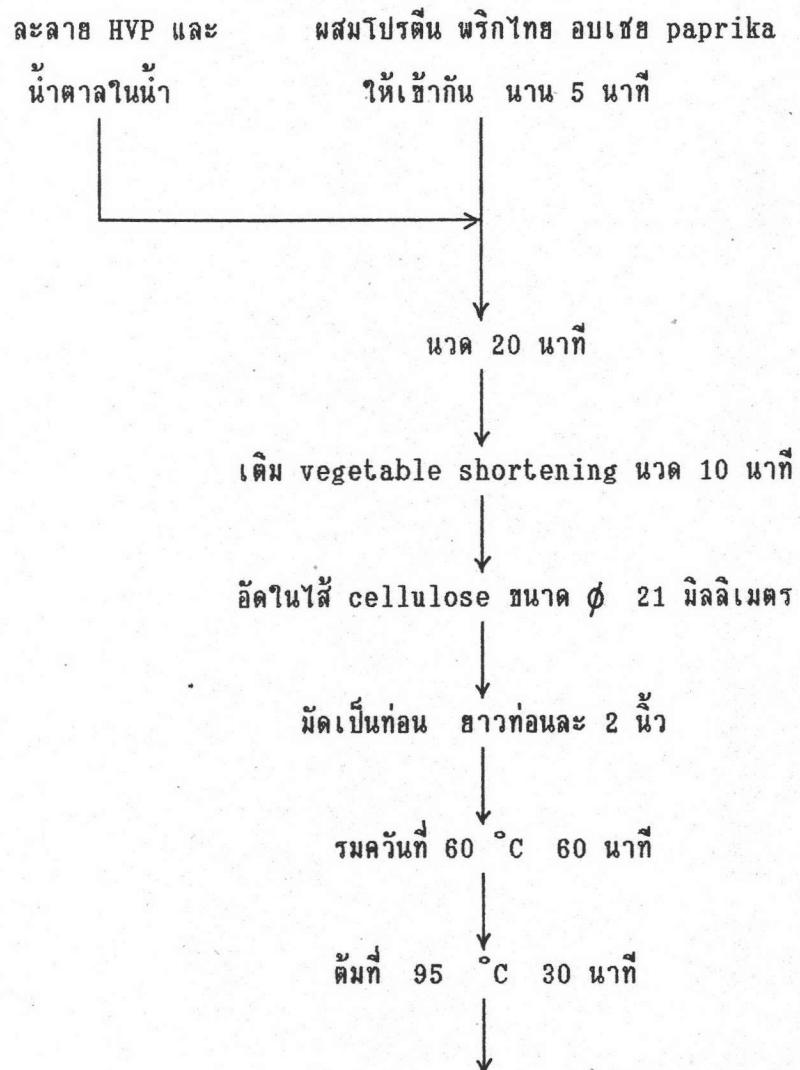
โปรตีนถั่วเหลืองสกัด	100.00	กรัม
vegetable shortening	35.00	กรัม

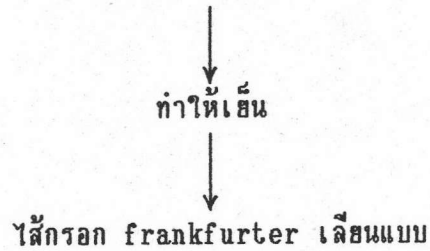
น้ำตาล	3.50	กรัม
พริกไทย	3.50	กรัม
อบเชย	0.18	กรัม
paprika	0.18	กรัม
hydrolyzed vegetable protein (HVP)	20.00	กรัม

น้ำ ใช้ตามอัตราการดูดน้ำคั้นของโปรตีน :

- โปรตีนถั่วเหลืองสกัด คูดน้ำคั้น 2.8 เท่า
- กลูเต็นผง คูดน้ำคั้น 1.2 เท่า

3.3.2 กระบวนการผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ (จากการศึกษาเบื้องต้น โดยดัดแปลงจากงานของ Frank และ Circle (43))





การผสม ใช้เครื่องผสม Kenwood โดยใช้หัวผสมรูปตะกร้อ ที่ความเร็ว การผสม 80 รอบต่อนาที

การนวด ใช้เครื่องผสม Kenwood โดยใช้หัวนวดรูปตัว K ที่ความเร็ว 435 รอบต่อนาที

การรมควัน นำไส้กรอกไปแขวนในตูรมควันที่อุณหภูมิ 60 °C ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นเติมซันอ็อกซ์เพื่อใช้เป็นแหล่งควัน โดยใช้ซันอ็อกซ์ครั้งละ 30 กรัม

3.3.3 สูตรต้นแบบไส้กรอกรมควันเลียนแบบ (จากการศึกษาเบื้องต้น โดยดัดแปลง จากงานของ Tewey และ Shanbhag (44))

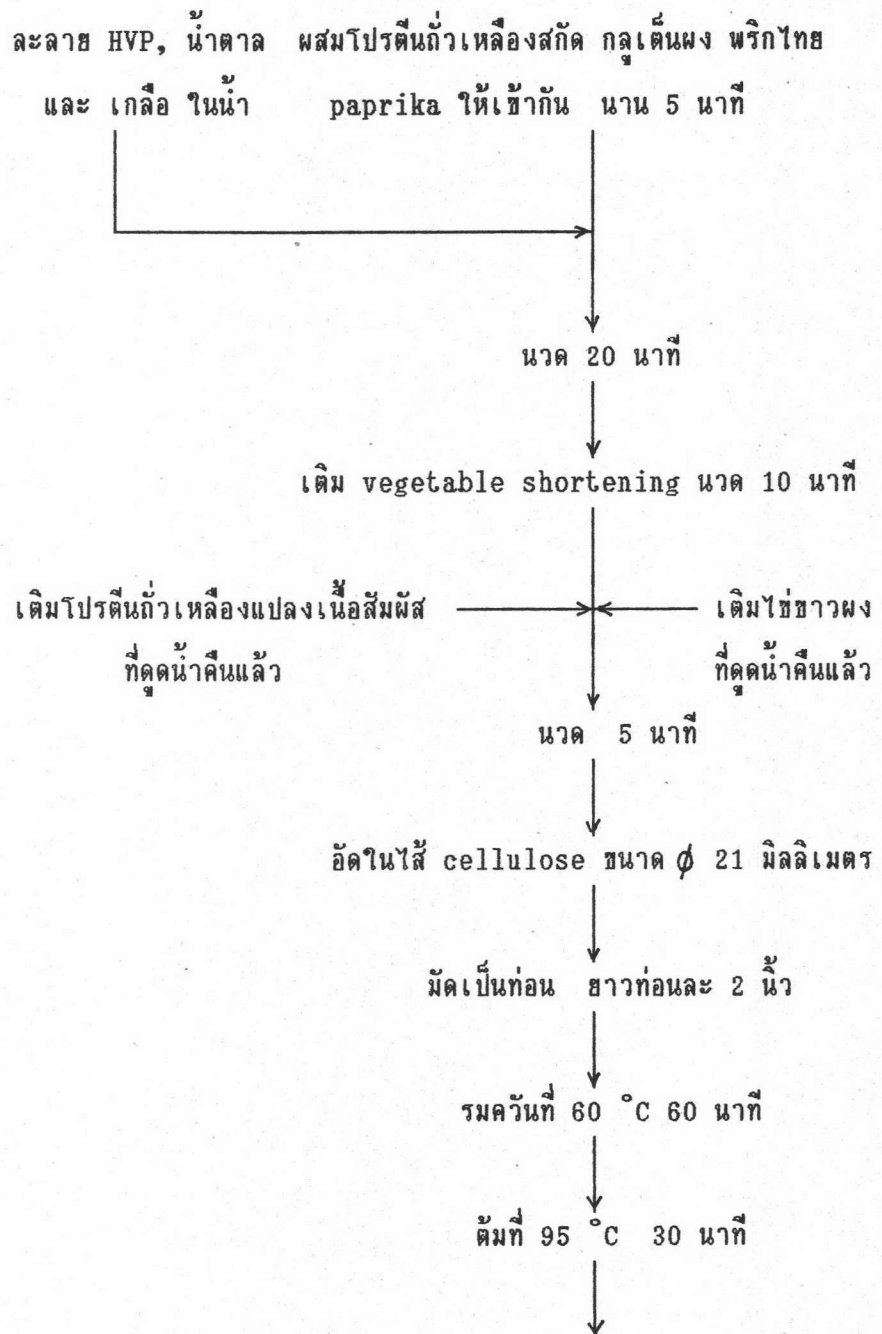
โปรตีนถั่วเหลืองสกัด	90.00	กรัม
กลูเต็นผง	10.00	กรัม
ไข่ขาวผง	6.00	กรัม
vegetable shortening	35.00	กรัม
น้ำตาล	9.00	กรัม
เกลือ	10.50	กรัม
พริกไทย	9.00	กรัม
อบเชย	0.36	กรัม
paprika	0.36	กรัม
hydrolyzed vegetable protein (HVP)	16.00	กรัม
โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส	100.00	กรัม
น้ำ	ใช้ตามอัตราการผลิตน้ำคั้นของโปรตีน :	
- โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส	ดูน้ำคั้นตามปริมาณที่	

วิเคราะห์ได้ (ข้อ 3.2)

- โปรตีนถั่วเหลืองสกัด คุณค่าคืน 2.8 เท่า
- กลูเต็นผง คุณค่าคืน 1.2 เท่า
- ไข่ขาวผง คุณค่าคืน 6.0 เท่า



3.3.4 กระบวนการผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบ (จากการศึกษาเบื้องต้น โดยดัดแปลงจากงานของ Tewey และ Shanbhag (44))





การผสม ใช้เครื่องผสม Kenwood โดยใช้หัวผสมรูปตะกร้อ ที่ความเร็ว การผสม 80 รอบต่อนาที

การนวด ใช้เครื่องผสม Kenwood โดยใช้หัวนวดรูปตัว K ที่ความเร็ว 435 รอบต่อนาที

การรมควัน นำไส้กรอกไปแขวนในตูรมควันที่อุณหภูมิ 60 °C ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นเติมซันอ้อยเพื่อใช้เป็นแหล่งควัน โดยใช้ซันอ้อยครั้งละ 30 กรัม

### 3.4 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ

3.4.1 ศึกษาอัตราส่วนระหว่าง ISP:เกลือ แปรปริมาณ ISP:เกลือ เป็น 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, และ 80:20 ตามลำดับ ผลิตไส้กรอก โดยใช้สูตรตามข้อ 3.3.1 วิธีผลิตตามข้อ 3.3.2 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์ประเมินคุณภาพตามข้อ 3.4.6

3.4.2 ศึกษาอัตราการคุดน้ำคั้นของ ISP แปรปริมาณการคุดน้ำคั้นของ ISP เป็น 2.6, 2.8, 3.0 และ 3.2 เท่า ตามลำดับ ผลิตไส้กรอกโดย ใช้สูตรที่เหมาะสมตามข้อ 3.4.1 วิธีผลิตตามข้อ 3.3.2 เลือกผลิตภัณฑ์ ที่มีคุณภาพดีที่สุดในเกณฑ์ประเมินคุณภาพตามข้อ 3.4.6

3.4.3 ศึกษาปริมาณ vegetable shortening แปรปริมาณ vegetable shortening ในสูตรจากข้อ 3.4.2 เป็น 17.5, 35.0 และ 52.5 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ผลิตไส้กรอกตามข้อ 3.3.2 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มี คุณภาพดีที่สุดในเกณฑ์ตามข้อ 3.4.6

3.4.4 ศึกษาปริมาณ HVP แปรปริมาณ HVP ในสูตรจากข้อ 3.4.3 เป็น 8, 12, 16, และ 20 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ผลิตไส้กรอกตาม ข้อ 3.3.2 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดในเกณฑ์ตามข้อ 3.4.6



- 3.4.5 ศึกษาปริมาณเกลือ เพื่อปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น โดยแปรปริมาณเกลือในสูตรจากข้อ 3.4.4 เป็น 3.5, 5.25, 7 และ 8.25 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ผลิตไส้กรอกตามข้อ 3.3.2 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์ตามข้อ 3.4.6
- 3.4.6 ประเมินคุณภาพโดยใช้ค่าเหล่านี้เป็นเกณฑ์
- 3.4.6.1 การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก โดยชั่งน้ำหนักหลังบรรจุไส้และหลังรมควัน-ต้ม คำนวณน้ำหนักที่สูญเสียหลังการทำให้สุก
- 3.4.6.2 วัดค่าแรงตัดขาด (cutting force) โดยเครื่อง texturometer ก่อนวัดลอกไส้ cellulose ออก แล้ววัดแรงตามแนวนอนของชิ้นผลิตภัณฑ์ วัด 5 ชิ้นต่อตัวอย่าง
- 3.4.6.3 ออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) และ Duncan's New Multiple Range Test (69) ทดลอง 2 ซ้ำ
- 3.4.6.4 ทดสอบผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับรวม โดยทดสอบแบบ Hedonic Test ใช้แบบทดสอบชนิด 9-point scale กำหนดช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-9 โดย 9 หมายถึงชอบมากที่สุด 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และต่ำกว่า 5 ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ใช้ผู้ทดสอบชนิด semi-trained จำนวน 9 คน การให้คะแนนขึ้นกับความชอบว่ายอมรับผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใดโดยไม่ต้องเปรียบเทียบกับไส้กรอกจากเนื้อสัตว์
- 3.4.6.5 ออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธีสุ่มในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) และ Duncan's New Multiple Range Test (69) ทดลอง 2 ซ้ำ

### 3.5 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบ

- 3.5.1 ศึกษาชนิด TSP จากผลิตภัณฑ์ 3 แห่งคือโปรตีนเกษตร® Soyex® และ Mincer® ผลิตไส้กรอกโดยใช้สูตรตามข้อ 3.3.3 วิธีผลิตตามข้อ

- 3.3.4 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์ตามข้อ 3.4.6
- 3.5.2 ศึกษาปริมาณ TSP แปรปริมาณ TSP ชนิดที่สรุปได้จากข้อ 3.5.1 เป็น 100, 200 และ 300 % โดยน้ำหนักแห้งของปริมาณโปรตีนในสูตรต้นแบบตามข้อ 3.3.3 ผลิตไส้กรอกตามข้อ 3.3.4 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์ตามข้อ 3.4.6
- 3.5.3 ศึกษาปริมาณ vegetable shortening แปรปริมาณ vegetable shortening ในสูตรจากข้อ 3.5.2 เป็น 17.5, 35, 52.5 และ 70 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ผลิตไส้กรอกตามข้อ 3.3.4 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์ตามข้อ 3.4.6
- 3.5.4 ศึกษาปริมาณ HVP แปรปริมาณ HVP ในสูตรจากข้อ 3.5.3 เป็น 16, 24, 32 และ 40 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ผลิตไส้กรอกตามข้อ 3.3.4 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์ตามข้อ 3.4.6
- 3.5.5 ศึกษาปริมาณเกลือ เพื่อปรับปรุงรสชาติให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น แปรปริมาณเกลือจากสูตร ในข้อ 3.5.4 เป็น 10.5, 14, 17.5 และ 21 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ผลิตไส้กรอกตามข้อ 3.3.4 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์ตามข้อ 3.4.6
- 3.5.6 ศึกษาปริมาณไข่ขาวผง แปรปริมาณไข่ขาวผงจากสูตรในข้อ 3.5.5 เป็น 0, 3 และ 6 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ผลิตไส้กรอกตามข้อ 3.3.4 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์ตามข้อ 3.4.6
- 3.6 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติกชนิด HDPE ขนาด  $17.8 * 25.3$  เซนติเมตร<sup>2</sup> หนา 0.03 มิลลิเมตร กุญละ 20 ชิ้น ที่ภาวะสุญญากาศ ปิดผนึกถุงโดยใช้เครื่องปิดผนึก Multivac กำจัดอากาศออกจากถุงจนถึงระดับความดันสุญญากาศ 0.98 bar เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น  $4^{\circ}\text{C}$  และ อุณหภูมิแช่แข็ง ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็นสุ่มตัวอย่างที่ระยะเวลาเก็บ 1, 5, 8, 11, 15, 18, และ 22 วัน สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็งสุ่มตัวอย่างทุก 1 เดือน เป็นเวลา 3 เดือน ประเมินผลโดย

- 3.6.1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเช่น สี กลิ่น ลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนไปจากเดิม

- 3.6.2 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีในข้อ 3.1
- 3.6.3 วัดค่าแรงตัดขาดตามวิธีในข้อ 3.4.6.2
- 3.6.4 วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และ Duncan's New Multiple Range Test (69) ทดลอง 2 ซ้ำ
- 3.6.5 วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนรา-ยีสต์ (70, 71) วิเคราะห์ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง
- 3.6.6 ทดสอบทางประสาทสัมผัสตามวิธีในข้อ 3.4.6.4
- 3.6.7 วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีสุ่มในบล็อก (Randomized Complete Block Design) และ Duncan's New Multiple Range Test (69) ทดลอง 2 ซ้ำ
- 3.7 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกเลียนแบบ  
 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งสองชนิดตามวิธีในข้อ 3.1
- 3.8 ประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์  
 คำนวณต้นทุนเฉพาะวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด