บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไส้กรอก

- เนื้อหมู บริเวณสะโพก (ตลาดสุเทพ, เชียงใหม่, ประเทศไทย)
- น้ำมันพืช (ตราหยก, บริษัทล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด, สมุทรปราการ, ประเทศไทย)
- เนยขาว ทำจากน้ำมันปาล์ม (ตราครีมท็อปปี้, บริษัททรีท็อป เคมีคัล แอนด์ ฟู้ดส์ คอร์เปอเรชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย)
- น้ำแข็งโม่ (ตลาดสุเทพ, เชียงใหม่, ประเทศไทย)
- Collagen casing (Nippi, #230 mm, Tokyo, Japan)
- Sodium tripolyphosphate (Food Equipment Co., LTD, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย)
- เกลือ (ตราปรุงทิพย์, บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด, นครราชสีมา, ประเทศไทย)
- เครื่องเทศได้แก่ ดอกจันทน์ ลูกจันทน์ เมล็ดยี่หร่า พริกไทย เมล็ดผักชี (ร้านบอมเบ, ตลาดวโรรส, เชียงใหม่, ประเทศไทย) ปาปริกา (ร้านมายด์แอนด์แคร์โปรดักซ์, เชียงใหม่, ประเทศไทย)
- โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (บริษัทไมท์ตี้ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, ประเทศไทย)
- โซเดียมไนไตร์ท (บริษัทไมท์ตี้ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, ประเทศไทย)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอังคัก

- Cork borer
- หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave, Gallenkamp, England)
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator, Gallenkamp, England)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไส้กรอก

- เครื่องบดเนื้อ (Meat mincer, เชียงใหม่, ประเทศไทย)
- เครื่องสับผสม (Bowl chopper, Braun : Model K750, Germany)
- เครื่องยัดไส้ (Stuffer, โรงกลึงราชดำเนิน, เชียงใหม่, ประเทศไทย)

- ตู้เย็น (Freezer, Sharp : Model Superior frost free TH-8903, Thailand)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
- แบบสอบถาม (ภาคผนวก ข)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดสี (ColorQuest II, Hunter Laboratory Inc., USA)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron Universal Testing Machine : Model 5565, USA)
- เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge, Gallenkamp, England)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, เชียงใหม่, ประเทศไทย)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, Presica : Model pH 900, Swiss)
- เตาอบลมร้อน (Hot air oven, Haereous, England)
- บิวเรต (HBG, Germany)
- เตาเผาเถ้า (Oven, Gallenkamp, Muffle Furnace, England)
- เครื่องวัด aw (Water activity measuring system, Presica : Model McDAS 4208, Swiss)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave, Gallenkamp, England)
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator, Gallenkamp, England)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, เชียงใหม่, ประเทศไทย)
- Anaerobic jars (Merck, Germany)
- ตู้เย็น (Freezer, Sharp : Model Superior frost free TH-8903, Thailand)
- จานเลี้ยงเชื้อ (Petri dishes)
- ขวด Duran
- ปิเปตแบบ Measuring pipettes ขนาด 1 ml, 5 ml และ 10 ml

สารเคมี

- กรดบอริค (Boric acid ; H_3BO_3, Merck, Germany)
- กรดซัลฟูริค (Sulfuric acid ; H_2SO_4, Merck, Germany)
- กรดไธโอบาร์บิทูริค (2-Thiobarbituric acid ; $C_4H_4N_2O_2S$, Fluka, Switzerland)
- กรดอะซิติก (Acetic acid ; CH_3COOH, Merck, Germany)
- กรดไฮโดรคลอริค (Hydrochloric acid ; HCl, Merck, Germany)
- คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate ; $CuSO_4.5H_2O$, Merck, Germany)
- ซิลเวอร์ไนเตรต (Silver nitrate ; $AgNO_3$, Merck, Germany)
- ซิลิเนียมไดออกไซด์ (Selenium dioxide ; SeO_2, J.T. Baker, USA)
- โซเดียมไนไตร์ท (Sodium nitrite ; $NaNO_2$, Fluka, Switzerland)
- ปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ (Petroleum ether ; J.T. Baker, USA)
- เมทธิลเรด (Methyl red ; $(CH_3)_2NC_6H_4N$, May&Baker, USA)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide ; NaOH, J.T. Baker, USA)
- โปแตสเซียมโครเมต (Potassium chromate ; K_2CrO_4, Fluka, Switzerland)
- โปแตสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate ; $K_2Cr_2O_7$, Merck, Germany)
- แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide ; NH_4OH, Merck, Germany)
- ซิงค์ซัลเฟต (Zinc sulfate ; $ZnSO_4$, Merck, Germany)
- Peptone (Bacto® Peptone, Difco Laboratory, USA)
- Plate Count Agar (Bacto® Plate Count Agar, Difco Laboratory, USA)
- Potato Dextrose Agar (Bacto® Plate Count Agar, Difco Laboratory, USA)
- Tryptose Lauryl sulfate broth (Bacto® Tryptose Lauryl sulfate broth, Difco Laboratory, USA)
- Brilliant green Lactose Bile Broth (Bacto® Brilliant green Lactose Bile Broth , Difco Laboratory, USA)
- Ethyl alcohol ความเข้มข้นร้อยละ 70

เครื่องประมวลผลข้อมูล

- เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Analytical Software version 1.1, 1985,86, NH Analytical software
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Analytical Software version 4.0, 1985,86,87,89,91,92 Analytical software
- โปรแกรม Statistica version 5.0, 1984-1995 (StatSoft Inc, USA)
- โปรแกรม Microsoft Excel 97 version 8.0, 1985-1997 (Microsoft corp., USA)
- โปรแกรม Mathcad 7 professional

วิธีการทดลอง

สูตรพื้นฐานไส้กรอก

ส่วนประกอบหลัก

เนื้อหมู	46.65	เปอร์เซ็นต์ (คิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์)
ไขมันหมู (แทนด้วย น้ำมันพืช)	24.88	เปอร์เซ็นต์ (คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์)
น้ำแข็ง	24.88	เปอร์เซ็นต์ (คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์)

ส่วนเครื่องปรุง

เกลือ	1.70	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมไนไตร์ท	0.01	เปอร์เซ็นต์
ฟอสเฟต (ใช้ STPP)	0.3	เปอร์เซ็นต์
อังคัก	1	เปอร์เซ็นต์*
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	3	เปอร์เซ็นต์*
แป้งมันสำปะหลัง	5	เปอร์เซ็นต์*
เครื่องเทศ	0.85	เปอร์เซ็นต์

อัตราส่วนของเครื่องเทศ (คิดเป็นสัดส่วนต่อเปอร์เซ็นต์เครื่องเทศ)

-พริกไทยป่น	57.14	เปอร์เซ็นต์
-ลูกจันทน์ป่น	14.29	เปอร์เซ็นต์
-ดอกจันทน์ป่น	5.71	เปอร์เซ็นต์
-ปาปริกาป่น	14.29	เปอร์เซ็นต์
-เมล็ดผักชีป่น	5.71	เปอร์เซ็นต์
-เมล็ดยี่หร่าป่น	2.86	เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ * คือค่าโดยประมาณจากการทดลองเบื้องต้นและจากเอกสาร
เตรียมตัวอย่างจำนวน 600 กรัมในแต่ละครั้ง

ที่มา : กรมปศุสัตว์

กระบวนการผลิตไส้กรอก

คัดเลือกเนื้อหมู

(เลือกเนื้อแดง ไม่มีเอ็น พังผืด และไขมันติดปนมา)

↓

บดเนื้อ

(บดเนื้อหมูและบดไขมันโดยใช้เครื่อง Meat mincer รูตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตร)

↓

สับผสมโดยใช้ Bowl chopper ที่ความเร็วเบอร์ 12 (13,450 รอบต่อนาที)

(ขั้นตอนแรก : สับเนื้อผสมน้ำแข็ง เติม เกลือ SPI $NaNO_2$ และ STPPสับนาน 1 นาที)

(ขั้นตอนที่สอง : เติมน้ำมันพืช แป้งมันสำปะหลัง เครื่องเทศ และอังคัก สับนาน 5 นาที)

↓

บรรจุเนื้อไส้กรอกใน Collagen casing

โดยใช้เครื่อง Stuffer

↓

มัดไส้กรอกโดยใช้มือผูกเป็นปล้อง ๆ

↓

ทำให้สุก

(ต้มในน้ำอุณหภูมิ 75°C นาน 15 นาที)

↓

ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำที่สะอาด (อุณหภูมิห้อง) นาน 5 นาที

↓

บรรจุใส่ถุง Polypropylene ในสภาวะปกติ

แผนการทดลอง

3.1 การสำรวจเค้าโครงของผลิตภัณฑ์

ก่อนที่จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหรือผลิตภัณฑ์ใด ๆ ขึ้นนั้น จำเป็นจะต้องมีการสร้างเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ เพื่อหาคุณลักษณะที่สำคัญตามความคิดของผู้บริโภค ซึ่งวิธีการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์นั้นสามารถใช้หลักการของ Ideal Ratio Profile ได้

Ideal Ratio Profile เป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อดูลักษณะผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการหาสัดส่วน ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผู้ทดสอบชิมแสดงความเข้มหรือความมากน้อยของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิมจะเป็นผู้กำหนดคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์จากการชิมตัวอย่างอ้างอิงหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนา และบอกความเข้มของคุณลักษณะที่สำคัญของตัวอย่างอ้างอิงและความเข้มในระดับที่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนา ความเข้มทั้งสองจะคิดเป็นสัดส่วนต่อกัน ซึ่งหากเท่ากับ 1 แสดงว่าความเข้มของคุณลักษณะนั้นในตัวอย่างอ้างอิงเป็นความเข้มในระดับที่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์ ค่าสัดส่วนดังกล่าวเรียกว่า Mean Ideal Ratio Score ส่วนค่า Ideal Ratio Score จะถูกกำหนดไว้ที่ 1 ซึ่งหมายความว่า หาก Mean Ideal Ratio Score ของคุณลักษณะใด ๆ ในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ Ideal Ratio Score หรือเท่ากับ 1 ในคุณลักษณะนั้น ๆ ตัวอย่างหรือผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบก็มีคุณลักษณะตามที่ผู้บริโภคต้องการแล้ว อย่างไรก็ตามในผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีหลายคุณลักษณะที่มีความสำคัญ ดังนั้นค่าสัดส่วนเฉลี่ยจึงแสดงออกมาเป็นรูปเค้าโครงลักษณะใยแมงมุม (Cyclic profile)

ในการทดสอบเค้าโครงของผลิตภัณฑ์เพื่อกำหนดคุณลักษณะที่สำคัญนั้นจะใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 15 คน คุณลักษณะที่สำคัญจะถูกกำหนดขึ้นมาจากความเห็นของผู้ทดสอบชิมจำนวนมาก และระดับความเข้มของคุณลักษณะที่สำคัญจะถูกกำหนดไว้ (Fixed Ideal) เพื่อใช้ในการหาสัดส่วน (Mean Ideal Ratio Score) เพื่อพัฒนาให้เข้าใกล้ Ideal Ratio Score ในการทดลองต่อไป

3.2 การศึกษาพันธุ์ข้าวในการผลิตอังคัก

การที่นำอังคักมาเป็นส่วนผสมในไส้กรอกก็เพื่อเป็นการเพิ่มสีแดงให้สูงขึ้นตามที่ผู้บริโภคต้องการ ดังนั้นอังคักที่ให้สีแดงมากที่สุดจึงเป็นคุณลักษณะที่ดี การผลิตจะเริ่มจากการเตรียมกล้าเชื้อโดยการเพาะเชื้อรา *Monascus purpureus* FTCMU 3385 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30°ซ นาน 7 วัน แล้วจึงนำมาเพาะลงบนข้าวนึ่งที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่กล่าวถึง พบว่าข้าวพันธุ์เหลือง 148 เป็นข้าวที่ใช้ผลิตอังคักที่ให้สีแดงสูงที่สุดตามวิธีการผลิตนั้น (อรัญและคณะ, 2531) อย่างไรก็ตามปัจจุบันนี้ไม่สามารถหาข้าวพันธุ์ดังกล่าวได้ การทดลองในขั้นตอนนี้จึงทำเพื่อหาพันธุ์ข้าวตามท้องตลาดที่ให้สีแดงได้สูงที่สุด โดยได้ศึกษาพันธุ์ข้าว 4 ชนิดได้แก่ ข้าวซ้อมมือ ข้าวเจ้าชัยนาท ข้าวหอมมะลิแม่จัน และข้าวหอมมะลิสุรินทร์ แล้วดำเนินการผลิตตามวิธีของอรัญและคณะ (2531) โดยวางแผนการทดลองเป็นแบบ CRD ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

การผลิตอังคักเริ่มจากผสมข้าวกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 นำไปนึ่งในรังถึงที่อุณหภูมิ 100°ซ นาน 20 นาที แบ่งข้าวนึ่งใส่ถุงร้อน (Polypropylene) ขนาด 8″ X 12″ ถุงละ 100 กรัม ใส่คอขวดอุดด้วยสำลีแล้วหุ้มด้วยฟอยล์ นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°ซ นาน 15 นาที ด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave, Gallenkamp, England) หลังจากฆ่าเชื้อแล้ววางทิ้งไว้ให้เย็นก่อนทำการเพาะเชื้อ แล้วถึงถ่ายเชื้อจากกล้าเชื้อลงบนข้าวนึ่ง กล้าเชื้อเตรียมได้โดยการเพาะเชื้อ *Monascus purpureus* ลงบนอาหาร PDA แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 30°ซ นาน 7 วัน ถ่ายเชื้อโดยใช้ Cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ตัดขอบโคโลนีของเชื้อ แล้ววางลงบนผิวหน้าของข้าวนึ่ง นำข้าวที่ถ่ายเชื้อแล้วไปบ่มที่อุณหภูมิ 28-30°ซ นาน 20 วัน เมื่อครบกำหนดจึงนำมาอบที่อุณหภูมิ 80°ซ นาน 6 ชั่วโมง นำไปบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าสีในระบบ CIELAB

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- วัดปริมาณน้ำ (AOAC, 1995)

การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

- โปรแกรม Statistix version 1.1, Microsoft Excel 97 version 8.0

3.3 การเลือกชนิดของน้ำมันพืชที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอก

ตามสูตรการผลิตไส้กรอกพื้นฐานของกรมปศุสัตว์ ได้แก่ เนื้อหมู : ไขมันสัตว์ : น้ำแข็ง เท่ากับ 50 : 25 : 25 ซึ่งจะมีการทดแทนไขมันสัตว์ด้วยน้ำมันพืช ดังนั้นจึงต้องมีการทดลองขั้นต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และปริมาณอย่างคร่าว ๆ ของเครื่องปรุงที่จะนำมาเป็นส่วนผสม ผลจากการทำแบบจำลอง (mockup) พบว่าสูตรพื้นฐานไส้กรอกสามารถใช้น้ำมันพืชทดแทนไขมันสัตว์ได้ 100% โดยใช้น้ำมันพืชที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -13°ซ นาน 12 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้น้ำมันพืชมีลักษณะเป็นไขและง่ายต่อการเกิดอิมัลชั่นที่มีความคงตัว ในการทดลองนี้จึงได้ใช้น้ำมันพืช 3 ชนิด โดยนำไปแช่แข็งที่ -13°ซ ซึ่งได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันปาล์ม (ตราหยก, บริษัทล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด, สมุทรปราการ, ประเทศไทย) และเนยขาวที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง (ตราครีมท็อปปี้, บริษัททรีท็อป เคมีคัล แอนด์ ฟู้ดส์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย) เพื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละสูตรการผลิต วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบด้วยวิธี 9 Point hedonic scaling test ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว จำนวน 15 คน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าแรงเฉือน (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron, 1993))
- วัดค่าสีในระบบ HunterLab (ColorQuest II (HunterLab, 1997))

การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

- โปรแกรม Statistix version 1.1, Microsoft Excel 97 version 8.0

3.4 การหาสูตรที่เหมาะสมของระบบอิมัลชั่น

ระบบอิมัลชั่นของไส้กรอกประกอบด้วย เนื้อหมู น้ำมันพืช และน้ำแข็ง จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ Marquez *et al.* (1989) ได้ใช้น้ำมันพืชในสูตรไส้กรอกอยู่ในช่วง 12-29% และ Ambrosiadis *et al.* (1996) ใช้น้ำมันพืชในช่วง 19.5-27.5% ดังนั้นจึงได้กำหนด

ช่วงของส่วนประกอบหลักของไส้กรอกดังนี้ เนื้อหมู 50-60% น้ำมันพืช 10-30% และน้ำแข็ง 10-30% วางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2536) ซึ่งจะทำให้ส่วนผสมทั้งสามชนิดรวมกันแล้วเท่ากับ 100%

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบด้วยวิธี Ideal Ratio Profile ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าแรงเฉือน (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron, 1993))
- วัดค่าสีในระบบ HunterLab (ColorQuest II (HunterLab, 1997))
- วัดค่า Total Expression Fluid (Hughes *et al.*, 1997)

การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

- โปรแกรม Microsoft Excel 97 version 8.0

3.5 การกลั่นกรองหาปัจจัยที่มีความสำคัญ

หลังจากที่ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนประกอบหลักแล้ว ทำการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นด้วยเครื่องปรุงชนิดต่าง ๆ การกลั่นกรองปัจจัยจะเป็นการช่วยลดจำนวนปัจจัยที่จะทำการศึกษาให้มีจำนวนน้อยลง แต่เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบ Plackett & Burman จำนวน N เท่ากับ 12 ดังตารางที่ 3.1 ช่วงของปัจจัยต่าง ๆ กำหนดไว้ดังนี้ เกลือ 1-3 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไนไตร์ท 0.0125-0.0150 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0-3 เปอร์เซ็นต์ อังคัก 1-2 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 1-3 เปอร์เซ็นต์ แป้งมันสำปะหลัง 1-5 เปอร์เซ็นต์ และเครื่องเทศ 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ กลั่นกรองปัจจัยที่มีความสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ซึ่งปัจจัยที่กลั่นกรองได้จะถูกนำไปหาปริมาณที่เหมาะสมในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนผังการทดลองแบบ Plackett & Burman ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ปัจจัย	เกลือ	ไนไตร์ท	ฟอสเฟต	อังคัก	โปรตีนจากถั่วเหลือง	แป้งมัน	เครื่องเทศ	D	D	D	D
1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
2	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+
3	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
4	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
5	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+
6	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
7	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+
8	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
9	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
10	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
11	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : เครื่องหมาย + คือระดับสูง - คือระดับต่ำ

D = Dummy

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบด้วยวิธี Ideal Ratio Profile ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าแรงเฉือน (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron, 1993))
- วัดค่าสีในระบบ HunterLab (ColorQuest II (HunterLab, 1997))
- วัดค่า Total Expression Fluid (Hughes *et al.*, 1997)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- วัดปริมาณน้ำ (AOAC, 1995)

การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

- โปรแกรม Microsoft Excel 97 version 8.0

3.6 การหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์

ปัจจัยที่กลั่นกรองได้จากการทดลองที่ 3.5 จะนำมาหาปริมาณที่เหมาะสมโดยจะแยกศึกษาทีละ 2 ปัจจัย แผนการทดลองเป็นแบบ 2^2 Factorial experiment with 3 center points ทำให้ได้สิ่งทดลองจำนวน 7 สูตร ดังนี้

กำหนดให้ A คือ ปัจจัยที่ 1

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน จุดกึ่งกลาง

1 แทน ระดับสูง

B คือ ปัจจัยที่ 2

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน จุดกึ่งกลาง

1 แทน ระดับสูง

ตารางที่ 3.2 แสดงแผนผังการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 3 center points ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

สูตร	A	B
1 (1)	-1	-1
2 (a)	+1	-1
3 (b)	-1	+1
4 (ab)	+1	+1
5 (cp1)	0	0
6 (cp2)	0	0
7 (cp3)	0	0

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบด้วยวิธี Ideal Ratio Profile ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าแรงเฉือน (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron, 1993))
- วัดค่าสีในระบบ HunterLab (ColorQuest II (HunterLab, 1997))
- วัดค่า Total Expression Fluid (Hughes *et al.*, 1997)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- วัดปริมาณน้ำ (AOAC, 1995)

การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

- โปรแกรม Microsoft Excel 97 version 8.0
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Analytical Software version 4.0
- โปรแกรม Statistica version 5.0, 1984-1995
- โปรแกรม Mathcad 7 professional

3.7 ศึกษาความเร็วและเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการสับ

การสับผสมโดยใช้เครื่องสับ (Bowl chopper) จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ สับผสมเพื่อละลายโปรตีนในเนื้อและสับผสมเนื้อกับน้ำมันพืชเพื่อทำให้เกิดอิมัลชั่น การทดลองจะต้องเริ่มจากขั้นตอนที่สองก่อน เพื่อให้ได้ไส้กรอกที่มีอิมัลชั่นเสถียรและเมื่อผ่านกระบวนให้ความร้อนสามารถที่จะคงรูปร่างอยู่ได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะศึกษาความเร็วของใบมีดในช่วง เบอร์ 6 (6,900 rpm) ถึง เบอร์ 14 (20,000 rpm) เวลาในการสับอยู่ในช่วง 1-8 นาที วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 3 center points

เมื่อได้ความเร็วและเวลาที่เหมาะสมในการสับผสมเพื่อทำให้เกิดอิมัลชั่นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเป็นศึกษาการสับผสมเพื่อละลายโปรตีนในเนื้อ โดยจะใช้ความเร็วของใบมีดที่ได้จากขั้นตอนการสับผสมเพื่อทำให้เกิดอิมัลชั่น และศึกษาเฉพาะเวลาในการสับ ซึ่งจะอยู่ในช่วง 1-3 นาที

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบด้วยวิธี Ideal Ratio Profile ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าแรงเฉือน (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron, 1993))
- วัดค่าสีในระบบ HunterLab (ColorQuest II (HunterLab, 1997))
- วัดค่า Total Expression Fluid (Hughes *et al.*, 1997)

การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

- โปรแกรม Microsoft Excel 97 version 8.0
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Analytical Software version 4.0
- โปรแกรม Statistica version 5.0, 1984-1995
- โปรแกรม Mathcad 7 professional

3.8 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการต้ม

กระบวนการต้มจะทำให้เนื้อไส้กรอกเกิดเจลและสามารถคงรูปร่างอยู่ได้นาน อุณหภูมิและเวลาในการต้มอาจมีผลต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ที่สำคัญของไส้กรอก โดยช่วงของอุณหภูมิที่ทำการศึกษาได้แก่ 70-90°ซ เวลา 5-20 นาที วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 3 center points

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบด้วยวิธี Ideal Ratio Profile ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าแรงเฉือน (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron, 1993))
- วัดค่าสีในระบบ HunterLab (ColorQuest II (HunterLab, 1997))
- วัดค่า Cooking yield (Ladwig *et al.*, 1989)

การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

- โปรแกรม Microsoft Excel 97 version 8.0
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Analytical Software version 4.0
- โปรแกรม Statistica version 5.0, 1984-1995
- โปรแกรม Mathcad 7 professional

3.9 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ผ่านการพัฒนาสูตรและกระบวนการแล้ว ทำการตรวจคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบด้วยวิธี Ideal Ratio Profile ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าแรงเฉือน (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron, 1993))
- ค่าสีในระบบ HunterLab (ColorQuest II (HunterLab, 1997))
- ค่า a_w (Presica : Model McDAS 4208, USA)
- ค่า pH (Presica : Model pH 900, Swiss)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณน้ำด้วยวิธี Drying method (AOAC, 1995)
- ปริมาณเถ้าด้วยวิธี Dry ashing method (AOAC, 1995)
- ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Semi-micro Kjeldahl method (Pearson, 1976)
- ปริมาณไขมันด้วยวิธี Direct extraction method (AOAC, 1995)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดจากการคำนวณปริมาณสารที่เหลือ (AOAC, 1995)
- ปริมาณคอเลสเตอรอล (Hughes *et al.*, 1997)
- ปริมาณเกลือ (Pearson, 1976)
- ปริมาณไนเตรทและไนไตร์ทที่เหลืออยู่ (Tanimura *et al.*, 1975)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (เรณู, 2537)
- ปริมาณโคลิฟอร์ม (เรณู, 2537)
- ปริมาณยีสต์และรา (เรณู, 2537)
- จุลินทรีย์ที่เจริญได้ในสภาวะไร้อากาศที่อุณหภูมิต่ำและปานกลาง (มอก. 335 เล่ม 1-2523)

3.10 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

การศึกษาอายุการเก็บรักษาจะเก็บผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10°ซ ภายในถุง polypropylene แบบสภาวะปกติ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ทำการตรวจคุณภาพทุก ๆ สัปดาห์จนครบ 5 สัปดาห์ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบด้วยวิธี Ideal Ratio Profile ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าแรงเฉือน (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron, 1993))
- ค่าสีในระบบ HunterLab (ColorQuest II (HunterLab, 1997))
- ค่า pH (Presica : Model pH 900, Swiss)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ค่า TBA number (Pearson, 1976)

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (เรณู, 2537)
- ปริมาณโคลิฟอร์ม (เรณู, 2537)
- ปริมาณยีสต์และรา (เรณู, 2537)