# บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

### วัตถุดิบ

เนื้อหมูส่วนสะโพก
เนื้อวัวส่วนสะโพก } ได้จากสัตว์ซึ่งฆ่าและตัดแต่งมาแล้วเป็นเวลา 5 - 6 ชั่วโมง
มันหมูจากส่วนหลัง

น้ำมันถั่วเหลือง (บริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด)

น้ำมันปลาทูน่าไม่ได้ผ่านการกำจัดกลิ่น (บริษัท ที.ซี. ยูเนี่ยนฟูดส์ จำกัด)

น้ำมันปลาผ่านการกำจัดกลิ่นแล้ว ปรับให้ได้ปริมาณ ω-3 PUFA 35 %
โดยกำหนดให้มี EPA อยู่ในช่วง 16 - 20 % และ DHA 11 - 13 %
(บริษัท ที.ซี. ยูเนี่ยนฟูดส์ จำกัด)

เกลือป่น (บริษัท ซีพีซี/อายิ (ประเทศไทย) จำกัด)

แป้งข้าวโพด (บริษัท ซีพีซี/อายิ (ประเทศไทย) จำกัด)

น้ำตาลทรายขาว (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด)

พริกไทยป่น (บริษัท ฟู้ดมาสเตอร์ จำกัด)

ดอกจันทน์ป่น (บริษัท กริฟฟิทท์ แลบบอราทอรี่ จำกัด)

ลูกจันทน์ป่น (บริษัท ง่วนสูน จำกัด)

กระเทียมป่น (บริษัท ง่วนสูน จำกัด)

อบเชยป่น (บริษัท ง่วนสูน จำกัด)

ขวงเจี่ยป่น (บริษัท ง่วนสูน จำกัด)

ลูกผักชีป่น (บริษัท ง่วนสูน จำกัด)

กระชายป่น (บริษัท ง่วนสูน จำกัด)

ผงรมควันฮิกเคอรี่ (บริษัท วิคกี้ คอนโซลิเดท จำกัด)

ไส้บรรจุชนิด cellulose
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 มิลลิเมตร (บริษัท วิคกี้ คอนโซลิเดท จำกัด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ด้ายกลุ่มสำหรับผูกไส้กรอก

ชานอ้อย (เชื้อเพลิงใช้เป็นแหล่งรมควัน อบจนความชื้นสุดท้าย 27 %)

**สารเคมี**

สารเคมีสำหรับผลิตไส้กรอก

- สารผสม phosphates และ nitrite (Tari complete K3®) (บริษัท วิคกี้ คอนโซลิเดท จำกัด)
- Sodium erythorbate (บริษัท กริฟฟิทท์ แลบบอราทอรี่ จำกัด)
- Sodium caseinate (บริษัท วิคกี้ คอนโซลิเดท จำกัด)

สารกันหืนสำหรับเติมในน้ำมันปลา

- tertiary butylhydroquinone (TBHQ) (บริษัท ไวท์กรุ๊ป จำกัด)

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) (บริษัท สิทธิพรแอสโซซิเอท จำกัด)
- Methyl red (A.R.)
- Methylene blue (A.R.)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

- Petroleum ether (A.R.)

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน

การสกัดไขมันจากไส้กรอก

- Chloroform (A.R.)
- Methanol (A.R.)
- Potassium chloride (A.R.)
- Sodium sulfate anhydrous (A.R.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Methylation ของกรดไขมัน

- Sodium hydroxide (A.R.)
- Methanol (A.R.)
- Boron fluoride-methanol (A.R.)
- Isooctane (A.R.)
- Sodium chloride (A.R.)
- Sodium sulfate anhydrous (A.R.)

การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph

- reference standard สำหรับกรดไขมัน (บริษัท ซิกม่าเคมิคอล จำกัด)
  - Palmitic acid (C16:0) methyl ester
  - Stearic acid (C18:0) methyl ester
  - Oleic acid (C18:1) methyl ester
  - Linoleic acid (C18:2) methyl ester
  - Linolenic acid(C18:3) methyl ester
  - 6,9,12,15-Octadecatetraenoic acid (C18:4) methyl ester
  - Arachidonic acid (C20:4) methyl ester
  - 5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5) methyl ester
  - 4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6) methyl ester

## อุปกรณ์

การผลิตและเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ก่อนการวิเคราะห์คุณภาพ

- เครื่องบดและผสมเนื้อพร้อมอุปกรณ์ในการอัดไส้ (Kenwood A9097)
- เครื่องสับเนื้อละเอียด (Moulinex masterchef 30)
- ตู้รมควัน ขนาด 50*50*120 ลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิ 30 - 130 $^{o}$C (ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
- ห้องแช่เย็น อุณหภูมิ 4 - 10 $^{o}$C
- ห้องแช่แข็ง อุณหภูมิ (-18) $^{o}$C
- เทอร์โมมิเตอร์ 0 - 100 $^{o}$C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ทางเคมี

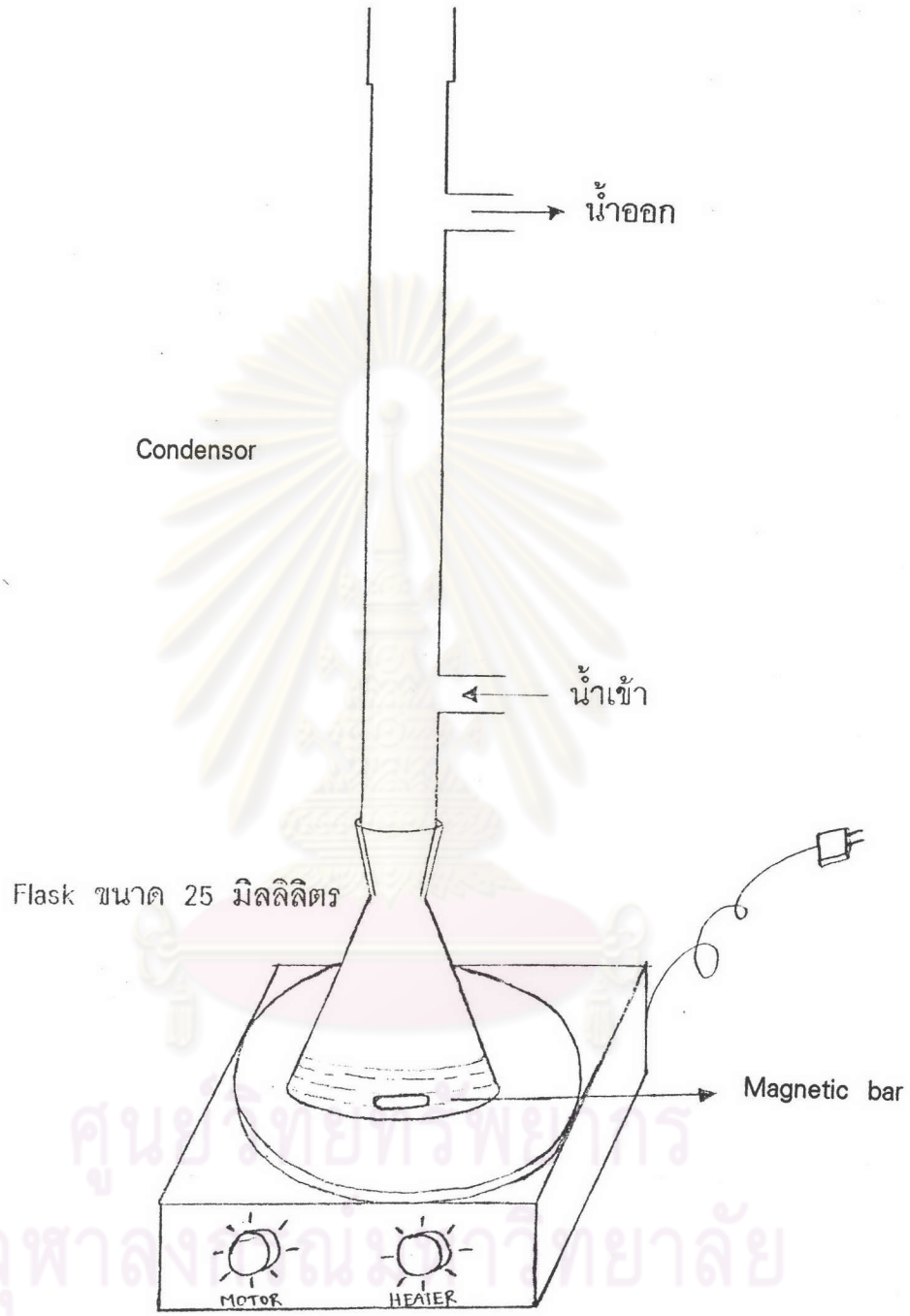
- เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, 1907 MPB)
- เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Sartorius, A200S)
- ตู้อบลมร้อน ช่วงอุณหภูมิ 0 - 250 $^{o}$C (WTC Binder 7200 Tuttlingen/Germany Type E 53 No. 89353)
- ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet Apparatus)
- ชุดย่อย, กลั่นโปรตีน (Kjeldatherm and Vapodest I, Gerhardt, KT 85)

การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมัน

- ชุดวิเคราะห์ในขั้นตอนสกัดน้ำมัน
  - Waring blender
  - Büchner funnel
  - กรวยแยกขนาด 500 มิลลิลิตร
  - Rotary vacuum evaporator (Heidolph VV 2000)
  - Vacuum desiccator
- ชุดวิเคราะห์ในขั้นตอนการเตรียม methyl ester ของกรดไขมัน
  - ชุด condensor ขนาดเล็ก ต่ออยู่กับขวดรูปกรวยขนาด 25 มิลลิลิตร พร้อมด้วย magnetic bar วางบนเครื่องให้ความร้อนแบบปรับอุณหภูมิและความเร็วในการหมุนได้ (รูปที่ 1)
- เครื่อง Gas Chromatograph ใช้ detector ชนิด flame ionization detector (FID) (GC-9A , Shimadzu)
- คอลัมน์สำหรับเครื่อง Gas Chromatograph ทำจากโลหะไร้สนิมความยาว 2 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3 มิลลิเมตร ภายในบรรจุ 10 % SP 2330 บน 100/120 Chromosorb W AW

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

- Texturometer ใช้เซลแบบใบมีดตัด (Lloyd Instruments No.3081)




**รูปที่ 1** ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียม methyl ester ของกรดไขมัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

### 1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ดังต่อไปนี้ คือ

1.1 เนื้อหมู เนื้อวัว และไขมันหมู ก่อนการผลิตเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 $^{o}$C วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ตามวิธีของ AOAC (1980) (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก) ทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง

1.2 ไขมันหมูและน้ำมันชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปลากำจัดกลิ่น (น้ำมันปลา) และน้ำมันปลาทูน่าไม่กำจัดกลิ่น (น้ำมันปลาทูน่า)

น้ำมันปลาและน้ำมันปลาทูน่า ได้จากบริษัท ที.ซี.ยูเนี่ยนฟูดส์ จำกัด โดยน้ำมันปลาเป็นน้ำมันที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ขั้นตอน degumming, alkali refining, ฟอกสี และกำจัดกลิ่น ส่วนน้ำมันปลาทูน่าเป็นน้ำมันที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ขั้นตอน degumming, alkali refining และฟอกสี โดยไม่ได้ผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่น ตัวอย่างจากโรงงานทั้ง 2 ชนิด เติมสารกันหืน $\alpha$-tocopherol 0.5 % โดยน้ำมันปลาบรรจุในขวดอลูมิเนียมมีฝาปิด ส่วนน้ำมันปลาทูน่าบรรจุในขวดพลาสติกทึบแสงมีฝาปิด การเก็บรักษาก่อนการผลิตเติมสารกันหืน TBHQ 0.01 % เพื่อเสริมฤทธิ์กับ $\alpha$-tocopherol เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18) $^{o}$C

วิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันด้วยเครื่อง Gas Chromatograph ใช้ flame ionization detector (FID) carrier gas คือ $N_2$ ซึ่งปรับให้มีอัตราการไหล 25 มิลลิลิตรต่อนาที $H_2$ flame และ compressed air ปรับให้มีความดัน 0.6 และ 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ อุณหภูมิคอลัมน์ตั้งโปรแกรมไว้จาก 150 $^{o}$C เป็นเวลา 20 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตราเร็ว 5 $^{o}$C ต่อนาที จนถึงอุณหภูมิ 220 $^{o}$C แล้วคงไว้ที่อุณหภูมินี้อีก 20 นาที อุณหภูมิของ detector และ injector 240 $^{o}$C ฉีดตัวอย่าง 2 ไมโครลิตรสำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง ฉีด 2 ครั้งต่อตัวอย่าง

การเตรียม methyl ester ของกรดไขมันในน้ำมันชนิดต่างๆ ใช้วิธีของ AOCS Official Method Ce 1b-89 (1991) (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก) ส่วนไขมันหมูสกัดไขมันโดยใช้วิธีของ Folch et al. (1957) (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก) แล้วจึงนำมาเตรียม methyl ester ของกรดไขมัน ใช้วิธีเช่นเดียวกับน้ำมัน ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ fatty acid methyl esters เปรียบเทียบ retention time ของกรดแต่ละชนิดกับ reference

standard ของกรดไขมัน การคำนวณปริมาณของ fatty acid methyl esters จากกราฟของน้ำมันและไขมันแต่ละชนิด ทำโดยเครื่อง micro processer ซึ่งประกอบเข้ากับเครื่อง Gas Chromatograph โดยคำนวณเป็นพื้นที่ใต้กราฟของแต่ละ peak เทียบกับพื้นที่ใต้กราฟจาก peaks ทั้งหมด

คำนวณอัตราส่วนระหว่าง ω-3 PUFA กับกรดไขมันอิ่มตัว (ω-3 PUFA/S ratio) และอัตราส่วนระหว่าง PUFA กับกรดไขมันอิ่มตัว (PUFA/S ratio) ในไขมันและน้ำมันแต่ละชนิดตามสูตรต่อไปนี้ คือ

ω-3 PUFA/S ratio = ปริมาณ omega-3 PUFA / ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว

PUFA/S ratio = ปริมาณ PUFA / ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว

## 2. ศึกษาสูตรเบื้องต้นและกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันที่ทดแทนไขมันหมูด้วยน้ำมัน

สูตรพื้นฐานได้จากการศึกษาเบื้องต้นโดยดัดแปลงจากงานของจารุรัตน์และสมศรี (2528) มีดังนี้ คือ

| ส่วนประกอบ | % โดยน้ำหนักของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด |
|---|---|
| เนื้อวัว | 22.17 |
| เนื้อหมู | 22.17 |
| มันหมูแข็ง | 27.30 |
| น้ำแข็ง | 20.30 |
| เกลือ | 1.04 |
| Tari complete K3® | 1.77 |
| Sodium erythorbate | 0.18 |
| Sodium caseinate | 1.00 |
| แป้งข้าวโพด | 2.30 |
| น้ำตาลทราย | 1.00 |
| พริกไทยป่น | 0.60 |
| ดอกจันทน์ป่น | 0.06 |
| ลูกจันทน์ป่น | 0.02 |
| กระเทียมป่น | 0.08 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน จากการศึกษาเบื้องต้นโดยดัดแปลงจากงานของจารุรัตน์และสมศรี (2528) มีดังนี้

ล้างทำความสะอาด ตัดแต่งเนื้อหมูและเนื้อวัว โดยแยกส่วนที่เป็นเอ็นและมันออก จากนั้นหั่นเนื้อวัว เนื้อหมู และมันหมูแข็งเป็นรูปลูกบาศก์ขนาด 2 - 4 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บที่ (-10) - 0 $^{o}$C เป็นเวลา 3 ± 1 ชั่วโมง แล้วแยกบดเนื้อวัว เนื้อหมู และมันหมูแข็งด้วยเครื่องบดที่มีรูเปิดขนาด 4 มิลลิเมตร

หมักเฉพาะเนื้อสัตว์กับเกลือ เก็บที่อุณหภูมิไม่เกิน 5 $^{o}$C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิเนื้อที่ผ่านการหมักแล้วถึง 2 $^{o}$C นำมาสับรวมกับมันหมูบดในเครื่องสับเนื้อละเอียดเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นใส่ sodium caseinate เครื่องปรุงที่เหลือ และน้ำแข็งครึ่งหนึ่งของ ที่ใช้ สับต่อไปจนส่วนผสมมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ระหว่างสับเติมน้ำแข็งที่เหลือ ควบคุมอุณหภูมิขณะสับไม่ให้เกิน 16 $^{o}$C นำส่วนผสมที่ได้ไปอัดลงไส้ cellulose มัดเป็นท่อนยาวท่อนละ 4 เซนติเมตร รมควัน โดยใช้ควันจากชานอ้อยแห้ง (ความชื้น 27 %) ที่อุณหภูมิ 60 - 70 $^{o}$C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ต้มไส้กรอกที่ได้ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 - 80 $^{o}$C เป็นเวลา 24 นาที แช่ในน้ำเย็น 10 นาที ผึ่งลมให้สะเด็ดน้ำ เก็บที่อุณหภูมิ 0 - 4 $^{o}$C ในถุง PE ที่ปิดผนึกด้วยความร้อนจนถึงเวลาที่จะนำไปวิเคราะห์คุณภาพ

ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันที่ทดแทนไขมันหมูด้วยน้ำมัน โดยผลิตไส้กรอกให้มีปริมาณไขมันรวมเป็น 25 % ของส่วนผสมทั้งหมด ใช้สูตรและกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สูตรไส้กรอกรมควันที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนไขมันหมู

| ส่วนประกอบ | % โดยน้ำหนักของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด | | |
|---|---|---|---|
| | ส่วนที่ใช้ทำอิมัลชันของน้ำมัน | ส่วนเนื้อและองค์ประกอบอื่น | รวม |
| เนื้อวัว | - | 23.88 | 23.88 |
| เนื้อหมู | - | 23.88 | 23.88 |
| มันหมูแข็ง | - | - | 22.09 |
| น้ำมัน | 22.09 | - | |
| น้ำ -น้ำแข็ง | 7.36 | 2.62 | 21.02 |
| -น้ำร้อน | 11.04 | - | |
| เกลือ | 0.63 | 0.49 | 1.12 |
| Tari complete K3® | - | 1.91 | 1.91 |
| Sodium erythorbate | - | 0.19 | 0.19 |
| Sodium caseinate | 1.84 | - | 1.84 |
| แป้งข้าวโพด | - | 2.30 | 2.30 |
| น้ำตาลทราย | - | 1.00 | 1.00 |
| พริกไทยป่น | - | 0.60 | 0.60 |
| ดอกจันทน์ป่น | - | 0.06 | 0.06 |
| ลูกจันทน์ป่น | - | 0.02 | 0.02 |
| กระเทียมป่น | - | 0.08 | 0.08 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สูตรไส้กรอกรมควันที่ใช้น้ำมันปลาทดแทนไขมันหมู

| ส่วนประกอบ | % โดยน้ำหนักของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด | | |
|---|---|---|---|
| | ส่วนที่ใช้ทำอิมัลชันของน้ำมัน | ส่วนเนื้อและองค์ประกอบอื่น | รวม |
| เนื้อวัว | - | 23.88 | 23.88 |
| เนื้อหมู | - | 23.88 | 23.88 |
| มันหมูแข็ง | - | - | 22.09 |
| น้ำมัน | 22.09 | - | |
| น้ำ -น้ำแข็ง | 7.36 | 1.96 | 20.36 |
| -น้ำร้อน | 11.04 | - | |
| เกลือ | 0.63 | 0.49 | 1.12 |
| Tari complete K3® | - | 1.91 | 1.91 |
| Sodium erythorbate | - | 0.19 | 0.19 |
| Sodium caseinate | 1.84 | - | 1.84 |
| แป้งข้าวโพด | - | 2.30 | 2.30 |
| น้ำตาลทราย | - | 1.00 | 1.00 |
| พริกไทยป่น | - | 0.60 | 0.60 |
| ดอกจันทน์ป่น | - | 0.12 | 0.12 |
| ลูกจันทน์ป่น | - | 0.12 | 0.12 |
| กระเทียมป่น | - | 0.16 | 0.16 |
| กระชายป่น | - | 0.06 | 0.06 |
| อบเชยป่น | - | 0.06 | 0.06 |
| ผงรมควันฮิกเคอรี่ | - | 0.30 | 0.30 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สูตรไส้กรอกรมควันที่ใช้น้ำมันปลาทูน่าทดแทนไขมันหมู

| ส่วนประกอบ | % โดยน้ำหนักของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด | | |
|---|---|---|---|
| | ส่วนที่ใช้ทำอิมัลชันของน้ำมัน | ส่วนเนื้อและองค์ประกอบอื่น | รวม |
| เนื้อวัว | - | 23.88 | 23.88 |
| เนื้อหมู | - | 23.88 | 23.88 |
| มันหมูแข็ง | - | - | 22.09 |
| น้ำมัน | 22.09 | - | |
| น้ำ -น้ำแข็ง | 7.36 | 1.60 | 20.00 |
| -น้ำร้อน | 11.04 | - | |
| เกลือ | 0.63 | 0.49 | 1.12 |
| Tari complete K3® | - | 1.91 | 1.91 |
| Sodium erythorbate | - | 0.19 | 0.19 |
| Sodium caseinate | 1.84 | - | 1.84 |
| แป้งข้าวโพด | - | 2.30 | 2.30 |
| น้ำตาลทราย | - | 1.00 | 1.00 |
| พริกไทยป่น | - | 0.60 | 0.60 |
| ดอกจันทน์ป่น | - | 0.12 | 0.12 |
| ลูกจันทน์ป่น | - | 0.12 | 0.12 |
| กระเทียมป่น | - | 0.16 | 0.16 |
| กระชายป่น | - | 0.12 | 0.12 |
| อบเชยป่น | - | 0.12 | 0.12 |
| เม็ดผักชีป่น | - | 0.12 | 0.12 |
| ชวงเจี่ย | - | 0.12 | 0.12 |
| ผงรมควันฮิกเคอรี่ | - | 0.30 | 0.30 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีผลิตเตรียมอิมัลชันของไขมันก่อน โดยละลาย sodium caseinate ในน้ำร้อน 100 °C homogenize ด้วยเครื่อง Waring blender เป็นเวลา 1 นาที จนละลายเข้ากันดี homogenize ต่อ โดยค่อยๆ เติมน้ำมันทีละน้อยจนหมด เติมน้ำแข็ง homogenize 2 นาที เติมเกลือ homogenize อีกไม่เกิน 30 วินาที (เก็บส่วนผสมที่ได้ที่อุณหภูมิ 4 °C ถ้ายังไม่ใช้ทันที) จากนั้นนำอิมัลชันที่ได้ไปผลิตไส้กรอก โดยนำมาสับรวมกับเนื้อ (ลดอุณหภูมิจนถึง 2 °C) ที่ผ่านการหมักกับเกลือ เป็นเวลา 2 นาที แล้วผลิตต่อตามวิธีในข้อ 2

ตัวแปรที่ศึกษาในกระบวนการผลิต มีดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำมันที่ใช้ทดแทนต่อไขมันหมู ดังนี้

- น้ำมันถั่วเหลือง แปรปริมาณน้ำมันต่อไขมันหมูเป็น 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25 และ 100 : 0

- น้ำมันปลากำจัดกลิ่น แปรปริมาณน้ำมันต่อไขมันหมูเป็น 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25 และ 100 : 0

- น้ำมันจากปลาทูน่าไม่กำจัดกลิ่น แปรปริมาณน้ำมันต่อไขมันหมูเป็น 5 : 95, 10 : 90 และ 15 : 85

2.2 ศึกษาผลของเวลาในการสับ โดยแปรเป็น 5, 10 และ 15 นาที

ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ค่าเหล่านี้เป็นเกณฑ์

- การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก โดยชั่งน้ำหนักหลังบรรจุไส้และหลังรมควัน-ต้ม คำนวณน้ำหนักที่สูญเสียหลังการทำให้สุก

- วัดค่าแรงตัดขาด (cutting force) โดยเครื่อง texturometer ก่อนวัดลอกไส้ cellulose ออก แล้ววัดแรงตัดตามแนวนอนของแท่งไส้กรอก โดยใช้เซลแบบใบมีดตัด วัด 5 ชิ้นต่อตัวอย่าง

- ทดสอบผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น รสชาติ ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัสจากการเคี้ยว และเนื้อสัมผัสจากลักษณะภายใน โดยใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 20 คน ต่อ 1 ซ้ำ ทดสอบแบบ scoring test ใช้แบบทดสอบชนิด continuous scoring scale กำหนดช่วงคะแนนตั้งแต่ 0 - 10 โดยคะแนน 10 หมายถึงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ต่ำกว่า 5 หมายถึงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (ตัวอย่างแบบทดสอบแสดงไว้ในภาคผนวก ค.)

ออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้

- ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลา การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและแรงตัดขาดใช้ Asymmetrical Factorial Experiment ขนาด 4 * 3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้ Asymmetrical Factorial Experiment with Complete Block ขนาด 4 * 3 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Processing System (SPS) Version PC4.0 (Kirk and Buhyoff, 1983) ทดลอง 2 ซ้ำ

- ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลาทูน่า การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและแรงตัดขาดใช้ Symmetrical Factorial Experiment ขนาด 3 * 3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้ Symmetrical Factorial Experiment with Complete Block ขนาด 3 * 3 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPS Version PC4.0 ทดลอง 2 ซ้ำ

**3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบกรดไขมันของไส้กรอกที่ผลิตได้**

3.1 วิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน ไขมัน และความชื้นของไส้กรอกที่ผลิตได้ ตามวิธีของ AOAC (1980) (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.) ทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง

3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในไส้กรอก

สกัดไขมันจากไส้กรอกโดยใช้ chloroform-methanol อัตราส่วน 2 : 1 เป็นตัวทำละลาย สกัดตามวิธีของ Folch et al. (1957) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.) หลังสกัดระเหย solvent ออก โดยใช้ rotary vacuum evaporator แล้วใช้ $N_2$ stream ระเหย chloroform ที่เหลือติดค้างอยู่ (เก็บตัวอย่างไว้ใน desiccator ที่ (-18) $^{o}$C ถ้ายังไม่ใช้ทันที) วิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันด้วยเครื่อง Gas Chromatograph ใช้วิธีเหมือนข้อ 1.2 คำนวณหา ω-3 PUFA/S ratio และ PUFA/S ratio ในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ทดลอง 2 ซ้ำ