การใช้ประโยชน์จากกากนมถั่วเหลืองในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

Utilization of Soymilk Residue in Production of Coarse Ground Pork Sausage

พิไลวรรณ ธารายศ

Pilaiwan Tharayos

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Food Science and Technology

Prince of Songkla University

2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้ประโยชน์จากกากนมถั่วเหลืองในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ
ผู้เขียน นางสาวพิไลวรรณ ธารายศ
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……..
(ดร.พิทยา อดุลยธรรม)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์)

.....กรรมการ
(ดร.พิทยา อดุลยธรรม)

.....กรรมการ
(ดร.ถาวร จันทโชติ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

……...……
(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์จากกากนมถั่วเหลืองในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ
ผู้เขียน	นางสาวพิไลวรรณ ธารายศ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากนมถั่วเหลืองในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยเตรียมไส้กรอกหมูบดหยาบจากกากนมถั่วเหลืองที่มีขนาดต่างกัน 4 ขนาดประกอบด้วย กากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดไม่ผ่านการบด (boiled soymilk residue original sizes , BSMRO) >20 เมช (boiled soymilk residue with a sizes grander than 20 mesh , BSMR/20) 20-40 เมช (boiled soymilk residue with a sizes ranged from 20 mesh to 40 mesh , BSMR20/40) <40 เมช (boiled soymilk residue with a sizes smaller than 40 mesh , BSMR40) เพื่อใช้สำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ พบว่า กากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงสุด การศึกษาปริมาณการใช้กากนมถั่วเหลืองสำหรับทดแทนไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ พบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในอัตราส่วนร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะสูงและได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด (P<0.05) การศึกษาอายุการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองแห้ง (dried soymilk residue : DSMR) ซึ่งผ่านการเก็บแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิดไนลอนประกอบกับโพลิโพรพิลีน (Nylon/PP) ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0 2 4 6 8 10 12 และ14 สัปดาห์ แล้วนำกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษา ที่ระยะเวลาและอุณหภูมิต่างๆ มาทำไส้กรอกหมูบดหยาบและทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ พบว่า กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 8 สัปดาห์ ยังมีคะแนนอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับได้ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบเตรียมด้วยกากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 8 สัปดาห์ โดยบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง และค่า TBARS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (P<0.05) คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ พบว่า อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 3302/2547) จนถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษาผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ระดับคะแนนความชอบรวมต่อผลิตภัณฑ์อยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย

Thesis Title	Utilization of Soymilk Residue in Production of Coarse Ground Pork Sausage
Author	Miss Pilaiwan Tharayos
Major Program	Food Science and Technology
Academic Year	2011

ABSTRACT

Utilization of residue from soymilk production in coarse ground pork sausages was studied. Pork sausages were added with different sizes of boiled soymilk residue original sizes (BSMRO), >20 mesh (BSMR/20), 20-40 mesh (BSMR20/40) and <40 mesh. The result showed that sausages with BSMR40 added highly accepted. The different levels of soymilk residue were replaced back fat in sausages formula (0-30%), the level of soymilk residue and back fat ratio of 10 : 20 obtained the highest acceptable score (P<0.05). The quality changes of dried soymilk residue was monitored during storage. Dried soymilk residue was vacuum packed in nylon laminate with polypropylene (Nylon/PP) bags and stored at -20 °C , 4 °C and room temperature. Sausages with 10% of stored dried soymilk residue added were prepared weekly and were tested for physicochemical and sensory evaluation. The product added with stored soymilk residue was accepted up to 14, 14 and 8 weeks of soymilk residue storage at mentioned temperatures, respectively. Coarse ground pork sausages were prepared with adding soymilk residue stored at room temperature for 8 weeks. On the quality changes of the sausage with vacuum packed in Nylon/PP were performed during storage at 4 °C for 15 days. The lightness (L*) of sausages trended to decrease and TBARS was increased during storage (P<0.05). Microbial quality of soymilk residue added sausages was met community standard (STD.330/2547) until 9 days storage. For the consumer acceptability, soymilk residue added sausages were accepted at the slightly like level.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... (3)

ABSTRACT……..…… (4)

กิตติกรรมประกาศ……..... (5)

สารบัญ…… (6)

LIST OF TABLES…… (7)

LIST OF FIGURES…… (10)

LIST OF APPENDIX FIGURES..... (11)

บทที่

1. บทนำ……..... 1

บทนำต้นเรื่อง……..... 1

การตรวจเอกสาร……..... 2

วัตถุประสงค์…… 30

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย…… 31

วัสดุและอุปกรณ์…….. 31

วิธีดำเนินการ…… 33

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง……... 41

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ……... 82

เอกสารอ้างอิง…….. 84

ภาคผนวก…… 96

ก. การวิเคราะห์ค่าทางเคมี..... 97

ข. การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ……..... 104

ค. การวิเคราะห์ค่าทางจุลินทรีย์……... 106

ง. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส…….. 108

ประวัติผู้เขียน…….. 116

LIST OF TABLES

Table		Page
1.	Percentage protein, crude fat/oil, crude fiber and carbohydrates, on dry weight basis, reportedly found in soymilk residue……	7
2.	Composition of soymilk residue……..	7
3.	Amino acid composition of protein from soymilk residue……	8
4.	Formula of coarse ground pork sausages……..	35
5.	Chemical composition of soymilk residue on a dry weight basis……..	44
6.	Influence of soymilk residue sizes on the texture attributes of coarse ground pork sausages……..	45
7.	Influence of soymilk residue sizes on the colour values of coarse ground pork sausages……..	46
8.	Liking scores of coarse ground pork sausages with soymilk residue sizes by 9-Point Hedonic Scale……	47
9.	Influence of soymilk residue levels on the texture attributes of coarse ground pork sausages……	50
10.	Influence of soymilk residue levels on the colour values of coarse ground pork sausages…….	52
11.	Liking scores of coarse ground pork sausages with soymilk residue levels by 9-Point Hedonic Scale……	52
12.	Changes in moisture content of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……..	55
13.	Changes in water activity values of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……..	57
14.	Changes in TBARS values of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……..	58

LIST OF TABLES (Cont.)

Table		Page
15.	Changes in L^* values of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……	59
16.	Changes in a^* values of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature.....	60
17.	Changes in b^* values of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……...	60
18.	Colour liking scores (9-Point Hedonic Scale) of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……..	61
19.	Odour liking scores (9-Point Hedonic Scale) of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……..	62
20.	Overall liking scores (9-Point Hedonic Scale) of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……..	63
21.	Changes in L^* values of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……...	64
22.	Changes in a^* values of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……...	65
23.	Changes in b^* values of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……...	65
24.	Appearance liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……..	66
25.	Colour liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……	68

LIST OF TABLES (Cont.)

Table		Page
26.	Odour liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……	68
27.	Texture liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……	69
28.	Overall liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature……	70
29.	Proximate composition (% wet basis) and pH, a_w of coarse ground pork sausages with or without soymilk residue……	71
30.	Changes in *L* a* b** values of vacuum packed coarse ground pork sausage made from new produce of soymilk residue and soymilk residue 8 week during storage at °C……..	73
31.	Changes in total viable plate count, yeast and mold, lactic acid bacteria of vacuum packed coarse ground pork sausages made from new produce of soymilk residue during storage at 4°C…….	76
32.	Changes in total plate viable count, yeast and mold, lactic acid bacteria of vacuum packed coarse ground pork sausages made from soymilk residue storage time 8 week……...	76
33.	Demographic of consumers sample in Hat Yai……	78
34.	Consumption and purchasing behavior of consumer on sausage……..	79
35.	Product acceptance data from 100 consumers by 7-Point Hedonic Scale…….	80
36.	Consumer acceptance of coarse ground pork sausages……..	80
37.	Cost calculation of coarse ground pork sausages……...	81

LIST OF FIGURE

Figure		Page
1.	Changes in TBARS values of vacuum packed coarse ground pork sausage made from new produce of soymilk residue and soymilk residue 8 week during storage at 4 °C……	74

LIST OF APPENDIX FIGURES

Figure		Page
1.	soymilk residue original sizes…….....	112
2.	soymilk residue with a sizes grander than 20 mesh……...	112
3.	soymilk residue with a sizes ranged from 20 mesh to 40 mesh.....	113
4.	soymilk residue with a sizes smaller than 40 mesh……	113
5.	boiled soymilk residue with a sizes smaller than 40 mesh…….	114
6.	Raw coarse ground pork sausage……...	114
7.	Coarse ground pork sausage in vacuum packed……	115
8.	Coarse ground pork sausage after cook at 125°C……..…...	115

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป (processed meat product) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ไส้กรอก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่หาซื้อได้ง่าย สะดวกในการบริโภค มีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่ดี ง่ายต่อการเก็บรักษา และยังเหมาะสมต่อภาวะสังคมที่ต้องเร่งรีบในปัจจุบัน แต่แนวโน้มในการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปของผู้บริโภคในปัจจุบัน ไม่ได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพของอาหารเฉพาะในด้านรสชาติและความสะดวกสบายเท่านั้น แต่ยังคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัย และต้องส่งเสริมสุขภาพอนามัยด้วย ดังนั้น ระดับไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคจะพิจารณาก่อนการบริโภค (Mallika and Prabhakar, 2011; Yang *et al*., 2007; Chin *et al*., 1999; Migule *et al*., 1999; Pietrasik, 1999; Taki, 1991) เนื่องจากการบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันสูงและบริโภคเป็นประจำ อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ ทำให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เพิ่ม ขึ้น เช่น โรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดหัวใจผิดปกติ โรคหลอดเลือดแข็งตัวหรืออุดตันและหัวใจวายเฉียบพลัน ภาวะการเกิดโรคอ้วน โรคมะเร็งบางชนิด เป็นต้น (Pearson, 1997; Colmenero, 1996) จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีผลทำให้แนวโน้มในการบริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีไขมันสูงลดลง ผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ที่มีไขมันต่ำและคลอรีต่ำเพิ่มมากขึ้นดังนั้นผู้ผลิตจึงสร้างกลยุทธ์โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีไขมันต่ำเข้ามาแข่งขันในตลาด เพื่อที่จะรักษาผู้บริโภคเอาไว้ แต่จะต้องให้ได้คุณภาพด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสเหมือนหรือใกล้เคียงกับสูตรปกติด้วย (Giese, 1992) สารทดแทนไขมันที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก คือ กลุ่มที่มาจากคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน สารทดแทนไขมันจำพวกโปรตีนได้มาจากทั้งโปรตีนสัตว์และโปรตีนพืช โปรตีนจากพืช เช่น โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein) ซึ่งโปรตีนจากถั่วเหลืองมีสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) คล้ายๆ กับโปรตีนจากนมและไข่ แต่มีราคาถูกกว่า (Akesowan, 2008; Pietrasik and Duda, 2000; Chan and Ma, 1999; Chin *et al*., 1999; Gnanasambandam and Zayas, 1992; Carlin *et al.,* 1978)

กากนมถั่วเหลืองเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้ของกระบวนการผลิตนมถั่วเหลืองและเต้าหู้ (Chan and Ma, 1999; Ma *et al*., 1997; Khare *et al*., 1995; Ohno *et al*.,1995) กากนมถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 25.4-28.4 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งถือว่ามีคุณค่า

ทางโภชนาการอยู่สูง(Nakamura *et al*., 2008; Kasai *et al*., 2004) กากนมถั่วเหลือง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายทาง ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะศึกษาการใช้ประโยชน์ของกากนมถั่วเหลืองในรูปแบบของการนำมาผลิตเป็นอาหารหมัก เช่น เทมเป้ ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเช่นเดียวกับการผลิตจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ด (O'Toole, 1999) การนำกากนมถั่วเหลืองไปใช้ประโยชน์ด้านการเพิ่มใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น คุกกี้ บราวนี่ และเค้ก (Nuntisak, 2001; Kim, 2000) และนำกากนมถั่วเหลืองมาสกัดสารที่มีประโยชน์ เช่น การสกัดไรโบฟาวิน (riboflavin) (Kinoshita *et al*., 1985) การนำกากนมถั่วเหลืองมาผลิตเป็น single cell protein โดยวิธีการหมักในสภาพของแข็ง (Khare *et al*., 1994) รวมถึงการเตรียมโปรตีนไอโซเลตจาก กากนมถั่วเหลือง (Ma *et al*., 1997) ส่วนการใช้ประโยชน์จากโปรตีนถั่วเหลืองในการผลิตไส้กรอก ส่วนใหญ่ใช้ในรูปของแป้งถั่วเหลือง (soy flour) โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate : SPC) หรือ โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท (soy protein isolate : SPI) (Akesown, 2008; Pietrasik and Duda, 2000; Chin *et al*., 1999; Dexter *et al*., 1993; Decker *et al*., 1986; Sofos and Allen, 1977; Smith *et al*., 1973) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากกากนมถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตนมถั่วเหลือง พบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดนำกากนมถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตนมถั่วเหลือง ไปใช้ประโยชน์ในด้านการทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบโดยตรง

งานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากนมถั่วเหลือง ที่เหลือจากการผลิตนมถั่วเหลืองในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ เพื่อทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยศึกษาขนาดและปริมาณที่เหมาะสม คุณภาพทางเคมี กายภาพ และลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส รวมถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ ที่มีการใช้กากนมถั่วเหลืองทดแทนปริมาณไขมัน เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตไส้กรอก และเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค

การตรวจเอกสาร

1. ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่ว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max* (L.) Merril จัดอยู่ในวงศ์ *Leguminosae* วงศ์ย่อย *Papilionodeae* เผ่า *Phaseoleae* สกุล *Glycin* Willd. สกุลย่อย *Soja* (Moench) (Canadian Food Inspection Agency, 1996) โครงสร้างของเมล็ดถั่วเหลืองโดยทั่วไปจะมีลักษณะกลมรี มีน้ำหนักประมาณ 90-200 มิลลิกรัม ในเมล็ดมีส่วนประกอบซึ่งแยกได้เป็น 3 ส่วน คือ เปลือก มีประมาณร้อยละ 8 ใบเลี้ยงร้อยละ 90 และยอดอ่อนประมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักเปลือก

ถั่วเหลืองมีหลายสี เช่น สีเหลืองใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสำหรับมนุษย์ สีดำใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืชนอกจากนี้ยังมีสีเขียวและสีน้ำตาล ในประเทศไทยถั่วเหลืองมีชื่อเรียกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่นได้แก่ ถั่วแระ ถั่วพระเหลือง ถั่วแม่ตาย ถั่วเหลือง (ภาคกลาง) และมะถั่วเน่า (ภาคเหนือ) ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก รากถั่วเหลืองมีระบบรากแก้ว (tap root system) ถั่วเหลืองที่ปลูกกันเป็นการค้า ส่วนมากมีลำต้นเป็นพุ่มตรง มีการแตกแขนงค่อนข้างมาก สูงประมาณ 30-150 เซนติเมตร ความสูงขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความชื้น และฤดูกาล พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากในปัจจุบันคือ สจ.4 และ สจ.5 เป็นพันธุ์ที่ต้านทานโรคสนิมได้ดี นอกจากนี้ ยังมีพันธุ์เชียงใหม่ 60 นครสวรรค์ 4 และสุโขทัย 1 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552; อรุณี สมมณี, 2548)

ผลผลิตถั่วเหลืองของโลกในช่วงปี 2547-2552 เฉลี่ยปีละประมาณ 225.23 ล้านตัน เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 8.18 โดยมีประเทศผู้ผลิตถั่วเหลืองรายใหญ่ของโลก คือ สหรัฐอเมริกา บราซิล อาร์เจนตินา ปารากวัยและแคนนาดา ประเทศดังกล่าวมีส่วนแบ่งตลาดรวม ร้อยละ 98 ของปริมาณการส่งออกทั้งหมด ผลผลิตถั่วเหลืองโลกร้อยละ 85 ใช้แปรรูปเป็นน้ำมันและกากถั่วเหลือง ซึ่งกากถั่วเหลืองใช้ในการผลิตโปรตีนอาหารสัตว์และแป้งถั่วเหลืองเพื่อการบริโภค สำหรับการปลูกถั่วเหลืองของประเทศไทยได้กระจายไปทุกภาคของประเทศ ปี 2552 มีพื้นที่การเพาะปลูก 758,041 ไร่ ผลผลิตรวม 190,480 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 254 กิโลกรัมต่อไร่ จากข้อมูลโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปี พ.ศ. 2552 พบว่า ภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง ตามลำดับ โดยจังหวัดเชียงใหม่ แพร่ แม่ฮ่องสอน ตากและสุโขทัย มีปริมาณผลผลิตถั่วเหลืองรวมประมาณร้อยละ 42 ของผลผลิตทั้งประเทศ (มณัญญา คำภีระ, 2554; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552)

1.1 องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของมนุษย์ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่ามีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันที่มีคุณภาพ ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 38-40 ไขมันร้อยละ 18-21 ความชื้นร้อยละ 7.55-8.73 เยื่อใยร้อยละ 5.91-7.89 คาร์โบไฮเดรตและเถ้าประมาณร้อยละ 34 และ 4.9 ตามลำดับ โปรตีนพบมากที่สุดในส่วนใบเลี้ยงและยอดอ่อนคือพบอยู่ประมาณร้อยละ 41-43 โดยน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ไขมันมีอยู่ประมาณร้อยละ 23 ในใบเลี้ยง (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527; Padgette, 1996)

ถั่วเหลืองมีโปรตีนที่มีคุณภาพสูงกว่าถั่วเมล็ดแห้งชนิดอื่น โปรตีนในถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ โดยเฉพาะไลซีนมีในปริมาณสูงกว่าโปรตีนจากพืชชนิดอื่น โปรตีนถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ แต่ไม่เท่าเทียมกับโปรตีนจากนม ไข่ หรือเนื้อสัตว์ (Kennedy, 1995) ถั่วเหลืองยังเป็นพืชซึ่งมีไขมันสูงและเป็นไขมันที่มีคุณภาพดี เพราะมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้แก่ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) กรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดปาล์มมิติก (palmitic) กรดลิโนเลอิกและกรดลิโนเลนิกเป็นกรดไขมันจำเป็นร่างกายไม่สามารถผลิตเองได้ต้องได้จากอาหาร โดยกรดลิโนเลอิกมีหน้าที่สำคัญคือให้ความสมบูรณ์แก่ผิวหนัง ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และยังมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของทารกและเด็ก (อรุณี สมมณี, 2548) จึงนับว่าน้ำมันถั่วเหลือง มีคุณภาพสูงเหมาะที่จะปรุงอาหารในปริมาณที่พอเหมาะเป็นประจำและจากการศึกษายังพบว่า ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ได้แก่เต้าหู้ ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยวและนมถั่วเหลือง มีสารสังเคราะห์ จากพืชธรรมชาติ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่ทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดจากการเผาผลาญสารอาหารที่เรารับประทานเข้าไป อันเกิดจากปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย ผู้บริโภคถั่วเหลืองเป็นประจำจึงสามารถลดการเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งได้ โดยเฉพาะมะเร็งเต้านม มะเร็งรังไข่ และมะเร็งปากมดลูก และยังช่วยลดอัตราหัวใจขาดเลือด นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีสารจากพืชที่ทำงานเหมือนฮอร์โมนเพศหญิงเรียกว่า ไฟโตเอสโตรเจน (phytoestrogen) นักวิจัยเชื่อว่า การรับประทานถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเป็นประจำ จะสามารถลดอาการร้อนวูบวาบของหญิงหมดประจำเดือนลงได้ (Lakshmanan *et al*., 2006; Lumen, 2005; Saidu, 2005; Moyad, 1999; Jacobsen *et al*., 1998; Liu, 1997; Kennedy, 1995; Messina *et al*., 1994)

1.2 ประโยชน์ของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชสารพัดประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่การใช้ประโยชน์เป็นอาหารทั้งนี้เพราะจัดเป็นพืชที่มีเมล็ดซึ่งอุดมไปด้วยโปรตีนและน้ำมันอ อาจกล่าวถึงประโยชน์ของถั่วเหลืองโดยสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้ (แก้วตา สุขีทรัพย์, 2549; อรุณี สมมณี, 2548; วันเพ็ญ มีสมญา, 2543; บรรจบ ชุณหสวัสดิกุลและจรพรรณ มัธยมจันทร์, 2543; สถาบันค้นคว้าวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527)

1.2.1 ใช้เป็นอาหาร เมล็ดถั่วเหลืองเมื่อเจริญดีแล้ว แต่ยังไม่แก่หรือสุกเต็มที่อาจนำมาต้มรับประทานเรียกว่าถั่วแระ ถั่วบางพันธุ์เมล็ดโตใช้ปรุงบริโภคเป็นถั่วเหลืองผักสด หรือบรรจุกระป๋อง เมื่อเมล็ดถั่วเหลืองสุกแล้วก็ใช้ทำถั่วงอกซึ่งได้ลักษณะต้นถั่วงอกคล้ายถั่วเขียว หรืออาจใช้ทำเต้าหู้ เต้าเจี้ยว ซีอิ้ว นมถั่วเหลือง หรืออาจผลิตปรับปรุงให้เป็นเนื้อคล้ายเนื้อสัตว์เรียกว่า เนื้อเทียมและ

นอกจากนั้นยังนำมาทำแป้งถั่วเหลืองใช้ผสมหรือปรุงอาหารได้หลายชนิดยกตัวอย่าง เช่น อาหารทารก ทำขนมต่างๆ น้ำมันถั่วเหลืองใช้ในการปรุงอาหาร ทำมาการีน น้ำสลัด เป็นต้น

1.2.2 ใช้ในทางอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยา วิตามิน ส่วนผสมยาฆ่าแมลง สี เบียร์ ใช้ผลิตกาว เส้นใย ปุ๋ยต่างๆ กระดาษ ผ้า ฉนวนไฟฟ้า หมึกพิมพ์ สบู่ เครื่องสำอาง เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นส่วนสำคัญของผลิตภัณฑ์หรือเป็นส่วนช่วยให้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

1.2.3 ใช้ทำปุ๋ยหรือบำรุงดิน ถั่วเหลืองและถั่วอื่นๆ จัดเป็นปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน เมื่อไถกลบถั่วเหลืองลงไปในดินก่อนที่ถั่วเหลืองจะแก่ จะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และมีคุณสมบัติดีขึ้น ที่รากของถั่วเหลืองมักมีปมซึ่งเป็นที่อาศัยของเชื้อแบคทีเรีย ไรโซเบียม (*Rizobium japonicum*) แบคทีเรียนี้จะดูดตรึงไนโตรเจนให้มาอยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้เป็นปุ๋ยได้

2. นมถั่วเหลือง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (พ.ศ. 2533) ได้นิยามความหมายของนมถั่วเหลืองไว้ว่า นมถั่วเหลือง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวได้จากการสกัดเมล็ดถั่วเหลือง หรือแป้งถั่วเหลืองด้วยน้ำและอาจจะผสมนมหรือสารที่ให้คุณค่าทางอาหาร หรือสารปรุงแต่งสี กลิ่นและรสด้วยหรือไม่ก็ได้ แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อเพื่อให้ปลอดภัยต่อการบริโภค

กรรมวิธีการผลิตนมถั่วเหลืองไม่มีวิธีมาตรฐาน ดังนั้นส่วนประกอบทางเคมีหรือคุณค่าทางโภชนาการของนมถั่วเหลืองจึงไม่เท่ากัน การผลิตนมถั่วเหลืองตามวิธีพื้นบ้าน จะทำการแช่ถั่ว บด และกรองน้ำออกมา แล้วจึงนำไปต้ม ซึ่งนมถั่วเหลืองที่ได้จะมีกลิ่นแรง เนื่องจากการทำงานของเอ็นไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) โดยเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเป็นตัวเร่งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ได้เป็นกรดไขมันไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (fatty acid hydroperoxides) และจากการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์นี้เป็นผลให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (Orthoefer, 1978) ได้มีการพัฒนากระบวนการผลิตโดยใช้อุณหภูมิสูงในการบด เพื่อทำลายเอ็นไซม์ไลพอกซีจีเนส เนื่องจากเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสนั้นสามารถยับยั้งได้ง่ายด้วยความร้อน การผลิตนมถั่วเหลือง ในระดับอุตสาหกรรม โดยทั่วไปเริ่มจากการนำเมล็ดถั่วเหลืองมากะเทาะเปลือก หรือใช้ถั่วเหลืองชนิดเอาเปลือกออกแล้ว ทำความสะอาด นำไปแช่ในน้ำให้เมล็ดนิ่ม จากนั้นทำการบดถั่วเหลืองโดยใช้อุณหภูมิสูงเพื่อยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ไลพอกซีจีเนส ถั่วบดที่ได้นำมากรองแยกส่วนของนมถั่วเหลืองและส่วนของกากนมถั่วเหลืองออกจากกัน นมถั่วเหลืองที่แยกได้ จะนำมาให้ความร้อนเพื่อทำการยับยั้งการทำงานของ trypsin inhibitor จากนั้นทำการผสมส่วนประกอบอื่น ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ แล้วทำการบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์ (บรรจบ ชุนหสวัสดิกุลและจรพรรณ มัธยมจันทร์, 2543; พรทิพย์ เจริญธรรมวัฒน์, 2536; Lui, 1997)

นมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว มีเนื้อสัมผัสเนียนนุ่ม คล้ายน้ำนม กลิ่นหอม เป็นผลิตภัณฑ์อาหารถั่วเหลืองชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงคือมีปริมาณโปรตีนและไขมันสูง ทั้งยังมี ธาตุเหล็ก วิตามินบีหนึ่งและไนอะซีนใกล้เคียงกับนมวัว จึงสามารถใช้เป็นอาหารเสริมดื่มแทนนมวัวได้ เหมาะสำหรับใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพของคนทุกเพศทุกวัยและเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ดื่มนมวัวไม่ได้และปัจจัยหนุนที่สำคัญต่อการขยายตัวของตลาดนมถั่วเหลืองคือ กระแสความสนใจในเรื่องการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากคนหันมาใส่ใจในเรื่องสุขภาพอนามัยมากขึ้น ประกอบกับความต้องการความรวดเร็วและความสะดวกสบายในการบริโภค จากรายงานแนวโน้มอาหารเสริมสุขภาพโดยรวม ปี 2551 ของศูนย์วิจัยกสิกรไทย คาดว่าแนวโน้มอาหารเสริมสุขภาพ จะมีมูลค่าประมาณ 18,000 ล้านบาท หรือเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 7.0 เมื่อเทียบกับในปี 2550 โดยสัดส่วนตลาดผลิตภัณฑ์บำรุงร่างกายชนิดเครื่องดื่มหรือชนิดน้ำอยู่ที่ ร้อยละ 42.0 (ศูนย์วิจัยกสิกร-ไทย, 2550; ผู้จัดการออนไลด์, 2549; หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, 2548; Saito *et al*., 2004)

3. กากนมถั่วเหลือง (Soymilk Residue)

กากนมถั่วเหลือง (soymilk residue) เป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ ได้จากกระบวนการกรองแยกนมถั่วเหลือง เป็นผลผลิตพลอยได้ของกระบวนการผลิตนมถั่วเหลืองและเต้าหู้ (Matsumoto *et al*., 2007; Chan and Ma, 1999; Ma *et al*., 1997; Khare *et al*., 1995; Ohno *et al*.,1995) กากนมถั่วเหลืองสด (fresh soymilk residue) มีลักษณะเปียกหรือหมาดเล็กน้อยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการเอาน้ำออกจากกาก กากนมถั่วเหลืองสดจะเน่าเปื่อยได้เร็วเพราะยังมีน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อยู่ในปริมาณสูง (O'Toole, 1999) ในการผลิต นมถั่วเหลืองโดยใช้อัตราส่วนของน้ำกับเมล็ดถั่วเหลืองแห้งเป็น 10 ต่อ 1 จะได้กากนมถั่วเหลืองประมาณ 1-1.1 กิโลกรัม (Li *et al*., 2007; Chan and Ma, 1999; Khare *et al*., 1995) จากรายงานของ O'Toole (1999) พบว่าในกากนมถั่วเหลืองแห้งจะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 25.4-28.4 ไขมันร้อยละ 9.3-10.9 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 40.2-43.6 ใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 12.6-14.6 และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 5.3 และจากรายงานของ Mustapha (2005) ในกากนมถั่วเหลืองสดจะประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 4.73 ไขมันร้อยละ 1.5 เยื่อใยร้อยละ 1.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 7.0 ความชื้นร้อยละ 84.50 และเถ้าร้อยละ 0.4 ใน Table 1 และ Table 2 แสดงผลเปรียบเทียบองค์ประกอบโดยประมาณของกากนมถั่วเหลืองที่มีผู้ทำการทดลองไว้ ส่วน Table 3 แสดงถึงองค์ประกอบกรดอะมิโนของโปรตีนจากกากนมถั่วเหลือง

Table 1. Percentage protein, crude fat/oil, crude fiber and carbohydrates, on dry weight basis, reportedly found in soymilk residue.

Protein (%)	Crude fat/oil (%)	Crude fiber (%)	Carbohydrate (%)	References
24.0 (18.2-32.2)	15.2 (6.9-22.2)	14.5 (9.1-18.6)	-	Bourne (1976)
26.8	12.3	-	52.9	Ma *et al.*, (1997)
23.97	15.13	16.94	-	Tarachai *et al*., (1999)
29	11	60	-	Li *et al*., (2007)
25.46	14.52	-	50.37	Xie *et al*., (2008)
30.45	8.25	-	3.82	Ahmed *et al*., (2010)

Table 2. Composition of soymilk residue

Composition	Amount (% dry basis)
Crude protein (Nx5.71)	28.00
Oil	9.30
Total carbohydrates	50.00
Free carbohydrates	5.42
Minerals (mg/100g)	
Calcium	260
Magnesium	163
Iron	6
Potassium	10.46
Vitamines (mg/100)	
Riboflavin	0.59
Thiamin	0.04
Niacin	1.01

ที่มา : Khare และคณะ (1995)

Table 3. Amino acid composition of protein from soymilk residue

Amino acid	(g kg^{-1} of protein)
Aspartic acid	108.6±3.19
Theonine	53.1±1.30
Serine	33.5±1.07
Glutamic acid	164.3±4.82
Praline	52.4±2.06
Cysteine	12.5±0.41
Glycine	42.3±0.97
Alanine	45.8±2.06
Valine	55.8±1.42
Methionine	10.6±0.19
Isoleucine	53.7±1.35
Leucine	82.5±3.39
Tyrosine	34.3±1.76
Phenylalanine	48.4 ±1.91
Histidine	35.1±1.04
Lysine	80.9±2.05
Arginine	75.0±2.43
Tryptophan	11.4±0.87

ที่มา : ดัดแปลงจาก Waliszewski และคณะ (2002)

4. การใช้ประโยชน์จากกากนมถั่วเหลือง

กากนมถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตนมถั่วเหลือง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายทาง ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

4.1 การหมัก

ทางด้านผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก มีการใช้กากนมถั่วเหลืองในการผลิตอาหาร เช่น เทมเป้ ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเช่นเดียวกับการผลิตจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ด (O'Toole, 1999) นอกจากการผลิตเป็นอาหารแล้วในการหมักกากนมถั่วเหลืองด้วยจุลินทรีย์ ยังได้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น การนำกากนมถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตเต้าหู้มาหมักกับเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อใช้ในการผลิตเอ็นไซม์ไลเปส (lipase) (Kittikun และ Tani, 1986) นำกากนมถั่วเหลืองมาหมักกับเชื้อ *Bacillus subtilis* NB22 เพื่อผลิต lturin A ซึ่งเป็น Antifungai Peptide Antibiotic (Ohno *et al.,* 1996) นำกากนมถั่วเหลืองมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อของ *Aspergillus niger* เพื่อให้เกิดการหมักและสร้างกรดแลคติก (Khare *et al.,* 1995) ส่วน Yokata และคณะ (1996) ได้นำกากนมถั่วเหลืองมาหมักกับเชื้อ *Bacillus natto* ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ผลิต crude antioxidant preparation NTX ซึ่งเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ ช่วยลดการอักเสบของเนื้อเยื่อที่อักเสบและบวมจากโรค foot edema

4.2 การสกัดสารที่มีประโยชน์จากกากนมถั่วเหลือง

เนื่องจากกากนมถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของสารต่างๆ ที่มีประโยชน์ดังนั้นจึงมีการสกัดสารที่มีประโยชน์ออกมา เช่น การสกัดไรโบฟาวิน (riboflavin) (Kinoshita *et al*., 1985) การนำกากนมถั่วเหลืองมาผลิตเป็น single cell protein โดยวิธีการหมักในสภาพของแข็ง (Khare *et al*., 1994) การเตรียมโปรตีนไอโซเลตจากกากนมถั่วเหลืองโดยการตกตะกอนที่ isoelectric point แล้วนำไปศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไอโซเลต เมื่อทดลองสกัดโปรตีนจากกากนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและ 80 องศาเซลเซียส พบว่าการสกัดโปรตีนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณโปรตีนที่ได้มากถึง ร้อยละ 53.4 (Ma *et al*., 1997) ส่วน Trongpanich และคณะ (2000) ศึกษาการผลิต dietary fiber concentrate (DFC) จากกากนมถั่วเหลืองโดยกระบวนการสกัดด้วยน้ำ ซึ่งสามารถสกัด DFC ได้มากกว่าร้อยละ 40 ปริมาณโปรตีนที่ได้มากกว่าร้อยละ 45 และ DFC ที่สกัดได้มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 3 เดือน และยังมีงานวิจัยของ Chan และ Ma (1999) ซึ่งได้ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนจากกากนมถั่วเหลือง

ด้วยกรดอ่อน พบว่า โปรตีนจากกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการปรับปรุงด้วยกรดอ่อนมีคุณสมบัติการละลายเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้คุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน (emulsifying properties) และคุณสมบัติการเกิดโฟม (foaming properties) ก็ดีขึ้นด้วยและยังพบว่าโปรตีนที่สกัดได้มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นอยู่มากโดยเฉพาะไลซีน (lysine) ซึ่งจากการปรับปรุงคุณสมบัติการละลายและคุณสมบัติอื่นๆ ทำให้สามารถนำโปรตีนจากกากนมถั่วเหลืองไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารได้มากยิ่งขึ้น

4.3 การนำกากนมถั่วเหลืองมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

การประยุกต์ใช้กากนมถั่วเหลืองในอาหารยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ซึ่งโดยส่วนใหญ่ได้นำกากนมถั่วเหลืองไปใช้ประโยชน์ด้านการเพิ่มใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ดังเช่นในงานวิจัยของ Nuntisak (2001) ได้พัฒนาขนมอบเสริมใยอาหารจากกากนมถั่วเหลือง โดยใช้ กากนมถั่วเหลืองซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตนมถั่วเหลือง ในรูปของกากนมถั่วเหลืองและกากนมถั่วเหลืองพร่องไขมัน มาใช้เป็นแหล่งของใยอาหารเพื่อเพิ่มลงในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ได้แก่ คุกกี้ บราวนี่และเค้ก เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของกากนมถั่วเหลืองและกากนมถั่วเหลืองพร่องไขมัน พบว่ากากนมถั่วเหลืองและกากนมถั่วเหลืองพร่องไขมันมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ร้อยละ 38.3 และ 42.8 ตามลำดับ โดยใยอาหารส่วนใหญ่คือใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำสำหรับความสามารถในการอุ้มน้ำ พบว่ากากนมถั่วเหลืองและกากนมถั่วเหลืองพร่องไขมันมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากันคือ 4.02 กรัมของน้ำต่อกรัมของกากนมถั่วเหลือง และกรัมของกากนมถั่วเหลืองพร่องไขมัน เมื่อนำกากนมถั่วเหลืองและกากนมถั่วเหลืองพร่องไขมันมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ พบว่าสามารถทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ได้ร้อยละ 30 บราวนี่ร้อยละ 30 และเค้กร้อยละ 20 ตามลำดับ แต่การเติมใยอาหารจากกากนมถั่วเหลืองและกากนมถั่วเหลืองพร่องไขมันมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นแต่ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบโดยคะแนนประมาณ 6.00 (ชอบเล็กน้อย)

Genta และคณะ (2002) นำกากนมถั่วเหลืองมาใช้ในการผลิตลูกอม (nougat candy) โดยผสมกากนมถั่วเหลือง ถั่วลิสง กลูโคส น้ำมันที่ผ่านกระบวนการไฮเดรชัน น้ำตาล และกลิ่นธรรมชาติ (natural essences) โดยแบ่งออกเป็น 3 สูตร สูตร A (กากนมถั่วเหลืองร้อยละ 18.3 และถั่วลิสงร้อยละ 27.4) สูตร B (กากนมถั่วเหลืองร้อยละ 27.4 และถั่วลิสงร้อยละ 17.3) และสูตร C (กากนมถั่วเหลืองร้อยละ 36.6 และ ถั่วลิสงร้อยละ 9.1) ปริมาณของส่วนผสมอื่น ใช้เท่ากันหมด แล้วให้ผู้บริโภคทั้งเพศชายและเพศหญิงที่อายุต่างกันชิม พบว่าคะแนนความชอบและ การยอมรับของสูตรที่เติมกากนมถั่วเหลืองน้อยที่สุด (สูตรA) ได้รับการยอมรับมากที่สุด

Waliszewski และคณะ (2002) ศึกษาปริมาณกรดอะมิโน และทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังกลมแบนที่ทำจากแป้งข้าวโพดซึ่งเป็นอาหารชนิดหนึ่งของแม็กซิโก (corn tortillas made from nixtamalized corn flour) เมื่อมีการเติมกากนมถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 5 10 15 20 และ 25 พบว่าการเติมกากนมถั่วเหลืองที่มากกว่าร้อยละ 10 กลิ่นของผลิตภัณฑ์จะไม่เป็นที่ยอมรับ และการเติมกากนมถั่วเหลืองที่ร้อยละ 10 จะมีปริมาณ lysine และ tryptophan เพิ่มขึ้น

Kim (2000) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แป้งจากกากนมถั่วเหลืองในการทำเค้กแทนแป้งทำอาหารที่ระดับร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 เพื่อเป็นแหล่งใยอาหาร พบว่าค่าสีของเค้กเมื่อแทนแป้งทำอาหารด้วยแป้งจากกากนมถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 10 15 และ 20 มีค่าเปลี่ยนไปจากการวัดด้วยเครื่องวัดสี ทั้งค่าของสีแดง (a^*) ค่าของสีเหลือง (b^*) และค่าความสว่าง (L^*) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสีของเค้กที่ไม่มีการเติมแป้งจากกากนมถั่วเหลือง และยังพบว่าสีของเค้กจะคล้ำขึ้นเมื่อปริมาณแป้งจากกากนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ค่า specific volume ของเค้กเมื่อแทนด้วยแป้งจากกากนมถั่วเหลืองที่ร้อยละ 20 มีค่าต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเค้กที่ไม่เติมแป้งจากกากนมถั่วเหลือง ส่วนความแข็งของเค้กเมื่อแทนด้วยแป้งจากกากนมถั่วเหลืองที่ร้อยละ 5 10 และ 15 มีความแข็งน้อยกว่าเค้กที่ไม่เติมแป้งจากกากนมถั่วเหลืองหลังจากเก็บไว้ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่าการแทนด้วยแป้งจากกากนมถั่วเหลืองที่ร้อยละ 5 ในเค้ก ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าชุดทดลองอื่นๆ

Aplevicz และ Demiate (2007) ศึกษาคุณลักษณะของ cheese bread เมื่อเติมกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 5 10 และ 15 ตามลำดับ เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพกับ cheese bread premix ทางการค้า พบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองใน cheese bread สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและใยอาหาร จากการประเมินค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วย 9-Point Hedonic Scale โดยผู้บริโภคทั่วไป พบว่าการเติมกากนมถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากผู้บริโภค

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากกากนมถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตนมถั่วเหลือง พบว่ายังไม่มีการนำกากนมถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตนมถั่วเหลืองไปใช้ประโยชน์ในด้านการทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบโดยตรง

5. ไส้กรอกและประเภทของไส้กรอก

ไส้กรอก (sausage) เป็นคำที่มาจากภาษาลาตินว่า salsas หมายถึง การใส่เกลือหรือเก็บรักษาเนื้อโดยใช้เกลือ ไส้กรอกเป็นอาหารที่เตรียมได้จากการบดเนื้อกับเกลือแล้วผสมเครื่องเทศเครื่องปรุงต่าง ๆ แล้วบรรจุในถุงที่มีลักษณะกลมยาว เกิดเป็นไส้กรอกชนิดต่างๆ ซึ่งแตกต่างกันไปตามลักษณะของเครื่องปรุง ชนิดของเครื่องเทศที่ใช้ ชนิดของเนื้อสัตว์ สัดส่วนของเนื้อและไขมัน ความหยาบละเอียดของเนื้อบด ไส้ที่บรรจุ และวิธีการผลิตในแต่ละประเทศ (ธเนศ อิสระมงคลพันธุ์, 2550) ได้มีผู้แบ่งไส้กรอกเป็นประเภทต่างๆ ได้หลายระบบด้วยกัน แต่ไม่มีระบบใดที่มีความสมบูรณ์แน่นอน ซึ่ง Kramlich (1975) ได้แบ่งไส้กรอกออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะเนื้อของไส้กรอก คือ

ไส้กรอกชนิดหยาบ (coarse-ground sausage) เนื้อไส้กรอกมีลักษณะหยาบไม่รวมตัวกันเป็นอิมัลชัน เป็นไส้กรอกที่มีลักษณะเนื้อแยกกันอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากผ่านการบดด้วยเครื่องบดเนื้อธรรมดา กล่าวคือเนื้อจะถูกลดขนาดลงแต่เส้นใยกล้ามเนื้อยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นไส้กรอกที่ได้จากการหมักเนื้อสัตว์ก่อนหรือไม่ก็ได้ ผสมไขมันและเครื่องปรุงรส ทำให้แห้งโดยการผึ่งแดดหรืออาจรมควันก่อนก็ได้ เมื่อจะรับประทานจึงทำให้สุก ตัวอย่างเช่น ไส้กรอกสด ไส้กรอกกึ่งแห้ง ไส้กรอกแห้ง และกุนเชียง

ไส้กรอกชนิดบดละเอียดเป็นอิมัลชัน (emulsion-type product) เป็นไส้กรอกที่ได้จากการหมักเนื้อสัตว์หรือไม่หมักก็ได้ จากนั้นบดผสมกับเครื่องปรุงรสและไขมันให้ละเอียดเป็นอิมัลชัน บรรจุไส้ ต้มให้สุกและอาจจะรมควันหรือไม่ก็ได้ ตัวอย่างเช่น ไส้กรอกตับ ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ และไส้กรอกเวียนนาเป็นต้น ในขณะที่ เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ (2536) ได้แบ่งประเภทของไส้กรอกไว้ดังนี้

5.1 ไส้กรอกสด (fresh sausage) เป็นไส้กรอกที่ทำจากเนื้อสดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหมู เนื้อวัว และเนื้อลูกวัวที่ผ่านการบดอย่างหยาบ ผสมกับไขมันและเครื่องเทศ มีน้ำเป็นองค์ประกอบ ร้อยละ 3-5 ปริมาณไขมันมากน้อยตามคุณภาพของไส้กรอก สามารถใช้สารเชื่อม เช่น แป้งสาลี และโปรตีนจากถั่วเหลืองได้ในปริมาณร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักเนื้อ เครื่องเทศที่ใช้สำหรับไส้กรอกสด คือ พริกไทย กระเทียม ฯลฯ บรรจุในไส้ มัดเป็นปล้องๆ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส ได้นาน 2-4 วัน เมื่อจะรับประทานจึงนำมาทำให้สุก ตัวอย่างของไส้กรอกสด ได้แก่

5.1.1 ไส้กรอกหมูสด (fresh pork sausage) ทำจากเนื้อหมูผสมเครื่องปรุงธรรมดา บรรจุไส้ผูกเป็นปล้องๆ หรืออัดเป็นพิมพ์

5.1.2 ไส้กรอดหมูสดแบบชนบท (fresh country style sausage) ทำจากเนื้อหมูบดหยาบผสมเครื่องปรุง บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 3/8 นิ้ว ยาว 8-10 นิ้ว

5.1.3 บราทเวอร์สท (bratwurst) ทำจากเนื้อลูกวัวหรือเนื้อหมู ใช้ผิวมะนาวหรือน้ำมะนาวปรุงรส บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 3/8 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว นิยมลวกน้ำก่อนจำหน่าย

5.1.4 บ๊อกเวอร์สท (bockwurst) ทำจากเนื้อลูกวัวจำนวนมากกว่าเนื้อหมู บางสูตรผสมนมสดเครื่องปรุงและขนาดคล้ายเวียนนา นิยมลวกน้ำก่อนจำหน่าย

5.2 ไส้กรอกรมควัน (smoked sausage) เป็นไส้กรอกที่ทำจากเนื้อที่ผ่านการหมักเกลือและสารประกอบไนไตรท์ แล้วส่วนผสมทั้งหมดเมื่อบรรจุลงในไส้แล้วจะนำไปรมควัน การรมควันและทำให้สุกนั้นมี 2 ลักษณะคือ การใช้ไอน้ำเป็นเวลา 3-5 นาที จนกระทั่งมีอุณหภูมิภายในไส้กรอกมากกว่า 50 องศาเซลเซียส อีกลักษณะหนึ่งคือ การทำให้สุกด้วยการใช้ความร้อนแห้ง จนกระทั่งไส้กรอกมีอุณหภูมิภายใน 64-65 องสาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็น ตัวอย่างของไส้กรอกรมควัน ได้แก่

5. 2.1 ไส้กรอกรมควันไม่สุก ต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน ได้แก่

5.2.1.1 เมทเวอร์ส (metwurst) ทำจากเนื้อวัวร้อยละ 60-70 และเนื้อหมู 30-40 หมักและผสมเครื่องเทศ พริกไทย ลูกผักชี บรรจุไส้วัวขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 1/2-1 3/8 นิ้ว

5.2.1.2 คีลบาซา (kielbasa) ทำจากเนื้อหมูบดหยาบ ปรุงรสด้วยกระเทียม บรรจุในไส้เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 1/2 นิ้ว ผูกเป็นปล้องยาว 4-5 นิ้ว หรือ 8-10 นิ้ว

5.2.2 ไส้กรอกรมควันสุกสามารถรับประทานได้ทันที ได้แก่

5.2.2.1 แฟรงเฟอร์เตอร์ (frankfurters) ทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัวอัตราส่วน 40 ต่อ 60 หมักปรุงรสด้วยเครื่องเทศ เป็นที่นิยมมากที่สุด มีชื่อเรียกกันไปตามขนาด คือ บรรจุในไส้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว เรียก แฟรงเฟอร์เตอร์ บรรจุในไส้เส้นผ่าศูนย์กลาง 3/4 นิ้วยาว 4-5 11/2 เรียกเวียนนา (vienna) และบรรจุในไส้ขนาดเล็ก ขนาดสั้นๆ เรียก แฟรงเฟอร์เตอร์แบบคอกเทล (cocktail style frankfurters)

5.2.2.2 ไส้กรอกกระเทียม (knoblauch) หรือแนกเวอร์สท (knackwurst) คล้ายแฟรงเฟอร์เตอร์ แต่มีกระเทียมมากและบรรจุในไส้ขนาดเล็กยาวท่อนละ 3-4 นิ้ว

5.2.2.3 โบโลญา (bologna) คล้ายแฟรงเฟอร์เตอร์บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 1/2 นิ้ว ขดเป็นวงแหวน ซึ่งบรรจุในส่วนปลายของสำไส้ใหญ่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 1/2-5 นิ้ว ยาว 12-15 นิ้ว

5.2.2.4 เบอร์ลินเนอร์ (berliner) ทำจากเนื้อหมูบดหยาบและเนื้อวัวบดละเอียด หมักในน้ำหมักเจือจาง บรรจุในไส้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว

5.3 ไส้กรอกสุก (cooked sausage) เป็นไส้กรอกที่ใช้ได้ทั้งเนื้อสดและเนื้อหมักบด ผสมเครื่องปรุง บรรจุในไส้ และทำให้สุกพร้อมที่จะรับประทานได้ทันที โดยไม่ต้องรมควัน แต่บางชนิดจะรมควันภายหลังที่ไส้กรอกสุกแล้ว รับประทานได้ทันที ได้แก่

5.3.1 ไส้กรอกตับ (liver sausage) ทำจากการบดมันหมูแข็ง ตับหมู ผสมเจลาติน ปรุงรสด้วยหัวหอมและเครื่องเทศ บรรจุในไส้ และทำให้สุก มีรสชาติดีและคุณค่าทางโภชนาการสูง

5.3.2 ไส้กรอกเลือด (blood sausage หรือ blutwurst) ทำจากมันหมูแข็งต้มสุกหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมและเนื้อบดละเอียดผสมเจลาตินรวมกับเลือดวัวและเครื่องเทศบรรจุในไส้ เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 1/4 นิ้ว ถ้าผสมลิ้นหมูและลิ้นแกะลงไปเรียกว่าไส้กรอกเลือดและลิ้น

5.4 ไส้กรอกแห้ง (dry sausage) เป็นไส้กรอกที่ให้เนื้อที่ผ่านการคัดเลือกมาอย่างดีใช้เทคนิคมากในการทำ แบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

5.4.1 เซอเวลาท์ส (cervelats) หมายถึง ไส้กรอกแห้งทั่วๆ ไป มีหลายชนิดคือ

5.4.1.1 ซัมเมอร์ซอสเซส (summer sausage) ทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัวปริมาณเท่าๆ กัน บดหยาบ ผสมเครื่องปรุงรสไม่จัดนัก หมัก บรรจุในไส้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 1/2 นิ้ว

5.4.1.2 โฮลสไตเนอร์ (holsteiner) คล้ายซัมเมอร์ซอสเซส แต่บรรจุไส้ขดเป็นรูปวงแหวน

5.4.1.3 ทูริงเจอร์ (thuringer) อยู่ประเภทเดียวกับซัมเมอร์ซอสเซส แต่ไม่แห้งมาก มีรสเปรี้ยวคล้ายรสมะขาม

5.4.1.4 ก๊อกทิงเจอร์ (gottinger) เป็นไส้กรอกแห้งชนิดดี เนื้อแน่น แข็ง มีกลิ่นรสของเครื่องเทศ น่ารับประทาน

5.4.1.5 โกเทบอร์ก (goteborg) เป็นไส้กรอกแห้งของชาวสวีเดนแต่ดั้งเดิม เนื้อบดหยาบ มีรสเค็มจัด และรมควันมาก

5.4.2 ไส้กรอกหมักแห้ง (fermented dry sausage) เป็นไส้กรอกที่ต้องผ่านขั้นตอนการหมักให้มีรสเปรี้ยวก่อนทำให้แห้ง เก็บได้นานในสภาพที่เย็น อากาศแห้งและมีความชื้นต่ำไส้กรอกชนิดนี้ มีหลายแบบ ดังนี้

5.4.2.1 ซาลามิ (salami) ทำจากหมูเนื้อแดงบดหยาบหมัก บางครั้งใช้เนื้อวัวบดละเอียดหมัก เติมไวน์แดงหรือเหล้าองุ่น กระเทียม และเครื่องเทศหลายชนิดบรรจุในไส้เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 3/8 นิ้ว ทำให้แห้งด้วยแสงแดด

5.4.2.2 ลีอองส์ (leyons) ทำครั้งแรกในฝรั่งเศส ประกอบด้วยเนื้อหมูบดละเอียด 4 ส่วน มันแข็ง 1-2 ส่วน หั่นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ผสมเครื่องเทศและกระเทียมบรรจุในไส้ขนาดใหญ่ หมักและทำให้แห้งด้วยวิธีธรรมชาติ

5.4.2.3 มอทาเดลลา (mortadella) ทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัวบดละเอียดหมักและผสมกับมันหมูแข็งหั่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ ปรุงรสด้วยเครื่องเทศ บรรจุในกระเพาะปัสสาวะขนาดกลาง รมควันที่อุณหภูมิสูงและทำให้แห้งในอากาศ

5.4.2.4 แคปบริโคลา (cappicola) ทำจากเนื้อหมูส่วนไหล่ ปรุงรสด้วยพริก เกลือ น้ำตาล บรรจุในไส้และทำให้แห้งด้วยอากาศ

5.4.2.5 เปปเปอโรนี (popperoni) ทำจากเศษเนื้อหมูอาจผสมเนื้อวัวในบางครั้ง หมักพร้อมกับมันแข็งหั่นสี่เหลี่ยมผสมพริกป่น บดพร้อมเครื่องปรุงรสอื่นๆ บรรจุในไส้เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 1/3 นิ้ว ผึ่งให้แห้งในอากาศ

5.4.2.6 มั้ม (mum) ทำในภาคอีสานของไทย โดยใช้เนื้อวัวส่วนสะโพกบดละเอียด ผสมม้าม ตับและกระเทียม บรรจุไส้ในวัวหรือไส้หมู หมักและทำให้แห้งในอากาศ

5.4.2.6 กุนเชียง (chiness sausage) เป็นไส้กรอกแห้งที่มีที่มาจากประเทศจีน ใช้เนื้อหมูหรือเศษเนื้อหมูผสมมันแข็งหั่นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ปรุงรสด้วยเกลือน้ำตาล ซีอิ้วขาว บรรจุในไส้หมู ทำให้แห้งโดยใช้แสงแดด ก่อนนำมารับประทานต้องนำมาทำให้สุกก่อน

6. ส่วนประกอบของไส้กรอก

ธเนศ อิสระมงคลพันธุ์ (2550) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของไส้กรอกโดยทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย

6.1 เนื้อสัตว์ เป็นส่วนประกอบสำคัญของไส้กรอกทุกชนิดโดยทั่วไปจะใช้ส่วนกล้ามเนื้อลายซึ่งพบว่า คุณภาพของเนื้อสัตว์จะแตกต่างกันไปตามอัตราส่วนระหว่างความชื้นและโปรตีนอัตราส่วนระหว่างไขมันกับเนื้อแดงและปริมาณของเม็ดสี (pigment) ซึ่งจากผลดังกล่าว ทำให้คุณสมบัติการเป็น binder ต่างกัน ดังนั้นการเลือกเนื้อสัตว์ควรเลือกเนื้อส่วนที่มีความเข้มข้นของ myoglobin สูง ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม นอกจากนี้คุณสมบัติทางเคมีก็เป็นข้อควรคำนึงในการเลือกด้วยคือ เนื้อที่อยู่ในสภาพ pre-rigor จะทำไส้กรอกได้ดีกว่าสภาพ post-rigor และเนื้อสัตว์ที่อยู่ในสภาพเกร็งตัว (rigor mortis) จะไม่นำมาทำผลิตภัณฑ์ เนื่องจากโปรตีน actin และ myotin จะรวมตัวกัน

เป็น actomyosin ทำให้คุณสมบัติการเป็น emulsifier หมดไป เนื้อสัตว์ที่ได้จากส่วนที่มีคุณภาพต่ำ เช่น เนื้อปนมัน เนื้อส่วนแก้ม เอ็นและพังผืด ย่อมมีโปรตีน actin และ myosin ต่ำ ทำให้ไม่ได้ไส้กรอกที่มีลักษณะตามต้องการ เนื้อที่ควรนำมาทำไส้กรอกได้แก่เนื้อที่มีเอ็นและไขมันน้อย

6.2 ไขมัน เป็นส่วนสำคัญในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ไขมันช่วยให้คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นรสที่ดี ทำให้ไส้กรอกมีลักษณะปรากฏที่น่ารับประทาน ปริมาณไขมันในไส้กรอกมีผลต่อความนุ่มและความชุ่มฉ่ำของไส้กรอก เนื่องจากไขมันทำหน้าที่เป็น disperse phase ของอิมัลชัน ไขมันยังทำหน้าที่เป็นสารตัวนำในการพัฒนากลิ่นรสของสารพวกชอบไขมัน (lipophilic) ไขมันมีบทบาทเป็นแหล่งวิตามินที่ละลายในไขมัน กรดไขมันที่จำเป็น เป็นแหล่งพลังงาน ไขมันมีพลังงาน 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม และไขมันยังเป็นส่วนผสมที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต ใช้ได้ทั้งไขมันพืชและสัตว์

6.3 ความชื้น โดยทั่วไปไส้กรอกจะมีความชื้นร้อยละ 45-55 โดยน้ำหนัก ความชื้นส่วนใหญ่มาจากเนื้อแดงและจากการเติมน้ำแข็งในระหว่างการสับผสม น้ำแข็งจะช่วยควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการสับผสม ซึ่งจะทำให้เกลือและส่วนผสมอื่น ๆ ละลายและกระจายตัวได้ดี เกิดเป็นน้ำเกลือช่วยให้โปรตีน myosin ละลายออกมาได้ดี และทำให้เกิดอิมัลชันที่คงตัวได้ นอกจากนี้น้ำแข็งยังเป็นส่วนผสมที่ช่วยลดต้นทุน ทำให้ไส้กรอกมีลักษณะชุ่มฉ่ำและเนื้อนุ่มนวลขึ้น

6.4 เกลือบริโภค เป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิต เป็นตัวช่วยให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกที่มีลักษณะเหนียว ทั้งนี้เนื่องจากเกลือช่วยสกัดโปรตีน actin และ myosin ออกจากกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำเกลือ ปริมาณการใช้เกลือมากหรือน้อยควรจะคำนึงถึงวิธีการทำให้สุกด้วย เช่น ทำให้สุกโดยการต้มจะมีเกลือบางส่วนละลายออกมาในน้ำที่ต้มได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มน้อยลง แต่ถ้าทำให้สุกโดยการอบหรือทอด เกลือในส่วนผสมจะยังคงอยู่ ในขณะเดียวกันความชื้นของส่วนผสมจะหายไปบางส่วน ทำให้ความเข้มข้นของเกลือยังคงสูงอยู่ เกลือยังเป็นสารช่วยปรุงรส คือให้ความเค็มของไส้กรอก และยังมีผลต่อการเก็บถนอมรักษาไส้กรอกให้อยู่ได้นานขึ้นด้วย

6.5 เกลือไนเตรทและไนไตรท์ ใช้ในรูปเกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียม ใช้ในการหมักเนื้อเพื่อให้ไส้กรอกมีสีสดขึ้น และอาจจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดด้วย

6.6 สารให้ความหวาน ส่วนมากมักจะใช้น้ำตาลทราย (sucrose) เด็กซ์โทรส (dextrose) แล็คโทส (lactose) corn syrup solid การใช้น้ำตาลไม่มีข้อกำหนดปริมาณไว้เพราะว่ามีความหวานของน้ำตาลเป็นตัวกำหนดปริมาณการใช้อยู่แล้ว

6.7 เครื่องปรุง เป็นตัวเพิ่มรสชาติให้ไส้กรอก ทำให้ไส้กรอกมีกลิ่นรสตามต้องการ ซึ่งชนิดของเครื่องปรุงที่ใช้ย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของไส้กรอก ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปคือเครื่องเทศ เช่น พริกไทย พริกขี้หนู ลูกจันทร์ ดอกจันทร์ อบเชย กระวาน ลูกผักชี หอม กระเทียม ฯลฯ

6.8 สารพวกฟอสเฟต มีคุณสมบัติทำให้โมเลกุลของเนื้อผสานกันเป็นตาข่าย ป้องกันไม่ให้เลือดและน้ำเกลือซึมออกมาจากอิมัลชัน ลดการสูญเสียความชื้นขณะทำให้สุก นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ทำให้เนื้อนุ่มและรสชาติดี

6.9 Extender เป็นสารประกอบอื่นที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ ใช้เติมลงไปในส่วนผสมในการทำไส้กรอกเพื่อช่วยให้รวมตัวกับน้ำ ทำให้อิมัลชันคงตัว ช่วยเพิ่มน้ำหนักและช่วยลดต้นทุนการผลิต extender ที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกแบ่งเป็น

6.9.1 Binder มีคุณสมบัติช่วยในการจับและยึดเกาะกับน้ำเพื่อให้เกิดอิมัลชันกับไขมัน ลดการสูญเสียความชื้นขณะทำให้สุก ช่วยไม่ให้ผลิตภัณฑ์เสียน้ำหนัก และทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อ สี รสชาติดีขึ้น สารประกอบเหล่านี้หมายถึงสารประกอบพวก โปรตีน เช่น กลูเตนในข้าวสาลี โปรตีนจากถั่วเหลือง หางนมปราศจากไขมัน ผลิตภัณฑ์พวกเคซิเนต (caseinate) เป็นต้น

6.9.2 Filler ทำหน้าที่หลักเป็นสารเพิ่มปริมาณ ช่วยลดต้นทุนในการผลิต มักทำจากแป้งต่างๆ เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี แป้งข้าวโพด แป้งดัดแปรชนิดต่างๆ มอลโทเดกซ์ทริน หรือรำขาวเป็นต้น นอกจากนี้สารเพิ่มปริมาณยังใช้เพื่อทำให้อิมัลชันเกิดความคงตัว ช่วยทำให้กลิ่นรสดีขึ้น ช่วยปรับปรุงคุณภาพระหว่างการหั่น (slice) และมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกด้วยเช่นกัน

6.9.3 Extender อื่นๆ ได้แก่ gum, alginate, lrish moss, gum arabic, และ gum tragacanth มักจะมีใช้ในไส้กรอกด้วย เรียกพวกนี้ว่า stabilizer ใช้ในจุดประสงค์เพื่อช่วยให้อิมัลชันคงตัว นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสไส้กรอกทั้งนี้ก็เนื่องจากคุณสมบัติในการเป็น hydrophilic ของสารเหล่านั้น

6.10 ไส้บรรจุไส้กรอก (casing) ไส้ที่ใช้บรรจุไส้กรอกมักมีลักษณะเป็นท่อนหรือวัสดุที่มีความยืดหยุ่นได้ ไม่ว่าส่วนผสมจะมีลักษณะเช่นไรก็ตาม จะใช้หรือไม่ใช้เครื่องปรุงอื่นใดด้วยก็สามารถที่จะนำมาบรรจุในไส้ดังกล่าวได้ เปรียบเสมือนพิมพ์สำหรับอัดส่วนของเนื้อลงไปจนกระทั่งเนื้อที่บรรจุนั้นแห้ง หรือผ่านขั้นตอนการทำให้สุกแล้ว เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ (2536) ได้แบ่งไส้บรรจุออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

6.10.1 ไส้เทียม (artificial casing) นิยมมากในโรงงานผลิตไส้กรอก เนื่องจากผลิตได้ในปริมาณมาก ราคาถูก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางให้เลือกได้ตามต้องการ ขนาดสม่ำเสมอและเก็บรักษาได้ง่าย มี 2 แบบคือ

6.10.1.1 ไส้เทียมที่รับประทานได้ (edible artificial casing) ทำจากหนังสัตว์ (regenerated collagen) ส่วนคอเรียมของสำไส้ โดยสกัดด้วยสารละลายด่างและล้างน้ำ จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดให้เกิดการพองตัวและเหลวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำเข้าแบบและผ่านด่างทำให้แห้ง ใช้มากกับไส้ที่มีขนาดเล็ก

6.10.1.2 ไส้เทียมที่รับประทานไม่ได้ (inedible artificial casing) ทำจากเม็ดพลาสติกและเซลลูโลสที่สกัดจากเมล็ดฝ้าย ไส้เทียมประเภทนี้มีตั้งแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-15 เซนติเมตร มีความแข็งแรงทนทาน

6.10.2 ไส้ธรรมชาติ (natural casing) ได้จากไส้หมู ไส้แกะ ไส้วัว หลอดคอวัว ไส้ติ่งวัว กระเพาะหมู มีขนาดไม่สม่ำเสมอ เปื่อยง่าย ฉีกขาดง่าย เก็บรักษายาก ราคาแพง

7. กระบวนการผลิตไส้กรอก

กระบวนการผลิตไส้กรอกมีขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละประเภทของไส้กรอก ขั้นตอนโดยทั่วไปในการผลิตไส้กรอก ประกอบด้วย ขั้นตอนการลดขนาด การผสม การบรรจุและผูกไส้

7.1 การลดขนาด (size reduction) ทำได้โดยการหั่นหรือบดเนื้อโดยใช้เครื่องบดเนื้อ (meat grinder) เพื่อลดขนาดของชิ้นเนื้อเพื่อให้มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น (surface area) ง่ายต่อการสกัดโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ โดยการที่มีชิ้นส่วนในขนาดที่ย่อยสม่ำเสมอ จะทำให้ส่วนประกอบต่างๆ กระจายไปได้ทั่วถึง

7.2 การผสม (mixing) โดยใช้เครื่องผสม (mixer) เพื่อให้ส่วนผสมต่างๆ คลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน

7.3 การบรรจุและผูกไส้ (stuffing and linking) ทำการบรรจุไส้กรอกโดยใช้เครื่องบรรจุไส้กรอก (stuffer) เพื่อให้เนื้อที่รวมกันเข้าสู่แบบ (mold) หรือไส้ (casing) ที่ต้องการบรรจุ เครื่องบรรจุที่ดีต้องมีที่กำจัดอากาศ ทำให้ไส้กรอกแน่นปราศจากอากาศ ส่วนเครื่องผูกไส้มีทั้งชนิดเชือกสำหรับ ไส้กรอกขนาดเล็ก และคลิปโลหะสำหรับปิดหรือมัดปลายไส้กรอกขนาดใหญ่ (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2527)

8. การเกิดอิมัลชันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

อิมัลชัน ประกอบด้วยของเหลว 2 ชนิด ซึ่งไม่รวมตัวกัน โดยมีของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง ของเหลวทั้งสองชนิดนี้จะไม่รวมตัวกันเป็นเนื้อเดียว อิมัลชันที่พบในอาหารมี 2 ชนิด ได้แก่ อิมันชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water) คือตัวกลางเป็นน้ำและอนุภาคคอลลอยด์เป็นน้ำมันและอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (water-in-oil) คือตัวกลางเป็นน้ำมันและอนุภาคคอลลอลด์เป็นน้ำ อิมัลชันที่เกิดขึ้นจะไม่ค่อยคงตัว ต้องอาศัยอิมันซิฟายเออร์เป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้อนุภาคคอลลอยด์รวมตัวกันซึ่งโมเลกุลของสารอิมันซิฟายเออร์เหล่านี้จะประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic portion) ซึ่งจับกับน้ำและส่วนที่ชอบไขมัน (lipophilic portion) ซึ่งจับกับไขมัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

อิมัลชันในไส้กรอกจัดเป็นอิมัลชันชนิดไขมันในน้ำ โดยไขมันเป็นส่วน disperse phase หรือ discontinuous phase และน้ำเป็นส่วน continuous phase มีโปรตีนที่ละลายได้จากเนื้อสัตว์ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ โดยเฉพาะโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ (salt soluble protein) คือโปรตีนไมโอฟิบริลลาร์ (myofibrillar protein) ได้แก่แอกตินและไมโอซิน การสับผสมเนื้อกับเกลือและน้ำแข็งเป็นการสกัดโปรตีนเหล่านี้ออกจากใยกล้ามเนื้อให้อยู่ร่วมกับของเหลวอื่นที่ละลายได้ในน้ำ เมื่อใส่ไขมันแล้วสับผสมโปรตีนจะจับตัวกันเป็นโครงสร้าง (matrix) ห่อหุ้มไขมันที่ถูกบดละเอียดและมีสภาพเป็นเม็ดไขมันขนาดเล็ก กระจายอยู่ทั่วไปในโครงสร้างของโปรตีน (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529; Parks and Carpenter, 1987) โปรตีนจึงทำให้อิมัลชันมีความคงตัวอยู่ได้เนื่องจากลดแรงตึงผิว (surface tension) ที่ผิวหน้าของน้ำมันกับน้ำโดยการล้อมรอบเม็ดไขมันไว้ (Lin and Zayas, 1987)

9. การลดไขมันในไส้กรอก

ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารเกี่ยวข้องกับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด การหล่อลื่น ความชุ่มน้ำ ความนุ่ม ความเรียบเนียน และไขมันยังเป็นตัวพา (carrier) สำหรับวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน มีผลต่อกลิ่นรส และความรู้สึกในปาก (Suman and Sharma, 2003; Pearson and Gillett, 1996) ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในปัจจุบัน เนื่องจากสะดวกในการเตรียมเพื่อบริโภค และดัดแปลงเป็นอาหารต่างๆ ได้หลากหลายอาจเป็นอาหารว่างหรืออาหารเช้าสำหรับผู้ที่มีเวลาในการประกอบอาหารเช้ารับประทานเองไม่มากนักและนับวันอาหารประเภทนี้จะเป็นที่นิยมมากยิ่งขึ้นทั้งนี้เนื่องจากสะดวกในการรับประทานและเก็บรักษาอีกทั้งมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณไขมันค่อนข้างสูงคือ ประมาณร้อยละ 20-50 (Mallika and Prabhakar, 2011; Dharmaveer *et al*., 2007; Sachindra *et al*., 2005; Brown, 2004; Mendoza *et al*., 2001; Lyonsa *et al.,* 1999) การบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงในปริมาณมากและบริโภคเป็นประจำอาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ ทำให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เพิ่มขึ้น (Pearson, 1997; Colmenero, 1996) ซึ่งผู้บริโภคในปัจจุบันได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพอาหารด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยและต้องส่งเสริมสุขภาพอนามัยด้วย ดังนั้นระดับไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคพิจารณาก่อนการบริโภค (Mallika and Prabhakar, 2011; Yang *et al*., 2007; Chin *et al*., 1999; Migule *et al*., 1999; Pietrasik, 1999; Taki, 1991) จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้แนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีไขมันต่ำและแคลอรีต่ำเพิ่มมากขึ้น

การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไขมันต่ำ โดยปกติอาศัย 2 วิธีหลัก คือ ใช้วัตถุดิบที่เป็นเนื้อแดง (ซึ่งจะมีราคาสูงขึ้น) การลดปริมาณไขมันและแคลอรีโดยการเติมน้ำและส่วนผสมอื่นๆทำให้แคลอรีต่ำ หรือไม่มีแคลอรีเลย เป้าหมายของการลดระดับไขมัน คือ การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของไขมันและการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้อยู่ในระดับที่เป็นที่ยอมรับทั้งทางด้านหน้าที่ ความปลอดภัย คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและความคงตัว (Colmenero, 1996) โดยทั่วไปเนื้อสัตว์แปรรูปไขมันต่ำมีกลิ่นรสด้อยกว่า มีเนื้อสัมผัสที่แห้งแข็งกว่า และเหนียวกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีไขมันในระดับปกติ (Pearson, 1997) นอกจากนี้ยังมีค่าการสูญเสียน้ำหนักภายหลังจาก การทำให้สุกที่สูงกว่าทั้งนี้เนื่องจากไขมันมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดอิมัลชัน (Candogan and Kolsarici, 2003) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิธีการลดปริมาณไขมันโดยให้มีผลกระทบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณภาพด้านอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

9.1 สารทดแทนไขมัน

ปัจจุบันมีคำหลายคำที่ใช้เรียกสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ลดไขมัน ซึ่ง Roller และ Jones (1996) ได้ให้ความหมายของคำต่างๆ ไว้ดังนี้

สารทดแทนไขมัน (fat replacer) ถือเป็นคำทั่วๆ ไปที่ใช้อธิบายถึงส่วนผสมใดๆ ที่ใช้แทนไขมัน

สารแทนที่ไขมัน (fat substitute) คือ สารโมเลกุลใหญ่ที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีใกล้เคียงกับไตรกลีเซอไรด์ โดยเฉพาะไขมันและน้ำมัน และสามารถใช้ทดแทนไขมันได้ในอัตราส่วน 1:1

สารเลียนแบบไขมัน (fat mimetic) คือ สารที่ให้สมบัติทางกายภาพของไตรกลีเซอไรด์ แต่ไม่สามารถแทนที่ไขมันได้ในอัตราส่วน 1:1 หรือสารทดแทนไขมันที่ต้องเติมน้ำปริมาณมากเพื่อคงไว้ซึ่งหน้าที่ของไขมัน

ไขมันแคลอรีต่ำ (low-calories fat) คือ การสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ โดยมีกรดไขมันเชื่อมต่อกับโครงสร้างของไตรกลีเซอรอล ทำให้มีแคลอรีลดลง

การทดแทนไขมันเป็นระบบ (fat extender) คือ ไขมันหรือน้ำมันผสมกับองค์ประกอบอื่นๆ

Lucca และ Teppe (1994) ได้แบ่งสารทดแทนไขมันออกเป็น 3 กลุ่ม ตามแหล่งที่มาคือ

9.1.1 สารทดแทนไขมันจำพวกไขมัน สารทดแทนไขมันกลุ่มนี้ได้จากไขมันหรือลิปิด (fat or lipid) สามารถใช้แทนไขมันได้โดยตรง โดยมีลักษณะไม่ต่างจากไขมัน ทำหน้าที่เก็บกักน้ำ และอากาศ ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความอ่อนนุ่ม เกิดอิมัลชันที่ดีทั้งแบบไขมันในน้ำ (oil in water) และน้ำในไขมัน (water in oil) เพิ่มความหนืดและความชุ่มน้ำ (wetting agent)

9.1.2 สารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต เป็นกลุ่มที่นิยมใช้ศึกษาเกี่ยวกับการลดไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารในยุคเริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน สารทดแทนไขมันกลุ่มนี้ได้จากพืชและธัญพืช มีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถละลายน้ำแล้วเกิดโครงสร้างคล้ายเจล เพิ่มความหนืดและเนื้ออาหารในผลิตภัณฑ์ ให้ลักษณะเป็นครีม

9.1.3 สารทดแทนไขมันจำพวกโปรตีน ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำ การเกิดเจล การเกิดอิมัลชัน รวมทั้งการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและความรู้สึกในระหว่างการเคี้ยว แต่มีข้อจำกัดในการใช้ โดยไม่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด ลักษณะเป็นครีม (creamy) และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือนไขมัน (fat-like texture) ได้ เนื่องจากโปรตีนสามารถเสียสภาพ (deneturation) เมื่อถูกความร้อนและเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน (Keeton , 1997; Pearson, 1997; Ellekjaer *et al*., 1996; Comer *et al*., 1986) สารทดแทนไขมันจำพวกโปรตีน ได้มาจากทั้งโปรตีนสัตว์และโปรตีนจากพืช โปรตีนจากสัตว์ เช่น นมผงปราศจากไขมัน (nonfat milk) นมผงปราศจากไขมันแคลเซียมต่ำ เวย์โปรตีน เวย์โปรตีนเข้มข้น (whey protein concentrate) บัตเตอร์มิลค์โปรตีน โซเดียมเคซีเนต และคอลาเจน เป็นต้น (Lyonsa *et al*., 1999; Giese, 1994) ส่วนโปรตีนจากพืช เช่น

โปรตีนจากเมล็ดดอกทานตะวัน (sunflower protein) โปรตีนจากเมล็ดข้าวป่า (wild rice) โปรตีนจากเมล็ดข้าวสาลี (wheat germ protein) โปรตีนจากเมล็ดข้าวโพด (corn germ protein) และโปรตีนจากถั่วเหลือง ทั้งในรูปของแป้งถั่วเหลือง (soy flour) โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate) และโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท (soy protein isolate) (Serdaroglu and Sapanci, 2003; Dzudie *et al*., 2002; Gujral *et al*., 2002; Pietrasik and Duda, 2000; Chin *et al*., 1999; Bejosano and Corke, 1998; Dexter *et al*., 1993; Gnanasambandam and Zayas, 1992; Trout *et al*., 1992; Minerich *et al*., 1991; Zayas and Lin, 1988; Linn and Zayas, 1987; Decker *et al*., 1986; Wills and Rabirullah, 1981; Sofos and Allen, 1977 Smith *et al*., 1973)

9.1.3.1 โปรตีนจากถั่วเหลืองมีสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) คล้ายๆ กับโปรตีนจากนมและไข่ แต่มีราคาถูกกว่า การใช้ประโยชน์จากโปรตีนถั่วเหลืองอาจใช้ในรูปของแป้งถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น หรือโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท แต่เนื่องจากแป้งถั่วเหลือง และโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น มีองค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่สูงกว่าโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท เมื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ จะทำให้อาหารมีกลิ่นถั่ว (beany) ซึ่งไม่เป็นที่พึงประสงค์ ดังนั้นจึงนิยมใช้ในรูปโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทมากกว่า เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทประกอบด้วยโปรตีนสูงถึงร้อยละ 90 และในขณะที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำมาก ปัญหาของการเกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์จึงน้อยกว่า (Ho *et al*., 1997; Mcmindes, 1991) สมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญของโปรตีนถั่วเหลืองคือ มีความสามรถในการอุ้มน้ำได้สูง สามารถเกิดเป็นเจลและอุ้มน้ำไว้ภายในโครงสร้างเจล รวมทั้งเป็นอิมัลซิฟายเออร์ที่ดี เนื่องจากในโมเลกุลประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) (Arrese *et al*., 1991) นอกจากนี้โปรตีนถั่วเหลืองยังมีราคาถูก ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปต่างๆ เช่น ไส้กรอก

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร (2527) ศึกษาผลของการใช้แป้งถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทและเนื้อเทียม เพื่อทดแทนเนื้อสัตว์ในไส้กรอกอีสาน ไส้กรอกเวียนนาและกุนเชียง ในอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบจำนวน 24 คน พบว่า การทดแทนเนื้อสัตว์ด้วยโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุดในทุกผลิตภัณฑ์ อัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานคือต่ำกว่าร้อยละ 10 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาร้อยละ 16-20 และในผลิตภัณฑ์กุนเชียงสามารถใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท ทดแทนเนื้อสัตว์ได้ถึงร้อยละ 30

Ho และคณะ (1997) ศึกษาผลของการใช้แป้งซึ่งทำจากเต้าหู้อบแห้งเพื่อเป็นส่วนประกอบร้อยละ 3 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอเตอร์ (frankfurters) และไส้กรอกหมูแผ่น (pork sausage patties) ต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

แฟรงค์เฟอเตอร์ ซึ่งเติมแป้งจากเต้าหู้อบแห้งมีค่าความชื้นและค่าสี ต่ำกว่าชุดควบคุม แต่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าและได้รับการยอมรับเป็นอย่างดีจากผู้ทดสอบ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างทั้งทางด้านสี เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ส่วนไส้กรอกหมูแผ่นเมื่อเติมแป้งจากเต้าหู้อบแห้ง พบว่า มีปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุมและไม่มีความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัสเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

Pietrasik และ Duda (2000) ทดลองใช้ส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นกับ K-carrageenan (GELPRO, อัตราส่วน 3:1) ที่ระดับร้อยละ 0 1.5 และ 3 ศึกษาปริมาณไขมันที่ระดับต่างๆ คือร้อยละ 20 30 และ 40 ในไส้กรอก แล้วศึกษาคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส การจับกับน้ำและสี พบว่า GELPRO สามารถเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณไขมัน การใช้ GELPRO มีผลต่อเนื้อสัมผัสของไส้กรอกแต่ผลที่ได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ GELPRO ที่ใช้ การลดปริมาณไขมันส่งผลให้ความแข็ง ความเหนียวและแรงที่ใช้ในการเคี้ยวลดลงในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ส่วนค่าสีของไส้กรอกไม่มีความแตกต่างกัน

Akesowan (2008) ศึกษาผลของการใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท แทนเนื้อหมูร้อยละ 0 1 1.5 และ 2 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของ light pork sausage (ไขมันร้อยละ 10) ที่มีส่วนผสมของแป้งบุก พบว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทร้อยละ 2 สามารถเพิ่มการรวมตัวกัน cooking yield ความชื้นและสามารถลดการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลง เมื่อเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้ไส้กรอกจะมีสีแดงลดลงและมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1.5 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท สามารถปรับปรุงคุณสมบัติของ light pork sausage เช่น ความฉ่ำ และความแน่นเนื้อ

9.1.4 ปริมาณสารทดแทนไขมันชนิดต่างๆ ที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ปริมาณสารทดแทนไขมันชนิดต่างๆ ที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก มีรายละเอียดดังนี้คือ อนุญาตให้ใช้แป้งจากธัญพืช (cereal starch) แป้งจากพืชหัว (vegetable flour) แป้งถั่วเหลือง (soy flour) โปรตีนถั่วเหลืองชนิดเข้มข้น (soy protein concentrate) นมผงปราศจากไขมัน (nonfat dry milk) และนมผงปราศจากไขมันที่กำจัดแคลเซียมออก (calcium-reduced nonfat dry milk) ในรูปเดี่ยวหรือรูปผสมได้สูงถึงร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ส่วนโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท (soy protein isolate) และเคซีเนต (caseinate) ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 2 ในกรณีที่ใช้สารเหล่านี้มากกว่าปริมาณที่กำหนดจะต้องระบุบนฉลากด้วย (Giese, 1992)

10 การเสื่อมเสียของไส้กรอก

10.1 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

ในกล้ามเนื้อสัตว์ที่มีชีวิตจะปราศจากเชื้อจุลินทรีย์และเมื่อสัตว์ถูกฆ่า เพื่อนำมาใช้เป็นอาหารโดยผ่านขั้นตอนการฆ่า และการชำแหละ เช่น การใช้มีดเชือดคอ การถลกหนัง การใช้ใบเลื่อยแบ่งครึ่งซาก การใช้น้ำล้างเลือด การเคลื่อนย้ายซาก การแช่เย็นซาก และการตัดชิ้นเนื้อ ทำให้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสีย ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ที่มีจุลินทรีย์ในปริมาณมากสาเหตุเนื่องมาจากส่วนผสม ขั้นตอนการแปรรูป การบรรจุ ช่วงเวลาในการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการขนส่ง ปัจจัยทั้งหลายเหล่านี้มีผลให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญได้ดีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกจึงต้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลือจากกระบวนการผลิตและปนเปื้อนภายหลัง

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จัดได้ว่าเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ดี ทั้งนี้เพราะเนื้อสัตว์ประกอบ ด้วยปัจจัยที่สำคัญ คือ

ความชื้น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยทั่วไปมีความชื้นประมาณร้อยละ 50-57 หรือมีค่าน้ำอิสระ (a_w) ระหว่าง 0.97-0.99 ซึ่งเป็นความชื้นที่เชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดสามารถเจริญได้เป็นอย่างดี (Buchanan, 1986)

ธาตุอาหารไนโตรเจน ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นแหล่งของพลังงานที่ให้ธาตุอาหารพวกไนโตรเจน แร่ธาตุ และวิตามินที่อุดมสมบูรณ์จึงเหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์

คาร์โบไฮเดรต ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีแหล่งอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ เช่น กลูโคสในน้ำเลือดที่เหลือค้างตามเซลล์ต่างๆ มีผลทำให้จุลินทรีย์ที่มีอยู่สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว และเกิดการหมักได้ง่ายในสภาพแวดล้อมเหมาะสม

ความเป็นกรด-ด่าง เนื้อสัตว์มีความเป็นกรดด่างประมาณ 6.0 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด (Buchanan, 1986)

สมบัติด้านกายภาพ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีสมบัติด้านกายภาพ โดยมีลักษณะเป็นช่องว่างและโพรงอากาศมาก ทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถอาศัยอยู่ได้ และสภาพต่างๆ ขณะนำไปแปรรูป หรือประกอบอาหาร ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวของเนื้อที่จุลินทรีย์จะปนเปื้อนได้มาก เช่น การตัดชิ้นเนื้อให้มีขนาดเล็กลงหรือการบดสับให้ละเอียด เหล่านี้เป็นเหตุให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนได้มากขึ้น ประกอบกับการมีอาหารและปัจจัยในการเจริญอย่างครบถ้วนเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเพิ่มจำนวนมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้เนื้อเน่าเสียภายในเวลาอันรวดเร็ว

10.1.1 ลักษณะการเน่าเสียในไส้กรอก

การเน่าเสียในไส้กรอกสามารถแยกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ การเกิดรสเปรี้ยว การเกิดเมือก และการเปลี่ยนสี

10.1.1. 1 การเกิดรสเปรี้ยว

การเกิดรสเปรี้ยวในไส้กรอกเป็นผลมาจากการที่แบคทีเรียใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลชนิดต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบในอาหารเปลี่ยนไปเป็นกรด รสเปรี้ยวที่เกิดขึ้นมักเกิดจากแบคทีเรีย *Lactobacillus sp. Leuconostoc sp.* และ *Streptococcus sp.* ซึ่งเกิดขึ้น ทั้งภายในและที่ผิวของไส้กรอก (Roberts and Skinner, 1983)

การย่อยสลายสารประกอบคาร์โบไฮเดรตในเนื้อสัตว์ของแบคทีเรียประเภทที่ไม่ต้องการอากาศ เช่น แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ทำให้เกิดกรดอินทรีย์ต่างๆ เกิดขึ้น เนื้อสัตว์มีความเป็นกรดด่างลดลงและเกิดแก๊สขึ้นในเวลาเดียวกัน เมื่อปริมาณของเชื้อ *Lictobacilli* มีปริมาณมากกว่า 10^7 โคโลนีต่อกรัม มีผลทำให้เริ่มเห็นลักษณะการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ ค่าความเป็นกรดด่างลดลงจาก 6.0-6.5 เป็น 5.8-5.9 ถ้าปริมาณของเชื้อมีมากกว่า 10^8 โคโลนีต่อกรัม ความเป็นกรดด่างลดลงจาก 5.8-5.9 เป็น 4.6-5.5 มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ เกิดการเน่าเสียไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Korkeala and Makela, 1989)

10.1.1.2 การเกิดเมือก

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุในการเกิดเมือกได้แก่ ยีสต์ และแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก ได้แก่ *Lactobacillus sp. Leuconostoc sp. Streptoccus sp.* และ *Micrococcus sp.* (Roberts and Skinner, 1983)

การเกิดเมือกเหนียวสีขาว เนื่องจากการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic bacteria) ในธรรมชาติมีน้อยกว่าแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ (aerobic bacteria) ซึ่งแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ ผลิตกรดอินทรีย์ขึ้นระหว่างการเจริญ ปริมาณกรดที่เกิดขึ้นระหว่างแบคทีเรียเหล่านี้มีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศมีการปนเปื้อนจากเชื้อ *Lactobacilli* เมื่อเก็บรักษาไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งก็อาจเกิดการเน่าเสียซึ่งสังเกตได้คือมีลักษณะเป็นเมือกเหนียวสีขาวคล้ายน้ำนม (Korkeala and Lindoth, 1987)

เนื้อที่มีการปนเปื้อนด้วยแบคทีเรียหรือยีสต์ หรือทั้ง 2 ชนิดรวมกัน ในปริมาณมากจะปรากฏเห็นเป็นเมือกสีขาว หรืออาจเป็นเมือกสีเหลืองเกิดขึ้นบนผิวหน้าของชิ้นเนื้อ ซึ่งเมือกจากจุลินทรีย์ชนิดนี้เป็นสารที่เชื้อจุลินทรีย์ผลิตขึ้นภายในเซลล์ ไม่สามารถย่อยสลายได้และเมือกจะปรากฏให้เห็นเมื่อมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น

10.1.1.3 การเปลี่ยนสี

การเก็บรักษาไส้กรอกในสภาพแช่เย็นที่อุณหภูมิสูงกว่า 10.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้แก่ การเกิดสีเทา และการเกิดสีเขียว ซึ่งสีเขียวที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นวงสีเขียวรอบเนื้อไส้กรอก หรือเกิดเป็นสีเขียวในเนื้อไส้กรอก เนื่องจากแบคทีเรียประเภทเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ ได้แก่ *Lactobacillus sp.* และ *Leuconostoc sp.* หรือแบคทีเรียที่ไม่ผลิตเอนไซม์คาตาเลสชนิดอื่นๆ ซึ่งสามารถสร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ การเกิดสีเขียวจะเกิดขึ้นภายใน 12-36 ชั่วโมง ภายหลังจากการแปรรูปอาหารแล้ว หรืออาจเกิดขึ้นหลังจากการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในตู้เย็นนานเกิน 4 วัน การเกิดสีเขียวมักมีผลให้เกิดเป็นเมือกขึ้นด้วย แบคทีเรียที่สามารถเจริญได้บนผลิตภัณฑ์ นำออกซิเจนมาใช้และผลิตสารเปอร์ออกไซด์ (peroxide) สารนี้สามารถทำปฏิกิริยากับเม็ดสีไนตริกออกไซด์ ฮีโมโกลบิน (nitric oxide hemoglobin) ได้สารออกซิไดซ์เพอไฟริน (oxidized porphyrin) ซึ่งมีสีเขียว (Roberts and Skinner, 1983)

นอกจากนี้ การเกิดสีต่างๆ บนผิวของเนื้อและผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ สามารถสร้างรงควัตถุที่มีสีเกิดขึ้นระหว่างการเจริญ ทำให้มองเห็นเป็นจุดสีต่างๆ เกิดขึ้นบนผิวหน้า เช่น จุดสีแดงอาจมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียพวก *P.syncyanea* และจุดสีน้ำเงินแกมเขียวกับสีดำแกมน้ำตาลอาจมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียพวก *Chromobacterium lividum* (Frazier and Westhoff, 1981)

10.2 การเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี

10.2.1 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

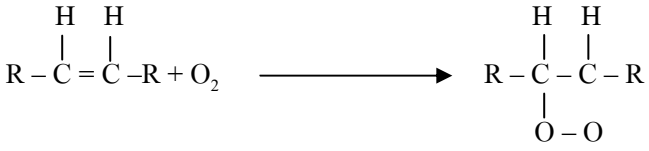
การเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อและผลิตภัณฑ์เป็นสาเหตุอย่างหนึ่งซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพและมีกลิ่นเหม็นหืน การออกซิเดชันของไขมันเป็นปฏิกิริยาที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจน โดยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเร่งปฏิกิริยา เช่น แสง อุณหภูมิเอนไซม์ และโลหะทรานสิชัน เป็นต้น (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) เมื่อไขมันเกิดการออกซิเดชันทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิ (primary product) ได้แก่ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) และผลิตภัณฑ์ขั้นทุติยภูมิ (secondary product) ได้แก่ คีโตน (ketone) และ อัลดีไฮด์ (aldehyde) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้อาหารมีกลิ่นรสผิดปกติ (St. Angelo, 1996) สำหรับวิธีที่นิยมใช้ติดตามการเกิดออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ โดยการวัดค่า TBARS (Thiobarbituric acid reactive substance) และรายงานผลอยู่ในรูปของมิลลิกรัมของมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง (mg malonaldehyde/kg sample)

10.2.1.1 กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (autoxidation) แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ (Bohnstedt, 2005; Jadhav *et al*., 1995)

(1) ขั้นเริ่มต้น (initiation reaction) เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) ของกรดไขมัน (RH) ชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่ไม่แข็งแรง ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยการเกิดปฏิกิริยาเริ่มจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถูกดึงไฮโดรเจนอะตอม ที่เกาะอยู่กับคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่มีพันธะคู่ เกิดการสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ($R^{\bullet}$) ที่ไม่เสถียร ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจมีแสง อุณหภูมิ หรือโลหะเป็นตัวเร่ง ดังสมการ

$$RH + \text{initiation} \longrightarrow \text{free radical } (R^{\bullet}) + H$$

และออกซิเจนจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรคาร์บอนที่ตำแหน่งพันธะคู่ เกิดเป็นอนุมูลเพอร์ออกซี (peroxy) ดังสมการ



(2) ขั้นปฏิกิริยาต่อเนื่อง (propagation reaction) เป็นระยะการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็นอนุมูลเพอร์ออกซี ($ROO^{\bullet}$) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ทำให้ได้สารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลไฮโดรคาร์บอนอิสระ ($R^{\bullet}$) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นใหม่นี้จะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ดังสมการ

$$R^{\bullet} + O_2 \longrightarrow ROO^{\bullet}$$
$$ROO^{\bullet} + RH \longrightarrow ROOH + R^{\bullet}$$

(3) ขั้นสุดท้าย (termination reaction) เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (non-radical products) ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ การที่อนุมูลอิสระมาทำปฏิกิริยากันเองเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ หรือการที่อนุมูลอิสระมาจับตัวกับอนุมูลเพอร์ออกซี แล้วเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่คงตัว ไม่เหนี่ยวนำปฏิกิริยาอีกต่อไป ปฏิกิริยาก็จะหยุดลง ดังสมการ

$R^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow R - R$

$ROO^{\bullet} + ROO^{\bullet} \longrightarrow ROOR + O_2$

$RO^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow ROR$

$ROO^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow ROOR$

$2RO^{\bullet} + 2ROO^{\bullet} \longrightarrow 2ROOR + O_2$

10.2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

(1) ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ถ้าระดับความไม่อิ่มตัวมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์จากกรดไขมันที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 คู่ ต้องการพลังงานกระตุ้นต่ำส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเร็วขึ้น โดยทั่วไปพันธะคู่ แบบคอนจูเกต (การเกิดพันธะเดี่ยวสลับกับพันธะคู่) สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าพันธะคู่ชนิดอื่น (Nawar, 1996)

(2) ออกซิเจน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และในสภาวะที่มีออกซิเจนและมีแสง เหล็กที่มีในฮีม (heme iron) และคลอโรฟิลล์ (chlorophylls) สามารถเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันได้เร็วยิ่งขึ้น (Nakatami and lkeda, 1984)

(3) ความร้อน มีบทบาทสำคัญในการเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน ดังนั้นการเก็บอาหารในอุณหภูมิต่ำสามารถลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ (Jadhav *et al.*, 1995)

(4) แสงสว่าง ปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันจะเกิดได้เร็ว เมื่อระบบสัมผัสกับแสง (Nawar, 1996)

(4) โลหะ โลหะทรานซิชันที่มีวาเลนซี 2-3 เช่น โคบอลท์ (Co) เหล็ก (Fe^{2+} or Fe^{3+}) ทองแดง (Cu^{+} or Cu^{2+}) แมงกานีส (Mn) และ นิกเกิล (Ni) เป็นต้น มีคุณสมบัติเป็นโปรออกซิแดนซ์ กลไกการทำงานของโลหะมีหลายแบบ เช่น ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารตั้งต้น หรือกระตุ้นโมเลกุลของออกซิเจนเกิดเป็น singlet oxygen และอนุมูลเพอร์ออกซี (Nawar, 1996)

(5) ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่

ความชื้น หรือค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในอาหารแห้งที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำมากๆ ($a_w < 0.1$) ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดอย่างรวดเร็ว แต่ค่าปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นเป็น 0.3 จะยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน และอัตราการเกิดออกซิเดชันจะต่ำมากทั้งนี้เกิดจากปริมาณความชื้นในระดับนี้จะลดกิจกรรมของโลหะโดยจับกับอนุมูลอิสระ หรือป้องกันการสัมผัสของออกซิเจนกับไขมัน อย่างไรก็ตามเมื่อค่าปริมาณน้ำอิสระสูงขึ้น ($a_w = 0.55$-0.85) อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่ของคะตะลิสและออกซิเจน (Nawar, 1996)

ตัวเร่งชีวภาพ จัดเป็นสารเร่งปฏิกิริยาที่มีอยู่ตามธรรมชาติในอาหาร ได้แก่ เอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lypoxygenase) เนื่องจากภายในโมเลกุลของเอนไซม์ชนิดนี้ประกอบด้วยเหล็ก Fe^{2+} ซึ่งถูกออกซิไดซ์ให้อยู่ในรูป Fe^{3+} ได้โดย fatty acid hydroperoxides หรือ hydrogen peroxides เกิดเป็น ROX-Fe^{3+} สารตั้งต้นที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเข้ามาจับโดยไฮโดรเจนจากหมู่ methylene จะถูกดึงออกไปและ Fe^{3+} ของเอนไซม์จะถูกรีดิวซ์กลับมาอยู่ที่ Fe^{2+} เกิดเป็น enzyme-alkyl radical (ROX-Fe^{2+}- $R^{\bullet}$) ที่สามารถถูกออกซิไดซ์ได้โดย O_2 ให้อยู่ในรูปของ ROX-Fe^{2+}-ROO เกิดเป็นวัฏจักรต่อไป (Gordon, 2001)

10.2.2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งไม่อาศัยเอนไซม์

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งไม่อาศัยเอนไซม์หรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาซึ่งเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำ (dehydration) มีการสลายตัว (degradation) และมีการรวมตัวกัน (condensation) ของหมู่อะมิโนกับสารประกอบรีดิวซิง พัฒนาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลและน้ำตาลแดง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

10.2.2.1 ขั้นตอนของปฏิกิริยาเมลลาร์ด มีดังนี้

(1) น้ำตาลรีดิวซิงทั้งคีโตสและแอลโดส จะรวมกับหมู่อะมิโนได้เป็นไกลโคซิลเอมีน (N-substituted glycosylamine)

(2) เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันได้เป็นอิมีน (imines หรือ Schiff base) และมีการเรียงตัวใหม่ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Amadori rearrangement ได้เป็นแอลโดสเอมีน (aldoseamine) หรือคีโตสเอมีน (ketoseamine) เรียกว่า Amadori products

(3) เกิดปฏิกิริยา enolization ของ Amadori products ได้เป็นไดคีโตสเอมีนหรือไดอะมิโนซูการ์

(4) เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันต่อได้เป็นอนุพันธุ์ของฟูแรน (furan)

(5) อนุพันธุ์ฟูแรนวงแหวน จะเกิดพอลิเมอไรซ์อย่างรวดเร็ว ได้เป็นสารสีน้ำตาลที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า เมลานอยดิน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขนาดและปริมาณที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลืองสำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน และการใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

บทที่ 2

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุ

1. วัสดุในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ
   1.1 ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60
   1.2 เนื้อหมูส่วนสะโพกบด และไขมันหมูแข็งบด จากตลาดสดเทศบาลเมืองหาดใหญ่ จ. สงขลา
   1.3 เครื่องปรุงรสประกอบด้วย เกลือป่น น้ำตาลทราย ผงชูรส
   1.4 เครื่องเทศ ประกอบด้วย พริกไทยดำ กระเทียม
   1.5 ไส้เทียมสำหรับบรรจุ ชนิดคอลาเจน เบอร์ 22 (Nippi Collagen Industries, Ltd. ประเทศ ญี่ปุ่น)
   1.6 เชือกมัดไส้กรอก
2. วัสดุและเคมีภัณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี ที่เกี่ยวข้องกับ
   2.1 ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (A.O.A.C., 2000)
   2.2 ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction (A.O.A.C., 2000)
   2.3 ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 2000)
   2.4 ปริมาณเยื่อใย (A.O.A.C., 2000)
   2.5 ปริมาณความชื้น โดยวิธี Hot Air Oven (A.O.A.C., 2000)
   2.6 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (Benjakul *et al.,* 1997)
3. วัสดุและอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ประกอบด้วย
   3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ Total Viable Plate Count:TVC (BAM, 2001) สำหรับเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด
   3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Speck, 1984) สำหรับเพาะเลี้ยงยีสต์รา
   3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS (Papamanoli *et al*., 2003) สำหรับเพาะเลี้ยงแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการผลิตกากนมถั่วเหลืองและไส้กรอกหมูบดหยาบ
   1.1 เครื่องปั่นถั่วเหลือง
   1.2 เครื่องชั่ง
   1.3 ถุงกรอง

1.4 ผ้าขาวบาง

1.5 ตู้อบลมร้อน

1.6 ตะแกรงร่อนขนาด 20 และ 40 mash

1.7 ลูกตุ้มน้ำหนัก ขนาด 5 กิโลกรัม

1.8 เครื่องบดผสม ยี่ห้อ Crypto Peerless ประเทศอังกฤษ

1.9 เครื่องอัดไส้กรอก

1.10 ถุงพลาสติกชนิดไนลอนประกอบกับพอลิโพรพิลี (Nylon/PP)

1.11 ห้องแช่เยือกแข็ง บริษัท พัฒนกลการ จำกัด ประเทศไทย

1.12 ห้องเย็น บริษัท พัฒนกลการ จำกัด ประเทศไทย

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมีประกอบด้วย

2.1 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ HunterLa□ รุ่น ColorFlex ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2 เครื่องหาความชื้น ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Binder รุ่น FD 115

2.3 เครื่อง Digital pH meter ยี่ห้อ Eutech Instruments รุ่น Cy□erScan pH 510

2.4 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส Texture Analyzer ยี่ห้อ Sta□le Micro System รุ่น TA XT2i ประเทศอังกฤษ

2.5 เครื่องหาค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ยี่ห้อ Novasina รุ่น Thermoconstanter

2.6 เตาเผา ยี่ห้อ Fisher Scientific รุ่น 550-14 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

4. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีดำเนินการ

วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมกากนมถั่วเหลือง

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากนมถั่วเหลือง

3. การศึกษาขนาดที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลืองเพื่อทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลืองเพื่อทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกันและการใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

6. ศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

7. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

8. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

9. การประเมินต้นทุนการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

1. การเตรียมกากนมถั่วเหลือง สำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

เตรียมกากนมถั่วเหลืองตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Metwalli และคณะ (1982) ขั้นตอนการผลิตดังนี้

(1) นำเมล็ดถั่วเหลืองแห้งมาล้างทำความสะอาดแล้วแช่ในสารละลายโซเดียม-ไบคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 0.1 เพื่อช่วยลดกลิ่นเหม็นเขียวของถั่ว (Bourne, 1976) โดยแช่เมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-15 ชั่วโมง ใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเท่ากับ 1 ต่อ 3

(2) ล้างทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลืองด้วยน้ำ 3 ครั้ง แล้วนำไปปั่นกับน้ำอุ่น (อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส) ด้วยเครื่องปั่นถั่วเหลือง โดยใช้อัตราส่วนของเมล็ดถั่วเหลืองแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 7

(3) กรองถั่วเหลืองปั่นผ่านถุงกรอง และบีบเอานมถั่วเหลืองออกเพื่อให้ได้กากนมถั่วเหลือง (fresh soymilk residue : FSMR) นำกากนมถั่วเหลืองที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60±2 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อนจนได้ความชื้นประมาณ ร้อยละ 5±1

(4) นำกากนมถั่วเหลืองหลังผ่านการอบ (dried soymilk residue :DSMR) มาบดด้วยเครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช กับ 40 เมช เพื่อให้ได้ขนาดของกากนมถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน 4 ขนาด คือ กากนมถั่วเหลืองแห้งเริ่มต้นซึ่งไม่ผ่านการบด กากนมถั่วเหลืองแห้งบดร่อนไม่ผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช กากนมถั่วเหลืองแห้งบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช แต่ไม่ผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช และกากนมถั่วเหลืองแห้งบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช

(5) นำกากนมถั่วเหลืองทั้ง 4 ขนาดมาต้ม ที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนของกากนมถั่วเหลืองแห้งต่อน้ำเป็น 1:8 ตั้งไว้ให้เย็น กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น ไล่น้ำออกจากกากโดยทับด้วยลูกตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม เป็นเวลา 30 นาที ได้เป็นกากนมถั่วเหลืองต้มสุก 4 ขนาด คือ กากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดไม่ผ่านการบด (□oiled soymilk residue original sizes , BSMRO) กากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดร่อนไม่ผ่านตะแกรง 20 เมช (□oiled soymilk residue with a sizes grander than 20 mesh , BSMR/20) กากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดร่อนผ่านตะแกรง 20 เมช แต่ไม่ผ่านตะแกรง 40 เมช (□oiled soymilk residue with a sizes ranged from 20 mesh to 40 mesh , BSMR20/40) และกากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดร่อนผ่านตะแกรง 40 เมช (□oiled soymilk residue with a sizes smaller than 40 mesh , BSMR40) เพื่อใช้สำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากนมถั่วเหลือง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากนมถั่วเหลืองสด (FSMR) กากนมถั่วเหลืองแห้ง (DSMR) และกากนมถั่วเหลืองต้มสุกทั้ง 4 ขนาด (BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 BSMR40) โดยตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่

(1) ความชื้นโดยวิธี Hot Air Oven (A.O.A.C., 2000)

(2) โปรตีน (Nx5.71) โดยวิธี Kjeldahl (A.O.A.C., 2000)

(3) ไขมัน โดยวิธี Soxhlet extraction (A.O.A.C., 2000)

(4) เยื่อใย (A.O.A.C., 2000)

(5) เถ้า (A.O.A.C., 2000)

3. ศึกษาขนาดที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลือง สำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ ต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การศึกษาขนาดที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลืองสำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันหมูแข็งบดในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบโดยศึกษากากนมถั่วเหลือง 4 ขนาด คือ BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 ทำการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบตามวิธีซึ่งดัดแปลงจาก สัญชัย จตุรสิทธา (2543) โดยมีส่วนผสมสูตรควบคุมของไส้กรอกหมูบดหยาบ ดังแสดงใน Ta le 4

Ta le 4. Formula of coarse ground pork sausages.

Componen	%
Ground pork meat	65
Ground pork ack fat	30
Salt	1.8
Sugar	1.5
Black pepper	0.25
Garlic	1.2
Monosodium glutamate	0.25

ที่มา : ดัดแปลงจาก สัญชัย จตุรสิทธา (2543)

ผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบโดยใช้กากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดต่างๆ ทดแทนปริมาณการใช้ไขมันร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักไขมันหมูแข็งบด) ในสูตรควบคุม ซึ่งวิธีการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบมีรายละเอียดดังนี้

(1) นำเนื้อหมูส่วนสะโพกบดนวดกับเกลือป่นในเครื่องนวดผสมนานประมาณ 10 นาที โดยใช้ระดับความเร็วปานกลาง

(2) เติมเครื่องเทศ เครื่องปรุง และกากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดต่างๆ และนวดส่วนผสมให้เข้ากันจนเหนียว

(3) เติมไขมันหมูแข็งบดลงไปนวดผสมจนเข้ากัน

(4) หลังจากนวดเสร็จแล้วทำการบรรจุในไส้คอลาเจนด้วยเครื่องอัดไส้และมัดเป็นท่อนความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร จากนั้นนำมาต้มที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นผสมน้ำแข็ง จากนั้นนำไส้กรอกขึ้นเพื่อสะเด็ดน้ำให้แห้งแล้วตัดเป็นท่อนๆ เก็บตัวอย่างแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP แล้วเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมและสูตรทดแทนปริมาณการใช้ไขมันด้วยกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 10 ทั้ง 4 ขนาด คือ BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 โดยตรวจประเมินคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้คือ

3.1 คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสวัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer

เตรียมตัวอย่างโดยอบไส้กรอกหมูบดหยาบที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ตัดปลายหัวท้ายออก ตัดเป็นท่อนแต่ละท่อนยาว 2 เซนติเมตร โดยรอยตัดต้องเรียบและขนานกัน ไม่ต้องเอาเปลือกนอกของไส้กรอกออก วางตัวอย่างไส้กรอกไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีจนอุณหภูมิของไส้กรอกเท่ากับอุณหภูมิห้อง วัดเนื้อสัมผัสโดยวิธี texture profile analysis (TPA) บันทึกค่าพารามิเตอร์ของลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งประกอบด้วย แรงสูงสุดที่ใช้ในการกดตัวอย่าง (hardness) การเกาะติดพื้นผิว (adhesiveness) การคืนตัว (springiness) การเกาะตัว (cohesiveness) ความเหนียว (gumminess) และพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) (Bourne, 1978) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข1. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ทำการทดลอง 5 ซ้ำในทุกชุดการทดลอง

3.2 ค่าสีระบบ CIE *L* a* b**

เตรียมตัวอย่างโดยอบไส้กรอกหมูบดหยาบที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หั่นไส้กรอกเป็นชิ้นตามขวางหนาชิ้นละ 0.5 เซนติเมตร วัดค่าสีด้วยระบบ CIE (*L* a* b**) โดยใช้เครื่องวัดสี hunter la□ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข2. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ทำการทดลอง 5 ซ้ำในทุกชุดการทดลอง

3.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมและสูตรทดแทนปริมาณการใช้ไขมันร้อยละ 10 ด้วยกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 เตรียมตัวอย่างโดยอบไส้กรอกหมูบดหยาบที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หั่นไส้กรอกตามขวางหนาชิ้นละ 0.5 เซนติเมตร จัดวางไส้กรอกในถาดเสริฟชุดทดลองละ 2 ชิ้น ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับคะแนน (9-Point Hedonic Scale) (Larmond, 1977) กำหนดให้ คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก คะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง คะแนน 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 หมายถึง เฉย ๆ คะแนน 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย คะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง คะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก และคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คัดเลือกขนาดของกากนมถั่วเหลืองที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยใช้ผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ จำนวน 30 คน วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

4. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลืองสำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลืองสำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยใช้ขนาดของกากนมถั่วเหลืองที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.3 เตรียมตัวอย่างไส้กรอกตามสูตรและวิธีการเดียว กับการศึกษาขนาดที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลือง

ในข้อที่ 3 ซึ่งศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลืองสำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบตั้งแต่ร้อยละ 0 5 10 15 20 25 และ 30 นำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมได้ไปทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบหลังการอบ เช่นเดียวกับข้อ 3.1 ค่าสี เช่นเดียวกับข้อ 3.2 และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูบดหยาบหลังการอบ เช่นเดียวกับข้อ 3.3 คัดเลือกปริมาณของกากนมถั่วเหลืองที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน และการใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน ในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

5.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากนมถั่วเหลืองแห้ง (DSMR) ซึ่งเก็บรักษาแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (~27±2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 0 2 4 6 8 10 12 และ 14 สัปดาห์

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากนมถั่วเหลืองแห้งด้านต่างๆ ดังนี้

(1) ความชื้นโดยวิธี Hot Air Oven (A.O.A.C., 2000)

(2) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

(3) ค่าสีระบบ CIE *L* a* b** โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter la□

(4) ปริมาณ TBARS (Buege and Aust, 1978)

(5) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยชั่งตัวอย่างกากนมถั่วเหลืองแห้ง 5 กรัม ใส่กระปุกพลาสติกที่มีผาปิด จัดวางในถาดเสริฟชุดทดลองละ 1 กระปุก ประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น และความชอบรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) (Larmond, 1977) โดยใช้ผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ จำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบสองปัจจัย ปัจจัยแรกเป็นอุณหภูมิ ปัจจัยที่สองเป็นเวลา โดยใช้ผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ จำนวน 30 คน วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

5.2 ศึกษาการใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

นำกากนมถั่วเหลืองแห้ง (DSMR) ซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกันจากข้อ 5.1 มาเตรียมไส้กรอกตามสูตรและวิธีการเดียวกับการศึกษาข้อที่ 3 โดยใช้ขนาดของกากนมถั่วเหลืองที่ผ่านการคัดเลือกจากการศึกษาในข้อที่ 3.3 และปริมาณที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลืองสำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันที่ผ่านการคัดเลือกจากการศึกษาในข้อที่ 4 นำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เตรียมได้ไปทดสอบค่าสี เช่นเดียวกับข้อ 3.2 และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูบดหยาบหลังการอบ เช่นเดียวกับข้อ 3.3 ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาจะทำการคัดเลือกกากนมถั่วเหลืองแห้งบรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (~27±2 องศาเซลเซียส) ที่มีระยะเวลาในการเก็บนานที่สุดเมื่อนำมาผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบแล้วยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เพื่อนำไปศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และผลของอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ สำหรับใช้เป็นแนวทางในการนำกากนมถั่วเหลืองไปใช้ประโยชน์ต่อไป

6. ศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีและทางกายภาพ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

ศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีและทางกายภาพ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบซึ่งผ่านการคัดเลือกจากข้อ 5.2 เปรียบเทียบกับไส้กรอกสูตรควบคุมซึ่งไม่เติมกากนมถั่วเหลือง วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี และทางกายภาพ ดังนี้

(1) ความชื้นโดยวิธี Hot Air Oven (A.O.A.C., 2000)

(2) โปรตีน โดยวิธี Kjeldahl (A.O.A.C., 2000)

(3) ไขมัน โดยวิธี Soxhlet extraction (A.O.A.C., 2000)

(4) เถ้า (A.O.A.C., 2000)

(5) เยื่อใย (A.O.A.C., 2000)

(6) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

(7) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (Benjakul *et al*., 1997)

7. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยเตรียมไส้กรอกหมูบดหยาบด้วยกากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการคัดเลือกจากข้อ 5.2 เปรียบเทียบกับไส้กรอกหมูบดหยาบเมื่อใช้กากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่ บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง Nylon/PP ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 3 วัน เพื่อประเมินคุณภาพต่างๆ ดังนี้

(1) ทางกายภาพ ประกอบด้วย ค่าสี L^* a^* b^*

(2) ทางเคมี ประกอบด้วย ปริมาณ TBARS (Buege and Aust, 1978)

(3) ทางจุลินทรีย์ ประกอบด้วยปริมาณจุลินทรีย์ที่ยังสามารถเจริญได้ทั้งหมด (Total Via□le Plate Count: TVC) ปริมาณยีสต์และรา และแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก

8. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองสำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมัน โดยผู้บริโภคเป็นประชากรในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา อายุตั้งแต่ 15-60 ปี จำนวน 100 คน โดยการกรอกแบบสอบถามเพื่อหาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อ การบริโภค ความชอบของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยทดสอบ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี กลิ่น และความชอบรวมโดยการให้คะแนนความชอบ 7 ระดับคะแนน (7-Point Hedonic Scale) (Larmond, 1977) กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก ไปจนถึงระดับคะแนน 7 หมายถึง ชอบมาก

9. การประเมินต้นทุนการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

คำนวณหาต้นทุนการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองสำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมัน เฉพาะวัสดุสิ้นเปลืองโดยการรวบรวมข้อมูลของราคาวัตถุดิบประกอบด้วย เนื้อหมูบด มันหมูแข็งบด เครื่องปรุงรส เครื่องเทศ และไส้บรรจุ เป็นต้น

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. องค์ประกอบทางเคมีของกากนมถั่วเหลือง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากนมถั่วเหลืองสด (FSMR) กากนมถั่วเหลืองอบแห้ง (DSMR) กากนมถั่วเหลืองต้มสุกทั้ง 4 ขนาด ประกอบด้วย กากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดไม่ผ่านการบด (BSMRO) กากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดร่อนผ่านตะแกรง 20 เมช (BSMR/20) กากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดร่อนผ่านตะแกรง 20 เมช แต่ไม่ผ่านตะแกรง 40 เมช (BSMR20/40) และกากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดร่อนผ่านตะแกรง 40 เมช (BSMR40) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแสดงใน Table 5 ซึ่งประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้าและคาร์โบไฮเดรต จากการทดลอง พบว่า FSMR มีปริมาณความชื้นร้อยละ 74.76 โปรตีนร้อยละ 10.43 ไขมันร้อยละ 1.62 เยื่อใยร้อยละ 3.57 เถ้าร้อยละ 0.94 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 12.25 ตามลำดับ ผลที่ได้แตกต่างจากการศึกษาของ apakaset และคณะ (2009) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากนมถั่วเหลืองสด ซึ่งพบว่าประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 76.5 เยื่อใยร้อยละ 1.6 ไขมันร้อยละ 5.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 7.0 และเถ้าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วน DSMR มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.78 โปรตีนร้อยละ 39.69 ไขมันร้อยละ 16.84 เยื่อใยร้อยละ 8.87 เถ้าร้อยละ 3.50 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 44.19 ตามลำดับ และมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Xie และคณะ (2008) ที่ศึกษาองค์ประกอบของกากนมถั่วเหลืองแห้งซึ่งพบว่าประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 6.01 โปรตีนร้อยละ 25.46 ไขมันร้อยละ 14.52 เถ้าร้อยละ 3.64 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50.37 ตามลำดับ และการศึกษาของ Tarachai และคณะ (1999) พบว่ามีโปรตีนร้อยละ 23.97 ไขมันร้อยละ 15.31 เยื่อใยร้อยละ 16.94 และเถ้าร้อยละ 3.58 ตามลำดับ ทั้งนี้ปัจจัยที่ทำให้องค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันออกไปนั้นมีหลายปัจจัย เช่น อัตราส่วนของเมล็ดถั่วเหลืองแห้งต่อน้ำที่ใช้ในการปั่นและประสิทธิภาพในการเอาน้ำออกจากกากนมถั่วเหลืองเป็นต้น (O'Toole, 1999) ในขณะที่กากนมถั่วเหลืองต้มสุกทั้ง 4 ขนาด (BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40) มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 81.17 ถึง 81.76 โปรตีนร้อยละ 3.86 ถึง 8.82 ไขมันร้อยละ 1.43 ถึง 1.45 เยื่อใยร้อยละ 0.77 ถึง 0.90 และเถ้าร้อยละ 0.40 ถึง 0.56 จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไม่ปรากฏผู้ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากนมถั่วเหลืองบดขนาดต่างๆที่ผ่านการต้มสุกจาก Table 6 จะเห็นได้ว่าที่ขนาดของกากนมถั่วเหลืองต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนของกากนมถั่วเหลืองต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างกากนมถั่วเหลือง ได้ผ่านการบดลดขนาดและผ่านการต้มให้สุกจึงอาจทำให้โปรตีน

ในกากนมถั่วเหลืองละลายออกมา ส่งผลต่อปริมาณโปรตีนของกากนมถั่วเหลืองแต่ละขนาด ซึ่งโปรตีนในเมล็ดถั่วส่วนใหญ่เป็นโปรตีนชนิดแอลบูมิน (albumins) ซึ่งเป็นกลุ่มของโปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำ มีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างต่ำ และเสียสภาพธรรมชาติได้ง่ายด้วยความร้อน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

2. การศึกษาขนาดที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลือง เพื่อทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ ต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1 คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส วัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer

เมื่อนำไส้กรอกหมูบดหยาบมาวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer ซึ่งวัดค่า แรงสูงสุดที่ใช้ในการกดตัวอย่าง (hardness) การเกาะติดพื้นผิว (adhesiveness) การคืนตัว (springiness) การเกาะตัว (cohesiveness) ความเหนียว (gumminess) และพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันระหว่างตัวอย่างคือ hardness cohesiveness gumminess และ chewiness (P<0.05) ยกเว้นตัวอย่างไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR/20 และ BSMR20/40 มีค่า hardness cohesiveness gumminess และ chewiness ไม่มีความแตกต่างกัน (P≥0.05) ส่วนค่า adhesiveness และ springiness ของตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่าง ไม่แตกต่างกัน (P≥0.05) ดังแสดงใน Table 6

เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 กับตัวอย่างไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุม จะเห็นได้ว่าตัวอย่างไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 มีค่า hardness gumminess chewiness มากกว่าสูตรควบคุม (P<0.05) ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Cardello และคณะ (1983) ซึ่งศึกษาผลของขนาดอนุภาคโปรตีนถั่วเหลืองต่อค่า hardness ของผลิตภัณฑ์เนื้อบดหยาบ พบว่าเมื่อขนาดของถั่วเหลืองมีขนาดใหญ่ขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า hardness เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนเจล คือ เป็นการเพิ่มแรงยึดเกาะของปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยน้ำ บางส่วนออกจากโครงสร้าง จึงทำให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอกแข็งขึ้น ในขณะที่การเตรียมไส้กรอกหมูบดหยาบ ด้วยกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 ส่งผลให้ค่า hardness ของ ไส้กรอกหมู บดหยาบลดลงจากสูตรควบคุม (P<0.05) และมีค่า cohesiveness gumminess และ chewiness ไม่มีความแตกต่างจากสูตรควบคุม (P≥0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องจากขนาดอนุภาคของกากนมถั่วเหลือง ที่มีขนาดเล็กสามารถกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอก่อให้เกิดการเชื่อมผสานกัน ภายในโครงสร้างได้ดีกว่า กากนมถั่วเหลืองที่มีขนาดใหญ่ เกิดการ

ปลดปล่อยน้ำออกจากโครงสร้างน้อยกว่า จึงทำให้ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 มีค่า hardness ต่ำกว่าสูตรควบคุม (Lee *et al.,* 1992)

2.2 ค่าสีระบบ CIE *L* a* b**

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab ในระบบ CIE ประกอบด้วยค่า *L** *a** และ *b** ค่า *L** จะเป็นค่า ความสว่าง (lightness) เมื่อค่า *L** เป็น 0 จะให้สีดำ และเมื่อค่า *L** เป็น 100 จะให้สีขาว ค่า a* เป็นค่าของสีแดง (redness) เมื่อค่า *a** เป็นบวก และจะให้ค่าของสีเขียว (greenness) เมื่อค่า *a** เป็นลบ ในขณะที่ค่า *b** ให้ค่าของสีเหลือง (yellowness) เมื่อค่า *b** เป็นบวก และเป็นค่าของสีน้ำเงิน (blueness) เมื่อค่า *b** เป็นลบ เมื่อนำกากนมถั่วเหลืองต้มสุกขนาดต่างๆ มาทดแทนปริมาณการใช้ไขมันร้อยละ 10 ทำการตรวจสอบค่าสีโดยเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมซึ่งไม่เติมกากนมถั่วเหลือง ผลการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab (Table 7) พบว่า ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุม และสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 มีค่า *L** เท่ากับ 59.37 61.72 63.20 63.40 และ 63.58 มีค่า *a** เท่ากับ 2.64 2.51 2.23 2.03 และ 1.90 มีค่า *b** เท่ากับ 15.51 16.18 16.57 15.62 และ 16.16 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า *L** *a** *b** ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบทั้ง 5 สูตร พบว่าไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองมีค่า *L** เพิ่มขึ้นและมีค่า *a** น้อยกว่าสูตรควบคุม ซึ่ง Pietrasik และ Duda (2000) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า *L** ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก คือ ปริมาณไขมันและน้ำ แต่อย่างไรก็ตาม ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุม มีปริมาณไขมันสูงกว่าไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองแต่มีค่า *L** น้อยกว่า ซึ่งจากผลดังกล่าวที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจาก การเติมกากนมถั่วเหลืองต้มสุกซึ่งมีสีขาวอมเหลือง ลงไปในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า *L** มากขึ้น ซึ่ง udge และคณะ 1974 (อ้างโดย Ray *et al*., 1981) ได้อธิบายไว้ว่า การเติมถั่วเหลืองลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อบด เป็นการเจือจางความเข้มของ ไมโอโกลบิน ซึ่งเป็นสารให้สีแดงในเนื้อให้มีความเข้มข้นลดลง ส่งผลให้ค่า *L** ของผลิตภัณฑ์มีค่ามากขึ้นและค่า *a** ของผลิตภัณฑ์ลดลง สำหรับค่า *b** (สีเหลือง) ของไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมและไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลือง พบว่า ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองมีค่า *b** สูงกว่าไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมผลการทดลองที่ได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

Table 5. Chemical composition of soymilk residue on a dry weight basis

Soymilk residue sizes	Chemical compositions					
	Moisture (%)	Protein (Nx5.71) (%)	Fat (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Carbohydrates* (%)
FSMR	74.76±0.15^{c}	10.43±0.20^{b}	1.62±0.24^{b}	3.57±0.21^{b}	0.94±0.06^{b}	12.25
DSMR	5.78±0.09^{d}	9.69±0.17^{a}	16.84±0.55^{a}	8.87±0.37^{a}	3.50±0.11^{a}	44.19
BSMRO	81.76±0.37^{a}	5.67±0.12^{e}	1.45± 0.22^{b}	0.77±0.06^{c}	0.56±0.16^{c}	10.56
BSMR/20	81.49±0.45^{ab}	8.82±0.17^{c}	1.45±0.17^{b}	0.90±0.09^{c}	0.49±0.33^{c}	7.75
BSMR20/40	81.17±0.26^{b}	6.70±0.23^{d}	1.43±0.31^{b}	0.90±0.07^{c}	0.47±0.11^{c}	10.23
BSMR40	81.57± 0.32^{ab}	3.86±0.18^{f}	1.44±0.07^{b}	0.81±0.04^{c}	0.40±0.02^{c}	12.73

$^{a-c}$ Means in a same column with different letters are significantly different (P<0.05).

FSMR : fresh soymilk residue DSMR : dried soymilk residue BSMRO : boiled soymilk residue original sizes

BSMR/20 : boiled soymilk residue with a sizes grander than 20 mesh

BSMR20/40 : boiled soymilk residue with a sizes ranged from 20 mesh to 40 mesh

BSMR40 : boiled soymilk residue with a sizes smaller than 40 mesh , BSMR40

* Value was obtained by calculation

Table 6. Influence of soymilk residue sizes on the texture attributes of coarse ground pork sausages

Soymilk residue sizes	Hardness (N)	Adhesiveness (N)	Springiness (mm)	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (Nxmm)
Control	42.61±2.05[c]	0.00±0.00[a]	0.84±0.03[a]	0.37±0.06[b]	15.96±3.13[c]	13.38±2.38[c]
BSMRO	59.18±2.2[a]	0.00±0.00[a]	0.85±0.01[a]	0.46±0.02[a]	27.11±1.53[a]	23.17±1.36[a]
BSMR/20	55.84±1.46[b]	0.00±0.00[a]	0.85±0.02[a]	0.42±0.06[ab]	23.65±3.19[b]	20.05±2.64[b]
BSMR20/40	55.34±1.57[b]	0.01±0.01[a]	0.86±0.03[a]	0.39±0.05[b]	21.59±2.56[b]	18.92±1.77[b]
BSMR40	36.85±1.27[d]	0.03±0.04[a]	0.85±0.02[a]	0.38±0.04[b]	14.02±1.71[c]	11.93±1.63[c]

[a-c] Means in a same column with different letters are significantly different (P<0.05).

เมื่อพิจารณาขนาดของกากนมถั่วเหลืองทั้ง 4 ขนาด ซึ่งเติมลงไปในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ พบว่า ขนาดของกากนมถั่วเหลืองที่ลดลง มีผลให้ค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากอนุภาคที่เล็กลงทำให้แสงมีมุมกระทบกว้างขึ้นและมีการสะท้อนมากขึ้น (Ranem and Destefanis, 1987)

Table 7. Influence of soymilk residue sizes on the colour values of coarse ground pork sausages

Soymilk residue sizes	*L** (lightness)	*a** (redness)	*b** (yellowness)
Control	59.37±0.38[c]	2.64±0.19[a]	15.51±0.71[b]
BSMRO	61.72±0.75[b]	2.51±0.10[a]	16.18±0.56[ab]
BSMR/20	63.20±1.00[a]	2.23±0.13[b]	16.57±0.51[a]
BSMR20/40	63.40±0.28[a]	2.03±0.18[c]	15.62±0.58[b]
BSMR40	63.58±0.47[a]	1.90±0.08[c]	16.16±0.42[ab]

[a-c] Means in a same column with different letters are significantly different (P<0.05).

2.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมและสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 ที่ผ่านการอบมาประเมินระดับการยอมรับที่มีต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ จากผู้ประเมินในห้องปฏิบัติการจำนวน 30 คน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการคัดเลือกขนาดของกากนมถั่วเหลือง ที่ผู้ประเมินชอบมากที่สุดสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ด้านคุณลักษณะปรากฏ คุณลักษณะสี คุณลักษณะกลิ่น คุณลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมและสูตรเติมกากนมถั่วเหลือง แสดงใน Table 8 สามารถอธิบายแต่ละคุณลักษณะได้ดังนี้

Table 8. Liking scores of coarse ground pork sausages with soymilk residue sizes by 9-Point Hedonic Scale

Soymilk residue sizes	Liking scores				
	Appearance	Colour	Odour	Texture	Overall liking
Control	6.97±0.89[a]	6.43±1.10[a]	6.53±1.19[a]	6.57±1.01[a]	7.07±0.94[a]
BSMRO	6.53±1.07[ab]	6.33±1.18[a]	6.13±1.19[a]	6.17±1.31[a]	6.63±1.16[ab]
BSMR/20	6.27±1.28[b]	6.30±1.21[a]	6.40±1.00[a]	6.33±1.21[a]	6.63±0.85[ab]
BSMR20/40	6.30±1.37[ab]	6.30±1.29[a]	6.10±1.03[a]	6.30±1.26[a]	6.37±1.07[b]
BSMR40	6.70±1.39[ab]	6.50±1.17[a]	6.40±1.20[a]	6.40±1.35[a]	7.00±1.14[a]

[a-b] Means in a same column with different letters are significantly different (P<0.05).

2.3.1 คุณลักษณะปรากฏ

คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะปรากฏ โดยพิจารณาความสม่ำเสมอของผิวหน้าตัดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมและสูตรเติมกากนมถั่วเหลือง พบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองในสูตรส่วนผสม มีผลทำให้คุณลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์มีความหยาบเพิ่มขึ้น มีความละเอียดลดลง ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Cardello และคณะ (1983) ซึ่งพบว่าขนาดอณุภาคของโปรตีนถั่วเหลือง ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อบดหยาบมีผลต่อการมองเห็นของผู้ทดสอบ การเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 มีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะปรากฏเป็น 6.53 6.27 6.30 และ 6.70 ตามลำดับ คะแนนอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะปรากฏของทั้ง 4 ชุดการทดลองยังมีระดับคะแนนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุม

2.3.2 คุณลักษณะสี

คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะสี พบว่า เมื่อเติมกากนมถั่วเหลืองในสูตรส่วนผสมจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์มีระดับความเข้มของสีลดลง การเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 มีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะสีเป็น 6.33 6.30 6.30 และ 6.50 ตามลำดับ คะแนนอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย คะแนนเฉลี่ยดังกล่าวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P≥0.05) เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าสีของผลิตภัณฑ์ใน Table 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อขนาดของกากนมถั่วเหลืองเล็กลง ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่า a^* ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง (Table 7)

ความแตกต่างดังกล่าวไม่มากพอที่จะส่งผลต่อแต่คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์จากทุกชุดทดลอง ($P \geq 0.05$)

2.3.3 คุณลักษณะกลิ่น

คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะกลิ่น พบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองขนาดต่างกันในสูตรส่วนผสม ไม่มีผลทำให้คุณลักษณะกลิ่นของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากกากนมถั่วเหลืองที่เติมได้ผ่านกระบวนการต้มสุกจึงทำให้กลิ่นถั่วลดลง และในสูตรส่วนผสมมีการเติมพริกไทยดำร้อยละ 0.25 และกระเทียมร้อยละ 1.20 ซึ่งอาจส่งผลในการกลบกลิ่นถั่วของผลิตภัณฑ์ลงไปได้ แต่อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ยังมีคะแนนน้อยกว่าสูตรควบคุม ($P \geq 0.05$) อาจเนื่องมาจากการเติมกากนมถั่วเหลืองตุ้มสุก เป็นการเจือจางกลิ่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ลง การเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 มีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะกลิ่นเป็น 6.13 6.40 6.10 และ 6.40 ตามลำดับ คะแนนอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย คะแนนเฉลี่ยดังกล่าวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

2.3.4 คุณลักษณะเนื้อสัมผัส

คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองขนาดต่างๆ กันในสูตรส่วนผสมไม่ทำให้คุณลักษณะเนื้อสัมผัสขณะเคี้ยวของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($P \geq 0.05$) ผลการทดลองพบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสเป็น 6.17 6.33 6.30 และ 6.40 ตามลำดับ คะแนนเฉลี่ยดังกล่าวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer ใน Table 6 จะเห็นได้ว่าเมื่อขนาดของกากนมถั่วเหลืองต่างกันส่งผลให้ค่า hardness ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน แต่ไม่มีผลต่อความชอบในด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัส ผลที่ได้แตกต่างจากการศึกษาของ Cardello และคณะ (1983) ซึ่งพบว่าขนาดของโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อบดหยาบมีผลต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

2.3.5 ความชอบรวม

คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ผลคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมของผู้ประเมินใน

ห้องปฏิบัติการจำนวน 30 คน พบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMRO BSMR/20 BSMR20/40 และ BSMR40 มีคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมเป็น 6.63 6.63 6.37 และ 7.00 ตามลำดับ โดยไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 มีคะแนนความชอบรวมสูงสุด

จากผลการศึกษาขนาดของกากนมถั่วเหลืองที่เหมาะสมสำหรับทดแทนปริมาณ การใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ ต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ สูตรเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 มีแนวโน้มของคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมมากกว่าชุดทดลองอื่นๆ และมีคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะโดยรวมสูง ดังนั้นจึงคัดเลือกกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 เพื่อใช้ในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้กากนมถั่วเหลืองเพื่อทดแทนปริมาณไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

3. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลือง เพื่อทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ ต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.1 คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส วัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer

เมื่อนำไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 ทดแทนปริมาณการใช้ไขมันร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 5 10 15 20 25 และ 30 มาวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture analyzer (Table 9) พบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 5 และร้อยละ 10 ส่งผลให้ค่า hardness ต่ำกว่าสูตรควบคุม (P<0.05) อาจเนื่องมาจากเกิดการเชื่อมผสานกันภายในโครงสร้างได้ดีเกิดการปลดปล่อยน้ำออกจากโครงสร้างน้อยกว่าจึงทำให้ค่า hardness ต่ำกว่าสูตรควบคุม (Lee *et al.,* 1992) ในขณะที่การเติมกากนมเพื่อทดแทนปริมาณการใช้ไขมันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 15 20 และ 25 ส่งผลให้ค่า hardness gumminess และ chewiness เพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุม (P<0.05) ซึ่งปริมาณไขมันที่ลดลงมีผลต่อความนุ่มและความชุ่มฉ่ำของไส้กรอก จึงทำให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอก มีความแข็ง ความเหนียว และต้องใช้พลังงานในการเคี้ยวมากขึ้น (Berlitz and Grosch,1986) ในขณะที่การเติมกากนมถั่วเหลืองทดแทนปริมาณการใช้ไขมันทั้งหมด (ร้อยละ 30) ส่งผลให้ค่า hardness ลดลง

Table 9. Influence of soymilk residue levels on the texture attributes of coarse ground pork sausages

BSMR40 (%)	Hardness (N)	Adhesiveness (N)	Springiness (mm)	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (Nxmm)
0	40.42±0.25^{c}	0.00±0.00^{a}	0.85±0.03^{ab}	0.34±0.06^{c}	13.93±2.53^{c}	11.79±2.28^{c}
5	34.85±1.74^{de}	0.00±0.00^{a}	0.87±0.01^{ab}	0.40±0.01b^{c}	14.01±0.84^{c}	12.16±0.64^{c}
10	36.94±3.67^{d}	0.00±0.00^{a}	0.88±0.05^{a}	0.52±0.14^{a}	18.70±3.75^{b}	16.48±3.85^{b}
15	42.52±1.21^{c}	-0.00±0.00^{a}	0.87±0.03^{ab}	0.43±0.04^{bc}	18.27±1.51^{b}	15.90±1.45^{b}
20	50.49±2.32^{b}	-0.01±0.01^{a}	0.85±0.03^{ab}	0.38±0.003^{bc}	19.40±1.97^{b}	16.38±1.25^{b}
25	56.01±2.78^{a}	0.01±0.00^{a}	0.83±0.03^{b}	0.45±0.04^{ab}	25.17±1.96^{a}	20.86±1.27^{a}
30	33.69±1.98^{e}	0.00±0.00^{a}	0.86±0.02^{ab}	0.40±0.01b^{c}	13.29±1.41^{c}	11.54±0.64^{c}

$^{a-e}$ Means in a same column with different letters are significantly different (P<0.05).

Standard deviation from 5 replicates

BSMR40 : boiled soymilk residue with a sizes smaller than 40 mesh

3.2 ค่าสีระบบ CIE *L* a* b**

การเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 ร้อยละ 0 5 10 15 20 25 และ 30 เพื่อทดแทนปริมาณการใช้ไขมัน ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ และทำการตรวจสอบค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab (Table 10) พบว่า การเพิ่มปริมาณกากนมถั่วเหลืองในสูตรส่วนผสมมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีแนวโน้มลดลง ($P\geq0.05$) ลักษณะความแตกต่างที่เกิดขึ้น เนื่องจากการเติมกากนมถั่วเหลืองซึ่งมีสีขาวอมเหลืองในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของไมโอโกลบินซึ่งเป็นสารให้สีแดงในเนื้อลดลง ส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง และผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Decker และคณะ (1986) ซึ่งพบว่าค่าความเป็นสีแดงของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ลดลง เมื่อระดับของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตเพิ่มขึ้น

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 ทดแทนปริมาณการใช้ไขมันร้อยละ 0 5 10 15 20 25 และ 30 มาประเมินระดับการยอมรับที่มีต่อคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ จากผู้ประเมินในห้องปฏิบัติการจำนวน 30 คน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการคัดเลือกปริมาณที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลือง เพื่อทดแทนปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่ผู้ประเมินชอบมากที่สุด โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะปรากฏ คุณลักษณะสี คุณลักษณะกลิ่น คุณลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 ร้อยละ 0 5 10 15 20 25 และ 30 แสดงใน Table 11 สามารถอธิบายแต่ละคุณลักษณะได้ดังนี้

Table 10. Influence of soymilk residue levels on the colour values of coarse ground pork sausages

BSMR40 (%)	*L** (lightness)	*a** (redness)	*b** (yellowness)
0	52.44±0.82^{g}	2.86±0.35^{a}	15.89±1.04^{a}
5	57.39±0.42^{f}	2.38±0.16^{ab}	15.87±0.44^{a}
10	58.58±1.12^{e}	2.04±0.35^{bc}	14.90±0.88^{abc}
15	61.16±0.19^{d}	2.01±1.16^{bc}	14.46±0.60^{c}
20	62.83±0.23^{c}	2.09±0.28^{bc}	14.90±0.92^{abc}
25	63.78±0.72^{b}	1.77±0.12^{bc}	14.77±0.36^{bc}
30	67.56±0.26^{a}	1.39±0.17^{c}	15.51±0.41^{ab}

$^{a-g}$ Means in a same column with different letters are significantly different (P<0.05).

BSMR40 : boiled soymilk residue with a sizes smaller than 40 mesh

Table 11 Liking scores of coarse ground pork sausages with soymilk residue levels by 9-Point Hedonic Scale

BSMR40 (%)	Liking scores				
	Appearance	Colour	Odour	Texture	Overall liking
0	6.83±1.05^{a}	6.63±1.09^{a}	6.27±1.36^{ab}	6.61±1.11^{a}	7.10±0.71^{a}
5	6.67±1.03^{a}	6.83±1.09^{a}	6.80±1.35^{a}	6.70±1.29^{a}	7.07±0.91^{a}
10	6.70±1.09^{a}	6.90±1.03^{a}	6.77±1.22^{a}	6.80±1.13^{a}	7.13±1.01^{a}
15	6.53±1.25^{a}	6.60±1.16^{a}	6.53±1.28^{ab}	6.87±1.04^{a}	6.60±1.43^{ab}
20	6.57±0.97^{a}	6.47±1.14^{a}	6.50±1.31^{ab}	6.80±0.89^{a}	6.67±1.21^{ab}
25	6.57±1.30^{a}	6.50±1.28^{a}	5.80±1.61^{bc}	6.53±1.04^{a}	6.37±1.33^{b}
30	5.20±1.67^{b}	5.20±1.56^{b}	5.10±1.75^{c}	5.23±1.41^{b}	4.73±1.44^{c}

$^{a-c}$ Means in a same column with different letters are significantly different (P<0.05).

BSMR40 : dried soymilk residue was sieved to 40 mesh after boiled.

3.3.1 คุณลักษณะปรากฏ

คุณลักษณะปรากฏ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณกากนมถั่วเหลืองในสูตรส่วนผสมร้อยละ 5 10 15 20 และ 25 มีคะแนนเฉลี่ยด้านคุณลักษณะปรากฏอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และคะแนนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม ($P \geq 0.05$) ส่วนการเพิ่มปริมาณกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 30 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด อยู่ในระดับเฉยๆ ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมกากนมถั่วเหลืองทดแทนปริมาณไขมันทั้งหมด ส่งผลให้ผิวหน้าตัดของผลิตภัณฑ์มีความหยาบมากขึ้นจึงทำให้คะแนนความชอบต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ

3.3.2 คุณลักษณะสี

คุณลักษณะสี พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณกากนมถั่วเหลืองในสูตรส่วนผสมจะทำให้คุณลักษณะสีของผลิตภัณฑ์มีระดับความเข้มของสีลดลงทั้งนี้เพราะปริมาณกากนมถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นจะเป็นการเจือจางความเข้มข้นของไมโอโกลบินซึ่งเป็นสารให้สีแดงในเนื้อ (Decker *et al*., 1986) การเติมกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 25 คะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และคะแนนที่ได้ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($P \geq 0.05$) ในขณะที่การเพิ่มปริมาณกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 30 มีคะแนนความชอบด้านสีต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สัมพันธ์กับค่าสีที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดสีใน Table 10 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณกากนมถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างของไส้กรอกเพิ่มขึ้นและค่าความเป็นสีแดงลดลง เมื่อเติมกากนมถั่วเหลืองในปริมาณมาก (ร้อยละ 30) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีอ่อนมากเกินไปจึงทำให้คะแนนความชอบต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ

3.3.3 คุณลักษณะกลิ่น

คุณลักษณะกลิ่น พบว่า ปริมาณกากนมถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรส่วนผสม มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยปกติถั่วเหลืองจะมีกลิ่นเฉพาะ ซึ่งกลิ่นถั่วเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ lipoxygenases (Narvel *et al*., 2000) ถ้าหากกลิ่นถั่วเหลืองรุนแรงผู้บริโภคอาจไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ได้ แต่เนื่องจากในการทดลองนี้ได้นำถั่วเหลืองบดไปต้มให้สุกก่อนที่จะนำมาเติมลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ เพื่อเป็นการกำจัดกลิ่นถั่วออกไป ส่งผลให้คุณลักษณะกลิ่นของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เมื่อเติมกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 20 คะแนนดังกล่าวอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ซึ่งคะแนนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม ($P \geq 0.05$) ในขณะที่การเพิ่มปริมาณกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 25 และ ร้อยละ 30 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) อาจเกิดจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น

มีกลิ่นหมูและกลิ่นเครื่องเทศลดลง ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Serdaroglu and Ozsumer (2003) พบว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ลดลง และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lyonsa และคณะ (1999) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเวย์โปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่ง Lyonsa และคณะ (1999) ได้อธิบายว่า ปริมาณเวย์โปรตีนที่เพิ่มขึ้นทำให้กลิ่นของเครื่องเทศในผลิตภัณฑ์เจือจางลง ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย

3.3.4 คุณลักษณะเนื้อสัมผัส

คุณลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 25 มีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และคะแนนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม ($P \geq 0.05$) ส่วนการเพิ่มปริมาณกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 30 มีคะแนนความชอบต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสวัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer ใน Table 9 พบว่าค่า hardness ของไส้กรอกสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 30 มีค่าต่ำกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบ

3.3.5 ความชอบรวม

ความชอบรวม พบว่า ปริมาณกากนมถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรส่วนผสม ส่งผลให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง โดยเมื่อเติมกากนมถั่วเหลืองในสูตรส่วนผสมร้อยละ 0 5 และ 10 มีคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมเป็น 7.10 7.07 และ7.13 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มกากนมถั่วเหลืองเป็นร้อยละ 15 20 และ 25 คะแนนความชอบลดลงเป็น 6.60 6.67 และ 6.37 ตามลำดับ ในขณะที่การเพิ่มปริมาณกากนมถั่วเหลืองเป็นร้อยละ 30 คะแนนความชอบลดลงเหลือ 4.73 จะเห็นได้ว่าผู้ประเมินให้คะแนนความชอบรวมต่อไส้กรอกหมูบดหยาบ เมื่อเติมกากนมถั่วเหลืองในปริมาณต่ำมากกว่าการเติมกากนมถั่วเหลืองในปริมาณสูง

จากผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้กากนมถั่วเหลืองทดแทนปริมาณไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณการใช้กากนมถั่วเหลืองที่มากที่สุดสำหรับทดแทนปริมาณการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ แล้วยังมีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยรวมใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด คือ การใช้กากนมถั่วเหลืองร้อยละ 10 สำหรับทดแทนปริมาณไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน และการใช้กากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ และระยะเวลาแตกต่างกันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

4.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากนมถั่วเหลืองแห้ง ซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน

4.1.1 คุณภาพทางเคมี

4.1.1.1 ความชื้น

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ด้านปริมาณความชื้น(%) ของกากนมถั่วเหลืองอบแห้งโดยเก็บรักษาแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP เก็บรักษาไว้ที่ 3 อุณหภูมิ คือ -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง (~27±2°C) เป็นระยะเวลาทั้งหมด 14 สัปดาห์ ผลที่ได้แสดงดัง Table 12

Table 12. Changes in moisture content of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time	Moisture (%)		
(weeks)	20°C	4°C	27°C
0	5.78±0.09^{a,x}	5.78±0.09^{a,x}	5.78±0.09^{a,x}
2	6.79±0.09^{b,y}	7.09±0.22^{ab,y}	7.34±0.23^{a,y}
4	6.92±0.19^{b,y}	7.09±0.09^{b,y}	7.38±0.09^{a,yz}
6	7.23±0.19^{b,z}	7.27±0.09^{b,yz}	7.60±0.13^{a,yz}
8	7.32±0.15^{a,z}	7.39±0.20^{a,z}	7.66±0.27^{a,yz}
10	7.37±0.08^{b,z}	7.46±0.06^{b,z}	7.71±0.16^{a,z}
12	7.45±0.25^{a,z}	7.47±0.05^{a,z}	7.72±0.24^{a,z}
14	7.47±0.11^{a,z}	7.51±0.10^{a,z}	7.74±0.19^{a,z}

$^{a-b}$ Means within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

$^{x-z}$ Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

จาก Table 12 พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณความชื้น (%) ของกากนมถั่วเหลืองแห้ง ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกันทั้ง 3 อุณหภูมิ เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นจนครบ 14 สัปดาห์ คือ เมื่อเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองแห้งนานขึ้นปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้น โดยกากนมถั่วเหลืองแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 5.78 เมื่อครบ 14 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นเป็น 7.74 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 5.78 เมื่อครบ 14 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นเป็น 7.51 และที่อุณหภูมิห้อง (~27±2°C) ความชื้นเริ่มต้น 5.78 เมื่อครบ 14 สัปดาห์เพิ่มขึ้นเป็น 7.74

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของกากนมถั่วเหลืองอาจเกิดจากการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำผ่านภาชนะบรรจุ และเกิดการปรับตัวของกากนมถั่วเหลืองแห้งให้เข้าสู่ภาวะสมดุลภายในภาชนะ ทำให้มีการรับหรือสูญเสียความชื้นของกากนมถั่วเหลืองแห้ง เนื่องจากถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP ยังมีการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซ อาทิ ออกซิเจน ไนโตรเจนและ คาร์บอนไดออกไซด์อยู่ ทำให้ความชื้นภายนอกเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่ภาชนะบรรจุได้ ส่งผลให้ความชื้นในกากนมถั่วเหลืองแห้งสูงขึ้น ซึ่งถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำ 0.7 กรัม/ตรม./วัน และ อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน 240 ลบ.ซม./ตรม./วัน (ปุ่น คงเจริญเกียรติและสมพร คงเจริญเกียรติ, 2554; เชาวลิต อุปฐาก, 2552; วารสารการบรรจุภัณฑ์, 2542)

4.1.1.2 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลง ด้านปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของกากนมถั่วเหลืองแห้ง โดยเก็บรักษาแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง (~27±2°C) เป็นระยะเวลาทั้งหมด 14 สัปดาห์ แสดงใน Table 13 พบว่าเมื่อเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองแห้งไว้ที่อุณหภูมิต่างกันทั้ง 3 อุณหภูมิ โดยตรวจปริมาณน้ำอิสระทุกๆ 2 สัปดาห์ พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของกากนมถั่วเหลืองแห้ง ดังนี้ ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำอิสระเริ่มต้นคือ 0.40 เพิ่มขึ้นเป็น 0.46 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำอิสระ เริ่มต้น คือ 0.40 เพิ่มขึ้นเป็น 0.49 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณน้ำอิสระ เริ่มต้น คือ 0.40 เพิ่มขึ้นเป็น 0.5 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำอิสระ มีผลสอดคล้องกับผลของปริมาณความชื้นคือเมื่อความชื้นในผลิตภัณฑ์สูงขึ้นมีผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระ สูงขึ้นด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

Table 13. Changes in water activity values of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time (weeks)	a_w		
	20°C	4°C	27°C
0	0.40±0.01^{a,v}	0.40±0.01^{a,v}	0.40±0.01^{a,x}
2	0.41±0.00^{c,vw}	0.45±0.00^{b,w}	0.46±0.00^{a,y}
4	0.42±0.01^{b,wx}	0.46±0.00^{a,wx}	0.46±0.00^{a,y}
6	0.43±0.01^{b,xy}	0.46±0.01^{a,wx}	0.46±0.00^{a,y}
8	0.45±0.01^{b,yz}	0.47±0.01^{ab,xy}	0.49±0.02^{a,z}
10	0.46±0.02^{b,z}	0.47±0.01^{b,yz}	0.50±0.01^{a,z}
12	0.46±0.01^{b,z}	0.49±0.00^{a,z}	0.50±0.00^{a,z}
14	0.46±0.01^{b,z}	0.49±0.00^{a,z}	0.50±0.00^{a,z}

$^{a-c}$ Means within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

$^{v-z}$ Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4.1.1.3 ปริมาณ TBARS

สำหรับปริมาณ TBARS ของกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน แสดงผลใน Table 14 พบว่า ปริมาณ TBARS ของกากนมถั่วเหลืองแห้งในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยกากนมถั่วเหลืองแห้งซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องมีปริมาณ TBARS สูงกว่ากากนมถั่วเหลืองแห้งซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (P<0.05) ซึ่งค่า TBARS เป็นดัชนีบ่งบอกถึงการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP ที่ใช้เก็บรักษา กากนมถั่วเหลืองแห้งนั้นไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้ไอน้ำและออกซิเจนสามารถซึมผ่านเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ ส่งผลให้กากนมถั่วเหลืองมีค่าการหืนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นใน Table 12 ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเป็นสาเหตุเริ่มต้นของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำให้ไตรกลีเซอร์ไรด์ในโมเลกุลของน้ำมันและไขมันแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองแห้งที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณ TBARS สูงกว่าการเก็บกากนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ

-20 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บกากนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิห้องแสงสว่างสามารถส่องถึงได้ ซึ่งแสงสว่างเป็นปัจจัยในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548)

Table 14. Changes in TBARS values of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time (weeks)	TBARS (mg malonaldehyde/kg of sample)		
	20°C	4°C	27°C
0	3.11±0.97^{a,w}	3.11±0.97^{a,x}	3.11±0.97^{a,x}
2	3.26±1.02^{a,wx}	4.09±0.16^{a,y}	4.43±0.40^{a,y}
4	3.47±0.34^{b,wxy}	4.08±0.22^{a,y}	4.48±0.13^{a,y}
6	3.20±0.14^{b,wx}	4.13±0.09^{a,y}	4.29±0.08^{a,y}
8	3.95±0.07^{c,wxyz}	4.59±0.09^{b,yz}	4.91±0.22^{a,yz}
10	4.12±0.14^{c,xyz}	5.07±0.13^{b,z}	5.65±0.46^{a,z}
12	4.54±0.09^{b,z}	4.79±0.10^{b,yz}	5.31±0.17^{a,z}
14	4.36±0.08^{b,yz}	4.75±0.27^{a,yz}	5.02±0.05^{a,yz}

$^{a-c}$ Means within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

$^{w-z}$ Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4.1.2 คุณภาพทางกายภาพ

4.1.2.1 ค่าสีระบบ CIE L^* a^* b^*

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ด้านสีของกากนมถั่วเหลืองแห้งแสดงใน Table 15-17 วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab ในระบบ CIE ประกอบด้วย L^* a^* และ b^* เมื่อค่า L^* คือ ความสว่าง (lightness) ค่า a^* คือความเป็นสีแดง (redness) เมื่อค่าเป็นบวก และเป็นสีเขียว (greenness) เมื่อค่าเป็นลบ และค่า b^* คือความเป็นสีเหลือง (yellowness) เมื่อค่าเป็นบวกและเป็นสีน้ำเงิน (blueness) เมื่อค่าเป็นลบ เก็บรักษากากนมถั่วเหลืองแห้งแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP เก็บรักษาไว้ที่ 3 อุณหภูมิ คือ -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง (~27±2°C) เป็นระยะเวลาทั้งหมด 14 สัปดาห์ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองแห้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า a^* และค่า b^* ของกากนมถั่วเหลืองแห้งในทุกชุดการทดลองเพิ่ม (P<0.05) ในขณะที่ค่า L^* ของกากนมถั่วเหลืองแห้งกลับลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น(P<0.05)

และเมื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองแห้งต่อค่าสี พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่า L^* ของกากนมถั่วเหลืองแห้งลดลง ($P<0.05$) ทำให้กากนมถั่วเหลืองแห้งมีสีเข้มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งไม่ใช้เอ็นไซม์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลของน้ำตาลรีดิวซิง และหมู่อะมิโนของโปรตีนจากการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนท์ ในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาอาหาร ซึ่งอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของกากนมถั่วเหลืองแห้ง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

Table 15. Changes in L^* values of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time	L^*		
(weeks)	20°C	4°C	27°C
0	78.57±0.17^{a,z}	78.57±0.17^{a,z}	78.57±0.17^{a,z}
2	78.36±0.08^{a,y}	77.68±0.06^{b,y}	77.02±0.12^{c,y}
4	77.12±0.13^{a,x}	76.78±0.14^{b,x}	76.66±0.05^{b,x}
6	75.56±0.15^{b,w}	75.97±0.28^{a,w}	74.85±0.09^{c,w}
8	75.18±0.04^{a,v}	74.76±0.16^{b,v}	74.60±0.06^{c,v}
10	75.09±0.05^{a,v}	74.58±0.07^{b,uv}	74.59±0.08^{b,v}
12	74.89±0.05^{a,u}	74.56±0.03^{b,uv}	74.20±0.04^{c,u}
14	74.47±0.12^{a,t}	74.46±0.09^{a,u}	73.63±0.14^{b,t}

$^{a-b}$ Means within the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

$^{t-z}$ Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

Table 16. Changes in *a** values of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time	*a* *		
(weeks)	20°C	4°C	27°C
0	5.67±0.07^{a,w}	5.67±0.07^{a,v}	5.67±0.07^{a,u}
2	5.70±0.07^{c,w}	5.98±0.05^{b,w}	7.22±0.09^{a,v}
4	6.47±0.12^{b,x}	6.45±0.09^{b,x}	7.74±0.08^{a,w}
6	6.61±0.17^{c,x}	6.79±0.06^{b,y}	7.73±0.10^{a,w}
8	6.97±0.24^{c,y}	7.28±0.08^{b,z}	7.75±0.02^{a,w}
10	7.02±0.12^{c,yz}	7.26±0.05^{b,z}	8.74±0.07^{a,x}
12	7.20±0.09^{b,z}	7.22±0.06^{b,z}	8.88±0.07^{a,y}
14	7.14±0.22^{b,yz}	7.18±0.10^{b,z}	9.05±0.04^{a,z}

$^{a-c}$ Means within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

$^{u-z}$ Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 17. Changes in *b** values of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time	*b* *		
(weeks)	20°C	4°C	27°C
0	26.30±0.09^{a,t}	26.30±0.09^{a,s}	26.30±0.09^{a,w}
2	26.35±0.07^{c,t}	26.49±0.06^{b,t}	29.19±0.13^{a,x}
4	27.58±0.06^{b,u}	27.59±0.07^{b,u}	30.21±0.07^{a,y}
6	28.24±0.09^{c,v}	28.55±0.09^{b,v}	30.24±0.08^{a,y}
8	28.84±0.08^{c,w}	29.19±0.08^{b,w}	30.26±0.04^{a,y}
10	28.94±0.04^{c,x}	29.30±0.04^{b,x}	31.46±0.09^{a,z}
12	29.03±0.07^{c,y}	29.59±0.12^{b,y}	31.41±0.02^{a,z}
14	29.55±0.06^{b,z}	29.54±0.08^{b,z}	31.35±0.08^{a,z}

$^{a-c}$ Means within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

$^{s-z}$ Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4.1.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำกากนมถั่วเหลืองแห้งซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (~27±2°C) เป็นเวลา 14 สัปดาห์ มาทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะสี คุณลักษณะกลิ่น และความชอบรวม ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (9-Point Hedonic Scale) ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกากนมถั่วเหลืองแห้ง สามารถอธิบายแต่ละคุณลักษณะได้ดังนี้

4.1.3.1 คุณลักษณะสี

คุณลักษะสี พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นคะแนนความชอบด้านสีของกากนมถั่วเหลืองแห้งมีแนวโน้มลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีใน Table 16 พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้กากนมถั่วเหลืองมีแนวโน้มของค่า *a** เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบมีความชอบด้านสีของกากนมถั่วเหลืองน้อยลงเมื่อกากนมถั่วเหลืองมีสีเข้มขึ้น โดยกากนมถั่วเหลืองแห้งทุกชุดการทดลองได้รับคะแนนความชอบด้านสีมากกว่า 6 คะแนน ผลการประเมินคุณลักษณะสีของกากนมถั่วเหลืองแห้งแสดงใน Table 18

Table 18. Colour liking scores (9-Point Hedonic Scale) of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time (weeks)	Storage temperature		
	20°C	4°C	27°C
0	7.50±0.73[a,z]	7.50±0.73[a,z]	7.50±0.73[a,z]
2	7.48±0.70[a,z]	7.45±0.87[a,z]	7.38±0.91[a,yz]
4	7.47±0.97[a,z]	7.47±1.19[a,z]	7.32±0.95[a,yz]
6	7.30±0.70[a,z]	7.18±0.85[a,z]	7.10±1.16[a,yz]
8	7.23±0.97[a,z]	7.05±1.02[a,z]	7.03±1.03[a,yz]
10	7.17±0.87[a,z]	7.07±0.98[a,z]	6.87±1.36[a,yz]
12	7.10±0.96[a,z]	7.03±1.03[a,z]	6.73±1.23[a,y]
14	6.33±1.45[a,y]	6.20±1.71[a,y]	6.13±1.48[a,x]

[a] Means within the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

[x-z] Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

4.1.3.2 คุณลักษณะกลิ่น

คุณลักษณะกลิ่น พบว่า คะแนนความชอบด้านกลิ่นของกากนมถั่วเหลืองแห้งเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นมีแนวโน้มลดลง (P<0.05) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณ TBARS (Table 14) ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งส่งผลให้กากนมถั่วเหลืองแห้งมีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะกลิ่นของกากนมถั่วเหลืองแห้งแสดงใน Table 19

Table 19. Odour liking scores (9-Point Hedonic Scale) of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time	Storage temperature		
(weeks)	20°C	4°C	27°C
0	6.50±1.14^{a,z}	6.50±1.14^{a,z}	6.50±1.14^{a,z}
2	6.50±1.20^{a,z}	6.23±1.55^{a,z}	6.23±1.36^{a,z}
4	6.43±1.72^{a,z}	6.22±1.72^{a,z}	6.17±1.56^{a,z}
6	6.20±1.45^{a,z}	6.18±1.59^{a,z}	6.22±1.32^{a,z}
8	6.23±1.17^{a,z}	6.13±1.46^{a,z}	6.07±1.39^{a,z}
10	6.13±1.14^{a,z}	6.00±1.26^{a,z}	5.10±1.54^{b,y}
12	6.07±1.55^{a,z}	5.78±1.55^{a,z}	4.67±1.60^{b,y}
14	5.20±1.67^{a,y}	4.63±1.99^{a,y}	4.37±2.14^{a,y}

$^{a-b}$ Means within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

$^{y-z}$ Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4.1.3.3 ความชอบรวม

ความชอบรวม พบว่า คะแนนความชอบรวมของกากนมถั่วเหลืองแห้งซึ่งเก็บรักษานาน 14 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง (~27±2°C) มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (P<0.05) ผลที่ได้ดังแสดงใน Table 20 ที่ระยะเวลาในการ เก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่าระดับคะแนนความชอบของกากถั่วเหลืองแห้งไม่แตกต่างกัน (P≥0.05)

Table 20. Overall liking scores (9-Point Hedonic Scale) of vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time (weeks)	Storage temperature		
	20°C	4°C	27°C
0	7.03±0.76[a,z]	7.03±0.76[a,z]	7.03±0.76[a,z]
2	7.00±1.02[a,z]	6.73±1.34[a,yz]	6.57±1.25[a,z]
4	6.67±1.52[a,yz]	6.53±1.66[a,yz]	6.50±1.43[a,z]
6	6.72±0.93[a,yz]	6.45±1.23[a,yz]	6.38±1.27[a,z]
8	6.48±1.07[a,yz]	6.45±1.40[a,yz]	6.35±1.04[a,z]
10	6.33±1.24[a,yz]	6.32±1.12[a,yz]	5.57±1.43[b,y]
12	6.17±1.39[a,xy]	6.05±1.15[a,y]	5.13±1.57[b,y]
14	5.60±1.59[a,x]	5.17±1.68[a,x]	4.87±2.01[a,y]

[a-b] Means within the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

[x-z] Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

4.2 ศึกษาการใช้กากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ และระยะเวลาแตกต่างกันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

เมื่อนำกากนมถั่วเหลืองแห้งซึ่งผ่านการเก็บแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (~27±2°C) เป็นระยะเวลา 0-14 สัปดาห์ มาผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

4.2.1.1 ค่าสีระบบ CIE L^* a^* b^*

วัดค่าสีหลังการอบที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ ซึ่งเตรียมจากกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่าค่า L^* ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเตรียมไส้กรอกด้วยกากนมถั่วเหลืองที่อายุการเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษามีสีเข้มขึ้นเมื่อนำมา

ผลิตไส้กรอกจึงส่งผลให้ไส้กรอกที่ได้มีค่า L^* ลดลง (Table 21) ส่วนค่า a^* (Table 22) และค่า b^* (Table 23) ของผลิตภัณฑ์หลังการอบไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$)

Table 21. Changes in L^* values of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time (weeks)	Storage temperature		
	20°C	4°C	27°C
0	63.15±0.25^{a,z}	63.15±0.25^{a,z}	63.15±0.25^{a,z}
2	60.73±0.15^{a,y}	60.16±0.85^{a,y}	59.89±1.66^{a,y}
4	60.31±0.82^{a,y}	59.91±0.74^{a,xy}	59.75±0.52^{a,y}
6	59.86±0.64^{a,xy}	59.57±0.72^{a,xy}	59.29±0.79^{a,y}
8	58.60±0.60^{a,x}	58.05±1.09^{a,wx}	58.16±0.59^{a,x}
10	57.12 ±0.81^{a,w}	56.95±0.23^{a,vw}	55.37±3.22^{a,w}
12	55.50±0.98^{a,v}	55.26±0.11^{a,v}	54.53±2.43^{a,w}
14	51.69±1.17^{a,u}	51.25±1.02^{a,u}	50.79±0.13^{a,v}

[a] Means within the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

[u-z] Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

Table 22. Changes in a^* values of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time	Storage temperature		
(weeks)	20°C	4°C	27°C
0	1.65±0.30[a,z]	1.65±0.30[a,z]	1.65±0.30[a,z]
2	1.62±0.27[a,z]	1.66±0.27[a,z]	1.64±0.28[a,z]
4	1.67±0.19[a,z]	1.67±0.26[a,z]	1.68±0.18[a,z]
6	1.63±0.23[a,z]	1.66±0.04[a,z]	1.66±0.01[a,z]
8	1.61±0.17[a,z]	1.66±0.19[a,z]	1.65±0.40[a,z]
10	1.65±0.14[a,z]	1.71±0.13[a,z]	1.64±0.05[a,z]
12	1.63±0.10[a,z]	1.61±0.17[a,z]	1.62±0.14[a,z]
14	1.58±0.25[a,z]	1.59±0.11[a,z]	1.57±0.17[a,z]

[a] Means within the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

[z] Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

Table 23. Changes in b^* values of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time	Storage temperature		
(weeks)	20°C	4°C	27°C
0	16.14±0.42[a,z]	16.14±0.42[a,z]	16.14±0.42[a,z]
2	16.14±0.39[a,z]	16.17±0.05[a,z]	16.33±0.28[a,z]
4	16.17±0.36[a,z]	16.20±0.13[a,z]	16.34±0.59[a,z]
6	16.20±0.52[a,z]	16.20±0.21[a,z]	16.38±0.26[a,z]
8	16.27±0.10[a,z]	16.33±0.59[a,z]	16.38±0.35[a,z]
10	16.29±0.13[a,z]	16.39±0.29[a,z]	16.41±0.37[a,z]
12	16.38±0.50[a,z]	16.43±0.23[a,z]	16.48±0.07[a,z]
14	16.50±0.23[a,z]	16.44±0.48[a,z]	16.50±0.22[a,z]

[a] Means within the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

[z] Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

4.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0-14 สัปดาห์ มาผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบทดแทนปริมาณการใช้ไขมันร้อยละ 10 ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะปรากฏ คุณลักษณะสี คุณลักษณะกลิ่น คุณลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (9-Point Hedonic Scale) ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูบดหยาบซึ่งเตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ และระยะเวลาที่แตกต่างกัน สามารถอธิบายแต่ละคุณลักษณะได้ดังนี้

4.2.2.1 คุณลักษณะปรากฏ

คุณลักษณะปรากฏ พบว่า คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านคุณลักษณะปรากฏของไส้กรอกหมูบดหยาบ เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ และระยะเวลาต่างกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ถึงชอบปานกลาง ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์แสดงใน Table 24

Table 24. Appearance liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time (weeks)	Storage temperature		
	20°C	4°C	27°C
0	7.05±1.10[a,z]	7.50±1.10[a,z]	7.05±1.10[a,z]
2	7.03±1.79[a,z]	7.05±1.28[a,z]	6.90±1.18[a,z]
4	7.00±1.44[a,z]	6.97±1.70[a,z]	6.87±1.20[a,z]
6	6.80±0.85[a,z]	7.00±1.64[a,z]	7.03±1.45[a,z]
8	7.03±1.56[a,z]	6.87±1.11[a,z]	7.00±1.20[a,z]
10	6.97±1.40[a,z]	6.85±0.80[a,z]	7.00±1.53[a,z]
12	6.97±1.65[a,z]	6.90±1.24[a,z]	7.03±1.45[a,z]
14	6.90±1.03[a,z]	6.80±1.10[a,z]	6.97±1.30[a,z]

[a] Means within the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

[z] Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

4.2.2.2 คุณลักษณะสี

คุณลักษณะสี พบว่า เมื่อนำกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการเก็บกากนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในขณะที่การเตรียมไส้กรอกหมูบดหยาบด้วยกากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นมากกว่า 8 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ลดลง ($P<0.05$) (Table 25) เมื่อพิจารณาร่วมกับคะแนนความชอบด้านสีของกากนมถั่วเหลืองใน Table 18 จะเห็นได้ว่าเมื่ออายุการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองมากกว่า 8 สัปดาห์ คะแนนความชอบของกากนมถั่วเหลืองลดลง เมื่อนำมาผลิตไส้กรอกจึงส่งผลให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ต่ำลงด้วย

4.2.2.3 คุณลักษณะกลิ่น

คุณลักษณะกลิ่น พบว่า กากนมถั่วเหลืองซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองเพิ่ม คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในขณะที่การเตรียมไส้กรอกหมูบดหยาบด้วยกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นมากกว่า 8 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ลดลง ($P<0.05$) (Table 25) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่กากนมถั่วเหลืองมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ค่าการหืนของกากนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อนำมาผลิตไส้กรอกส่งผลให้ไส้กรอกมีกลิ่นหืนมากขึ้นทำให้ให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ต่ำลง (Table 26)

4.2.2.4 คุณลักษณะเนื้อสัมผัส

คุณลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่อระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบไม่มีความแตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) ผลการทดลองที่ได้แสดงใน Table 27

Table 25. Colour liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time	Storage temperature		
(weeks)	20°C	4°C	27°C
0	6.83±1.46[a,z]	6.83±1.46[a,z]	6.83±1.46[a,z]
2	6.80±1.10[a,z]	6.80±1.40[a,z]	6.73±1.36[a,z]
4	6.79±1.11[a,z]	6.73±1.55[a,z]	6.57±1.19[a,yz]
6	6.75±1.08[a,z]	6.73±1.39[a,z]	6.55±1.06[a,yz]
8	6.67±1.49[a,z]	6.60±1.52[a,z]	6.53±1.17[a,yz]
10	6.57±1.48[a,z]	6.50±0.90[a,z]	5.97±1.67[a,y]
12	6.55±1.21[a,z]	6.35±0.98[a,z]	5.95±1.21[a,y]
14	6.50±0.94[a,z]	6.17±1.02[ab,z]	5.97±0.96[b,y]

[a-b] Means within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

[y-z] Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 26. Odour liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time	Storage temperature		
(weeks)	20°C	4°C	27°C
0	6.97±1.40[a,z]	6.97±1.40[a,z]	6.97±1.40[a,z]
2	6.90±1.32[a,z]	6.90±1.18[a,z]	6.90±1.30[a,z]
4	6.87±1.41[a,z]	6.83±0.99[a,z]	6.70±1.17[a,z]
6	6.85±0.80[a,z]	6.75±1.17[a,z]	6.63±1.59[a,z]
8	6.73±1.48[a,z]	6.63±1.40[a,z]	6.47±1.57[a,z]
10	6.57±1.61[a,z]	6.57±1.10[a,z]	5.43±1.38[b,y]
12	6.55±0.93[a,z]	6.53±1.66[a,z]	5.38±1.34[b,y]
14	6.50±1.41[a,z]	6.30±1.06[a,z]	5.27±1.64[b,y]

[a-b] Means within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

[y-z] Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 27. Texture liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time (weeks)	Storage temperature		
	20°C	4°C	27°C
0	6.98±1.30[a,z]	6.98±1.30[a,z]	6.98±1.30[a,z]
2	7.05±1.10[a,z]	6.80±1.30[a,z]	6.60±0.56[a,yz]
4	6.50±1.33[a,yz]	6.45±1.05[a,z]	6.30±0.92[a,yz]
6	6.38±1.55[a,yz]	6.22±1.17[a,z]	6.18±1.02[a,y]
8	6.40±1.63[a,yz]	6.30±1.42[a,z]	6.73±1.53[a,yz]
10	6.77±1.25[a,yz]	6.73±1.44[a,z]	6.47±1.59[a,yz]
12	6.43±1.65[a,yz]	6.30±1.42[a,z]	6.80±1.45[a,yz]
14	6.00±1.60[a,y]	6.33±1.24[a,z]	6.30±1.39[a,yz]

[a] Means within the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

[y-z] Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

4.2.2.5 ความชอบรวม

ความชอบรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบซึ่งเตรียมด้วยกากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และ 4 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาในการเก็บ 0-14 สัปดาห์ มีคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ ซึ่งเตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองที่ผ่านการเก็บรักษาภายในระยะเวลา 8 สัปดาห์ที่อุณหภูมิต่างๆ คะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) ในขณะที่การเตรียมไส้กรอกหมูบดหยาบด้วยกากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองนานกว่า 8 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ลดลง ($P<0.05$) (Table 28)

ผลการศึกษาการใช้กากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน ในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ พบว่า การเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 14 สัปดาห์ เมื่อนำมาผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบส่วนกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเมื่อนำมาผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ พบว่า ผู้ทดสอบยังยอมรับในผลิตภัณฑ์ได้เมื่อใช้

กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาไม่เกิน 8 สัปดาห์ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ผู้ทดลองทำการคัดเลือกกากนมถั่วเหลืองซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สำหรับเตรียมไส้กรอกเพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ อายุการเก็บรักษา และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป เพื่อเป็นแนวทางในการนำกากนมถั่วเหลืองไปประยุกต์ใช้ต่อไป

Table 28. Overall liking scores (9-Point Hedonic Scale) of coarse ground pork sausages made from vacuum packed dried soymilk residue during different storage time and temperature

Storage time (weeks)	Storage temperature		
	20°C	4°C	27°C
0	6.90±1.03^{a,z}	6.90±1.03^{a,z}	6.90±1.16^{a,z}
2	6.90±0.99^{a,z}	6.80±1.21^{a,z}	6.78±0.58^{a,z}
4	6.77±1.57^{a,z}	6.80±1.03^{a,z}	6.73±1.17^{a,z}
6	6.70±1.44^{a,z}	6.63±1.35^{a,z}	6.69±1.69^{a,z}
8	6.67±1.63^{a,z}	6.60±0.97^{a,z}	6.53±1.14^{a,z}
10	6.60±1.43^{a,z}	6.50±0.78^{a,z}	5.57±1.36^{b,y}
12	6.50±1.47^{a,z}	6.40±0.89^{a,z}	5.28±1.68^{b,y}
14	6.50±1.41^{a,z}	6.28±1.11^{a,z}	5.15±1.83^{b,y}

$^{a-b}$ Means within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

$^{y-z}$ Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

5. การศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมซึ่งไม่เติมกากนมถั่วเหลืองและไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลือง ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรควบคุมมีปริมาณความชื้นร้อยละ 53.90 โปรตีนร้อยละ 13.28 ไขมันร้อยละ 23.47 เถ้าร้อยละ 1.60 และเยื่อใยร้อยละ 11.94 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองมีปริมาณความชื้นร้อยละ 59.37 โปรตีนร้อยละ 13.92 ไขมันร้อยละ 17.62 เถ้าร้อยละ 1.93 และเยื่อใยร้อยละ 14.22 ค่า pH เท่ากับ 5.95 และค่า a_w เท่ากับ 0.97 (Table 29) ค่า pH ของไส้กรอกหมูบดหยาบแตกต่างจากการทดลองของ Churjedton (2000) ที่มีค่า pH เท่ากับ 6.55 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ส่วน a_w มีค่าใกล้เคียงกับไส้กรอก

โดยทั่วไป ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90-0.95 (Papadima and Bloukas, 1999) และมีค่า a_w ใกล้เคียงกับการทดลองของ Chujedton (2000) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองทดแทนปริมาณไขมัน สามารถลดไขมันลงได้ร้อยละ 25 จากสูตรควบคุม สามารถกล่าวอ้างได้ว่าเป็นไส้กรอกประเภทลดไขมัน แม้ว่าการศึกษานี้ไม่ได้วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารแต่จะเห็นได้ว่าในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลือง มีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าสูตรควบคุม โดยมีปริมาณ 7.82 กรัม ต่อหน่วยบริโภคไส้กรอก (55 กรัม) สามารถกล่าวอ้างเป็นไส้กรอกใยอาหารสูง ซึ่งปริมาณไขมันที่ลดลงและปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

Table 29. Proximate composition (% wet basis) and pH, a_w of coarse ground pork sausages with or without soymilk residue

Treatments	Mean±SD						
	Moisture	Protein	Fat	Ash	Fiber	pH	a_w
Control	53.90±0.76^{b}	13.28±0.17^{a}	23.47±0.84^{a}	1.60±0.00^{a}	11.94±0.00^{b}	5.93±0.00^{a}	0.96±0.00^{b}
With SMR	59.37±0.65^{a}	13.92±0.19^{a}	17.62±0.17^{b}	1.93±0.16^{a}	14.22±0.00^{a}	5.95±0.00^{a}	0.97±0.00^{a}

$^{a-b}$ Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

SMR = Soymilk Residue

6. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยใช้กากนมถั่วเหลือง ซึ่งผ่านการเก็บรักษาแบบสุญญากาศในถุง Nylon/PP ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ เมื่อใช้กากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่ ทดแทนปริมาณการใช้ไขมันร้อยละ 10 บรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศในถุง Nylon/PP แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 3 วัน ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางจุลินทรีย์ และทางเคมี ได้ผลการทดลองดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสีระบบ CIE *L* a* b**

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ หลังผ่านการอบที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ของไส้กรอกหมูบดหยาบเมื่อใช้กากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่เปรียบเทียบกับการใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บแบบสุญญากาศในถุง Nylon/PP ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นค่า *L** ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (Table 30) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ เยาวภา นมัสศิลา (2549) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงปลาแซลมอนที่บรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-6 องศาเซลเซียส พบว่า ค่า *L** ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 75 วัน ค่า *L** ที่ลดลงอาจเนื่องมาจากเกิดการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา (Papadima and Bloukas, 1999) สำหรับค่า *a** และค่า *b** ของผลิตภัณฑ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) และผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ Papavergou และคณะ (1999) ซึ่งได้ศึกษาผลของการใช้โปรตีนไอโซเลตจากเมล็ด lupin ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก เมื่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นพบว่า ค่า *L** ของผลิตภัณฑ์ลดลง และค่า *a** ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาระหว่างการใช้กากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่ และการใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ พบว่า เมื่อใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ส่งผลให้ ค่า *L** ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มต่ำกว่าการใช้กากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่ในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากกากนมถั่วเหลืองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 8 สัปดาห์มีสีเข้มมากกว่ากากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่เมื่อนำมาผลิตไส้กรอกจึงส่งผลให้สีของไส้กรอกเข้มกว่า

6.2 คุณภาพทางเคมี

ปริมาณ TBARS

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบเตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองร้อยละ 10 โดยใช้กากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่และกากนมถั่วเหลืองผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์บรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณ TBARS ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบดิบ เป็นระยะเวลา 15 วัน และทำการวิเคราะห์

Table 30. Changes in L^* a^* b^* values of vacuum packed coarse ground pork sausage made from new produce of soymilk residue and soymilk residue 8 week during storage at 4 °C

Storage Time	New produced soymilk residue			Soymilk residue after 8 weeks storage		
(days)	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
0	55.98±0.02[a]	2.17±0.04[e]	13.95±0.09[e]	54.68±0.03[a]	2.38±0.03[e]	11.68±0.04[f]
3	54.32±0.41[b]	2.63±0.02[d]	14.76±0.04[d]	53.60±0.04[b]	2.42±0.04[e]	11.90±0.13[e]
6	53.45±0.15[c]	3.21±0.06[c]	14.82±0.07[c]	52.89±0.05[c]	3.04±0.03[d]	16.51±0.04[d]
9	53.45±0.01[c]	3.44±0.02[b]	14.87±0.18[c]	51.08±0.40[d]	3.16±0.03[c]	16.96±0.10[c]
12	52.43±0.25[d]	3.48±0.01[b]	16.11±0.02[b]	44.68±1.15[e]	3.30±0.02[b]	17.52±0.05[b]
15	47.27±0.05[e]	3.61±0.12[a]	16.87±0.01[a]	44.53±0.04[e]	3.40±0.04[a]	17.72±0.03[a]

[a-f] Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

ตัวอย่างทุกๆ 3 วัน ผลการวิเคราะห์ปริมาณ TBARS ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบทั้ง 2 สูตร พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่า TBARS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (P<0.05) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ruban และคณะ (2009) ซึ่งศึกษาอายุการเก็บรักษาไส้กรอกหมูที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นค่า TBARS แนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณ TBARS ที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากโลหะทรานสิชันในกล้ามเนื้อหมู คือ เหล็ก ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และจะเห็นได้ว่าไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ปริมาณ TBARS มีค่าสูงกว่าไส้กรอกหมูบดหยาบสูตรเติมกากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่ ทั้งนี้อาจเกิดจากกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษา 8 สัปหาห์มีปริมาณ TBARS อยู่สูง ดังแสดงใน Table 14 เมื่อนำมาผลิตไส้กรอกจึงส่งผลให้ปริมาณ TBARS มีค่าสูงขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามค่า TBARS ที่ได้จากการทดลองอยู่ในระดับที่ยอมรับได้สำหรับอาหารทั่วไปจำพวกผลิตภัณฑ์เนื้อบด คือ ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมของมาลอนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม (Shamberger *et al*., 1971)

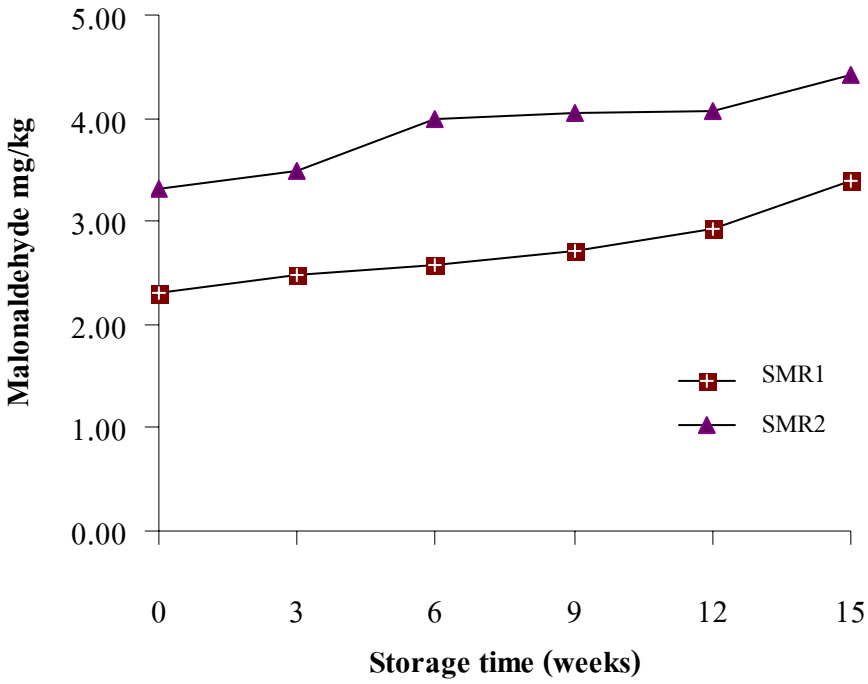


Figure 1. Changes in TBARS values of vacuum packed coarse ground pork sausage made from new produce of soymilk residue and soymilk residue 8 week during storage at 4 °C

SMR1 = New produced soymilk residue

SMR2 = Soymilk residue after 8 weeks storage

6.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 15 วัน พบว่า ไส้กรอกหมูบดหยาบเตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่ซึ่งบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $2.5x10^3$ ถึง $6.3x10^3$ โคโลนีต่อกรัม (Table 31) ส่วนไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองแห้งซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $4.8x10^3$ ถึง $7.4x10^4$ โคโลนีต่อกรัม (Table 32) จากผลการตรวจปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมดจะเห็นได้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของไส้กรอกหมู พบว่า ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่ที่อายุการเก็บรักษานาน 15 วันปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของไส้กรอกหมูซึ่งกำหนดไว้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อกรัม ในขณะที่ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองแห้งซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าในช่วงเวลา 0-9 วัน ของการเก็บรักษา ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แต่หลังวันที่ 9 ของการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานดังกล่าว จากการตรวจปริมาณยีสต์และราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ พบว่า ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่มีปริมาณยีสต์และราทั้งหมดน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนปริมาณยีสต์และราทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าในช่วงวันที่ 0-12 วัน ของการเก็บรักษา ปริมาณยีสต์และราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งกำหนดไว้ว่าปริมาณยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม ส่วนผลการตรวจปริมาณแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก พบว่า ปริมาณแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนปริมาณแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในช่วงวันที่ 0-6 วันของการเก็บรักษา ปริมาณแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม

ดังนั้นเมื่อพิจารณาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ พบว่า การผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองเมื่อใช้กากนมถั่วเหลืองผลิตใหม่ มาทำไส้กรอกสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ไม่น้อยกว่า 15 วัน และหากใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บ 8 สัปดาห์ในการผลิต ไส้กรอกสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไว้ได้ไม่เกิน 9 วัน

Table 31. Changes in total viable plate count, yeast and mold, lactic acid bacteria of vacuum packed coarse ground pork sausages made from new produce of soymilk residue during storage at 4°C

Storage time (days)	TVC (CFU/g sample)	Yeast and Mold (CFU/g sample)	Lactic acid bacteria (CFU/g sample)
0	$2.5x10^3 \pm 0.12^b$	<10	<10
3	$4.1x10^3 \pm 0.01^a$	<10	<10
6	$4.8x10^3 \pm 0.02^a$	<10	<10
9	$5.0x10^3 \pm 0.12^a$	<10	<10
12	$5.7x10^3 \pm 0.03^a$	<10	<10
15	$6.3x10^3 \pm 0.07^a$	<10	<10

[a-b] Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 32. Changes in total plate viable count, yeast and mold, lactic acid bacteria of vacuum packed coarse ground pork sausages made from soymilk residue storage time 8 week

Storage time (days)	TVC (CFU/g sample)	Yeast and Mold (CFU/g sample)	Lactic acid bacteria (CFU/g sample)
0	$4.8x10^3 \pm 0.03^b$	<10	<10
3	$6.6x10^3 \pm 0.13^b$	<10	<10
6	$6.8x10^3 \pm 0.11^b$	10	<10
9	$7.0x10^3 \pm 0.18^b$	30	10
12	$6.5x10^4 \pm 0.05^a$	85	$4.7x10^3$
15	$7.4x10^4 \pm 0.05^a$	$4.3x10^2$	$2.4x10^4$

[a-b] Means within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

7. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ ใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นผู้บริโภคทั่วไปซึ่งไม่ผ่านการฝึกมีอายุ 15-60 ปี จำนวน 100 คน ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามได้แก่ เพศ อายุ พฤติกรรมการบริโภค และความชอบผลิตภัณฑ์โดยประเมินปัจจัยทางด้าน ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี กลิ่น และความชอบรวม โดยใช้วิธี 7-Point Hedonic Scale ข้อมูลที่สำรวจได้จำแนกได้ดังนี้

7.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์

ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคในเขตพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน ผลการสำรวจดังแสดงใน Table 33 ผู้บริโภคเป็นเพศหญิงร้อยละ 72 เพศชายร้อยละ 28 ผู้บริโภคดังกล่าวมีอายุอยู่ในช่วง 21 ถึง 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 30 ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มอายุ 15 ถึง 20 ปี ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 28 ระดับการศึกษาของผู้บริโภคส่วนใหญ่คือระดับปริญญาตรีร้อยละ 53 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอาชีพ นักเรียน/นักศึกษา ร้อยละ 34 รองลงมาคือ บริษัทเอกชน แม่บ้าน รับราชการ ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว และอาชีพอื่น ๆ ร้อยละ 21 15 13 12 และ 5 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีรายได้อยู่ในช่วง 5,000-7,500 บาท และ 7,501-10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 38 และ 26 ตามลำดับ

7.2 พฤติกรรมการซื้อและการบริโภคผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อและการบริโภคผลิตภัณฑ์ไส้กรอกของผู้บริโภคในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบบริโภคไส้กรอก ร้อยละ 79 มีความถี่สูงสุดในการซื้อไส้กรอกมาบริโภค คือ มากกว่าสัปดาห์ละ 1 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 45 และปริมาณการซื้อไส้กรอกในแต่ละครั้งคือ ซื้อเพื่อบริโภค 1 มื้อ คิดเป็นร้อยละ 83 โดยปกติจะซื้อไส้กรอกจากร้านสะดวกซื้อ และแม่ค้ารายย่อยทั่วไปผลแสดงใน Table 34

7.3 การยอมรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ

ผลการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์โดยการให้คะแนนความชอบ (7-Point Hedonic Scale) โดยทำการประเมินคุณลักษณะลักษณะปรากฏ คุณลักษณะเนื้อสัมผัส คุณลักษณะสี คุณลักษณะกลิ่น และความชอบรวม แสดงใน Table 35 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความชอบด้านคุณลักษณะปรากฏ และคุณลักษณะกลิ่น ของผลิตภัณฑ์ในระดับชอบเล็กน้อย ในขณะที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความชอบทางด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ในระดับเฉยๆ

ความชอบโดยรวม ต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบของผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย เมื่อพิจารณาผู้บริโภคตามคุณลักษณะประชากรศาสตร์ พบว่า เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา และรายได้ มีผลต่อความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) และหากมีผลิตภัณฑ์นี้วางขายในท้องตลาดพบว่าผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์นี้แน่นอนร้อยละ 54 และผู้บริโภคที่คิดว่าบางทีอาจจะซื้อคือเป็นร้อยละ 38 ส่วนผู้บริโภคที่ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์นี้แน่นอนคิดเป็นร้อยละ 8 ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยินดีซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา ชิ้นละ 15 บาท (ขนาดความยาว 15 เซนติเมตร น้ำหนัก 60 กรัมโดยประมาณ) ผลแสดงใน Table 36

Table 33. Demographic of consumers sample in Hat Yai.

Demographic		(%)
Gender		
	Male	28
	Female	72
Age		
	15-20 years old	28
	21-30 years old	30
	31-40 years old	22
	41-50 years old	15
	51-60 years old	5
Occupation		
	Student	34
	Government officer	13
	Housewife	15
	Employee/officer	21
	Seller/Private business	12
	Others, please specify	5

Table 33. Demographic of consumers sample in Hat Yai. (Cont.)

Demographic	(%)
Education	
Lower than high school	3
High school/Equivalent	34
Bachelor's degree	53
bachelor's degree and higher	10
Income	
<5,000 bahts	8
5,000-7,500 bahts	38
7,501-10,000 bahts	26
10,000-12,500 bahts	16
>12,500 bahts	12

Table 34. Consumption and purchasing behavior of consumer on sausage

Question	(%)
Have you ever eaten sausage?	
Yes.	79
No.	21
How often do you consume the product?	
Once a week	31
<once a week	24
>once a week	45
Where do you buy the sausage?	
Department store	28
Fresh market	27
Convenient store	72
Shopkeeper	64
Others, please specify	-

Table 34. Consumption and purchasing behavior of consumer on sausage(Cont.)

Question	(%)
Quantity of buying sausage in each time?	
Serving size	83
Half a kilogram	17
> Half a kilogram	-

Table 35. Product acceptance data from 100 consumers by 7-Point Hedonic Scale

Attributes	Liking scores
Appearance	5.15±1.25
Texture	4.98±1.28
Colour	4.60±1.28
Flavor	5.20±1.17
Overall liking	5.63±1.00

Table 36**.** Consumer acceptance of coarse ground pork sausages

Questions	(%)
Would you buy the coarse ground pork sausages product?	
Definitely would buy	54
May be buy	38
Definitely would not buy	8
Would you buy the coarse ground pork sausages product at the price of 15 bahts/60 grams?	
Yes	67
No	33

8. การประเมินต้นทุนการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

ต้นทุนการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบในการทดลองครั้งนี้คำนวณจากต้นทุนวัสดุสิ้นเปลือง ประกอบด้วย เนื้อหมูบด มันหมูแข็งบด กากนมถั่วเหลือง น้ำตาลทราย เกลือ พริกไทย

และ ไส้คอลาเจน ซึ่งไม่รวมค่าเครื่องมือ อุปกรณ์ และค่าแรงงาน คิดต้นทุนต่อการผลิต 1 ครั้ง โดยผลิตครั้งละ 1 กิโลกรัม รายละเอียดการคำนวณต้นทุนในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบแสดงใน Table 37

Table 37. Cost calculation of coarse ground pork sausages

Component	Bahts/kg	Weight	Cost
		g/kg	bahts/kg
Ground pork meat	120	650	78
Ground pork back fat	40	200	8
Soymilk residue	4.80	100	0.48
Sugar	24	15	0.36
Salt	12	18	0.2
Black paper	150	2.5	0.37
Garlic	25	12	0.3
Monosodium glutamate	83	2.5	0.21
Collagen casing	10.7 Baht/m	2.4 (m)	25.68
Total		**1,000**	**113.36**

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 113.36 ต่อ กิโลกรัม ต้นทุนในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบมีการแปรผันตามราคาวัตถุดิบที่ใช้ โดยเฉพาะราคาของวัตถุดิบหลัก คือ เนื้อหมู ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามกลไกของตลาด

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่มีการทดแทนปริมาณไขมันด้วยกากนมถั่วเหลือง มีขั้นตอนการดำเนินงานคือ การคัดเลือกขนาดและปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้กากนมถั่วเหลืองทดแทนปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน และการใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ รวมถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบผลการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้

1. จากการคัดเลือกขนาดที่เหมาะสมของกากนมถั่วเหลือง 4 ขนาด (BSMRO GRMR/20 BSMR20/40 BSMR40) ในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี กลิ่น และความชอบรวม พบว่าขนาดของกากนมถั่วเหลืองขนาดเล็กที่สุด (BSMR40) ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี กลิ่น และความชอบรวม สูงกว่าอีก 3 ขนาด จึงนำกากนมถั่วเหลืองขนาด BSMR40 มาใช้ในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ

2. จากการคัดเลือกปริมาณการใช้กากนมถั่วเหลืองที่มากที่สุดที่ผู้บริโภคยอมรับได้ พบว่า การเติมกากนมถั่วเหลืองในอัตราส่วนร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะสูงและได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด และการใช้กากนมถั่วเหลืองทดแทนปริมาณการใช้ไขมันร้อยละ10 สามารถลดไขมันได้ถึงร้อยละ 25 และเพิ่มเยื่อใยร้อยละ 19.1 จากสูตรควบคุม จึงสามารถกล่าวอ้างได้ว่าเป็นไส้กรอกประเภทลดไขมันและใยอาหารสูง

3. การคัดเลือกกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน และการใช้กากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกันในการผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยเก็บรักษากากนมถั่วเหลืองแห้งแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP แล้วนำกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่ระยะเวลาและอุณหภูมิต่างๆ มาทำไส้กรอกหมูบดหยาบโดยใช้ขนาดกากถั่วเหลืองเท่ากับ BSMR40 ทดแทนปริมาณการใช้ไขมันร้อยละ 10 และทำการคัดเลือกกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาในการเก็บนานที่สุดที่ผู้ทดสอบยอมรับได้เมื่อนำมาผลิตไส้กรอก พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษากากถั่วเหลืองนาน 8 สัปดาห์ มีคะแนนอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับได้

4. ผลการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ระดับคะแนนความชอบรวมต่อผลิตภัณฑ์อยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย และหากมีผลิตภัณฑ์นี้วางขายในท้องตลาดพบว่าผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์นี้แน่นอนร้อยละ 54 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ มีต้นทุนการผลิต 113 บาท/กิโลกรัม

5. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่เตรียมด้วยกากนมถั่วเหลืองซึ่งผ่านการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ โดยบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มลดลง และค่า TBARS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ พบว่า อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 330/2547) จนถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษา

ข้อเสนอแนะ

การผลิตไส้กรอกหมูบดหยาบ โดยใช้กากนมถั่วเหลืองทดแทนปริมาณการใช้ไขมันหมูแข็งบด พบว่า สามารถใช้วัสดุเศษเหลือจากการผลิตนมถั่วเหลืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ ได้รับคะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงควรปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ให้มีความน่ารับประทานและดึงดูดใจผู้บริโภคมากขึ้น โดยอาจเติมสีจากธรรมชาติ เช่น ปาปริกา หรือข้าวแดง เป็นการช่วยเพิ่มสีสันให้กับผลิตภัณฑ์ให้น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

แก้วตา สุขีทรัพย์. 2549. ถั่วเหลือง ว. ใกล้หมอ 30: 100 -102.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. ถั่วเหลือง (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.doae.go.th (15 มิถุนายน 2554)

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. บริษัทไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ.

เชาวลิต อุปฐาก. 2552. การศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย. วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ธเนศ อิสระมงคลพันธ์. 2550. ไส้กรอก. พิมพ์ครั้งที่1. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่1 สำนักพิมพ์ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ สุทธิวนิช. 2527. ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

บรรจบ ชุนหสวัสดิกุล และ จิรพรรณ มัธยมจันทร์. 2543. คุณค่าถั่วเหลือง. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์รวมทรรศน์. กรุงเทพฯ.

ปุ่นคงเจริญเกียรติและสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. บรรจุภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์หยี่เฮง. กรุงเทพฯ.

ผู้จัดการออนไลน์ (ออนไลน์). 2549. สืบค้นจาก : http://www.Manager.co.th (12 ธันวาคม 2550)

พรทิพย์ เจริญธรรมวัฒน์. 2536. กากนมถั่วเหลือง : อาหารเสริมสุขภาพ ว. อาหาร 23: 62-66.

มณัญญา คำภีระ. 2554. สถานการณ์ถั่วเหลือง.วิชาการปริทัศน์. ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม 2554.

เยาวพา นมัสศิลา. 2549. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงจากปลาแซลมอล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์สหมิตรออฟเซต. กรุงเทพฯ.

วันเพ็ญ มีสมญา. 2543. ถั่วเหลืองในสหัสวรรษใหม่ ว. อาหาร 30: 25-58.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2527. การใช้โปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมในเนื้อสัตว์แทนไส้กรอก ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย): 162-164.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2550. แนวโน้มอาหารเสริมสุขภาพปี 51 (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.kasikornresearch.com (8 มกราคม 2551)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 2527. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่1 สำนักพิมพ์ ธนบรรณการพิมพ์. เชียงใหม่.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.2552. การผลิตถั่วเหลือง (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th (15 มิถุนายน 2554)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง น้ำนมถั่วเหลือง, กระทรวงอุตสาหกรรม.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2548. เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 344 หน้า.

หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ. 2548. นมและผลิตภัณฑ์. วันที่ 20 ถึง 23 กุมภาพันธ์: หน้า 24.

อรุณี สมมณี. 2548. ถั่วเหลืองพืชสารพัดประโยชน์ ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) 20: 50-60.

Ahmed, L.A., Hassan, D.R. and Hemeda, H.M. 2010. Anti-hyperglycemic effects of okara, corn hull and their combination in alloxan induced diabetic rats. World Appl. Sci. J. 9(10): 1139-1147.

Akesowan, A. 2008. Effect of soy protein isolate on quality of light pork sausages containing konjac flour. Afr J Biotech. 7: 4586-4590.

A.O.A.C. 2000. Official Method of Analysis of the Association Official Analytical Chemists. 17 th ed. The Association of Official Analytical Chemist, Inc. Washington, D.C.

Aplevic , K.S. and Demiate, I.M. 2007. Physicochemical analyses of commercial sample of cheese bread premix and production of cheese breads with addition of okara. Cienc. Agrotec., Lavras. 31: 1416-1422.

Arrese, E.L., Sorgentini, D.A., Wagner, J.R. and Anon, M.C.A. 1991. Electrophoretic, solubility and functional properties of commercial soy protein isolates. J. Agric. Food Chem. 39: 1029-1032.

BAM. 2001. Bacteriological Analytical Manual 8th ed. In FDA Bacteriological Analytical Manual Online: The Association Official Analytical Chemists, Inc. Verginia Arlington.

Bejosano, F.P. and Corke, H. 1998. Amaranthus and buckwheat protein concentrate effects on an emulsion-type meat product. Meat Sci. 50: 343-353.

Benjakul, S., Seymour, T.A., Morrisey, M.T. and An, H. 1997. Physiochemical changes in pacific whiting muscle protein during ice storage. J. Food Sci. 62: 729-733.

Berlit , H.D. and Grosch, W. 1986. Food Chemistry. Tranalation from the second German edition by Had iyev D, Springer Verlag, Berlin, Gegmany.

Bourne, M.C. 1976. Effect of sodium alkalis and salts on pH and flavor of soymilk. J. Food Sci. 41 : 62-66.

Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technol. 62-66.

Brown. A. 2004. Understanding food: principles and preparation: 2nd edition. thomson warsworth, beimont.

Buchanan , R.L. 1986. Processed meats as a microbial environment. Food Technol. 40: 134-139.

Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsamal lipid phoxidation. Methods En ymol. 52: 302-304.

Canadian Food Inspection Agency. 1996. The Biology of Glycine max (L.) Merr. (Soybean): Biology Document BIO1996-10. Plant Biosafety Office. Ontario.

Candogan, K. and Kolsarici, N. 2003. The effefts of carrageenan and pectin on some quality characteristics of low-fat beef frankfurters. Meat Sci. 64: 199-206.

Cardello, A.V., Secrist, J. and Smith, J. 1983. Effects of soy particle size and color on the sensory properties of ground beff patties. J. Food Quality. 6: 139-151.

Carlin, F. Ziprin, Y. Zabik, M.E., Kragt, L. Polsiri, A. Bowers, J. Rainey, B. Duyne, F.V. and Perry, A.K. 1978. Texturized soy protein in beef loaves: cooking losses, flavor, juiciness and chemical composition. J. Food Sci. 43: 830-833.

Chan, W.M. and Ma, C.Y. 1999. Acid modification of proteins from soymilk residue (okara). Food Res Int 32: 119-127.

Chan, W.M. and Ma, C.Y. 1999. Modification of protein from soymilk residue (okara) by trypsin. J. Food Sci. 64: 781-786.

Chin, K.B., Keeton, J.T., Longnecker, M.T. and Lamkcy, J.W. 1999. Utilization of soy protein isolate and konjac blend in a low-fat bologna (Model system). Meat Sci. 53: 45-57.

Churjedton, J. 2000. Application of dietary fiber from cocoa husk in frankfurter sausage. Master of Science in Food Technology Prince of Songkla University.

Colmenero, F.J. 1996. Technologies for developing low fat meat products. Trends Food Sci Tech. 7: 41-48.

Comer, F.W., Chew, N., Lovelock, L. and Allan-Wojtas, P. 1986. Comminuted meat products: functional and microstructural effects of fillers and meat ingredients. Can I Food Sc Tech J. 19: 68-74.

Decker, C.D., Conley, C.C. and Richert, S.H. 1986. Use of isolated soy protein in the development of frankfurters with reduced levels of fat, calories and cholesterol. Proceeding of the european meeting of meat research worker. No. 32, Vol II, 7: 333-336.

Dexter, D.R., Sofos, J.N. and Schmidt, G.R. 1993. Quality characteristics of turkey bologna formulated with carrageenan, starch, milk and soy protein. J. Muscle Foods. 4: 207-223.

Dharmaveer, S., Rajkumar, V. and Mukesh, K.P. 2007. Quality and shelf-life of smoked chevon sausages packed under vacuum and stored at 4±1 °C. Am. J. Food Technol. 2: 238-247.

D udie, T., Scher, J. and Hardy, J 2002. Common baen flour as an extender in beef sausages. J. Food Eng. 52: 143-147.

Ellekjaer, M.R., Naes, T. and Baardseth, P. 1996. Milk proteins affect yield and sensory quality of cooked sausages. J. Food Sci. 61: 660-666.

Fra ier, W. C. and Westhoff, D. C. 1981. Food Microbiology. 3rd ed. New York : Mc Graw Hill.

Genta, H.D., Genta, M.L., Alvare , N.V. and Santana, M.S. 2002. Production and acceptance of a soy candy. J. Food Eng. 53: 199-202.

Giese, J. 1992. Development of low-fat meat products. Food Technol. 50(9): 100-108.

Giese, J. 1994. Proteins as ingredients: types, functions, applications. Food Technol 48(10): 50-60.

Gnanasambandam, R. and Zayas, J.F. 1992. Functionality of wheat germ protein in comminuted meat products as compared with corn germ and soy protein. J. Food Sci. 57: 829-833.

Gordon, M.H. 2001. The development of oxidative rancidity in food. In Antioxidant in Food.

Gujral, H.S., Kaur, A., Singh, N. And Soodhi, S.N. 2002. Effect of liquid whole egg, fat and textured soy protein on the textural and cooking properties of raw and baked patties from goat meat. J. Food Eng. 53: 377-385.

Ho, K.G., Wilson, L. A. and Sebranek, J. G. 1997. Dried soy tofu powder effects on frankfurters and pork sausage patties. J. Food Sci. 62 : 434 – 437.

Jacobsen, B.K., Knutsen, S.F. and Fraser, G.E. 1998. Does high soy milk intake reduce prostate cancer incidence the adventist health study (United States). Cancer Causes Control. 9: 553-557.

Jadhav, S.J., Nimbalkar S.S., Kulkarni, A.D. and Madhavi, D.L. 1995. Lipid oxidative in biological and food systems. *In*. Food Antioxidants. Madhavi, D.L., Deshpande, S.S. and Salunkhe, D.K. (eds). New York.

Japakaset, J., Wongkhalaung, C. and Leelawatcharamas, V. 2009. Utili ation of soybean residue to produce monacolin K-cholesterol lowering agent. Songklanakarin J. Sci. Technol. 31(1): 35-39.

Judge, M.D., Haugh, C.G., Zachariah, G.L., Parmelee, C.E., and Pyle, R.L. 1974. Soya additives in beef patties. J. Food Sci. 39: 137-139.

Kasai, N. Murata, A. Inui, H. Sakamoto, T. and Kahn, R. I. 2004. En ymatic high digestion of soybean milk residue (Okara). J. Food Chem. 52: 5709-5716.

Keeton, J.T. 1997. Non-meat ingredients for low/non fat processed meats. Reciprocal Conference Proceedings 49: 23-31.

Kennedy, A. R. 1995. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. J. Nutr. 125: 733-743.

Khare, S.K., Jha, K. and Gandhi, A.P. 1994. Single cell production by solid state fermentation of okara (soy-residue). Poll Res. 13: 417-402.

Khare, S.K., Jha, K. and Gandhi, A.P. 1995. Citric acid production from okara (soy-residue) by solid-state fermentation. Bioresour. Technol. 54 : 323-325.

Kim, Y.A. 2000. Soy bean curd residue (biji) as a dietary fiber source in cake. J. Food Sci. Niurt. 5: 160-164.

Kinoshita, S., Kittikun, H.A. and Pinthong, R. 1985. Production of riboflavin from waste of tofu (soybean curd). Annu, Rep. ICBiotech. 8: 322-324.

Kittikun, A. and Tani Y. 1986. Preliminary study on microbial production of lipase using soybean residue from tofu making process. Ann, Rep. ICBiotech. 9: 275-276.

Korkeala, H. and Lindoth, S. 1987. Differences in microbial growth in the surface layer and at the center of vacuum-packed cooked ring sausages. Int. J. Food Microbiol. 4: 105-110.

Korkeala, H. and Makela, P. 1989. Characteri ation of lactic acid bacteria from vacuum-packed cooked ring sausages. Int. J. Food Microbiol. 9: 33-43.

Kramlich, W.E. 1975. The science of meat and meat products. Sanfrancisco: W.H. Freeman and Company.

Lakashmanan, R. Lamballerie, M. and Jung, S. 2006. Effect of soybean-to-water ratio and pH on pressuri ed soymilk properties. J. Food Sci. vol. 71, Nr.9: E384-E391.

Larmond, E. 1977. Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food. Publication No. 1637. Food Research Institute, Canada department of Agriculture, Ottawa.

Lee, S.C., Prosky, L. and De Vries, J.W. 1992. Determination of total insoluble and soluble dietary fiber in food-En ymatic-Gravimetric method, MES-TRIS buffer: Collabarative study. J. AOAC International. 75: 395-461.

Li, F. D., Li, X., Sotome, I. and Isobe, S. 2007. Effect of different electric fields on temperature rise, energy efficiency ratio, and solids content during electro-osmotic dewatering of tofu residue (okaro). Food Res. Inst. 71: 15-26.

Lin, C.S. and Zayas, J.F. 1987. Protein solubility, emulsifying stability and capacity of two defatted corn germ protein. J. Food Sci. 52: 1615-1649.

Linn, C.S. and Zayas, J.T. 1987. Influence of corn germ protein on yield and quality characteristics of comminuted meat products in a model system. J. Food Sci. 52: 545-550.

Liu, K. 1997. Soybeans chemistry technology and utili ation. Chapman and Hall, New York. 532p

Lucca, P.A. and Tepper, B.J. 1994. Fat replacers and functionality of fat in foods. Trends Food Sci Tech. 5: 12-19.

Lumen, B. O. 2005. Lunasin a cancer-preventive soy peptide. Nutrition Reviews, Vol. 63, No.1. p 16-21.

Lyonsa, P.H., Kerry, J.F., Morrissey, P.A. and Buckley, D.J. 1999. The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages. Meat Sci. 51: 43-52.

Ma, C.Y., Liu, W.S., Kwok, K.C. and Kwok, F. 1997. Isolation and Characteri ation of Protein from Soymilk Residue (Okara). Food Res Int. 29: 799-805.

Mallika, E.N. and Prabhakar, K. 2011. Physico-chemical properties of low fat pork sausage. J. Agr Environ Ethic. 10: 160-162.

Matsumoto, K., Watanabe, Y. and Yokoyama, S. 2007. Okara soybean residue, prevents obesity in a diet-induced murine obesity model. Biosci. Biotechnol. 71: 720-727.

McMindes, M.K. 1991. Application of isolated soy protein in low-fat meat products. Food Technol: 45(12): 61-64.

Mendo a, E., Garcia, M.L., Casas, C. and Selgas, M.D. 2001. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. Meat Sci. 57: 387-393.

Messina, M. J., Persky, V., Setchell, K. D. R. and Barnes, S. 1994. Soy intake and cancer risk: A review of the in vitro and in vivo data. Nut. Cancer. 21: 113-131.

Migule, N.G., Seros, M.I. A. and Belloso, O.M. 1999. Characterisation of low-fat high-dietary fiber frankfurters. Meat Sci. 52: 247-256.

Minerich, P.L., Addis, P.B., Epley, J. and Bingnam, C. 1991. Properties of wild rice/ground beef mixtures. J. Food Sci. 56: 1154-1157.

Moyad, M.A. 1999. Soy disease prevention and prostate cancer. Semin Urol Oncol. 17: 97-102.

Mustapha, A. 2005. Puffing of okara rice blends using a rice cake machine. Ph.D. Dissertation. University of Missouri-Columbia.

Nakamura, Y. Kurosumi, A. and Mtui, G. 2008. Manufacturing method of okara-containing soybean curd using steam explosion. J. Food Technol. 6(3): 135-138.

Nakatami, N. and Ikeda, K. 1984. Isolation of antioxidative lignan from papua mace. J. Food Sci Nutr. 32: 67-103.

Narvel, J.M., W. R. Fehr, and Weldon, L.C. 2000. Analysis of soybean seed lipoxygenases. Crop Sci. 40: 838-840.

Nawar, W.W. 1996. Lipid. *In* Food Chemistry. 3rd (Fennema, O.R. ed.). p. 225-320. Marcel Dekker, Inc. New York.

Nuntisak, R. 2001. Formulation of dietary fiber enriched bakery products containing dried okara and defatted dried okara. M.S. Thesis, Mahidol University. Bangkok.

Ohno, A., Ano, T. and Shoda, M. 1995. Effect of Temperature on Production of Lipopeptide Antibiotics, Iturin A and Surfactin by a Dual Producer, Bacillus Subtilis RB14, in Solid-State Fermentation. J. Ferment Bioeng. 80: 517-519.

Ohno, A., Ano, T. and Shoda, M. 1996. Use of soybean curd residue (okara) for the solid state substrate in the production of a lipopeptide antibiotic, lturin A, by Bacillus subtilis NB22. Process Biochem. 31(8): 801-806.

O'Toole, D.K. 1999. Characteristics and use of okara, the soybean residue from soy milk production-a review. J. Agric Food Chem. 47: 363-371.

Padgette, S. R., Taylor, N. B., Nida, D. L., Bailey, M. R., MacDonald, J., Holden, L. R. and Fuchs, R. L. 1996. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. J. Nutr. 126: 702-716.

Papadima, S.N. and Bloukas, J.G. 1999. Effect of fat level and storage conditions on quality characteristics of traditional greek sausages. Meat Sci. 51: 103-113.

Papamanoli, E., T anetakis, N., Litopoutou-T anetaki, E. and Kot ekidou, P. 2003.

Characteri ation of lactic acid bacteria isolated from a greek dry-fremented sauage respect of their technological and probiotic properties. Meat Sci. 65: 859-867.

Papavergou, E.J., Bloukas, J.G. and Doxastakis, G. 1999. Effect of lupin seed proteins on quality characteristics of fermented sausage. Meat Sci. 52: 421-427.

Parks, L.L., and Carpenter, J.A. 1987. Functionality of six nonmeat protein in meat emulsion systems. J. Food Sci. 52: 271-274.

Pearson, A.M. and Gillett, T.A. 1996. Processed Meat. 3 rd, Chapman and Hall. New York.

Pearson A.M. 1997. Principle and application in production of reduce and low fat products. *In* Production and Processing of Healthy Meat, Poltry and Fish Products. (Pearson AM and Dutson TR, eds.) Advances in Meat Research Series Volume 11. Blackie Academic & Professional. London. P65-83.

Pietrasik, Z. 1999. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. Meat Sci. 51: 17-25.

Pietrasik, Z. and Duda, Z. 2000. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausage. Meat Sci. 56: 181-188.

Ranem, P.M. and Destefanis, V.A. 1987. Bleaching of flour and dietary fiber products. Cereal Food World. 34: 984-988.

Ray, F.K., Parrett, N.A., Van Stavera, B.D. and Ockerman. 1981. Effect of soy level and storage time on the quality characteristics of ground beef patties. J Food Sci. 46: 1662-1664.

Robert, T.A. and Skinner, F.A. 1983. Food Microbiology: Advances and Prospects. London : Academic Press. p. 46-66

Ruban, S.W., Kalaikannan, A. and Rao, V.A. 2009. Physico-chemical characteristic of pork sausage during refrigerated storage. Veterinary World. 2(3): 95-97.

Sachindra, N.M., Sakhare, P.Z., Yashoda, K.P. and Rao, D.N. 2005. Microbial profile of buffalo sausage during processing and storage. Food Control. 16: 31-35.

Saidu, J. E. P. 2005. Development, Evaluation and Characteri ation of Protein-Isoflavone Enriched Soymilk. Ph.D. Philosophy. Louisiana State University.

Serdaroglu, M. and Sapanci-O sumer, M. 2003. Effects of soy protein, whey powder and wheat gluten on quality characteristics of cooking beef sausages formulated with 5, 10 and 20% fat. Electronic Journal of Polish Agricultural University Series: Food Sci Technol. 6

Shamberger, R.J., Shamberger, B.A. and Willis, C.E. 1971. Malonaldehyde content of food. J.Nutr. 107: 1404-1409.

Smith, G.C., Juhn, H. Carpenter, Z.L., Mattil, K.F. and Cater C.M. 1973. Efficacy of protein additives as emulsion stabili ers in frankfurters. J Food Sci. 38: 849-855.

Sofos, J.N. and Allen, C.E. 1977. Effects of lean meat source and levels of fat and soy protein on the properties of wiener type products. J Food Sci. 42: 875-878.

Speck, M.L. 1984. Compendium of methods for the microbiological examination of food. In American Public Health Association (Wick, D.C.). p. 1707-1709. Acdemic Press. Washington, DC.

St. Anglo, A.J. 1996. Lilid oxidation in food. Food Sci and Nutri. 36: 175-224.

Suman, S.P. and Sharma, B.D. 2003. Effect of grind si e and fat levels on the physico-chemical and sensory characteristics of low-fat ground buffalo meat patties. Meat Sci. 65: 973-976.

Taki, G.H. 1991. Functional ingredient blend produces low-fat meat products to meet consumer expectations. Food Technol. 45(11): 70-74.

Tarachai, P., Thongwittaya, N. and Kamisoyama, H. 1999. Effective utili ation of soybean curd residue for chicken feed as a plant protein source. Jpn. Poult. Sci. 36: 311-318.

Trongpanich, K., Hiraga, C., Hengsawadi, D. and Phawsungthong, U. 2000. Feasibility study on production of dietary fiber concentrate from soymilk residue. In Proceeding of Third International Soybean Processing and Utili ationc onference. pp 95-96.

Trout, E.S., Hunt, M.C., Joohnson, D.E., Claus, J.R., Kastner, C.L. and Kropf, D.H. 1992. Chemical, physical and sensory characteristics ground beef containing 5 – 30% fat. J. Food Sci. 57: 19-24.

Walis ewski, K.N., Pardjo, V. and Carreon, E. 2002. Physicochemical and sensory properties of corn tortillas made from nixtamali ed corn flour fortified with spent soymilk residue (okara). J. Food Sci. 6: 3194-3197.

Wills, R.B.H. and Rabirullah, M. 1981. Use of sunflower protein in sausages. J. Food Sci. 46: 1657-1658.

Xie, M., Huff, H.,Hsieh, F. and Mustapha, A. 2008. Puffing of okara/rice blends using a rice cake machine. J. Food Sci. 73: E341-E348.

Yang, H.S., Choi, S.G., Jeon, J.T., Park, G.B. and Joo, S.T. 2007. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. Meat Sci. 75: 208-289.

Zayas, F.J. and Lin, C.S. 1988. Quality characteristics of frankfurter containing corn germ protein. J. Food Sci. 53: 1587-1591.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ค่าทางเคมี

ก1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์

1. ตู้อบไปไฟฟ้า
2. ภาชนะหาความชื้น
2. โถดูดความชื้น
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักภาชนะแล้วอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1-3 กรัม ใส่ในภาชะหาความชื้น
3. อบตัวอย่างในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ105±2^{o} ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบ ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักภาชนะแล้วอบซ้ำจนได้น้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_1}$$

กำหนดให้ W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ก2. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดก้นกลมใส่ตัวทำละลายซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)
3. ตู้อบไฟฟ้าและเครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
4. ปิโตรเลียมอีเทอร์
5. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดก้นกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชม. นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักประมาณ 1-2 มิลลิกรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
3. นำตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต
4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดหาไขมัน ปริมาตร 150 มิลลิลิต แล้ววางบนเตาให้ความร้อน
5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับเตาความร้อนให้หยดของสารละลายทำการกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอกเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารทำละลายในขวดก้นกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย
7. นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง จึงนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของขวดก้อนกลมลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
8. อบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) = $\frac{(W_2 \times 100)}{W_1}$

กำหนดให้ W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักไขมันหลังอบ (กรัม)

ก3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ประกอบด้วย เตาและหลอดย่อยสำหรับใส่ตัวอย่าง
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
3. ปิเปต
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารเร่งปฏิกิริยา : คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วน ต่อ โปแตสเซียมซัลเฟตแอนไฮรัส (K_2SO_4) 9 ส่วน
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 (น้ำหนักโดยปริมาตร)
4. สารละลายกรดบอร์ริก (H_3BO_3) เข้มข้นร้อยละ 4 (น้ำหนักโดยปริมาตร)
5. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มอล
6. สารละลายอินดิเคเตอร์ : นำเมทิลเรด (methyl red) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ผสมกับโบรโมคลีซอลกรีน (bromocresol green) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาณ 200 มิลลิลิต

วิธีการ

1. ชั่งตัวให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 ,มิลลิลิตร

3. นำไปย่อยบนเตาย่อยโปรตีนจนได้สารละลายสีฟ้าใส
4. ทิ้งไว้ให้เย็นและเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร
5. จัดอุปกรณ์กั่น
6. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และเติมสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 (น้ำหนักโดยปริมาตร) 40 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 5-7 หยด รองรับของเหลวที่กลั่นได้โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่น จุ่มอยู่ในสารละลายกรด ให้ความร้อนจนแอมโมเนีย (NH3) ถูกกลั่นจนหมด
7. กลั้นให้ได้ของเหลวในขวดรูปชมพู่ประมาณ 100-150 มิลลิลิตร
8. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง
9. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-8

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a - b) \times N \times 14.007 \times \text{Factor}}{W}$$

กำหนดให้ a คือ ปริมาตรของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
b คือ ปริมาตรของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับแบลงค์ (มิลลิลิตร)
N คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือ (นอร์มอล)
W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

14.007 = น้ำหนักสมมูลของไนโตรเจน

Factor = 5.71 (ถั่วเหลือง)

ก4. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
3. โถดูดความชื้นและเครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
2. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบออกจากเตาเผาใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของกระเบื้องเคลือบลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอนแล้วนำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน
4. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบพร้อมตัวอย่างใส่ในเตาเผา
5. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส
6. นำออกมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
7. ชั่งน้ำหนักเถ้าพร้อมถ้วยกระเบื้องเคลือบ

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{W_2 \times 100}{W_1}$$

กำหนดให้ W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

ก5. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดหาปริมาณเยื่อใย ประกอบด้วย บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร อุปกรณ์ควบแน่น และอุปกรณ์ให้ความร้อน
2. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 54
3. ขวดกรองแบบสุญญากาศ (suction flask)
4. กรวยกรอง (buchner funnel)
5. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
6. ตู้อบไฟฟ้าและเครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
7. เตาเผ่า
8. โถดูดความชื้น

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1.25
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1.25
3. เอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95

วิธีการทดลอง

1. นำกระดาษกรองวางบนกระจกนาฬิกา อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่ในโถดูดความชื้นเก็บไว้ใช้กรองในขั้นตอนต่อไป
2. ชั่งตัวอย่างซึ่งผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว ลงในบีกเกอร์ทรงสูงสำหรับวิเคราะห์สารเยื่อใยขนาด 600 มิลลิลิตร
3. เติมกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 200 มิลลิลิตร
4. วางบีกเกอร์บนอุปกรณ์ให้ความร้อนซึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ ควบแน่น แล้วเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่น พร้อมปิด สวิทซ์ไฟ
5. ต้มให้เดือดนาน 30 นาที
6. กรองขณะร้อนผ่านกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้ว
7. ล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นด่าง
8 ถ่ายกากที่ได้ลงในบีกเกอร์ใบเดิม
9. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1.25 ปริมาณ 200 มิลลิลิตร
10. วางบีกเกอร์บนอุปกรณ์ให้ความร้อนซึ่งต่อกับอุปกรณ์ควบแน่นเช่นเดิม และต้มต่ออีก 30 นาที
11 กรองขณะร้อนผ่านกระดาษกรองแผ่นเดิม
12. ล้างด้วยน้ำร้อนจนน้ำล้างหมดความเป็นด่าง
13. ล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 95) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร
14 นำกระดาษกรองพร้อมกากใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ อบแห้งในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
15. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำอีกครั้ง 30 นาที จนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
16. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบพร้อมกากที่อบแห้งแล้วไปเผา
17 คำนวณหาปริมาณสารเยื่อใยจากสูตร

$$\text{ปริมาณสารเยื่อใย (ร้อยละ)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างหลังอบและหลังเผา x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ก6. การหาค่า TBARS (Thiobarbituric acid reactivie substance) (Buege and Aust, 1978)

อุปกรณ์

1. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
2. ออโตปิเปต
3. หลอดฝาเกลียว
4. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง(spectrophotometer)
5. เครื่องแยกเหวี่ยง

สารเคมี

1. กรดไธโอบาร์บิทูริก (TBA) ร้อยละ 0.375
2. กรดไตรคลอโรอะซิติก (trichloroacetic acid) ร้อยละ 15
3. กรดไฮโดรคลอริก 0.25 นอร์มอล

วิธีการ

1. เติมตัวอย่าง 0.1 กรัม ในสารละลาย TBARS ปริมาณ 4.0 มิลลิลิตร.
2. นำมาโฮโมจิซ์เป็นเวลา 1 นาที ด้วยความเร็วต่ำสุด
3. ต้มสารละลายผสมในน้ำเ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
4. ทำให้สารละลายผสมมีอุณหภูมิลดลงโดยน้ำไหลผ่าน
5. เหวียงแยกสารละลายที่ความเร็วรอบ 3,600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร
7. เตรียมสารละลายมาตรฐาน โดยใช้มาโลนอัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นจาก 0-6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
8. คำนวณค่า TBARS (thiobarbituric acid reactivie substance) ในรูปของมาลอนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง

ก7. การวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) (Benjakul *et al*., 1997)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดพีเอช
2. บีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ 150 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั้น 50 มิลลิลิตร โฮโมจิไนส์นาน 2 นาที
2. วัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ

ข1. การวัดเนื้อสัมผัส โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis : TPA) (Bourne, 1978)

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างไส้กรอกหลังอบ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที หั่นตัวอย่างเป็นท่อนยาว 2 เซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 เซนติเมตร) ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2i
2. หัววัด Cylinder Probe P/50
3. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูป

วิธีการ

1. เปิดเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสและคอมพิวเตอร์ และเลือกโปรแกรมสำเร็จรูป ทำการ calibrate เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ลูกตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม
2. ติดตั้งหัววัด (Cylinder Probe P/50) และวางฐานตัวอย่างบนเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส แล้วทำการ Calibrate หัววัด
3. เลือก T.A. setting เพื่อตั้งสภาวะของเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที และกด 50 เปอร์เซ็นต์ของชิ้นตัวอย่าง

ข2. การวัดค่าสี โดยเครื่องวัดสี Hunter Lab

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างไส้กรอกหลังอบ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที หั่นตัวอย่างเป็นชิ้นตามขวางหนา 0.5 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color Flex

วิธีการ

1. เปิดคอมพิวเตอร์และเลือกโปรแกรมสำเร็จรูป
2. ทำการ Calibrate เครื่องวัดสีด้วยแผ่นสีมาตรฐาน ดังนี้

เลือก Standardize แล้วเลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Port Size เท่ากับ 0.5 นิ้ว
วางแผ่นสีดำ โดยวางด้านสีดำมันลงบน Port
วางแผนสีขาว โดยให้จุดสีขาวบนแผ่นสีอยู่กึ่งกลาง Port

3. กำหนดค่าในการวัด โดยเลือก Active view

3.1 Scale เลือก CIELAB เพื่อให้เครื่องวัดค่าสีในระบบ Hunter Lab (ค่าที่วัดได้จะเป็น ค่า L* a* b*)

เลือกค่าแหล่งกำเนิดแสง (IIuminant) และค่าแหล่งแสงอ้างอิง (MI IIuminant) เท่ากับ D65
วางตัวอย่างลงบน Port แล้วปิดผาครอบ เพื่อมิให้มีแสงรบกวนจากภายนอก
เริ่มวัดสีโดยเลือก Read sample และรอจนเครื่องอ่านค่าเสร็จ

ข3. การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity;a_w)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ยี่ห้อ Novasina รุ่น Thermoconstanter
2. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูป

วิธีการ

1. เปิดเครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ให้ได้ 25 องศาเซลเซียส แล้ว Calibrate เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยสารละลายเกลือมาตรฐาน
2. เปิดคอมพิวเตอร์และเลือกโปรแกรมสำเร็จรูป
3. บดตัวอย่างให้ละเอียดแล้วบรรจุลงในตลับพลาสติกให้ได้ปริมาณโดยประมาณร้อยละ 80-90 แล้วนำตลับตัวอย่างใส่ลงใน Measuring chamber
4. ค่าที่วัดได้เป็นค่า Equilibium relative humidity (ERH) เมื่อหารด้วย 100 จะได้ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ตามที่ต้องการ

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ค่าทางจุลินทรีย์

ค1. การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. สารละลายเปปโตนเข้มข้นร้อยละ 0.1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ลงในถุง stomacher แล้วเติมสารละลายเปปโตนเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร. แล้วตีป่นด้วยเครื่อง stomacher นาน 30 วินาที
2. ทำการเจือจางตัวอย่างให้มีระดับความเจือจาง 1:10, 1:100, 1:1000 และ 1:10000 ตามลำดับ
3. ปิเปตตัวอย่างในแต่ละระดับความเจือจางใส่จานเพาะเชื้อจานละ 1.0 มิลลิลิตร ทำระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ
4. เทอาหาร PCA ซึ่งกำลังหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 15–20 มิลลิลิตร
5. เขย่าจานเพาะเชื้อให้อาหารเลี้ยงเชื้อผสมกับตัวอย่างอาหารโดยการหมุนจานเพาะเชื้อในทิศตามเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทวนเข็มนาฬิกาอีก 5 ครั้ง ทำอย่างระมัดระวังและรวดเร็วเพื่อไม่ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวก่อน

6. ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว กลับจานเพาะเชื้อแล้วนำบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชม.
7. นับจำนวนโคโลนีที่ปรากฏในจานเพาะเชื้อ โดยเลือกนับจานที่มีจำนวนจุลินทรีย์ 30-300 โคโลนี แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นจำนวนโคโลนีต่อ 1 กรัมอาหาร

ค2. วิเคราะห์ปริมาณยีสต์รา (Speck, 1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato dextrose agar (PDA)
2. สารละลายเปปโตนเข้มข้นร้อยละ 0.1
3. สารละลายกรดทาร์ทาริกเข้มข้นร้อยละ 1

วิธีการ

1. ปิเปตสารละลายกรดทาร์ทาริกเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร. ลงในอาหาร PDA ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. เทอาหาร PDA ซึ่งกำลังหลอมเหลวและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 15-20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว
3. ทำการเจือจางด้วยสารละลายเปปโตนเข้มข้นร้อยละ 0.1 ให้มีระดับความเจือจาง 1:10, 1:100,1:1000 และ 1:10000 ตามลำดับ
4. ปิเปตตัวอย่างในแต่ละระดับความเจือจางใส่จานเพาะเชื้อจานละ 0.1 มิลลิลิตร ทำระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ
5. ใช้ Spreader เกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วบริเวณผิวหน้าอาหาร
6. บ่มเชื้อทีอุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน
7. นับจำนาวโคโลนีที่ปรากฏในจานเพาะเชื้อ โดยเลือกนับจานที่มีจำนวนยีสต์และราอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี แล้วหาค่าเฉลี่ยคิดเป็นจำนวนโคโลนีต่อ 1 กรัมอาหาร

ภาคผนวก ง. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ง1. แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบซึ่งผ่านการปรับปรุงส่วนผสมด้วยการเติมกากนมถั่วเหลือง

แบบทดสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบที่ผู้บริโภคต้องการ เพื่อประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การใช้ประโยชน์จากกากนมถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตนมถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ ของนางสาวพิไลวรรณ ธารายศ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ข้อมูลเหล่านี้จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณที่ท่านให้ความร่วมมือ ณ โอกาสนี้ด้วย

ส่วนที่ 1. ลักษณะทางประชากรศาสตร์

<u>**คำแนะนำ**</u> กรุณาทำเครื่องหมาย✓ ใน ☐ ที่ตรงกับท่านมากที่สุด

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ 15-20 ปี ☐ 21-30 ปี

☐ 31-40 ปี ☐ 41-50 ปี

☐ 51-60 ปี

3. อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษา ☐ บริษัทเอกชน

☐ รับราชการ ☐ ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว

☐ แม่บ้าน ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

4. การศึกษาสูงสุด

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษา ☐ มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า

☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

☐ ต่ำกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000-7,500 บาท

☐ 7,501-10,000 บาท ☐ 10,001-12,500 บาท

☐ มากกว่า 12,500 บาท

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการซื้อและการบริโภคผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

6. ปกติท่านชอบรับประทานไส้กรอกหรือไม่

☐ ชอบ

☐ ไม่ชอบ

7. ท่านรับประทานไส้กรอกบ่อยเพียงไร

☐ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

☐ น้อยกว่าสัปดาห์ละครั้ง

☐ มากกว่าสัปดาห์ละครั้ง

8. ปกติท่านซื้อไส้กรอกที่ไหน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ห้างสรรพสินค้า

☐ ตลาด

☐ ร้านสะดวกซื้อ เช่น 7- Eleven

☐ แม่ค้ารายย่อยทั่วไป

☐ อื่น ๆ โปรดระบุ .....

9. ปริมาณการซื้อไส้กรอกในแต่ละครั้ง

☐ ซื้อเพื่อบริโภค 1 มื้อ

☐ ครึ่งกิโลกรัม/ครั้ง

☐ มากกว่าครึ่งกิโลกรัมต่อครั้ง

ส่วนที่ 3 ความชอบผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบผสมกากนมถั่วเหลืองของผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาสูตรขึ้นเพื่อประโยชน์ของผู้บริโภคด้านสุขภาพ เนื่องจากไส้กรอกที่มีขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาดมีองค์ประกอบของไขมันอยู่สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ลดปริมาณไขมันในสูตรลง โดยใช้กากนมถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตนมถั่วเหลืองเป็นสารทดแทนไขมัน และนอกจากผู้บริโภคจะได้รับไขมันในปริมาณที่น้อยลงแล้วยังได้รับกากใยอาหารในปริมาณที่เพิ่มขึ้นด้วยจากการเติมกากนมถั่วเหลือง

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาชิมตัวอย่างที่นำเสนอ และทำเครื่องหมาย ✓ ใน □ ที่ตรงกับความรู้สึกที่ท่านมีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบมากที่สุด

คุณลักษณะ	ชอบมาก (7)	ชอบปานกลาง (6)	ชอบเล็กน้อย (5)	เฉย ๆ (4)	ไม่ชอบเล็กน้อย (3)	ไม่ชอบปานกลาง (2)	ไม่ชอบมาก (1)
ลักษณะปรากฏ							
เนื้อสัมผัส							
สี							
กลิ่น							
ความชอบรวม							

10. ถ้ามีไส้กรอกตัวอย่างที่ให้ชิมวางขายในท้องตลาด ท่านจะซื้อหรือไม่

□ ซื้อแน่นอน

□ บางทีอาจจะซื้อ

□ ไม่ซื้อแน่นอน

11. ถ้าวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบผสมกากนมถั่วเหลืองในราคาชิ้นละ 15บาท (ขนาดความยาว 15 เซนติเมตร น้ำหนัก 60 กรัม โดยประมาณ) ท่านจะซื้อหรือไม่

□ ซื้อ □ ไม่ซื้อ ระบุราคาที่ควรเป็น……..

12. ข้อเสนอแนะ

……..……

……

……

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือ

ง2. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale

ชื่อผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูบดหยาบผสมกากนมถั่วเหลือง

ชื่อผู้ทดสอบ……วันที่…….เวลา…….

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ แล้วใส่ระดับความชอบของปัจจัยที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ระดับความชอบ

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ						
	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส
ลักษณะปรากฏ							
เนื้อสัมผัส							
สี							
กลิ่น							
ความชอบรวม							

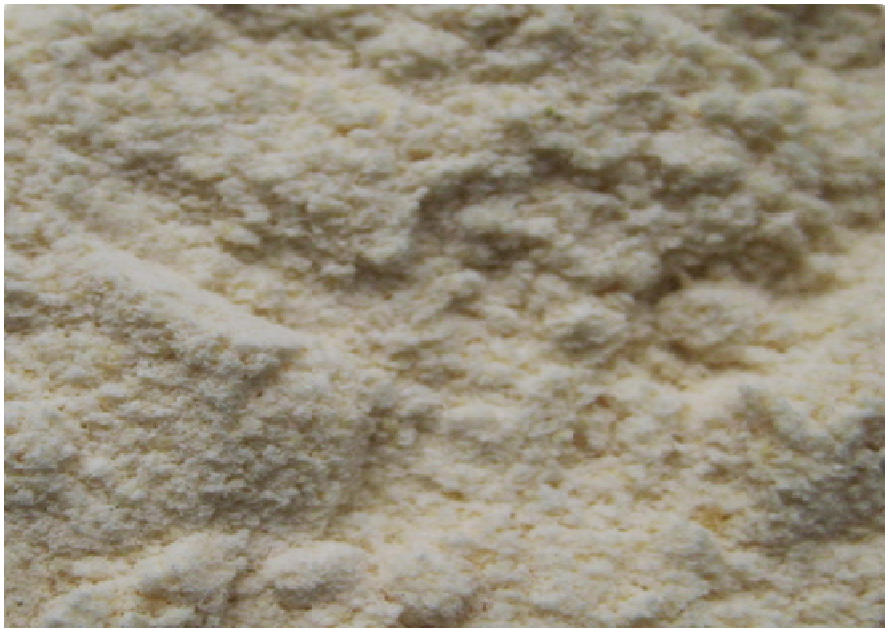
ข้อเสนอแนะ……..

……

Appendix figure 1. soymilk residue original sizes

Appendix figure 2. soymilk residue with a sizes grander than 20 mesh

Appendix figure 3. soymilk residue with a sizes ranged from 20 mesh to 40 mesh



Appendix figure 4. soymilk residue with a sizes smaller than 40 mesh

Appendix figure 5. boiled soymilk residue with a sizes smaller than 40 mesh

Appendix figure 6. Raw coarse ground pork sausage

Appendix figure 7. Coarse ground pork sausage in vacuum packed

Appendix figure 8. Coarse ground pork sausage after cook at 125 ° C

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวพิไลวรรณ ธารายศ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4911020020

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี	2548

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Tharayos, P. and Adulyatham, P. 2009.Effects of soymilk residue as fat replacer on the physico-cammical properties and sensory characteristics of fresh pork sausage. The 10th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering. Suranaree University of Technilogy, Nakhon Ratchasima, Thailand.