ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้เต้าหู้และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในการผลิตหมูยอเทียม

(Use of Tofu and Isolated Soy Protein in the production of Vietnam Sausage Analog)

โดย

นางสาวเปรมฤดี สุวรรณธนาสาร รหัสประจำตัว 41044414
นางสาวอมศิริ จันทร์หอม รหัสประจำตัว 41044440

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ ..... เดือน..... พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18376

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้เต้าหู้และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในการผลิตหมูยอเทียม

(Use of Tofu and Isolated Soy Protein in the production of Vietnam Sausage Analog)

T097027

โดย

นางสาวเปรมฤดี สุวรรณธนาสาร รหัสประจำตัว 41044414
นางสาวอมศิริ จันทร์หอม รหัสประจำตัว 41044440

รายงานปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

ป พ.
ป 713 ก
2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....97027
วัน,เดือน,ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรมฤดี สุวรรณธนาสาร และ อมศิริ จันทร์หอม. 2544. : การใช้เต้าหู้และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในการผลิตหมูยอเทียม (Use of Tofu and Isolated Soy Protein in the production of Vietnam Sausage Analog). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์

การทดลองนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเต้าหู้ 92 : 8 ตามลำดับ และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพื่อการผลิตหมูยอเทียม จากการศึกษาการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ที่ระดับต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า การใช้ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ระดับ 30 % : Fat emulsion 10 % ของน้ำหนักรวมในเต้าหู้และกลูเต็น และ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ระดับ 30% : Fat emulsion 30% โดยคะแนนเฉลี่ยด้าน สี ความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อทำการวัดค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ระดับ 30% Fat emulsion 10% มีค่าเฉลี่ยของลักษณะเนื้อสัมผัสมากที่สุด

และการใช้คาราจีแนนเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสพบว่า การใช้คาราจีแนนที่ระดับไม่เกิน 0.6% จะให้ค่าเฉลี่ยคะแนนด้านการทดสอบทางประสาท สัมผัสสูงสุดและสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อวัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer เช่นกัน

น.ส. เปรมฤดี สุวรรณธนาสาร .... ๑ ธ.ค. ๔๕

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน / เดือน / ปี

น.ส. อมศิริ จันทร์หอม .....

ลายมือชื่อนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อสถาบันวิจัยพืชไร่ ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีพืชไร่ บางเขน กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เพื่อใช้ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ เยาวลักษณ์ สุรพันธพิสิษฐ์ ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ทั้งให้คำแนะนำและสละเวลารับฟังคำปรึกษา ขอขอบพระคุณ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการ ทั้งให้ข้อชี้แนะต่าง ๆ ขอขอบคุณ พี่วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงษ์ พี่โสรยา และพี่แอ๋ว ที่คอยให้คำแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือและ อุปกรณ์ รวมทั้งเทคนิคต่าง ๆ ในการทำปัญหาพิเศษ ขอขอบคุณพี่มยุรี พันธุ์หิรัญ ผู้ประสานงานในการขอพันธุ์ถั่วเหลืองในครั้งนี้ รวมทั้งพี่ ๆ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ พี่ ๆ นักศึกษาปริญญาโท เพื่อน ๆ ที่น่ารัก ที่ช่วยในการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ และให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจให้ตลอดมา จนทำให้ปัญหาพิเศษและรายงานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และที่สำคัญที่สุดคือ คุณพ่อคุณแม่ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่าน ด้วยใจจริงไว้ ณ ที่นี้

เปรมฤดี สุวรรณธนสาร

(นางสาวเปรมฤดี สุวรรณธนสาร)

อมศิริ จันทร์หอม

(นางสาวอมศิริ จันทร์หอม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 : คำนำ	1
บทที่ 2 : วารสารปริทัศน์	2
บทที่ 3 : อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน	13
บทที่ 4 : ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	19
บทที่ 5 : สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	29
ภาคผนวก ก : แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัส	30
ภาคผนวก ข : วิธีการตรวจสอบและการวิเคราะห์ทางกายภาพ	31
ภาคผนวก ค : รูปภาพของส่วนผสมในกระบวนการผลิตหมูยอเทียม	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณและชนิดของโปรตีนโดยการใช้ Ultracentrifuge แยกจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ละลายน้ำได้	4
2.2	อุณหภูมิและปริมาณของสารตกตะกอนที่ใช้	5
2.3	การเปรียบเทียบสมบัติของคาร์ราจีแนนแต่ละชนิด	12
3.1	การใช้ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ที่ระดับต่าง ๆ กัน รวมทั้งส่วนประกอบและเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ในการทำหมูยอเทียม	17
4.1	แสดงค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid : TSS) pH ในน้ำนมถั่วเหลือง และร้อยละความชื้น pH ในเต้าหู้แข็ง	19
4.2	แสดงเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุก	20
4.3	แสดงค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความเป็นสปริง ความสามารถยึดเกาะ ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว เมื่อใช้ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ที่ระดับต่าง ๆ	21
4.4	แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมเมื่อใช้ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ที่ระดับต่าง ๆ	23
4.5	แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความเป็นสปริง ความสามารถยึดเกาะ ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว เมื่อใช้คาราจีแนนที่ระดับต่าง ๆ	24
4.6	แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมเมื่อใช้คาราจีแนนที่ระดับต่าง ๆ	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	ขั้นตอนการผลิตเต้าหู้	14
3.2	ขั้นตอนการผลิตหมูยอเทียม	18
3.3	ขั้นตอนการเตรียมคาราจีแนนเจล	18
ภาคผนวก ค		
1	ภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเต้าหู้	35
2	ภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำหมูยอเทียม	35
3	ภาพของส่วนผสมในการเตรียม Fat emulsion	36
4	ภาพของส่วนผสมในการเตรียมเจลคาราจีแนน	36
5	ภาพของหมูยอเทียมที่เลือกมาศึกษาเพื่อเติมคาราจีแนน	37
6	ภาพของสูตรหมูยอเทียมเมื่อเติมคาราจีแนนที่ระดับต่าง ๆ กัน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

คำนำ

ตามที่ทราบกันแล้วว่าประชากรโลกมีการเพิ่มจำนวนขึ้น ทำให้เกิดความวิตกว่าอาหาร โดยเฉพาะโปรตีนจากเนื้อสัตว์จะไม่เพียงพอต่อการบริโภค ประกอบกับในปัจจุบันผู้บริโภคได้หันมาให้ความสนใจในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้นจึงได้มีความพยายามที่จะนำโปรตีนจากพืช เช่น ถั่วเหลือง ข้าวสาลี มาใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนสูงใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ ดังนั้นโปรตีนจากพืชจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนเนื้อสัตว์ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา นอกจากนี้ประโยชน์ที่ได้รับจากการบริโภคโปรตีนจากพืชคือ การลดปริมาณไขมันอิ่มตัวในร่างกาย เนื่องจากไขมันจากพืชเป็นชนิดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณการสะสมของโคเรสเตอรอลที่ผนังเส้นเลือดด้วย จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคผนังเส้นเลือดตีบและโรคความดันโลหิตสูง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีคุณภาพดี แม้จะมีข้อจำกัดทางด้านคุณค่าทางโภชนาการอยู่บ้างคือการมีปริมาณสารขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมแร่ธาตุต่าง ๆ ไปใช้ประโยชน์ได้ลดลง แต่ปัญหาดังกล่าวอาจหมดไปเมื่อนำถั่วเหลืองมาให้ความร้อนในกระบวนการผลิตเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์โปรตีนจากถั่วเหลืองในรูปของเต้าหู้ เพื่อลดปริมาณการใช้แป้งสาลีและ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดในการผลิตหมูยอเทียมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เต้าหู้และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในการผลิตหมูยอเทียม
2. เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ในการผลิตหมูยอเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

1. ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดอยู่ใน Family leguminosae และ subfamily Papiliodeae มีชื่อที่ใช้เป็นทางการในปัจจุบัน คือ Glycine max (L.) Merrill ส่วนชื่อสามัญก็เรียกต่าง ๆ กันไป เช่น Soja bean , Soya bean , Manchurn bean และ Soy bean ซึ่งชื่อ Soy bean เป็นชื่อที่นิยมมากที่สุด

พันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศไทย มีหลากหลายพันธุ์ดังเช่น

- ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 1 (SJ. 1) น้ำหนัก 100 เมล็ด หนัก 11 – 12.5 กรัม
- ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2 (SJ. 2) น้ำหนัก 100 เมล็ด หนัก 11 – 13 กรัม
- ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 4 (SJ. 4) น้ำหนัก 100 เมล็ด หนัก 14 – 15 กรัม มีปริมาณโปรตีน 42 %
- ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5 (SJ. 5) น้ำหนัก 100 เมล็ด หนัก 14 – 15.5 กรัม
- ถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย 1 (Sukhothai 1 : ST. 1) น้ำหนัก 100 เมล็ด หนัก 15–17 กรัม
- ถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 (Nakhon Sawan 1 : NS. 1) น้ำหนัก 100 เมล็ด หนัก 17 – 19 กรัม
- ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 (Chianmai 60 : CM 60) น้ำหนัก 100 เมล็ดหนัก 15 – 15.5 กรัม มีปริมาณโปรตีน 37.6% (ศุภชัย , 2537)

2. เต้าหู้

โปรตีนถั่วเหลืองมีสมบัติทางด้านหน้าที่ (Functional Property) ที่สามารถเกิดการฟอร์มเจล การเกิดเจลสามารถทำได้โดยการให้ความร้อน (Heat – induced gel) หรือการใช้สารตกตะกอนโปรตีน (Coagulant) เจลโปรตีนถั่วเหลืองที่ได้จากสารตกตะกอนที่รู้จักกันดี คือ เต้าหู้ หรือที่คนญี่ปุ่นเรียก โตฟู (Tofu) คนเวียตนามเรียก แดนฟู (Dan fu) คนจีนเรียก เต้าฟู (Teou fu) หรือ เตาฟูโฮ (Tou fu ho) และฝรั่งเรียก Soy bean curd (ยุพร , 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต้าหู้หรือเรียกอีกนัยหนึ่งว่า เนื้อไม่มีกระดูก " The Meat without a born" มีสีขาวครีม อ่อนนุ่ม อุ้มน้ำและย่อยง่าย มีโปรตีนสูง (50% ต่อน้ำหนักแห้ง) สามารถใช้แทนเนื้อสัตว์ต่าง ๆ เช่น เนื้อวัว หมู ไก่ หรือปลาก็ได้ และยังสามารถใช้ประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น เต้าหู้ทอด แกงจืด เต้าหู้ยี้ เป็นต้น (สมชาย , 2524)

ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีการบริโภคเต้าหู้ในปริมาณมากจนถือได้ว่าเป็นอาหารหลักอย่างหนึ่งได้ มีการแบ่งชนิดของเต้าหู้เป็น 2 ชนิด คือ Momen Tofu ซึ่งเป็นเต้าหู้ที่การกำจัดเวย์ (Whey) ออกจากตะกอนของโปรตีนและ Kinugoshi-Tofu เป็นเต้าหู้ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนกว่า เนื่องจากไม่มีการกำจัดน้ำเวย์ออก

ในประเทศไทย ลักษณะเต้าหู้ที่ขายตามท้องตลาดมี 3 ชนิด คือ เต้าหู้แข็ง หรือเต้าหู้เหลือง เต้าหู้อ่อน และเต้าฮวย เต้าหู้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในเรื่องสารที่ใช้ตกตะกอนให้เป็นเจลเต้าหู้ เต้าหู้สดที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีกลิ่น รสจืด และมีสีขาวนวล (ยุพร , 2540)

การทำเจลโปรตีนถั่วเหลืองประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง และการตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลือง สารตกตะกอนจะทำให้เกิดการสร้างพันธะเคมีภายในโมเลกุลของโปรตีนเกิดโครงสร้างร่างแห ลักษณะของโปรตีนที่ได้เป็นลักษณะของแข็งกึ่งของ เหลวที่เรียกว่า "เจล" คุณภาพ ของเจลขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต เช่น เวลาและอุณหภูมิในการแช่ถั่ว อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดน้ำนม ความเร็วในการกวน ในช่วงของการผสมระหว่างน้ำนมถั่วเหลืองกับสารตกตะกอน น้ำหนักและเวลาของการกดให้น้ำออก และขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ เช่น ชนิดของสารตกตะกอน ความเข้มข้นของตัวตกตะกอน อัตราส่วนของน้ำต่อถั่วเหลืองของน้ำนม ถั่วเหลือง และพันธุ์ของถั่วเหลืองที่ใช้

ปริมาณโปรตีนในถั่วเหลืองโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 35 – 40 เปอร์เซ็นต์ แต่จะเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพไม่สมบูรณ์ คือมีปริมาณของกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (Sulfur containing amino acid) ที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ กรดอะมิโน แมทไทโอนีน + ซิสตีนน้อย แต่มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนสูง โปรตีนของถั่วเหลืองจะถูกสะสมอยู่ในเซลล์ของเนื้อถั่วเหลือง เรียกว่า Protein bodies หรือ Storage Proteins โมเลกุลค่อนข้างใหญ่ และสามารถจับตัวกันเป็นโมเลกุลที่ใหญ่กว่าได้อีกด้วยการเชื่อมกันของ disulfide linkage ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่มีชื่อว่า globulin ซึ่งเป็นโปรตีน ที่สามารถละลายน้ำได้ดีใน สารละลายเกลือเจือจาง การฟอร์มเจลของโปรตีนถั่วเหลืองจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับโมเลกุลของ 7S และ 11S globulin การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างใด ๆ ของโมเลกุลทั้งสองจะมีผลต่อการเกิดเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณและชนิดของโปรตีนโดยการใช้ Ultracentrifuge แยกจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ละลายน้ำได้

Fraction	เปอร์เซนต์ของทั้งหมด	ชนิดของโปรตีน	น้ำหนักโมเลกุล
2S	22	- Trypsin Inhibitor - Cytochrome C	8,000 – 21,500 12,000
7S	37	- Hmaglutinins - Lipoxygenease - β-Amylase - 7S-Globulin	110,000 102,000 61,700 180,000 – 210,000
11S	31	- 11S-Globulin	350,000
15S	11	-	600,000

ที่มา : ยุพร , 2540

ถั่วเหลืองที่ดีจะต้องมีของแข็ง (โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรท เกลือแร่ต่างๆ) ละลายออกมามาก และให้กลิ่นถั่วน้อย ไม่มีรสขม ให้นมสีขาว

สารตกตะกอนที่ใช้แบ่งเป็น 4 ชนิดคือ

1. สารประกอบคลอไรด์ ได้แก่ แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$. $2H_2O$) แคลเซียมคลอไรด์ $CaCl_2$ น้ำทะเล สารพวกนี้จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสหอมหวาน เนื้อแข็ง เหมาะในการทำเต้าหู้ทอด ปริมาณที่ใช้ ประมาณ 3 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักถั่วแห้ง

2. สารประกอบซัลเฟต ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต (CaSO4 . 2 H2O) นิยมใช้กันมาก และมีราคาถูกที่สุด คนจีนเรียกว่า "เจี๊ยะกอ" จะให้เต้าหู้มีเนื้อนิ่ม เหมาะในการทำเต้าหู้อ่อน เต้าฮวย ปริมาณที่ใช้ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักถั่วแห้ง สารอีกตัวหนึ่งคือ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$) หรือดีเกลือเป็นสารสีขาว รสขมเฝื่อน เหมาะในการทำเต้าหู้แข็ง

3. กลูโคโนเดลต้าแลคโตน (Glucono delta lactone , GLD) ใช้กันอย่างแพร่หลาย มากที่สุดในญี่ปุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำเต้าหู้แบบบรรจุถุง หรือเต้าหู้หลอด ซึ่งใช้ได้ผลดีกว่าตัวตกตะกอนชนิดอื่นแต่มีราคาแพง ปริมาณที่ใช้ใน การทำ เต้าหู้หลอด 1% ของน้ำหนักถั่วแห้ง จะให้สี กลิ่น รส และเนื้อเต้าหู้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กรด ที่นิยมใช้มีทั้งกรดอินทรีย์และกรดแร่ เช่น กรดเกลือ กรดมะนาว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำผลไม้ในการตกตะกอนด้วย เช่น น้ำส้มคั้น น้ำมะนาว น้ำสับปะรด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะกรอบ หักง่าย มีรสเผื่อนเล็กน้อย (เอกสารเผยแพร่ , 2541)

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิและปริมาณของสารตกตะกอนที่ใช้

ชนิดเต้าหู้	สารตกตะกอน	ปริมาณ (%ของน้ำหนักถั่วแห้ง)	อุณหภูมิ (°ซ)
เต้าหู้แข็ง	สารประกอบคลอไรด์	3.0	78 – 85
	แมกนีเซียมซัลเฟต	2.2	75 – 80
	แลคโตน	3.0	90
	น้ำมะนาว	21.0	80 – 90
	น้ำส้ม	16.4	80 – 90
เต้าหู้อ่อน	สารประกอบคลอไรด์	3.1	65 – 68
	แคลเซียมซัลเฟต	2.7	75 – 80
เต้าหู้หลอด	กลูโคโนเดลต้าแลต	1.0	85 – 90
	โตน	2.0	90
	แคลเซียมซัลเฟต		
เต้าฮวย	แคลเซียมซัลเฟต	2.7	75 – 80

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ , 2541

การบดถั่วเหลือง โดยปกติแล้วควรใช้น้ำ 1 เท่าตัวในขณะทำการบดถั่วเหลือง ถ้าใส่น้ำขณะบดมากถั่วที่ถูกบดจะหยาบ ทำให้ได้โปรตีนในช่วงการสกัดน้อยลง เป็นผลทำให้เต้าหู้มีเนื้อหยาบ การกรองเอากากออก คนญี่ปุ่นส่วนใหญ่นิยมที่จะต้มถั่วบดก่อนที่จะนำไปกรอง การต้มเป็นการลดความหนืดของถั่วเหลืองให้น้อยลง ทำให้กรองได้ง่าย พร้อมทั้งมีโปรตีนและของแข็งอื่น ๆ ละลายออกมาได้มากด้วย และควรล้างกากมาล้างด้วยน้ำร้อนอีกอย่างน้อย 1 ครั้ง จะช่วยให้โปรตีนละลายออกมามากขึ้น (ยุพร , 2540)

การใช้สารตกตะกอนในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ได้น้ำเวย์ (Whey) ซึ่งเป็นส่วนของน้ำนมถั่วเหลืองที่ตกตะกอนโปรตีนออกไปแล้วใส ถ้าหากใช้ในปริมาณที่น้อยเกินไปจะทำให้ โปรตีนตกตะกอนไม่หมดน้ำเวย์จะขุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรทในถั่วเหลืองพบว่าไม่มีแป้ง (Starch) เลย ซึ่งทำให้ถั่วเหลืองเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับคนที่เป็นโรคเบาหวานอย่างยิ่ง และคาร์โบไฮเดรทของถั่วเหลืองนั้น ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย (สมชาย , 2524)

สี กลิ่นถั่ว และรสขม การใช้ความร้อนจากไอน้ำและการต้มให้เดือดจะช่วยทำให้กลิ่นถั่วหมดไป ทั้งนี้จะเห็นได้จากผลของการทดลองในการทำแป้งถั่วเหลือง กลิ่นถั่วจะลดลงถ้าใช้ไอน้ำในการทำแป้งถั่วเหลืองโดยใช้ระยะเวลาอบไอน้ำ 20 นาที จะให้ผลดีที่สุดในเรื่องกลิ่นถั่วจะลดลง รสมันขึ้นและลดขมลง (ในบางกรรมวิธีอาจใช้สารเคมีเข้าช่วยคือ สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1% อุณหภูมิ 70 °ซ แช่ประมาณ 10 – 15 นาที จะช่วยในเรื่องการแยกสี Isoflavones และพวกสารที่ทำให้เกิดรสขม (bitter principle) ในถั่วเหลืองออกได้หมด เนื่องจากเอ็นไซม์ Lipoxidase ซึ่งอยู่ในน้ำมันถั่วเหลืองจะหยุดปฏิกิริยา ทำให้ไม่เกิดการหืนเนื่องจากเอ็นไซม์ตัวนี้ จากการทดลองพบว่าถ้าให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 250 °ฟ เป็นเวลา 5 นาที จะทำให้การย่อยโปรตีนเป็นผลดีที่สุด หรือ ให้ความร้อนที่ 200 °ฟ เป็นเวลา 30 – 45 นาที ถ้าใช้ความร้อนสูงและนานเกินไปจะทำลายกรดอะมิโน Lysine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายเนื่องจากการรวมตัวของน้ำตาล (Reducing sugar) กับ Lysine ทำให้เกิด browning reaction ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำทำให้ Lysine อยู่ในสภาพที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ (สมชาย , 2524)

นอกจากนี้ น้ำที่ใช้แช่มีโซเดียมคาร์บอเนตเล็กน้อยจะทำให้เต้าหู้มีรสดีขึ้น แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้รสเฝื่อน เชื่อว่าเกิดจาก พี.เอช. สูงจะทำให้มีรสขมหรือรสติดลิ้น แต่โดยปกติแล้วนมถั่วเหลืองควรมี พี.เอช. ประมาณ 6.6 – 6.7 จะมีรสดีที่สุด (ณรงค์ , 2528) การตีปั่นถั่วเหลืองในน้ำร้อนทำให้ได้น้ำนมที่มีกลิ่นและรสชาติดีกว่าน้ำนมที่ได้จากการตีปั่นในน้ำเย็น เพราะน้ำร้อนแทรกซึมเข้าไปในเนื้อถั่วและทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ได้ง่ายและเร็วขึ้น จึงช่วยระงับปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นถั่วและอุณหภูมิของการตีปั่นไม่ควรต่ำกว่า 80 °ซ (มัณฑนา , 2529)

สำหรับเต้าหู้ขาว มีปริมาณความชื้นร้อยละ 74.83 ไขมันร้อยละ 5.21 โปรตีนร้อยละ 11.36 (พิชัย , 2528)

3. น้ำ

น้ำที่เหมาะสมจะต้องสะอาด รสดี และมีราคาไม่แพง น้ำที่ใช้อาจมาจากแหล่งใดก็ได้ แต่ถ้าเป็นน้ำบ่อจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำประปา ทั้งนี้เพราะว่าน้ำประปามีอุณหภูมิสูงและมักจะมีคลอรีนผสมอยู่ระหว่าง 0.025 – 2.00 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งอาจจะทำให้เต้าหู้มีกลิ่นผิดปกติและเนื้อนิ่มกว่าปกติ ถ้าจำเป็นต้องใช้น้ำประปาควรผ่านกระบวนการกำจัดคลอรีนเสียก่อน โดยนำไปกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านผงถ่าน นอกจากนี้ถ้าจำเป็นจะต้องใช้น้ำจากแหล่งอื่น ๆ ควรมีการตรวจสอบจุลินทรีย์ก่อน (ปรัชญา ,2544)

4. กลูเต็น

กลูเตนเกิดจากการรวมตัวของไกลอะดีนและกลูเตนิน ในปริมาณใกล้เคียงกันไกลอะดีน และกลูเตนินก่อให้เกิดลักษณะโครงร่างของกลูเตนจากการนวด ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวของพันธะเคมีระหว่างกรดอะมิโนหลายรูปแบบได้แก่ พันธะโควาเลนท์ (covalent) ,พันธะอิออนิก (ionic) , พันธะไฮโดรเจน (hydrogen) และพันธะวันเดอร์วาล์ว (van der waals) พันธะโควาเลนท์ในโครงร่างของกลูเตน คือ พันธะเพปไทด์ที่เชื่อมระหว่างกรดอะมิโนทั้งลักษณะภายในและภายนอกโมเลกุลด้วยการใช้อิเล็กตรอนระหว่างสองอะตอมทำให้มีพลังงานสูงในการเชื่อมกันเป็นพันธะรวมทั้งพันธะระหว่างซัลเฟอร์ เรียกว่า ไดซัลไฟด์ (disulfide linkage) ของกรดอะมิโนซีสทีนในโปรตีนโมเลกุลซึ่งเป็นพันธะที่มีความสำคัญต่อความยืดหยุ่นของกลูเตน

พันธะอิออนิกหรือพันธะเกลือ เกิดจากแรงดึงระหว่างกลุ่มที่มีประจุตรงกันข้ามกันเป็นพันธะที่มีจำนวนน้อยในกลูเตนส่วน พันธะไฮโดรเจนเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างอะตอม ไฮโดรเจนกับอะตอมของไนโตรเจนหรือออกซิเจน แม้ว่าจะมีแรงยึดเหนี่ยวต่ำ แต่ก็มีพันธะนี้จำนวนมากในกลูเตนจึงมีความสำคัญต่อลักษณะโครงร่างของกลูเตนมากกว่าพันธะชนิดอื่น สำหรับพันธะันเดอร์วาล์วเกิดขึ้นระหว่าง กรดอะมิโนที่ไม่มีประจุกับกรดไขมันหรือระหว่างสตาร์ชกับกลีเซอร์ไรด์ ซึ่งพันธะนี้นับว่ามีกำลังอ่อนที่สุด และก่อให้เกิดลักษณะที่ไม่ชอบน้ำ (hydro phobic bonds) ระหว่างกลุ่มของโปรตีนที่ไม่มีประจุ (non-polar group) ได้

พันธะไดซัลไฟด์ก็มีความสำคัญ เนื่องจากอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้โดยวิธีทางกายภาพและเคมี ซึ่งวิธีทางกายภาพหมายถึง การผสม การนวดจนเป็นโด มีส่วนให้เกิดการเคลื่อนที่ของพันธะจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง ทำให้โครงร่างกลูเตนมีความยืดหยุ่นมากขึ้นส่วน วิธีทางเคมีหมายถึง การเติมสารเคมีซึ่งมีผลให้ปริมาณไดซัลไฟด์เพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยสารประเภทรีดิวซ์ได้แก่ กลูทาไทโอน (glutathione) หรือซีสทีอีน มีผลทำให้พันธะไดซัลไฟด์ลดลง กลูเตนจึงมีความยืดหยุ่นน้อยลงส่วนสารประเภทออกซิไดส์ เช่น สารที่มีโบรเมตเป็นองค์ประกอบจะช่วยให้มีพันธะไดซัลไฟด์ในกลูเตนเพิ่มขึ้น

ในขณะที่ทั้งไกลอะดีนและกลูเตนิน ซึ่งมีพันธะไดซัลไฟด์เหมือนกันนั้น ปรากฏว่าลักษณะพันธะของไกลอะดินจะเป็นการเชื่อมกันภายในโมเลกุลมาก (intra molecular bonding) ส่วนกลูเตนิน มีพันธะแบบเชื่อมกันภายนอกโมเลกุลมากกว่าแบบแรก (inter molecular bonding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะที่ต่างกันนี้ เนื่องจากองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่เรียงลำดับในสายโพลิเพปไทด์ที่ต่างกันมีผลทำให้โครงร่างและลักษณะของไกลอะดีน และกลูเตนินต่างกันในทางกายภาพ ทำให้ไกลอะดินมีคุณสมบัติในการไหลยืดได้ดีกว่ากลูเตนิน ซึ่งมีลักษณะเหนียวคล้ายยาง แต่เมื่อเรารวมกันเป็นกลูเตนจะได้ลักษณะเหมาะสมมีความยืดหยุ่นพอดี

5. โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolated Soy Protein : ISP)

ได้จากการนำแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันมาละลายน้ำแล้วปรับ pH ให้เป็นด่างที่ 8.0 – 8.5 ด้วยด่างเจือจาง จากนั้นให้ความร้อนจนอุณหภูมิประมาณ 50 – 55° ซ แยกส่วนที่ไม่ละลาย ซึ่งได้แก่ polysaccharides และบางส่วนของโปรตีน นำส่วนที่กรองได้มาปรับ pH อีกครั้งให้ เป็น 4.5 ด้วยกรด โปรตีนส่วนใหญ่จะตกตะกอน กรองตะกอนออกแล้วล้างด้วยน้ำ ถ้านำตะกอนไปอบแห้งเลยจะได้ Isolated protein โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ได้มีโปรตีนสูงมากกว่า 90 % แต่ถ้านำมาปรับสภาพให้เป็นกลางจะได้ Proteinate (วิไลรัตน์ ,2535)

6. สมบัติของโปรตีนถั่วเหลือง

โปรตีนถั่วเหลืองนอกจากให้คุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังมีสมบัติพิเศษบางประการที่ช่วยให้อาหารมีลักษณะและคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภค อาทิ ดูดกลืนน้ำได้มากทำให้ผลิตภัณฑ์ชุ่มน้ำและลดการเสียน้ำหนักระหว่างให้ความร้อน เนื่องจากมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบมีขั้วโดยเฉพาะบริเวณพันธะ peptide ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดกลืนน้ำได้แก่ pH อุณหภูมิและปริมาณเกลือ โดยโปรตีนดูดกลืนน้ำได้มากขึ้นเมื่อ pH เพิ่มจาก 5.0 เป็น 7.0 หรือ อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจากอุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิประมาณ 90° ซ ในทางตรงข้ามหากมีเกลือในระบบ โปรตีนจะดูดกลืนน้ำได้น้อย

โปรตีนถั่วเหลืองส่วนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ มีสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิวระหว่างผิวของน้ำมันหรือไขมันและน้ำทำให้แรงตึงผิวของของเหลวทั้งสองลดต่ำลง และกระจายอยู่ได้โดยไม่การแยกชั้น emulsion แบบน้ำมันในน้ำจึงมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น ความสามารถในการ emulsify ไขมันของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองจะแปรผันตามค่า PDI (เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือต่อโปรตีนในตัวอย่างแห้ง : Protein Dispersibility Index : PDI) โปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีปริมาณโปรตีนและค่า PDI สูงจึง emulsify ไขมันได้สูงสุด รองลงมาเป็นถั่วเหลืองเข้มข้น แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน และแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ความร้อนสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัดความเข้มข้นมากกว่า 7 % ที่อุณหภูมิสูงกว่า 65 ° ซ โปรตีนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพและมีการเชื่อมกันระหว่างโมเลกุล ทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อทำให้เย็นจะเกิดเป็นเจลหรือโครงร่างตาข่ายที่สามารถกักเก็บน้ำและไขมันได้ ความแข็งแรงของเจลขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้นของสารละลายโปรตีน รวมทั้งอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อน ที่ความเข้มข้น 8 – 14 % โปรตีนเริ่มเกิดเจลได้ เมื่อให้ความ ร้อนที่ 70 – 100 °ซ นาน 10 – 30 นาที หากอุณหภูมิสูงกว่า 125 ° ซ การเปลี่ยนแปลงสภาพจะเกิดมากจนไม่สามารถเกิดเจลได้ สารละลายที่เข้มข้นมากกว่า 16 % ให้เจลที่โครงสร้างแข็งแรงคงรูป และยืดหยุ่นดี ให้ความรู้สึกที่เคี้ยวได้ ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่า แม้จะให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง กว่า 125 ° ซ ก็ไม่ทำให้ความหนืดลดลง สารละลายโปรตีนเข้มข้น 8 10 12 % จะมีความหนืดสูงสุดเมื่อให้ความร้อนที่ 80 100 และ 110 ° ซ ตามลำดับ เป็นเวลา 30 นาที เท่ากัน สำหรับสารละลายเข้มข้น 8% ถ้าให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 90 ° ซ เป็นเวลา 30 นาที ขึ้นไปความหนืดจะลดลง ในทางตรงข้ามสารละลายโปรตีนที่เข้มข้นสูง (16 – 20 %) การให้ความร้อนที่ 70 ° ซ นาน 10 นาที ก็เพียงพอที่ทำให้เกิดเจลที่แข็งแรงได้ pH มีผลกับความเข้มข้นของเจลเช่นกันที่ pH 1.2, 2.0 และ 10.0 เจลมีความแข็งแรงต่ำ และเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ pH เป็นกลางหรือด่างอ่อน การเติม lecithin จากถั่วเหลือง แป้งสาลี carboxymethyl cellulose หรือ carrageenan ทำให้ความหนืดของสารละลายโปรตีนทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น การให้ความร้อนแก่สารละลายโปรตีนที่มีปริมาณเกลือต่างกันที่อุณหภูมิสูงกว่า 70°ซ ความหนืดของเจลจะลดลงเมื่อปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 70 ° ซ จะให้ผลในทางตรงข้ามกัน โดยความหนืดของเจลเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น หากมีสารที่สลายพันธะ disulfides เช่น sodium sulfite cyztein จะทำให้ความหนืดของสารละลายโปรตีนลดลง (วิไลรัตน์ , 2535)

7. Extender Binder และ Filler

เป็นสารที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของอิมัลชัน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ เพิ่มกลิ่นรส ลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการให้ความร้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถตัดเป็นชิ้นบาง ๆ ได้ง่ายและลดต้นทุนในการผลิต Binder เป็นสารที่ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำและ emulsify ไขมันเพิ่มขึ้นมักมีโปรตีนสูง เช่น นมผงพร่องไขมัน แป้งถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น โปรตีนถั่วเหลืองสกัด โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส ส่วนผสมเหล่านี้ถ้าความสามารถในการ emulsify ไขมันต่ำ แต่อุ้มน้ำได้ดี ก็จะเรียกว่า Extender ส่วน Filler หมายถึง ส่วนผสมที่แป้ง (starch) สูงมีโปรตีนต่ำ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง Filler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุ้มน้ำได้ แต่ความสามารถในการ emulsify ไขมันต่ำเช่นเดียวกับ Extender ในไส้กรอกต้มมีข้อจำกัดปริมาณการใช้ไม่เกิน 3.5 % ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ยกเว้นโปรตีนถั่วเหลืองสกัดใช้ได้ไม่เกิน 2 % ถ้าใช้ปริมาณมากกว่านี้ต้องระบุคำว่า imitation ลงบนฉลาก (วิไลรัตน์ , 2535)

8. การสร้างอิมัลชัน

อิมัลชัน หมายถึง การผสมและอยู่รวมกันของของเหลว 2 ชนิดที่ปกติเข้ากันไม่ได้ ทั้งนี้โดยของเหลวชนิดหนึ่งกระจายอยู่โดยทั่วไปในส่วนผสมในรูปของหยดเล็กละเอียด (droplets) ของเหลวชนิดที่กล่าวถึงนี้เรียกว่าเป็น disperse phase ส่วนของเหลวอีกส่วนหนึ่งที่ disperse phase กระจายตัวอยู่เรียกว่าเป็น continuous phase และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดเล็กละเอียดดังกล่าวประมาณ 0.1 – 0.5 ไมโครเมตร อิมัลชั่นโดยทั่ว ๆ ไปแล้วมักอยู่ได้ไม่นานถ้าขาด emulsifier หรือ stabilizing agent เมื่อหยดไขมันสัมผัสกับระบบน้ำจะมีแรงตึงผิวสูงมาก (interfacial fission) จึงต้องการ emulsifier มาลดแรงนั้นลง และทำให้สภาพอิมัลชันอยู่ได้นาน (ปรัชญาและ ศุภมิตร , 2544)

9. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ

ผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตจากโปรตีนชนิดอื่นนอกเหนือจากเนื้อสัตว์ เช่น โปรตีนถั่วเหลือง กลูเตน นมผงพร่องไขมันและโปรตีนเคซีน โดยเลียนแบบลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส หรือสี อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งหมดให้มีส่วนคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์

Chen (1988) ผลิตแฮมและลูกชิ้นเลียนแบบโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 1000 กรัม ผสมกับน้ำตาล 4 กรัม เครื่องเทศ 7 กรัม น้ำมันงา 25 กรัม ซอสถั่วเหลือง 200 กรัม ไวน์ 50 กรัม ขิง 10 กรัม และผงชูรส 4 กรัม

Frank *et al.* (1959) ผลิตไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ และโบโลญ่าเลียนแบบจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด โดยปรับ pH ของโปรตีนถั่วเหลืองสกัดด้วย trisodium phosphate ตั้งแต่ 5.4 – 7.1 ขนาดอนุภาคของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 –100 mesh ไขมัน 4.6 –17.1 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ปริมาณน้ำเมื่อคิดเป็นอัตราส่วนของความชื้นต่อโปรตีนตั้งแต่ 2.46 –3.97 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 108 115 และ121 ° ซ ที่ความดันบรรยากาศ 5 10 และ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25 20 15 10 นาที ตามลำดับ ผลของการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสดีเมื่อใช้โปรตีนถั่วเหลืองที่มีขนาดอนุภาคไม่ต่ำกว่า 20 mesh

pH เมื่อละลายน้ำในอัตรา ส่วน 1:2 ควรอยู่ในช่วง 6.2 – 6.5 หาก pH สูงเกินไปโปรตีนละลายน้ำได้มาก เนื้อสัมผัสจะนุ่มเกินไป แต่ถ้า pH ต่ำมากเนื้อสัมผัสจะแข็งและร่วนเป็นเม็ด สมบัติการเกาะติดเป็นก้อนน้อยลง ปริมาณไขมันแปรได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 1.5 –16% ส่วนค่าความชื้นต่อโปรตีนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3.0 –3.5 หากมากกว่านี้ผลิตภัณฑ์จะหดตัวและเสียน้ำมาก ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากที่สุด เมื่อทำให้สุกด้วยการนึ่งที่อุณหภูมิ 108 – 115° ซ ความดัน 10 – 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 10 นาที และผลิตภัณฑ์ไม่ควรต้มในน้ำเดือด เพราะจะสูญเสียสารให้กลิ่นรสและสี

Thomas *et al.* (1986) ผลิตไส้กรอกเวียนนาเลียนแบบโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 –25 % ผสมกับ xanthan gum 0.05 - 3 % แป้งข้าวโพด 8 – 30% ไขมันไม่เกิน 45% และสารแต่งกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสและรสชาติเป็นที่ยอมรับ

Youssef (1988) ผลิตลูกชิ้นเลียนแบบโดยใช้แป้งมันฝรั่งกับแป้งสาลี (อัตราส่วน 7 : 1) 1 ส่วน ผสมกับโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น 2 ส่วน เติมน้ำซุปไก่ หัวหอม ผักชีฝรั่ง เครื่องเทศ จากนั้นขึ้นรูปเพื่อเลียนแบบลูกชิ้นผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับ และมีโปรตีน 26 % ไขมัน 20% คาร์โบไฮเดรต 48% (วิไลรัตน์ , 2535)

10. คาราจีแนน (Carrageenan)

เป็นสารโพลีแซคคาไรด์ซัลเฟตชนิดหนึ่งที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง แบ่งเป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ แคปปา-คาราจีแนน (K:kappa) ไอโอตา-คาราจีแนน (ι:iota) และแลมดา-คาราจีแนน (λ : lambda) K- และ ι-คาราจีแนนเท่านั้นที่มีสมบัติในการเกิดเจลได้ และเนื้อเจลของ ι-คาราจีแนนยืดหยุ่นได้ดีกว่า K- คาราจีแนน อ่อนนุ่มใส ไม่เกิด syneresis สมบัติของคาราจีแนนคือสามารถคงรูปได้ที่อุณหภูมิห้อง หลังการเกิดเจลมีความคงทนต่อ freeze – thaw และ ι-คาราจีแนนมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไขมันต่ำ เพราะว่ามีความคงตัวต่อสภาวะ freeze – thawและสามารถละลายได้ในน้ำเย็น นอกจากนี้ช่วยให้การหั่นดีขึ้น ช่วยการเกิดเจลเพิ่มความข้นหนืดและสมบัติด้าน mouthfeel และยังช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำให้สุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบสมบัติของคาราจีแนนแต่ละชนิด

สมบัติ	K	λ	ι
ปริมาณซัลเฟต	25 เปอร์เซ็นต์	35 เปอร์เซ็นต์	32 เปอร์เซ็นต์
หมู่ 3,6 anhydro	28 เปอร์เซ็นต์	0 เปอร์เซ็นต์	30 เปอร์เซ็นต์
ผลของไอออนบวก	เกิดเจลกับ K^+	ไม่เกิดเจล	เกิดเจลกับ Ca^{+2}
ชนิดของเจล	เปราะและเกิด syneresis คืนกลับด้วยความร้อน	ไม่เกิดเจล	ยืดหยุ่นและไม่เกิด syneresis คืนกลับด้วยความร้อน
การละลายในน้ำเย็น	พองตัวได้ดี	ละลายได้	thixotropic dispersion กับ Ca^{+2}
การละลายในสารละลายน้ำตาล	ละลายในสารละลายร้อน	ละลายในสารละลายร้อน	ละลายได้ยาก
การละลายในน้ำนม	ไม่ละลาย	เกิด gelling	ไม่ละลาย
เมื่อเติม $Na_4P_2O_7$	ความหนืดเพิ่มขึ้นหรืออาจเกิดเจล	เพิ่มความหนืดและเกิดเจลดีขึ้น	ความหนืดเพิ่มขึ้นหรืออาจเกิดเจล

ที่มา : กรรณิการ์ , 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบหลัก สารเคมี และอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบหลัก

- ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
- โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolated Soy Protein : ISP)
- กลูเตนผง

3.1.2 สารเคมี

- Magnesium sulfate

3.1.3 อุปกรณ์ที่สำคัญ

3.1.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมเต้าหู้แข็ง

- เครื่องบดผสมอาหาร
- เครื่องชั่งชนิดหยาบ
- เครื่องชั่งชนิดละเอียด
- หม้อสแตนเลส
- พายไม้
- ผ้าขาวบาง
- ตะกร้าพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม

3.1.3.2 อุปกรณ์การผลิตหมูยอเทียม

- เครื่องปั่นผสมอาหาร
- บล็อคอัดหมูยอ
- หม้อสแตนเลส
- เครื่องผสมอาหาร
- พายพลาสติก
- เครื่องครัว

3.1.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

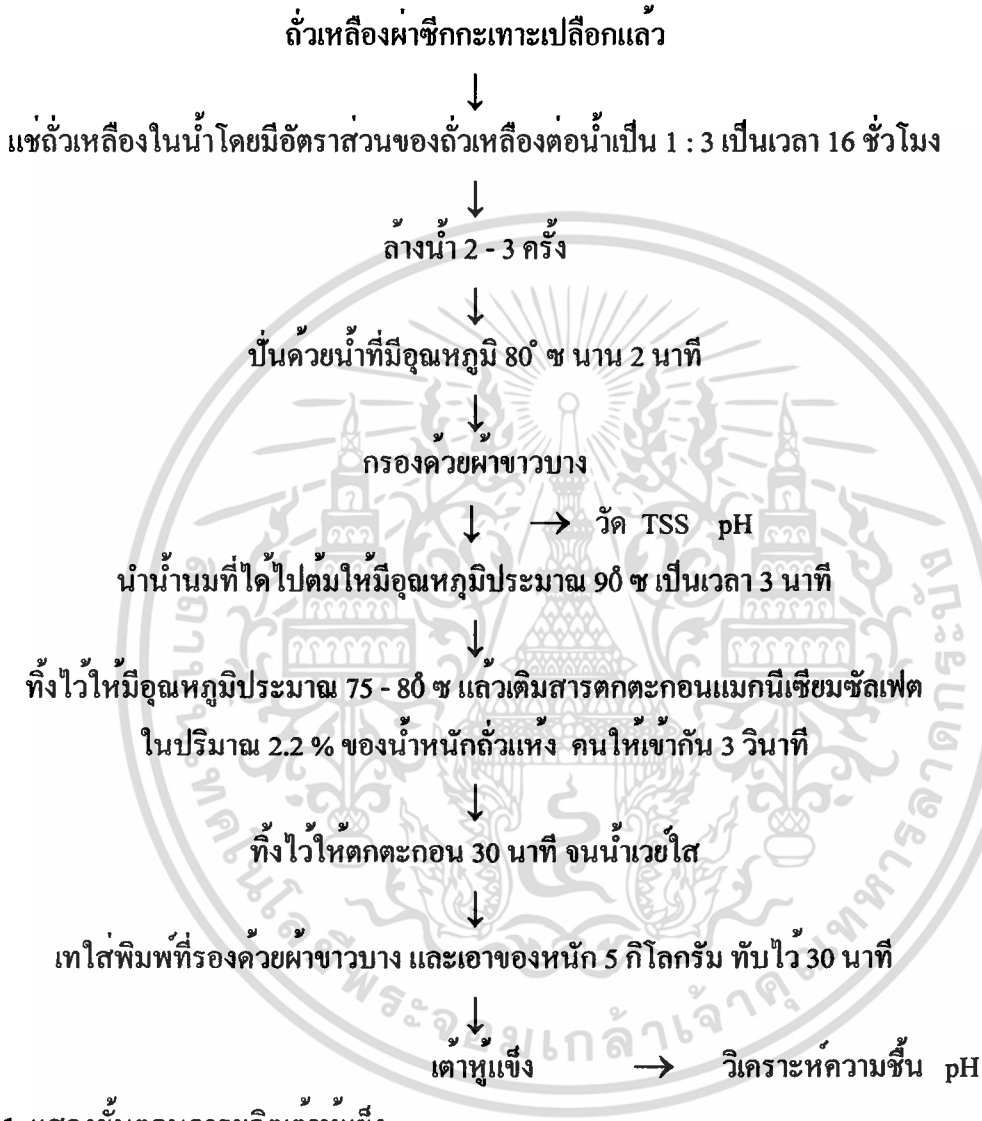
- aluminium can
- เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการดำเนินงาน

3.2.1 การผลิตเต้าหู้แข็ง

โดยใช้ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีขั้นตอนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการผลิตเต้าหู้แข็ง

ที่มา : สงวนและสุภาพ , 2544

เต้าหู้แข็งที่เตรียมได้จะนำไปเป็นส่วนผสมหลัก เพื่อการทำหมูยอเทียมและเพื่อความแน่ใจในคุณภาพของเต้าหู้แข็งที่ผลิต จะทำการวัดค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้ในขั้นตอนแรก และในส่วนของเต้าหู้แข็งวัดค่า pH และวิเคราะห์ความชื้นทุกครั้งที่ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียม Fat emulsion

ในการผลิตหมูยอเทียมจะใช้ Fat emulsionเป็นส่วนประกอบรองซึ่งใช้โปรตีนถั่วเหลือง สกัดและน้ำมันพืชเพื่อการเตรียมส่วนผสม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

โปรตีนถั่วเหลืองสกัด

↓

เติมน้ำเย็น

↓

ผสมในเครื่องผสม

↓

ค่อย ๆ เติมน้ำมันพืช

↓

Fat emulsion

โดยมีอัตรส่วนของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด : น้ำเย็น : น้ำมันพืช เป็น 1 : 4 : 3.5 เมื่อเตรียม Fat emulsion ได้แล้วจะนำไปใส่ในพิมพ์ก้นลึกแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °ซ ก่อนนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.3 ศึกษาการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ในการผลิตหมูยอเทียม

ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ระดับ 20 25 และ 30 เปอร์เซนต์ และใช้ Fat emulsion ที่ระดับ 10 20 และ 30 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการผลิตหมูยอเทียมซึ่งใช้เต้าหู้แข็งที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.2.1 เป็นส่วนผสมหลักปริมาณ 92 เปอร์เซนต์ และมีส่วนผสมต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3.1 ทำการผลิตหมูยอเทียมตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.2 และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทำการทดสอบดังนี้

3.2.3.1 การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (% weight loss) ด้วยวิธีการต้มคำนวณค่าจากสูตร

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนต้ม} - \text{น้ำหนักหลังต้ม})}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}} \times 100$$

3.2.3.2 การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เ ครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2 ของ SMS: Stable Micro Systems ในการทดสอบใช้ Load cell 22 กิโลกรัม ใช้หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร ความเร็วขณะกด (test speed) 1.0 มม./วินาที ใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis : TPA) โดยกดตัวอย่างให้ยุบลงร้อยละ 30 ของความยาวเดิม จำนวน 2 ครั้ง ขนาดของตัวอย่างที่จะวัดมีความหนา 13 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 เซนติเมตร จากนั้นบันทึกค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ของตัวอย่างดังนี้คือ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเป็นสปริง (Springiness) ค่าความสามารถยึดเกาะ (Cohesivness) ค่าความหยุ่นตัว (Gumminess) และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (Chewiness)

3.2.3.3 การทดสอบปัจจัยคุณภาพโดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัสได้แก่ สี ความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวม โดยใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Completely Block Desing ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 5 - Point hedonic scale โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 = ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกจำนวน 20 คน และนำค่าคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance : ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง แล้วทำการเลือกสูตรที่เหมาะสมมาทำการศึกษาต่อไป

3.2.4 ศึกษาผลของการใช้คาราจีแนน (Carrageenan) ต่อคุณภาพของหมูยอเทียม

โดยใช้คาราจีแนนที่ระดับ 0.4 0.6 และ 0.8 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เตรียมให้อยู่ในรูปของเจลใสดังรูปที่ 3.3 เติมในสูตรหมูยอเทียมที่ดีที่สุด จากข้อ 3.2.3 โดยหมูยอเทียมที่ผลิตได้นำมาทดสอบดังนี้

3.2.4.1 การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3.2 แต่ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3.2

3.2.4.2 การทดสอบปัจจัยคุณภาพโดยการประเมินผลประสาทสัมผัสทำเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3.3 แต่ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การใช้ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ที่ระดับต่าง ๆ กัน รวมทั้งส่วนประกอบและเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ในการทำหมูยอเทียม

ส่วนผสม (กรัม)	สูตร								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
เต้าหู้แข็ง	92	92	92	92	92	92	92	92	92
กลูเตนผง	8	8	8	8	8	8	8	8	8
ISP	20	25	30	20	25	30	20	25	30
Fat emulsion	10	10	10	20	20	20	30	30	30
น้ำตาล (0.2)*	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.30	0.30	0.31	0.32
เกลือ (1.2)*	1.56	1.62	1.68	1.68	1.74	1.80	1.80	1.86	1.92
พริกไทย (0.64)*	0.832	0.864	0.869	0.869	0.928	0.960	0.960	0.992	1.024
อบเชย (0.032)*	0.042	0.043	0.045	0.045	0.046	0.048	0.048	0.050	0.051
ดอกจันทร์ป่น (0.032)*	0.042	0.043	0.045	0.045	0.046	0.048	0.048	0.050	0.051
กระเทียมป่น (0.8)*	1.04	1.08	1.12	1.12	1.16	1.20	1.20	1.24	1.28
Accord (0.28)*	0.364	0.374	0.392	0.392	0.406	0.420	0.420	0.434	0.448
ผงชูรส (0.2)*	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.30	0.30	0.31	0.32
แป้งถั่วเขียว (0.4)*	0.52	0.54	0.56	0.56	0.58	0.60	0.60	0.62	0.64
น้ำ** (+50 มล.)	181	209	237	181	209	237	181	209	237

ที่มา : ดัดแปลงจากเยาวลักษณ์ , 2544

หมายเหตุ

* ปริมาณเครื่องปรุงคิดเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักรวมในส่วนผสมหลัก (เต้าหู้แข็ง กลูเตนผง ISP และ Fat emulsion)

** ปริมาณน้ำที่ใช้คิดตามอัตราการดูดน้ำคืนของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และกลูเตนผง

- โปรตีนถั่วเหลืองสกัดดูดน้ำคืน 2.8 เท่า (วิไลรัตน์ , 2535)
- กลูเตนผงดูดน้ำคืน 1.2 เท่า (วิไลรัตน์ , 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

97027

ปั่นเต้าหู้แข็งกับน้ำเย็นให้ละเอียดนาน 2 นาที

↓

เติม Isolated soy Protein ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที

↓

เติมกลูเตนผงผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที

↓

เติม Fat emulsion ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที

↓

เติมเกลือ น้ำตาล Accord แป้งถั่วเขียว ผสมให้เข้ากันนาน 20 นาที

↓

เติมพริกไทนป่น อบเชยป่น ดอกจันทร์ป่น กระเทียมผง ผงชูรส ผสมให้เข้ากันนาน 5 นาที

↓

บรรจุใส่พิมพ์

↓

ต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 95 ซ นาน 30 นาที

↓

นำมาทำให้เย็นแล้วเอาออกจากพิมพ์

รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการผลิตหมูยอเทียม

ที่มา : ดัดแปลงจากเยาวลักษณ์ , 2544

ละลายคาราจีแนนผงด้วยน้ำในอัตราส่วน

คาราจีแนน : น้ำ = 1 : 16

↓

ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส พร้อมคนให้ทั่วจนกระทั่งเจลใส

↓

ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที

↓

แช่ในตู้เย็นเป็นเวลา 30 นาที

↓

นำออกจากภาชนะและใช้ทดลอง

รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการเตรียมเจลคาราจีแนน

ที่มา : กรรณิการ์ , 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สมบัติของน้ำนมถั่วเหลืองและเต้าหู้แข็ง

น้ำนมถั่วเหลืองและเต้าหู้แข็งที่ผลิตได้มีสมบัติแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (Total SolubleSolid : TSS) pH ในน้ำนมถั่วเหลือง และร้อยละความชื้น pH ในเต้าหู้แข็ง

น้ำนมถั่วเหลือง *		เต้าหู้แข็ง *	
ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (°Brix)	pH	ความชื้น (%)	pH
11.65 ± 0.01	6.47 ± 0.003	74.58 ± 1.33	6.44 ± 0.01

* ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 15 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.1 น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) เป็น 11.65°Brix ซึ่งค่าที่ได้น้อยกว่าน้ำนมถั่วเหลืองทั่วไปที่ใช้ทำเต้าหู้ เนื่องจากถั่วเหลืองที่ใช้เป็นพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าพันธุ์สจ. 4 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมใช้ในการทำเต้าหู้ (ยุพร , 2540) ดังนั้นค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำที่วัดได้จึงค่อนข้างต่ำ เนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำนมถั่วเหลืองจะคิดเป็นค่าของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ เพราะเป็นสัดส่วนที่มีมากที่สุดในปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

ส่วนค่า pH ในน้ำนมถั่วเหลืองและเต้าหู้แข็งมีค่าเป็น 6.47 และ 6.44 ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ Lipoxigenase (6.5 - 6.9) ดังนั้นน้ำนมถั่วเหลืองและเต้าหู้แข็งที่ได้อาจมีกลิ่นถั่วเหลืออยู่มาก เมื่อนำไปใช้ในการผลิตหมูยอเทียม

สำหรับค่าความชื้นของเต้าหู้แข็งมีค่าเป็น 74.58 เปอร์เซนต์ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความชื้นของเต้าหู้แข็งโดยทั่วไปที่มีค่าเป็น 74.83 เปอร์เซนต์ (พิชัย , 2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาการใช้ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ในการผลิตหมูยอเทียม

4.2.1 ผลของการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ในการผลิตหมูยอเทียมต่อค่าเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุก และคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุก

Fat emulsion (%)	โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (%)	% weight loss
10	20	-0.07±0.00
	25	-0.04±0.01
	30	-0.07±0.00
20	20	-0.04±0.00
	25	-0.11±0.01
	30	-0.11±0.01
30	20	-0.19±0.00
	25	-0.06±0.01
	30	-0.08±0.01

จากตารางที่ 4.2 เปอร์เซนต์การสูญเสียของหมูยอเทียมที่ได้มีค่าติดลบอยู่ระหว่าง 0.04 ถึง 0.19 ในทุก ๆ ตัวอย่าง เนื่องจากน้ำหนักของหมูยอเทียมหลังการทำให้สุกมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะใช้วิธีการต้มในการทำให้สุก ซึ่งในระหว่างการต้มอาจมีน้ำบางส่วนซึมเข้าไปภายใน ประกอบกับผลิตภัณฑ์หมูยอเทียมมีส่วนประกอบของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และ binder คือ กลูเตนซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุก และช่วยเพิ่มการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ จึงทำให้น้ำถูกดูดซับไว้ภายในโครงสร้างของหมูยอเทียมได้ดี ความเป็นไปได้ในการสูญเสียน้ำในระหว่างการให้ความร้อนจึงเกิดขึ้นน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความเป็นสปริง ความสามารถยึดเกาะ ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว ของหมูยอเทียมเมื่อใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณ Fat emulsion (เปอร์เซนต์)	ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (เปอร์เซนต์)	ความแข็ง (Hardness) (กรัม)	ความเป็นสปริง (Springiness) (มิลลิเมตร)	ความสามารถยึดเกาะ (Cohesiveness)	ความหยุ่นตัว (Gumminess) (กรัม)	ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว(Chewiness) (กรัม x มิลลิเมตร)
10	20	3272.78 ^{ab}	1.484 ^{ns}	0.545 ^{ns}	1783.92 ^{ab}	2646.24 ^{bc}
	25	3418.16 ^{ab}	1.517 ^{ns}	0.540 ^{ns}	1823.39 ^{ab}	2665.70 ^{ab}
	30	3474.25 ^{a}	1.506 ^{ns}	0.544 ^{ns}	1891.30 ^{a}	2847.65 ^{a}
20	20	3009.20 ^{bc}	1.519 ^{ns}	0.542 ^{ns}	1628.62 ^{bc}	2472.12 ^{cd}
	25	3341.08 ^{ab}	1.521 ^{ns}	0.546 ^{ns}	1825.01 ^{ab}	2774.54 ^{ab}
	30	3401.44 ^{ab}	1.461 ^{ns}	0.545 ^{ns}	1852.18 ^{a}	2704.74 ^{ab}
30	20	2654.61 ^{c}	1.515 ^{ns}	0.544 ^{ns}	1447.49 ^{c}	2192.71 ^{e}
	25	2746.29 ^{c}	1.500 ^{ns}	0.545 ^{ns}	1497.01 ^{c}	2243.56 ^{e}
	30	3019.92 ^{bc}	1.480 ^{ns}	0.544 ^{ns}	1640.84 ^{bc}	2423.70 ^{d}

ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

18376

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าหมูยอเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ในระดับต่าง ๆ กันมีผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อวัดด้วยเครื่อง Texture analyzer พบว่าการเติม Fat emulsion ในระดับที่เท่ากันค่าเฉลี่ยความแข็ง ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ระดับ 30 เปอร์เซนต์ ค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวมีค่าสูงสุดเป็น 2847.65 2704.74 และ 2423.70 กรัมxมิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นสปริงและความสามารถยึดเกาะของหมูยอเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในระดับต่าง ๆ กันจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.461 - 1.521 และ 0.540 - 0.546 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ส่วนการพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัสของหมูยอเทียมเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในระดับที่เท่ากันพบว่าค่าความแข็ง ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวของหมูยอเทียมจะมีค่าลดลงเมื่อใช้ Fat emulsion ในปริมาณที่สูงขึ้นในทุกระดับของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เนื่องจาก Fat emulsion มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มกว่าของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ดังนั้นเมื่อเติม Fat emulsion เพิ่มจึงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูยอเทียมอ่อนนุ่มลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลของการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ในการผลิตหมูยอเทียมต่อค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4 .4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมของหมูยอเทียม เมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและ Fat emulsion ที่ระดับต่าง ๆ

Fat emulsion (เปอร์เซนต์)	โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (เปอร์เซนต์)	ปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส			
		สี	ความยืดหยุ่น	ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว	การยอมรับโดยรวม
10	20	3.60 ± 0.38^{ns}	2.65 ± 0.71^{c}	2.75 ± 0.66^{de}	2.68 ± 0.67^{d}
	25	3.73 ± 0.41^{ns}	3.08 ± 0.54^{b}	2.98 ± 0.70^{cd}	3.00 ± 0.63^{cd}
	30	3.78 ± 0.50^{ns}	3.50 ± 0.51^{a}	3.60 ± 0.55^{a}	3.43 ± 0.52^{ab}
20	20	3.50 ± 0.67^{ns}	2.60 ± 0.53^{c}	2.40 ± 0.58^{e}	2.73 ± 0.60^{cd}
	25	3.80 ± 0.52^{ns}	3.55 ± 0.65^{a}	3.20 ± 0.57^{bc}	3.58 ± 0.41^{a}
	30	3.85 ± 0.49^{ns}	3.42 ± 0.52^{ab}	3.28 ± 0.55^{abc}	3.45 ± 0.58^{ab}
30	20	3.55 ± 0.43^{ns}	3.25 ± 0.41^{ab}	3.08 ± 0.54^{bcd}	3.28 ± 0.55^{abc}
	25	3.60 ± 0.64^{ns}	3.05 ± 0.81^{b}	2.95 ± 0.69^{cd}	3.15 ± 0.46^{bc}
	30	3.73 ± 0.55^{ns}	3.58 ± 0.47^{a}	3.45 ± 0.54^{ab}	3.53 ± 0.50^{ab}

ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าเฉลี่ยด้านสีของหมูยอที่เติม Fat emulsion และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ระดับใดก็ตามคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.55 ถึง 3.85 ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนค่าเฉลี่ยด้านความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว การยอมรับโดยรวมเมื่อเติม Fat emulsion ใน ระดับที่เท่ากันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้น ในทุก ๆ ระดับของ Fat emulsion และพบว่าเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยด้านความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในกรณีของการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในระดับที่เท่ากัน ค่าเฉลี่ยด้านความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมมีแนวโน้มลดลงเมื่อเติม Fat emulsion เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนหมูยอที่ใช้ Fat emulsion ที่ระดับเท่ากัน พบว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยด้านความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหมูยอที่เติม Fat emulsion ในแต่ละระดับ (10 20 และ 30 เปอร์เซนต์) ร่วมกับการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ระดับ 30 เปอร์เซนต์ จะให้ค่าการยอมรับโดยรวมสูงสุดในแต่ละระดับเป็น 3.43 3.45 และ 3.53 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 95 เปอร์เซนต์

ดังนั้นการพิจารณาเลือกสูตรที่ดีที่สุดของหมูยอเทียมมาศึกษาต่อจะเลือกใช้หมูยอสูตรที่เติม Fat emulsion 10 เปอร์เซนต์ และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 30 เปอร์เซนต์ เพราะจะได้หมูยอที่มีค่าเฉลี่ยความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวสูงถึง 2847.65 กรัมxมิลลิเมตร อีกทั้งเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้ดีที่สุดอีกด้วย

4.3 ผลการศึกษาการใช้คาราจีแนนในหมูยอเทียม

4.3.1 ผลการใช้คาราจีแนนในหมูยอเทียมต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความเป็นสปริง ความสามารถยึดเกาะ ความหยุ่นตัวและความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวของหมูยอเทียมเมื่อใช้คาราจีแนนที่ระดับต่างๆ

ปริมาณคาราจีแนน (เปอร์เซนต์)	ความแข็ง (Hardnes) (กรัม)	ความเป็นสปริง (Springiness) (มิลลิเมตร)	ความสามารถยึดเกาะ (Cohesivness)	ความหยุ่นตัว (Gumminess) (กรัม)	ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (Chewiness) (กรัมxมิลลิเมตร)
0.0	4137.18^{ab}	2.03^{ns}	0.79^{ns}	3282.75^{ab}	6650.97^{ab}
0.4	3753.43^{ab}	1.98^{ns}	0.81^{ns}	3022.28^{ab}	5975.89^{ab}
0.6	4456.85^{a}	1.99^{ns}	0.81^{ns}	3602.35^{a}	7250.47^{a}
0.8	3641.83^{b}	2.01^{ns}	0.80^{ns}	2899.31^{b}	5794.43^{b}

ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าหมูยอเทียมสูตรที่เติมคาราจีแนน 0.6 เปอร์เซนต์ จะมีค่าความแข็ง ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวมากสุดคือ 4456.85 3602.35 และ 7250.47 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะมีค่าลดลงเมื่อเติมคาราจีแนนที่ระดับ 0.8 เปอร์เซนต์ ส่วนค่าความเป็นสปริงและความสามารถยึดเกาะของหมูยอเทียมที่เติมคาราจีแนนในระดับต่าง ๆ กันมีค่า อยู่ระหว่าง 1.98 - 2.03 และ 0.79 - 0.81 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

4.3.2 ผลการใช้คาราจีแนนในหมูยอเทียมต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมของหมูยอเทียมเมื่อเติมคาราจีแนนที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณคาราจีแนน (เปอร์เซนต์)	สี	ความยืดหยุ่น	ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว	การยอมรับโดยรวม
0.0	3.80 ± 0.69^{ns}	3.15 ± 0.93^{ab}	3.25 ± 0.91^{a}	3.30 ± 1.00^{a}
0.4	4.00 ± 0.97^{ns}	3.10 ± 0.72^{ab}	3.30 ± 0.80^{a}	3.40 ± 0.75^{a}
0.6	3.85 ± 0.88^{ns}	3.25 ± 0.79^{a}	3.25 ± 0.97^{a}	3.50 ± 0.80^{a}
0.8	3.65 ± 0.93^{ns}	2.65 ± 1.14^{b}	2.65 ± 0.99^{b}	2.65 ± 1.02^{b}

ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าหมูยอเทียมที่เติมคาราจีแนนในทุก ๆ ระดับจะได้ค่าเฉลี่ยด้านสีอยู่ระหว่าง 3.65 ถึง 4.00 ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ส่วนหมูยอที่เติมคาราจีแนน 0.6 เปอร์เซนต์ จะได้ค่าเฉลี่ยด้านความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดคือ 3.25 3.25 และ 3.50 ตามลำดับ

สำหรับหมูยอที่เติมคาราจีแนน 0.8 เปอร์เซนต์ ค่าเฉลี่ยด้านความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และการยอมรับโดยรวมมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่อเติมคาราจีแนนเพิ่มขึ้นความชื้นในผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น (กรรณิการ์ , 2542) ส่งผลให้ความแข็งแรงของโครงสร้างเจลหมูยอเทียมลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. น้ำนมถั่วเหลืองที่ใช้ทำเต้าหู้แข็งมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 11.65 และ pH เท่ากับ 6.47 เมื่อผลิตเป็นเต้าหู้แข็งมีค่า pH เป็น 6.44 และความชื้นเท่ากับ 74.58 เปอร์เซนต์

2. หมูยอเทียมที่ผลิตมีค่าเปอร์เซนต์การสูญเสียหลังการทำให้สุกน้อยมาก

3. หมูยอเทียมสูตรที่ดีที่สุดใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 30 เปอร์เซนต์ Fat emulsion 10 เปอร์เซนต์ จะให้หมูยอเทียมที่มีค่าเฉลี่ยด้านความแข็ง ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวสูงสุดเป็น 3474.25 1891.30 และ 2847.65 ตามลำดับ

4. ค่าคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ระดับ 30 เปอร์เซนต์ ร่วมกับการใช้ Fat emulsion ในระดับต่าง ๆ (10 20 และ 30 เปอร์เซนต์) จะให้ค่าการยอมรับโดยรวมสูงสุดในแต่ละระดับของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

5. หมูยอเทียมที่เติมคาราจีแนน 0.6 เปอร์เซนต์ จะให้ค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความหยุ่นตัว ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความยืดหยุ่น ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว การยอมรับโดยรวมมีค่ามากที่สุดเป็น 4456.85 3602.35 7250.47 3.25 3.25 และ 3.50 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากหมูยอเทียมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นถั่วเหลืองจึงควรเติมส่วนผสมอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

2. ควรมีการศึกษาการใช้คาราจีแนนกับ gum ตัวอื่น ๆ หรือแป้งบุก เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น

3. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ ก้องประเสริฐ และเสาวภา นิ่มดวง. 2543. การใช้กลูเตนในผลิตภัณฑ์หมูยอ ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

กรรณิการ์ ห้วยแสน. 2542. ผลของแป้งถั่วเหลือง คาราจีแนน รำข้างสาลีและรำข้าวจ้าวในหมูบดก้อนไขมันต่ำ วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2528. เต้าหู้หลอด วารสารอาหาร 15 (4) : 235.

ดวงพร สามัตถิยะ. 2540. การใช้น้ำผลไม้ตระกูลส้มเป็นตัวตกตะกอนต่อคุณภาพของเต้าหู้แข็ง วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรัชญา วงศ์สิทธิ์ธนกิจ และศุภมิตร แสนทวีสุข. 2544. ผลของสารตกตะกอนต่อคุณสมบัติของแป้งเต้าหู้ ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

พิชัย สราญรมย์. 2528. เอกสารเผยแพร่ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับถั่วเหลืองสำหรับการศึกษาระดับปริญญา หน้า 317. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพียรชัย ตั้งเมธากุล และอำนวยโชค ยอดแก้ว. 2530. อาหารว่างจากเต้าหู้ ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

มนต์ชัย ตังตกาญจน์. 2544. การศึกษาถึงผลของเกลือไอโอดีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

มัณฑนา ร่วมรักษ์, วิภา คำดา และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ. 2529. ผลของวิธีการผลิตต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง วารสารอาหาร 16 (2) : 68.

ยุพร พืชกมุทร.2540. รายงานการวิจัยการปรับปรุงการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง สจล.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2544. บทปฏิบัติการเทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

วิไลรัตน์ มณีเสถียรวัฒนา. 2535. การผลิตไส้กรอกเลียนแบบจากโปรตีนถั่วเหลือง วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . หน้า 7-10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศุภชัย แก้วมีชัย. 2537. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองของประเทศไทย ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 66

สมจินตนา สุมิตรสวรรค์, เกษม นันทชัย และจินตนา ศรีผุย. 2541. ผลของการใช้น้ำมันถั่วเหลืองในสูตรการผลิตต่อคุณภาพและการเป็นที่ยอมรับของผลิตภัณฑ์หมูยอ วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 3 (1) : 24 – 25.

สมชาย ประภาวัติ. 2524. ผลิตภัณฑ์อาหารถั่วเหลืองที่เหมาะสม วารสารอาหาร 13 (3) : 165 - 166.

สงวน สีคุณเมือง และสุภาพ นาหัวนิล. 2544. การผลิตแป้งเต้าหู้ ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

_____. 2541. ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองและแป้ง เอกสารแผ่นพับเผยแพร่ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

<u>แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์หมูยอเทียม</u>

ชื่อ _____ **วันที่** _____

<u>หมายเหตุ</u> **วิธีการให้คะแนนขึ้นกับความชอบของท่านว่ายอมรับผลิตภัณฑ์หมูยอเทียมมากน้อยเพียงใด โดยมิต้องนำไปเปรียบเทียบกับหมูยอจากเนื้อสัตว์**

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์จากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนตามลำดับความชอบดังนี้

1 = ไม่ชอบมาก
2 = ชอบเล็กน้อย
3 = ชอบปานกลาง (เฉย ๆ)
4 = ชอบ
5 = ชอบมาก

ลักษณะที่ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง _____					รหัสตัวอย่าง _____					รหัสตัวอย่าง _____				
	ระดับคะแนน					ระดับคะแนน					ระดับคะแนน				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
สี															
ความยืดหยุ่น															
ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว															
ความชอบรวม															

ข้อเสนอแนะ : _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการตรวจสอบและวิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัส

ทำการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2 ของ SMS: Stable Micro Systems ในการทดสอบใช้ Load cell ขนาด 22 กิโลกรัม หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร เตรียมตัวอย่างวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร หนา 1.3 เซนติเมตร กดอัด (Compress) ตัวอย่างให้มีความยาวลดลงร้อยละ 30 ของความยาวเดิม พื้นที่ใต้กราฟของการกดอัดตัวอย่าง แต่ละครั้งถูกคำนวณไว้โดยเครื่องมือดังกล่าว

จากนั้นประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างเป็นค่าต่าง ๆ ดังนี้

ค่าความแข็ง (Hardness) หมายถึง แรงสูงสุด (maximum force) (กิโลกรัม) ที่ใช้ในการกดอัดตัวอย่างครั้งแรก (first compress)

ค่าความสามารถยึดเกาะ (Cohesiveness) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของ ตัวอย่างที่ผ่านการกดอัดครั้งที่ 2 และพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างที่ผ่านการกดอัดครั้งแรกเป็นแรงยึดกันภายในเนื้ออาหาร ค่า Cohesiveness มากกว่า Adhesiveness เสมอ

ค่าความเป็นสปริง (Springiness) หมายถึงระยะทาง (มิลลิเมตร) ที่เนื้อของตัวอย่างคืนตัวกลับหลังจากการกดอัดครั้งแรกและการเริ่มกดครั้งที่ 2 ค่าที่ได้ควรใกล้ 1.000

ค่าความหยุ่นตัว (Gumminess) เป็นพลังงานที่ต้องใช้ในการบดเคี้ยวอาหารที่เป็น Semi-solid ให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะกลืน ได้จากการคำนวณโดย

ค่าความหยุ่นตัว = ค่าความแข็ง × ค่าความสามารถยึดเกาะ

ค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (Chewiness) เป็นพลังงานที่ต้องใช้ในการบดเคี้ยวอาหารที่เป็น Solid ให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะกลืน ได้จากการคำนวณโดย (ดัดแปลงจากสมจินตนา , 2541)

ค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว = ค่าความหยุ่นตัว × ค่าความเป็นสปริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประเมินร้อยละของการสูญเสียหลังทำให้สุก (ดัดแปลงจากสมจินตนา , 2541)

ทำการประเมินโดย นำตัวอย่างหมูยอที่ได้บรรจุในพิมพ์โลหะเรียบร้อยไปชั่งน้ำหนัก นำไปให้ความร้อนตามที่กำหนด ทำให้เย็นและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกจากพิมพ์ เทของเหลวส่วนเกินทิ้งนำพิมพ์และตัวอย่างที่ซับแห้งแล้วไปชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าการสูญเสียหลังการทำให้สุกเป็นค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนไปเป็นร้อยละของน้ำหนักก่อนทำให้สุก

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก} = \left(\frac{\text{น้ำหนักก่อนต้ม} - \text{น้ำหนักหลังต้ม}}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}}\right) \times 100$$

3. การหาร้อยละความชื้นในเต้าหู้แข็ง (ดวงพร , 2540)

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ด้วยเครื่องชั่งละเอียดประมาณ 2 – 5 กรัม ใส่ในภาชนะ (aluminium can) ซึ่งแห้งสนิท (โดยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ± 3 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วทิ้งให้เย็นใน desicator จากนั้นชั่งน้ำหนักภาชนะ aluminium can)
2. นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 3 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง
3. นำตัวอย่างออกจากตู้อบใส่ desicator ทิ้งให้เย็น
4. ชั่งน้ำหนักภาชนะ (aluminium can) พร้อมทั้งตัวอย่าง
5. นำไปอบต่ออีก 15 – 30 นาที จนน้ำหนักคงที่
6. ชั่งน้ำหนักภาชนะ (aluminium can) พร้อมทั้งตัวอย่างแล้วหักลบด้วยน้ำหนักภาชนะ aluminium can เปล่า จะได้น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ
7. คำนวณร้อยละความชื้น

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \left(\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}\right) \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ดวงพร , 2540)

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการกรองกากออกแล้วมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วย Hand Refractometor

5. การวัด pH ของน้ำนมถั่วเหลือง (ดวงพร , 2540)

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการกรองกากออกแล้วมาวัด pH ด้วยเครื่อง pH meter

6. การวัด pH ของเต้าหู้แข็ง (ดวงพร , 2540)

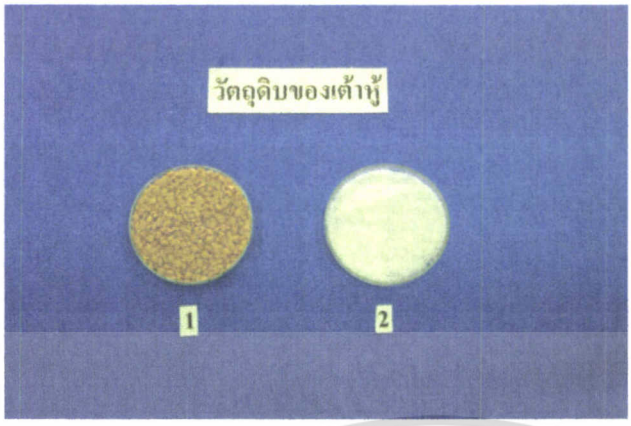
นำเต้าหู้ไปชั่งให้มีน้ำหนัก 10 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร นำส่วนน้ำที่อยู่ด้านบนไปทำการวัด pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพถ่ายของส่วนผสมในกระบวนการหมูยอเทียม

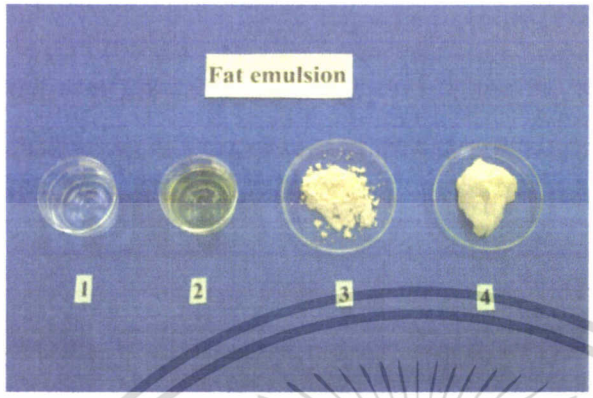
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 หมายเลข 1 คือ ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
หมายเลข 2 คือ แมกนีเซียมซัลเฟต

รูปที่ 2 หมายเลข 1 คือ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด
หมายเลข 2 คือ Accord
หมายเลข 3 คือ เต้าหู้แข็ง
หมายเลข 4 คือ กลูเต็นผง
หมายเลข 5 คือ เครื่องเทศและเครื่องปรุงรส
หมายเลข 6 คือ Fat emulsion
หมายเลข 7 คือ เจลของคาราจีแนน
หมายเลข 8 คือ คาราจีแนนผง

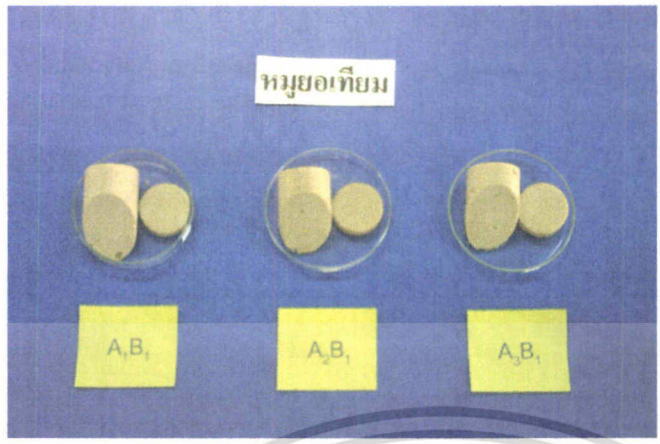
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 หมายเลข 1 คือ น้ำเย็น หมายเลข 3 คือ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด
หมายเลข 2 คือ น้ำมันถั่วเหลือง หมายเลข 4 คือ Fat emulsion

รูปที่ 4 หมายเลข 1 คือ น้ำเปล่า หมายเลข 3 คือ เจลของคาราจีแนน
หมายเลข 2 คือ คาราจีแนนผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 A_1B_1 คือ ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 20% Fat emulsion 10%
A_2B_1 คือ ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 25% Fat emulsion 10%
A_3B_1 คือ ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 30% Fat emulsion 10%

รูปที่ 6 เมื่อเติมคาราจีแนนที่ระดับ 0.4% 0.6% และ 0.8%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้