การใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในแพตตี้

USED OF HARD TOFU TO REPLACE PORK IN PATTY

ชื่นจิต พงษ์พูล

CHUENJIT PONGPOOL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-036

USED OF HARD TOFU TO REPLACE PORK IN PATTY

CHUENJIT PONGPOOL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF

SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2009

KMITL-2009-AI-M-053-036

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในแพตตี้
USE OF HARD TOFU TO REPLACE PORK IN PATTY

ชื่อนักศึกษา นางสาวชื่นจิต พงษ์พูล
รหัสประจำตัว 49068507
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. ยุพร พืชกมุทร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.ยุพร พืชกมุทร	
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม	
รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์	
ผศ.ดร.น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 6 มีนาคม 2552 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D213/2 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)
คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร
วันที่....16....**เดือน**....มีนาคม....**พ.ศ**....2552....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในแพตตี้
นักศึกษา	นางสาวชื่นจิต พงษ์พูล
รหัสประจำตัว	49068507
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.ยุพร พืชกมุทร

บทคัดย่อ

ผลการศึกษาการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในแพตตี้ที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อหมู พบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของแบตเตอร์ที่ใช้เต้าหู้แข็งทุกระดับมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื้อสัมผัสของแพตตี้ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งจะนิ่มมากขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์การทดแทนเพิ่มมากขึ้น และเมื่อนำแพตตี้ที่มีการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์มาปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสโดยการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ คาร์ราจีแนนหรือโลคัสต์บีนกัมผสมกับคาร์ราจีแนน (อัตราส่วน 1:1) ที่ระดับ 1.5 2 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเติม ไฮโดรคอลลอยด์ทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของแบตเตอร์ลดลง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการเติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้คะแนนความชอบรวมของแพตตี้อยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก จากนั้นทดลองใช้น้ำมันรำข้าวแทนการใช้มันหมูแข็งโดยเติมน้ำมันรำข้าวสามระดับคือ 5 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้ของแบตเตอร์ทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าแพตตี้ที่ใช้น้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์ได้รับการยอมรับมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู 80 เปอร์เซ็นต์ เติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ใช้มันหมูแข็ง และเติมน้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลเท่ากับ 20.46 กรัมต่อ 100 กรัม และ 3.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่แพตตี้หมูสูตรควบคุมมีปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลเท่ากับ 25.06 กรัมต่อ 100 กรัม และ 8.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และพบว่าปริมาณแคลเซียมในแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนมีค่าสูงกว่าแพตตี้หมูสูตรควบคุมถึง 15 เท่า จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่าแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศที่ 4 องศาเซลเซียส ได้มากกว่า 12 วัน เช่นเดียวกับแพตตี้หมูสูตรควบคุม และสามารถเก็บในสภาวะบรรยากาศที่ -18 องศาเซลเซียส ได้มากกว่า 4 สัปดาห์

เมื่อคำนวณต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ พบว่าแพตตี้หมูสูตรควบคุมมีราคา 134.4 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูมีราคา 101.22 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นการใช้

เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารและสามารถลดต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตแพตตี้

Thesis Title	**Used of hard tofu to replace pork in patty**
Student	**Miss Chuenjit Pongpool**
Student ID.	**49068507**
Degree	**Master of Science**
Programme	**Food Science**
Year	**2009**
Thesis Advisor	**Dr. Yuporn Peuchkamut**

ABSTRACT

In this study, the hard tofu at 60%, 70% and 80% of pork weight were used to replace pork in patty. The result showed that water holding capacity of the batter samples was significantly higher than that of the control. When the amount of replaced tofu increased, the softer texture was observed. The texture of the patty at 80% of the tofu was further modified by addition of two kinds of hydrocolloids. Carrageenan and mixture of locust bean gum and carrageenan (ratio 1:1) at the 1.5%, 2% and 2.5% (w/w) were studied. Results showed that weight loss of the batter was decreased when the hydrocolloids were added. Sensory result showed that carrageenan at 1.5% was suited for the tofu patty. The further substitution of back fat by rice bran oil in the patty that prepared by replacing pork with 80% tofu was evaluated. Results showed that water holding capacity of the batter using rice bran oil were not significantly different from that of the batter using back fat. The sensory result found 7.5% of rice bran oil was selected to substitute back fat in the formula.

Chemical analysis of the patty that replaced pork with 80% tofu and the control patty was elucidated. The result showed that fat and cholesterol content of the tofu patty were 20.46 gram per 100 gram and 3.4 milligram per 100 gram, respectively; while those of the control patty were 25.06 gram per 100 gram and 8.30 milligram per 100 gram, respectively. Moreover, calcium content of the tofu patty was about 15 times higher than that of the control. Shelf life of the patties was also studied by storing patties in a vacuum pack at 4°C. The result showed that both the tofu and the control patties could stored more than 12 days. When the patties were kept at -18°C atmospheric pack, both patties could store more than 4 week.

The raw material costs of the patties were studied. The result showed that the control patty and the patty that replaced pork with 80% tofu were 134.4 and 101.2 Baht per kilogram, respectively. Replacing pork with tofu in patty not only improved the nutritional value but also reduced the material cost.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ดร. ยุพร พืชกมุทร ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้ข้อชี้แนะและความช่วยเหลือในทุกเรื่อง จนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้ารู้สึกทราบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่านอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง มาไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ และ ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่ข้าพเจ้าทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เป็นอย่างสูงที่สละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการร่วมพิจารณาในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้าสำเร็จการศึกษา ทั้งนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรที่อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ รวมทั้งพี่ ๆ เพื่อนๆ น้องๆ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารที่ให้คำแนะนำและกำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชายและเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชื่นจิต พงษ์พูล

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญรูป

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แฮมเบอร์เกอร์เป็นผลิตอาหารประเภทพร้อมรับประทาน (ready to eat) ที่ผู้บริโภคนิยมรับประทาน ซึ่งแพตตี้ที่ทานคู่กับแฮมเบอร์เกอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อสัตว์ การรับประทานผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เป็นประจำอาจก่อให้เกิดภาวะเสี่ยงของการเป็นโรคอ้วน ไขมันอุดตันในเส้นเลือด หรือคอเลสเตอรอลได้ โดยทั่วไปเนื้อสัตว์มีปริมาณไขมันมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ (Wood *et. al.* 2003) ด้วยเหตุนี้ผู้บริโภคจึงสนใจบริโภคอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพมากขึ้น ถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนมากเมื่อเทียบกับถั่วชนิดอื่น และเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย จึงทำให้ถั่วเหลืองมีความสำคัญในการผลิตเป็นโปรตีนจากพืชเพื่อใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ และถั่วเหลืองยังประกอบด้วยกรดไขมันที่ดีและมีประโยชน์ต่อการบริโภคคือ กรดไลโนเลอิก และกรดไลโนเลนิกในปริมาณที่สูง (เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. 2542) นอกจากนี้ในถั่วเหลืองยังพบสารไฟโตเอสโตรเจนที่มีสูตรโครงสร้างและคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนในเพศหญิง ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากถั่วเหลืองอาจช่วยลดอัตราการเสี่ยงการเป็นมะเร็งเต้านม (Anderson *et. al.* 1995) ในขณะที่อาหารที่ผลิตจากถั่วเหลืองได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของโปรตีนถั่วเหลืองที่มีผลต่อระดับของคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด พบว่าผู้บริโภคที่บริโภคโปรตีนถั่วเหลืองเป็นประจำในปริมาณที่เหมาะสมพบว่าสามารถลดระดับไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein, LDL) ในเลือด และช่วยเพิ่มระดับไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density lipoprotein, HDL) (Henk. 2005)

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ได้จากการตกตะกอนนมถั่วเหลือง เต้าหู้แข็ง 100 กรัม ให้พลังงาน 135 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต 6 กรัม โปรตีน 12.5 กรัม ไขมัน 8.1 กรัม แคลเซียม 188 มิลลิกรัม วิตามินเอ 42 มิลลิกรัม วิตามินบี2 0.14 มิลลิกรัม เกลือแร่ต่างๆ เช่น ฟอสฟอรัส และเลซิทีน (กองโภชนาการ, 2545) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยโปรตีนที่ย่อยง่าย และกรดไขมันที่มีความจำเป็นกับร่างกาย ในงานวิจัยนี้จะทดลองใช้เต้าหู้นำมาผลิตขึ้นรูปเป็นแพตตี้ที่ใช้รับประทานในแฮมเบอร์เกอร์ โดยทดลองหาสูตรที่ใช้ทดแทนเนื้อหมู และศึกษาปริมาณที่ใช้ทดแทนให้ได้มากที่สุด ปรับปรุงคุณภาพให้ผู้ทดสอบยอมรับ งานวิจัยนี้ทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคและส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของถั่วเหลือ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาปริมาณเต้าหู้แข็งที่ใช้ทดแทนเนื้อหมูในแพตตี้หมู (pork patty)
2. ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของแพตตี้ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง
3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและอายุการเก็บรักษาของแพตตี้ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์แพตตี้ ซึ่งผู้วิจัยขอตั้งชื่อผลิตภัณฑ์ว่า "แพตตี้เต้าหู้หมู" โดยศึกษาปริมาณของเต้าหู้แข็งที่นำมาทดแทนเนื้อหมู ปรับปรุงคุณภาพของแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู ศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของแบตเตอร์ ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ศึกษาอายุการเก็บรักษา ตลอดจนคำนวณต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์แพตตี้เพื่อสุขภาพ และเป็นทางเลือกใหม่ของการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Glycin max (L) Merr* ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Leguminosae มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Soya Bean หรือ Soybean เป็นตระกูลถั่วที่รู้จักกันดี โดยเฉพาะเป็นพืชดั้งเดิมของคนในแถบเอเชีย โดยได้มีการปลูกและนำมาใช้บริโภคเป็นอาหารพื้นเมืองนานาชนิด ถั่วเหลืองของไทยส่วนมากปลูกแถบภาคเหนือ และภาคกลางตอนบน นิยมเรียกในภาษาไทยโดยทั่ว ๆ ไป หลายชื่อ เช่น ถั่วพระเหลือง ถั่วแระ ถั่วเหลือง มะถั่วเน่า ถั่วหนัง (เหนือ) เป็นต้น ลักษณะของต้นถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก สูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสี่เหลี่ยมปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ใบประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ปลาย แหลมใบค่อนข้างหนาผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอก เมื่ออายุประมาณ 25-30 วัน เก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100 วัน ฝักแบนขาวติดเป็นกระจุกที่ข้อ ของต้นและกิ่งในฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่เมล็ดกลมผิวสีเหลืองมันตาค่อนข้างเล็กสีน้ำตาลอ่อน (สุมนทิพย์คงตัน. 2542)

ถั่วเหลืองจัดเป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์ และมีบทบาทในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย ถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ถั่วเหลืองดิบ 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 411 กิโลแคลอรี่ ประกอบด้วย น้ำ 11.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 26.7 กรัม โปรตีน 34.0 กรัม ไขมัน 18.7 กรัม ใยอาหาร 4.7 กรัม แคลเซียม 245 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 500 มิลลิกรัม เหล็ก 10.0 มิลลิกรัม วิตามินบีหนึ่ง 0.73 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.19 มิลลิกรัม ไนอาซีน 1.5 มิลลิกรัม และวิตามินซี 41 มิลลิกรัม นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีปริมาณไขมันต่ำและย่อยง่ายจึงทำให้ถั่วเหลืองมีความสำคัญในการผลิตเป็นโปรตีนจากพืชเพื่อใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ ถั่วเหลืองยังประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณที่สูงถึง 85 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดไขมันที่ดีและมีประโยชน์ต่อการบริโภค (Essential Fatty acids) ซึ่งก็คือ ไลโนเลอิก และไลโนเลนิก ในปริมาณที่สูงถึง 30-40 เปอร์เซ็นต์ (เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. 2542)

ในถั่วเหลืองยังพบสารประกอบชนิดหนึ่งที่มีสูตรโครงสร้างคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน มีชื่อเรียกว่า ไฟโตเอสโตรเจน (phytoestrogens) ซึ่งเป็นสารประกอบที่พบได้ในพืชมากกว่า 300 ชนิด แต่มีมากที่สุดในถั่วเหลือง โดยออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง และกระตุ้นการเจริญของอวัยวะสืบพันธุ์ของสัตว์เพศเมีย แต่ออกฤทธิ์ได้ต่ำกว่าฮอร์โมนเอสโตรเจนของคน ไฟโตเอสโตรเจนมีคุณสมบัติคล้ายเอสโตรเจน โดยทั่วไปเนื้อเยื่อระบบสืบพันธุ์มีตัวรับเอสโตรเจน

มากกว่าร้อยถึงพันเท่าของเซลล์กระดูกและเซลล์อื่นๆ ในร่างกาย มีงานวิจัยบ่งชี้ว่า ระดับไฟโตเอสโตรเจนในเลือดของคนหลังกินอาหารที่มีไฟโตเอสโตรเจนในปริมาณปกติ สามารถป้องกันการเติบโตของเซลล์ที่ถูกกระตุ้นด้วยเอสโตรเจนได้ ดังนั้นไฟโตเอสโตรเจนจึงอาจจะลดหรือยับยั้งฤทธิ์ของเอสโตรเจนที่มีต่อเซลล์หรือเนื้อเยื่อที่ตอบสนองเอสโตรเจนได้เช่น เนื้อเยื่อเต้านม เป็นต้น การบริโภคไฟโตรเอสโตรเจนจึงอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งเต้านมได้ โดยสามารถแบ่งไฟโตเอสโตรเจนออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ไอโซฟลาโวน (isoflavones) คูเมสแตน (coumestans) และลิกแนน (lignan) ไฟโตเอสโตรเจนที่พบมากในพืชทั่วไปคือ ไอโซฟลาโวน ซึ่งมีในถั่วหลายชนิด แหล่งอาหารสำคัญของไฟโตเอสโตรเจนที่ร่างกายของคนได้รับคือ ถั่วเหลือง ในถั่วเหลืองมีไอโซฟลาโวนที่สำคัญคือ ไดเซอิน (daidzein) และ เจนีสเตอิน (genistein) (ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์. 2548) นอกเหนือจากนี้ยังพบ ตัวยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (trypsin inhibitors) กรดไฟติค (phytic acids) และ ซาโปนิน (saponin) ที่ปัจจุบันได้รับความสนใจ เนื่องจากพบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็ง (Anderson and Wolf. 1995)

2.2 เต้าหู้

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่คนเอเชียรู้จัก และบริโภคมาเป็นระยะเวลานาน และเป็นแหล่งของโปรตีนที่ดีซึ่งมีราคาถูกและย่อยง่าย เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนโดยสารตกตะกอน ซึ่งสารตกตะกอนที่นิยม ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate) แคลเซียมอะซีเตท (calcium acetate) แคลเซียมกลูโคเนท (calcium gluconate) แมกนีเซียม ซัลเฟต (magnesium sulfate) หรือ เรียกว่า ดีเกลือ แมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride) และ กลูโคโน เดลต้า แลคโตน (glucono delta lactone)

เต้าหู้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เนื้อไม่มีกระดูก (the meat without a bone) มีสีขาว อ่อนนุ่ม อุ้มน้ำ และย่อยง่าย มีโปรตีนสูง ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักแห้ง สามารถใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ต่างๆ ได้ และยังสามารถใช้ประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น แกงจืดเต้าหู้ เต้าหู้ทอด เป็นต้น (สมชาย ประภาวัติ. 2538)

เต้าหู้ในแต่ละประเทศมีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น ประเทศจีนเรียกว่า โตฟู (Tofu) หรือ เต้าฟู (Tao-fu) เกาหลีเรียก ตูฟู (Tufu) ส่วนใหญ่ในญี่ปุ่นเรียก โตฟู (Tofu) ซึ่งมีการบริโภคกันในปริมาณมาก จนถือได้ว่าเป็นอาหารหลักอย่างหนึ่ง และได้มีการแบ่งชนิดของโตฟูออกเป็น 2 ชนิดคือ โมเมน โตฟู (Momen tofu) ซึ่งเป็นโตฟูที่มีการกำจัดน้ำเวย์ออกจากตะกอนของโปรตีน และ คินุโกชิ โตฟู (Kinugoshi-tofu) เป็นเต้าหู้ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนกว่า เนื่องจากไม่มีการกำจัดน้ำเวย์ออกจากตะกอนของโปรตีน (น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป. 2541) คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ชนิดต่างๆ (ปริมาณ 100 กรัม)

	เต้าหู้แข็ง	เต้าหู้ขาวอ่อน	ฟองเต้าหู้
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	135	63	461
ไขมัน (กรัม)	8.1	4.1	28.4
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	6.0	0.4	14.9
ไฟเบอร์ (กรัม)	-	0.1	0.1
โปรตีน (กรัม)	12.5	7.9	47
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	188	150	245
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	222	104	494
เหล็ก (มิลลิกรัม)	5.6	2.2	9.5
วิตามินเอ (มิลลิกรัม)	42	-	-
วิตามินบี1 (มิลลิกรัม)	-	10.4	0.42
วิตามินบี2 (มิลลิกรัม)	0.14	0.02	0.16
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	-	-	-
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	0.5	0.4	1.5

ที่มา : กองโภชนาการ (2545)

ในประเทศไทย เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ประชาชนนิยมบริโภคนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายชนิด เต้าหู้ที่วางขายในท้องตลาดทั่วๆ ไปเช่น เต้าหู้อ่อน เต้าหู้กระดาน เต้าหู้แข็ง เต้าหู้หลอดและเต้าฮวย ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

ก) เต้าหู้อ่อน จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม มีสีขาวนวล กลิ่นหอม มีทั้งแบบก้อนบางและก้อนหนาให้เลือก นิยมนำมาใส่แกงจืด

ข) เต้าหู้แข็ง จะมีขาวและสีเหลือง สีเหลืองเกิดจากการแช่เต้าหู้ในน้ำขมิ้น มีเนื้อสัมผัสที่แน่น แข็งกว่าเต้าหู้อ่อน เนื่องจากการกดทับในน้ำออกจากเนื้อเต้าหู้มากกว่าเต้าหู้อ่อน

ค) เต้าหู้กระดาน คือเต้าหู้อ่อนชนิดหนึ่งที่ตักตะกอนโปรตีนใส่ในพิมพ์ไม้ขนาดใหญ่ ปล่อยให้แข็งตัวบนกระดานไม้ที่เป็นพิมพ์ แล้วตัดแบ่งขายเป็นชิ้นๆ

ง) เต้าหู้หลอด บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกปิดสนิท (package tofu) เนื้อเต้าหู้จะเนียนนุ่ม มีทั้งชนิดธรรมดาและชนิดไข่ นิยมนำมาใส่แกงจืด สุกี้ยากี้ เต้าหู้อบ เต้าหู้ตุ๋น

จ) เต้าฮวย เนื้อจะอ่อนนุ่มมากเกินกว่าที่จะตัดเป็นชิ้นๆ เต้าฮวยทำจากการเทน้ำนมถั่วเหลืองผสมกับสารแขวนลอยของตัวตกตะกอนแล้วปล่อยให้แข็งตัวในภาชนะบรรจุโดยไม่มีการกดทับให้น้ำออก

ฉ) ฟองเต้าหู้ (เป็นสิ่งที่ได้จากการต้มน้ำเต้าหู้ (น้ำนมถั่วเหลือง) ต้มให้มีความเข้มข้นสูงจนผิวหน้าของเต้าหู้จับตัวกันเป็นแผ่น สามารถนำมารับประทานได้เลยโดยใส่แกงจืด หรือนำฟองเต้าหู้ที่ได้ไปตากหรืออบจนแห้ง ฟองเต้าหู้แบบแผ่นใหญ่คนจีนเรียกว่า หู่เมาะ นิยมนำไปห่ออาหาร เช่น แฮ่กึ๊น ฮอยจ๊อ เปาะเปี๊ยะ และแบบเป็นชิ้นเล็กเรียกว่า หู่กี๋ นิยมใส่แกงจืด ผัดโป๊ยเซียน) (เพลินใจ ตังคณะกุล. 2545)

เต้าหู้นอกจากเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันที่ดี ยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากคอเลสเตอรอล และเป็นอาหารที่มีพลังงานต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยถ้าได้รับโปรตีนจากเต้าหู้ 20 กรัมต่อวัน แทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ก็เพียงพอในการช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดได้ (Hideo and Kawassaki. 1990) เต้าหู้ที่มีคุณภาพดี จะต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่ม เรียบ แน่น เกาะติดกัน ไม่เป็นยาง (rubbery) และแข็งเกินไป ดังนั้นเนื้อสัมผัสของเต้าหู้จึงเป็นสิ่งสำคัญและมีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้ได้แก่

1) พันธุ์ของถั่วเหลือง ถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์จะมีสีเปลือก (seed coat) สีจมูกของถั่วเหลือง (hilum) ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน แตกต่างกัน (กองโภชนาการ. 2545)

2) การดูดน้ำของเมล็ดถั่วเหลือง ในการทำเต้าหู้จำเป็นต้องแช่ถั่วเหลืองในน้ำเพื่อทำให้โครงสร้างของเซลล์อ่อนนุ่ม ลดพลังงานในการปั่นให้ละเอียด เพิ่มอัตราการสกัดสารอาหารให้เร็วขึ้น อัตราการดูดน้ำขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำที่แช่ถั่วเหลือง พบว่าที่อุณหภูมิสูงถั่วเหลืองจะดูดซึมน้ำได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์อาจมีความสามารถในการดูดซึมน้ำจนอิ่มตัวในอัตราเดียวกัน แต่เวลาที่ใช้ในการดูดซึมน้ำแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์ ความชื้นสูงหรือต่ำของเมล็ด และอุณหภูมิสูงหรือต่ำของน้ำที่แช่ ถั่วที่มีเมล็ดเล็กแข็ง อายุการเก็บนาน การดูดน้ำจะลดน้อยลง

3) การปั่นถั่วเหลือง วิธีดั้งเดิมของจีน นิยมแช่ถั่วเหลืองด้วยน้ำเย็นและปั่นถั่วเหลืองให้ละเอียดจะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีกลิ่นถั่วเป็นที่ชื่นชอบของคนบางกลุ่ม แต่บางครั้งจำเป็นต้องกำจัดหรือลดกลิ่นถั่วให้น้อยลงสำหรับกลุ่มคนที่ไม่ชอบกลิ่นถั่วนี้ พบว่าการแช่และปั่นถั่วเหลืองด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ช่วยกำจัดกลิ่นถั่วในน้ำนม กลิ่นถั่วเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxidase) กับไขมันในถั่ว ปฏิกิริยานี้เกิดได้ดีเมื่อมีความชื้นหรือน้ำผสมกับเนื้อถั่วขณะตีปั่น (Nelson *et. al.* 1976) การตีปั่นถั่วเหลืองในน้ำร้อน ความร้อนจะยับยั้งปฏิกิริยาของการเกิดกลิ่นถั่ว (Bourne *et. al.* 1976)

4) การต้มน้ำนมถั่วเหลือง เป็นการให้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์ ลดกลิ่นถั่วและทำให้โปรตีนเปลี่ยนแปลง (denaturation) อยู่ในภาวะพร้อมที่จะเป็นตะกอนหากใส่สารตกตะกอนลงไป นอกจากนี้ยังเป็นการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการให้ดีขึ้น มีรายงานว่าการต้มถั่วเหลืองปั่นละเอียดให้เดือดนาน เกิน 20 นาที จะทำให้ของแข็งในของแข็ง (total solid) และปริมาณของเต้าหู้ลดลง ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ (Wang and Hesseltine, 1982) ดังนั้นควรต้มถั่ว

เหลืองปั่นละเอียดให้เดือดนาน 10-15 นาที เพื่อให้น้ำนมถั่วเหลืองคงคุณค่าทางโภชนาการไว้สูงสุด

5) ชนิดของตัวตกตะกอน (coagulant) ตัวตกตะกอนที่ใช้ทำเต้าหู้มีหลายชนิด เช่น แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate) แคลเซียมอะซีเตท (calcium acetate) แคลเซียมกลูโคเนท (calcium gluconate) แมกนีเซียม ซัลเฟต (magnesium sulfate) หรือ เรียกว่า ดีเกลือ แมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride) และ กลูโคโน เดลต้า แลคโตน (glucono delta lactone) หรือที่เรียกกันว่า GDL เป็นต้น ตัวตกตะกอนแต่ละชนิดจะทำให้เต้าหู้มีลักษณะแตกต่างกัน การทำเต้าหู้อ่อนนิยมใช้แคลเซียมซัลเฟต ในขณะที่การทำเต้าหู้แข็งจะใช้สารตกตะกอนสองตัวผสมกันคือ แคลเซียมซัลเฟต และแมกนีเซียมซัลเฟต ส่วนเต้าหู้หลอดจะใช้กลูโคโน เดลต้า แลคโตน

6) ความเข้มข้นของสารตกตะกอน ปริมาณความเข้มข้นของสารตกตะกอนมีผลคุณภาพของเต้าหู้เป็นอย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของสารตกตะกอน หากใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะตกตะกอนโปรตีนได้หมด ถ้าใช้น้อยเกินไปน้ำที่แยกตัวออกมาจะขุ่น เต้าหู้จะมีปริมาณมากเนื่องจากอมน้ำได้มากได้เต้าหู้คุณภาพไม่ดี ในทางตรงข้ามถ้าใช้สารตกตะกอนมากเกินไปปฏิกิริยาการเกิดตะกอนเกิดขึ้นเร็ว ปริมาตรของเต้าหู้จะลดลงมีลักษณะแข็ง และมีรสฝาดขมของสารตกตะกอน ปริมาณสารตกตะกอนที่นิยมใช้ในการทำเต้าหู้อ่อนคือ แคลเซียมซัลเฟต ปริมาณที่ใช้ประมาณ 2.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง เต้าหู้แข็งใช้แคลเซียมซัลเฟตผสมกับแมกนีเซียมซัลเฟต (อัตราส่วน 4:1) ปริมาณที่ใช้ประมาณ 2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง เต้าหู้หลอดใช้กลูโคโน เดลต้า แลคโตน ประมาณ 1.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง

7) ผลของอุณหภูมิน้ำนมถั่วเหลืองในการตกตะกอน อุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองระหว่างการเติมตัวตกตะกอนมีผลต่อปริมาตร (yield) และเนื้อสัมผัสของตะกอน

8) ผลของการผสม (mixing) ในการตกตะกอน การทำเต้าหู้แต่ละชนิดใช้เทคนิคการผสมที่ต่างกัน หากเป็นเต้าหู้อ่อนหรือเต้าหู้แข็งจะเทสารแขวนลอยของตัวตกตะกอนลงในน้ำนมถั่วเหลืองที่มีอุณหภูมิประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส แล้วใช้ไม้พายค่อยๆ คน ตะกอนจะเกิดอย่างช้าๆ การคนแรงๆ และนานจะทำให้ตะกอนแตกกระจาย มีช่องอากาศเกิดขึ้นมาก น้ำหนักและความชื้นของตะกอนลดลง ส่วนเต้าหู้หลอดที่ใช้กลูโคโน เดลต้า แลคโตน เป็นตัวตกตะกอนจะใช้วิธีการผสมสารละลายกลูโคโน เดลต้า แลคโตน ลงในน้ำนมถั่วเหลืองที่ปล่อยให้เย็นหลังจากต้มเดือด แล้วจึงบรรจุใส่ถุงพลาสติกสำเร็จรูปสำหรับเต้าหู้หลอดโดยเฉพาะ

9) การกดทับน้ำ เป็นการทำให้ตะกอนโปรตีนเกาะจับกันเป็นก้อนตามต้องการ น้ำหนักที่กดทับ และเวลาที่ใช้ต้องเหมาะสมขึ้นกับชนิดของเต้าหู้

2.3 เนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์ (meat) หมายความถึง กล้ามเนื้อ (muscle) โดยเฉพาะจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยเป็นส่วนของกล้ามเนื้อโครงร่าง (skeletal muscle) ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีเกิดขึ้นภายหลังจากสัตว์ตายแล้ว คำว่ากล้ามเนื้อและเนื้อสัตว์สามารถใช้แทนที่ซึ่งกันและกันได้ โดยกรณีที่กล่าวถึงกล้ามเนื้อจะเป็นช่วงที่สัตว์ยังมีชีวิต และมีบทบาทในการทำงานอยู่ในตัวสัตว์ แต่ถ้ากล่าวถึงเนื้อสัตว์จะหมายถึงกล้ามเนื้อที่ได้จากสัตว์ ภายหลังจากที่สัตว์ตายแล้ว เช่น เนื้อจากโค กระบือ สุกร แพะ แกะ ไก่ และอื่นๆ โดยส่วนของเนื้อที่เรียกว่าเนื้อแดงหรือเนื้อที่แยกไขมันออกจนหมด (lean meat) มีไขมันอยู่ประมาณร้อยละ 4-11 และมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 27-38 เนื้อสัตว์ยังเป็นแหล่งที่ดีของไวตามินบีคอมแพล็กซ์ (B-complex) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไทอะมีน (thiamine) ไรโบฟลาวิน (riboflavin) ไนอะซิน (niacin) ไวตามินบี 6 (B6) และไวตามินบี 12 (B12) ส่วนแร่ธาตุสำคัญที่พบในเนื้อสัตว์ ได้แก่เหล็ก (iron) และฟอสฟอรัส (phosphorus) (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536)

2.3.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (meat products) หมายถึง เนื้อสัตว์ที่ผ่านการแปรรูปโดยกระบวนการต่างๆ เช่น การบด การสับละเอียด การเติมสารปรุงรสและแต่งสี การใช้ความร้อนและการรมควัน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ (วิชชุดา สังข์แก้ว. 2546)

2.3.1.1 ผลิตภัณฑ์ขนาดเดิม (non-comminuted products) หมายถึง ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่เมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้วยังมีโครงสร้างของกล้ามเนื้อเหมือนเนื้อสดอยู่ โดยอาจมีการเติมส่วนประกอบอื่นๆ ลงไป แล้วทำให้สุกตามกรรมวิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ได้แก่ แฮม เบคอน หมูแผ่น

2.3.1.2 ผลิตภัณฑ์ลดขนาด (comminuted products) หมายถึง ผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านการผลิตโดยการหั่น บด และสับละเอียดเพื่อลดขนาดของชิ้นเนื้อให้มีขนาดเล็กย่อยลงไปกว่าเดิม และรวมตัวกันขึ้นเป็นรูปร่างตามสิ่งที่ใช้บรรจุ ผลิตภัณฑ์ลดขนาดสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างภายใน และการลดขนาดชิ้นส่วนของเนื้อเป็น 2 ประเภท คือ

2.3.1.2.1 ผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดหยาบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์เนื้อที่ถูกบดด้วยเครื่องบดเนื้อธรรมดา ซึ่งจะทำให้เนื้อถูกลดขนาดลงไปแต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไปจนกระทั่งถึงในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ เช่น กุนเชียง ไส้กรอกเปรี้ยว แหนม เป็นต้น

2.3.1.2.2 ผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียด หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดและสับละเอียด จนทำให้โครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง โดยโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และทำให้เกิดลักษณะของเนื้อเป็นเนื้อเดียวกัน

ซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกว่า อิมัลชัน (emulsion) เช่น ไส้กรอกเวียนนา หรือแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โบโลญ่า ลูกชิ้นและหมูยอ เป็นต้น

2.3.2 แพตตี้ (Patty)

คำว่า แพตตี้ (patty) หมายถึง เนื้อสัตว์ที่ผ่านการบดหรือสับละเอียด โดยทั่วไปจะนิยมทำจากเนื้อวัว หรือจะใช้เนื้อสัตว์ชนิดอื่นก็ได้ เช่น เนื้อกวาง หมู ไก่ ไก่งวง และปลา โดยปกติแล้วแพตตี้จะมีการขึ้นรูปเป็นแผ่นกลมก่อนแล้วจึงนำไปปรุงสุก ซึ่งจะนำไปรับประทานเป็นสเต็กทำเป็นแฮมเบอร์เกอร์ หรือรับประทานแพตตี้อย่างเดียวก็ได้ (Romans, 1994) โดยวิธีการปรุงสุกของแพตตี้ จะต้องให้อุณหภูมิภายในชิ้นแพตตี้มีอุณหภูมิ 160 องศาฟาเรนไฮต์หรือ 71 องศาเซลเซียส ซึ่งได้รับความเห็นชอบจาก USDA (United States Department of Agriculture) ว่ามีความปลอดภัยในการบริโภค และควรล้างมือ อุปกรณ์ต่างๆ ให้สะอาด รวมทั้งการล้างทำความสะอาดเนื้อสัตว์แล้วทำให้แห้งก่อนที่จะนำมาบดด้วย (Aidells and Kelly, 1998)

2.4 สารประกอบไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) หรือ กัม (gum) หมายถึง สารประกอบที่มีลักษณะเป็นโพลีเมอร์สายยาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อนำมาละลายหรือกระจายตัวในน้ำจะให้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น และบางชนิดสามารถเกิดเป็นเจล (gel) ไฮโดรคอลลอยด์ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด โดยสามารถใช้เพื่อเพิ่มความหนืด ช่วยทำให้เกิดเจล ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง ให้ความคงตัว และอื่นๆ

2.4.1 การแบ่งประเภทของไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์สามารถจำแนกตามแหล่งที่มาได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2547)

2.4.1.1 ไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติ (natural hydrocolloid)

ไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากสาหร่ายทะเลและส่วนต่างๆ ของพืชเช่น เมล็ด ยาง และหัว (tuber) รวมทั้งบางชนิดได้มาจากหนัง กระดูกและเอ็นของสัตว์ เช่น เจลาติน (gelatin) ไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มนี้ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมากที่สุด

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากสาหร่ายทะเล ได้แก่ อะการ์ (agar) อัลจิเนต (alginate) คาร์ราจีแนน (carrageenan)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากยางพืช ได้แก่ กัมอะราบิค (gum arabic) กัมทรากาแคนธ์ (gum tragacanth) กัมคารายา (gum karaya) และกัมกาตติ (gum ghatti)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากหัวพืช ได้แก่ คอนยักกัมหรือแป้งบุก (konjac gum or konjac flour)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากเมล็ดพืช ได้แก่ กัวกัม (guar gum) และโลคัสต์บีนกัมหรือคารอบกัม (locust bean gum or carob gum)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากเปลือกผลไม้ ได้แก่ เพกทิน (pectin)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากจุลินทรีย์ ได้แก่ แซนแทนกัม (xanthan gum)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากหนัง กระดูกและเอ็นของสัตว์ ได้แก่ เจลาติน (gelatin)

2.4.1.2 ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากการดัดแปรสารธรรมชาติ (modified natural hydrocolloid) ได้มาจากการนำสารธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส มาดัดแปรให้มีสมบัติในการรวมกับน้ำดีขึ้น

2.4.1.3 ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (synthetic hydrocolloid) ได้จากการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาทางเคมี เช่น โพลีไวนิลไพโรลิโดน (polyvinylpyrrolidone, PVP) และโพลีเอธีนลีนออกไซด์ โพลีเมอร์ (polyethyleneoxide polymer) เป็นต้น

ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีลักษณะโครงสร้างที่ต่างกันจะมีสมบัติที่แตกต่างกันดังนี้ (Lahaye and Rochas, 1991)

1) โครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้น (linear) เมื่อละลายน้ำหรือกระจายตัวจะให้ความหนืดสูง เกิดเจลและคืนตัว (retrogradation) ได้ง่าย เช่น อะการ์ (agar) อัลจิเนต (alginate) เซลลูโลส (cellulose) และ เพกทิน (pectin) เป็นต้น

โครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีสายกิ่งก้าน (linear with side chains) ให้ความหนืดสูง ปกติไม่เกิดเจล แต่จะเกิดเจลได้เมื่ออยู่ร่วมกับสารประกอบอื่นในสภาวะที่เหมาะสม เช่น กัวกัม (guar gum) และโลคัสต์บีนกัมหรือคารอบกัม (locust bean gum or carob gum)

2) โครงสร้างโพลิเมอร์แบบมีกิ่งก้าน (branched chains) ให้ความหนืดต่ำและคงตัวดี ไม่เกิดเจล มีความเหนียว เช่น กัมอะราบิค (gum Arabic)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหารจำแนกตามสมบัติเชิงหน้าที่

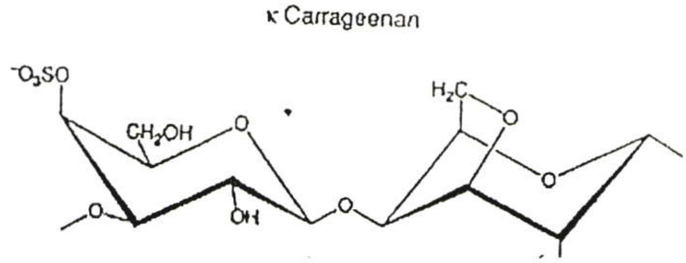
หน้าที่	ปริมาณการใช้ (เปอร์เซ็นต์)
สารให้ความคงตัว	25
สารเพิ่มความหนืด	23
สารทำให้เกิดฟิล์ม	17
สารทำหน้าที่กักเก็บน้ำ (water-retention agent)	12
สารทำให้ตกตะกอน (coagulation)	7
คอลลอยด์	6
สารหล่อลื่นและสารลดแรงเสียดทาน (lubricant and friction reducer)	5
อื่นๆ	5

ที่มา : ดัดแปลงจากนิธิยา รัตนาปนนท์. 2534

2.4.2 คาร์ราจีแนน (Carrageenan)

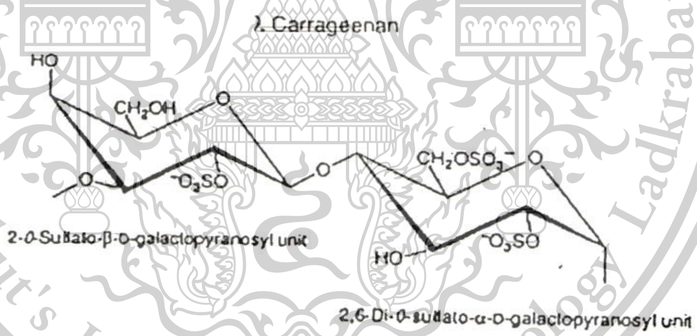
คาร์ราจีแนนสกัดได้จากสาหร่ายสีแดงได้แก่ *Chondrus crispus* หรือเรียกว่า Irish Moss พบบริเวณชายฝั่งแอตแลนติคเหนือ ซึ่งสาหร่ายชนิดนี้จะให้แคปปา-คาร์ราจีแนน (Kappa-carrageenan) และ แลมด้า-คาร์ราจีแนน (Lambda-carrageenan) ส่วนถ้าสกัดจากสาหร่ายสีแดงในกลุ่ม *Eucheuma spp.* เช่น *E. cottonii* จะได้แคปปา-คาร์ราจีแนน และไอโอตา-คาร์ราจีแนน (Iota-carrageenan) คาร์ราจีแนนเป็นโพลีเมอร์สายยาวที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นดี-กาแลคโตส (D-galactose unit) และ 3,6-แอนไฮโดรกาแลคโตส (3,6-anhydrogalactose หรือ 3,6-AG) ทั้งที่มีและไม่มีหมู่ซัลเฟตเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,3- และ เบต้า-1,4-ไกลโคซิดิค คาร์ราจีแนนสามารถแบ่งตามปริมาณและตำแหน่งของหมู่ซัลเฟตบนสายโมเลกุลได้ (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2547)

แคปปา-คาร์ราจีแนน ประกอบด้วย 1,3-linked galactoside มีกลุ่ม sulphate ที่ตำแหน่งที่ 4 และ 1,4-linked 3,6 anhydro-D-galactose (3,6 AG) (รูปที่ 2.1) ถ้ามีปริมาณ anhydride จากการปิดวงเป็น 3,6 anhydride มากถึง 28-35 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้ไวต่อโพแตสเซียมและมีความสามารถในการเกิดเจล ถึงแม้จะมีการดัดแปรให้มี 3,6-AG สูงที่สุด แต่อาจจะมีความแตกต่างกันที่จำนวนของซัลเฟต ที่ตำแหน่งที่ 4 ใน 1,3-linked galactoside และกลุ่มซัลเฟต ที่ตำแหน่งที่ 2 หรือ 6 ใน 1,4-linked galactoside จะทำให้คาร์ราจีแนนชนิด kappa มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแคปปา-คาร์ราจีแนน (K– carrageenan)
ที่มา: Charalambous and Doxastakis (1989)

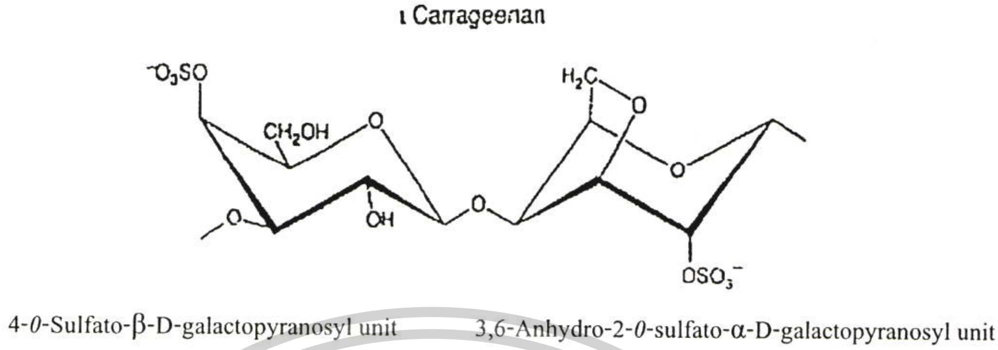
แลมด้า-คาร์ราจีแนน ประกอบด้วย 1,3-linked galactose ซึ่งมีกลุ่มซัลเฟต ที่ตำแหน่งที่ 2 ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และ 1,4-linked galactose มีกลุ่มซัลเฟต ที่ตำแหน่งที่ 6 ซึ่งคาร์ราจีแนนชนิดนี้จะไม่เกิดการปิดวงเป็น 3,6-AG (รูปที่ 2.2) จึงมีผลทำให้ไม่มีคุณสมบัติในการเกิดเจล



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของแลมด้า-คาร์ราจีแนน (λ – carrageenan)
ที่มา: Charalambous and Doxastakis (1989)

ไอโอตา-คาร์ราจีแนน ประกอบด้วย 1,3-linked galactose มีกลุ่มซัลเฟต ที่ตำแหน่งที่ 4 และ 1,4-linked 3,6-AG มีกลุ่มซัลเฟต ที่ตำแหน่งที่ 2 มีสารตั้งต้นเป็น nu-carrageenan (รูปที่ 2.3) ความแตกต่างระหว่างแอนไฮไดร์ (anhydride) ในคาร์ราจีแนนชนิด แคปปา และ ไอโอตา คือจำนวนกลุ่มซัลเฟต ที่ตำแหน่งที่ 2 ใน 1,4-linked galactoside ของไอโอตา จะมีมากกว่าแคปปา

ประมาณ 25-50 เปอร์เซ็นต์ ความไวต่อโพแตสเซียมลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้ได้เจลที่อ่อนนุ่ม แต่ถ้ามีซัลเฟตที่ตำแหน่งที่ 2 มากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ จะไวต่อแคลเซียม



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของไอโอตา-คาร์ราจีแนน (ι − carrageenan)
ที่มา: Charalambous and Doxastakis (1989)

ตารางที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างและคุณสมบัติของคาร์ราจีแนนชนิดแคปปา ไอโอตา และแลมด้า

คุณสมบัติของคาร์ราจีแนน	แคปปา	ไอโอตา	แลมด้า
<u>ค่าการละลายในตัวทำละลาย</u>			
น้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	ละลาย	ละลาย	ละลาย
น้ำอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	ละลายในสารละลายเกลือโซเดียม	ละลายในสารละลายเกลือโซเดียม	ละลาย
นมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	ละลาย	ละลาย	ละลาย
นมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ละลายน้อย
สารละลายน้ำตาล 50 เปอร์เซ็นต์	ละลายขณะร้อน	ไม่ละลาย	ละลาย
สารละลายเกลือ 10 เปอร์เซ็นต์	ไม่ละลาย	ละลายขณะร้อน	ละลายขณะร้อน
<u>การเกิดเจล</u>			
เกิดเจล	กับโพแทสเซียมอิออน	กับแคลเซียมอิออน	ไม่เกิดเจล
ลักษณะของเจล	แตกง่าย	ยืดหยุ่น	ไม่เกิดเจล
กลายสภาพเมื่อโดนแรงเฉือน	ไม่กลายสภาพ	กลายสภาพ	ไม่กลายสภาพ
ความคงทนในการแช่แข็งและละลาย	ไม่คงทน	คงทน	คงทน
การเสริมประสิทธิภาพกับสตาร์ช	ไม่เสริมประสิทธิภาพ	เสริมประสิทธิภาพ	ไม่เสริมประสิทธิภาพ
การเสริมประสิทธิภาพกับแป้งบุก	เสริมประสิทธิภาพ	ไม่เสริมประสิทธิภาพ	ไม่เสริมประสิทธิภาพ
<u>คงทนต่อกรด*และเกลือ</u>			
ค่า pH ของเจล > 3.5	คงทน	คงทน	คงทน
ความต้านทานเกลือ	ต้านทานได้น้อย	ต้านทานได้ดี	ต้านทานได้ดี

* เกิดการไฮโดรไลส์ในระบบที่มีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำและมีการให้ความร้อน

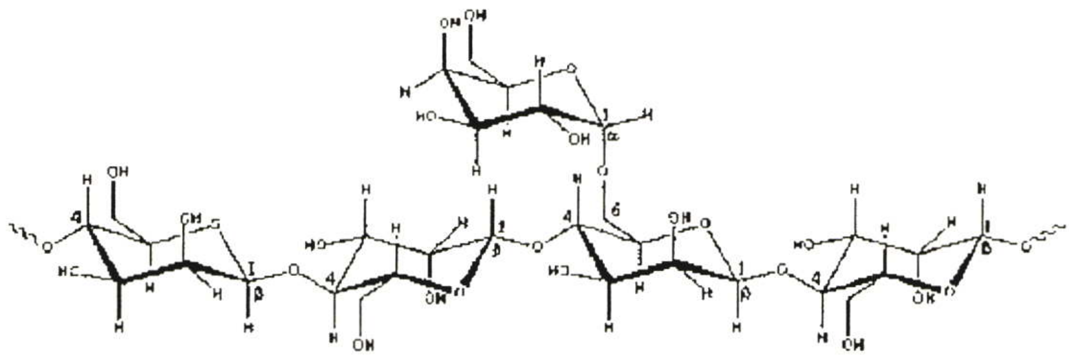
ที่มา: ดัดแปลงจาก Charalambous and Doxastakis (1989)

คาร์ราจีแนนสามารถละลายน้ำได้ดีและมีการละลายดีขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 50-80 องศาเซลเซียส โดยสารละลายคาร์ราจีแนนที่ได้จะค่อนข้างหนืด ความหนืดของคาร์ราจีแนนขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ความเข้มข้น อุณหภูมิ ชนิดของสารละลายที่นำมาสกัด น้ำหนักโมเลกุล และอนุมูลโลหะ พบว่าอนุมูลโลหะเช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แอมโมเนีย มีผลต่อการเกิดเจลของสารละลายคาร์ราจีแนน โดยให้เจลที่มีความยืดหยุ่นดี เมื่อให้ความร้อนจะสามารถละลายได้และเกิดเจลใหม่เมื่อทำให้เย็น คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคาร์ราจีแนน คือ การที่สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนบางชนิดโดยเฉพาะสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนในนม ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างเคซีน และคาร์ราจีแนน เรียกว่า milk reactivity จึงสามารถใช้คาร์ราจีแนนในการช่วยให้โกโก้ที่ใส่ในนมแขวนลอยอยู่ได้ นอกจากใช้เป็นสารแขวนลอยแล้วยังใช้เป็นสารที่ช่วยให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แยลลี่ผลไม้ (dessert gels) เยลลี่สำหรับเด็ก (baby food gels) เยลลี่ที่สามารถแช่แข็งได้ (freezable dessert gels) เป็นต้น นอกจากนั้นยังใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ในผลิตภัณฑ์เนื้อกระป๋อง และปลากระป๋อง มีการใช้คาร์ราจีแนนเพื่อให้เนื้อจับกันได้ดี (Charalambous and Doxastakis.1989)

2.4.3 โลคัสต์บีนกัม (Locust bean gum)

โลคัสต์บีนกัมได้จากเอ็นโดสเปิร์มของเมล็ดต้นคาล็อป (carob fruit, *Ceratonia silliqua*) ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นในพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง มีขนาดใหญ่สูงประมาณ 40-50 ฟุต มีเมล็ดอยู่ในฝักประมาณ 10 เมล็ดต่อฝัก อาจเรียกว่า carob seed gum

โลคัสต์บีนกัมไม่สามารถละลายในน้ำเย็นต้องใช้ความร้อนช่วยในการละลาย จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงที่สุดเมื่อรับความร้อนสูงถึง 95 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงทำให้เย็นลง โครงสร้างของโลคัสต์บีนกัมเป็นโพลิเมอร์สายยาวของแมนโนส (mannose) ที่ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และมีกิ่งแขนงของกาแลคโตส (galactose) ต่อกันด้วยพันธะ 1,6 อัตราส่วนของแมนโนสต่อกาแลคโตส เป็น 4:1 แสดงดังรูปที่ 2.4 โลคัสต์บีนกัมไม่สามารถละลายได้ต้องนำมาผสมกับแซนแทนกัม (xanthan gum) จึงจะทำให้เกิดเจลได้ หรือผสมกับแคปปา-คาร์ราจีแนน จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจล (gel strength) และลดการเกิด syneresis โดยหน้าที่หลักของโลคัสต์บีนกัมคือเพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับอีมัลชั่นและยับยั้งการเกิด syneresis ซึ่งใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ อาหารกระป๋อง ซอส ขนมหวาน เนยแข็ง ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นต้น (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของโลคัสต์บีนกัม
ที่มา : Phillips and Williams. (2000)

2.5 น้ำมันรำข้าว

เมล็ดข้าวเต็มเมล็ด (whole rice) หรือข้าวเปลือก ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเปลือกข้าว (hull) ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก ส่วนเยื่อสีน้ำตาลอ่อนที่หุ้มด้านในติดเมล็ดข้าวเรียกว่า รำข้าว (rice bran) ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก และเป็นเมล็ดข้าวขาวปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก ซึ่งรำข้าวมีปริมาณไขมัน 12-25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรำข้าว ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพ

น้ำมันรำข้าวมีคุณสมบัติทางกายภาพเหมือนกับน้ำมันพืชทั่วไปคือ เบากว่าน้ำเล็กน้อย (น้ำมันรำข้าว 1 กรัม หนัก 0.916-0.921 กรัม) น้ำมันรำข้าวมีจุดเดือดสูงมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ไม่เป็นไขและ ไม่แข็งตัวที่อุณหภูมิห้องและ -18 องศาเซลเซียส น้ำมันรำข้าวมีส่วนประกอบหลักเป็นไขมันไตรกลีเซอไรด์ประมาณ 95.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่เหลือเป็นสารประกอบที่ละลายในไขมัน ได้แก่ สารกันการออกซิไดส์ชนิดต่างๆ (antioxidant) และสารพวกไฟโตสเตอรอล (นัยนา บุญทวียุวัฒน์ และเรวดี จงสุวัฒน์. 2545) น้ำมันรำข้าวมีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบโดยประมาณในน้ำมันรำข้าว 100 กรัม

สารประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
ไขมันชนิดไตรกลีเซอไรด์	92.0-97.0
สารประกอบที่ละลายในไขมัน	3-8
โทโคฟีรอล (Tocopherol)*	0.06
โทโคไตรอีนอล (Tocotrienol)*	0.07
โอรีซานอล (Oryzanol)*	0.09
อื่นๆ (Phytosterol, Triterpene, Polyphenol)	2.78-4.78

* สารกันการออกซิไดส์

ที่มา : นัยนา บุญทวียุวัฒน์ และเรวดี จงสุวัฒน์. 2545

ไขมันในน้ำมันรำข้าว เกือบทั้งหมดเป็นชนิดไตรกลีเซอไรด์ไม่มีคอเลสเตอรอล (เช่นเดียวกับน้ำมันพืชทุกชนิด) ไตรกลีเซอไรด์มีส่วนประกอบเป็นกรดไขมันชนิดต่างๆ ชนิดของกรดไขมันในไตรกลีเซอไรด์ จะแตกต่างกันในน้ำมันพืชแต่ละชนิดทำให้ส่งผลต่อสุขภาพน้อยหรือมากต่างกันไป สัดส่วนของชนิดกรดไขมันในน้ำมันรำข้าวคือ มีกรดไขมันอิ่มตัว : กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว : กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เป็น 1 : 2.5 : 2 จะเห็นได้ว่ามีกรดไขมันอิ่มตัวน้อย ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนมีสัดส่วน 1.5:1 ส่วนกรดไขมันจำเป็นซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นไม่ได้จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร มี 2 ชนิด ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ได้แก่ กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid, C18 : 2ω6) และไลโนเลนิก (Linolenic acid, C18 : 3ω6) กรดไลโนเลอิกเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดไขมันสายยาวในตระกูล ω6 (โอเมกา 6) ส่วนกรดไลโนเลนิกเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดไขมันสายยาวในตระกูล ω3 (โอเมกา 3) กรดไขมันสายยาวที่สร้างได้ทั้งสองตระกูล จะใช้เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สำคัญ ได้แก่ เซลล์สมองและเซลล์ประสาท ร่างกายต้องการกรดไขมันจำเป็นรวมเพียงร้อยละ 1-2 ของพลังงานทั้งหมดต่อวันหรือประมาณ 2-5 กรัมต่อวัน ในน้ำมันรำข้าวมีกรดไลโนเลอิก 25.3-38.2 กรัม ต่อ 100 กรัม ส่วนกรดไลโนเลนิกมี 0.4-3.8 กรัม ต่อ 100 กรัม ซึ่งค่อนข้างน้อยมาก จึงควรได้รับไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนจากแหล่งอื่นร่วมด้วย ถ้าร่างกายขาดกรดไขมันจำเป็นจะพบอาการที่ต่างกันคือ การขาดกรดไลโนเลอิกจะบกพร่องในการมองเห็นและการกระหายน้ำ แต่ถ้าขาดกรดไลโนเลนิก จะมีความผิดปกติของผิวหนัง เป็นขุยและตุ่ม มีการเจริญเติบโตช้าและระบบสืบพันธุ์บกพร่อง (Marsic and Yodice. 1992)

น้ำมันรำข้าวมีสารกันการออกซิไดส์หลายชนิด ได้แก่ แอลฟา-โทโคเฟอรอล โทโคไตรอีนอล และโอรีไซนอล ทั้งโทโคเฟอรอลและโทโคไตรอีนอลเป็นสารในกลุ่มวิตามินอี โทโคเฟอรอลมีทั่วไปในน้ำมันพืชทุกชนิด โทโคไตรอีนอลมีในน้ำมันพืชบางชนิด สำหรับโอรีไซนอลมีเฉพาะ

ในรำข้าวเท่านั้น โอรีไซนอลมีฤทธิ์การป้องกันการออกซิไดส์มากกว่าโทโคไตรอีนอล และโทโคไตรอีนอลมีฤทธิ์ป้องกันการออกซิไดส์มากกว่าโทโคเฟอรอล การที่มีสารป้องกันการออกซิไดส์ทั้งสามชนิดนี้ จะช่วยให้น้ำมันรำข้าวคงสภาพได้นานในอุณหภูมิต่ำหรือสูง หรือแม้อุณหภูมิที่สูงมากในขณะปรุงประกอบอาหาร เช่น ทอด โดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ (กลิ่น สี และรส) และคุณสมบัติทางเคมี (สารประกอบในน้ำมัน) นอกจากนี้ โอรีไซนอลและโทไตรอีนอลยังช่วยลดระดับไขมันในเลือดอีกด้วย

น้ำมันรำข้าวลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด มีรายงานการศึกษามากมายถึงผลของน้ำมันรำข้าวในการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ทั้งนี้เพราะน้ำมันรำข้าวมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

1) น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อย กรดไขมันอิ่มตัวทุกตัวยกเว้นกรดไขมันสเตียริก เป็นกรดไขมันที่เพิ่ม LDL-C ในเลือด ตับมีหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นตัวรับ LDL เก็บไว้ที่ผนังเซลล์ตับและทำหน้าที่จับ LDL จากเลือดเพื่อเข้าเซลล์ตับ คอเลสเตอรอลใน LDL จะถูกปล่อยเป็นคอเลสเตอรอลอิสระ นำไปใช้ในการสังเคราะห์สารต่างๆ ที่จำเป็น เช่น น้ำดี แต่ถ้าในตับมีกรดไขมันอิ่มตัวมาก จะมีผลทำให้คอเลสเตอรอลอิสระไม่สามารถทำปฏิกิริยาเป็นเอสเตอร์ในการสังเคราะห์สารประกอบที่จำเป็นได้ทำให้คอเลสเตอรอลอิสระมีมาก เมื่อคอเลสเตอรอลอิสระมีมากเกินพอ ตับจะไม่สังเคราะห์โปรตีนตัวรับ LDL ทำให้ LDL ในเลือดเข้าเซลล์ตับไม่ได้ ในเลือดจึงมี LDL-C สูง

2) น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated Fatty acid; PUFA) ไม่มาก กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเป็นกรดไขมันที่มีแขนคู่มากกว่า 1 ตำแหน่ง ในภาวะที่มีออกซิเจน ตำแหน่งแขนคู่จะถูกออกซิไดส์ ถ้ากรดไขมันมีตำแหน่งแขนคู่มากหลายตำแหน่ง ก็จะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายมากขึ้น การกินอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในปริมาณที่น้อย จะทำให้ LDL ในเลือดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนปริมาณไม่มาก ซึ่งถูกออกซิไดส์เป็น Oxidised LDL ได้ยากกว่า และลดการเกิดหลอดเลือดแข็ง

3) น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดียว (Monounsaturated Fatty acid; MUFA) ปริมาณมาก กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว เป็นกรดไขมันที่มีแขนคู่เพียง 1 ตำแหน่ง มีโอกาสถูกออกซิไดส์ได้น้อยกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน หากได้รับไขมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ในสัดส่วนทีมากกว่าเชิงซ้อนจะเกิด Oxidised LDL น้อย ซึ่งลดการเกิดหลอดเลือดแข็ง

4) น้ำมันรำข้าวมีสารกันการออกซิไดส์หลายชนิด ได้แก่วิตามินอี (โทโคเฟอรอลและโทโคไตรอีนอล) และโอรีไซนอล สารประกอบทั้ง 3 ชนิดนี้จะลดการเกิด Oxidised LDL ลดการเกิดหลอดเลือดแข็งและลดการเกิดคอเลสเตอรอลออกไซด์ ร่างกายจะรับคอเลสเตอรอลออกไซด์จากอาหารเท่านั้น ไม่มีการเกิดในร่างกาย คอเลสเตอรอลในอาหารจะเปลี่ยนเป็น

คอเลสเตอรอลออกไซด์ในภาวะที่มีออกซิเจน เมื่อร่างกายได้รับคอเลสเตอไรด์ออกไซด์น้อยจะลดการทำลายเซลล์ภายในหลอดเลือด ลดการสะสมเศษเซลล์ที่ตายภายในหลอดเลือด นอกจากนี้โทโคไตรอีนอลและโอรีไซนอล จะมีผลในการลดระดับคอเลสเตอรอลโดยตรง โดยที่โทโคไตรอีนอลจะขัดขวางการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย ส่วนโอรีไซนอล จะลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอลจากอาหาร

5) น้ำมันรำข้าวมีสารประกอบกลุ่มไฟโตสเตียรอลและกลุ่มไตรเทอปีนแอลกอฮอล์ ในพืชและผลิตภัณฑ์จากพืชทุกชนิดไม่มีคอเลสเตอรอล แต่จะมีสารประกอบที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกับคอเลสเตอรอล เรียก ไฟโตสเตียรอล ในน้ำมันรำข้าวมีไฟโตสเตียรอลมากกว่าน้ำมันพืชหลายชนิด ไฟโตสเตียรอลหลายชนิดจะลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอล ส่วนสารกลุ่มไตรเทอปีนแอลกอฮอล์ไม่มีผลต่อการลดคอเลสเตอรอลในเลือด แต่สารกลุ่มไตรเทอปีนแอลกอฮอล์ และไฟโตสเตียรอลจับกับ Ferulic acid เป็นเอสเทอร์โมเลกุลใหญ่ เรียก โอรีไซนอลนั่นเอง ซึ่งเป็นสารกันการออกซิไดส์และลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอล

Sugano and Tsuji (1996) ศึกษาเปรียบเทียบผลของน้ำมันรำข้าวกับน้ำมันพืชชนิดอื่นต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดในผู้ที่มีไขมันในเลือดสูง โดยให้อาหารที่ปรุงประกอบด้วย น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันดอกคำฝอย ปริมาณไขมันรวมในอาหารและน้ำมันที่ใช้แต่ละชนิดเท่ากัน ซึ่งในน้ำมันรำข้าวมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง ในขณะที่น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันดอกคำฝอยมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูง ผลการศึกษาพบว่า น้ำมันรำข้าวให้ผลลดระดับคอเลสเตอรอลรวม และ LDL-C และเพิ่มระดับ HDL-C ในเลือดด้วย ส่วนน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันดอกคำฝอยให้ผลลดระดับคอเลสเตอรอลรวม และ LDL-C เช่นกัน แต่ลดระดับ HDL-C ในเลือด

Kahlon *et. al.* (1996) ศึกษาการให้อาหารปกติร่วมกับน้ำมันรำข้าว กับอาหารปกติร่วมกับน้ำมันที่มีสัดส่วนของกรดไขมันคล้ายกับน้ำมันรำข้าว เช่น น้ำมันมะกอก ซึ่งน้ำมันทั้งสองชนิดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในสัดส่วนที่มากกว่ากรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ผลการศึกษาพบว่า น้ำมันรำข้าวและน้ำมันมะกอกให้ผลลดระดับไขมันในเลือดรูปแบบเดียวกัน คือ ลดระดับคอเลสเตอรอลรวม ลดระดับ LDL-C และเพิ่ม HDL-C ในเลือด แต่น้ำมันรำข้าวลดระดับคอเลสเตอรอล และ LDL-C ได้มากกว่าน้ำมันมะกอก ทั้งนี้เพราะในน้ำมันรำข้าวมีโทโคไตรอีนอลและไฟโตสเตียรอลมากกว่าน้ำมันมะกอก นอกจากนี้ในน้ำมันรำข้าวยังมีโอรีไซนอลซึ่งในน้ำมันมะกอกไม่มี ซึ่งสารเหล่านี้จะช่วยลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอล

2.6 การใช้โปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์อาหาร

2.6.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

มีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะอ่อนนุ่ม และช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยโปรตีนถั่วเหลืองทำหน้าที่เช่นเดียวกับโปรตีนในเนื้อสัตว์ ซึ่งจะทำให้เกิดอิมัลชันความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันเป็นต้น ซึ่งโปรตีนถั่วเหลืองจะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส ความแน่นเนื้อ และความรู้สึกในปากของผลิตภัณฑ์ การเติมถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เช่น ไส้กรอก ลูกชิ้น แฟรงค์เฟอร์เตอร์ และโบโลญ่า เป็นต้น (Zayas. 1997; Lin and Mei, 2000)

2.6.2 ผลิตภัณฑ์ขนมอบ

การใช้โปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์พวกขนมปังในระยะแรกๆ จะเป็นการเติมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยจะเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนไลซีนในผลิตภัณฑ์ ต่อมาได้มีการพัฒนาการใช้โปรตีนถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากไข่ขาว ซึ่งโปรตีนถั่วเหลืองจะช่วยในการเกิดโฟมและการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ โดยช่วยรักษาปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ได้ดี จึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความนุ่ม โดยการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้ขนมปังมีความชื้นเพิ่มขึ้น 4-5 เปอร์เซ็นต์ (Shen and Jackson, 1991)

2.6.3 ผลิตภัณฑ์นม

โปรตีนถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์นมและผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม เช่น ไอศกรีม ครีมเทียม นมเทียม ชีส และ โยเกิร์ต เป็นต้น โปรตีนถั่วเหลืองสกัดจะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติด้านหน้าที่ การนำโปรตีนถั่วเหลืองมาใช้ในอาหารเด็กในกรณีที่แพ้นมวัว โดยจะมีการเติมน้ำมันพืช ไซรับ วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ ลงไปในถั่วเหลืองสกัด เพื่อนำไปผลิตเป็นนมเทียม (Swanson et. al. 2006)

2.6.4 ผลิตภัณฑ์อื่นๆ

ในผลิตภัณฑ์อาหารเช้า (Breakfast cereals) สามารเติมแป้งถั่วเหลืองลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนไลซีน และทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 15-20 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรตีนถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในผลิตภัณฑ์อาหารเด็กอ่อนได้ ในผลิตภัณฑ์อาหารที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบโดยส่วนใหญ่จะเติมเพื่อคุณค่าทางโภชนาการ และลดการสูญเสียน้ำหนัก เช่น ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ขนมหวาน เนื้อเทียม น้ำนมเทียม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนถั่วเหลืองมาใช้ในผลิตภัณฑ์พวกซุปและซอส เป็นต้น (Liu. 1997)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดแทนเนื้อสัตว์ด้วยเต้าหู้

Jeng et. al. (1988) ศึกษาการเติมผงเต้าหู้เพื่อทดแทนเนื้อสัตว์และไขมันบางส่วนในโบโลญ่า (bologna) โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น พบว่าเมื่อเติมเต้าหู้และโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นจะส่งผลให้โบโลญ่าที่ได้มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น และมีความชื้นมากกว่าตัวอย่างควบคุมและทำให้มีปริมาณไขมันน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม โปรตีนที่เติมลงไปในรูปของผงเต้าหู้จะช่วยให้โบโลญ่ามีคุณสมบัติการเกิดอิมัลชั่น และความสามารถในการอุ้มน้ำดีขึ้น เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าโบโลญ่าที่มีการเติมเต้าหู้ 31.6 เปอร์เซ็นต์ มีความเหนียวและกลิ่นถั่วมากกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการเติมผงเต้าหู้ 15.5 เปอร์เซ็นต์

Kai-Lai et. al. (1997) ศึกษาการเติมผงเต้าหู้ในผลิตภัณฑ์แฟรงค์เฟอร์เตอร์เพื่อทดแทนไขมันบางส่วน โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมสูตรปกติ และแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรไขมันต่ำ พบว่าแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่เติมผงเต้าหู้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าตัวอย่างสูตรปกติและตัวอย่างที่เติมผงเต้าหู้มีลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น รส สี และการยอมรับรวมไม่แตกต่างกัน ส่วนสูตรไขมันต่ำ และสูตรไขมันต่ำที่เติมผลเต้าหู้มีกลิ่นรสที่ไม่แตกต่างกัน ผู้ทดสอบมีความชอบด้านสีของสูตรไขมันต่ำมากกว่าสูตรไขมันต่ำที่มีการเติมผงเต้าหู้ เนื่องจากผงเต้าหู้ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์มีสีขาวทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีซีดลง และมีความชอบด้านเนื้อสัมผัสของสูตรไขมันต่ำที่มีการเติมผงเต้าหู้มากกว่าสูตรไขมันปกติ จึงทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับรวมของสูตรไขมันต่ำที่เติมผงเต้าหู้มากกว่าสูตรไขมันปกติ

สุพรรณิการ์ วิลาวรรณ และมลศิริ วีโรทัย (2540) ทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเปรียบเทียบกับการเติมผงเต้าหู้ พบว่าเมื่อเติมผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมู 15 เปอร์เซ็นต์ ผู้ประเมินสามารถบอกความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูสูตรปกติได้ และเมื่อทำการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์ (preference test) พบว่าคุณสมบัติด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และผงเต้าหู้ไม่มีความแตกต่างกัน

อัจฉรา ควรประเสริฐ (2550) ศึกษาการใช้เต้าหู้ 2 ชนิดคือเต้าหู้อ่อนและเต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าสามารถใช้เต้าหู้อ่อนทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสโดยการเติมกลิ่นรสหมูที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไส้กรอกรมควันที่ใช้เต้าหู้อ่อนทดแทน 40 เปอร์เซ็นต์ได้รับการยอมรับมากขึ้น ส่วนการใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู 30 เปอร์เซ็นต์ได้รับการยอมรับสูงสุด และการเติมกลิ่นรสหมูที่ระดับ 0.7

เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งการเติมแป้งมันสำปะหลัง 1 เปอร์เซ็นต์ ช่วยทำให้คุณภาพด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของไส้กรอกรมควันได้รับการยอมรับมากขึ้น นอกจากนี้พบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของแบตเตอร์ที่เติมเต้าหู้อ่อนทุกระดับไม่แตกต่างจากแบตเตอร์ของสูตรควบคุม แต่ในกรณีของเต้าหู้แข็งพบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำจะลดลงเมื่อทดแทนด้วยเต้าหู้แข็ง 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อปริมาณการทดแทนเพิ่มขึ้นสีของไส้กรอกจะอ่อนลง เนื้อสัมผัสของไส้กรอกนิ่มลง การสูญเสียน้ำหนักมีปริมาณเพิ่มขึ้น

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เนื้อหมูส่วนสันนอก จากตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
3.1.2 มันหมูแข็ง จากตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
3.1.3 หอมหัวใหญ่ จากตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
3.1.4 เต้าหู้แข็งพลาสเจอไรซ์ บริษัทบุญเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด
3.1.5 เกลือ ตราปรุงทิพย์ บริษัทสหพัฒนพิบูล จำกัด
3.1.6 น้ำตาล ตรามิตรผล บริษัทรวมเกษตรกรกรรมอุตสาหกรรม จำกัด
3.1.7 ซอสปรุงรส ตราภูเขาทองบริษัท มหาชนจำกัด ไทยเทพรสผลิตภัณฑ์อาหาร
3.1.8 ซีอิ้วดำ ตราเด็กสมบูรณ์ บริษัทหยั่นหว่อหยุ่น จำกัด
3.1.9 พริกไทยดำ ตราไร่ทิพย์ บริษัท Thai cereals world จำกัด

3.2 สารเคมี

3.2.1 คาร์ราจีแนน บริษัทไทยฟูด แอนด์ เคมิคอล
3.2.2 โลคัสต์บีนกัม บริษัทไทยฟูด แอนด์ เคมิคอล

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.1 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแพตตี้หมู

3.3.1.1 เครื่องเตรียมอาหารอเนกประสงค์ Cucina HR7633 Philips ประเทศจีน
3.3.1.2 เครื่องชั่งชนิดละเอียด
3.3.1.3 เครื่องชั่งชนิดหยาบ
3.3.1.4 เทอร์โมมิเตอร์
3.3.1.5 นาฬิกาจับเวลา
3.3.1.6 กระทะเทฟลอน
3.3.1.7 ตะหลิว

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัส

3.3.2.1 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส TA-XT2I อังกฤษ (Texture analyzer)

3.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของแบตเตอร์

3.3.3.1 เครื่องเซนตริฟิวจ์ Beckman x-12R

3.3.3.2 อ่างควบคุมอุณหภูมิ

3.3.3.3 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3.3.4 นาฬิกาจับเวลา

3.3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.3.4.1 ถ้วยแก้ว

3.3.4.2 แก้วน้ำพลาสติก

3.3.4.3 จาน

3.3.4.4 ช้อน, ซ้อม

3.4 สถานที่ดำเนินการ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการดำเนินการ

3.5.1 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในแพตตี้

ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในสูตรควบคุมของการผลิตแพตตี้หมูดังตารางที่ 3.1 ในปริมาณ 60, 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยสับผสมเต้าหู้พร้อมกับเนื้อหมูและมันหมูแข็ง ดังวิธีการผลิตในรูปที่ 3.1 เพื่อให้เต้าหู้แข็งผสมเข้ากันกับเนื้อหมู จากนั้นวิเคราะห์ค่าต่างๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ดังนี้

3.5.1.1 วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของแบตเตอร์ในรูปของของเหลวที่แยกได้ โดยดัดแปลงวิธีการของ Hayes et. al. (2005)

3.5.1.2 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของแบตเตอร์ โดยใช้วิธีของ Cheng et. al. (2007)

3.5.1.3 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังจากการปรุงสุกของแพตตี้ (% cooking loss) โดยใช้วิธีการของ Esam and Ali (2000)

3.5.1.4 วัดคุณภาพของเนื้อสัมผัสของแพตตี้ โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) โดยใช้วิธีของ Jeong et. al. (2007) วิเคราะห์ค่าแรงตัดขาด (shear force)

3.5.1.5 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ (7-point hedonic scale) เมื่อ 7 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด จำนวนผู้ทดสอบ 20 คน โดยประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านกลิ่น รสชาติ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

โดยข้อ 3.5.1.1 ถึง 3.5.1.4 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ ข้อ 3.5.1.5 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.1 สูตรควบคุมของการผลิตแพตตี้หมู

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
เนื้อหมูบด	71.55
มันหมูแข็ง	14.31
หอมหัวใหญ่	7.15
เกลือ	0.96
พริกไทย	0.39
น้ำตาล	2.86
ซอสปรุงรส	2.27
ซีอิ๊วดำ	0.51

ที่มา : ดัดแปลงจาก Aidells and Kelly (1998)

ล้างทำความสะอาดเนื้อหมู ตัดแต่งแยกพังผืดออก

↓

หั่นเนื้อหมูเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมให้มีขนาดเล็ก

↓ ← มันแข็งแช่เย็นและบด

นำเนื้อหมูและมันหมูแข็งใส่ในโถเครื่องเตรียมอาหารอเนกประสงค์
สับผสมที่ความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 1 นาที

↓

ใส่หอมหัวใหญ่ที่สับละเอียด และเครื่องปรุงทั้งหมด
ปั่นส่วนผสมทั้งหมดอีก 1 นาที

↓

นำแบตเตอร์มาแบ่งเป็นก้อนๆ (ก้อนละ 60 กรัม)

↓

นำก้อนแบตเตอร์ใส่ในแม่พิมพ์วงกลม
ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และความหนา 1.5 เซนติเมตร กดให้มีรูปแบบตามแม่พิมพ์

↓

นำลงทอดบนกระทะเทฟลอน โดยไม่ใช้น้ำมันเป็นเวลาประมาณ 10 นาที
โดยให้อุณหภูมิกึ่งกลางชิ้นเนื้อประมาณ 71 องศาเซลเซียส

↓

แพตตี้หมู

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตแพตตี้หมู

ที่มา : ดัดแปลงจาก Aidells and Kelly (1998)

3.5.2 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของแพตตี้ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง

นำแพตตี้หมูที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในปริมาณที่เหมาะสมที่คัดเลือกจากข้อ 3.5.1 มาทำการปรับปรุงคุณภาพดังนี้

3.5.2.1 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของแพตตี้หมูที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง

ทดลองเติมสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์คือ คาร์ราจีแนนหรือโลคัสต์บีนกัมผสมคาร์ราจีแนน (อัตราส่วน 1:1) ในปริมาณ 1.5, 2 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ โดยใส่ผสมกับเครื่องปรุง ทำการผลิตแพตตี้ตามรูปที่ 3.1 นำแบตเตอร์แพตตี้มาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ตามวิธีการในข้อ 3.5.1.1 – 3.5.1.5 เพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสม

3.5.2.2 ศึกษาการเติมน้ำมันพืชแทนการใช้มันหมูแข็งในสูตรการผลิตแพตตี้ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง

ทำการเติมน้ำมันรำข้าวแทนการใช้มันหมูแข็ง โดยเติมน้ำมันรำข้าวในปริมาณ 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักส่วนผสม ทำการผลิตแพตตี้ตามรูปที่ 3.1 นำแบตเตอร์แพตตี้มาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ในข้อ 3.5.1.1-3.5.1.5 เพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสม

3.5.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

เลือกตัวอย่างที่เหมาะสมจากข้อ 3.5.2 รวมทั้งแพตตี้สูตรควบคุม และเต้าหู้แข็ง มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ปริมาณแคลเซียม ปริมาณคอเลสเตอรอล ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.5.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของแพตตี้ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง

3.5.4.1 นำแพตตี้สูตรควบคุม และแพตตี้ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งที่ผ่านการปรุงสุกมาบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนหนา 0.1 มิลลิเมตร บรรจุในสภาวะสุญญากาศ และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยสุ่มเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ15 มาวิเคราะห์ความเป็นกรดด่างด้วยการไตเตรทหาปริมาณกรดทั้งหมด ร่วมกับการวัดค่าด้วยเครื่อง pH meter และสังเกตลักษณะปรากฏ

3.5.4.2 เก็บที่สภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ นำตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 มาวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid reactive substance number (TBARS) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยใช้วิธีการของ Cheng *et. al.* (2007)

3.5.5 คำนวณต้นทุนการผลิตในส่วนของวัตถุดิบ

การคิดค่าใช้จ่ายในการผลิตแพตตี้ โดยทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตแพตตี้ โดยคิดจากราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเทียบกับน้ำหนักของแพตตี้ที่ผลิตได้ 1 กิโลกรัม

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในแพตตี้

จากการทดลองใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในปริมาณ 60, 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อหมู นำแบตเตอร์มาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ เปรียบเทียบกับแพตตี้สูตรควบคุม (ใช้เนื้อหมู 100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.1 ค่าความเป็นกรดด่างของแบตเตอร์ของแพตตี้สูตรควบคุมมีค่า pH เท่ากับ 5.57 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Johnston *et. al.* (2005) ซึ่งพบว่าแบตเตอร์ของแพตตี้ที่เตรียมจากเนื้อวัวและมันแข็ง มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงเป็นกรดเล็กน้อยคือมีค่า pH เท่ากับ 5.61 และพบว่าเมื่อใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในปริมาณที่มากขึ้นความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มมากขึ้น การที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากเต้าหู้แข็งที่ใช้มีค่า pH สูงกว่าแบตเตอร์ คือมีค่า pH เท่ากับ 6.57 และเมื่อเติมลงในแบตเตอร์ปริมาณมากขึ้น จึงทำให้ค่า pH ของแบตเตอร์มี pH สูงขึ้นตาลำดับ

สำหรับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุกและเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้ พบว่าแบตเตอร์ที่เตรียมจากเนื้อหมูล้วนมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้สูงกว่าแบตเตอร์ที่เตรียมจากการใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้ของแบตเตอร์สูตรควบคุมเท่ากับ 6.28 ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้มีความสัมพันธ์ผกผันกับความสามารถในการอุ้มน้ำ เมื่อเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้เพิ่มขึ้นเป็นผลให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น อัจฉรา ควรประเสริฐ (2550) พบว่าไส้กรอกรมควันที่มีใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในปริมาณที่มากขึ้น เปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มมากกว่าไส้กรอกรมควันที่ใช้เนื้อหมูล้วน เนื่องจากแพตตี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดผสมระหว่างเนื้อหมูและมันแข็งโดยเป็นการบดหยาบต่างจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่มีการบดละเอียด เมื่อสกัดแอคตินและไมโอซินทำให้เกิดเป็นอิมัลชันของเฟสน้ำและน้ำมัน ดังนั้นในแพตตี้การจับกันระหว่างหมูบดและมันแข็งมีความแข็งแรงน้อยกว่าในไส้กรอก เป็นผลให้เมื่อนำไปให้ความร้อนทำให้มีของเหลวแยกออกมามากกว่า การสูญเสียน้ำหนักจึงมีมากกว่า

การใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูทำให้เปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของแบตเตอร์ลดลง เนื่องจากเต้าหู้เป็นเจลที่ได้จากการตกตะกอนนมถั่วเหลือง โดยโปรตีนถั่วเหลืองเกิดเป็นโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงที่สามารถกักเก็บน้ำในโมเลกุล เป็นผลให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของแบตเตอร์ที่ใช้เต้าหู้แข็งน้อยกว่าแบตเตอร์ที่ใช้เนื้อหมูล้วน อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในปริมาณสูงที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเนื้อ

หมูที่ทำหน้าที่เป็น Binder (ให้ก้อนแบตเตอร์เกาะจับตัวกัน) ลดลง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) และของเหลวที่แยกได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแบตเตอร์เมื่อใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในระดับต่างๆ

ปริมาณเต้าหู้ที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ของเหลวที่แยกได้ (เปอร์เซ็นต์)
0	$5.57^{d} \pm 1.35$	$20.32^{a} \pm 0.58$	$6.28^{a} \pm 0.63$
60	$6.17^{c} \pm 0.07$	$17.86^{bc} \pm 0.82$	$2.66^{b} \pm 0.37$
70	$6.36^{b} \pm 0.02$	$16.87^{b} \pm 1.10$	$2.08^{b} \pm 0.54$
80	$6.44^{a} \pm 0.02$	$18.40^{c} \pm 0.66$	$2.42^{b} \pm 0.44$

(^{abcd}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลของการเติมเต้าหู้แข็งต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของแพตตี้ โดยวัดจากค่าแรงตัดขาดผลิตภัณฑ์ที่สูงที่สุด (Maximum force) ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขาดออกจากกัน แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าแพตตี้สูตรควบคุมมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากที่สุด เมื่อปริมาณเต้าหู้แข็งเพิ่มขึ้นค่าความแข็งที่หาจากค่าแรงตัดขาดลดลง โดยเฉพาะเมื่อใช้เต้าหู้แข็งในปริมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ การที่แพตตี้สูตรควบคุมมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากกว่า เนื่องจากโปรตีนเนื้อหมูอาจเกิดเจลหรือจับรวมตัว (aggregate) ระหว่างการให้ความร้อน ส่วนเต้าหู้เป็นโปรตีนถั่วเหลืองที่ผ่านการรวมตัวกันด้วยการเหนี่ยวนำด้วยเกลือหรืออิออน อาจสูญเสียความสามารถเกิดเจลระหว่างการให้ความร้อน จึงทำให้เนื้อสัมผัสของแพตตี้ที่ใช้หมูล้วนแน่นแข็งมากกว่าแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทน นอกจากนี้เต้าหู้มีเนื้อสัมผัสนิ่มกว่าเนื้อหมู เมื่อเติมลงในแพตตี้จึงทำให้แพตตี้มีเนื้อสัมผัสนิ่มกว่า ค่าแรงที่ใช้ในการตัดขาดจึงมีค่าต่ำกว่า

ตารางที่ 4.2 ค่าแรงตัดขาดของแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในระดับต่างๆ

ปริมาณเต้าหู้ที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าแรงตัดขาด (กรัม•แรง)
0	$3445.40^{a} \pm 547.45$
60	$2051.27^{b} \pm 249.93$
70	$1839.93^{b} \pm 188.14$
80	$1430.63^{b} \pm 56.80$

(^{ab}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสีของตัวอย่างที่มีการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งที่ระดับ 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) และการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งโดยเฉพาะ 70 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบรวมอยู่ที่ระดับคะแนนชอบถึงชอบมาก ส่วนการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งที่ 80 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยที่สุดคืออยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบ เนื่องจากในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในปริมาณที่มากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็ง 80 เปอร์เซ็นต์ นำไปปรับปรุงคุณภาพ และเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านอื่น พบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัสของแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู 80 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าตัวอย่างอื่น ผู้วิจัยจึงทดลองปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็ง 80 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.3 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในระดับต่างๆ

ปริมาณเต้าหู้ที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์)	สี^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
60	5.65 ± 1.62	5.75^{a} ± 0.83	5.30^{ab} ± 1.31	4.50^{ab} ± 1.98	5.25^{ab} ± 1.48
70	5.55 ± 1.24	5.25^{a} ± 1.22	6.00^{a} ± 0.84	5.60^{a} ± 1.28	5.80^{a} ± 0.93
80	4.80 ± 1.16	4.05^{b} ± 1.24	4.20^{b} ± 1.26	4.40^{b} ± 1.49	4.45^{b} ± 1.20

(^{abc}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

(^{ns}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของแพตตี้หมูที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง

4.2.1 ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของแพตตี้หมูที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง

เมื่อนำแพตตี้หมูมาทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในปริมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อหมู พบว่ามีเนื้อสัมผัสร่วนอ่อนนิ่มกว่าสูตรควบคุมมาก จึงได้ทดลองนำไฮโดรคอลลอยด์มาใช้เพื่อช่วยปรับปรุงลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยทดลองใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ คาร์ราจีแนนหรือโลคัสต์บีนกัมผสมคาร์ราจีแนน (อัตราส่วน 1:1) ที่ระดับ 1.5, 2 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำแบตเตอร์ของแพตตี้เต้าหู้หมูมาทดสอบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังการ

ปรุงสุก และเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้ ดังตารางที่ 4.4 ในที่นี้จะเรียกแพตตี้ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง 80 เปอร์เซ็นต์ ว่า "แพตตี้เต้าหู้หมู" พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณ 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักลดลง เมื่อเทียบกับแบตเตอร์แพตตี้เต้าหู้หมูที่ไม่ได้เติมไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 2.42 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 4.1) เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีสมบัติในการเพิ่มความหนืดของแบตเตอร์ทำให้แบตเตอร์เกาะกันได้แน่นขึ้น นอกจากนี้การใช้โลคัสต์บีนกัมร่วมกับคาร์ราจีแนน ทำให้เปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้ของแพตตี้เต้าหู้หมูมีค่าน้อยกว่าแพตตี้เต้าหู้หมูที่ใช้คาร์ราจีแนนอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โลคัสต์บีนกัมเมื่อใช้ร่วมกับคาร์ราจีแนนจะมีสมบัติการเกิดเจลได้ดี (Thomas. 1992) สังเกตได้จากเมื่อนำแพตตี้ที่เติมโลคัสต์บีนกัมร่วมกับคาร์ราจีแนนไปทอดจะเกิดเจลบางๆ ที่ผิวด้านนอกของแพตตี้ โครงสร้างร่างแหของเจลช่วยกักเก็บน้ำ ทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเหลวของแบตเตอร์ลดลง เมื่อนำแพตตี้เต้าหู้หมูเติมไฮโดรคอลลอยด์ไปทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสดังตารางที่ 4.5 พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ โดยเฉพาะเมื่อใช้คาร์ราจีแนน 2 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้โลคัสต์บีนกัมร่วมกับคาร์ราจีแนน 2.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เนื้อสัมผัสของแพตตี้เต้าหู้หมูแข็งขึ้นแรงที่ใช้ตัดผ่านจึงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.4 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) และของเหลวที่แยกได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแบตเตอร์ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทน เมื่อเติมคาร์ราจีแนนหรือโลคัสบีนกัมผสมกับคาร์ราจีแนนที่ระดับต่างๆ

ไฮโดรคอลลอยด์ (เปอร์เซ็นต์)	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ของเหลวที่แยกได้ (เปอร์เซ็นต์)
คาร์ราจีแนน 1.5	$17.22^{a} \pm 0.76$	$1.18^{ab} \pm 0.65$
คาร์ราจีแนน 2	$16.02^{b} \pm 1.08$	$0.98^{b} \pm 0.25$
คาร์ราจีแนน 2.5	$15.18^{bc} \pm 0.45$	$1.63^{a} \pm 0.23$
โลคัสต์บีนกัม + คาร์ราจีแนน 1.5	$14.59^{c} \pm 1.06$	$0.27^{c} \pm 0.19$
โลคัสต์บีนกัม + คาร์ราจีแนน 2	$14.30^{c} \pm 0.79$	$0.29^{c} \pm 0.00$
โลคัสต์บีนกัม + คาร์ราจีแนน 2.5	$15.30^{bc} \pm 1.05$	$0.14^{c} \pm 0.12$

(^{abc}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่าแรงตัดขาดของแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู เมื่อเติมคาร์ราจีแนนหรือโลคัสต์บีนกัมผสมคาร์ราจีแนนที่ระดับต่างๆ

ไฮโดรคอลลอยด์ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าแรงขาด (กรัม•แรง)
คาร์ราจีแนน 1.5	$1564.45^{bc} \pm 117.33$
คาร์ราจีแนน 2	$1701.42^{ab} \pm 120.01$
คาร์ราจีแนน 2.5	$1447.87^{c} \pm 143.74$
โลคัสต์บีนกัม + คาร์ราจีแนน 1.5	$1438.42^{c} \pm 79.400$
โลคัสต์บีนกัม + คาร์ราจีแนน 2	$1456.52^{c} \pm 135.360$
โลคัสต์บีนกัม + คาร์ราจีแนน 2.5	$1789.02^{a} \pm 95.200$

(^{abc}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสพบว่า แพตตี้เต้าหู้หมูที่เติมคาร์ราจีแนนหรือโลคัสต์บีนกัมผสมกับคาร์ราจีแนน มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมแตกต่างกัน โดยพบว่าแนวโน้มการยอมรับในด้านของเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของแพตตี้เต้าหู้หมูที่เติมคาร์ราจีแนนจะสูงกว่าในทุกระดับการศึกษา โดยเฉพาะเมื่อเติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเติม โลคัสต์บีนกัมร่วมกับคาร์ราจีแนนจะเกิดเป็นเจลบางๆ ที่ผิวด้านนอกของแพตตี้เต้าหู้หมูดังที่กล่าวมา ทำให้ผู้ทดสอบไม่ชอบลักษณะเนื้อสัมผัสดังกล่าว โดยจะพบว่าเมื่อปริมาณของผสมระหว่างโลคัสต์บีนกัมและคาร์ราจีแนนสูงขึ้นเป็น 2.5 เปอร์เซ็นต์ คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงเลือกแพตตี้เต้าหู้หมูสูตรที่เติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแพตตี้เต้าหู้หมูที่เติมคาร์ราจีแนน 2 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ และมีการใช้ปริมาณคาร์ราจีแนนน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติของแพตตี้เต้าหู้หมูดีขึ้น โดยมีคะแนนอยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก ดังนั้นจึงนำแพตตี้เต้าหู้หมูที่เติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไปปรับปรุงคุณภาพในด้านการใช้น้ำมันรำข้าวทดแทนมันหมูแข็งในสูตรควบคุมในการทดลองต่อไป โดยไม่ได้ทำการทดลองปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรส

ตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู เมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์ในระดับต่างๆ

ไฮโดรคอลลอยด์ (เปอร์เซ็นต์)	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
คาร์ราจีแนน 1.5	5.30 ± 1.14	5.40 ± 1.53	5.50^{a} ± 0.97	5.45^{a} ± 0.97
คาร์ราจีแนน 2	5.25 ± 1.30	5.40 ± 0.86	5.10^{ab} ± 1.14	5.45^{a} ± 1.07
คาร์ราจีแนน 2.5	5.00 ± 1.14	4.95 ± 1.39	5.20^{ab} ± 1.16	5.05^{ab} ± 1.20
โลคัสต์บีนกัม + คาร์ราจีแนน 1.5	4.70 ± 1.19	4.85 ± 1.01	4.90^{ab} ± 0.83	4.95^{ab} ± 1.01
โลคัสต์บีนกัม + คาร์ราจีแนน 2	4.45 ± 1.07	4.95 ± 0.97	4.65^{b} ± 0.91	4.75^{ab} ± 0.99
โลคัสต์บีนกัม + คาร์ราจีแนน 2.5	4.45 ± 1.36	4.75 ± 1.04	4.50^{ab} ± 1.12	4.60^{b} ± 1.46

(^{ab}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

(^{ns}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.2.2 ผลการศึกษาการเติมน้ำมันพืชแทนการใช้มันหมูแข็งในสูตรการผลิตแพตตี้หมูที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง

การปรับปรุงคุณภาพแพตตี้โดยใช้น้ำมันรำข้าวแทนการใช้มันหมูแข็งในสูตรควบคุม มีการใช้มันหมูแข็ง 14.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.1) พบว่าเมื่อเติมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม และเมื่อนำแบตเตอร์แพตตี้ไปศึกษาสมบัติด้านต่างๆ พบว่าน้ำหนักของแพตตี้ที่หายไปเมื่อปรุงสุกและปริมาณของเหลวที่แยกตัวออกมาของแพตตี้สูตรควบคุมและสูตรที่ใช้น้ำมันรำข้าวระดับต่างๆ กัน แสดงผลดังตารางที่ 4.7 จากตารางที่ 4.7 พบว่าเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำแพตตี้เต้าหู้หมูที่เติมน้ำมันรำข้าวที่ระดับต่างๆ ไปตรวจวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าเมื่อไม่มีการใช้มันหมูแข็งแต่ใช้น้ำมันรำข้าวทำให้ค่าแรงตัดผ่านเพิ่มขึ้น การที่เนื้อสัมผัสของแพตตี้เต้าหู้หมูแข็งขึ้นเนื่องมาจากปริมาณของไขมันน้อยลง ดังจะเห็นว่าแพตตี้เต้าหู้หมูสูตรที่ใช้น้ำมันรำข้าวน้อยที่สุดคือ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแรงตัดผ่านสูงสุด มีเนื้อสัมผัสแข็งกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.7 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) และของเหลวที่แยกได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแบตเตอร์ของแพตตี้เต้าหู้หมูเมื่อใช้มันหมูแข็งหรือน้ำมันรำข้าวที่ระดับต่างๆ

ตัวอย่าง	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ของเหลวที่แยกได้[ns] (เปอร์เซ็นต์)
มันหมูแข็ง 14.3 เปอร์เซ็นต์	$17.22^{a} \pm 0.76$	2.20 ± 0.17
น้ำมันรำข้าว 5 เปอร์เซ็นต์	$15.86^{b} \pm 0.39$	2.47 ± 0.14
น้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์	$15.77^{b} \pm 0.56$	2.42 ± 0.03
น้ำมันรำข้าว 10 เปอร์เซ็นต์	$17.42^{a} \pm 0.39$	2.43 ± 0.26

([abc]) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

([ns]) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.8 ค่าแรงตัดขาดของแพตตี้เต้าหู้หมูเมื่อใช้มันหมูแข็งหรือน้ำมันรำข้าวที่ระดับต่างๆ

ตัวอย่าง	ค่าแรงตัดขาด (กรัม•แรง)
มันหมูแข็ง 14.3 เปอร์เซ็นต์	$1814.85^{c} \pm 294.19$
น้ำมันรำข้าว 5 เปอร์เซ็นต์	$2848.30^{a} \pm 182.08$
น้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์	$2133.43^{bc} \pm 328.32$
น้ำมันรำข้าว 10 เปอร์เซ็นต์	$2300.15^{b} \pm 184.98$

([abc]) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสของแพตตี้เต้าหู้หมูที่ไม่ใช้มันหมูแข็ง แต่ใช้น้ำมันรำข้าวที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมของแพตตี้เต้าหู้หมูที่ใช้น้ำมันรำข้าว 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นทำให้รสชาติดีขึ้น ความชอบจึงเพิ่มขึ้น และเพื่อให้แพตตี้เต้าหู้หมูมีปริมาณไขมันต่ำ จึงเลือกสูตรที่ใช้น้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแพตตี้เต้าหู้หมูที่ใช้น้ำมันรำข้าว 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อแพตตี้เต้าหู้หมูที่ไม่ใช้มันหมูแข็งแต่ใช้น้ำมันรำข้าวที่ระดับต่างๆ

น้ำมันรำข้าว (เปอร์เซ็นต์)	กลิ่น^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบโดยรวม
5	4.80 ± 1.16	$4.75^{b} \pm 0.83$	4.70 ± 1.31	$4.75^{b} \pm 1.18$
7.5	4.75 ± 1.26	$5.35^{a} \pm 0.79$	5.00 ± 1.05	$5.00^{ab} \pm 0.84$
10	5.35 ± 1.11	$5.35^{a} \pm 1.06$	5.15 ± 1.19	$5.55^{a} \pm 1.20$

(^{ab}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

(^{ns}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

แพตตี้เต้าหู้หมูที่ผลิตจากการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง 80 เปอร์เซ็นต์ ไม่ใช้มันหมูแข็ง เติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ และใช้น้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์ นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับเต้าหู้แข็งและแพตตี้หมูสูตรควบคุม ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าแพตตี้เต้าหู้หมูมีปริมาณความชื้นสูงกว่าแพตตี้ที่ผลิตจากเนื้อหมูล้วน แต่มีปริมาณไขมันและปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่ามาก คือ มีปริมาณไขมันเท่ากับ 20.46 กรัมต่อ 100 กรัม และมีคอเลสเตอรอล 3.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในขณะที่แพตตี้หมูมีปริมาณไขมันเท่ากับ 25.06 กรัมต่อ 100 กรัม และมีปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 8.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม นอกจากนี้ปริมาณเถ้าซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแร่ธาตุในอาหารของแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าแพตตี้ที่ทำจากเนื้อหมูล้วน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม พบว่าปริมาณแคลเซียมในแพตตี้เต้าหู้หมูมีค่าสูงกว่าแพตตี้หมูถึง 15 เท่า

ตารางที่ 4.10 องค์ประกอบทางเคมีของเต้าหู้แข็ง แพตตี้หมู และแพตตี้เต้าหู้หมู

องค์ประกอบ	เต้าหู้แข็ง	แพตตี้หมู	แพตตี้เต้าหู้หมู
กรัม/100 กรัม			
ความชื้น	61.50	45.06	50.96
โปรตีน	18.57	23.21	20.58
ไขมัน	13.80	25.06	20.46
เถ้า	3.60	2.85	3.31
มิลลิกรัม/100กรัม			
แคลเซียม		7.26	104.2
คอเลสเตอรอล		8.30	3.40

4.4 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของแพตตี้หมูที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง

4.4.1 แพตตี้เต้าหู้หมูที่เตรียมจากการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง 80 เปอร์เซ็นต์ ไม่ใช้มันหมูแข็ง เติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ และใช้น้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์ นำมาเก็บในถุงโพลีโพรพีลีนในสภาวะสุญญากาศ เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกในแพตตี้เพิ่มขึ้นดังตารางที่ 4.11 โดยจะพบว่าปริมาณกรดของแพตตี้หมูสูตรควบคุมมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่าแพตตี้เต้าหู้หมู อย่างไรก็ตามจากการทดสอบจากการดมกลิ่น พบว่าในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาแพตตี้ทั้งสองชนิดมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว

4.4.2 เมื่อนำแพตตี้ทั้งสองชนิดบรรจุในถุงโพลีโพรพีลีนเก็บในสภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์ค่า TBARS ซึ่งเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงอัตราการเกิดออกซิเดชันของไขมันทุกสัปดาห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้น ค่า TBARS ในแพตตี้เพิ่มขึ้นแสดงในตารางที่ 4.12 โดยจะพบว่าค่า TBARS ของแพตตี้เต้าหู้หมูมีค่าสูงกว่าของแพตตี้หมูตั้งแต่เริ่มต้นเก็บรักษา เนื่องมาจากเต้าหู้แข็งมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าเนื้อหมูจึงทำให้เกิดการออกซิเดชั่นได้ง่าย (เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. 2542)ดังนั้นเต้าหู้แข็งอาจมีค่า TBARS สูงกว่า ทำให้แพตตี้เต้าหู้หมูมีค่า TBARS เริ่มต้นสูงกว่าแพตตี้หมู อย่างไรก็ตามการทดสอบจากการดมกลิ่น พบว่าในสัปดาห์ที่ 4 แพตตี้ทั้งสองชนิดไม่มีกลิ่นเหม็นหืนแสดงให้เห็นว่าสามารถเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ได้มากกว่า 4 สัปดาห์

ตารางที่ 4.11 ปริมาณกรด และ pH ของแพตตี้หมูและแพตตี้ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งเก็บในสภาวะสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

วันที่	ปริมาณกรด		pH	
	แพตตี้หมู	แพตตี้เต้าหู้หมู	แพตตี้หมู	แพตตี้เต้าหู้หมู
0	$0.15^{d}\pm0.00$	$0.11^{c}\pm0.01$	$5.79^{a}\pm0.00$	$6.33^{a}\pm0.01$
3	$0.27^{c}\pm0.03$	$0.15^{bc}\pm0.02$	$5.73^{b}\pm0.07$	$6.23^{b}\pm0.005$
6	$0.34^{b}\pm0.04$	$0.18^{bc}\pm0.03$	$5.72^{b}\pm0.02$	$6.23^{b}\pm0.03$
9	$0.35^{b}\pm0.03$	$0.20^{b}\pm0.01$	$5.67^{b}\pm0.02$	$6.08^{c}\pm0.10$
12	$0.46^{a}\pm0.02$	$0.23^{ab}\pm0.09$	$5.67^{b}\pm0.02$	$6.25^{b}\pm0.01$
15	$0.49^{a}\pm0.01$	$0.29^{a}\pm0.01$	$5.13^{c}\pm0.01$	$6.13^{c}\pm0.01$

(^{abcd}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 ค่า Thiobarbituric acid ของแพตตี้หมูและแพตตี้หมูที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งเก็บที่สภาวะอากาศปกติ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	แพตตี้หมู	แพตตี้เต้าหู้หมู
0	$0.53^{e}\pm0.02$	$1.7^{d}\pm0.04$
1	$1.03^{d}\pm0.01$	$2.05^{c}\pm0.04$
2	$1.55^{c}\pm0.03$	$2.38^{b}\pm0.06$
3	$1.92^{b}\pm0.02$	$2.53^{b}\pm0.41$
4	$2.70^{a}\pm0.02$	$3.55^{a}\pm0.12$

(^{abcde}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.5 ผลการคำนวณต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตแพตตี้หมูที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู

ผลการคำนวณต้นทุนการผลิตจากราคาวัตถุดิบในการผลิตแพตตี้หมูและแพตตี้เต้าหู้หมูที่เตรียมจากการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็ง 80 เปอร์เซ็นต์ ไม่ใช้มันหมูแข็ง เติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ และใช้น้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 4.13 เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของแพตตี้ทั้งสองชนิดไม่เท่ากัน เมื่อนำราคาของวัตถุดิบมาคำนวณควบคู่กับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก พบว่าราคาวัตถุดิบของแพตตี้หมูเท่ากับ 134.4 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่แพตตี้เต้าหู้หมูเท่ากับ 101.2 บาทต่อกิโลกรัม พบว่าเมื่อใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูจะทำ

ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารและยังสามารถลดต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตแพตตี้ได้อีกด้วย

ตารางที่ 4.13 ราคาของวัตถุดิบในการผลิตแพตตี้หมูและแพตตี้หมูที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู

วัตถุดิบ	ราคาต่อกิโลกรัม (บาท)	แพตตี้หมู*		แพตตี้เต้าหู้หมู**	
		ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคา (บาท)
เนื้อหมู	135	1000	135	200	27
เต้าหู้แข็ง	86.67	-	-	800	69
มันหมูแข็ง	50	200	10	-	-
น้ำมันรำข้าว	40	-	-	75	3
หอมหัวใหญ่	39	100	3.9	91.6	3.57
เกลือ	15	13.38	0.2	12.28	0.18
พริกไทย	700	5.46	3.8	5	3.5
น้ำตาล	23.50	40	0.94	36.7	0.86
ซอสปรุงรส	80	31.84	2.53	29.06	2.32
ซีอิ๊วดำ	18.62	7.14	0.13	6.56	0.12
รวม		1397.82	156.50	1256.2	109.55

หมายเหตุ * เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์

** เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งที่ระดับ 60, 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อหมูในการผลิตแพตตี้ พบว่าการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ทั้งนี้พบว่าแบตเตอร์ของแพตตี้ที่มีการทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งทั้งสามระดับมีความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่สูตรควบคุมมีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยที่สุด และเมื่อนำแพตตี้ไปปรุงสุกพบว่าเมื่อใช้เต้าหู้แข็งปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะนิ่มลง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสามารถใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู 80 เปอร์เซ็นต์

2. ผลการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส โดยการเติมคาร์ราจีแนนหรือโลคัสต์บีนกัมผสมคาร์ราจีแนน (อัตราส่วน 1:1) ที่ระดับ 1.5 2 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ทำให้เปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของแบตเตอร์ลดลง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการเติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรสเพิ่มขึ้น เป็นผลให้คะแนนความชอบรวมอยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก

3. ผลการใช้น้ำมันรำข้าวแทนการใช้มันหมูแข็ง พบว่าเปอร์เซ็นต์ของเหลวที่แยกได้ของแบตเตอร์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูเมื่อไม่มีมันแข็งและใช้น้ำมันรำข้าวแทนในปริมาณ 5 7.5 และ10 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าสามารถเลือกใช้น้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์

4. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าแพตตี้หมูสูตรควบคุมมีปริมาณความชื้น 45.06 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 23.21 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 25.06 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 2.85 เปอร์เซ็นต์ และมีแคลเซียม 7.26 มิลลิกรัม/100กรัม คอเลสเตอรอล 8.30 มิลลิกรัม/100กรัม ส่วนแพตตี้หมูที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู 80 เปอร์เซ็นต์ เติมคาร์ราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ใช้มันหมูแข็งแต่ใช้น้ำมันรำข้าว 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น 50.96 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 20.58 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 20.46 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.31 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมเพิ่มเป็น 104.2 มิลลิกรัม/100กรัม และมีคอเลสเตอรอลลดลงเป็น 3.40 มิลลิกรัม/100กรัม

5. ผลการศึกษาอายุการเก็บ พบว่าแพตตี้ที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูเก็บภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้มากกว่า 12 วัน เช่นเดียวกับแพตตี้หมู และการเก็บที่สภาวะบรรยากาศที่ -18 องศาเซลเซียส ได้มากกว่า 4 สัปดาห์ เช่นเดียวกับแพตตี้หมู

6. ผลการคำนวณต้นทุนของวัตถุดิบ พบว่าแพตตี้หมูที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูมีต้นทุนของวัตถุดิบลดลง 33.2 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับแพตตี้หมูสูตรควบคุม

บรรณานุกรม

กองโภชนาการกรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม. 2545. กรุงเทพฯ. 48น.

นัยนา บุญทวียุวัฒน์ และเรวดี จงสุวัฒน์. 2545. **น้ำมันรำข้าว ทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 64น.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2534. **คอลลอยด์.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 189-222น.

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป. 2541. "การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเจลโปรตีนจากถั่วเหลือง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เพลินใจ ตังคณะกุล. 2545. "ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้." **อาหาร.** 32 (2): 92-97.

เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. 2542. **สมุนไพรกับวัฒนธรรมไทย ตอนที่ 2 ไม้ริมรั้ว.** กรุงเทพ ฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 231 น.

ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์. 2548. "ผู้หญิงวัยทองกับประโยชน์ของถั่วเหลือง." **หมอชาวบ้าน.** 27 (314): 18-24.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ. เค.ยู. เพลส. 133น.

วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์. 2545. "การศึกษากระบวนการผลิตผงเต้าหู้และการใช้ประโยชน์ของผงเต้าหู้ในลูกชิ้นหมู." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิชชุดา สังข์แก้ว. 2546. **ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพฯ. 108-109.

สมชาย ประภาวัติ. 2538. **ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง.** กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร.

สุพรรณิการ์ วิลาวรรณ และมลศิริ วีโรทัย. 2540. "การผลิตเต้าหู้ผงเพื่อใช้เป็นแหล่งของโปรตีนจากพืชในผลิตภัณฑ์อาหาร." **วิทยาศาสตร์ มศว.** 13: 26-33.

สุมนทิพย์ คงตัน. 2542. "ถั่วเหลือง สรรพคุณทางยาและคุณค่าทางอาหาร." **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 9(2): 34-36.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2547. **เคมีอาหาร.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพฯ. 74-86.

อัจฉรา ควรประเสริฐ. 2550. “การทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้สดในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Aidells, B. & Kelly, D. 1998. **The complete meat cookbook**. New York: Houghton Mifflin Company. 155-160.

Anderson, R.L. & Wolf, W.J. 1995. “Compositional changes in Trypsin inhibitors, Phytic Acid, Saponins and Isoflavones related to soybean processing.” **J. Nutr**. 125: 581s-588s.

AOAC. 2000. Official Method of analysis. Association of official analytical chemists, Washington DC.

Bourne, M.C., Escueta, E.E. & Banzon, J. 1976. “Effect of sodium alkali and salts on pH and flavor of soymilk.” **J. Food Sci**. 41(1): 62-66.

Cheng, J.-H., Wang, S.-T. & Ockerman, H. W. 2007. “Lipid oxidation and color change of salted pork patties.” **Meat Sci**. 75(1): 71-77.

Charalambous, G. & Doxastakis, G. 1989. **Food emulsifiers chemistry technology functional properties and applications**. New York: Elsevier Science Publishing Company, Inc.

Declan, J. T., Eoin, M. D. & Buckley, D.J. 1999. “Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends.” **J.Sci.Food Agric**. 79: 507-516.

Esam, H.M. & Ali, H. K. 2000. “Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties.” **Food Chem**. 69(2): 135-141.

Hayes, J.E., Desmond, E.M., Troy, D.J., Buckley, D.J. & Mehra, R. 2005. “The effect of whey protein-enriched fractions on the physical and sensory properties of frankfurters.” **Meat Sci**. 71: 238-243.

Henk, W. H. 2005. **Soy protein and formulated meat products**. UK: CABI Publishing. 285p.

Hideo, O. & Kawassaki, S. 1990. “Processed soybean curd food having a texture similar to meat.” U.S . patent. No. 4897280. June 7.

Jeng, C.Y., Ockerman, H. W., Cahill, V. R. & Penge, A.C. 1988. “Influence of substituting two levels of tofu for fat in a cooked comminuted meat-type product.” **J. Food. Sci**. 53 (1): 97-100.

Jeong, J.Y., Lee, E.S., Choi, J.H., Lee, J.Y., Kim, J.M., Min, S.G., Chae, Y.C. & Kim, C.J. 2007. “Variability in temperature distribution and cooking properties of ground pork patties containing different fat level and with/without salt cooked by microwave energy." **Meat Sci**. 75(3): 415-422.

Johnston, J.E., Sepe, H. A., Miano, C.L., Brannan, R.G. & Alderton, A.L. 2005. "Honey inhibits lipid oxidation in ready-to-eat ground beef patties." **Meat Sci**. 70: 627-631.

Kahlon, T.S., Chow, F.I., Chuiu, M., Hudson, A. & Sayre, R.N. 1996. "Cholesterol-lowering by rice bran and rice bran oil unsaponifiable matter in hamters." **Nutr**. 73 (1): 69-73.

Kai-Lai, G.H., Wilson, L.A. & Sebranek, J.G. 1997. "Dried soy protein tofu powder effects on Frankfurter and pork sausage pattied." **J. Food. Sci**. 60 (2): 434-437.

Lahaye, M. & Rochas, C. 1991. Chemical structure and physico-chemical properties of agar. Hyhrobiologia. 137-148.

Lin, K.W. & Mei, M.Y. 2000. "Influences of gums, soy protein isolate, and heating temperature on reduced-fat meat batters in a model system." **J. Food. Sci**. 65(1): 97-100.

Liu, K. 1997. Soybean: **Chemistry, Technology, and Utilization**. New York: Chapman & Hall.

Marsic, M. & Yodice, R. 1992. **Food technology : The role of monounsaturates**. INFORM. 3(6): 6-681.

Nelson, A.I., Steinberg, M.P. & Wei, L.S. 1976. "Process for preparation of soy milk." **J. Food Sci**. 41(1): 57-61.

Phillips, G. O. & Williams, P.A. 2000. **Handbook of hydrocolloids**. New York. CRC press. 87-213p.

Rahardjo, R., Wilson, L.A. & Sebranek, J.G. 1994. "Spray dried soymilk used in reduced fat pork sausage patties." **J. Food. Sci**. 59(6): 1286-1290.

Romans, J. R., Costello, W. J., Carlson, C. W., Greaser, M. L. & Jones, K. W. 1994. **The meat we eat**. 13th ed. Illinois: Interstate Publishers, Inc. Danville. 1993p.

Shen, J.L. & Jackson, R.H. 1991. **Functional soy protein designed as casein and egg white replacers**. Cereal Foods World. 36: 431.

Sugano, M. & Tsuji, E. 1996. "Rice bran oil and human health." **Biomed. Environ. Sci.** 9: 242-246

Swanson, R.B., Vondekamp, S.L., Knight, C.N., Stryszko, T.A., Milly, P.J., Petrecca, J.A., Kozinsky, M.E., O'Barr, C.C., Camp, A.M., Rooker, R.D. & Johnson, H.A. 2006. "Functionality of soy milks as a substitute for Cow's milk in food products: muffins, ice cream, quiche, popovers." **J. Am. Diet. Assoc**. 106(8): A42.

Therkelsen, G.H. 1993. Carrageenan. In R.L. Whistler and J.N. Behiller (eds.). **Industrial gum**. New York. 145-180p.

Thomas, W.R. 1992. Carrageenan. In A. Imeson (ed.). **Thickening and gelling agent for food**. London: Blackie Academic & Professional. 25-39p.

Wang, H.L. & Hesseltine, C.W. 1982. "Coagulation conditions in Tofu processing." **Proc. Biochem**. 17: 7-12.

Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Shears, P.R. & Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Sci**. 66: 21-32.

Zayas, J.F. 1997. **Functionality of Protein in Food**. New York: Spronger-Verlag Berlin.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การตรวจสอบทางคุณภาพ

1.ปริมาณของเหลวที่แยกได้ (Hayes และคณะ, 2005)

ชั่งแบตเตอร์ของแพตตี้ 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักอย่างละเอียด นำตัวอย่างในบีกเกอร์ไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นย้ายตัวอย่างจากบีกเกอร์ใส่ในหลอดเหวี่ยง แล้วนำไปเหวี่ยงที่ระดับความเร็ว 4000 rpm อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แยกส่วนของเหลวออกนำส่วนของแข็งกับหลอดเหวี่ยงไปชั่งน้ำหนัก

ปริมาณของเหลวที่แยกได้(M) = W1 – W2

เปอร์เซ็นต์ปริมาณของเหลวที่แยกได้ (%M) = (M/W1) x 100

โดยที่ W1 = น้ำหนักหลอดเหวี่ยงและตัวอย่างเริ่มต้น

W2 = น้ำหนักหลอดเหวี่ยงและตัวอย่างหลังจากแยกของเหลวออก

หมายเหตุ

ความสามารถในการอุ้มน้ำมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณของเหลวที่แยกได้

2. การวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Cheng และคณะ, 2007)

วัดความเป็นกรดด่าง (pH) โดยชั่งแบตเตอร์ของแพตตี้ 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นวัดด้วยเครื่อง pH meter ขั้วอิเลคโทรดแก้วที่อุณหภูมิห้อง

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. กด cal ที่เครื่องจนกระทั่งขึ้น Ct1
2. จุ่ม probe ลงใน pH 7 กด Enter รอจนกระทั่ง Ct2 ปรากฏ
3. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยกระดาษทิชชู
4. จุ่ม probe ลงใน pH4 กด Enter รอจนปรากฏค่า slope ในช่วง 56-62 (ค่าติดลบ)
5. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยกระดาษทิชชู
6. จุ่ม probe ลงในตัวอย่าง กด Enter 2 ครั้ง จะปรากฏค่า pH ของตัวอย่าง

หมายเหตุ

- pH buffer ต้องมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง
- ในขั้นตอนที่ 2 ใช้เวลาไม่เกิน 10-15 นาที ถ้าเกินให้ปิดเครื่องและทำการ Calibrate ใหม่
- ถ้าไม่ขึ้น Ct2 แต่ขึ้น Et3 ให้ปิดเครื่องและทำการ Calibrate ใหม่ ถ้ายังไม่ได้ให้เปลี่ยน pH buffer ที่ใช้

3. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักภายหลังการทำสุก (Esam และคณะ, 1999)

ชั่งน้ำหนักตัวยอย่างแพตตี้ก่อนนำไปปรุงสุกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนักภายหลังจากการปรุงสุก คำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักภายหลังการทำสุก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนทำสุก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังสุก} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนทำสุก}}$$

4. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Jeong และคณะ, 2007)

ตรวจวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของแพตตี้ด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยใช้หัววัด HDP/BSK blade set with knife เตรียมตัวอย่างให้ตัวอย่างแต่ละก้อนมีขนาด 30 กรัม ความหนาของตัวอย่างประมาณ 1 เซนติเมตร วัดโดยตัดตามขวางของแพตตี้ให้ตัวอย่างขาดออกจากกัน ตั้งค่าดังต่อไปนี้

เลือกรูปแบบหัววัดเป็น compression

กำหนดการเคลื่อนที่ของหัววัดเป็น Return to start

กำหนดค่า Pre-test speed (ความเร็วหัววัดก่อนทดสอบ)	2.0	mm/s
Test speed (ความเร็วหัววัดระหว่างทดสอบ)	2.0	mm/s
Post-test speed (ความเร็วหัววัดหลังการทดสอบ)	10	mm/s
กำหนดจุดเริ่มทดสอบ (Trigger) เป็น Type : Auto, Force : 100 g		
Distance	40	เปอร์เซ็นต์
Data Acquisition rate	200	pps

ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Texture Profile Analysis (TPA)

ภาคผนวก ข.

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบ 7-point Hedonic scales

ชื่อผู้ทดสอบ____________________________________วันที่____________

ชื่อผลิตภัณฑ์ แพตตี้เต้าหู้หมู

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาชิมตัวอย่างที่ให้จากซ้ายไปขวาและให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างตามระดับคะแนนที่ท่านคิดว่าเหมาะสมแล้วทำการบันทึกผลที่ได้ กรุณาบ้วนปากทุกครั้งก่อนที่จะทำการชิมตัวอย่างต่อไป

ระดับคะแนน

7 ชอบมากที่สุด (Like extremely)
6 ชอบมาก (Like very much)
5 ชอบ (Like)
4 เฉยๆ (Neither like nor dislike)
3 ไม่ชอบ (Dislike)
2 ไม่ชอบมาก (Dislike very much)
1 ไม่ชอบมากที่สุด (Dislike extremely)

	รหัสตัวอย่าง		
	______	______	______
กลิ่น (odour)	______	______	______
รสชาติ (flavor)	______	______	______
เนื้อสัมผัส (texture)	______	______	______
ความชอบโดยรวม (overall liking)	______	______	______

ข้อเสนอแนะ (suggestion)

____

____

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำ aluminium can อบที่ 105 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำเช่นนี้จนกว่าน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมมีค่าต่างกันไม่เกิน 0.01-0.05 กรัม

2. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว (ชั่งพร้อมฝา)

3. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ (ต่างกันไม่เกิน 0.005 กรัม) ในระหว่างการอบแห้งให้เปิดฝาวางไว้ด้านข้าง

4. นำจานโลหะออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น โดยปิดฝาจานโลหะ

5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด

วิธีการคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น.น. ตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น.น. ตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น.น. ตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

วิธีการวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด บันทึก

2. ชั่งตัวอย่างอาหารที่บดแล้ว 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

3. นำไปเผาบน hot plate จนหมดควัน

4. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว

5. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา

6. คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้า

วิธีการคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{\text{น.น. ตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น.น. ตัวอย่างก่อนเผา}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ล (AOAC, 2000)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 0.1-5 กรัม (ขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนของตัวอย่างถ้าปริมาณโปรีตนน้อยให้ใช้ตัวอย่างมาก) ใส่ลงใน kjeldahl flask เติมตัวเร่ง 7 กรัม เติมกรดซัลฟูริก 15 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก

2. นำหลอดย่อยโปรตีนประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารลายใสหรือสีฟ้าใส ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น

3. นำตัวอย่างที่ถูกย่อยจนใสแล้วมาทำให้เย็นและ dilute ด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อยประมาณ 10 ml.

4. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์ ใช้กรดบอริกเข้มข้น 2% เป็นตัวจับแอมโมเนียตวงกรดบอริก 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด mixed indicator 2-3 หยด จะได้สารสีส้มแดงใส รอจนกลั่นเสร็จ

5. นำสารละลายที่กลั่นได้ทั้งหมดไปไตเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N หรือ 0.01 N จนได้จุดยุติเป็นสีใสไม่มีสี บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่างและให้ทำ blank ควบคู่ไปด้วยตั้งแต่เริ่มย่อย

6. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

7. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีน

วิธีการคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times N.\ HCl \times 14}{Wt.sample \times 1000} \times 100$$

A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรท blank

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

วิธีการวิเคราะห์

1. อบบีเกอร์สำหรับหาไขมัน ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักประมาณ 5-10 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง (thimble)
3. ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 140-180 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ไขมัน
4. ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมัน
5. เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก
6. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

วิธีการคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น.น. ของน้ำมันที่สกัดได้}}{\text{น.น. ของตัวอย่าง}} \times 100$$

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

1. วิเคราะห์หากรดทั้งหมด (total acidity)

โดยดูดตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นจำนวน 20 มิลลิลิตร ลงในขวดฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดฟีนอฟทาลีน indicator ลงไป 2-3 หยด ไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH 0.1 N มาตรฐานจนถึงจุดยุติเกิดสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาณของด่างมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรท คำนวณปริมาตรกรดเป็นเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรด} = \frac{(N)(V)(MW)(100)}{(10)(1000)}$$

เมื่อ

	N	= นอร์มอลของด่างที่ใช้
	V	= ปริมาณด่างที่ใช้ในการไตเตรท(มล.)
	10	= ปริมาณตัวอย่างที่ใช้(มล.)
	100	= คิดเป็นร้อยละ
MW	90.08	= น้ำหนักโมเลกุลของกรดแลคติก

ภาคผนวก จ.

การวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid

1. ค่า Thiobarbituric acid

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างอาหารอย่างละเอียด 10 กรัม ปั่นให้ละเอียดกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที
2. นำตัวอย่างที่ปั่นถ่ายใส่ขวดกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร
3. เติม HCl 4 M 2.5 มิลลิลิตร (เพื่อปรับ pH ให้เป็น 1.5) เติม glass beads
4. ต่อเข้ากับชุดกลั่นและรองรับที่ปลายชุดกลั่นด้วย volumetric flask 50 มิลลิลิตร
5. ทำการให้ความร้อนกับตัวอย่างและกลั่นตัวอย่างจนกระทั่งได้สารละลายที่กลั่นได้ 50 มิลลิลิตร (ไม่ควรใช้เวลาเกิน 10 นาที)
6. เขย่าขวดสารละลายที่กลั่นได้ให้เข้ากันและปิเปตมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็ก
7. เติม TBA reagent 5 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer
8. นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 35 นาทีแล้วทำให้เย็นทันที
9. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer
10. คำนวณค่า TBA Number

วิธีการคำนวณ

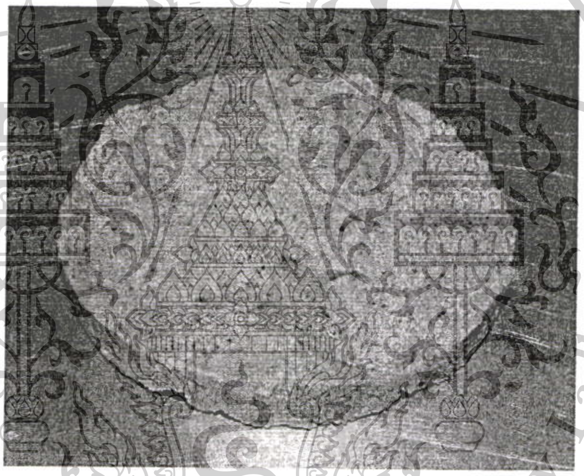
$$\text{TBA value (mg. Malonaldehyde / 100g)} = 7.8 \times A_{538}$$

เมื่อ A = ค่า Absorbance ของตัวอย่าง

ภาคผนวก ฉ.

ลักษณะของแพตตี้

รูปที่ ฉ.1 แพตตี้สูตรควบคุม



รูปที่ ฉ.2 แพตตี้เต้าหู้หมู

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชื่นจิต พงษ์พูล เกิดวันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดนครสวรรค์ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วทบ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร จากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เมื่อปี พ.ศ. 2549 และศึกษาต่อระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วทม.) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร