

ผลของปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนในผลิตภัณฑ์หมุยอ

Effect of Tofu Powder Substitution in Moo Yor Product

ปริญานูช บุระเนตร สุพัตรา เกวใจ และ สุพัตรา โภธิเศษ*

Pariyanus Buranet, Supattra Kewjai and Suphatta Phothiset*

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry,

Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

Received : 14 March 2016

Accepted : 15 June 2016

Published online : 30 June 2016

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนในผลิตภัณฑ์หมุยอในรูปแบบของ Pre-emulsion อัตราส่วนระหว่างผงเต้าหู้ : น้ำ : น้ำมัน เท่ากับ 1 : 1 : 0.75 โดยน้ำหนัก ซึ่งทดแทนเนื้อหมูสำหรับผลิตหมุยอที่ 0, 15, 20, 25, 30 และ 35% โดยน้ำหนักเนื้อหมู ผลการทดลองพบว่าการทดแทน Pre-emulsion 20 % โดยน้ำหนักเนื้อหมู ทำให้มีความแข็ง การยึดเกาะ และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวมีค่ามากที่สุด โดยเมื่อทดแทน Pre-emulsion เพิ่มขึ้น (25, 30 และ 35 % โดยน้ำหนักเนื้อหมู ตามลำดับ) ความยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลง ส่วนความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดเมื่อทดแทนด้วยเต้าหู้ Pre-emulsion 25% โดยน้ำหนักเนื้อหมู หมุยอที่ทดแทน Pre-emulsion 25% โดยน้ำหนักเนื้อหมู มีโปรตีน 28.65% ไขมัน 22.36% และความชื้น 52.07% โดยน้ำหนักเปียก

คำสำคัญ : ผงเต้าหู้ การทดแทน หมุยอ

Abstract

The objective of this research was to study the effect of the tofu powder content substitution in moo yor product in the form of pre-emulsion. The ratio of tofu powder: water: oil was 1:1:0.75 by weight. It was used to substitute the pork for moo yor production at 0, 15, 20, 25, 30 and 35% of pork weight. This result showed that substitution of 20% pre-emulsion tofu showed the highest hardness, adhesiveness and chewiness. With the increasing pre-emulsion substitution (25, 30 and 35% by weight, respectively), the springiness tended to decrease, while the brightness, redness and yellowness increased. The highest consumer acceptability was observed when the tofu pre-emulsion at 25% by weight was applied. The 25% pre-emulsion substituted-moo yor had 28.65% protein, 22.36% fat and 52.07% moisture by wet basis.

Keywords: tufo powder, substitution, moo Yor

บทนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของโปรตีนและพลังงาน โดยมีโปรตีนร้อยละ 35-50 โดยน้ำหนัก และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีที่สามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้ เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) ทั้งชนิดและปริมาณที่สมดุลมากกว่าถั่วชนิดอื่น นอกจากนี้ถั่วเหลืองได้รับการยอมรับว่ามีสารกลุ่มไอโซฟลาโวน (Isoflavone) ทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนผู้หญิง จึงมีประโยชน์มากสำหรับผู้หญิง โดยเฉพาะผู้หญิงที่มีภาวะหมดประจำเดือน เพื่อช่วยควบคุมการเสริมสร้างกระดูกของร่างกายและช่วยรักษาความชุ่มชื้น ความยืดหยุ่นของผิวหนัง ดังนั้นการรับประทานถั่วเหลือง ไม่ว่าจะในรูปแบบถั่วเหลือง หรือเต้าหู้ ถือเป็นอีกหนทางที่จะช่วยผู้หญิงลดหรือบรรเทาอาการข้างเคียงจากภาวะหมดประจำเดือน และลดปัจจัยเสี่ยงที่จะเกิดเมตาบอลิกซินโดรม (เกิดภาวะโรคอ้วนลงพุง)(Rattanapanone, 2010)

เต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความขึ้นสูงไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน จึงได้มีการพัฒนาให้อยู่ในรูปของผงเต้าหู้ โดยนำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทำให้สามารถเก็บไว้ได้นาน (6-12 เดือน) และสะดวกในการนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทน (Panyathitipong, 2002)

Panyathitipong (2002) ศึกษากระบวนการผลิตและการใช้ประโยชน์ของผงเต้าหู้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมู ในการทดลองใช้ผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูในการผลิตลูกชิ้นหมู โดยเตรียมผงเต้าหู้ให้อยู่ในรูปของ Pre-emulsion ซึ่งเป็นส่วนผสมของผงเต้าหู้ น้ำมัน และน้ำ ซึ่งเตรียมให้อยู่ในรูปของอิมัลชันก่อนที่ผสมรวมกับส่วนผสมอื่นในการทำหมยอ การนำผงเต้าหู้ผสมในรูป Pre-emulsion จะมีข้อได้เปรียบคือช่วยกระจายผงเต้าหู้ในเฟสของน้ำกับน้ำมัน ทำให้หมยอที่ผลิตได้มีการกระจายตัวของผงเต้าหู้อย่างสม่ำเสมอ หมยอที่ได้มีลักษณะปรากฏดีกว่าผสมผงเต้าหู้โดยตรง ซึ่งเมื่อศึกษาอัตราส่วนของผงเต้าหู้:น้ำ:น้ำมัน การเตรียม Pre-emulsion พบว่าอัตราส่วนของผงเต้าหู้: น้ำ: น้ำมัน เท่ากับ 1: 1: 0.75 จะให้อิมัลชันที่คงตัวดีที่สุด และสามารถเติมลงในลูกชิ้นหมูได้ถึง 30% ของน้ำหนักเนื้อหมู โดยคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติกับลูกชิ้นหมูสูตรควบคุม ($p > 0.05$) Yang *et al.* (2006) ศึกษาสมบัติทางด้านกายภาพของเนื้อสัมผัส และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูไขมันต่ำโดยการเติมข้าวโอ๊ตและผงเต้าหู้ดัดแปลงเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ได้แก่ การเติมข้าวโอ๊ต และการเติมผงเต้าหู้ 10, 15 และ 25% พบว่าเนื้อสัมผัสมีค่า Hardness ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมและทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับไส้กรอกสูตรควบคุม ($p < 0.05$) ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดในการเติมข้าวโอ๊ตและผงเต้าหู้ คือ 15% ซึ่งให้รสชาติ ความชุ่มน้ำ และเนื้อสัมผัสดีกว่า จากประโยชน์ของถั่วเหลืองต่อสุขภาพและจากงานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำผงเต้าหู้ที่อยู่ในรูป Pre-emulsion ทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์หมยอ ทั้งนี้เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคที่มีความห่วงใยต่อสุขภาพ โดยเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อรองรับสังคมผู้สูงอายุที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของไทย อีกทั้งเลือกหมยอเพราะเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้รับการยอมรับบริโภคกันอย่างแพร่หลายในทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ หนองคาย สกลนคร นครพนม และมุกดาหาร เป็นต้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนในผลิตภัณฑ์หมยอในรูปของ Pre-emulsion

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหมุยอ ได้แก่ เนื้อหมูส่วนสะโพก Pre-emulsion มันหมูแข็ง น้ำแข็ง พริกไทย เกลือ ผงปรุงรส (รสหมู ตราคนอร์) น้ำตาลทราย โซเดียมไตรฟอสเฟต (หจก.ไอเคนไซเอนทิฟิค) น้ำปลา กระเทียม และหอมแดง สำหรับการเตรียมผงเต้าหู้และการเตรียม Pre-emulsion ดัดแปลงจาก Panyathitipong (2002) นำถั่วเหลืองมาไม่ผ่าซีก แยกเปลือก ล้างทำความสะอาด นำถั่วเหลือง 500 กรัม แช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ล้างทำความสะอาดทำให้สะอาดน้ำ ถั่วเหลืองมีน้ำหนัก เป็น 750 กรัม เติมแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1 % ของน้ำหนักถั่วเหลือง เพื่อกำจัดสีของถั่วเหลือง ตีปั่นผสมกับน้ำร้อนด้วย อัตราส่วนน้ำต่อถั่วเหลืองเปียก 2:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ด้วยเครื่องปั่นผสมอาหารความเร็วระดับ 2 กรองผ่านผ้าขาวบาง นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที เติมแมกนีเซียมซัลเฟต 2.2% ของน้ำหนัก น้ำถั่วเหลือง เพื่อช่วยในการตกตะกอน ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นาน 15 นาที เทส่วนใส่ออก นำส่วนตะกอนที่เหลือไปเหวี่ยงแยกน้ำ นำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง (ความชื้นประมาณ 12%) นำไปบดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช นำผงเต้าหู้ที่ได้มาทำให้อยู่ในรูป Pre-emulsion โดยนำผงเต้าหู้ น้ำ และน้ำมันถั่วเหลือง ในอัตราส่วน 1:1:0.75 นำผงเต้าหู้และน้ำผสมให้เข้ากัน จากนั้นผสมกับน้ำมัน ถั่วเหลือง (เติมน้ำมันทีละน้อย) จนหมดด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เวลาที่ใช้ในการผสม 20 นาที

การผลิตหมุยอทำได้โดยนำเนื้อหมูส่วนสะโพกบดสับผสมกับ Pre-emulsion จากการทดลองเบื้องต้นโดยการทดแทน เต้าหู้ผงที่ระดับต่าง ๆ พบว่าสามารถทดแทนผงเต้าหู้ในรูป Pre-emulsion ได้สูงสุด 35% จึงศึกษาการแปรปริมาณ Pre-emulsion เท่ากับ 15, 20, 25, 30 และ 35% โดยน้ำหนักเนื้อหมู (ตารางที่ 1) เติมเกลือและโซเดียมไตรฟอสเฟต เติมมันหมูแข็ง เติมเครื่องปรุง และส่วนผสมอื่นผสมจนมีลักษณะเป็นอิมัลชัน ซึ่งอิมัลชันที่ได้ตัวอย่างละ 250 กรัม นำมาห่อใบตอง ให้ได้ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 5 นิ้ว และนึ่งให้สุก เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ดัดแปลงจาก Department of Livestock Development (2007)

การวิเคราะห์คุณภาพทำได้โดยนำตัวอย่างหมุยอที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่าง สูตรที่ 1 (หมุยอสูตรควบคุม) มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2000) การวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ซึ่งเตรียมตัวอย่างโดยตัดตัวอย่างหมุยอให้มีความสูง 1 นิ้ว วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter (mini scan XE plus, Hunter Associates Laboratory, Inc., U.S.A.) โดยระบบ Hunter (L^* , a^* , b^*) และวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งเตรียมตัวอย่างโดยตัดตัวอย่างหมุยอให้มีความสูง 1 นิ้ว วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, LTD., UK) ดัดแปลงวิธีของ Yang *et al.* (2006) ใช้ Load cell 25 kg หัววัดชนิด Cylinder plate ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร กดตัวอย่าง 70% ด้วยความเร็ว 2 mm/s รายงานเป็นความแข็ง (Hardness), ความยืดหยุ่น (Springiness) การยึดเกาะ (Cohesiveness) และการคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (Chewiness) การประเมินทางประสาทสัมผัสใช้วิธีให้ระดับคะแนนการยอมรับแบบ 9 point hedonic scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (1 = ไม่ยอมรับ และ 9 = ยอมรับมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

การประเมินผลทางสถิติ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) การทดสอบการยอมรับวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD)

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยได้จากกรทดลอง 3 ซ้ำ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Version 12)

ตารางที่ 1 สูตรส่วนผสมและปริมาณของ Pre-emulsion ที่ใช้ทดแทนเนื้อหมูในการผลิตหมูยอ

ส่วนผสม	อัตราส่วน (กรัม)					
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
เนื้อหมู	1000	850	800	750	700	650
Pre-emulsion	-	150	200	250	300	350
มันหมูแข็ง	312.5	312.5	312.5	312.5	312.5	312.5
น้ำแข็ง	10	10	10	10	10	10
พริกไทย	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75
เกลือ	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
ผงปรุงรส	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
น้ำตาล	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25
โซเดียม ไตร	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
ฟอสเฟต						
น้ำปลา	3.25	3.25	3.25	31.25	3.25	3.25
กระเทียม	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
หอมแดง	10	10	10	10	10	10

หมายเหตุ : สูตรที่ 1: 0% Pre-emulsion, สูตรที่ 2: 15% Pre-emulsion, สูตรที่ 3: 20% Pre-emulsion, สูตรที่ 4: 25% Pre-emulsion, สูตรที่ 5: 30% Pre-emulsion, สูตรที่ 6: 35% Pre-emulsion

ที่มา : ดัดแปลงจาก Department of Livestock Development (2007)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลของปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์หมูยอต่อเนื้อสัมผัส

ปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูที่แตกต่างกันมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูยอ การทดแทนผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion 20% โดยน้ำหนักเนื้อหมู จะมีความแข็ง การยึดเกาะ และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวสูงที่สุด ($p < 0.05$) ส่วนความยืดหยุ่นไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion จะช่วยการยึดจับระหว่างโปรตีนเส้นใย (Myofibrillar protein) ของเนื้อหมู (Youssef & Barbut, 2009) และระหว่างโปรตีนของผงเต้าหู้เกิดอิมัลชันที่มีความคงตัว นอกจากนี้ถั่วเหลืองมีสารเลซิทีน (Lecithin) ซึ่งมีสมบัติเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) จะช่วยทำให้โปรตีนเกิดเป็นฟิล์มบาง (Interfacial protein film; IPF) รอบเม็ดไขมัน (Evans, 1935; Feigenbaum, 1946; Judde *et al.*, 2003) ส่งผลช่วยให้อิมัลชันของผลิตภัณฑ์หมูยอมีความเสถียร เมื่อทำให้อิมัลชันได้รับความร้อนและสุก จึงให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดังที่กล่าว เมื่อทดแทนผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion มากกว่า 20% โดยน้ำหนัก

เนื้อหมู พบว่าความแข็ง ความยืดหยุ่น การยึดเกาะ และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวจะมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณโปรตีนเส้นใยจากเนื้อหมูมีสัดส่วนลดลง โปรตีนจากถั่วเหลืองมีปริมาณเพิ่มขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มส่วนของกึ่งแข็ง (Semi-solid) คือ Pre-emulsion ส่งผลทำให้โปรตีนเกิดเป็นฟิล์มบางล้อมรอบเม็ดไขมันได้ดี โดยโปรตีนจะหุ้มเม็ดไขมันได้เพียงบางส่วน นอกจากนี้การเพิ่ม Pre-emulsion เป็นการเพิ่มสัดส่วนของเหลวในรูปของน้ำและน้ำมันพืช การเพิ่มสัดส่วนของเหลวที่ไม่สัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนที่ช่วยเกิดฟิล์มบาง เป็นผลให้เกิดฟิล์มโปรตีนบางที่ไม่เพียงพอต่อการหุ้มเม็ดไขมัน ส่งผลทำให้เกิดอิมัลชันที่ไม่เสถียร เมื่อให้ความร้อนขณะทำให้สุกจะทำให้ฟิล์มบางรอบเม็ดไขมันแตก จึงส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้ (Gordon & Barbut, 1991) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Panyathitipong, 2002) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูในการผลิตลูกชิ้น พบว่าสามารถเติมลงสูตรลูกชิ้นหมูได้ 30% ของน้ำหนักเนื้อหมู และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang *et al.* (2006) ศึกษาการเติมผงเต้าหู้เพื่อใช้ในการทำไส้กรอกหมูไขมันต่ำที่ระดับ 10, 15 และ 20% พบว่าการเติมผงเต้าหู้ช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำที่ได้ โดยทำให้ความแข็ง ความยืดหยุ่น การยึดเกาะ และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผงเต้าหู้ที่เติมลงไปจะช่วยให้จับและเก็บรักษาความชื้นไว้ให้ส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสด้านต่างๆ มีแนวโน้มที่ลดลง

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูต่อเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์หมูยอ

% Pre-emulsion	ความแข็ง (N)	ความยืดหยุ่น	การยึดเกาะ	ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว
0	3.70 ^d ± 1.60	0.70 ^a ± 0.06	0.63 ^c ± 0.21	2.26 ^d ± 0.51
15	4.82 ^{bc} ± 0.66	0.71 ^a ± 0.10	0.73 ^c ± 0.14	3.15 ^c ± 1.46
20	6.72 ^a ± 0.76	0.80 ^a ± 0.12	0.80 ^a ± 0.12	5.42 ^a ± 1.95
25	5.20 ^b ± 1.08	0.73 ^a ± 0.06	0.70 ^c ± 0.04	3.74 ^b ± 1.96
30	4.63 ^c ± 0.78	0.66 ^b ± 0.08	0.65 ^{bc} ± 0.08	3.05 ^b ± 2.93
35	3.58 ^d ± 0.76	0.62 ^c ± 0.10	0.61 ^c ± 0.14	2.97 ^d ± 0.95

หมายเหตุ : ^{a,b,c...}ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลของปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูต่อความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองผลิตภัณฑ์หมูยอ

ปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูที่แตกต่างกันมีผลต่อความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์หมูยอ การทดแทนผงเต้าหู้ในรูป Pre-emulsion เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น การเพิ่มผงเต้าหู้ในรูป Pre-emulsion เป็นการเพิ่มสัดส่วนของของเหลว (น้ำและน้ำมัน) ซึ่งเป็นการเพิ่มการกระจายตัวของของเหลว (Liquid phase distribution) (Marquez *et al.*, 1989) ในผลิตภัณฑ์หมูยอทำให้ความสว่างเพิ่มขึ้น การเพิ่มสัดส่วนของผงเต้าหู้โดยการลดสัดส่วนของเนื้อหมู เป็นการลดตรงควัตถุสีแดง (Myoglobin) ในเนื้อหมูลง แต่พบว่าความเป็นสีแดงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีปริมาณสัดส่วนของผงเต้าหู้เพิ่มตาม ซึ่งผงเต้าหู้ที่ผลิตได้จะมีสีเหลืองค่อนข้างไปทางสีแดงน้ำตาล จึงส่งผลทำให้ความเป็นสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การทดแทนผงเต้าหู้ในรูป Pre-emulsion เนื่องจากผงเต้าหู้ที่เติมมีลักษณะสีเหลือง และในการทำให้อยู่ในรูป Pre-emulsion มีการเติมน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งมีสีเหลือง ดังนั้นเมื่อเพิ่ม % Pre-emulsion เพื่อทดแทนเนื้อหมู จึงทำให้มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Youssef & Barbut (2009) ที่พบว่าการเติมน้ำมันคาโนลาในรูปอิมัลชันในเบตเตอร์เนื้อหมูจะมีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันคาโนลาที่มีสีเหลือง

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูต่อความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองผลิตภัณฑ์หมุยอ

% Pre-emulsion	ความสว่าง	ความเป็นสีแดง	ความเป็นสีเหลือง
0	62.67 ^{cd} ± 1.52	2.79 ^c ± 0.34	14.71 ^d ± 0.70
15	62.59 ^{cd} ± 1.42	3.75 ^b ± 0.41	17.31 ^c ± 1.68
20	63.33 ^c ± 2.16	3.62 ^b ± 0.44	19.96 ^b ± 1.13
25	62.15 ^d ± 1.84	4.11 ^a ± 0.41	19.83 ^b ± 1.59
30	66.63 ^a ± 2.70	3.46 ^b ± 0.45	19.46 ^b ± 1.17
35	65.66 ^b ± 0.96	3.72 ^b ± 0.27	20.86 ^a ± 0.57

หมายเหตุ : ^{a,b,c...}ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลของปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์หมุยอ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน พบว่าผลิตภัณฑ์หมุยอที่ใช้ Pre-emulsion 20% และ 25% โดยน้ำหนักเนื้อหมู ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับด้านลักษณะสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันกับผลิตภัณฑ์หมุยอควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และที่ระดับ Pre-emulsion 25% โดยน้ำหนักเนื้อหมู ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าสูตรควบคุม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับการวัดเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 2) จะเห็นว่าที่ระดับการแทนที่ Pre-emulsion 25% โดยน้ำหนักเนื้อหมู มีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่น และการยึดเกาะไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$) โดยมีความแข็งและความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ($p < 0.05$) งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายที่จะใช้ผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมู ซึ่งเป็นการเพิ่มโปรตีนถั่วเหลืองในรูป Pre-emulsion เพื่อเพิ่มสัดส่วนของโปรตีนถั่วเหลืองที่มีผลด้านสุขภาพ และผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับ ดังนั้นจึงเลือกที่ระดับการทดแทนเนื้อหมูด้วยผงเต้าหู้ในรูป Pre-emulsion ที่ 25% โดยน้ำหนักเนื้อหมู เป็นระดับที่เหมาะสมในการทดแทนเนื้อหมู และนำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์หมุยอควบคุม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ผลของปริมาณผงเต้าหู้ทดแทนเนื้อหมูต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมุยอ

% Pre-emulsion	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0	6.62 ^{ab} ± 0.09	6.32 ± 0.30	6.60 ^{ab} ± 0.34	6.17 ^b ± 0.11	6.88 ^a ± 0.15
15	6.20 ^{bc} ± 0.23	6.17 ± 0.45	5.60 ^c ± 0.47	4.78 ^d ± 0.72	5.72 ^b ± 0.28
20	6.68 ^{ab} ± 0.44	6.43 ± 0.28	6.70 ^{ab} ± 0.29	6.35 ^{ab} ± 0.21	6.70 ^a ± 0.33
25	6.80 ^a ± 0.16	6.50 ± 0.17	7.00 ^a ± 0.08	6.87 ^a ± 0.35	7.02 ^a ± 0.18
30	5.90 ^c ± 0.10	5.68 ± 0.86	5.68 ^c ± 0.52	5.70 ^c ± 0.19	5.98 ^b ± 0.42
35	5.98 ^c ± 0.04	6.28 ± 0.39	6.40 ^b ± 0.19	6.10 ^{bc} ± 0.20	6.55 ^a ± 0.37

หมายเหตุ : ^{a,b,c...}ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์หมุยทอดแทนด้วยผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion 25% โดยน้ำหนักเนื้อหมู มีปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันสูงกว่าสูตรควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากการทำ Pre-emulsion จะมีน้ำ และไขมันที่มีการเพิ่มขึ้นไปจากสูตรควบคุม โดยในการทดลองไม่ได้ลดสัดส่วนของน้ำและไขมันแห้งที่ใส่ไปในแต่ละสูตรที่มีการแปรปริมาณของ Pre-emulsion ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณความชื้นและไขมันเพิ่มเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ส่วนปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม อาจเนื่องจากการลดสัดส่วนของเนื้อหมูแทนที่ด้วยผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion ซึ่งในตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (Department of Health, 2001) รายงานว่าเนื้อหมูมีปริมาณโปรตีน 19.6 กรัมต่อ 100 กรัมเนื้อหมู และถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน 34.0 กรัมต่อ 100 กรัมถั่วเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโปรตีนในตัวอย่างหมุยทอดที่ถูกแทนที่ด้วยผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion

ตารางที่ 5 ร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันไขมันของผลิตภัณฑ์หมุยและผลิตภัณฑ์หมุยทอดแทนผงเต้าหู้

ปริมาณ % pre-emulsion ทดแทนเนื้อหมู	องค์ประกอบทางเคมี		
	% ความชื้น	% ไขมัน	% โปรตีน
0	43.68 ^b ± 1.67	15.71 ^b ± 1.09	19.68 ^b ± 0.78
25	52.07 ^a ± 1.03	22.36 ^a ± 0.09	28.65 ^a ± 0.72

หมายเหตุ : ^{a,b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

สรุปผลการวิจัย

การทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์ด้วยผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion การทดแทนผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion 20% โดยน้ำหนักเนื้อหมู จะมีความแข็ง การยืดเกาะ และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวสูงที่สุด ส่วนความยืดหยุ่นไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เมื่อทดแทนผงเต้าหู้เพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสจะมีแนวโน้มลดลง การทดแทนผงเต้าหู้จะส่งผลทำให้ความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น และพบว่าการทดแทนผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion 25% โดยน้ำหนักหมู เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด โดยหมุยทอดที่ทดแทนผงเต้าหู้ในรูปแบบ Pre-emulsion 25% จะมีปริมาณความชื้น ไขมัน และโปรตีน เท่ากับ 52.07, 22.36 และ 28.65% ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. (18th ed).

Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.

Department of Health (2001). Nutritive values of Thai foods. Ministry of Public Health, Nonthaburi. (In Thai).

- Department of Livestock Development (2007). Training documentation: Meat Processing Plant, Chiang Mai. (In Thai).
- Evans, E.L. (1935). Antioxidant Properties of Vegetable Lecithin. *Journal of Industrial & Engineering Chemistry*, 27, 329-331.
- Feignbaum, J. (1946). Antioxidant Effect of Commercial Lecithin in Fortified Margarine. *Nature*, 157, 770-771.
- Gordon, A. & Barbut, A. (1991). Raw Meat Batter Stabilization: Morphological Study of the Role of Interfacial Protein Film. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 24, 136-142.
- Judde, A., Villeneuve, P., Rossignol-Castera, A., & Le Guillou, A. (2003). Antioxidant Effect of Soy Lecithins on Vegetable Oil Stability and Their Synergism with Tocopherols. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80, 1209-1215.
- Marquez, E.J., Ahmed, E.M., West, R.L., & Johnson, D.D. (1989). Emulsion Stability and Sensory Quality of Beef Frankfurters Produced at Different Fat or Peanut Oil Levels. *Journal of Food Science*, 54, 867-870, 873.
- Panyathitipong, W. (2002). Studies of The Tofu Powder Processing and Utilization of Tofu Powder in Meatball. Master Thesis, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. (In Thai).
- Rattanapanone, N. (2010). Food Chemistry. Odeon Store, Bangkok. (In Thai).
- Yang, H.-S., Choi, S.-G., Jeon, J.-T., Park, G.-B., & Joo, S.-T. (2006). Textural and Sensory Properties of Low Fat Pork Sausage with Added Hydrated Oatmeal and Tofu as Texture-modifying Agent. *Meat Science*, 75, 283-289.
- Youssef, M.K., & Barbut, S. (2009). Effects of Protein Level and Fat/oil on Emulsion Stability, Texture, Microstructure and Color of Meat Batters. *Meat Science*, 82, 228-233.