

การผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองด้วยผงเชื้อ **RHIZOPUS OLIGOSPORUS**
TISTR 3089 ในระดับครัวเรือนและการนำไปใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ในผงปรุงรส
PRODUCTION OF SOYBEAN TEMPEH WITH RHIZOPUS
OLIGOSPORUS TISTR 3089 STARTER POWDER IN HOUSEHOLD
LEVEL AND USE TO SUBSTITUTE MEAT IN SEASONING POWDER

พรดรัล จุลกัลป์^{1*} และปิยาภรณ์ เชื้อมชัยตระกูล²
Phondaran Chunlakan^{1*}, and Piyaporn Chueamchaitrakun²

¹Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

²School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University

*corresponding author e-mail: pomdarun1975@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อขยายการผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองจากระดับห้องปฏิบัติการสู่การผลิตในระดับครัวเรือนและนำเทมเป้ถั่วเหลืองไปใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรส ผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองในระดับครัวเรือน คือ นำถั่วเหลือง 2.00 กิโลกรัม มาแช่น้ำ 16 ชั่วโมง นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 40 นาที สะเด็ดน้ำให้แห้ง เติมผงกล้าเชื้อ ร้อยละ 5.00 โดยน้ำหนัก คลุกให้เข้ากัน ตักใส่ถาด อัดให้แน่น ปิดด้วยถุงพลาสติกเจาะรู นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 3 องศาเซลเซียส) 18 ชั่วโมง นำไปนึ่ง 100 องศาเซลเซียส 10 นาที อบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง จะได้เทมเป้ถั่วเหลืองที่มีลักษณะปรากฏและค่าคุณภาพทุกด้านไม่แตกต่างกับการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบและความเข้มโดยใช้สเกลความพอดี กับผู้บริโภคนับที่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อผงปรุงรส (น้ำซุปล) ที่ใช้เทมเป้ถั่วเหลือง ร้อยละ 8.00 และ 10.00 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการวัดความเข้มโดยใช้สเกลความพอดี พบว่า ผงปรุงรสที่ใช้เทมเป้ถั่วเหลือง ร้อยละ 10.00 วัดความเข้มในทุกคุณลักษณะได้มากกว่าร้อยละ 70 ดังนั้นสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสจากเทมเป้ถั่วเหลืองจึงประกอบด้วย เทมเป้ถั่วเหลือง ร้อยละ 10.00 เกลือ ร้อยละ 40.00 น้ำตาล ร้อยละ 16.00 ผงชูรส ร้อยละ 30.00 และกระเทียมผง ร้อยละ 4.00 ตามลำดับ โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 7.63 นั่นคือ ชอบปานกลางถึงชอบมาก

คำสำคัญ: เทมเป้ ถั่วเหลือง ผงปรุงรส เชื้อ *Rhizopus oligosporus*

Abstract

This study aims to expand the production of soybean tempeh from laboratory scale to the household level and, to use soybean tempeh substitutes in seasoning powder. The results showed that the optimum process of soybean tempeh in the household level involved, soybean 2.00 kg, soaking for 16 hr, peeling membrane,

cooking in water (100°C) for 40 min, draining water, adding 5.00% (w/w) starter powder of *R. oligosporus* TISTR 3089, mixing, putting mixed soybean on aluminum tray, pelletizing, covering with perforated plastic bag and incubating at room temperature (28±3°C) for 18 hr, steaming at 100°C for 10 min, drying fermented soybean at 60°C for 10 hr. Soybean tempeh had a good appearance and had the qualities not significant compared laboratory soybean tempeh production. Sensory evaluation using consumer preference test and just about right (JAR) by untrained panels (N=30) showed that consumer liking scores of all attributes of seasoning powder used soybean tempeh 8.00 and 10.00% were not significantly different ($p>0.05$). The seasoning powder used soybean tempeh (soup) 10% gave all attributes perceived by over 70% of consumers as JAR intensities. The optimum formula of seasoning powder from soybean tempeh consisted of 10.00% soybean tempeh powder, 40.00% salt, 16.00% sugar, 30.00% monosodium glutamate and 4.00% garlic powder respectively. Regard to consumer testing (N=30), consumers liked seasoning powder from soybean tempeh in the level of moderate to high with the overall liking score of 7.63.

Keywords: tempeh, soybean, seasoning powder, *Rhizopus oligosporus*

บทนำ

เทมเป้ (tempeh) เป็นอาหารหมักพื้นเมืองที่นิยมกันมากในประเทศอินโดนีเซีย ได้จากการหมักถั่วเหลืองด้วยรา *Rhizopus oligosporus* ซึ่งเป็นราชนิดที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการหมักและเป็นสายพันธุ์ที่ไม่ก่อให้เกิดโทษต่อร่างกายของมนุษย์ เทมเป้ถูกจัดเป็นอาหารหมักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและอุดมด้วยโปรตีน ไขมัน โยอาหาร วิตามิน เกลือแร่ และยังประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง (Seng, 1998; Chen et al., 2012) ผลการศึกษาพบว่าระหว่างกระบวนการหมักนั้นเราจะสร้างเอนไซม์โปรตีเอส (protease) มาทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีความละเอียดลง ทำให้ร่างกายสามารถย่อยและดูดซึมได้ง่าย ร่างกายจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าการบริโภคถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก นอกจากนั้นยังทำให้ถั่วเหลืองหมักที่ได้มีกลิ่นและรสชาติดีขึ้นด้วย เทมเป้มีลักษณะเป็นแผ่นหรือเป็นก้อนและคงปรากฏลักษณะของเมล็ดถั่วเหลืองอยู่ โดยมีเส้นใยสีขาวของราเป็นตัวประสานให้เมล็ดถั่วเหลืองเกาะติดกันแน่น มีรสชาติและกลิ่นคล้ายเห็ด และมีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์อย่างมาก (Ogawa et al., 2004) ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากระบวนการหมักถั่วเหลืองด้วยรา *Rhizopus oligosporus* จะมีผลให้ถั่วเหลืองหมักมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะโปรตีน ไขมัน (ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย) และเส้นใยอาหารหากเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมักอย่างชัดเจน (Suwannakij, 1991; Ruangchai, 1996; Srapinkornburee et al., 2009) และแตกต่างกับถั่วเหลืองหมักประเภทอื่น ๆ (Handoyo & Morita, 2006) นอกจากนั้น Nout & Kiers (2005) ยังพบว่า เทมเป้ถั่วเหลืองจัดเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดีและควรมีการส่งเสริมให้คนรุ่นใหม่หันมาบริโภคเพิ่มมากขึ้น Chunlakan & Kitpot (2013) พบว่า สามารถผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองได้ด้วยผงกล้าเชื้อ *Rhizopus oligosporus* สายพันธุ์บริสุทธิ์ในระดับห้องปฏิบัติการได้โดยใช้ถั่วเหลืองเริ่มต้น 500 กรัม แชน้ำ 16 ชั่วโมง นำมาต้มในน้ำเดือดนาน 40 นาที แล้วนำมาเติมผงกล้าเชื้อร้อยละ

5.00 บ่มถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จะได้เทมเป้ถั่วเหลืองที่มีคุณลักษณะปรากฏที่ดี และไม่พบสปอร์สีดํา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อขยายการผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองจากระดับห้องปฏิบัติการสู่การผลิตในระดับครัวเรือนและนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดีในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์และเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองในระดับครัวเรือนและการวิเคราะห์คุณภาพ

การเตรียมผงถั่วเหลืองทำได้โดยผสมรำข้าวกับน้ำในอัตราส่วน 10 กรัม: 5 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลทราย 1 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน นำเชื้อที่ได้ไปบดแห้ง แล้วบดเป็นผง แล้วนำไปผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่ฆ่าเชื้อแล้วในอัตราส่วน 1: 99 (Chunlakan & Kitpot, 2013) การผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองในระดับครัวเรือนจะดัดแปลงจากกรรมวิธีของ Chunlakan & Kitpot (2013) โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ศึกษาผลของอุณหภูมิในการบ่ม (25 อุณหภูมิห้อง (28±3) และ 30 องศาเซลเซียส) และเวลาในการบ่ม (18, 24 และ 30 ชั่วโมง) โดยนำถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 น้ำหนัก 2.00 กิโลกรัม มาแช่น้ำ 16 ชั่วโมง ลอกเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วออก ต้มในน้ำเดือดนาน 40 นาที สะเด็ดน้ำ เติมน้ำเกลือ ร้อยละ 5.00 โดยน้ำหนัก คลุกให้เข้ากัน ตักใส่ถาดพลาสติก (12 x 18 นิ้ว) หนา 500 กรัม อัดให้เมล็ดถั่วเหลืองเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ปิดปากถาด นำไปบ่มตามแผนการทดลอง นำเทมเป้ที่ได้ไปนึ่งนาน 10 นาที แล้วอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง แล้วนำไปบด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ลักษณะปรากฏของเทมเป้และการสร้างเส้นใย (Suwannakij, 1991)
- ค่า water activity (a_w) AQUALAB Model series 3TE, USA

คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) Consort C830, Belgium

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD แล้วนำเทมเป้ถั่วเหลืองที่คัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต) (AOAC, 2005) เปรียบเทียบกับเทมเป้ถั่วเหลืองที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการ (Chunlakan & Kitpot, 2013)

2. การนำเทมเป้ถั่วเหลืองมาทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสอาหาร

นำเทมเป้ถั่วเหลืองมาทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสอาหาร โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD 3 ระดับ (ร้อยละ 6.00, 8.00 และ 10.00) และเติมส่วนผสมอื่น ๆ ในอัตราส่วนเท่ากับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ คือ เกลือ ร้อยละ 40.00 น้ำตาล ร้อยละ 16.00 ผงชูรส ร้อยละ 32.00 และกระเทียมผง ร้อยละ 4.00 ตามลำดับ นำผงปรุงรสที่ได้มาวัดค่าคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี (Color L^* a^* b^*) การวัดค่าสีในระบบ CIELAB (Chantrapornchai, 2006)
- ค่า Water activity (a_w)

ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบความชอบของผู้บริโภคกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panels) จำนวน 30 คน ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 1-9 คะแนน (9-point hedonic scale) โดย 1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด และวัดความเข้มโดยใช้สเกลความพอดี just about right (JAR)

ผลการวิจัย

1. การเตรียมเทมเป้ถั่วเหลืองด้วยผงกล้าเชื้อ *R. oligosporus* TISTR 3089 ในระดับครัวเรือน อุณหภูมิและเวลาในการบ่มมีผลต่อการเจริญและการสร้างเส้นใยของราซึ่งมีผลต่อลักษณะปรากฏและค่าคุณภาพของเทมเป้ถั่วเหลืองและไม่พบปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการบ่ม การเจริญและการสร้างเส้นใยของราที่ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (28 ± 3 องศาเซลเซียส) ที่เวลาการบ่มนาน 18 และ 24 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการบ่มเป็น 30 ชั่วโมง จะทำให้เส้นใยของราเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเทาและเกิดสปอร์สีดำ เช่นเดียวกับการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (แสดงดัง Table 1) เมื่อนำเทมเป้ถั่วเหลืองมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าเทมเป้ถั่วเหลืองที่เตรียมในระดับครัวเรือนมีค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเทมเป้ถั่วเหลืองที่ผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ (Chunlakan & Kitpot, 2013) (แสดงดัง Table 2)

Table 1 The result of growth and properties of soybean tempeh from household level production

Temp. (°C)	Time (hr)	Growth	a_w^{ns}	pH ^{ns}
25	18	+	0.72±0.01	6.52±0.00
25	24	++	0.72±0.02	6.52±0.00
25	30	+++	0.74±0.00	6.54±0.02
28±3	18	+	0.72±0.00	6.54±0.00
28±3	24	+++	0.72±0.00	6.54±0.00
28±3	30	+++	0.74±0.02	6.54±0.00
30	18	+	0.74±0.00	6.54±0.02
30	24	+++	0.74±0.02	6.56±0.00
30	30	+++	0.76±0.02	6.56±0.00

Remark + = white mycelium

++ = white and gray mycelium

+++ = white, gray mycelium and black spore

^{ns} = Mean ± standard deviation not significant difference ($p>0.05$)

Table 2 Proximate composition of soybean tempeh in household level and lab scale

Proximate (%)	Household level	Lab scale*
moisture	4.23	4.11
fat	18.06	17.88
protein	43.03	43.17
crude fiber	5.60	5.57
ash	3.68	3.79
carbohydrate (add crude fiber)	31.00	31.05

Remark * Data from Chunlakan & Kitpot (2013)

ดังนั้นผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เราสามารถขยายการผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองด้วยผงกล้าเชื้อ *R. oligosporus* TISTR 3089 จากระดับห้องปฏิบัติการสู่การผลิตในระดับครัวเรือนได้ โดยการใช้ถั่วเหลืองเริ่มต้น 2.00 กิโลกรัม เติมผงกล้าเชื้อ *R. oligosporus* TISTR 3089 ร้อยละ 5.00 นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 5 องศาเซลเซียส) นาน 18 ชั่วโมง จะได้ถั่วเหลืองหมักที่มีลักษณะปรากฏที่ดี เส้นใยไม่เปลี่ยนเป็นสีเทา ไม่พบสปอร์สีดำ และสามารถนำเทมเป้ถั่วเหลืองไปใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

2. การนำเทมเป้ถั่วเหลืองมาทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรส

ปริมาณเทมเป้ถั่วเหลืองมีผลต่อค่าสีและค่า a_w และค่าสีของผลิตภัณฑ์ โดยปริมาณเทมเป้ถั่วเหลืองมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และทุกสูตรจะมีค่าความสว่าง (Lightness; L^*) สูงกว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และผงปรุงรสที่ใช้เทมเป้ถั่วเหลืองร้อยละ 6.00 และ 8.00 มีค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness; b^*) และค่าความเป็นสีแดง (Redness; a^*) ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า a_w จะลดลงเมื่อปริมาณเทมเป้ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น โดยผงปรุงรสที่ทดแทนด้วยเทมเป้ถั่วเหลืองร้อยละ 10.00 จะมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (แสดงดัง Table 3)

Table 3 Physical properties of seasoning powder from soybean tempeh

Soy bean tempeh (%)	Color			a_w
	L^*	a^*	b^*	
6.00	76.4±0.02 ^a	3.2±0.06 ^c	21.6±0.00 ^c	0.374±0.00 ^a
8.00	75.6±0.04 ^b	3.5±0.06 ^b	23.3±0.06 ^b	0.351±0.02 ^b
10.00	75.3±0.02 ^b	3.9±0.04 ^a	24.2±0.02 ^a	0.332±0.08 ^c
prototype	66.0±0.02 ^c	3.9±0.02 ^a	23.1±0.04 ^b	0.325±0.04 ^c

Remark ^{a-c} = Mean ± standard deviation from 3 replications. Means values in column followed by the different alphabets show significantly different ($p < 0.05$)

ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panels) จำนวน 30 คน โดยจัดเตรียมเป็นน้ำซุ๊ป แล้วนำไปทดสอบในคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความใส สี กลิ่น รสชาติ ความรู้สึกหลังชิม และความชอบโดยรวม พบว่า ปริมาณผงถั่วเหลืองหมักไม่มีผลต่อคะแนนความชอบเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในคุณลักษณะด้านความใสและสี แต่มีผลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ ความรู้สึกหลังชิมและความชอบโดยรวม โดยพบว่า ผงปรุงรสที่ใช้เทมเป้

ถั่วเหลือง ร้อยละ 6.00 และ 8.00 มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันและน้อยกว่า ผงปรุงรสที่ใช้แทนแป้งถั่วเหลือง ร้อยละ 10.00 ในขณะที่ผงปรุงรสที่ใช้แทนแป้งถั่วเหลือง ร้อยละ 6.00 มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติน้อยกว่าผงปรุงรสที่ใช้แทนแป้งถั่วเหลือง ร้อยละ 8.00 และ 10.00 นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมต่อผงปรุงรสที่ใช้แทนแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 8.00 และ 10.00 ไม่แตกต่างกันและมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าผงปรุงรสที่ใช้แทนแป้งถั่วเหลือง ร้อยละ 6.00 (แสดงดัง Table 4)

Table 4 Linking scores of seasoning powder from soybean tempeh

soybean tempeh	Linking scores					
	%	clear ^{ns}	color ^{ns}	flavor	taste	aftertaste
6.00	5.41±0.61	6.00±1.12	5.88±1.05 ^b	6.65±0.86 ^b	6.59±0.87 ^b	6.47±0.80 ^b
8.00	5.65±1.32	6.18±1.51	6.18±0.88 ^b	7.29±0.85 ^a	7.29±0.85 ^a	7.29±1.10 ^a
10.00	5.41±0.51	6.12±0.99	6.59±0.87 ^a	7.47±1.12 ^a	7.53±0.94 ^a	7.63±0.80 ^a

Remark ^{a-b} = Mean ± standard deviation from 3 replications. Means values in column followed by the different alphabets show significantly different (p<0.05)

^{ns} = Mean ± standard deviation not significant difference (p>0.05)

ดังนั้นจึงทดสอบความชอบควบคู่กับการทดสอบความเข้มโดยใช้สเกลความพอดี (JAR) ผลการทดสอบพบว่า ปริมาณถั่วเหลืองหมักมีผลต่อความชอบผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของผงปรุงรสที่ใช้ถั่วเหลืองหมักร้อยละ 10.00 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.63 หมายถึง ชอบปานกลางถึงชอบมาก และค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติของผงปรุงรสที่ใช้ถั่วเหลืองหมักร้อยละ 10.00 มีค่าสูงกว่าผงปรุงรสที่ใช้ถั่วเหลืองหมักร้อยละ 8.00 (7.49, 7.28, 7.47 และ 7.19 ตามลำดับ) ในขณะที่ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความรู้สึกหลังชิมไม่แตกต่างกัน ผลการวัดความเข้มด้วยสเกลความพอดี (JAR) พบว่า สูตรที่ใช้แทนแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 10.00 ให้ค่าความเข้มในทุกคุณลักษณะมากกว่าร้อยละ 70 ดังนั้นสูตรที่เหมาะสมของผงปรุงรสจากแทนแป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อสัตว์จึงประกอบด้วย แทนแป้งถั่วเหลือง ร้อยละ 10.00 เกลือ ร้อยละ 40.00 น้ำตาล ร้อยละ 16.00 ผงชูรส ร้อยละ 30.00 และกระเทียมผง ร้อยละ 4.00 ตามลำดับ

อภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่า สามารถขยายการผลิตแทนแป้งถั่วเหลืองจากระดับห้องปฏิบัติการสู่การผลิตในระดับครัวเรือนได้ โดยสามารถเพิ่มปริมาณถั่วเหลืองเริ่มต้นได้มากกว่าเดิม 4 เท่า โดยสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแทนแป้งถั่วเหลืองคือ ใช้ผงกล้าเชื้อบริสุทธิ์ ร้อยละ 5.00 และบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (28±3 องศาเซลเซียส) นาน 18 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Chunlakan & Kitpot (2013) ที่ใช้สภาวะการบ่มที่ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง โดยแทนแป้งถั่วเหลืองที่ได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลการศึกษาสามารถถ่ายทอดสู่ผู้สนใจได้ง่ายเนื่องจากสภาวะการบ่มไม่ยุ่งยาก ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าแทนแป้งถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเส้นใยอาหารสูงเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก (โปรตีน ไขมัน และเส้นใย ร้อยละ 12.99, 37.79 และ 4.32

ตามลำดับ) ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีน (เนื้อสัตว์) ในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรส ซึ่งผลการทดสอบกับผู้บริโภค พบว่าการใช้แทนเป็ดั่วเหลือง ร้อยละ 10.00 มีผลให้ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และวัดความเข้มข้นด้วยสเกลความพอดีได้มากกว่าร้อยละ 70 ดังนั้นการขยายการผลิตแทนเป็ดั่วเหลืองจากระดับห้องปฏิบัติการสู่การผลิตในระดับครัวเรือนจะเป็นผลให้สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดีในผลิตภัณฑ์อาหารได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้จะเป็นการเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์และเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการผลิตแทนเป็ดั่วเหลืองในระดับครัวเรือนสามารถทำได้โดยนำถั่วเหลือง 2.00 กิโลกรัม มาแช่น้ำ 16 ชั่วโมง นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 40 นาที สะเด็ดน้ำให้แห้ง เติมผงกล้าเชื้อ *R. oligosporus* TISTR 3089 ร้อยละ 5.00 โดยน้ำหนัก คลุกให้เข้ากัน ตักใส่ถาด อัดให้แน่น ปิดด้วยถุงพลาสติกเจาะรู นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 3 องศาเซลเซียส) นาน 18 ชั่วโมง สูตรที่เหมาะสมของผงปรุงรสจากแทนเป็ดั่วเหลืองประกอบด้วย แทนเป็ดั่วเหลือง ร้อยละ 10.00 เกลือ ร้อยละ 40.00 น้ำตาล ร้อยละ 16.00 ผงชูรส ร้อยละ 30.00 และกระเทียมผง ร้อยละ 4.00 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำหรับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยและคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่อำนวยความสะดวกและสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์การวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (2005). **Official Method of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.; Gaithersburg, MD, USA.
- Chantrapornchai, W. (2006). **The Evaluation of Physical Quality: Color**. In Product Development in Agro-Industry. Bangkok: Kasetsart University. [In Thai].
- Chen, K.I., Erh, M.H., Su, N.W. & Cheng, K.C. (2012). Soy foods and soybean products: from traditional use to modern applications. **Appl Microbiol Biotechnol**, 96, 9-22.
- Chunlakan, P. & Kitpot, T. (2013). Production of soybean tempeh with *Rhizopus oligosporus* TISTR 3098 starter powder in laboratory scale. **Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social Sciences**, 14(1), 32-41. [In Thai].
- Handoyo, T. & Morita, N. (2006). Structural and functional properties of fermented soybean (tempeh) by using *Rhizopus oligosporus*. **International Journal of Food**, 9, 347-355.
- Nout, M.J.R. & Kiers, J.L. (2005). A Review: Tempe fermentation and functionality update into the third millennium. **Journal of Applied Microbiology**, 98, 789-805.
- Ogawa, Y., Tokumasu, S. & Tubaki, K. (2004). An original habitat of tempeh molds. **Mycoscience**, 45, 271-276.
- Ruangchai, S. (1996). **Production of Tempeh Starter in a Cottage Industrial Scale and Its Application**. Master of Agro-Industrial Product development. Faculty of Agro-Industry. Kasetsart University. [In Thai].

- Seng, K. (1998). **Development of Tempeh Based Snack Food**. http://www.nre.vic.gov.au/TRADE/ASIAVEG/nlaf_02. February 2, 2015.
- Srapinkornburee, W., Tassanaudom, U. & Nipornram, S. (2009). Commercial development of red kidney bean tempeh. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**, 2(3), 362-372.
- Suwannakij, S. (1991). **A Cottage-Industrial Process for the Production of Peanut Tempeh**. Master of Agro-Industrial Product development. Faculty of Agro-Industry. Kasetsart University. [In Thai].