

การทดแทนเนื้อหมูในกุนเชียงด้วยกากถั่วเหลือง ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อโมแนสคัส (*M. purpureus*) Substitution of *M. purpureus* Fermented Soybean Residues for Chinese-style Sausage

สุนีย์ เอียดมุสิก^{1*} มีชัย ลัดดี¹ และ นงเยาว์ ชูสุข²
Sunee Eadmusik^{1*} Meechai Luddee¹ and Nongyao Choosuk²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักกากถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *M. purpureus* และปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองหมักทดแทนเนื้อหมูในการผลิตกุนเชียงจากการใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารของเชื้อ *M. purpureus* ในการหมักโดยใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน และสังเกตการเจริญของเชื้อโดยวัดค่าสีในระบบ $CIE L^* a^* b^*$ พบว่า การใช้กากถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการเจริญของเชื้อ *M. purpureus* ในสภาวะดังกล่าว จึงจำเป็นต้องเติมน้ำตาลซูโครส โดยศึกษา 2 ปัจจัยคือ ความชื้นเริ่มต้น (ที่ระดับร้อยละ 31-39) และปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เติมลงในกากถั่วเหลือง (ที่ระดับร้อยละ 4-10 ของน้ำหนักกากถั่วเหลืองแห้ง) ผลการทดลองพบว่า ความชื้นไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *M. purpureus* แต่ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีผลต่อการเจริญของเชื้อ และสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อคือที่ระดับความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 33 และระดับการเติมน้ำตาลร้อยละ 8 เมื่อนำกากถั่วเหลืองที่ได้จากการ

หมักไปทดแทนเนื้อหมูและเกลือไนไตรท์ในการผลิตกุนเชียง พบว่าผู้บริโภคยอมรับกุนเชียงที่ผลิตจากกากถั่วเหลืองหมักทดแทนเนื้อหมูร้อยละ 18 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้าย (ทดแทนเนื้อหมูร้อยละ 18) และกุนเชียงสูตรพื้นฐาน (ใช้เนื้อหมูล้วน) พบว่ากุนเชียงที่ใช้กากถั่วเหลืองหมักทดแทนเนื้อหมูมีค่าสีแดง (a^*) อ่อนกว่า (13.44 เปรียบเทียบกับ 14.85) และมีความแข็งมากกว่า (155.14 เปรียบเทียบกับ 106.42 นิวตัน) โดยที่ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองหมักสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงได้

คำสำคัญ: กากถั่วเหลือง *M. purpureus* กุนเชียง

Abstract

The aim of this research was to study the feasibility of substitution of *M. purpureus* fermented soybean residues (SBR) for pork in Chinese-style

¹ อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* Corresponding Author, Tel. 0-2555-2000 Ext.7919, E-mail: sunee@kmutnb.ac.th

sausage. The solid-state fermenting conditions of SBR were as follows: spore concentration 1×10^6 spore/mL, incubation at 30 °C for 12 days. The growth of *M. purpureus* was evaluated by measuring obtained color in CIE $L^* a^* b^*$ system. The results showed that merely SBR was not sufficient for *Monascus* fermentation in such conditions. Therefore, sucrose was added into SBR. Initial moisture contents (31-39%) and amounts of added sucrose (4-10% by dry weight SBR) were also investigated. The results revealed that the growth of *M. purpureus* was not affected by initial moisture content but it was affected by amount of added sucrose. The optimal fermenting condition was 33% initial moisture content and 8% added sucrose respectively. On the whole, 18 percent of pork in Chinese-style sausage could be substituted by fermented SBR. The finished sausage product had a lower a^* value but a higher hardness compared to a traditional sausage using 100% pork (13.44 compared to 14.85 and 155.14 compared to 106.42 newtons, respectively). No significant difference were found in overall acceptability. In addition, *Monascus* fermented SBR could not only increase the protein content but also decrease the fat content in Chinese-style sausage.

Keywords: Soybean Residues, *Monascus purpureus*, Chinese Style Sausage

1. บทนำ

อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต อีกทั้งความต้องการของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ผู้ประกอบการจึงพยายามผลิตอาหารที่มีคุณภาพและหลากหลายให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เช่น การใช้สารเคมีสังเคราะห์ชนิดต่างๆ เพื่อรักษาคุณภาพอาหารหรือสารอาหาร เพื่อพัฒนาคุณลักษณะและยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร รวมถึงเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค

การใช้สีผสมอาหารซึ่งมีผลต่อลักษณะปรากฏของอาหาร สามารถเพิ่มความต้องการของผู้บริโภคได้ สีผสมอาหารเหล่านี้อาจได้จากธรรมชาติ (Natural Substances) หรือจากการสังเคราะห์ (Synthetic Compounds) อย่างไรก็ตามการได้รับสีสังเคราะห์เป็นปริมาณมากหรือเป็นเวลานาน ร่างกายจะเกิดการสะสม ซึ่งอาจเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งได้ [1]

เชื้อ *Monascus* spp. เป็นเชื้อราที่สามารถสร้างสารสีขึ้นได้ [2] ผลิตภัณฑ์จากการหมักสารสีธรรมชาติจากเชื้อ *Monascus* spp. ถูกนำมาใช้เป็นสีผสมอาหารแทนสีสังเคราะห์ที่ผลิตโดยวิธีทางเคมี ซึ่งสารสีจากเชื้อ *Monascus* spp. มีราคาถูก มีความปลอดภัยสูง และไม่พบว่าเป็นสารก่อมะเร็งเหมือนสีผสมอาหารประเภทสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบพวก Coal Tar Dyes [3] อีกทั้งมีรายงานว่า สารสีจาก *Monascus* spp. มีคุณสมบัติป้องกันการอักเสบ ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด [4]-[7] ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารสีจาก *Monascus* spp. ได้แก่ ไข่กรอก แฮม ซูริมิ และซอสมะเขือเทศ เป็นต้น [8]

ในประเทศไทยแถบเอเชียได้มีการใช้ *Monascus* spp. สำหรับผลิตอาหารพื้นบ้านมาเป็นระยะเวลานานกว่า 1,000 ปี [8] โดยทั่วไปนิยมใช้ข้าวสารเป็นแหล่งอาหารของ *Monascus* spp. แหล่งอาหารธรรมชาติอื่นๆ ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยหลายชิ้นเริ่มใช้แหล่งอาหารอื่นสำหรับการผลิตสารสีจาก *Monascus* spp. เช่น ของเหลือจากการผลิตไวน์ [8] เปลือกกุ้งและปู [6] เมล็ดขนุน [1] แป้งมันสำปะหลังและถั่วเหลือง [9] เป็นต้น

กากถั่วเหลืองเป็นของเหลือที่หาง่าย ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์มากนัก โดยทั่วไปการใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม คือนำไปขายราคาถูกเพื่อผลิตเป็นอาหารสัตว์ ในขณะที่กากถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตระดับครัวเรือน ถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้น้อย เนื่องจากมีปริมาณไม่มาก นำเสียน่าย ไม่คุ้มค่าที่จะเก็บรวบรวมหรือเก็บรักษาเพื่อนำไปขายเป็นอาหาร

สัตว์ กากถั่วเหลืองเหล่านี้จะถูกทิ้งให้เป็นปุ๋ยในดิน ซึ่งอาจส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ [10]

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดนำกากถั่วเหลืองที่เป็นของเหลือจากอุตสาหกรรมระดับครัวเรือน มาเป็นแหล่งอาหารของ เชื้อ *M. purpureus* เพื่อสร้างสารสีธรรมชาติ และทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง ซึ่งนอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคและผู้ผลิตแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่กากถั่วเหลืองอีกด้วย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ 1) เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักกากถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *M. purpureus* และ 2) เพื่อศึกษาปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* ทดแทนการใช้เนื้อหมูและเกลือไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง รวมถึง 3) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ใช้กากถั่วเหลืองหมักจากเชื้อ *M. purpureus*

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมกากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นของเหลือที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำเต้าหู้ โดยการสกัดถั่วเหลืองแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองก่อนการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า [11] ปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้จากวิธีคำนวณ

2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักกากถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *M. purpureus*

2.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารของเชื้อ *M. purpureus* (TISTR 3615, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย)

1) ชั่งกากถั่วเหลือง 50 กรัม บรรจุลงในพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับความชื้นให้ได้ร้อยละ 50 (ข้อมูลเบื้องต้นจากการใช้ข้าวเป็นแหล่งอาหาร) และปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 6 ปิดจุกสำลีแล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น

2) เติมน้ำเกลือสารแขวนลอยสปอร์ ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน บันทึกค่าสีของกากถั่วเหลืองที่ได้หลังจากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* ในระบบ $CIE L^* a^* b^*$ (Hunter Lab รุ่น Colorflex)

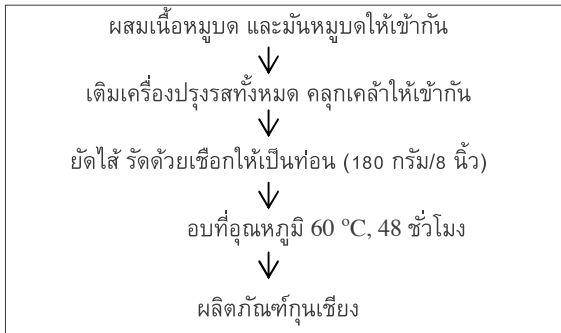
2.2.2 ศึกษาผลของความชื้นและปริมาณน้ำตาลซูโครสในการหมักกากถั่วเหลือง

ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ความชื้น (ร้อยละ 31-39) และปริมาณน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ 4-10 ของน้ำหนักกากถั่วเหลืองแห้ง) ที่เหมาะสมในการหมักกากถั่วเหลือง โดยวางแผนการทดลองแบบ CCD (Central Composite Design) ทำการทดลองตามที่ระบุในข้อ 2.2.1 แล้วจึงคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการหมักจากค่า a^* และค่าดัชนีความเข้มของสี (Chroma, C^*) ซึ่งคำนวณได้จาก $C^* = \sqrt{a^* + b^*}$

2.3 การศึกษาปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* ทดแทนเนื้อหมูและเกลือไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

2.3.1 การผลิตกุนเชียงจากกากถั่วเหลืองหมักหมักกากถั่วเหลืองในสภาวะที่ได้จากการทดลองในข้อ 2.2.2 เมื่อครบระยะเวลาหมักนำกากถั่วเหลืองที่ได้ไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นให้นำกากถั่วเหลืองที่หมักได้ไปทดแทนเนื้อหมูที่ปริมาณร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักเนื้อหมู สูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตกุนเชียงแสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 1 ตามลำดับ

2.3.2 การคัดเลือกอัตราส่วนการทดแทนที่เหมาะสมเมื่อได้ผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ทดแทนการใช้เนื้อหมูและเกลือไนไตรท์ด้วยกากถั่วเหลืองหมักที่ระดับการทดแทนร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักเนื้อหมูแล้วจึงคัดเลือกอัตราส่วนการทดแทนที่เหมาะสมจากคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความชอบโดยวิธี 9-point Hedonic Scale (คะแนน 1 คือไม่ชอบมากที่สุด



รูปที่ 1 กรรมวิธีการผลิตกุนเชียง

9 คือชอบมากที่สุด) และจากการทดสอบความพอดีโดยวิธี Just About Right ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panel) จำนวน 30 คน ทดสอบคุณลักษณะสี กลิ่น กุนเชียง รสหวาน รสเค็ม ความแข็ง และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ทำการคัดเลือกอัตราส่วนการทดแทนที่เหมาะสมจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามผลการทดสอบจากผู้บริโภค

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานในการผลิตกุนเชียง

ส่วนผสม	ร้อยละ
เนื้อหมู	62.69
มันหมู	15.67
น้ำตาลทราย	15.67
เกลือป่น	1.57
ผงพะโล้	0.31
แป้งข้าวโพด	4.07
เกลือไนไตรท์	0.006

ที่มา: [12]

2.4 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้าย

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้ายที่ใช้กากถั่วเหลืองหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* ทดแทนเนื้อหมูและเกลือไนไตรท์แล้วนั้น จึงทดสอบคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเปรียบเทียบกับกุนเชียงสูตรพื้นฐาน (สูตรที่ใช้เนื้อหมูล้วน) ดังต่อไปนี้

2.4.1 คุณภาพทางกายภาพ

ทดสอบค่าสีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ และทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวัดค่าความแข็ง (Hardness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA.XT. plus)

2.4.2 คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีของ AOAC [11] วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยใช้วิธีคำนวณ

2.4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) และปริมาณยีสต์และรา โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA)

2.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้าย ผลิตภัณฑ์กุนเชียงสูตรพื้นฐาน และผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่จำหน่ายตามท้องตลาด โดยทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panel) จำนวน 30 คน ทดสอบคุณลักษณะด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สำหรับข้อมูลทางกายภาพและเคมีใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนข้อมูลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Scale ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกอย่างสมบูรณ์ (RCBD) ให้ผู้ทดสอบเป็นบล็อก เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และรายงานผลเป็นคะแนนเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การประเมินทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีวัดความพอดี (Just About Right; JAR) [13] เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ในแต่ละคุณลักษณะ ใช้สเกล 5 สเกล (1 หมายถึง เพิ่มขึ้นมาก 2 หมายถึง เพิ่มขึ้นเล็กน้อย 3 หมายถึง พอดีหรือไม่ต้องปรับปรุง 4 หมายถึง ลดลงเล็กน้อย และ 5 หมายถึง ลดลงมาก) วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาความถี่สูงสุด

3. ผลและอภิปรายผล

3.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองก่อนหมัก

จากผลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองก่อนหมัก พบว่ามีปริมาณความชื้น ร้อยละ 23.95 โดยน้ำหนักเปียก และมีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเถ้าเป็นร้อยละ 15.97, 52.57, 3.15 และ 4.33 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองที่วิเคราะห์ได้ สอดคล้องกับ [14] ที่พบปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเถ้าร้อยละ 16.11, 52.58, 2.20 และ 5.32 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ) โดย	
	น้ำหนักเปียก	น้ำหนักแห้ง
ความชื้น	23.95 ± 0.19	-
โปรตีน	12.14 ± 0.52	15.97 ± 0.69
ไขมัน	2.54 ± 0.32	3.15 ± 0.39
เถ้า	3.29 ± 0.11	4.33 ± 0.15
คาร์โบไฮเดรต ¹	58.07 ± 0.39	52.57 ± 0.51

¹ = ใช้วิธีคำนวณ

อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำเต้าหู้อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สายพันธุ์ ชนิดของถั่วเหลืองที่ใช้ (ถั่วเต็มเมล็ด/ถั่วซีก) อัตราส่วนถั่วต่อน้ำที่ใช้ในการสกัด อุณหภูมิของน้ำกรรมวิธีการผลิต เป็นต้น [15]

ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองจากงานวิจัยต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละโดย น้ำหนักแห้ง)					
	[16]	[17]	[18]	[14]	[19]	การทดลอง
โปรตีน	18.2-32.2	28.00	39.34	16.10	30.20	15.97
ไขมัน	6.9-22.2	9.30	23.31	2.20	8.50	3.15
เถ้า	-	-	2.59	5.32	3.00	4.33
เส้นใย	9.1-18.6	-	43.10	55.40	-	-
คาร์โบไฮเดรต	-	5.00	-	52.58	3.80	52.57
ที่มา:	[16]	[17]	[18]	[14]	[19]	การทดลอง

3.2 สภาวะที่เหมาะสมในการหมักกากถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *M. purpureus*

3.2.1 ความเป็นไปได้ในการใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารของเชื้อ *M. purpureus*

จากการหมักกากถั่วเหลืองที่ความชื้นเริ่มต้น ร้อยละ 50 และค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 โดยใช้สารแขวนลอยสปอร์ที่มีความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 4 มิลลิลิตร หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่าเมื่อใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารเพียงอย่างเดียว เชื้อ *M. purpureus* ไม่สามารถเจริญได้ดี (สังเกตจากการสร้างสารสีของเชื้อ) จำเป็นต้องเสริมแหล่งอาหารอื่นๆ ผสมเข้ากับกากถั่วเหลือง เพื่อให้มีคุณค่าอาหารเพียงพอต่อการเจริญของเชื้อรา ผู้วิจัยจึงเสริมน้ำตาลซูโครส เพื่อเพิ่มสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสารอาหารที่เชื้อสามารถนำไปใช้ได้ดี [20]

3.2.2 ผลของความชื้นและปริมาณน้ำตาลซูโครสในการหมักกากถั่วเหลือง

เมื่อศึกษาผลของความชื้นเริ่มต้น (ร้อยละ 31-39) และผลของปริมาณการเติมน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ 4-10 ของน้ำหนักกากถั่วเหลืองแห้ง) ลงในกากถั่วเหลืองต่อการผลิตสีของเชื้อโดยวางแผนการทดลองแบบ CCD (Central Composite Design) จากผลการทดลองพบว่าการวางแผนแบบ CCD ไม่สามารถหาสมการที่เหมาะสมได้ (ตารางที่ 4)

ดังนั้นจำเป็นต้องเปลี่ยนรูปแบบการวิเคราะห์เป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของดัชนีค่าสีแดง (a^*) และดัชนีความเข้ม (Chroma, C^*) ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และร้อยละของน้ำตาลซูโครสต่อการหมักกากถั่วเหลือง ผลการทดลองตามแผนการทดลองแบบ CRD แสดงดังตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 พบว่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่ใช้ในการหมักกากถั่วเหลืองไม่มีผลต่อค่า a^* และค่า C^* อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลมีผลต่อค่าสีของกากถั่วเหลืองที่ได้หลังจากการหมัก เมื่อเติมน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 7, 8 และ 10 ค่า a^* ของกากถั่วเหลืองที่ได้หลังจาก

การหมักมีค่าสูงสุด (12.09, 12.82 และ 12.27 ตามลำดับ) และ ระดับน้ำตาลซูโครสที่ให้ค่า a^* รองลงมาคือที่ระดับร้อยละ 2.75 และ 4.00 (10.95 และ 10.45 ตามลำดับ) การเติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับร้อยละ 11.24 ให้ค่า a^* ต่ำที่สุด (9.16) สำหรับค่าดัชนีความเข้ม (C^*) พบว่ามีค่าสูงสุดเมื่อเติมน้ำตาลร้อยละ 2.75 (29.60) และต่ำสุดเมื่อเติมน้ำตาลร้อยละ 11.24 (16.36) การเติมน้ำตาลที่ระดับร้อยละ 4-10 ให้ค่า C^* ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ปริมาณความชื้นและน้ำตาลซูโครสต่อการผลิตสารสีของเชื้อ *M. purpureus* จากการวางแผนการทดลองแบบ CCD

ความชื้น (ร้อยละ)	ซูโครส (ร้อยละ)	a^*	Chroma, C^*
31	4	10.13 ± 0.60 ^a	26.44 ± 0.06 ^{cd}
31	10	12.06 ± 0.10 ^a	20.13 ± 0.27 ^h
39	4	10.78 ± 0.37 ^b	25.50 ± 0.05 ^f
39	10	12.48 ± 0.38 ^a	26.23 ± 0.16 ^{de}
29.344	7	11.19 ± 0.31 ^b	26.15 ± 0.06 ^e
40.656	7	12.50 ± 0.04 ^a	26.57 ± 0.25 ^c
35	2.758	10.95 ± 0.64 ^b	29.60 ± 0.07 ^a
35	11.242	9.16 ± 0.15 ^d	16.36 ± 0.23 ⁱ
35	7	12.50 ± 0.45 ^a	28.08 ± 0.08 ^b
35	7	12.19 ± 0.25 ^a	22.72 ± 0.16 ^g

^{a, b, ..., i} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อนำข้อมูลเฉพาะการเติมน้ำตาลที่ระดับร้อยละ 7, 8 และ 10 (ซึ่งเป็นระดับที่ให้ค่า a^* สูง) มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าการเติมน้ำตาลที่ร้อยละ 8 ให้ค่า a^* สูงกว่าร้อยละ 7 แต่ไม่แตกต่างกับที่ระดับร้อยละ 10 (12.82, 12.09 และ 12.27 ตามลำดับ ; ตารางที่ 6) ดังนั้นเมื่อพิจารณาระหว่างระดับน้ำตาลซูโครสร้อยละ 8 กับร้อยละ 10 จึงเลือกใช้ที่ระดับร้อยละ 8 เนื่องจากเป็นการเติมน้ำตาลซูโครสในปริมาณที่น้อยกว่าซึ่งส่งผลดีต่อต้นทุนการผลิต และต่อสุขภาพของผู้บริโภค จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการหมักกากถั่วเหลืองโดยเชื้อ *M. purpureus* คือ

ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 33 (เนื่องจากให้ค่า a^* สูง) (ตารางที่ 5) และเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 8 โดยน้ำหนักกากถั่วเหลืองแห้ง (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้นและน้ำตาลซูโครสต่อการผลิตสารสีของ เชื้อ *M. purpureus* ตามแผนการทดลองแบบ CRD

ความชื้น (ร้อยละ)	a^* (ns)	Chroma (ns)
29.34	11.19 ± 0.31	26.15 ± 0.06
31.00	11.09 ± 1.12	23.28 ± 3.46
33.00	12.82 ± 0.30	25.42 ± 0.15
35.00	11.20 ± 1.41	24.18 ± 5.43
39.00	11.63 ± 0.99	25.86 ± 0.41
40.65	12.50 ± 0.42	26.57 ± 0.25
น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	a^*	Chroma
2.75	10.95 ± 0.64 ^b	29.60 ± 0.07 ^a
4.00	10.45 ± 0.57 ^b	25.97 ± 0.52 ^b
7.00	12.09 ± 0.62 ^a	25.88 ± 2.05 ^b
8.00	12.82 ± 0.30 ^a	25.42 ± 0.15 ^b
10.00	12.27 ± 0.34 ^a	23.18 ± 3.35 ^b
11.24	9.16 ± 0.15 ^c	16.36 ± 0.23 ^c

^{a, b} และ ^c ตัวอักษร ที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลของร้อยละน้ำตาลซูโครสต่อค่าสีของกากถั่วเหลืองที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus*

น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	a^*
7	12.09 ± 0.62 ^b
8	12.82 ± 0.30 ^a
10	12.27 ± 0.34 ^{ab}

^a และ ^b ตัวอักษร ที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.3 ปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองที่ได้จากการหมักทดแทนเนื้อหมูและเกลือไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์กุนเชียง
เมื่อนำกากถั่วเหลืองที่ได้จากการหมักในสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสีจากเชื้อ *M. purpureus* (ความชื้น

เริ่มต้นร้อยละ 33 และเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 8 ของน้ำหนักกากถั่วเหลืองแห้ง) มาทดแทนการใช้เนื้อหมูและเกลือไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ระดับร้อยละ 20, 30 และ 40 ของเนื้อหมู ผลการทดสอบดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คะแนนความชอบและค่าความพอดี¹ ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยกากถั่วเหลืองหมักในอัตราส่วนต่างๆ

ความชอบ (ความพอดี)	กากถั่วเหลืองหมักต่อเนื้อหมู		
	20 : 80	30 : 70	40 : 60
สี	5.97 ± 1.63 ^a (พอดี)	5.13 ± 1.22 ^b (พอดี)	4.77 ± 1.71 ^b (มากเกินไป)
กลิ่นกุนเชียง ^{ns}	5.40 ± 1.52 (พอดี)	5.33 ± 1.42 (น้อยเกินไป)	5.33 ± 2.42 (พอดี)
รสหวาน ^{ns}	5.67 ± 1.81 (พอดี)	5.33 ± 1.56 (พอดี)	4.87 ± 1.54 (พอดี)
รสเค็ม ^{ns}	5.27 ± 1.74 (พอดี)	5.17 ± 1.42 (พอดี)	5.07 ± 1.17 (พอดี)
ความแข็ง ^{ns}	4.10 ± 2.12 (มากเกินไป)	4.10 ± 1.84 (มากเกินไปมาก)	3.90 ± 1.73 (มากเกินไปมาก)
ความชอบโดยรวม ^{ns}	5.43 ± 1.57	5.03 ± 1.42	5.07 ± 1.39

¹ = คะแนนความชอบ (Hedonic Scale; 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) และค่าความพอดี (Just About Right) จากผู้ทดสอบ 30 คน

^a และ ^b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยกากถั่วเหลืองหมักที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นกุนเชียง รสหวาน รสเค็ม ความแข็ง และความชอบโดยรวม แต่อัตราส่วนการทดแทนมีผลต่อคะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ เมื่อทดแทนกากถั่วเหลืองหมักที่ระดับร้อยละ 20 ค่าคะแนนความชอบด้านสีของกุนเชียงที่ผลิตได้มีค่ามากที่สุด (5.97=ชอบเล็กน้อย) และที่ระดับการทดแทนกากถั่วเหลืองหมัก ร้อยละ 30 และ 40 มีคะแนนด้านสีไม่แตกต่างกัน (5.13 และ 4.77 ตามลำดับ) และเมื่อพิจารณาความพอดี พบว่ากุนเชียงที่ผลิตโดย

ใช้อัตราส่วนการทดแทนเนื้อหมูด้วยกากถั่วเหลืองหมัก ร้อยละ 20 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด คือ มีความพอดีในด้านสีแดง กลิ่นกุนเชียง รสหวาน และรสเค็ม แต่มีความแข็งมากเกินไป (ตารางที่ 7)

ดังนั้นจากคะแนนความชอบและค่าความพอดี จึงเลือกอัตราส่วนกากถั่วเหลืองหมักต่อเนื้อหมู 20 : 80 มาเป็นสูตรคัดเลือกเพื่อนำมาปรับปรุงด้านความแข็ง โดยการลดระดับการทดแทนเนื้อหมูด้วยกากถั่วเหลืองหมัก (ร้อยละ 18, 16 และ 14)

ผลการทดลองพบว่า ค่าคะแนนความชอบด้านความแข็ง และด้านความชอบโดยรวมของกุนเชียงที่ใช้ระดับการทดแทนร้อยละ 18, 16 และ 14 มีค่าคะแนนสูงกว่าสูตรคัดเลือก (ทดแทนร้อยละ 20) (ตารางที่ 8) สำหรับคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นกุนเชียง รสหวาน และรสเค็มไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนอัตราส่วนการทดแทนกากถั่วเหลืองหมักต่อเนื้อหมูจึงไม่แสดงผลการทดลอง

ตารางที่ 8 คะแนนความชอบของกุนเชียงที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยกากถั่วเหลืองหมักที่ทำการปรับปรุง

กากถั่วเหลืองหมักต่อเนื้อหมู	คะแนนความชอบ	
	ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
20: 80	4.77 ± 1.50 ^b	4.40 ± 1.30 ^b
18 : 82	6.07 ± 1.72 ^a	6.20 ± 1.47 ^a
16 : 84	5.87 ± 1.48 ^a	5.97 ± 1.52 ^a
14 : 86	5.53 ± 1.25 ^a	5.67 ± 1.29 ^a

^a และ ^b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

แม้ว่าทั้งสามระดับการทดแทน (ร้อยละ 18, 16 และ 14) ให้ค่าคะแนนความชอบทั้งสองด้านไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้เลือกการทดแทนเนื้อหมูด้วยกากถั่วเหลืองหมักที่ระดับร้อยละ 18 เพื่อใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้าย เนื่องจากเป็นระดับการทดแทนที่มากที่สุดที่ผู้ทดสอบยอมรับ ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวิจัยที่ต้องการเพิ่มปริมาณการใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองให้มากที่สุด

3.4 คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้าย

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้าย (ผลิตโดยใช้อัตราส่วนกากถั่วเหลืองหมักต่อเนื้อหมู 18 : 82) จึงนำผลิตภัณฑ์สุดท้ายไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (สี และเนื้อสัมผัส) ทางเคมี (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต) ทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์ รา) และทางประสาทสัมผัส (สี กลิ่น กุนเชียง รสหวาน รสเค็ม ความแข็ง และความชอบโดยรวม) เพื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน (กุนเชียงจากเนื้อหมูล้วน) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้ายกับสูตรพื้นฐาน

คุณภาพ	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ²		
ทางกายภาพ			
ค่าสี	<i>L</i> *	20.28 ± 0.01 ^a	17.03 ± 0.04 ^b
	<i>a</i> *	14.85 ± 0.01 ^a	13.44 ± 0.35 ^b
	<i>b</i> * (ns)	19.19 ± 3.74	20.50 ± 0.05
ความแข็งของเนื้อสัมผัส (N)		106.42 ± 0.18 ^b	155.14 ± 4.88 ^a
ทางเคมี			
ความชื้น		41.78 ± 0.41 ^a	38.93 ± 0.38 ^b
โปรตีน		24.39 ± 0.10 ^b	28.94 ± 0.06 ^a
ไขมัน		25.94 ± 0.14 ^a	21.10 ± 0.14 ^b
เถ้า (ns)		6.03 ± 0.24	5.93 ± 0.10
คาร์โบไฮเดรต		1.85 ± 0.34 ^b	5.10 ± 0.01 ^a
ทางจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม)			
จุลินทรีย์ทั้งหมด	-		3×10 ²
ยีสต์ รา	-		1×10 ¹

^a และ ^b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

¹ หมายถึง กุนเชียงสูตรพื้นฐาน (ใช้เนื้อหมูล้วน)

² หมายถึง กุนเชียงที่ผลิตจากการใช้กากถั่วเหลืองหมักทดแทนเนื้อหมูร้อยละ 18

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้ายมีค่าดัชนีสีแดง (*a**) น้อยกว่า แต่มีความแข็งมากกว่ากุนเชียงจากสูตรพื้นฐาน (13.44 เปรียบเทียบกับ 14.85 และ 155.14 นิวตัน เปรียบเทียบ

กับ 106.42 นิวตัน ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ กากถั่วเหลืองหมัก มีสีออกเหลือง มีสีแดงอ่อนกว่าเนื้อหมู และระหว่างการผลิตไม่มีการเติมเกลือไนไตรท์ กากถั่วเหลืองหมักยังมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าเนื้อหมู (ร้อยละ 32 และ 73 ของน้ำหนักเปียก ตามลำดับ) [21] จึงทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีลักษณะทางกายภาพดังกล่าว

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้าย มีปริมาณความชื้นน้อยกว่ากุนเชียงสูตรพื้นฐาน (38.93 และ 41.78 ตามลำดับ) ซึ่งปริมาณความชื้นที่น้อยกว่านี้สอดคล้องกับค่าความแข็งในคุณภาพทางกายภาพ การทดแทนเนื้อหมูด้วยกากถั่วเหลืองหมักไม่เพียงแต่เพิ่มปริมาณโปรตีน แต่ยังสามารถลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์อีกด้วย

ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สุดท้ายพบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 3×10^2 โคโลนีต่อกรัม และมีปริมาณยีสต์และราจำนวน 1×10^1 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [22] ที่กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 1×10^5 โคโลนีต่อกรัม และ 100 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ

จากตารางเปรียบเทียบค่าคะแนนความชอบของกุนเชียงที่ทดแทนเนื้อหมูและเกลือไนไตรท์ด้วยกากถั่วเหลืองหมัก (ผลิตภัณฑ์สุดท้าย) กุนเชียงสูตรพื้นฐาน และกุนเชียงที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป (ตารางที่ 10) พบว่ากุนเชียงทั้งสามประเภทมีค่าคะแนนความชอบด้านรสเค็มไม่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าคะแนนความชอบด้านสีน้อยกว่ากุนเชียงที่จำหน่ายตามท้องตลาด (5.66 และ 6.76 ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกับกุนเชียงสูตรพื้นฐาน (6.24) แม้ว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าคะแนนในคุณลักษณะด้านกลิ่นกุนเชียง รสหวาน ความแข็ง และความชอบโดยรวมต่ำกว่ากุนเชียงที่จำหน่ายในท้องตลาด ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากสูตรการผลิตกุนเชียงที่จำหน่ายตามท้องตลาดแตกต่างกับสูตรการผลิตที่ใช้ในงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์สุดท้ายและสูตรพื้นฐานมีค่าคะแนนของคุณลักษณะต่างๆ ดังกล่าวไม่แตกต่างกัน จึงอาจสรุปได้ว่าการทดแทน

เนื้อหุ้มและเกลือไนไตรท์ในการผลิตกุนเชียงด้วยกากถั่วเหลืองหมักไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงที่ผลิตได้ ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์สุดท้าย สูตรพื้นฐาน และกุนเชียงที่จำหน่ายตามท้องตลาดมีค่าเท่ากับ 6.14 (ชอบเล็กน้อย) 6.52 (ชอบปานกลาง) และ 7.41 (ชอบมาก) ตามลำดับ

ตารางที่ 10 คะแนนความชอบ¹ ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้ายและสูตรพื้นฐาน เปรียบเทียบกับกุนเชียงตามท้องตลาด

คุณลักษณะ	กุนเชียงตามท้องตลาด	สูตรพื้นฐาน ²	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย
สี	6.76 ± 2.08 ^a	6.24 ± 1.66 ^{ab}	5.66 ± 1.95 ^b
กลิ่นกุนเชียง	6.38 ± 1.54 ^a	5.66 ± 1.76 ^b	5.62 ± 1.59 ^b
รสหวาน	7.10 ± 1.59 ^a	6.10 ± 1.61 ^b	6.21 ± 1.72 ^b
รสเค็ม (ns)	6.41 ± 1.76	6.04 ± 1.50	5.69 ± 1.76
ความแข็ง	6.52 ± 1.72 ^a	5.24 ± 2.13 ^b	4.72 ± 2.15 ^b
ความชอบโดยรวม	7.41 ± 1.27 ^a	6.52 ± 1.62 ^b	6.14 ± 1.53 ^b

¹ = คะแนนความชอบ (Hedonic scale; 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

^a และ ^b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

² หมายถึง กุนเชียงสูตรพื้นฐาน (ใช้เนื้อหุ้มล้วน)

³ หมายถึง กุนเชียงที่ผลิตจากการใช้กากถั่วเหลืองหมักทดแทนเนื้อหุ้มร้อยละ 18

4. สรุป

จากการทดลองใช้กากถั่วเหลืองที่เป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำเต้าหู้ที่ใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองแห้งต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 10 มาเป็นแหล่งอาหารของเชื้อ *M. purpureus* ในการหมักที่ใช้ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 50 ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 ความเข้มข้นของเชื้อเท่ากับ 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบทางเคมี ของกากถั่วเหลืองเป็นดังนี้ ความชื้นร้อยละ 23.95 ของน้ำหนักเปียก โปรตีน ไซมัน และเถ้า ร้อยละ 15.97, 3.15 และ 4.33 ของน้ำหนักแห้ง

ตามลำดับ และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 52.57 ของน้ำหนักแห้ง

2. สภาวะที่เหมาะสมในการหมักกากถั่วเหลืองคือ เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 8 และความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 33

3. กากถั่วเหลืองที่ได้หลังจากการหมักสามารถทดแทนการใช้เนื้อหุ้มและเกลือไนไตรท์ในการผลิตกุนเชียง ได้ร้อยละ 18

4. สูตรผลิตภัณฑ์กุนเชียงสุดท้ายที่ทดแทนเนื้อหุ้มด้วยกากถั่วเหลืองหมักร้อยละ 18 ประกอบด้วย เนื้อหุ้มร้อยละ 51.41 กากถั่วเหลืองที่ได้หลังจากการหมักร้อยละ 11.28 มันหมูร้อยละ 15.68 น้ำตาลทรายร้อยละ 15.68 เกลือป่นร้อยละ 1.57 ผงพะโล้ร้อยละ 0.31 และแป้งข้าวโพดร้อยละ 4.07

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (ทุนวิจัยรุ่นใหม่ ปีงบประมาณ 2552)

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Babitha, C.R. Soccol, and A. Pandey, "Solid-state fermentation for the production of *Monascus* pigments from jackfruit seed," *Bioresource Technology*, vol. 98, pp. 1554-1560, 2007.
- [2] P.J. Blanc, M.O. Loret, A.L. Santerre, A. Pareilleux, D. Prome, J.C. Pro, J.P. Laussac, and G. Goma, "Pigments of *Monascus*," *J. Food Sci.*, vol. 59, pp. 862-865, 1994.
- [3] K. Kaio, S. Niwayama, Y. Nitahara, and S. Miyamura, "Toxicity of *Monascus* pigment," *Nugata Igakkai Zasshi*, vol. 92, no. 12, pp. 815-820, 1978.
- [4] C. Chaisrisook, "Mycelial reactions and mycelial compatibility groups of red rice mould (*Monascus purpureus*)," *Mycological Research*, vol. 106,



- no. 3, pp. 298-304, 2002.
- [5] Y.N. Chang, J.C. Huang, C.C. Lee, I.L. Shih, and Y.M. Tzeng, "Use of response surface methodology to optimize culture medium for production of lovastatin by *Monascus ruber*," *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 30, pp. 889-894, 2002.
- [6] S.L. Wang, Y.H. Yen, W.J. Tsiao, W.T. Chang, and C.L. Wang, "Production of antimicrobial compounds by *Monascus purpureus* CCRC31499 using shrimp and crab shell powder as a carbon source," *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 31, pp. 337-344, 2002.
- [7] Y.L. Lee, J.H. Yang, and J.L. Mau, "Antioxidant properties of water extracts from *Monascus* fermented soybean," *Food Chemistry*, vol. 106, pp. 1128-1137, 2008.
- [8] S.T. Silveira, D.J. Daroit, and A. Brandelli, "Pigment production by *Monascus purpureus* in grape waste using factorial design," *Swiss Society of Food Science and Technology*, vol. 41, pp. 170-174, 2008.
- [9] B. Yongsmith and K. Kangsadalampai, "Fermentation of functional *monascus* yellow pigments on rice solid culture," *Journal of Biotechnology*, vol. 136S, pp. S743-S750, 2008.
- [10] W. Somchit, *Soybean and soybean utilization in Thailand*, Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University Bangkok, 1992 (in Thai).
- [11] Official Methods of Analysis, *The Association of Official Analytical Chemists (AOAC)*, ed. 16th, 1995.
- [12] N. Wijitboonchoowong, *Production of pork sausage products*, Bangkok: MAEBANN CO., LTD., 2008, pp 25-36 (in Thai).
- [13] M. Meilgaard, G.V. Civille, and B.T. Carr, "Sensory evaluation techniques," ed. 3rd, Florida: CRC Press LLC, 1999
- [14] C. Hsieh and F.C. Yang, "Reusing soy residue for the solid-state fermentation of *Ganoderma lucidum*," *Bioresour. Technol.*, vol. 91, pp. 105-109, 2004.
- [15] T. Cai and K.C. Chang, "Processing effect on soybean storage proteins and their relationship with tofu quality," *J. Agri. Food Chem.*, vol. 47, pp. 720-727, 1999.
- [16] M.C. Bourne, M.G. Clemente, and J. Banzon, "Survey of the suitability of thirty cultivars of soybeans for soymilk manufacture," *J. Food Sci.*, vol. 41, pp. 1204-1208, 1976.
- [17] S.K. Khare, K. Jha, and A.P. Gandhi, "Citric acid production from Okara (soy-residue) by solid-state fermentation," *Bioresour. Technol.*, vol. 54, pp. 323-325, 1995.
- [18] M. Yunchalad, U. Phawsungthong, D. Hengasawadi, C. Hiraga, and K. Trongpanich, "Feasibility study on production of dietary fiber from soymilk residue," *Institute of Food Research and Product Development.*, pp. 150-151, 2000.
- [19] M.J. Villanueva, W.H. Yokoyama, Y.J. Hong, G.E. Barttlely, and P. Rupérez, "Effect of high-fat diets supplemented with okara soybean by-product on lipid profiles of plasma, liver and faeces in Syrian hamsters," *Food Chem.*, vol. 124, pp. 72-79, 2011.
- [20] B. Yongsmith, *Microbial fermentation: vitamins and pigments*, Bangkok: Kasetsart University Press, 1997 (in Thai).
- [21] P. Puwastien, M. Raroengwicht, P. Sungpuag, and K. Judprasong, *Thai Food Composition Tables*, Institute of Nutrition, Mahidol University, 1999.
- [22] Thai Industrial Standards Institute Ministry of Industry, Thai Community Product Standard: Dried Pork Sausages (KUNCHIANG MU) (103/2003), 2003 (in Thai).