



บทความวิจัย

ผลของการใช้ผงสีจาก *Monascus purpureus* หมักกับกล้วยน้ำว้าทดแทนไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์แหนม

กนกจันทร์ สานพภา*

ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

สุภัทสร มีสังเกตู วิชยุตม์ เอี่ยมขาลี และ ภาณุพงศ์ วงษ์แหวน

ภาควิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09 6890 9424 อีเมล: kanokchan.s@agro.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2020.08.001

รับเมื่อ 7 เมษายน 2563 แก้ไขเมื่อ 26 พฤษภาคม 2563 ตอรับเมื่อ 16 มิถุนายน 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 6 สิงหาคม 2563

© 2021 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเติมผงสีจากการหมักกล้วยน้ำว้าด้วย *Monascus purpureus* โดยศึกษาหาความขึ้นเริ่มต้นของกล้วยน้ำว้าที่ระดับต่างๆ (ร้อยละ 60, 70 และ 80) ที่เหมาะสมต่อการเจริญของ *M. purpureus* จากผลการวิจัยพบว่า ความขึ้นเริ่มต้นของกล้วยน้ำว้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการหมักคือ ร้อยละ 60 เนื่องจากมีลักษณะปรากฏที่พบเส้นใยไมซีเลียมสีแดงของเชื้อราปกคลุมทั่วชิ้นกล้วยหนาแน่นที่สุด และมีค่า Pigment yield (OD ที่ λ_{max} ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) สูงที่สุด โดยสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับกล้วยน้ำว้าหมักที่มีความขึ้นเริ่มต้นร้อยละ 60 คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที และทำการศึกษาการนำผงสีที่ได้มาทดแทนการใช้เกลือไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์ 3 ระดับคือ ร้อยละ 0.15, 0.30 และ 0.45 ของน้ำหนักเนื้อ เทียบกับสูตรควบคุม จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์แหนมเติมผงสีโสมเนสส์ร้อยละ 0.45 ของน้ำหนักเนื้อมากที่สุด องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แหนมเติมผงสีโสมเนสส์คือ มีความชื้นร้อยละ 53.54 โปรตีนร้อยละ 11.01 ไขมันร้อยละ 26.91 โยอาหารร้อยละ 0.30 เถ้าร้อยละ 2.01 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 6.23 ด้านคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของแหนมเติมผงสีโสมเนสส์ เท่ากับ 1.3×10^3 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 10 โคโลนีต่อกรัม

คำสำคัญ: *Monascus purpureus*, แหนม, เกลือไนโตรเจน, กล้วยน้ำว้า

การอ้างอิงบทความ: กนกจันทร์ สานพภา, สุภัทสร มีสังเกตู, วิชยุตม์ เอี่ยมขาลี และ ภาณุพงศ์ วงษ์แหวน, “ผลของการใช้ผงสีจาก *Monascus purpureus* หมักกับกล้วยน้ำว้าทดแทนไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์แหนม,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 31, ฉบับที่ 1, หน้า 99-108, ม.ค.-มี.ค. 2564.



Effects of Supplementation with Pigment Powders from *Monascus purpureus* Fermented with Pisang Awak Banana (*Musa sapientum* Linn.) Replace Nitrite in Fermented Pork Sausage (Nham)

Kanokchan Sanoppa*

Department of Agro-Industry and Technology Management, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus, Prachin Buri, Thailand

Supatsorn Meesangket, Widchayut Aemchalee and Panupong Wongwan

Department of Innovation and Product Development Technology, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus, Prachin Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 09 6890 9424, E-mail: kanokchan.s@agro.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2020.08.001

Received 7 April 2020; Revised 13 May 2020; Accepted 16 June 2020; Published online: 6 August 2020

© 2021 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research was to study the development of fermented pork sausage (Nham) by adding *Monascus* pigments from the fermentation of banana with *Monascus purpureus*, which studied the initial moisture content of bananas has been investigated at different levels (60, 70 and 80%) suitable for the growth of *M. purpureus*. The results showed that the suitable initial moisture content of bananas for fermentation was 60%. It was found that the appearance of *Monascus* mycelium covering most of the banana pieces and had the highest pigment yield (OD at λ_{max} /gram dry weight). The optimum drying time for fermented bananas with 60% of initial moisture content was 60°C for 150 minutes. Then, the pigment powders were used to study the substitution of nitrite salt in fermented pork sausage at 3 levels, 0.15%, 0.30% and 0.45% of drained weight, which compared with the standard formula. According to the sensory evaluation of fermented pork sausage, the taste panel accepted the most acceptance of fermented pork sausage added with *Monascus* pigments powder was 0.45% of drained weight. In addition, the chemical composition of fermented pork sausage was added with *Monascus* pigments powder 0.45% of drained weight had 53.54% moisture content, 11.01% protein, 26.91% fat, 0.30% crude fiber, 2.01% ash and 6.23% carbohydrates. The total plate count of fermented pork sausage was 1.3×10^3 CFU/g and the total yeast and mold count of fermented pork sausage was 10 CFU/g

Keywords: *Monascus purpureus*, Fermented Pork Sausage (Nham), Nitrite Salt, Pisang Awak banana (*Musa sapientum* Linn.)

Please cite this article as: K. Sanoppa, S. Meesangket, W. Aemchalee, and P. Wongwan, "Effects of supplementation with pigment powders from *Monascus purpureus* fermented with Pisang Awak banana (*Musa sapientum* Linn.) replace nitrite in fermented pork sausage (Nham)," *The Journal of KMUTNB*, vol. 31, no. 1, pp. 99–108, Jan.–Mar. 2021 (in Thai).

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพของตนเองมากขึ้น ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงนิยมเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมมาจากธรรมชาติมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมจากสารสังเคราะห์ เนื่องจากมีความปลอดภัยต่อร่างกาย สารสีธรรมชาติจะสังเคราะห์ได้จากพืชและจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสีจากจุลินทรีย์เป็นทางเลือกหนึ่งใหม่ที่แปลกใหม่และน่าสนใจให้กับผู้บริโภค ซึ่งเป็นสารสีที่สกัดได้ง่าย ให้ปริมาณสารสีที่สูง และยังมีความปลอดภัยของสารสีที่อุณหภูมิสูงได้ดี [1]

Monascus purpureus เป็นเชื้อราที่นิยมใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารพื้นบ้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบเอเชีย เช่น จีน อินเดีย และไทย โดยสามารถสร้างสารสีในกลุ่มสีเหลือง-สีแดง สารโมนาโคลิน เค และสารกาบาที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งสารต่างๆ ที่เชื้อราโมแนสคัสสร้างขึ้นมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น เป็นสารสามารถลดระดับคอเลสเตอรอล สารลดระดับความดันเลือด สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือแม้กระทั่งเป็นสารป้องกันการเกิดมะเร็งได้ [2] รงควัตถุที่ผลิตจากรากลุ่ม *Monascus* ประกอบด้วย 3 สีหลัก ได้แก่ รงควัตถุสีแดง (Rubropunctamine และ Monascorubramine) รงควัตถุสีส้ม (Rubrapunctatin และ Monascorubrine) และ รงควัตถุสีเหลือง (Monascin และ Ankaflavin) ซึ่งรงควัตถุที่ผลิตจากรา *Monascus* นั้น ถือว่ามีความปลอดภัยต่อการบริโภค (Generally Recognized as Safe; GRAS) [3]

แหล่งอาหารเพาะเลี้ยง *M. purpureus* ที่นิยมกันมากคือ ข้าว ประชาชนในประเทศจีนนิยมบริโภคข้าวแดงผสมยาจีนกันมาก เพราะข้าวแดงมีธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินบีอยู่ด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสารแล้ว ข้าวแดงมีปริมาณวิตามินบีสูงกว่าข้าวสารถึง 185 เท่า คนไทยนิยมใช้ข้าวแดงผลิตอาหารบางชนิด เช่น เต้าหู้ยี้ หมูแดง [4] นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยอื่นๆ ที่นำวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งอาหารในการหมักเชื้อราดังกล่าว เช่น เปลือกกุ้งและปู [5] ลูกเดือย [6] เมล็ดทุเรียน [7] กากถั่วเหลือง [8] และกากน้ำตาลอ้อย [9]

โดยทั่วไปในกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากเนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก แหนม กุนเชียง แฮม หมูยอ จะนิยมเติมโซเดียมไนไตรต์ หรือชื่อทางการค้าคือผงเพรก ซึ่งทำหน้าที่ในการเกิดสีแดง ตรึงสี หรือทำให้สีที่เกิดขึ้นมีความเสถียรขึ้น รวมถึงช่วยในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ยืดอายุผลิตภัณฑ์ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามไนไตรต์สามารถจับกับฮีโมโกลบินและถูกเปลี่ยนเป็นเมทฮีโมโกลบิน ทำให้ฮีโมโกลบินไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้ ปริมาณสารไนไตรต์ที่ตกค้างจะเป็นสารตั้งต้นในการเกิดสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง [10], [11] ในปัจจุบันจึงมีงานวิจัยที่นำสารสีจาก *Monascus* ทดแทนเกลือไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การใช้อังคัก (ข้าวแดง) เพื่อการเกิดสีในไส้กรอกอิมัลชัน [11] การทดแทนไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์แหนมด้วยผงสีจากการหมักปลายข้าวกับ *M. purpureus* [12] การใช้สารสีโมแนสคัส (อังคัก) ทดแทนไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงและไส้กรอกรมควัน [13] การใช้ผงมะเขือเทศและผงอังคักในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมู [14]

กล้วยพันธุ์น้ำว้า (*Musa sapientum* Linn.) เป็นพืชที่นิยมปลูกทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกง่ายในทุกฤดูกาลและเจริญเติบโตได้ดีให้ผลผลิตตลอดทั้งปี รวมถึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เบต้าแคโรทีน รวมถึงสารประกอบฟีนอลิก วิตามินที่สำคัญอื่นๆ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และยังมีอุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร [15] ถือว่ามีสารอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของ *M. purpureus* ได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกกล้วยน้ำว้าเป็นวัตถุดิบที่นำมาใช้หมักกับ *M. purpureus* เพื่อผลิตสารสี เนื่องจากกล้วยอุดมไปด้วยคุณค่าทางสารอาหารและมีราคาถูก ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษาปริมาณของผงสีโมแนสคัสที่เหมาะสมในการทดแทนไนไตรต์ที่นิยมใส่เพื่อทำให้เกิดสีแดงในผลิตภัณฑ์แหนม เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเลือกใช้สีจากเชื้อรา *M. purpureus* ในผลิตภัณฑ์แหนม ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความปลอดภัย และลดอันตรายของผู้บริโภคต่อการใช้สารสีสังเคราะห์ได้

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมกล้าเชื้อ (ดัดแปลงจากวิธีการของ [16])

เตรียมอาหารแข็ง Potato Dextrose Agar (PDA) ในหลอดทดลอง 5 มิลลิลิตร จากนั้นถ่ายเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3615 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) จาก Stock Culture ลงบนอาหารแข็ง PDA จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48–72 ชั่วโมง นำเชื้อรา *M. purpureus* ที่เจริญเต็มที่แล้วมาทำสารแขวนลอยสปอร์ (Spore Suspension) โดยใช้สารละลาย Polysorbate 80 (Tween 80) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปนับสปอร์โดยใช้ Haemocytometer ให้ได้เชื้อเริ่มต้นประมาณ 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการหมักกล้วยต่อไป

2.2 การหมักกล้วยน้ำว้าด้วย *M. purpureus* เพื่อผลิตสารสี (ดัดแปลงจากวิธีการของ [16])

เตรียมกล้วยน้ำว้าดิบ (ระยะความสุกระดับที่ 1 ผลแข็ง เป็นเหลี่ยมชัดเจน เปลือกสีเขียว) 50 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับความชื้นให้มีปริมาณ ร้อยละ 60, 70 และ 80 ปรับค่าเป็นกรด-ด่างให้มีค่าเท่ากับ 6.0 ปิดจุกสำลี และนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอที่ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งให้เย็น จากนั้นเติมกล้าเชื้อสารแขวนลอยสปอร์ที่มีความเข้มข้น เท่ากับ 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ลงไปร้อยละ 10 ของ ปริมาตรอาหารทั้งหมด เหย้าให้กัน และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

2.3 การอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่หมักด้วย *M. purpureus*

นำกล้วยน้ำว้าที่หมักด้วย *M. purpureus* จนมีสปอร์ สีแดงปกคลุมทั่วเมล็ดมาอบแห้งแบบถาด (Tray Dryer) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีปริมาณความชื้นของ ผลิตภัณฑ์ไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ตามเกณฑ์มาตรฐาน ของ มอก. 391-2524 (นมผง) ทำการศึกษาระยะเวลาการอบแห้ง โดยการสุ่มตัวอย่างเพื่อในการวัดความชื้นออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่

ช่วงที่ 1 สุ่มวัดความชื้นทุก 10 นาที (นาทีที่ 10, 20 และ 30)

ช่วงที่ 2 สุ่มวัดความชื้นทุก 20 นาที (นาทีที่ 50, 70 และ 90)

ช่วงที่ 3 สุ่มวัดความชื้นทุก 30 นาที (นาทีที่ 120, 150 และ 180)

จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง เป็นเวลา 10 นาที และร่อนผ่านตะแกรกร่อนขนาด 100 เมช เพื่อให้ได้ผงละเอียด และนำผงสีโมแนสคัสที่ได้เก็บรักษาในถุง อະลูมิเนียมฟอยด์

นำผงสีโมแนสคัสที่ได้จากการหมักกล้วยที่ระดับความชื้นต่างๆ (ร้อยละ 60, 70 และ 80) มาสกัดสารสี ตามวิธี ของ [8] โดยเติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 90 ในอัตราส่วน 5 มิลลิลิตรต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง เหย้าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปกรอง จากนั้น นำสารละลายผงสีโมแนสคัสมาวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ความยาวคลื่น 390–500 นาโนเมตร เพื่อหาความยาวคลื่นที่แสงดูดกลืนมากที่สุด (λ_{max}) และ หาค่า Pigment yield (OD ที่ λ_{max} ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) เพื่อคัดเลือกความชื้นที่เหมาะสมที่มีผลทำให้ *M. purpureus* เจริญบนกล้วยและผลิตผงสีที่สมบูรณ์ที่สุดและนำผงสี ดังกล่าวทดแทนการเติมเกลือนโซเดียมในผลิตภัณฑ์หมักต่อไป

2.4 การศึกษาปริมาณการใช้ผงสีโมแนสคัสที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้าด้วย *M. purpureus* เพื่อทดแทนการใช้เกลือนโซเดียมในผลิตภัณฑ์หมัก

นำผงสีโมแนสคัสมาศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม โดย แบ่งปริมาณการเติมผงสีออกเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.15, 0.30 และ 0.45 ของน้ำหนักเนื้อ เพื่อทดแทนเกลือนโซเดียม ในสูตรการผลิตหมัก (ตารางที่ 1)

2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านการยอมรับของผู้บริโภค โดยประเมินจากความชอบของผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน ต่อผลิตภัณฑ์หมัก 4 ตัวอย่าง ได้แก่สูตรพื้นฐาน

และสูตรที่เติมผงสีโมแนสคัสในปริมาณต่างๆ 3 ตัวอย่าง โดยใช้สเกลแบบ 9-point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบจะประเมินความชอบในด้านสี รสเปรี้ยว ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวมของตัวอย่าง

ตารางที่ 1 สูตรการผลิตแทนมสูตรพื้นฐาน สูตรเติมผงสี 0.15%, 0.30% และ 0.45%

ส่วนประกอบ (กรัม)	แทนมสูตรต่างๆ			
	สูตรพื้นฐาน	เติมผงสี 0.15%	เติมผงสี 0.30%	เติมผงสี 0.45%
เนื้อหมู	61.70	61.70	61.70	61.70
หนังหมู	21.59	21.59	21.59	21.59
กระเทียมบด	6.17	6.17	6.17	6.17
เกลือ	1.23	1.23	1.23	1.23
พริกขี้หนูสด	3.08	3.08	3.08	3.08
ข้าวเหนียว	6.17	6.17	6.17	6.17
ผงเพรก (โซเดียมไนไตรท์)	0.03	-	-	-
ผงสีโมแนสคัส	-	0.09	0.19	0.28

2.6 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แทนมที่เติมผงสีโมแนสคัส

นำแทนมที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter Lab รุ่น Colorflex วัดค่าสี L^* (ค่าความสว่าง, 0-100) a^* (ค่าสีแดง/สีเขียว, +/-) และค่า b^* (ค่าสีเหลือง/สีน้ำเงิน, +/-) วิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละของคาร์โบไฮเดรต = $100 - (\text{ร้อยละของโปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า} + \text{ความชื้น})$) และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา [17]

2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test



รูปที่ 1 กล้วยน้ำว่าหมักด้วย *M. purpureus*

ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version 16

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การผลิตผงสีโมแนสคัสจากการกลั่นน้ำว่าด้วย *M. purpureus*

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยง *M. purpureus* ด้วยกลั่นน้ำว่าภายใต้สภาวะอากาศปกติ โดยมีการปรับความชื้นร้อยละ 60, 70 และ 80 เป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่า *M. purpureus* สามารถเจริญได้ในกลั่นน้ำว่าที่ระดับความชื้นทั้ง 3 ระดับ มีการผลิตเส้นใยสีขาวจนเป็นสีแดง ซึ่งเชื้อราชนิดนี้จะสร้างสารสีขึ้นจากภายในเส้นใยและถูกขับออกมาภายนอกในรูปรงควัตถุของเหลวทางรูเปิดทางปลายเส้นใย ทำให้เห็นโคโลนีเป็นสีแดง [18] แสดงดังในรูปที่ 1

โดยการหมักกลั่นน้ำว่าที่ระดับความชื้นร้อยละ 60 พบว่า มีการเจริญเติบโตของเชื้อราอย่างหนาแน่นมากที่สุด แต่เมื่อปรับความชื้นเริ่มต้นที่ร้อยละ 70 และ 80 พบว่า การเจริญเติบโตของเชื้อรามีจำนวนลดลง เส้นใยสีแดงปกคลุมเป็นปริมาณลดลง ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองสามารถบ่งชี้ได้ว่า ปริมาณความชื้นเริ่มต้นก่อนการหมักจะมีผลแปรผกผันกับการสร้างเส้นใยสีแดงของ *M. purpureus* โดยพบว่าความชื้นมีผลต่อการเจริญเติบโตและสร้างเส้นใยสีแดง ซึ่งหากความชื้นสูงขึ้นความเข้มข้นของเส้นใยจะมีสีแดงที่ปรากฏบน



กล้วยลดลง ทั้งนี้ ความชื้นที่ต่ำเกินไปมีผลทำให้เชื้อราเจริญได้ไม่ดี ส่งผลให้การสร้างสารสีไม่ดีด้วย ความชื้นสูงเกินไปจะมีผลทำให้เกิดการยับยั้งการสร้างสารสีจาก *M. purpureus* และการสร้างเอนไซม์กลูโคสอะไมเลสมาก เกิดการสะสมกลูโคสยับยั้งการสร้างสารสีได้ [19]

3.2 การอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่หมักด้วย *M. purpureus*

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองการอบแห้งกล้วยที่หมักด้วย *M. purpureus* ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 62.48, 73.34 และ 82.37 ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นในกล้วยจะค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งได้ความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 ตามเกณฑ์มาตรฐานของ มอก.391- 2524 (นมผง) จากการวิจัยพบว่า กล้วยที่มีความชื้นเริ่มต้นเป็นร้อยละ 60, 70 และ 80 ใช้เวลาในการอบ 150, 180 และ 300 นาที จะมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 4.60, 3.57 และ 4.63 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งผงสีจากกล้วยน้ำว้าด้วย *M. purpureus*

3.3 ความชื้นเริ่มต้นของกล้วยน้ำว้าหมักที่เหมาะสมในการผลิตผงสีโมแนสคัส

จากการนำผงสีที่ได้จากการอบแห้งมาทำการวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อหาความยาวคลื่นที่แสงดูดกลืนมากที่สุด (λ_{max}) คือ 500 นาโนเมตร จากการทดลองพบว่า ค่า Pigment yield (OD ที่ λ_{500} ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) ของกล้วยหมักด้วย *M. purpureus* ปรับระดับความชื้นร้อยละ 60 มีค่าสูงที่สุดคือ 1.603 ตามด้วยความชื้นร้อยละ 70 และ 80 มีค่า Pigment yield (OD ที่ λ_{500} ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) 1.591 และ 1.583 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงของสารมีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของสารหรือปริมาณของเนื้อสารตามกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law) ความเข้มข้นสารน้อยจะมีค่าดูดกลืนน้อย ความเข้มข้นสารมากจะมีค่าดูดกลืนมาก ดังนั้นกล้วยอบแห้งที่ให้ผงสีในปริมาณมากที่สุดคือกล้วยหมักที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 60

ตารางที่ 2 ระยะเวลาและร้อยละความชื้นในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าเพื่อผลิตผงสี

เวลา (นาที)	ร้อยละความชื้น		
	60	70	80
0	62.48	73.34	82.37
10	52.28	68.64	80.47
20	43.54	61.45	76.25
30	34.65	55.82	70.35
50	29.17	46.89	65.41
70	18.33	32.42	55.30
90	11.78	17.45	45.48
120	5.70	9.33	35.69
150	4.60	5.83	19.35
180	4.37	3.57	11.38
240	3.06	3.04	8.35
300	2.86	2.65	4.63

ตารางที่ 3 ความชื้นที่เหมาะสมในการผลิตผงสีจากเชื้อรา *M. purpureus*

ร้อยละความชื้น	ค่า Pigment yield (OD ที่ λ_{500} ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง)
60	1.603 ± 0.012 ^a
70	1.591 ± 0.006 ^{ab}
80	1.583 ± 0.003 ^b

^{a-b} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.4 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แทนนมเติมผงสีโมแนสคัสจากการหมักกล้วยน้ำว้าด้วย *M. purpureus*

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน โดยพิจารณาจากคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์รสเปรี้ยว ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ และความชอบรวมโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบบนสเกล 9-Point Hedonic พบว่า (ตารางที่ 4) แทนนมสูตรควบคุมและแทนนมที่เติมผงสีโมแนสคัสร้อยละ 0.45 มีความชอบโดยรวมสูงที่สุดและ

มีค่าสูงกว่าแฮมที่เติมผงสีโมแนสค์สัร้อยละ 0.30 และ 0.15 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งมีความสอดคล้องกับความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ตัวอย่างแฮมที่เติมผงสีโมแนสค์สัร้อยละ 0.45 มีคะแนนความชอบทั้งในด้านรสเปรี้ยว ความนุ่ม และความแน่นเนื้อสูงกว่าสูตรควบคุม และตัวอย่างแฮมที่เติมผงสีโมแนสค์สัร้อยละ 0.30 และ 0.15 อย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย ดังนั้นปริมาณผงสีโมแนสค์สัที่เหมาะสมที่ได้รับการยอมรับจากบริโภคสูงสุด คือผลิตภัณฑ์แฮมที่เติมผงสีโมแนสค์สัร้อยละ 0.45 สอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ ที่พบว่า การเติมผงสีที่ได้จาก *M. purpureus* ทดแทนไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ผู้ทดสอบให้การยอมรับโดยรวมในผลิตภัณฑ์มากกว่าผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน (สูตรเติมไนโตรเจน) จากงานวิจัย [12] พบว่าการใช้ผงสีจากปลายข้าวหมักกับ *M. purpureus* ทดแทนไนโตรเจนในแฮม ผู้ทดสอบให้การยอมรับโดยรวมในผลิตภัณฑ์มากที่สุดเมื่อเติมผงสีร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักเนื้อ ส่วนการใช้ผงสีจากอังกักเพื่อการเกิดสีในไส้กรอกปลาอิมัลชัน พบว่าผงสีร้อยละ 1.2 ของน้ำหนักเนื้อผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงสุดในทุกด้าน [11] นอกจากนี้ยังมีการใช้ผงอังกักทดแทนไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมู พบว่า สูตรที่เสริมผงอังกักร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวมมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด [14]

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แฮม

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ				
	สีของผลิตภัณฑ์	รสเปรี้ยว	ความนุ่ม	ความแน่นเนื้อ	ความชอบโดยรวม
สูตรควบคุม	7.23 ± 1.22 ^a	6.86 ± 1.25 ^b	6.73 ± 1.87 ^b	5.63 ± 2.10 ^b	7.40 ± 1.45 ^a
เติมผงสีร้อยละ 0.15	6.06 ± 0.73 ^c	6.03 ± 0.99 ^c	5.63 ± 1.09 ^c	5.76 ± 1.04 ^c	6.20 ± 0.48 ^c
เติมผงสีร้อยละ 0.30	6.56 ± 0.93 ^b	6.50 ± 1.04 ^{bc}	6.36 ± 1.09 ^b	6.36 ± 0.88 ^b	6.63 ± 0.55 ^b
เติมผงสีร้อยละ 0.45	7.53 ± 0.77 ^a	7.56 ± 0.81 ^a	7.46 ± 0.77 ^a	7.26 ± 0.86 ^a	7.66 ± 0.60 ^a

^{a-c} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แฮมที่เติมผงสีโมแนสค์สัจากการหมักกล้วยน้ำว่าด้วย *M. purpureus*

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแฮมสูตรควบคุมและแฮมสูตรที่เติมผงสีโมแนสค์สัพบว่า แฮมสูตรที่เติมผงสีโมแนสค์สัร้อยละ 0.45 มีค่าความสว่าง (L^*) และมีค่าสีแดง (a^*) สูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่มีค่าสีเหลือง (b^*) ต่ำกว่าสูตรควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 5 ผลการวิจัยสอดคล้องกับคุณสมบัติของผงสีจาก *M. purpureus* ที่มีรงควัตถุสีส้ม-แดง ซึ่งนิยมใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยการใช้อังกักในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันที่พบว่า การใช้อังกักในไส้กรอกมีผลทำให้ค่า a^* ค่าสีแดงเพิ่มขึ้นกว่าไส้กรอกสูตรควบคุม [11] และงานวิจัยการใช้อังกักในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมู ให้ผลสอดคล้องกัน คือการใช้ผงอังกักในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากผงอังกักมีรงควัตถุสีแดงคือ Rubropuntatin และ Monascorubramine [14]

ตารางที่ 5 คุณภาพทางกายภาพด้านสีของแฮมสูตรควบคุมและสูตรที่เติมผงสีโมแนสค์สัร้อยละ 0.45

ตัวอย่าง	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
สูตรควบคุม	50.59 ± 0.41 ^b	15.73 ± 0.01 ^b	13.77 ± 0.09 ^a
เติมผงสีร้อยละ 0.45	51.90 ± 0.01 ^a	16.71 ± 0.04 ^a	12.70 ± 0.02 ^b

^{a-b} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแฮมสูตรควบคุมและแฮมสูตรที่เติมผงสีโมแนสค์สัร้อยละ 0.45 พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกล็ด และคาร์โบไฮเดรต ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ใยอาหารของแฮมสูตรเติมผงสีโมแนสค์สัมีความมากกว่าแฮมสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 6) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากผงสีจากเชื้อราโมแนสค์สั ประกอบด้วยใยอาหารที่ได้จากวัตถุดิบในการหมักคือกล้วยน้ำว่าดิบ ซึ่งมีงานวิจัยได้

รายงานว่า กล้วยดิบเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี โดยมีปริมาณใยอาหารสูงถึง 50 g/100 g [20] ทั้งนี้ได้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่า ปริมาณองค์ไม่ผลต่อปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน แต่องค์ส่งผลให้ปริมาณใยอาหารสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม [11]

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของแฮมสูตรควบคุมเท่ากับ 1.0×10^3 โคโลนีต่อกรัม และแฮมสูตรเติมผงสีร้อยละ 0.45 เท่ากับ 1.3×10^3 โคโลนีต่อกรัม (ตารางที่ 7) ซึ่งแฮมสูตรควบคุมพบจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า อาจเนื่องจากผงเพรกหรือเกลือไนไตรท์ที่ใส่ในแฮมสูตรควบคุมมีคุณสมบัติเป็นวัตถุเจือปนในอาหารสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ [10] แต่ผงสีจากโมแนสคัสเป็นผงสีจากธรรมชาติซึ่งไม่มีคุณสมบัติที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ และเนื่องจากการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หลังจากผลิตแฮมเสร็จโดยไม่ได้มีการบ่มหรือเก็บรักษา ก่อนนำมาวิเคราะห์ จึงอาจจะทำให้ผลวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนจำนวนยีสต์ และราของแฮมสูตรควบคุมและสูตรที่เติมผงสีโมแนสคัสร้อยละ 0.45 เท่ากับ 10 โคโลนีต่อกรัม คุณภาพของแฮมกำหนดว่ายีสต์และรา ต้องไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของแฮม (มผช.145/2546)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของแฮมสูตรควบคุมและแฮมสูตรที่เติมผงสีโมแนสคัสร้อยละ 0.45

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรควบคุม	เติมผงสีร้อยละ 0.45
ความชื้น ^{NS}	53.20 ± 0.87	53.54 ± 0.50
โปรตีน ^{NS}	11.01 ± 0.57	11.01 ± 0.56
ไขมัน ^{NS}	26.62 ± 0.73	26.91 ± 3.39
ใยอาหาร	0.20 ± 0.08 ^b	0.30 ± 0.05 ^a
เถ้า ^{NS}	1.81 ± 0.16	2.01 ± 0.20
คาร์โบไฮเดรต ^{NS}	7.16 ± 2.40	6.23 ± 3.81

^{a-b} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในบรรทัดที่มีอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \leq 0.05$)

^{NS} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในบรรทัด แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของแฮมสูตรควบคุมและสูตรเติมผงสีโมแนสคัส

คุณภาพทางจุลินทรีย์	สูตรควบคุม	เติมผงสีร้อยละ 0.45
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	1.0×10^3	1.3×10^3
จำนวนยีสต์และราทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	10	10

4. สรุป

การหมักกล้วยน้ำว้าด้วย *M. purpureus* ทำให้เกิดสีจากการผลิตเส้นใยสีขาวและเป็นสีแดง จากการสร้างสารสีขึ้นภายในเส้นใยทำให้เห็นโคโลนีเป็นสีแดง การปรับความชื้นเริ่มต้นของกล้วยน้ำว้าก่อนการหมักกับ *M. purpureus* ให้มีความชื้นร้อยละ 60 จะทำให้เชื้อรา *M. purpureus* สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดและสร้างเส้นใยสีแดงปกคลุมวัตถุดิบทั่วบริเวณมากที่สุดจากลักษณะปรากฏ และให้ค่า Pigment Yield (OD ที่ λ_{500} ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) สูงที่สุดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยระยะเวลาใช้ในการอบแห้งของกล้วยน้ำว้าหมักที่มีความชื้นร้อยละ 60 คือ 150 นาที แฮมสูตรควบคุมและสูตรที่เติมผงสีโมแนสคัสร้อยละ 0.45 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์มากที่สุด การใช้ผงสีจากโมแนสคัสไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์แฮม แต่ปริมาณใยอาหารสูงชันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของแฮมทั้งสองสูตรผลการวิเคราะห์เป็นไปตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของแฮม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่สนับสนุนสถานที่และเครื่องมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] W. Muangman, P. Panthukampol, and A. Sontomwat,



- “Pigment production of *Monascus* sp. with agricultural waste: Rice bran or soy milk waste,” *Huachiew Chalemprakit Science and Technology Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 45–55, 2015 (in Thai).
- [2] S. Eadmusik, “Utilization of agricultural residues from *Monascus* fermentation,” *KKU Research Journal*, vol. 19, no. 1, pp. 92–106, 2014 (in Thai).
- [3] S. Jirasatid, “The production of monacolin K, yellow pigment and citrinin by *Monascus purpureus* on agro-industrial byproducts in solid-state fermentation,” Burapha University, National Research Council of Thailand, Chon Buri, Thailand, Grant no. 78/2558, 2015 (in Thai).
- [4] W. Kanlayakrit, P. Suksamran, H. Sukbumrungsub, and K. Yaipon, “Study on initial moisture content of rice for red pigment production of *Monascus purpureus* in various cultivation scales,” in *Proceedings of 53rd Kasetsart University Annual Conference: Science, Genetic Engineering, Architecture and Engineering, Agro-Industry, Natural Resources and Environment*, 2015, pp. 995–1002 (in Thai).
- [5] 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, no. 3, pp. 337–344, 2002.
- [6] P. Pattanagul, R. Pinthong, A. Phianmongkhol, and S. Tharatha, “Mevinolin, citrinin and pigments of adlay angkak fermented by *Monascus* sp.,” *International Journal of Food Microbiology*, vol. 126, no. 1–2, pp. 20–23, 2008.
- [7] I. Srianta, B. Hendrawan, N. Kusumawati, and P. J. Blanc, “Study on durian seed as a new substrate for angkak production,” *International Food Research Journal*, vol. 19 no. 3, pp. 941–945, 2012.
- [8] S. Eadmusik, M. Laddee, and N. Choosuk, “Substitution of *M. purpureus* fermented soybean residues for Chinese-style sausage,” *The Journal of KMUTNB*, vol. 22, no. 3, pp. 22–31, 2012 (in Thai).
- [9] S. T. Silveira, D. J. Daroit, V. Anna, and A. Brandelli, “Stability modeling of red pigments produced by *Monascus purpureus* in submerged cultivations with sugarcane bagasse,” *Food and Bioprocess Technology*, vol. 6, pp. 1007–1014, 2013.
- [10] B. Leesuraplanon, “Study on the situation of using food additives in meat products. Nakhon Ratchasima Province 2560,” *FDA journal*, vol. 2561, no. 2, pp. 58–66, 2018.
- [11] J. Tirasarot and C. Thanomwong, “The utilization of Ang-Kak for color in the emulsion fish sausage,” *KKU Science Journal*, vol. 42, no. 1, pp. 169–175, 2014.
- [12] K. Rojsuntornkitti, N. Jittrepotch, T. Kongbangkerd, and K. Kraboun, “Substitution of nitrite by Chinese red broken rice powder in Thai traditional fermented pork sausage (Nham),” *International Food Research Journal*, vol. 17, no. 1, pp. 153–161, 2010.
- [13] S. Inkioe, “Use of *Monascus* pigment (Angkak) as an alternative to nitrite in smoked sausage and Chinese sausage,” M.S. thesis, Graduate School, King Mongkuts Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 2001 (in Thai).
- [14] S. Suksathits, P. Tangwatcharin, W. Petchkaew,



- and K. Pantong, "Production and characterization of flour, dietary fiber and resistant starch from Kluay Khai processing waste and their application in milk ice-cream," Research project, Thaksin University, 2013 (in Thai).
- [15] P. Naknaen, P. Charoenthaikij, and P. Kerdsup, "Physicochemical properties and nutritional compositions of foamed banana powders (Pisang Awak, *Musa sapientum* L.) dehydrated by various drying methods," *Walailak Journal of Science and Technology*, vol. 13, no. 3, pp. 177-191, 2016 (in Thai).
- [16] K. Tunsopon and D. Ochaikul, "Study on pigment production of *Monascus purpureus* TISTR 3090 on adlay solid state fermentation," in *Proceeding of the 49th Kasetsart University Annual Conference*, Bangkok, Thailand, 2011 (in Thai).
- [17] *Official method of analysis*, AOAC USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16., 2000.
- [18] O. Erdogrul and S. Azirakrdo, "Review of the studies on the red yeast rice (*Monascus purpureus*)," *Turkish Electronic Journal of Biotechnology*, vol. 2, pp. 37-49, 2004.
- [19] B. Yongsmith, *Fermentative Microbiology of Vitamins and Pigments*. Bangkok, Thailand: Kasetsart university press, 1999 (in Thai).
- [20] C. Suksripaisaland and P. Theprugsa, "Use of tomato and ang-kak powder in Chinese sausage," *Journal of Science and Technology*, vol. 27, no. 2, pp. 252-263, 2017 (in Thai).