วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 31, ฉบับที่ 2 เม.ย.–มิ.ย. 2564
The Journal of KMUTNB., Vol. 31, No. 2, Apr.–Jun. 2021

บทความวิจัย

การทดแทนโซเดียมไนไตรท์ในไส้กรอกด้วยผงสีจากการหมัก *Monascus purpureus* ร่วมกับวุ้นมะพร้าว

กนกจันทร์ สานพภา* ธนาภรณ์ ปุญญวานิช และ ปิยดา พิสุทธิพงษ์
ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09 6890 9424 อีเมล: kanokchan.s@agro.kmutb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2020.12.004
รับเมื่อ 20 เมษายน 2563 แก้ไขเมื่อ 22 พฤษภาคม 2563 ตอบรับเมื่อ 1 มิถุนายน 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 14 ธันวาคม 2563
© 2021 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตผงสีจาก *Monascus purpureus* 3 สายพันธุ์ ร่วมกับวุ้นมะพร้าว และศึกษาผลการใช้ผงสีดังกล่าวทดแทนโซเดียมไนไตรท์ในไส้กรอกทั้งคุณลักษณะทางเคมี จุลินทรีย์ และการประเมินทางประสาทสัมผัส ในการทดลองจะผลิตวุ้นมะพร้าวด้วย *Acetobacter xylinum* ได้แผ่นเซลลูโลสที่มีลักษณะเป็นแผ่นวุ้นสีขาวและหนา 2.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาผลิตผงสีโดยนำวุ้นมะพร้าวหมักร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3002, 3090 และ 3629 ในอาหารเหลวสังเคราะห์ พบว่า ลักษณะปรากฏของวุ้นมะพร้าวหมักร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3090 มีสีแดงเข้มทั่วทั้งชิ้นวุ้นและมีค่า a^* เท่ากับ 33.61 ซึ่งมากกว่าวุ้นมะพร้าวที่หมักร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3002 และ 3629 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นนำวุ้นมะพร้าวที่หมักร่วมกับ *M. purpureus* ไปปั่นและอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่า เวลาที่ 182 นาที เป็นระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 นำผงสีที่ได้ศึกษาปริมาณการทดแทนโซเดียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยศึกษา 3 ระดับ คือ 0.25, 0.50 และ 0.75 ของน้ำหนักเนื้อ พบว่า ไส้กรอกสูตรเติมผงสีร้อยละ 0.50 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านสี ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ และความชอบรวม ด้านองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกสูตรเติมผงสีร้อยละ 0.50 พบว่า มีความชื้นร้อยละ 63.04 โปรตีนร้อยละ 17.96 ไขมันร้อยละ 13.64 เถ้าร้อยละ 1.99 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.67 และเส้นใยร้อยละ 1.70 ด้านคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกสูตรเติมผงสีร้อยละ 0.50 เท่ากับ 1.5×10^3 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 70 โคโลนีต่อกรัม

คำสำคัญ: *Monascus purpureus*, *Acetobacter xylinum* วุ้นมะพร้าว โซเดียมไนไตรท์ เซลลูโลส

การอ้างอิงบทความ: กนกจันทร์ สานพภา, ธนาภรณ์ ปุญญวานิช และ ปิยดา พิสุทธิพงษ์, "การทดแทนโซเดียมไนไตรท์ในไส้กรอกด้วยผงสีจากการหมัก *Monascus purpureus* ร่วมกับวุ้นมะพร้าว," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 31, ฉบับที่ 2, หน้า 288–299, เม.ย.–มิ.ย. 2564.

Research Article

Substitution of Sodium Nitrite in Sausages by Pigment Powders from *Monascus purpureus* Fermented with Nata de Coco

Kanokchan Sanoppa,* Tanaporn Poonyavanit and Piyada Pisuttipong
Department of Agro-Industry and Technology Management, 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.kmutb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2020.12.004
Received 20 April 2020; Revised 22 May 2020; Accepted 1 June 2020; Published online: 14 December 2020
© 2021 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research was to study the production of pigment powders from three different *Monascus purpureus* strains fermented with Nata de coco, and the effect of using pigment powders as a substitute for sodium nitrite in sausages in terms of chemical, microbiological and sensory evaluation. Firstly, Nata de coco was produced with *Acetobacter xylinum*, resulting in white cellulose sheets, 2.5 cm thick. Next, Nata de coco was fermented with *M. purpureus* TISTR 3002, 3090 and 3629. The results showed that Nata de coco fermented with *M. purpureus* TISTR 3090 was dark red and *a** value was 33.61, which was significantly higher than that with *M. purpureus* TISTR 3002 and 3629. Then, Nata de coco fermented with *M. purpureus* was blended and dried at 70°C. The results revealed that 182 minutes was the suitable drying time, which the moisture content did not exceed 5 percent. The pigment powders were used to study the substitution of sodium nitrite in sausages at 3 levels: 0.25%, 0.50% and 0.75% of drained weight. The taste panel agreed that the sausages with 0.50% added pigment powders were overall acceptable in terms of color, softness, firmness and likeliness. The chemical composition of sausages with 0.50% added pigment powders was 63.04% moisture content, 17.96% protein, 13.64% fat, 1.99% ash, 1.67% carbohydrates, and 1.70% crude fiber. Additionally, the total plate count of sausage was 1.5×10^3 CFU/g and the total yeast and mold count of sausage was 70 CFU/g.

Keywords: *Monascus purpureus*, *Acetobacter xylinum*, Nata de Coco, Sodium Nitrite, Cellulose

Please cite this article as: K. Sanoppa, T. Poonyavanit, and P. Pisuttipong, "Substitution of sodium nitrite in sausages by pigment powders from *Monascus purpureus* fermented with nata de coco," *The Journal of KMUTNB*, vol. 31, no. 2, pp. 288–299, Apr.–Jun. 2021 (in Thai).

1. บทนำ

การประกอบอาหารของมนุษย์ในปัจจุบันนี้ ส่วนมากจะมีการใช้วัตถุเจือปนอาหารต่างๆ ในการประกอบอาหาร เช่น สารให้สี กลิ่น รส ฯลฯ วัตถุเจือปนเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตทางเคมี ซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค การผลิตสารให้สีโดยวิธีทางชีวภาพจากจุลินทรีย์นั้น อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคน้อยกว่าสารให้สีที่ผลิตด้วยวิธีทางเคมี [1]

สารให้สีส่วนมากนั้น จะได้มาจากพืช เช่น สารสีแดงได้จากสารไลโคพีนในมะเขือเทศ สารสีส้มได้จากสารเบต้าแคโรทีนในแครอท สารสีม่วงได้จากสารแอนโทไซยานินในดอกอัญชัน [2] แต่ในปัจจุบันนั้น ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากทำให้ฤดูกาลเปลี่ยน การปลูกพืชจึงได้ผลผลิตน้อยและไม่เป็นไปตามเป้าหมาย อีกทั้งการปลูกพืชต่างๆ นั้น ต้องใช้พื้นที่ในการเพาะปลูก การใช้จุลินทรีย์ในการผลิตสารสีจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจุลินทรีย์ที่นิยมนำมาผลิตเป็นสารสีนั้นคือ สาหร่าย แต่สาหร่ายนั้นมีข้อจำกัดในการปลูกมาก เพราะสาหร่ายต้องการแสงในการสังเคราะห์และต้องการเกลือ จึงทำให้เกิดความยุ่งยาก และเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมาก การผลิตโดยวิธีทางชีวภาพจากจุลินทรีย์นั้น ได้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น และเชื้อรา *Monascus purpureus* นั้น เป็นราที่ให้สารสีและใช้ในการผลิตสีผสมอาหารในปัจจุบันกันอย่างแพร่หลาย ถือเป็นสิ่งมีชีวิตที่น่าสนใจ ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และไม่ใช้พื้นที่มาก

M. purpureus เป็นเชื้อราที่สร้างรงควัตถุหลายชนิด ตั้งแต่สีเหลืองถึงสีแดง เชื้อราชนิดนี้จะสร้างสารสีขึ้นภายในเส้นใยแล้วปล่อยออกสู่ภายนอกเมื่อเจริญบนอาหารแข็ง เส้นใยจะแนบชิดกับผิวอาหาร นอกจากความสามารถในการผลิตสีแล้ว ยังสามารถผลิตเอนไซม์หลายชนิดด้วย เช่น โปรติเอส กลูโคอะไมเลส [3] เชื้อราโมแนสคัสถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยนำมาใช้ผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อทดแทนเกลือไนไตรท์ที่ผลิตโดยวิธีทางเคมีและเป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภค [4] ซึ่งในอุตสาหกรรมอาหารใช้สีโมแนสคัสเป็นสีผสมในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม เช่น ไส้กรอก เต้าหู้ยี้ ไวน์ข้าวแดง เหล้าเชี่ยงชุน หรือเหล้าแดง [5] แต่โมแนสคัสที่ได้จากแหล่งที่มาที่แตกต่างกันนั้นจะทำให้สารสีไม่เท่ากันอีกด้วย อย่างไรก็ตาม นอกจากเชื้อราดังกล่าวจะสร้างสารสีแล้ว ยังสามารถสร้างสารต่างๆ ได้ เช่น Monacolin K, GABA, Dimerumic Acid ซึ่งสารดังกล่าวมีประโยชน์ต่อร่างกาย กล่าวคือ สารลดระดับคลอเรสเตอรอล สารลดระดับความดันเลือด สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือเป็นสารป้องกันการเกิดมะเร็ง [3]

น้ำมะพร้าวแก่เป็นของเหลือจากโรงงานทำกะทิและขนมต่างๆ ที่ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ผลิตวุ้นมะพร้าว และใช้ในการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ต่างๆ เนื่องจากในน้ำมะพร้าวแก่มีแหล่งอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น ซูโครส ปัจจุบันที่นำมาใช้กันในปริมาณมากก็คือใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ *Acetobacter xylinum* เพื่อผลิตวุ้นมะพร้าว [6]

วุ้นมะพร้าว หรือ Nata de Coco เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรีย ในกลุ่ม *Acetobacter* sp. ซึ่งทำให้เกิดเป็นเซลลูโลสในรูปเจล (Cellulose Microfiber) มีลักษณะเป็นเยื่อเหนียว มีสีขาวหรือครีม มีกลิ่นตามแหล่งวัตถุดิบ ในปัจจุบันการผลิตเซลลูโลสในรูปของวุ้นสามารถเลือกใช้วัตถุดิบได้หลากหลายชนิด เช่น น้ำมะพร้าว น้ำสับปะรด น้ำกะทิ และน้ำหางนม [6]–[8]

วุ้นมะพร้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความน่าสนใจ และมีงานวิจัยที่นำวุ้นมะพร้าวเป็นวัตถุดิบเพื่อหมักร่วมกับ *M. purpureus* โดยศึกษาเปรียบเทียบหาแหล่งอาหารที่เหมาะสมในอาหารเพื่อการหมักพบว่า การใช้ Monosodium Glutamate (MSG) เป็นแหล่งไนโตรเจน และผงข้าว (Rice Powder) เป็นแหล่งคาร์บอนให้สีแดงจากเชื้อราติดบนวุ้นมะพร้าวได้ดีที่สุด และสีบนวุ้นดังกล่าวทนทานต่อสภาวะต่างๆ เช่น กรด ด่าง การฉายรังสี รังสีอัลตราไวโอเลต ได้ดีที่สุด [9]

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันผงสีที่ผลิตจาก *M. purpureus* ด้วยวัตถุดิบต่างๆ ยังเป็นที่ต้องการในตลาดในเอเชียและอเมริกา โดยเฉพาะ จีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เป็นต้น [9] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์นำวุ้นมะพร้าวที่ผลิตจากเชื้อ *A. xylinum* มาหมักร่วมกับ *M. purpureus* 3 สายพันธุ์ เพื่อผลิตเป็นผงสีและนำมาเปรียบเทียบค่าสี

ทดสอบสมบัติการละลาย จากนั้นนำผงสีที่ได้มาใช้ทดแทนโซเดียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยศึกษาผลทางกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเติมผงสีที่ผลิตได้

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมกล้าเชื้อ *A. xylinum* เพื่อผลิตวุ้นมะพร้าว

(ดัดแปลงจากวิธีการของ [10])

เตรียมอาหารสำหรับผลิตกล้าเชื้อวุ้นมะพร้าวประกอบด้วยน้ำมะพร้าว 200 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลซูโครสลงไปร้อยละ 5 ของปริมาตรน้ำมะพร้าวทั้งหมด ต้มให้เดือดที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จนกระทั่งน้ำตาลละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมแอมโมเนียมซัลเฟตลงไป ร้อยละ 0.5 ของปริมาตรน้ำมะพร้าวทั้งหมด และกรดอะซิตริกเข้มข้น ร้อยละ 1 ของปริมาตรน้ำมะพร้าวทั้งหมด นำอาหารดังกล่าวไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที และนำอาหารลดอุณหภูมิให้เหลือ 30 องศาเซลเซียส จึงเติมเชื้อ *A. xylinum* TISTR 976 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ร้อยละ 10 ของปริมาตรอาหารทั้งหมด ตั้งทิ้งไว้ในสภาวะนิ่ง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน

2.2 การผลิตวุ้นมะพร้าว (ดัดแปลงจากวิธีการของ [10])

เตรียมอาหารสำหรับผลิตวุ้นมะพร้าวประกอบด้วย น้ำมะพร้าว 200 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลซูโครสลงไปร้อยละ 5 ของปริมาตรน้ำมะพร้าวทั้งหมด ต้มให้เดือดที่ 100 องศาเซลเซียส 15 นาที จนกระทั่งน้ำตาลละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมแอมโมเนียมซัลเฟตลงไป ร้อยละ 0.5 ของปริมาตรน้ำมะพร้าวทั้งหมด และกรดอะซิตริกเข้มข้น ร้อยละ 1 ของปริมาตรน้ำมะพร้าวทั้งหมด จากนั้นเทลงในกล่องพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อน เติมกล้าเชื้อที่ได้จากการเตรียมในข้อ 2.1 ร้อยละ 10 ของปริมาตรอาหารทั้งหมดลงในกล่อง จากนั้นปิดฝาและตั้งทิ้งไว้ในสภาวะนิ่งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7–9 วัน จะได้เป็นแผ่นวุ้นหลังจากนั้นนำวุ้นมะพร้าวที่ได้ล้างผ่านน้ำสะอาด 1 ชั่วโมง เพื่อลดกลิ่นกรดและกลิ่นเปรี้ยวให้จางลง และนำแผ่นวุ้นมะพร้าวมาตัดให้เป็นแผ่นบาง ขนาด 0.5 × 0.5 × 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นวุ้นมะพร้าวมาต้มให้เดือดที่ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที แล้วพักให้เย็นและบรรจุในถุงสุญญากาศ

2.3 การผลิตสารสีจากการเพาะเลี้ยง *M. purpureus* ร่วมกับวุ้นมะพร้าว

เตรียมอาหารเหลวดัดแปลงเลี้ยงเชื้อ *M. purpureus* สำหรับผลิตผงสีตามวิธีของ [11] (กลูโคส 40 กรัม Anhydrous MSG 50 กรัม $(NH_4)_2$ SO4 2.4 กรัม K_2HPO_4 2.4 กรัม $MgSO_4 7H_2O$ 8 กรัม KCl 0.5 กรัม $FeSO_4 7H_2O$ 0.01 กรัม $ZnSO_4 7H_2O$ 0.01 กรัม $MnSO_4 7H_2O$ 0.003 กรัม และน้ำกลั่น 1 ลิตร) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว บรรจุในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ปริมาตร 250 มิลลิลิตร และนำวุ้นมะพร้าว ขนาด 0.5 × 0.5 × 0.5 เซนติเมตร จำนวน 20 ชิ้น ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จึงเติมกล้าเชื้อ *M. purpureus* 3 สายพันธุ์ คือ *M. purpureus* TISTR 3002, *M. purpureus* TISTR 3090 และ *M. purpureus* TISTR 3629 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) จำนวน 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ร้อยละ 10 ของปริมาตรอาหารทั้งหมด แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในสภาวะเขย่าที่อัตรา 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน จากนั้นนำชิ้นวุ้นที่ได้มาล้างผ่านน้ำสะอาด เป็นเวลา 15 นาที และนำชิ้นวุ้นมาบดด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงเป็นเวลา 20 วินาที เพื่อนำไปศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งต่อไป ทำการทดลอง 3 ซ้ำ [12]

2.4 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งวุ้นมะพร้าว

นำวุ้นที่ผ่านการบดแล้วมาอบแห้งแบบถาด (Tray Dryer) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อหาระยะเวลาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5 โดยการศึกษาระยะเวลาการอบแห้ง (ดัดแปลงวิธีการจาก [14]) ซึ่งทำการสุ่มตัวอย่างในการวัดความชื้นออกเป็น 4 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)

ช่วงที่ 4 สุ่มวัดความชื้นทุก 60 นาที (นาทีที่ 240, 300 และ 360)

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพของผงสีที่ได้จากการหมัก *M. purpureus* ร่วมกับวุ้นมะพร้าว

นำผงสีที่ได้จากการหมัก *M. purpureus* ร่วมกับวุ้นมะพร้าว มาศึกษาองค์ประกอบ ดังนี้

2.5.1 วัดค่าสี

นำผงสีที่ได้จากภายหลังการอบแห้ง 3 กรัม มาวัดค่าสี ($L^* a^* b^*$) ด้วยเครื่องวัดสี Color meter (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex, USA) โดยใช้ช่องรับแสงขนาดกลางวัดผงสี

2.5.2 วัดค่าการละลาย

นำผงสีที่ได้จากภายหลังการอบแห้ง 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ควบคุมอัตราการละลายที่ ระดับ 5 เป็นเวลา 90 วินาที นำสารละลายที่ได้กรองผ่านกระดาษกรอง จากนั้นทำการทดลองซ้ำโดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นตัวทำละลาย นำมาคำนวณค่าการละลายเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการละลายของผงสีในน้ำกลั่นกับน้ำมันถั่วเหลืองดังสมการที่ (1) [13]

$$\% \text{ Soluble (in dry basis)} = \frac{\text{Weight of soluble } (W1 - W2) \times 100}{\text{Weight of sample in Dry Basis}} \quad (1)$$

W1 = น้ำหนักตัวอย่างที่เป็น Dry Basis

W2 = น้ำหนักตะกอนหลังอบ

2.6 การศึกษาปริมาณการใช้ผงสีที่ได้จากการหมักวุ้นมะพร้าวร่วมกับ *M. purpureus* ทดแทนปริมาณโซเดียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

นำผงสีจากโมแนสคัสที่ได้มาศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการเติมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก 3 ระดับ คือร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 ของน้ำหนักเนื้อ โดยจะใช้ผงสีจากโมแนสคัสทดแทนผงเพรกซึ่งมีโซเดียมไนไตรท์เป็นส่วนประกอบ

2.6.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยวิธี Hedonic 9 Point Scale (ช่วงคะแนน 1 ไม่ชอบมากที่สุด 9 ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณสมบัติในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยใช้จำนวนผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน

ตารางที่ 1 สูตรการผลิตไส้กรอก

ส่วนประกอบ (กรัม)	สูตรไส้กรอก			
	สูตรพื้นฐาน	สูตรเติมผงสี 0.25%	สูตรเติมผงสี 0.50%	สูตรเติมผงสี 0.75%
เนื้อหมู	46.54	46.54	46.54	46.54
มันแข็ง	27.92	27.92	27.92	27.92
น้ำแข็ง	18.62	18.62	18.62	18.62
เกลือ	0.99	0.99	0.99	0.99
ฟอสเฟต	0.49	0.49	0.49	0.49
น้ำตาลทราย	0.39	0.39	0.39	0.39
ผงชูรส	0.16	0.16	0.16	0.16
วินเนอร์พรีมิกซ์*	1.87	1.87	1.87	1.87
กระเทียมบด	0.93	0.93	0.93	0.93
หอมหัวใหญ่	1.70	1.70	1.70	1.70
ปาปริก้า	0.09	0.09	0.09	0.09
อิริทรอเบท	0.06	0.06	0.06	0.06
ผงเพรก (โซเดียมไนไตรท์)	0.02	-	-	-
ผงสีโมแนสคัส	-	0.12	0.23	0.35

หมายเหตุ: * เป็นเครื่องเทศประกอบด้วย ปาปริก้า พริกไทย ดอกจันทร์ เมล็ดผักชี ขิงผง ผงชูรส น้ำตาลทราย และแป้งมัน

ที่มา : [10]

2.6.2 วิธีการผลิตไส้กรอกและสูตรการผลิตไส้กรอกแสดงดังตารางที่ 1 (ดัดแปลงจาก [10])

บดเนื้อหมูด้วยเครื่องบดเนื้อจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำเนื้อที่ได้ใส่ในเครื่องตีผสมเติมเกลือและผสมต่อจนเหนียว ใส่ส่วนผสมที่เหลือทั้งหมดยกเว้นมันแข็งและกวนผสมต่อจน

ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากัน เติมมันแข็งและผสมต่อจนได้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้มาใส่ไส้พร้อมทั้งไล่อากาศออก นำไส้กรอกไปต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 10–15 นาที และทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

2.7 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เติมผงสีจากการหมัก *M. purpureus* ทดแทนการใช้โซเดียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

2.7.1 คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Color Meter (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex, USA) โดยวัดค่า *L* a* b**

2.7.2 คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย ความชื้น โดยวิธี A.O.A.C [14] วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยใช้วิธีคำนวณ (ร้อยละคาร์โบไฮเดรต = 100 – (ร้อยละของโปรตีน + ไขมัน + เถ้า + ความชื้น)

2.7.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) และปริมาณยีสต์ราทั้งหมดด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) [14]

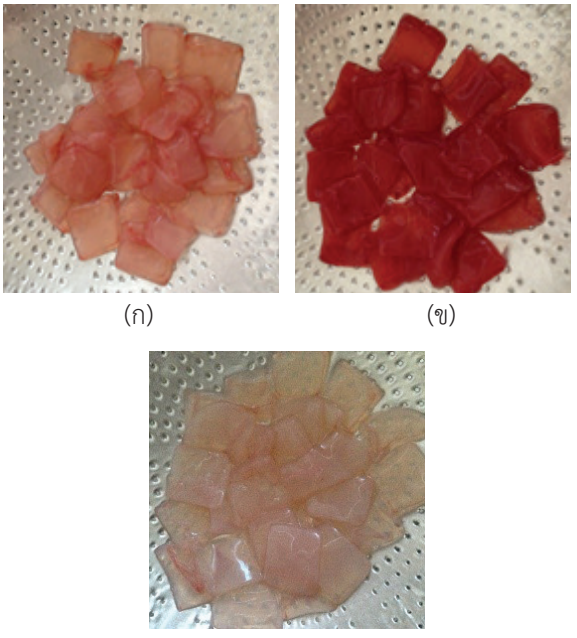
2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version 16

3. ผลการทดลอง

3.1 การศึกษาการผลิตสารสีจากการหมัก *M. purpureus* ร่วมกับวุ้นมะพร้าว

การผลิตสารสีจากการหมักวุ้นมะพร้าวร่วมกับ *M. purpureus* 3 สายพันธุ์ คือ *M. purpureus* TISTR 3002, 3090 และ 3629 ดังแสดงในรูปที่ 1 และตารางที่ 2 พบว่า



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 1 วุ้นมะพร้าวหมักร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3002 (ก) TISTR 3090 (ข) และ TISTR 3629 (ค)

ค่า *L** ซึ่งแสดงค่าความสว่างของวุ้นมะพร้าวที่หมักร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3002 และ 3629 มีค่าความสว่างสูงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวุ้นมะพร้าวที่หมักร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3090 มีความสว่างไปทางสีเข้ม และค่า *a** ซึ่งหมายถึงค่าความเข้มของสีแดง (+ หมายถึงสีแดง - หมายถึงสีเขียว) วุ้นมะพร้าวที่หมักร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3090 ให้ค่าสีแดง (*a**) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ เป็นจำนวนมากที่กล่าวว่า *M. purpureus* TISTR 3090 เป็นสีที่ค่อนข้างคงทนและผลิตสารสีได้มากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ โดยสายพันธุ์ TISTR 3090 ที่เป็นสายพันธุ์ดั้งเดิมของ *M. purpureus* ATCC 16365 จากประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนสายพันธุ์ TISTR 3002 เป็นสายพันธุ์ดั้งเดิมของ *M. purpureus* NRRL 2897 จากประเทศสหรัฐอเมริกา และสายพันธุ์ 3629 เป็นสายพันธุ์ที่มาจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน [15]–[17] แต่อย่างไรก็ตาม อาหารเลี้ยงเชื้อดัดแปลงที่ได้พัฒนาสูตรของ Lin and

Demain [11] สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวสามารถผลิตสารสีจาก *M. purpureus* ได้ เนื่องจากมีส่วนผสมของกลูโคสและโซเดียมกลูตาเมตที่ช่วยให้ *M. purpureus* ผลิตสารสีได้ดี ทั้งนี้การสร้างสารสีของ *M. purpureus* เกิดจากบนวุ้นมะพร้าวมีรูพรุนบนแผ่นเซลลูโลสทำให้ไมซีเลียมจากเชื้อราสามารถผ่านเข้าไปในโครงสร้างด้านในของเซลลูโลสของชิ้นวุ้นมะพร้าวได้ จึงทำให้เกิดสีแดงทั้งด้านนอกและด้านในของชิ้นวุ้นมะพร้าว [9]

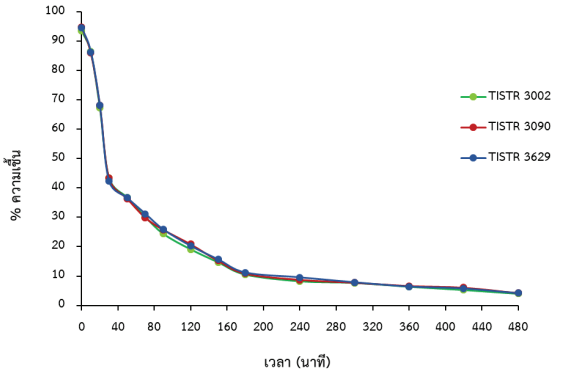
ตารางที่ 2 ค่าสีของวุ้นมะพร้าวที่หมักร่วมกับ *M. purpureus* สายพันธุ์ต่างๆ

ค่าสี	สายพันธุ์ *M. purpureus* หมักร่วมกับวุ้นมะพร้าว		
	TISTR 3002	TISTR 3090	TISTR 3629
*L**	59.53 ± 0.14[a]	36.91 ± 0.62[b]	59.57 ± 0.57[a]
*a**	16.79 ± 0.16[b]	33.61 ± 1.06[a]	16.25 ± 0.36[b]
*b**	11.84 ± 0.69[b]	14.88 ± 1.06[a]	11.90 ± 0.41[b]

[a–b] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนที่มีอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \leq 0.05$)

3.2 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งวุ้นมะพร้าว

ความชื้นเริ่มต้นของวุ้นมะพร้าวที่ได้จาก *M. purpureus* TISTR 3002, 3090 และ 3629 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 93.4891, 94.6915 และ 94.5815 ตามลำดับ (แสดงดังรูปที่ 2) เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นของวุ้นมะพร้าวจะค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว เนื่องจากน้ำที่ผิวหน้าระเหยออกได้เร็วกว่าน้ำจากภายใน และเมื่ออบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ถึงนาทีที่ 480 วุ้นมะพร้าวที่ได้จากการเลี้ยง *M. purpureus* TISTR 3002, 3090 และ 3629 มีค่าความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 4.0198, 4.2488 และ 4.1876 โดยเวลาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ มผช.168/2556 โดยร้อยละความชื้นในระดับที่ไม่เกินร้อยละ 5 เป็นระดับความชื้นที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อรา เนื่องจากมีความชื้นร้อยละ 5 จะมีค่า Aw เท่ากับ 0.40 ซึ่งสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของอาหารแห้งได้ โดยทั่วไปอาหารแห้งจะกำหนดค่า Aw ในอาหารต้องไม่เกิน 0.60 [18]



รูปที่ 2 กราฟอัตราการทำแห้งของวุ้นมะพร้าวหมักร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3002, 3090 และ 3629

ตารางที่ 3 ค่าสีของผงสีจากการหมัก *M. purpureus* สายพันธุ์ต่างๆ ร่วมกับวุ้นมะพร้าวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ผงสี	ค่าสี		
	*L**	*a**	*b**
TISTR 3002	63.97 ± 0.07[b]	15. 92 ± 0.01[b]	12.61 ± 0.04[a]
TISTR 3090	49.84 ± 0.01[c]	23.47 ± 0.28[a]	10.66 ± 0.35[b]
TISTR 3629	64.55 ± 0.01[a]	14.90 ± 0.07[d]	12.68 ± 0.21[a]
ผงสีสังเคราะห์ทางการค้า	29.28 ± 0.01[d]	15.19 ± 0.28[c]	4.71 ± 0.35[c]

[a–c] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \leq 0.05$)

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพของผงสีที่ได้จากการหมัก *M. purpureus* ร่วมกับวุ้นมะพร้าว

3.3.1 วัดค่าสี

จากตารางที่ 3 ค่าสีของผงสีหลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่า ผงสีจากเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 มีค่าความสว่าง (*L**) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือผงสีจากเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3002, 3090 และผงสีสังเคราะห์ ตามลำดับ ในขณะที่ค่า *a** คือ

ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์พบว่า ผงสีจากเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3090 มีค่า a^* เท่ากับ 23.47 ซึ่งมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) บ่งชี้ได้ว่าผงสีจากเชื้อราสายพันธุ์ดังกล่าวเป็นผงสีที่ค่าความเข้มของสีแดงมากที่สุด ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับวุ้นมะพร้าวหลังการหมักร่วมกับเชื้อราก่อนการหมัก (แสดงในผลการทดลองที่ 3.1)

3.3.2 วัดค่าการละลาย

ความสามารถในการละลายของผงสีโมแนสคัสเปรียบเทียบกับผงสีสังเคราะห์ พบว่า ผงสีจากการหมักกับ *M. purpureus* TISTR 3002, 3090 และ 3629 และผงสีสังเคราะห์นั้น มีค่าการละลายในน้ำและน้ำมันถั่วเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ความสามารถในการละลายน้ำของผงสีสังเคราะห์จะมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผงสีโมแนสคัส (ร้อยละ 80.66) เช่นเดียวกันกับความสามารถในการละลายน้ำมันของผงสีสังเคราะห์จะมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ร้อยละ 75.94 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าการละลายของผงสีในน้ำและน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้จากการเพาะเลี้ยง *M. purpureus* สายพันธุ์ต่างๆ

ผงสี	ร้อยละการละลาย	
	น้ำ	น้ำมันถั่วเหลือง
TISTR 3002^{NS}	33.84 ± 0.07^{b}	34.16 ± 0.20^{b}
TISTR 3090^{NS}	29.11 ± 0.02^{d}	29.58 ± 0.21^{c}
TISTR 3629^{NS}	32.63 ± 0.28^{c}	32.99 ± 0.03^{b}
ผงสีสังเคราะห์ทางการค้า^{NS}	80.66 ± 0.29^{a}	75.94 ± 0.89^{a}

$^{a, b, c}$ และ ^{d} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \leq 0.05$)

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

ผงสีจากโมแนสคัสทั้ง 3 สายพันธุ์ จะมีค่าการละลายในตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด คือ น้ำและน้ำมันถั่วเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากผงสีดังกล่าวได้จากการหมักร่วมกับวุ้นมะพร้าว ซึ่งวุ้นมะพร้าวมีคุณสมบัติเป็นเซลลูโลส ไม่ละลายน้ำ ลักษณะหนา นุ่ม และเหนียว โดยเมื่อสังเกตณขณะเมื่อนำผงสีไปละลายในตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด พบว่า ผงสีมีลักษณะฟูขึ้น พองตัว ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะเฉพาะตัวของวุ้นมะพร้าว ดังนั้นจึงมีผลทำให้การละลายผงสีทั้งในตัวทำละลายที่มีขั้วและไม่มีขั้ว คือ น้ำและน้ำมันละลายได้ไม่ดีเท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับผงสีจากโมแนสคัสพบว่า สีจากเชื้อราดังกล่าวสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดอื่นๆ หลายชนิด เช่น Acetone, Ethanol, n-Hexane, Benzene, Petroleum Benzene, Ether, Methanol และ Acetic Acid เป็นต้น นอกจากนี้มีงานวิจัยก่อนหน้านี้กล่าวว่าผงสียังสามารถละลายได้ในน้ำร้อน แต่ไม่ดีเท่าการละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ และยังสามารถละลายในน้ำเย็นได้เล็กน้อย [15]

จากผลการทดลองวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆของผงสีจาก *M. purpureus* ทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า ผงสีที่ได้จากการหมักวุ้นมะพร้าวร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3090 มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ทดแทนโซเดียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกต่อไป

3.4 การศึกษาปริมาณการใช้ปริมาณผงสีที่ได้จากการหมักวุ้นมะพร้าวร่วมกับ *M. purpureus* ทดแทนปริมาณโซเดียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

จากตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาในคุณลักษณะทางด้านสี พบว่า สูตรที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด คือ ไส้กรอกสูตรที่เติมผงสีร้อยละ 0.75 ซึ่งพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับไส้กรอกที่เติมผงสีร้อยละ 0.50 แต่พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \leq 0.05$) กับไส้กรอกสูตรควบคุมและไส้กรอกสูตรเติมผงสีร้อยละ 0.25

ส่วนในคุณลักษณะด้านกลิ่นรสและความนุ่ม พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดคือ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เติมผงสีร้อยละ 0.75 แต่อย่างไรก็ตาม คะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับไส้กรอกสูตรควบคุมและไส้กรอกสูตรเติมผงสีร้อยละ 0.25 และ 0.50

จากการทดสอบคุณลักษณะความชอบในด้านความแน่นเนื้อและความชอบโดยรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสูตรที่เติมผงสีร้อยละ 0.75 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กับไส้กรอกสูตรที่เติมผงสีร้อยละ 0.05 และรวมไปถึงไส้กรอกสูตรควบคุมด้วย

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ สรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสูตรเติมผงสีโมแนสคัสร้อยละ 0.50 ของน้ำหนักเนื้อมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีการใช้ผงสีโมแนสคัสทดแทนโซเดียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ในปริมาณที่น้อยกว่าระดับร้อยละ 0.75 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) แต่เนื่องจากปริมาณการทดแทนร้อยละ 0.50 เป็นประมาณที่น้อยกว่า จะทำให้ประหยัดต้นทุนในการผลิตและให้ผลที่ไม่แตกต่างจากไส้กรอกสูตรเติมผงสีร้อยละ 0.75

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสูตรควบคุมและผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเติมผงสีโมแนสคัสที่ร้อยละต่างๆ

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ			
	สูตรควบคุม	ร้อยละ 0.25	ร้อยละ 0.50	ร้อยละ 0.75
สี	5.33 ± 1.66^{b}	6.00 ± 1.28^{b}	6.83 ± 1.36^{a}	7.06 ± 1.61^{a}
กลิ่นรส^{NS}	5.73 ± 1.43	6.53 ± 1.30	6.33 ± 1.37	6.53 ± 1.71
ความนุ่ม^{NS}	6.53 ± 1.45	5.80 ± 1.51	6.33 ± 1.24	6.46 ± 1.25
ความแน่นเนื้อ	6.86 ± 1.30^{a}	5.53 ± 1.65^{b}	6.56 ± 1.04^{a}	6.90 ± 0.95^{a}
ความชอบรวม	6.50 ± 1.10^{ab}	5.93 ± 1.48^{b}	6.96 ± 0.85^{a}	7.06 ± 1.28^{a}

^{a,b} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนที่มีอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (p≤0.05)

^{NS} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (p>0.05)

3.5 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เติมผงสีจากการหมัก *M. purpureus* ทดแทนการใช้โซเดียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ผลการวิเคราะห์การวัดค่าสีของไส้กรอกสูตรควบคุมและไส้กรอกสูตรเติมผงสีโมแนสคัส (ตารางที่ 6) พบว่า ค่า L^* ซึ่งแสดงค่าความสว่างของไส้กรอกสูตรควบคุมและสูตรเติมผงสีโมแนสคัส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยที่ค่าความสว่างของไส้กรอกสูตรควบคุม และสูตรเติมผงสีโมแนสคัส เท่ากับ 33.59 และ 32.39 ตามลำดับ ส่วนค่า a^* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง พบว่า ค่าความเข้มของสีแดงของไส้กรอกสูตรควบคุมและสูตรเติมผงสีโมแนสคัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) ซึ่งสูตรที่เติมผงสีโมแนสคัสมีค่าสีแดงมากกว่าสูตรควบคุม (6.69) และในส่วนของค่า b^* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลืองพบว่า ค่าสีเหลืองของไส้กรอกสูตรเติมผงสีมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ผงสีโมแนสคัสเติมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาอิมัลชันที่พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ลดลงกล่าวคือผลิตภัณฑ์มีคล้ำเข้มขึ้น ในขณะที่ค่า a^* ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผงสีที่ผลิตจาก *M. purpureus* เป็นวัตถุเจือปนในอาหารที่ใช้เป็นสีผสมในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีเนื้อสัตว์เป็นองค์ประกอบ และเครื่องดื่ม เช่น ไส้กรอก เต้าหู้ยี้ ไวน์ข้าวแดง เหล้าเชี่ยงชุนหรือเหล้าแดง ที่มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงขึ้น [5] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ [10] ที่พบว่า ไส้กรอกชนิดรมควันเมื่อเติมอังคัก (ข้าวแดงที่เกิดจากการหมักกับ *M. purpureus*) ลงไปจะส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้สีของไส้กรอกเข้มขึ้น

ตารางที่ 6 คุณภาพด้านสีของไส้กรอกสูตรควบคุมและสูตรเติมผงสีโมแนสคัส

ค่าสี	สูตรไส้กรอก	
	ควบคุม	เติมผงสีร้อยละ 0.50
L^{*NS}	33.59 ± 1.41	32.39 ± 1.22
a^*	4.92 ± 0.23^{b}	6.69 ± 0.15^{a}
b^{*NS}	12.81 ± 0.33	12.67 ± 0.36

^{a,b} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนที่มีอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (p≤0.05)

^{NS} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (p>0.05)

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสูตรควบคุม มีความชื้นร้อยละ 63.02 โปรตีนร้อยละ 18.12 ไขมันร้อยละ 13.63 เถ้าร้อยละ 1.97 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.66 และเส้นใยร้อยละ 1.60 ส่วนไส้กรอกที่เติมผงสีโมแนสคัส มีความชื้นร้อยละ 63.04 โปรตีนร้อยละ 17.96 ไขมันร้อยละ 13.64 เถ้าร้อยละ 1.99 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.67 และเส้นใยร้อยละ 1.70

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าไส้กรอกสูตรควบคุมและสูตรเติมผงสีโมแนสคัสมีใยอาหารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในผงสีจากเชื้อราโมแนสคัสประกอบด้วยใยอาหารที่ได้จากวุ้นมะพร้าว เมื่อนำมาทดแทนในไส้กรอก ทำให้ไส้กรอกสูตรเติมผงสีโมแนสคัสมีใยอาหารมากกว่าไส้กรอกสูตรควบคุม สำหรับความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของไส้กรอกทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่โปรตีนและไขมันในไส้กรอกสูตรที่เติมผงสีโมแนสคัส เท่ากับ 17.96 และ 13.64 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มผช. 330/2555 คือโปรตีนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก และไขมันต้องไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกสูตรควบคุมและสูตรเติมผงสีโมแนสคัส

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าคุณภาพของไส้กรอกสูตรต่างๆ	
	ควบคุม	เติมผงสีร้อยละ 0.50
ความชื้น^{NS}	63.02 ± 0.69	63.04 ± 0.72
โปรตีน^{NS}	18.12 ± 0.45	17.96 ± 0.34
ไขมัน^{NS}	13.63 ± 0.34	13.64 ± 0.30
เถ้า^{NS}	1.97 ± 0.04	1.99 ± 0.03
คาร์โบไฮเดรต^{NS}	1.66 ± 0.01	1.67 ± 0.02
ใยอาหาร	1.60 ± 0.02^{b}	1.70 ± 0.01^{a}

^{a,b} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนที่มีอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \leq 0.05$)

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

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์แสดงในตารางที่ 8 พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกในสูตรควบคุมเท่ากับ 1×10^3 โคโลนีต่อกรัม ส่วนไส้กรอกเติมผงสีโมแนสคัสเท่ากับ 1.5×10^3 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มผช.330/2555 ที่กำหนดให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูได้ไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม และพบปริมาณยีสต์และราในไส้กรอกสูตรควบคุมและสูตรเติมผงสีโมแนสคัสเท่ากับ 50 และ 70 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีได้ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มผช.330/2555

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของไส้กรอกสูตรควบคุมและสูตรเติมผงสีโมแนสคัส

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ค่าคุณภาพ	
	ไส้กรอกสูตรควบคุม	ไส้กรอกสูตรเติมผงสีร้อยละ 0.50
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	1×10^3	1.5×10^3
ยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	50	70

4. สรุป

M. purpureus TISTR 3090 เป็นสายพันธุ์ของ *M. purpureus* ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตสารสีแดงเข้มเมื่อหมักร่วมกับวุ้นมะพร้าวได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ และเมื่อนำไปใช้ผลิตผงสีโดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส คือ 182 นาที จะมีผลทำให้ได้ผงสีที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มผช.168/2556 ค่าสีของผงสีจาก *M. purpureus* TISTR 3090 จะให้ค่าสีแดง (a^*) มากที่สุด และค่าความสว่าง (L^*) น้อยที่สุด บ่งชี้ถึงผงสีที่ได้มีสีแดงเข้ม ในขณะที่ค่าการละลายของผงสีจากโมแนสคัสจะมีค่าการละลายในน้ำและน้ำมันที่น้อยกว่าผงสีสังเคราะห์ทางการค้าเนื่องจากโครงสร้างวุ้นมะพร้าวเป็นเซลลูโลส จึงทำให้การละลายทั้งในน้ำและน้ำมันไม่ดีเท่าที่ควร

ผลทางด้านประสาทสัมผัสของไส้กรอกพบว่า การเติมผงสีโมแนสคัสร้อยละ 0.50 ของน้ำหนักเนื้อมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากผู้บริโภคให้การยอมรับในด้าน สี กลิ่นรส ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ และความชอบรวมซึ่งไม่แตกต่างจาก

สูตรเติมผงสีร้อยละ 0.75 แต่เนื่องจากปริมาณการทดแทนร้อยละ 0.50 เป็นประมาณที่น้อยกว่าจะทำให้ประหยัดต้นทุนในการผลิต

องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกที่เติมผงสีโมแนสคัสมีความชื้นร้อยละ 63.04 โปรตีนร้อยละ 17.96 ไขมันร้อยละ 13.64 เถ้าร้อยละ 1.99 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.67 และเส้นใยร้อยละ 1.70 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 1.5×10^3 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์และรา 70 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 330/2555)

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่สนับสนุนสถานที่และเครื่องมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] W. Muangman, P. Panthukampol, and A. Soontornwat "Pigment production of *Monascus* sp. with agricultural waste: Rice bran or soy milk waste," *Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 45–55, 2015 (in Thai).

[2] K. Sukatchasakun, "Watercress: The queen of vegetable," in *Thaihealthbook*. Bangkok: Moh-Chao-Ban Publishing House, pp. 14–19, 2017 (in Thai).

[3] S. Eadmusik, "Utilization of agricultural residues from *Monascus fermentation*," *KKU Research Journal*, vol. 19, no. 1, pp. 92–106, 2014 (in Thai).

[4] 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.

[5] B. Yongsmith, *Fermentative Microbiology of Vitamins and Pigments*. Bangkok: Kasetsart University press, 1999 (in Thai).

[6] C. Tang-amornsuksan and W. Khrusong, "Nata de coco product mixed in lychee juice," *Food (Thailand)*, vol. 23, no. 2, pp. 107–114, 1993.

[7] C. Promwongpo, W. Yokhanit, and J. Khemacheewakul, "A study of the optimal fermentation conditions for Nata de coco production by *Acetobacter xylinum* TISTR 975 from mango Juice," *KMUTT Research & Development Journal*, vol. 40, no. 2, pp. 271–282, 2017 (in Thai).

[8] P. Junsangsre, P. Srikamsukh, and W. Pankhaw, "Substitution of coconut juice by pineapple juice in Nata de coco - pina production," *Journal of Agriculture*, vol. 18, no. 1, pp. 46–55, 2002.

[9] F. Sheu, C. L. Wang, and Y. T. Shyu, "Fermentation of *Monascus purpureus* on Bacterial Cellulose-nata and the Color Stability of *Monascus*-nata Complex," *Journal of Food Science*, vol. 65, no. 2, pp. 342–345, 2000.

[10] 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).

[11] T. F. Lin and A. L. Demain, "Effect of nutrition of *Monascus* sp. on formation of red pigments," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 36, pp. 70–75, 1991.

[12] P. Jermjumroon, R. Chumnongsart, and W. Sanoppa, "Studies on product from *Manascus purpureus* TISTR 3090 – Nata complex as an alternative

in Chinese sausage," Bachelor Degree, Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute Technology of Ladkrabang, 2004 (in Thai).

[13] H. Al-Kahtani and B. H. Hassan, "Spray drying of roselle (*Hibiscus sabciariffa* L.) extract," *Journal of Food Science*, vol. 55, no. 4, pp. 1073–1076, 1990.

[14] *Official method of analysis*, AOAC USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16, 2000.

[15] R. Srivibool, "The selection of *Monascus purpureus* strains suitable for pigment production," M.S. thesis, Department of Biology, Faculty of Science, Chiangmai University, 1988 (in Thai).

[16] A. Hanpongkittikun, M. Haewsungcharem, and R. Pinthong, "Semi-industrial scale production of red pigment by *Monascus purpureus* from rice I. factors affecting red rice production," M.S. thesis, Faculty of Agro-Industry, Chiangmai University, 1988 (in Thai).

[17] H. Ishiwata, M. Watanabe, and A. Tanimura, "Studies on the Hygienic Chemistry of *Monascus* pigments (I)," *Journal of Food Safety and Hygiene*, vol. 15, no. 1, pp. 36–37, 1974.

[18] O. R. Fennema, *Food Chemistry*, 3rd ed. CRC Press, 1996.