1st 8th INSCIC
Yala Rajabhat University
21-22 Feb 2023

PROCEEDING
รายงานสืบเนื่องจาก

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 8 และ การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 1

The 8th National Conference on Science and Technology 2023 (NSCIC2023) and
The 1st International Conference on Science and Technology 2023 (INSCIC2023)

วันที่ 21-22 กุมภาพันธ์ 2566
คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 8 และ
งานประชุมวิชาการระดับนานาชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 1
The 8th National Conference on Science and Technology 2023: NSCIC2023 and
the 1st International Conference on Science and Technology 2023: INSCIC2023

จัดพิมพ์โดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
พิมพ์ครั้งที่ 1
ปีที่พิมพ์ 2566

เลขมาตรฐานสากลประจำหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 978-616-8297-28-5
ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication data

ISBN (e-book) 978-616-8297-28-5

สงวนลิขสิทธิ์โดย
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมืองยะลา
จังหวัดยะลา 95000 โทรศัพท์ 073 299 699

จัดพิมพ์แบบ อิเล็กทรอนิกส์

ความคงตัวต่อพีเอชและอุณหภูมิของสารสีธรรมชาติจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01
pH and Thermal Stabilities of Natural Pigments by *Monascus* sp. YRU01

ยาสมี เลาหสกุล[1*]
Yasmi Louhasakul[1*]

[1]หลักสูตรชีววิทยาเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ยะลา 95000 ประเทศไทย
[1]Biological Technology and Innovation program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala, 95000 Thailand
*Corresponding author, email address: yasmi.lo@yru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความคงตัวของสีมีความสำคัญต่อการทำนายการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างกระบวนการแปรรูปและถนอมอาหารเพื่อป้องกันและควบคุมการสลายตัวของสี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคงตัวต่อพีเอชและอุณหภูมิของสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 สำหรับประยุกต์สารสีเป็นสีผสมอาหารในอาหารแปรรูป ในการศึกษานี้ได้ศึกษาความคงตัวของสารสีต่อพีเอชในช่วง 3.0 – 8.0 ครอบคลุมช่วงค่าพีเอชอาหารแปรรูปชนิดกรดสูงและกรดต่ำ และศึกษาความคงตัวของสารสีต่ออุณหภูมิที่ครอบคลุมอุณหภูมิอาหารแปรรูป ได้แก่ แช่แข็ง (0 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส) พาสเจอไรซ์ (63 องศาเซลเซียส) ต้ม (100 องศาเซลเซียส) และสเตอริไลซ์ (110 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส) จากการศึกษาพบว่าสารสีมีความคงตัวสูงที่พีเอชมีความเป็นกลางถึงด่างอ่อน และมีความคงตัวสูงที่อุณหภูมิต่ำ (0 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส) และและยังคงมีความคงตัวสูงที่อุณหภูมิสูง (100 องศาเซลเซียส) สิ่งเหล่านี้บ่งชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้สารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 เป็นสีผสมอาหารในอาหารแปรรูปได้

คำสำคัญ: *Monascus* sp. สารสี ความคงตัวต่อพีเอช ความคงตัวต่ออุณหภูมิ

Abstract

The study of pigment stability is important to forecast the quality changes during food processing and preservation in order to prevent and control pigment degradation. This research aims to evaluate pH and thermal stabilities of *Monascus* sp. YRU01 pigments in order to apply the pigments as a food coloring in processed food. In this study, the pigment stability on pH in the range of 3.0 – 8.0 covering pH of acidified and low-acid food, and the pigment stability on temperature covering temperature used for processed food including frozen (0°C and -20°C), pasteurization (63°C), boiling (100°C) and sterilization (110°C and 121°C) were studied. The pigments were highly stable at pH neutral to weak bases and were also greatly stable at low temperatures (0°C and -20°C), and remained favorably stable at high temperature (100°C). These indicated that the potential use of *Monascus* sp. YRU01 pigments as a food coloring in processed food.

Keywords: *Monascus* sp., pigment, pH stability, thermal stability

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารได้ให้ความสำคัญกับการใช้สีผสมอาหารที่ได้จากพืชและจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Silbir & Goksungur, 2019) โดยข้อมูลวิจัยด้านการตลาดโลก (Polaris Market Research) ในปี 2019 พบว่าขนาดตลาดโลกของสีธรรมชาติสำหรับอาหาร ยาและเครื่องสำอางมีอัตราการเติบโตที่ 1,794.5 ล้านเหรียญสหรัฐ และคาดว่าจะเติบโตเพิ่มขึ้นเป็น 3.2 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2027 การผลิตสีจุลินทรีย์นั้นมีข้อได้เปรียบมากกว่าการผลิตสีจากพืช ได้แก่ จุลินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ใช้พื้นที่ในการเพาะเลี้ยงน้อย สีที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงสีจากพืช เป็นต้น (Panesar *et al*., 2015) ขณะที่สีจากพืชมีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อย

และไวต่อแสงและอุณหภูมิ (Sharmila *et al*., 2013) ปัจจุบันมีจุลินทรีย์หลายชนิดที่สามารถผลิตสีและมีการใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม โดยหนึ่งในจุลินทรีย์ที่ได้รับความนิยมและมีการใช้เพื่อผลิตสีผสมอาหารอย่างแพร่หลายในเอเชียคือเชื้อรา *Monascus* sp. (Velmurugan *et al*., 2010) ซึ่งเป็นราในอาหารชนิดที่ปลอดภัยกินได้ เพราะมีประวัติการใช้ประโยชน์มาหลายพันปี โดยเฉพาะประเทศในแถบตะวันออก เช่น จีน ได้มีการนำเอาเฉพาะส่วนที่เป็นผงสีทำเป็นองค์ประกอบของเครื่องปรุงในการทำหมูแดง เป็ดปักกิ่ง ซอสเย็นตาโฟ เต้าหู้ยี้ ใช้ปรุงเครื่องดื่มเช่น เหล้า เบียร์ น้ำผลไม้ นมเปรี้ยว นอกจากนี้ยังถูกใช้เป็นยาพื้นบ้านและเครื่องสำอาง (Online magazine smart buy, 2022) อย่างไรก็ตามข้อจำกัดที่สำคัญในการใช้สีธรรมชาติเป็นสีผสมอาหารคือความคงตัวต่อสภาวะต่าง ๆ ในกระบวนการแปรรูปและถนอมอาหาร ได้แก่ แสง ออกซิเจน อุณหภูมิ และพีเอช เป็นต้น (Loypimai *et al*., 2016) พีเอชมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. โดยสีเหลืองมีความคงตัวดีที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อปรับค่าพีเอชจากกรดเป็นด่างทำให้สีเหลืองเปลี่ยนเป็นสีแดง นอกจากนี้สีจากเชื้อรา *Monascus* sp. มีความคงตัวต่ออุณหภูมิได้สูง โดย >95% ของตัวอย่างมีความคงตัวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที (Chen & Wu, 2016) Vendruscolo *et al*. (2013) ได้ศึกษาความคงตัวต่ออุณหภูมิและพีเอชของสารสีจากเชื้อรา *M. ruber* พบว่าสารสีแต่ละเฉดแสดงความคงตัวต่อพีเอชแตกต่างกัน โดยสารสีแดงของเชื้อรา *M. ruber* มีความคงตัวที่พีเอชสูง ขณะที่สารสีสีส้มมีความคงตัวที่พีเอชต่ำ (pH 4.08 - 6.91) อย่างไรก็ตามทั้งสองเฉดสีมีความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 75 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามความรู้เกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของสีในสภาวะการแปรรูปที่แตกต่างกันยังมีน้อยและมีความสำคัญต่อการนำไปประยุกต์กับอุตสาหกรรมอาหารแต่ละชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาอิทธิพลของพีเอชและอุณหภูมิต่อความคงตัวของสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินความคงตัวต่อพีเอชและอุณหภูมิของสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสปอร์เชื้อรา

นำเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 (Accession No. MT605235) มาเพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้นแข็ง Potato Dextrose Agar (PDA) ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน เติมสารละลายผสมโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 กับ tween 80 ร้อยละ 0.1 ลงไปในขวดที่มีเชื้อราเจริญอยู่ แล้วนำเข็มเขี่ยเชื้อขูดชะสปอร์ จากนั้นปิเปตสารละลายไปนับจำนวนสปอร์ด้วยวิธี Direct microscopic counts โดยดัดแปลงจากวิธีของ Wanichsan *et al*. (2558) เพื่อควบคุมปริมาณเชื้อราเริ่มต้นให้ได้เท่ากับ 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร

2. การหมักสารสีภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

หมักสารสีภายใต้สภาวะที่เหมาะสมตามวิธีการในอนุสิทธิบัตร คำขอเลขที่ 2103000803 (Louhasakul & Tayeh, 2021) นำไปเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 - 14 วัน

3. ศึกษาอิทธิพลของพีเอชต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01

นำตัวอย่างที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อรามาสกัดสารสีด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ในอัตราส่วนตัวอย่างต่อสารละลายเอทานอลเท่ากับ 1:5 จากนั้นนำไปเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงที่ 7,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (Kantifedaki *et al*., 2018) จากนั้นนำสารละลายไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วนำสารละลายเข้มข้นมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม จากนั้นนำสารละลายไปปรับพีเอชด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกหรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 M ให้ครอบคลุมช่วงค่าพีเอชอาหารแปรรูปชนิดกรดสูงและกรดต่ำเท่ากับ 3.0 – 8.0 แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 400, 475 และ 500 นาโนเมตร เพื่อวัดค่าสารสีเหลือง สีส้ม และสีแดง ตามลำดับ (Yadav & Prabha, 2014) ทุกชุดการทดลองทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลผลการทดลองหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01

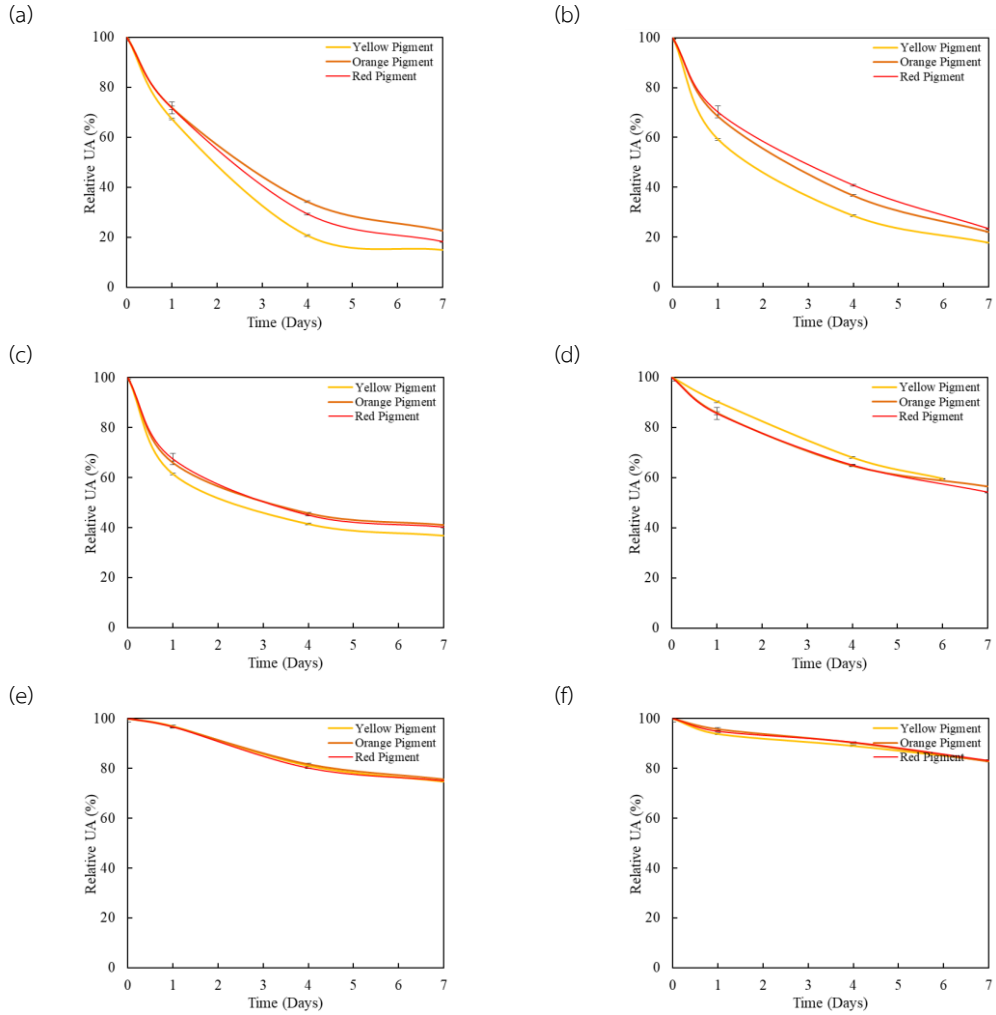
นำตัวอย่างที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อรามาสกัดสารสีด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ในอัตราส่วนตัวอย่างต่อสารละลายเอทานอลเท่ากับ 1:5 จากนั้นนำไปเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงที่ 7,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (Kantifedaki *et al*., 2018) จากนั้นนำสารละลายไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วนำสารละลายเข้มข้นมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม จากนั้นนำไปให้ความเย็น

และความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่ครอบคลุมอุณหภูมิอาหารแปรรูป ได้แก่ แช่แข็ง (0 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส) พาสเจอไรซ์ (63 องศาเซลเซียส) ต้ม (100 องศาเซลเซียส) และสเตอริไลซ์ (110 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส) แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 400, 475 และ 500 นาโนเมตร เพื่อวัดค่าสารสีเหลือง สีส้ม และสีแดง ตามลำดับ (Yadav & Prabha, 2014) ทุกชุดการทดลองทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลผลการทดลองหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. อิทธิพลของพีเอชต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01

จากการศึกษาอิทธิพลของพีเอชต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 โดยให้ครอบคลุมช่วงค่าพีเอชอาหารแปรรูปชนิดกรดสูงและกรดต่ำเท่ากับ 3.0 – 8.0 พบว่าสารสีมีความคงตัวสูงที่ค่าพีเอชเท่ากับ 8.0 โดยมีค่าความคงตัวมากกว่าร้อยละ 80 รองลงมาที่ค่าพีเอชเท่ากับ 7.0 ซึ่งมีค่าความคงตัวมากกว่าร้อยละ 70 อย่างไรก็ตามสารสีมีความคงตัวลดลงน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่ช่วงค่าพีเอช 3.0 – 5.0 จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าสารสีมีความคงตัวสูงที่ค่าพีเอชเป็นกลางถึงเบสอ่อน และจะมีความคงตัวลดลงหรือน้อยที่ค่าพีเอชเป็นกรดอ่อนจนถึงกรดสูง

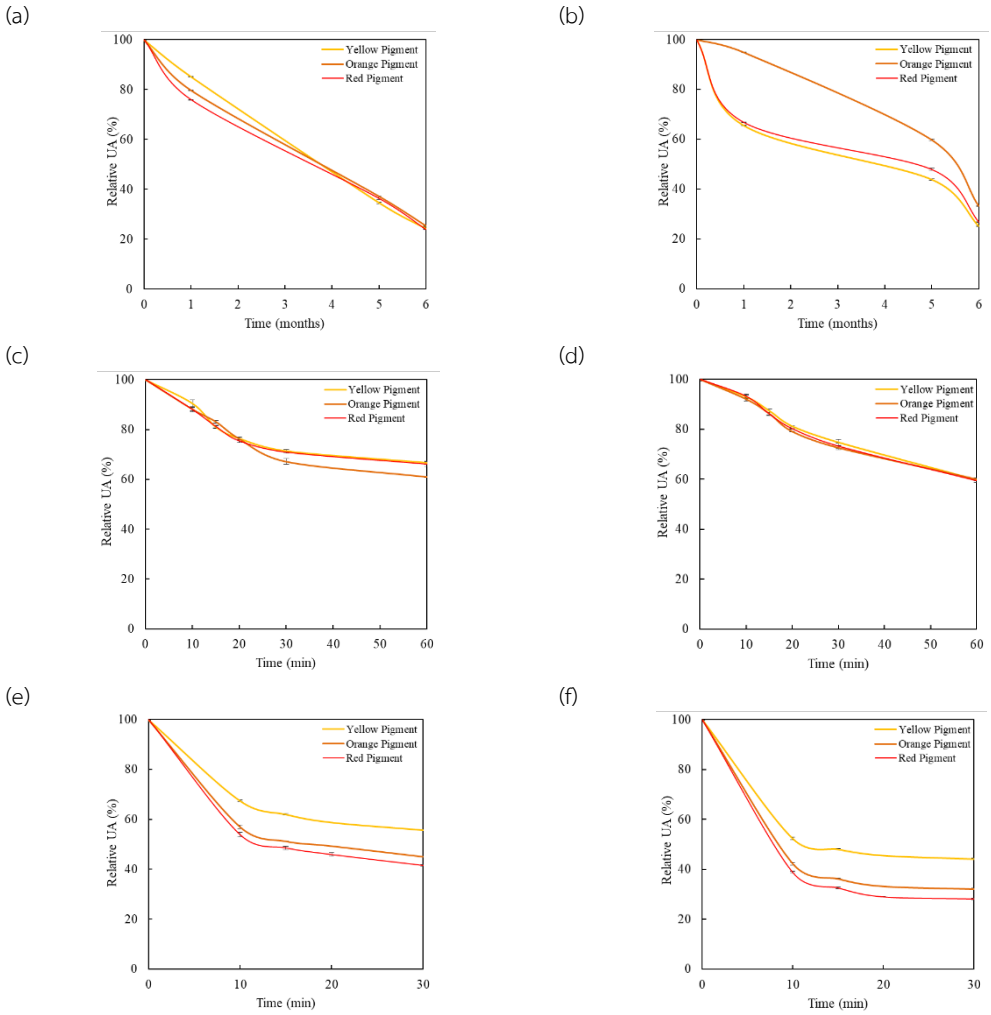


ภาพที่ 1 อิทธิพลของพีเอชที่ 3.0 (a) 4.0 (b) 5.0 (c) 6.0 (d) 7.0 (e) และ 8.0 (f) ต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01

2. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 โดยให้อุณหภูมิที่ครอบคลุมอุณหภูมิอาหารแปรรูป ได้แก่ แช่แข็ง (0 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส) พาสเจอไรซ์ (63 องศาเซลเซียส) ต้ม (100 องศาเซลเซียส) และสเตอริไลซ์ (110 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส) พบว่าสารสีมีความคงตัวสูงที่อุณหภูมิ

เท่ากับ 63 องศาเซลเซียส และ 100 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความคงตัวมากกว่าร้อยละ 60 แต่จะมีค่าความคงตัวลดลงที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส (110 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส) สำหรับความคงตัวของสารสีที่อุณหภูมิต่ำ (0 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส) พบว่าสารสีมีความคงตัวมากกว่าร้อยละ 50 ในช่วง 3 เดือนแรกของการทดลอง จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าสารสีมีความคงตัวสูงที่อุณหภูมิต่ำ และยังคงมีความคงตัวสูงที่อุณหภูมิสูงไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่ -20 องศาเซลเซียส (a) 0 องศาเซลเซียส (b) 63 องศาเซลเซียส (c) 100 องศาเซลเซียส (d) 110 องศาเซลเซียส (e) และ 121 องศาเซลเซียส (f) ต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01

อภิปรายผลการวิจัย

โดยปกติแล้วสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. จะละลายในน้ำและไขมัน (Carvalho *et al*., 2005) และมีความคงตัวต่อพีเอช 2.0 – 10.0 และความร้อนสูง ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการผลิตหรือเพาะเลี้ยง (Tseng *et al*., 2000) จากการศึกษาอิทธิพลของพีเอชต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 โดยให้ครอบคลุมช่วงค่าพีเอชอาหารแปรรูปชนิดกรดสูงและกรดต่ำเท่ากับ 3.0 – 8.0 พบว่าสารสีมีความคงตัวสูงที่ค่าพีเอชเป็นกลางถึงเบสอ่อนคือค่าพีเอชที่ 7.0 – 8.0 และจะมีความคงตัวลดลงหรือน้อยที่ค่าพีเอชเป็นกรดอ่อนจนถึงกรดสูงคือค่าพีเอชที่ 3.0 – 6.0 โดยในสภาวะที่พีเอชเป็นกรดสูง ทำให้โมเลกุลสารสีเกิดไฮโดรไลซิสและตกตะกอน และในสภาวะที่พีเอชเป็นด่างสูงทำให้โมเลกุลสารสีบริเวณหมู่ไนโตรเจนของpyrano-quinone bicyclic core เกิดออกซิเดชันได้เป็น pyronoid oxygen ซึ่งทำให้สีจางลง อย่างไรก็ตามเมื่อปรับพีเอชที่เหมาะสมทำให้โมเลกุลสารสีกลับมาละลายได้อีกครั้ง (de Oliveira *et al*., 2022) โดย Jung *et al*. (2011) รายงานว่าสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. ละลายได้น้อยที่พีเอชเป็นกรด (pH 4) และเกิดการรวมตัวกันตกตะกอน ซึ่งสอดคล้องกับ Abdollahi *et al*. (2021) รายงานเกี่ยวกับการประเมินความคงตัวของสารสีจาก *M. purpureus* ATCC 16362/PTCC 5303 พบว่าพีเอชและอุณหภูมิส่งผลต่อความคงตัวของสารสีแดงของ *M. purpureus* โดยที่อุณหภูมิสูง

ค่าคงที่การสลายตัวของสารสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้นและทำให้ค่าพีเอชลดลง สารสีแดงจะถูกทำลายที่ค่าพีเอชที่ต่ำเช่นเดียวกันกับสารสีจาก *M. ruber* มีความคงตัวปานกลาง เมื่อสัมผัสกับพีเอชต่ำหรืออุณหภูมิสูง (Silveira *et al*., 2013)

การแปรรูปด้วยความร้อนเป็นหนึ่งในวิธีการที่สำคัญที่สุดของการแปรรูปอาหารเพื่อการเก็บรักษา กระบวนการทางความร้อนสูงที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป เช่น พาสเจอไรซ์ สเตอริไลซ์ และการอบอาจส่งผลต่อความความคงตัวของสารสี (Velmurugan *et al*., 2011) จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความคงตัวสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 โดยให้อุณหภูมิที่ครอบคลุมอุณหภูมิอาหารแปรรูป ได้แก่ แช่แข็ง (0 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส) พาสเจอไรซ์ (63 องศาเซลเซียส) ต้ม (100 องศาเซลเซียส) และสเตอริไลซ์ (110 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส) พบว่าสารสีมีความคงตัวสูงที่อุณหภูมิต่ำ และยังคงมีความคงตัวสูงที่อุณหภูมิสูงไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิสูงทำให้สารสีบางส่วนเกิดการสลายตัว รวมทั้งเกิดการรวมตัวกันและตกตะกอน (Keivani & Jahadi, 2022) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ali *et al*. (2022) ได้ศึกษาความคงตัวของสารสีจากเชื้อรา *Monascus* sp. ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนกับโซเดียมต่อปัจจัยต่าง ๆ เช่น พีเอช อุณหภูมิ เป็นต้น พบว่าการให้อุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ในสารละลายกรดทำให้สารสีตกตะกอน Silveira *et al*. (2013) ได้ศึกษาแบบจำลองความคงตัวของสารสีแดงที่ผลิตโดย *M. purpureus* พบว่าสารสีมีค่าความคงตัวลดลงที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส (110 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส) และสารสีอาจทนต่อสภาวะพาสเจอร์ไรส์ได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Aksorn *et al*. (2013) ได้ศึกษาความคงตัวของสีแดงที่สกัดได้จากการเลี้ยงรา *Monascus* spp. ที่คัดแยกได้ พบว่าสีแดงที่สกัดได้จากเชื้อรามีความคงตัวและทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ 40 – 100 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ความคงตัวได้ดีกว่าสารสีมาตรฐาน Wisdom red และ Carophyll red อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันปฏิสัมพันธ์ของสารสีกับที่มีส่วนประกอบอาหารต่อความคงตัวของสารสีในอาหารนั้น ๆ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของพีเอชและอุณหภูมิที่มีผลต่อความคงตัวของสารสีที่ผลิตโดยเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 โดยสารสีมีความคงตัวสูงหรือค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่พีเอชเป็นกลางถึงด่างอ่อน (pH 7 – 8) และมีความคงตัวสูงที่อุณหภูมิต่ำ (0 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้ยังคงมีความคงตัวที่อุณหภูมิเท่ากับ 63 องศาเซลเซียส และ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาสารสีให้มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานในอาหารแปรรูปได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยงบบำรุงการศึกษาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา [บกศ.007/2565] ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา สำหรับแหล่งทุนสนับสนุน ขอขอบคุณหลักสูตรชีววิทยาเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และเครื่องมือ

เอกสารอ้างอิง

Abdollahi, F., Jahadi, M. & Ghavami, M. (2021). Thermal stability of natural pigments produced by *Monascus purpureus* in submerged fermentation. *Food Sci Nutr, 9*, 4855–4862.

Aksorn, S., Butnan, W. & Na Nakorn, P. (2013). Stability of red pigments from isolated *Monascus* spp. in submerged culture. *Thai Journal of Science and Technology, 2*(3), 185–191. (in Thai)

Ali, I., Al-Dalali, S., Hao, J., Ikram, A., Zhang, J., Xu, D. & Cao, Y. (2022). The stabilization of *Monascus* pigment by formation of *Monascus* pigment-sodium caseinate complex. *Food Chemistry, 384*, 132480.

Carvalho, J. C. D., Oishi, B. O., Pandey, A., & Soccol, C. R. (2005). Biopigments from *Monascus*: Strains selection, citrinin production and color stability. *Brazilian Archives of Biology and Technology, 48*(6), 885–894.

Chen, G. & Wu, Z. (2016). Production and biological activities of yellow pigments from *Monascus* fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology, 32*, 136.

de Oliveira, F., L.D. Rocha, I., Pinto, D. C. G.A., Ventura, S. P. M., dos Santos, A. G., Jos´e Crevelin, E., de Carvalho Santos Ebinuma, V. (2022). Identification of azaphilone derivatives of *Monascus* colorants from *Talaromyces amestolkiae* and their halochromic properties. Food Chemistry, 372, 131214.

Jung, H., Choe, D., Nam, K.-Y., Cho, K.-H. & Shin, C. S. (2011). Degradation patterns and stability predictions of the original reds and amino acid derivatives of *Monascus* pigments. *European Food Research & Technology, 232(*4), 621-629.

Kantifedaki, A., Kachrimanidou, V., Mallouchos, A., Papanikolaou, S., & Koutinas, A. A. (2018). Orange processing waste valorisation for the production of bio-based pigments using the fungal strains *Monascus purpureus* and *Penicillium purpurogenum*. *Journal of Cleaner Production, 185,* 882-890.

Keivani, H. & Jahadi, M. (2022). Solid-state fermentation for the production of *Monascus* pigments from soybean meals. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 46*, 102531.

Louhasakul, Y. & Tayeh, N. (2021). Method for coloring production from fungi in powder form. Thai petty patent no. 2103000803. (in Thai)

Loypimai, P., Moongngarm, A. & Chottanom, P. (2016). Thermal and pH degradation kinetics of anthocyanins in natural food colorant prepared from black rice bran. *Journal of Food Science and Technology, 53*, 461–470.

Online magazine smart buy. (2022). *No. 257 Get to know red yeast rice before buying it* [Online]. Retrieved November 13, 2022m from: https://chaladsue.com/article/4089/. (in Thai)

Panesar, R., Kaur, S., & Panesar, P. S. (2015). *Production of microbial pigments utilizing agro-industrial waste: A review*. In Current Opinion in Food Science (Vol. 1, Issue 1, pp. 70–76). Elsevier Ltd.

Sharmila, G., Nidhi, B., & Muthukumaran, C. (2013). Sequential statistical optimization of red pigment production by *Monascus purpureus* (MTCC 369) using potato powder. *Industrial Crops and Products, 44,* 158-164.

Silbir, S., & Goksungur, Y. (2019). Natural red pigment production by *Monascus purpureus* in submerged fermentation systems using a food industry waste: Brewer's spent grain. *Foods, 8*(5), 161.

Silveira, S. T., Daroit, D. J., Sant'Anna, V., & Brandelli, A. (2013). Stability modeling of red pigments produced by *Monascus purpureus* in submerged cultivations with sugarcane bagasse. *Food and Bioprocess Technology, 6*(4), 1007–1014.

Tseng, Y. Y., Chen, M. T., & Lin, C. F. (2000). Growth, pigment production and protease activity of *Monascus purpureus* as affected by salt, sodium nitrite, polyphosphate and various sugars. *Journal of Applied Microbiology, 88*(1), 31–37.

Velmurugan, P., Hur, H., Balachandar, V., Kamala-Kannan, S., Lee, K.-J., Lee, S.-M., Chae, J.-C., Shea, P. J., & Oh, B.-T. (2011). Monascus pigment production by solid-state fermentation with corn cob substrate. *Journal of Bioscience and Bioengineering, 112*(6), 590–594.

Velmurugan, P., Kim, M. J., Park, J. S., Karthikeyan, K., Lakshmanaperumalsamy, P., Lee, K. J., Park, Y. J., & Oh, B. T. (2010). Dyeing of cotton yarn with five water soluble fungal pigments obtained from five fungi. *Fibers and Polymers, 11*(4), 598–605.

Vendruscolo, F., Müller, B. L., Moritz, D. E., de Oliveira, D., Schmidell, W. & Ninow, J. L. (2013). Thermal stability of natural pigments produced by *Monascus ruber* in submerged fermentation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology,* 2, 278–284.

Wanichsan, D., Ninchawee, N., Rattanakom, T. & Kongjuk, P. (2015). An algorithm for hemocytometer cell counting based on image processing technique and DBSCAN. *Information Technology Journal,* (2), 56-61. (in Thai)

Yadav, K. S., & Prabha, R. (2014). Effect of Ph and Temperature on Carotenoid Pigments produced from *Rhodotorula Minuta*. *International Journal of Fermented Foods, 3*(2), 105-113.