

## ความคงตัวของสารสีธรรมชาติที่ใช้ในการแต่งสีแหนมหมู

สัสดาวดี พูลพิพัฒน์<sup>1</sup>, ภัทรดา แก้วอ่อน<sup>1</sup> และ บุญส่ง หวังสินทวีกุล<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>โรงเรียนเบญจมราชูทิศนครศรีธรรมราช อำเภอเมืองฯ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000

<sup>2</sup>สำนักวิชาเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

\*boonsong.wu@mail.wu.ac.th

### บทคัดย่อ

ข้าวโพดสีนวล (*Zea mays*; Poaceae), ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (*Oryza sativa*; Poaceae) และกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa*; Malvaceae) ถูกนำมาเตรียม และสกัดสารสีธรรมชาติ โดยการนำมาอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส และบดให้เป็นผงด้วยโกร่ง ก่อนนำไปสกัดด้วย 80% ethanol ด้วยวิธีแช่เย็น เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ได้สารสกัดเมล็ดข้าวโพดสีนวล 3.28 กรัม (คิดเป็น 21.8 % w/w), สารสกัดขั้วข้าวโพดสีนวล 0.71 กรัม (คิดเป็น 4.7 % w/w), สารสกัดไหมข้าวโพดสีนวล 2.50 กรัม (คิดเป็น 16.6% w/w), สารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ 1.40 กรัม (คิดเป็น 9.3% w/w) และสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 6.38 กรัม (คิดเป็น 42.4 % w/w) ตามลำดับ โดยทุกตัวอย่างถูกนำมาศึกษาความคงตัวโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 254 นาโนเมตร เมื่ออยู่ในสารละลาย acetate buffer pH 4.6 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงในวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 พบว่าสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้การดูดกลืนแสงลดลงหลังจากวันที่ 3 ในขณะที่สารสกัดไหมข้าวโพดให้การดูดกลืนแสงที่มากขึ้นภายใน 7 วัน และคงตัวระยะหนึ่ง ก่อนที่จะมีการดูดกลืนแสงลดลงภายหลังของวันที่ 21 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความไม่คงตัวขององค์ประกอบภายในสารสกัด ในขณะที่สารสกัดขั้วข้าวโพด, สารสกัดเนื้อข้าวโพด และสารสกัดกระเจี๊ยบแดง มีค่าการดูดกลืนแสงคงตัวตลอดการทดลอง โดยทุกตัวอย่างได้ดำเนินการวัดเจตสีด้วย spectrophotometer (วัดค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) และคำนวณความแตกต่างของเจตสี ( $\Delta E$ ) โดยหาก  $\Delta E$  มีค่ามากกว่า 1.00 จะพบว่าสายตาของมนุษย์จะเห็นความแตกต่างของเจตสี ซึ่งจากการทดลองพบว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงไม่มีความแตกต่างของเจตสีในระยะเวลาอย่างน้อย 21 วัน ( $\Delta E < 1.00$ ) สำหรับสารสกัดไหมข้าวโพดสีนวลจะมีความแตกต่างของเจตสีภายใน 7 วันแรก ( $\Delta E > 1.00$ ) แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป จะมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะทำให้เจตสีกลับมาใกล้เคียงกับสีเดิม ( $\Delta E < 1.00$ ) ซึ่งสอดคล้องกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 254 นาโนเมตร จากข้อมูลนี้กล่าวได้ว่าสารสกัดไหมข้าวโพดสีนวลเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นสารแต่งสีแหนมหมูที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุจากการเพาะปลูกข้าวโพดสีนวล โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการนำสารสกัดของไหมข้าวโพดสีนวล และสารสกัดกระเจี๊ยบแดงไปใช้ในการแต่งสีแหนมหมู โดยพบว่าในวันที่ 1, 2, และ 3 ของการเตรียม ในกรณีของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ไม่เห็นความแตกต่างของสี แต่กรณีของสารสกัดไหมข้าวโพด ในวันที่ 3 ของการเตรียม จะเห็นได้ชัดว่าสีของแหนมหมูแตกต่างจากวันแรกอย่างชัดเจน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำสารสกัดธรรมชาติเหล่านี้ไปแต่งสีแหนมหมูเพื่อการบริโภคต่อไป

**คำสำคัญ:** แหนมหมู Anthocyanins สารแต่งสีอาหารจากธรรมชาติ กระเจี๊ยบแดง ไหมข้าวโพดสีนวล

### บทนำ

ตามยุทธศาสตร์ครัวไทยสู่โลก พ.ศ. 2559-2564 ที่มีการบูรณาการตลอดห่วงโซ่มูลค่าของสินค้าอาหารและการบริการด้านอาหาร ซึ่งประกอบด้วย ยุทธศาสตร์พัฒนาสินค้าอาหาร ยุทธศาสตร์พัฒนารูทกิจบริการอาหาร และยุทธศาสตร์พัฒนาปัจจัยสนับสนุนที่ครอบคลุมการผลิตและส่งออกสินค้าอาหารและธุรกิจบริการด้านอาหาร ให้มีคุณภาพมาตรฐานสากล และมีความปลอดภัยบนพื้นฐานของความยั่งยืน และมั่นคงทางอาหารของประเทศนั้น โดยเฉพาะยุทธศาสตร์พัฒนาสินค้าอาหาร ให้ได้อาหารที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อการบริโภคนั้นมีความสำคัญ โดยเฉพาะในประเด็นของสารเจือปนที่นำมาใช้ในการผลิตอาหาร อันได้แก่สารปรุงแต่งรส สารปรุงแต่งสี สารปรุงแต่งกลิ่น รวมทั้งวัตถุกันเสีย เป็นต้น โดยเฉพาะสารแต่งสีซึ่งมักเป็นสารสังเคราะห์ (Jayawardana, 2012) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาสารแต่งสีอาหารจากธรรมชาติ ที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และให้สีที่สวยงาม นำมารับประทาน แหนมหมูเป็นอาหารที่มีถิ่น

กำเนิดจากภาคอีสานของประเทศไทย เตรียมได้จากเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อวัว และเนื้อหมู ซึ่งอาหารจำพวกหมูนอกจากจะมีรสชาติดีและอร่อยแล้ว การทำหมูนึ่งยังเป็นกรรมวิธีในการถนอมอาหารอีกวิธีหนึ่งด้วย (ชัยจันทร์, 2561) สำหรับสาร anthocyanin เป็นสารธรรมชาติที่พบได้ในพืชหลายชนิด เช่น อัญชัน (*Clitoria ternatea*; Fabaceae), มันเทศสีม่วง (*Ipomoea batatas*; Convolvulaceae), และฝักราชวงศ์ (*Oxalis triangularis*; Oxalidaceae) เป็นต้น มีการเปลี่ยนเฉดสีไปตาม pH ของสภาพแวดล้อม โดยจะให้สีแดงใน pH ที่เป็นกรด (Fossen, 1998) และด้วย anthocyanins เป็นสารในกลุ่มของ flavonoid ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ดังนั้นตัวอย่างพืช 3 ชนิดจึงถูกนำมาศึกษา อันได้แก่ ข้าวโพดสีนวล (เมล็ดข้าวโพด, ชั่งข้าวโพด, และไหมข้าวโพด), ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และกระเจี๊ยบแดง การศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเป็นการทดสอบความคงตัวของสารสีจากธรรมชาติที่มีศักยภาพในการนำมาเป็นสารแต่งสีขนมหมุ่ เฉดสี รวมทั้งศึกษาลักษณะสีของขนมหมุ่ที่ได้ (กงกาญจนา, 2553 และ ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว, 2561)

## วิธีดำเนินการวิจัย

กระเจี๊ยบแดง, ข้าวโพดสีนวล (แยกส่วนของเมล็ดข้าวโพด, ชั่งข้าวโพด และไหมข้าวโพด) และข้าวไรซ์เบอร์รี่ ถูกซื้อมาจากตลาดหัวอิฐ อำเภอเมืองฯ จังหวัดนครศรีธรรมราช ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2561 เพื่อนำมาศึกษาสารสกัดของตัวอย่างพืชดังกล่าวในการใช้ประโยชน์เป็นสารแต่งสีขนมหมุ่จากธรรมชาติ ซึ่งมีวิธีการทดลองต่าง ๆ ดังนี้

### ตอนที่ 1: การสกัดสารจากตัวอย่างสมุนไพร

1) นำตัวอย่างพืชทั้ง 5 ตัวอย่าง มาหั่นลดขนาดให้มีขนาดเล็ก แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้ง

2) นำตัวอย่างพืชทั้ง 5 ตัวอย่างมาบดให้เป็นผงด้วยโกร่ง และนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง โดยให้ได้น้ำหนักประมาณ 15 กรัม ซึ่งจากการชั่งน้ำหนักได้น้ำหนักของแต่ละตัวอย่างดังต่อไปนี้คือ กระเจี๊ยบแดง 15.02 กรัม, ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 15.03 กรัม, ไหมข้าวโพด 15.03 กรัม, เมล็ดข้าวโพดสีนวล 15.03 กรัม และ ชั่งข้าวโพดสีนวล 15.02 กรัม

3) นำตัวอย่างแต่ละชนิดที่ชั่งได้ใส่ขวดรูปชมพูนขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำที่ละลายคือ 80% ethanol ซึ่งเตรียมจากเอทานอลและน้ำกลั่น โดยใส่ตัวทำละลายลงในขวดรูปชมพู่ทั้ง 5 ขวด ปริมาณ 300 มิลลิลิตร แช่ไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยเขย่าเป็นระยะ ๆ (วันละ 3 – 4 ครั้ง)

4) เมื่อครบกำหนด ดำเนินการกรองสารสกัดโดยใช้กระดาษกรองและกรวยแก้ว เก็บในขวดแก้วที่สะอาดและเก็บให้พ้นจากแสง

5) นำสารสกัดที่ได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ จนได้สารสกัดแห้ง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเก็บสารสกัดที่ได้ในตู้ดูดความชื้น

6) ชั่งน้ำหนักของสารสกัดแห้งของแต่ละตัวอย่าง โดยได้น้ำหนักดังนี้ สารสกัดกระเจี๊ยบแดง 6.38 กรัม (คิดเป็น 42.4 % w/w), สารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ 1.40 กรัม (คิดเป็น 9.3 % w/w), สารสกัดไหมข้าวโพด 2.49 กรัม (คิดเป็น 16.6 % w/w), สารสกัดเมล็ดข้าวโพดสีนวล 3.28 กรัม (คิดเป็น 21.8 % w/w), และ สารสกัดชั่งข้าวโพดสีนวล 0.71 กรัม (คิดเป็น 4.7 % w/w)

7) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของสารสกัดแต่ละชนิดด้วย Thin-layer chromatography (TLC) โดยใช้ Chloroform : Methanol : น้ำ (7 : 3 : 0.1) เป็น mobile phase จากนั้นนำแผ่น TLC ไปอังไอน้ำในอ่างน้ำอุ่นเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสี

### ตอนที่ 2: การศึกษาความคงตัวของสารสกัดจากตัวอย่างพืชสมุนไพร

ในการศึกษาความคงตัวของสารสกัดจากตัวอย่างพืชทั้ง 5 ตัวอย่าง ดำเนินการโดยการเตรียมสารสกัดแต่ละชนิดในรูปของสารละลายในสภาวะที่เป็นกรด (pH = 4.6) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 วัน โดยประเมินค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ 254 nm และวัดเฉดสีที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย spectrophotometer โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) เตรียมสารละลาย acetate buffer โดยเตรียมน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตรใส่ในขวดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ชั่ง sodium acetate trihydrate 4.057 กรัม, acetic acid 3.034 กรัม โดยนำ sodium acetate trihydrate และ acetic acid ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร วัด pH ด้วย pH meter (วัดได้ 4.6)

2) ชั่งสารสกัดแห้งจากตัวอย่างพืชทั้ง 5 ตัวอย่าง มาอย่างละ 100 มิลลิกรัม ด้วยเครื่องชั่ง แยกใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

- 3) ใส่สารละลาย acetate buffer ในบีกเกอร์เล็กน้อย และคนจนกว่าสารตัวอย่างละลายจนหมด จากนั้น แยกแต่ละตัวอย่างใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยสารละลาย acetate buffer จนครบ (ความเข้มข้น = 1 กรัม / มิลลิลิตร)
- 4) ปิเปตสารละลายของทั้ง 5 ตัวอย่างใส่ลงในหลอดทดลองที่มีฝาเกลียว ตัวอย่างละ 6 หลอด หลอดละ 15 มิลลิลิตร
- 5) วัดค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ 254 นาโนเมตร และประเมินเจตสีของสารละลาย โดยใช้เครื่อง spectrophotometer JASCO V-630 ตั้งค่าให้ blank = 254 นาโนเมตร
- 6) บันทึกผลวันแรกที่วัดค่ามาตรฐานสีและวัดค่าการดูดกลืนแสง UV เป็น Day 0 หลังจากนั้นบันทึกผลทุก 1 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

### ตอนที่ 3: การทำขนมหมุ่แต่งสีธรรมชาติ

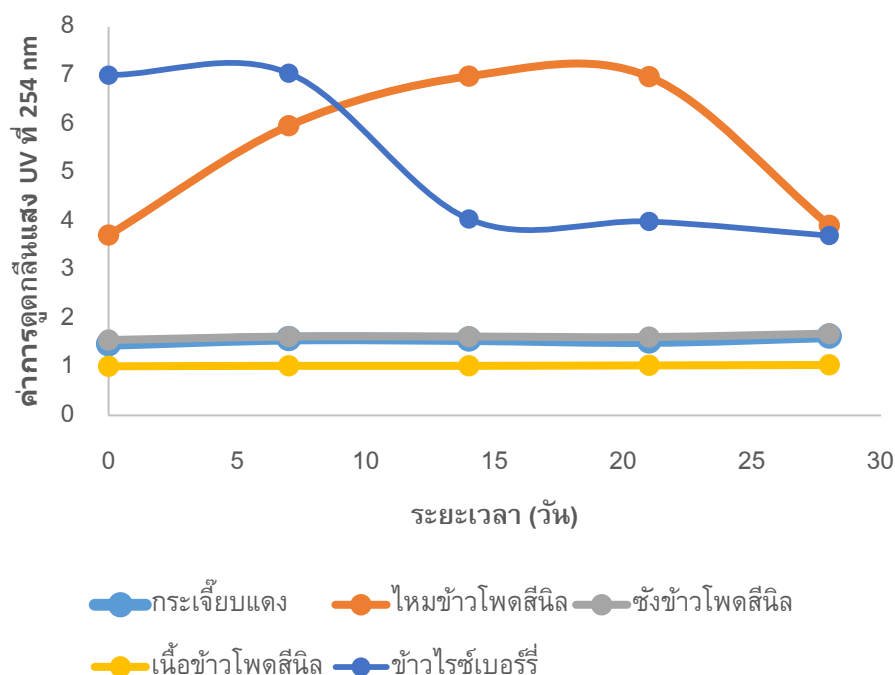
การศึกษาวิจัยครั้งนี้ สารสกัดแห้งกระเจี๊ยบแดง และไหมข้าวโพดสีนิลจากตอนที่ 1 ถูกเลือกนำมาใช้เป็นสารแต่งสีจากธรรมชาติ ในการเตรียมขนมหมุ่ โดยมีขั้นตอนการเตรียมดังต่อไปนี้

- 1) ชั่งสารสกัดแห้งของกระเจี๊ยบแดง และไหมข้าวโพดสีนิล อย่างละ 2 กรัม โดยแต่ละตัวอย่างถูกละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร (0.20 กรัม / มิลลิลิตร) เพื่อนำมาใช้ในการแต่งสีขนมหมุ่ธรรมชาติ
- 2) เตรียมวัตถุดิบในการทำขนมหมุ่ ได้แก่ ข้าวหอมมะลิหุงสุก 480 กรัม, กระเทียมจีนบด 480 กรัม, เกลือ 160 กรัม, น้ำตาลทราย 96 กรัม และหมูเนื้อแดงไร้มันบด 8 กิโลกรัม
- 3) นำส่วนผสมในข้อ 2) ผสม และคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยส่วนที่แรก ใส่สารสกัดกระเจี๊ยบแดง และส่วนที่สองใส่สารสกัดไหมข้าวโพดสีนิล โดยแต่ละกลุ่ม แบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย ส่วนละ 1.2 กิโลกรัม
- 4) นำแต่ละส่วนมาผสมกับสารสกัดในปริมาณต่างกัน ดังนี้
  - 4.1) ใส่สารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร (สารสกัด 0.2 กรัม คิดเป็น 0.02% w/w)
  - 4.2) ใส่สารสกัดปริมาตร 3 มิลลิลิตร (สารสกัด 0.6 กรัม คิดเป็น 0.05% w/w)
  - 4.3) ใส่สารสกัดปริมาตร 6 มิลลิลิตร (สารสกัด 1.2 กรัม คิดเป็น 0.10% w/w)
- 5) นำขนมหมุ่ในแต่ละกลุ่มการทดลองมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก ถุงละ 150 กรัม และเก็บไว้ในตู้เย็นหมุ่หึ่ง
- 6) บันทึกผลโดยทำแบบประเมินคุณภาพของขนมหมุ่ที่ได้เบื้องต้น (วันที่ 1, 2 และ 3)

### ผลและอภิปราย

จากการสกัดตัวอย่างพืชทั้ง 5 ตัวอย่างด้วยวิธีแช่อยู่กับ 80% ethanol ได้สารสกัดกระเจี๊ยบแดง 6.38 กรัม (คิดเป็น 42.4 % โดยน้ำหนัก), สารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ 1.40 กรัม (คิดเป็น 9.3 % โดยน้ำหนัก), สารสกัดไหมข้าวโพด 2.49 กรัม (คิดเป็น 16.6 % โดยน้ำหนัก), สารสกัดเมล็ดข้าวโพดสีนิล 3.28 กรัม (คิดเป็น 21.8 % โดยน้ำหนัก), และ สารสกัดชั่งข้าวโพดสีนิล 0.71 กรัม (คิดเป็น 4.7 % โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ ซึ่งทุกตัวอย่างมีสีเจดแดงถึงสีม่วงเข้ม โดยทุกตัวอย่างเมื่อนำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นด้วยเทคนิค thin-layer chromatography และนำไปอ้งไอของแอมโมเนียเข้มข้น พบ spot สีเขียว ซึ่งแสดงว่า ทุกตัวอย่างมีสาร anthocyanins เป็นองค์ประกอบในสารสกัด

สารสกัดทั้ง 5 ตัวอย่าง ถูกนำมาศึกษาความคงตัวในสภาวะจำลอง ที่ 25 องศาเซลเซียส pH 4.6 ซึ่งเป็นสภาวะความเป็นกรดของขนมหมุ่สูตรมาตรฐานที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ 254 นาโนเมตร และประเมินเจตสีของสารละลาย โดยใช้เครื่อง spectrophotometer JASCO V-630 ตั้งค่าให้ blank = 254 นาโนเมตร

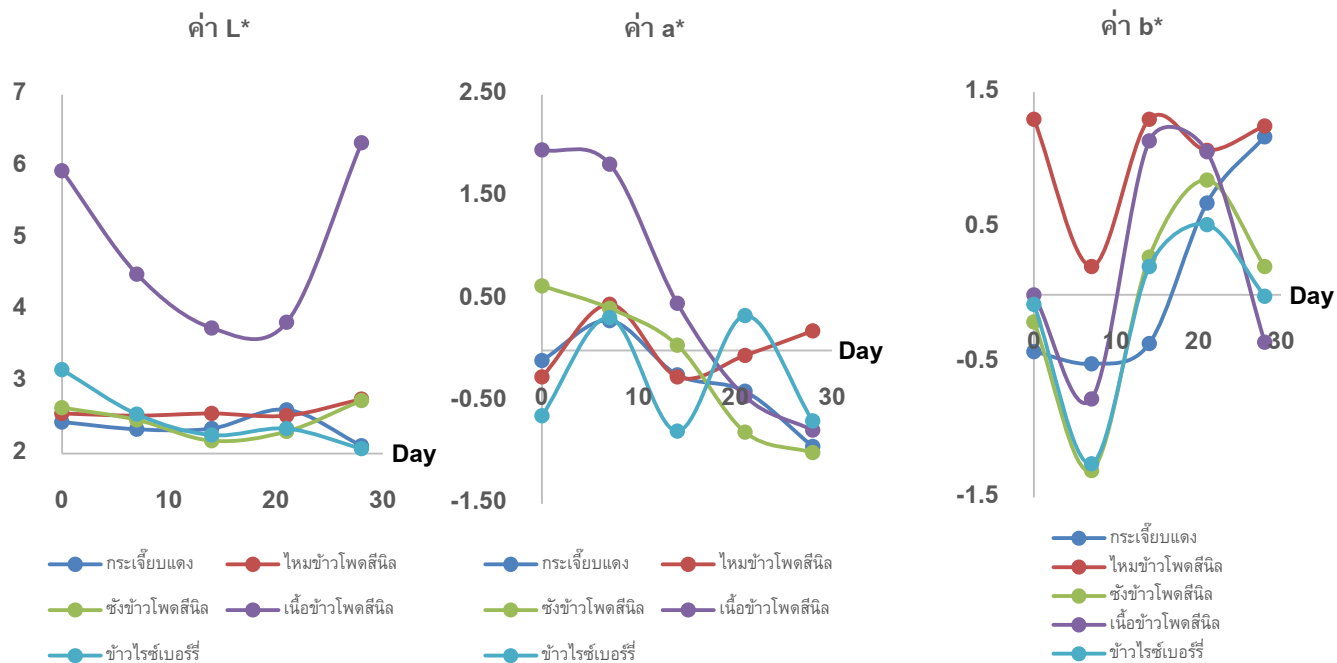


**รูปที่ 1** แสดงค่าการดูดกลืนแสง UV ของสารสกัดตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่าง (ความเข้มข้น 1 กรัม/ มิลลิลิตร) ที่ pH 4.6 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ในวันที่ 0, 7, 14, 21, และ 28)

ผลการวัดค่าดูดกลืนแสง UV ที่ 254 nm ในสภาวะการทดลอง พบว่า สารสกัดกระเจี๊ยบ, สารสกัดชั่งข้าวโพดสีนิล และสารสกัดเนื้อข้าวโพดสีนิลมีความคงตัวตลอดการทดลอง ในขณะที่สารสกัดใหม่ข้าวโพดสีนิลจะมีค่าดูดกลืนแสงมากขึ้น และจะลดลงหลังจากวันที่ 21 ของการทดลอง ซึ่งจะแตกต่างจากสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ 254 nm ลดลง และจะคงที่หลังจากวันที่ 14 ของการทดลอง สำหรับการประเมินเจดสีของสารละลาย โดยใช้เครื่อง spectrophotometer JASCO V-630 ตั้งค่าให้ blank = 254 นาโนเมตร โดยวัดออกมาเป็นค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  ซึ่ง ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่  $L^*$  จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness) จากค่า  $+L^*$  แสดงถึงสีขาว จนถึง  $-L^*$  แสดงถึงสีดำ  $a^*$  จะบรรยายถึงสีจากเขียว ( $-a^*$ ) ไปจนถึงแดง ( $+a^*$ ) ส่วน  $b^*$  จะบรรยายถึงสีจากน้ำเงิน ( $-b^*$ ) ไปจนถึงเหลือง ( $+b^*$ ) (हेलीงฮอน, 2553)

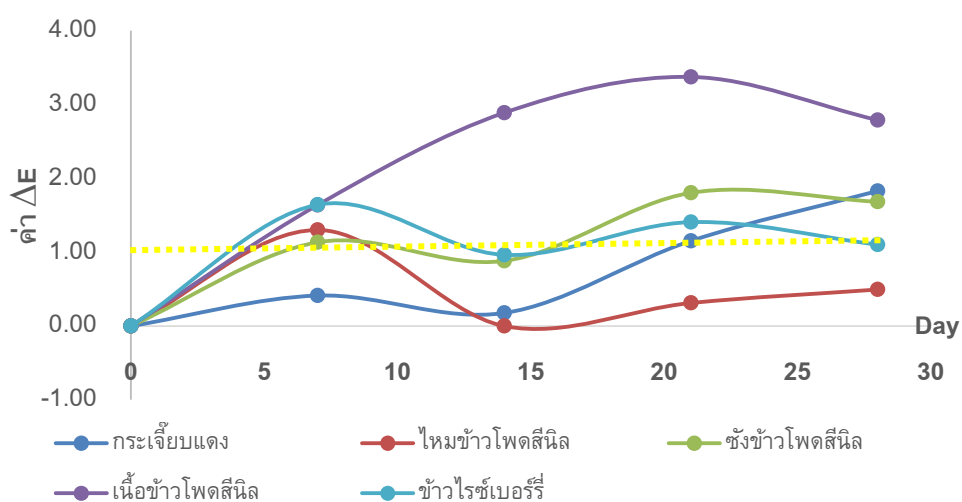
ผลการวัดค่าเจดสีของสารสกัดตัวอย่างในสภาวะการทดลอง พบว่า ค่า  $L^*$  มีค่าเป็นบวกทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการวัดเจดสีของทุกตัวอย่างแสดงถึงสีขาว ซึ่งสารสกัดทุกตัวมีค่า  $L^*$  ก่อนช่วงคงที่ตลอดการทดลอง ยกเว้นสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่มีค่า  $L^*$  ลดลงและจะเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 21 ของการทดลอง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดดังกล่าวนี้ที่ 254 nm ด้วย (Leardkamolkarn, 2011) สำหรับค่า  $a^*$  จะมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการทดลอง โดยทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงและมีค่าต่ำกว่า 0 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสีเขียว ยกเว้นสารสกัดใหม่ข้าวโพดสีนิลมีค่ามากกว่า 0 ณ วันที่ 28 ของการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสีแดง สำหรับค่า  $b^*$  สารสกัดกระเจี๊ยบแดง และสารสกัดใหม่ข้าวโพดสีนิล มีแนวโน้มต่ำกว่า 0 แสดงให้เห็นถึงสีน้ำเงิน ในขณะที่สารสกัดอีก 3 ตัวอย่างมีค่า  $b^*$  มากกว่า 0 แสดงให้เห็นถึงสีเหลือง ซึ่งความแตกต่างของเจดสีจะคำนวณออกมาเป็นค่า  $\Delta E$  โดยใช้สูตรดังนี้ (เหมะฐลิน, 2555)

$$\Delta E = \sqrt{(L^*2 - L^*1)^2 + (a^*2 - a^*1)^2 + (b^*2 - b^*1)^2}$$



รูปที่ 2 แสดงผลการวัดเจตสีของสารสกัดทั้ง 5 ตัวอย่าง (ความเข้มข้น 1 กรัม/ มิลลิลิตร) ที่ pH 4.6 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ในวันที่ 0, 7, 14, 21, และ 28 ของการทดลอง) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer JASCO V-630 (blank = 254 nm)

ซึ่งหาก  $\Delta E$  มีค่ามากกว่า 1 จะสามารถเห็นความแตกต่างของเจตสีด้วยสายตาของมนุษย์ ซึ่งค่า  $\Delta E$  ในการทดลองของสารสกัดทั้ง 5 ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงค่า  $\Delta E$  ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทดลองของสารสกัดทั้ง 5 ตัวอย่าง (ความเข้มข้น 1 กรัม/ มิลลิลิตร) ที่ pH 4.6 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

จากข้อมูลที่ได้ พบว่าใน 7 วันแรกของการทดลองจะมีการเปลี่ยนแปลงเจดสีของสารสกัดทุกตัวอย่างที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ยกเว้นสารสกัดกระเจี๊ยบแดง พบว่าในวันที่ 14 ของการทดลอง ทุกตัวอย่างมีเจดสีใกล้เคียงกับวันที่ 0 ของการทดลอง ยกเว้นสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ ในวันที่ 21 ของการทดลอง จะมีเพียงสารสกัดกระเจี๊ยบแดงและสารสกัดไหมข้าวโพดสีนิลที่มีเจดสีใกล้เคียงกับวันที่ 0 ของการทดลอง และในวันที่ 28 ของการทดลอง สารสกัดไหมข้าวโพดสีนิลจะมีเจดสีใกล้เคียงกับวันที่ 0 ของการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความคงตัวและศักยภาพของสารสกัดไหมข้าวโพดสีนิลในการนำมาเป็นสารแต่งสีขนมหมุจากธรรมชาติ

### สรุปผลการวิจัย

ตัวอย่างพืช 5 ตัวอย่างได้ถูกนำมาเตรียม และสกัดสารสีธรรมชาติด้วย 80% ethanol พบว่ากระเจี๊ยบแดงให้สารสกัดแห้ง 42.4% โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่ามากที่สุด สำหรับซังข้าวโพดสีนิล และไหมข้าวโพดสีนิลเป็นตัวอย่างที่น่าสนใจ เพราะเป็นสิ่งที่เหลือใช้จากการเกษตร โดยพบว่าไหมข้าวโพดสีนิลให้สารสกัดสีม่วงเข้ม จำนวน 16.6% โดยน้ำหนัก ซึ่งมากกว่าซังข้าวโพดสีนิลกว่า 4 เท่า ซึ่งจะเห็นได้ว่าไหมข้าวโพดสีนิลมีความน่าสนใจในการพัฒนามาเป็นสารแต่งสีขนมหมุ โดยสารสกัดของทุกตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีสารจำพวก anthocyanins เป็นองค์ประกอบ โดยสามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของ spot บน TLC เป็นสีเขียวเมื่ออั่งด้วยไอแอมโมเนียเข้มข้น (ภักดีฉนวน, 2555) ขนมหมุเป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่งที่ทำให้ได้อาหารที่มีรสชาติอร่อย มีรสเปรี้ยว มีกลิ่นเฉพาะ ซึ่งจะเกิดกระบวนการหมัก โดยอาศัย lactic acid bacteria ใช้ระยะเวลาในการหมัก 3 – 5 วัน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้สูตรขนมหมุมาตรฐานจากห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมี pH 4.6 ซึ่งสามารถเก็บในที่เย็นได้เป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งเป็นที่มาของการศึกษาความคงตัวของสารสกัดทั้งห้าชนิดที่ pH 4.6 ในสภาวะเร่ง (ใช้อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 28 วัน โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ 254 นาโนเมตร เมื่ออยู่ในสารละลาย acetate buffer (pH 4.6, 25 องศาเซลเซียส) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง UV ในวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้การดูดกลืนแสง UV ลดลงหลังจากวันที่ 3 ของการทดลอง ซึ่งอาจจะเกิดการรวมเป็น dimers ของสารจำพวก anthocyanins หรืออาจเกิดการสลายตัวของสารสำคัญ ในขณะที่สารสกัดไหมข้าวโพดให้การดูดกลืนแสงที่มากขึ้นภายใน 7 วัน และคงตัวระยะหนึ่ง ก่อนที่จะมีการดูดกลืนแสงลดลงภายหลังของวันที่ 21 ซึ่งอาจจะเกิด hydrolysis ของ anthocyanin glycoside ในช่วงแรก และเกิด dimers ของ anthocyanins หรือการสลายตัวของสารสำคัญในช่วงเวลาถัดมา ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นถึงความไม่คงตัวขององค์ประกอบภายในสารสกัด (Wahyuningsih, 2017) ในขณะที่สารสกัดซังข้าวโพด, สารสกัดเมล็ดข้าวโพด และสารสกัดกระเจี๊ยบแดง มีค่าการดูดกลืนแสง UV คงตัวตลอดการทดลอง สำหรับการวัดเจดสีด้วย spectrophotometer (วัดค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) และคำนวณความแตกต่างของเจดสี ( $\Delta E$ ) โดยหาก  $\Delta E$  มีค่ามากกว่า 1.00 จะพบว่าสายตาของมนุษย์จะเห็นความแตกต่างของเจดสี ซึ่งจากการทดลองพบว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงไม่มีความแตกต่างของเจดสีในระยะเวลาน้อยกว่า 21 วัน ( $\Delta E < 1.00$ ) สำหรับสารสกัดไหมข้าวโพดสีนิลจะมีความแตกต่างของเจดสีภายใน 7 วันแรก ( $\Delta E > 1.00$ ) แต่เมื่อระยะเวลานานขึ้น จะมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะทำให้เจดสีกลับมาใกล้เคียงกับสีเดิม ( $\Delta E < 1.00$ ) ซึ่งสอดคล้องกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 254 นาโนเมตร จากข้อมูลนี้อาจกล่าวได้ว่าสารสกัดไหมข้าวโพดสีนิลเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นสารแต่งสีขนมหมุที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งถือได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุจากการเพาะปลูกข้าวโพดสีนิล โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการนำสารสกัดของไหมข้าวโพดสีนิล และสารสกัดกระเจี๊ยบแดงไปใช้ในการแต่งสีขนมหมุ โดยพบว่าในวันที่ 1, 2, และ 3 ของการเตรียม พบว่าขนมหมุที่ได้มีสีเข้มข้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และการเปรียบเทียบสีของขนมหมุด้วยตาเปล่าทั้งสามวันแรก จะไม่เห็นความแตกต่างของสี ซึ่งจะต้องดำเนินการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในระยะเวลาอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำสารสกัดธรรมชาติเหล่านี้ไปแต่งสีขนมหมุเพื่อการบริโภคต่อไป

### ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาเพิ่มเติมในกรณีของความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารแต่งสีจากธรรมชาติ ในการนำมาแต่งสีขนมหมุ, เพิ่มระยะเวลาการศึกษาคุณลักษณะของขนมหมุที่ได้ ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ รวมทั้งศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม รุ่นที่ 11 และโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์สุขภาพ รุ่นที่ 1 โรงเรียนเบญจมราชูทิศนครศรีธรรมราช และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

## บรรณานุกรม

- Fossen, T., Cabrita, L., Andersen, O.M. (1998) Colour and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region. *Food Chemistry*, 63(4), 435-440
- Jayawardana, B.C., Yanagihara, M., Han, K.H., Fukushima, M., Sekikawa, M., Shimada, S. (2012) Effects of Anthocyanin-rich Colored Potato Flakes on Lipid Oxidation, Instrumental Color Evaluation and Sensory Characteristics in Cooked Pork Sausages. *Food Sci. Technol. Res.*, 18(3), 455 – 460
- Leardkamolkarn, V., Thongthep, W., Suttiarporn, P., Kongkachuichai, R., Wongpornchai, S., Vanavichit, A. (2011). Chemopreventive properties of the bran extracted from a newly-developed Thai rice: The Riceberry. *Food Chemistry*. 125(3), 978-985
- Wahyuningsih, S., Wulandari, L., Wartono, M.W., Munawaroh, H., Ramelan, A.H. (2017) The Effect of pH and Color Stability of Anthocyanin on Food Colorant. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 193, 012047
- เจริญชัย เหลืองอ่อน. (2553). การวัดสีด้วยเทคนิค UV-VIS-NIR SPECTROPHOTOMETRY. ใน บัญชา ธนบุญสมบัติ (บ.ก.). วารสารเทคโนโลยีวัสดุ (น. 8-13), กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
- ปณิดา ภักดีฉนวน, ณัฐวิภา วิรัตน์, และ ชุตติมา ยิ้มอ่อน. (2556). การเพาะเลี้ยงแคลลัสและการผลิตแอนโทไซยานินของฝักระบายสีและมันเทศ. *โครงการปัญหาพิเศษทางเภสัชกรรม สำนักวิชาเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์*, 4-29.
- มนัส ชัยจันทร์ และคณะ. (2561). การผลิตหมากจากเนื้อสัตว์. คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. นครศรีธรรมราช
- รัชณี คงกาญจนาย และคณะ. (2553). รายงานการวิจัย โครงการบูรณาการเทคโนโลยีชีวภาพในการสร้างพันธุ์ข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณค่าสูง: โครงการวิจัยย่อยที่ 4: การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการเบื้องต้น และการประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กจากข้าวในระดับเซลล์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว. (2561). ข้าวไรซ์เบอร์รี่ | Riceberry. สืบค้น พฤษภาคม 2561, จาก <http://dna.kps.ku.ac.th/index.php/news-articles-rice-rsc-rgdu-knowledge/rice-breeding-lab/riceberry-variety>
- อรุณทิพย์ เหมะรุฉิน, สกฤต กานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง, และ สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. (2555). ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) กับปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. *แก่นเกษตร*, 40 (ฉบับพิเศษ 4), 59-64.