

คุณลักษณะทางเคมีกายภาพและปริมาณสารแคปไซซินอยด์ของ สายพันธุ์พริกที่ใช้ในการผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้

Physicochemical properties and capsaicinoids content of Thai chili cultivars used in southern sour curry paste (Kaeng Som)

ขนิษฐา อินทรประสิทธิ์¹, ลลิตา ชูแก้ว¹, เจนจิรา สุขสวัสดิ์¹, สุทธชยา ชื่นวัฒนา¹

Khanittha Inprasit¹, Lalita Chookaew¹, Janejira Suksawad¹, Sutachaya Chuenwatthana¹

รับบทความ: 18 กุมภาพันธ์ 2565 แก้ไขบทความ: 10 มิถุนายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 22 กรกฎาคม 2565

บทคัดย่อ

พริกเป็นเครื่องเทศที่นิยมนำมาปรุงแต่งอาหารทั่วโลก เพื่อเพิ่มสี สัน รสชาติ และกลิ่น ซึ่งความเผ็ดของพริกนั้น เกิดจากสารแคปไซซินอยด์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของสายพันธุ์ พริกที่ใช้ในการผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ ทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ได้แก่ KHO.1P, KHO.2P, KAR.2R, JIN.2K, YOD.1N, YOD.2N, KEN.2R และ KEN.2P โดยนำตัวอย่างพริกไปตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพ ผลการทดลองพบว่า พริกสดส่วนใหญ่มีค่าความชื้นในช่วง สีแดงถึงสีเหลืองเขียว ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ปริมาณ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด (TA) และดัชนีการสุก อยู่ในช่วง 6.0-13.0 °Brix, 5.09-5.60, 0.11-0.18%, และ 35.3-86.7 ตาม ลำดับ และพริกทั้งหมดมีปริมาณสารแคปไซซินอยด์อยู่ใน ช่วง 3,048.64-6,832.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง และค่าดัชนีความเผ็ดของพริกแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ ระดับเผ็ด มากที่สุด (> 80,000 SHU) ได้แก่ YOD.1N > KAR.2R > KEN.2P > YOD.2N > KHO.1P และระดับเผ็ดมาก (25,000-70,000 SHU) ได้แก่ KEN.2R > KHO.2P > JIN.2K ซึ่งค่า ดังกล่าวมีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์ แหล่งเพาะปลูก สภาพแวดล้อมในการปลูก และระยะการสุกของผลพริก

Abstract

Chili is a spice that is regularly used in food production to enhance the color, taste, and flavor all over the world. The pungency of chili originated from capsaicinoids. Therefore, this research aims to analyzed the physical and chemical properties of Thai chili cultivars used in Southern Kaeng Som. Five cultivars of Thai chillies (8 samples) were collected, including KHO.1P, KHO.2P, KAR.2R, JIN.2K, YOD.1N, YOD.2N, KEN.2R and KEN.2P. In order to find their quality, the physical appearance, physical properties were analyzed. The physical analysis showed that the color of fresh chili samples was found as red to yellow-green. The chemical analysis showed that their the total soluble solid (TSS), pH, total acidity (TA) and maturity index were found in the range of 6.0-13.0 °Brix, 5.09-5.60, 0.11-0.18% and 35.3-86.7, respectively. Moreover, their capsaicinoids were found in the range of 3,048.64-6,832.56 mg/kg dry weight. The pungency of chili samples was classified to very highly pungent (>80,000 SHU): YOD.1N > KAR.2R > KEN.2P > YOD.2N > KHO.1P, and highly pungent (25,000-70,000 SHU): KEN.2R > KHO.2P > JIN.2K, respectively. Furthermore, their capsaicinoids and pungency depended on cultivars, agricultural area, growing conditions, and maturity stage.

คำสำคัญ: แคปไซซินอยด์ ระดับความเผ็ด ดัชนีความเผ็ด พันธุ์พริก เครื่องแกงส้ม

Keywords: Capsaicinoids, Pungency level, Scoville heat units, Chili cultivars, Sour curry paste

¹กรมวิทยาศาสตร์บริการ

^{*}Corresponding author e-mail address: khanittha@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

พริกเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงและมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะนอกจากนำพริกไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารแล้ว พริกยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นได้ด้วย เช่น การผลิตยารักษาโรค เครื่องสำอาง และอาหารสัตว์ [1] เนื่องจากพริกมีสารสำคัญอยู่หลายชนิด โดยเฉพาะสารแคปไซซินอยด์เป็นสารสำคัญที่แสดงเอกลักษณ์ของพริกที่ทำให้พริกมีความเผ็ด ประกอบด้วยสารแคปไซซิน ซึ่งเป็นสารหลักและไดไฮโดรแคปไซซิน ซึ่งปริมาณสารแคปไซซินอยด์ในพริกมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ แหล่งเพาะปลูก สภาพแวดล้อมในการปลูก และระยะการสุกของผลพริก (ความแก่อ่อนของพริก) โดยปัจจัยดังกล่าวนี้เป็นสิ่งสำคัญต่อการนำพริกไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ปัจจุบันมาตรฐานการซื้อขายพริกในตลาดโลกใช้ระดับความเผ็ดของพริกในหน่วยวัด Scoville heat unit (SHU) เป็นมาตรฐานสำคัญเพื่อใช้ชี้บ่งปริมาณแคปไซซินอยด์ในผลพริกและควบคุมคุณภาพการซื้อขายพริกแต่ละสายพันธุ์

ภาคอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย มีการตรวจวัดความเผ็ดเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ เช่น ซอสพริก น้ำจิ้มไก่ แต่ยังไม่มีมีการกำหนดเป็นมาตรฐานเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพสินค้าภายในประเทศที่มีพริกเป็นส่วนประกอบสำคัญ เช่น เครื่องแกงซึ่งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีความเผ็ดร้อน กลิ่นรส และรสชาติที่เป็นอัตลักษณ์โดยเฉพาะเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้ จากการสำรวจกลุ่มผู้ผลิตเครื่องแกงในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ พบว่าเครื่องแกงส้มมีการใช้พริกหลายสายพันธุ์รวมกับการใช้พริกสายพันธุ์พื้นถิ่นที่มีความเผ็ดร้อน และให้กลิ่นรสที่เป็นอัตลักษณ์เฉพาะในพื้นที่ อาทิ เครื่องแกงส้มของจังหวัดพัทลุงที่ใช้พริกขี้หนูซึ่งพริกพื้นถิ่นเป็นวัตถุดิบหลักและประกอบกับในปัจจุบันยังไม่มีรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารแคปไซซินอยด์และคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของสายพันธุ์พริกที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าผลพริกสด ร่วมกับการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารแคปไซซินอยด์และคุณลักษณะทางทางกายภาพและทางเคมีของสายพันธุ์พริกที่ใช้ในการผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้ในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและจังหวัดสงขลา จำนวน 5 สายพันธุ์ ทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ได้แก่ พริกขี้หนู (เขียว) พัทลุง (KHO.1P) พริกขี้หนู (แดง) พัทลุง (KHO.2P) พริกกระเหรี่ยง (แดง) ราชบุรี (KAR.2R) พริกจินดา (แดง) กาญจนบุรี (JIN.2K) พริกยอดสนเข้ม (เขียว) นครพนม (YOD.1N) พริกยอดสนเข้ม (แดง) นครพนม (YOD.2N) พริกขี้หนูสวน (แดง) ราชบุรี (KEN.2R) และพริกขี้หนูสวน (แดง) พัทลุง (KEN.2P)

เพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่สามารถใช้เป็นแนวทางอ้างอิงในการเลือกสายพันธุ์พริกในการผลิตผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ โดยเฉพาะความเผ็ดให้ใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ผลิต และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากระดับความเผ็ดเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพของวัตถุดิบ (ผลพริก) และผลิตภัณฑ์ ผู้การนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป

2. วิธีการวิจัย (Experimental methods)

2.1 วัตถุดิบตัวอย่าง

คัดเลือกพันธุ์พริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและสงขลา จำนวน 5 สายพันธุ์ ทั้งหมด 8 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม *Capsicum frutescens* ได้แก่ KHO.1P, KHO.2P, KAR.2R, YOD.1N, YOD.2N, KEN.2R, KEN.2P และกลุ่ม *Capsicum annuum* ได้แก่ JIN.2K จากแหล่งขายพริกที่สามารถระบุพื้นที่เพาะปลูกได้ บรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7-8 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 2.2.1 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven: FP115, Binder, Germany)
- 2.2.2 เครื่องวัดความชื้น (Moisture analyser: Mettler LP16, Diethelm, Switzerland)
- 2.2.3 เครื่องเขย่า (Shaker: KS4000, IKA, Germany)
- 2.2.4 เครื่องระเหย (Evaporator: Hei-VAP, Heidolph, U.S.A.)
- 2.2.5 เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography: Acquity ARC, waters, U.S.A.)
- 2.2.6 เครื่องวัดสี (Hunter Lab Colorimeter: UltraScanPro, Color Global, U.S.A.)
- 2.2.7 สมุดเทียบสีมาตรฐาน (Munsell book: M40115B, X-Rite, U.S.A.)
- 2.2.8 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter: 3Star, Thermo Scientific, U.S.A.)
- 2.2.9 ตะแกรงร่อน ขนาด 50 เมช (Sieve: SATM E11, Endecotts, English)
- 2.2.10 เครื่องวัดความหวาน (Refractometer: Master-M, Atago, Japan)

2.3 สารเคมี

- 2.3.1 เมทานอล (Methanol; CH₃OH: HPLC grade, Honeywell, Riedel-d Haen, U.S.A.)

2.3.2 อะซีโตน (Acetone; C_3H_6O : Analytical grade, RCI, Labscan, Ireland)

2.3.3 แคปไซซินสังเคราะห์บริสุทธิ์ (Capsaicin; $C_{18}H_{27}NO_3$: Analytical grade, Sigma-aldrich, St. Louise, U.S.A.) ค่า a.i เท่ากับ 99.3%

2.3.4 ไดไฮโดรแคปไซซินสังเคราะห์บริสุทธิ์ (Dihydrocapsaicin; $C_{18}H_{29}NO_3$: Analytical grade, Sigma-aldrich, St. Louise, U.S.A.) ค่า a.i. เท่ากับ 98.1%

2.3.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH: analytical grade, Merck, Germany)

2.4 การเตรียมตัวอย่างพริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้

2.4.1 พริกสด นำพริกสดจาก ข้อ 2.1 มาคัดคุณภาพ ได้ผลพริกที่สมบูรณ์ไม่มีตำหนิ และไม่เน่าเสีย ตัดปลายขั้ว ล้างน้ำสะอาด และผึ่งให้แห้ง

2.4.2 พริกผง นำตัวอย่างพริกสด จากข้อ 2.1 นำไปอบที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 6-12 ชั่วโมง ให้มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 8-12 จากนั้นนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 300 ไมโครเมตร (50 เมช) ตามวิธีการของ [2] เพื่อใช้ในการสกัดสารแคปไซซินอยด์ (สารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซิน) ในตัวอย่างพริก ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างพริกสำหรับตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี

2.5 การตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของพันธุ์พริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้

2.5.1 ตรวจสอบลักษณะ (ผลภายนอก) ทางพฤกษศาสตร์เบื้องต้นของสายพันธุ์พริก

นำตัวอย่างพริกสดจาก ข้อ 2.4 มาตรวจสอบลักษณะทางพฤกษศาสตร์โดยการสังเกต วัดขนาดของผลโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ และจัดบันทึก

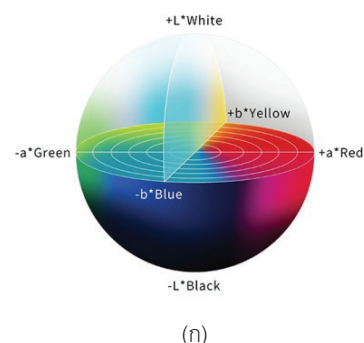
2.5.2 การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี และสมุดเทียบสี ดังนี้

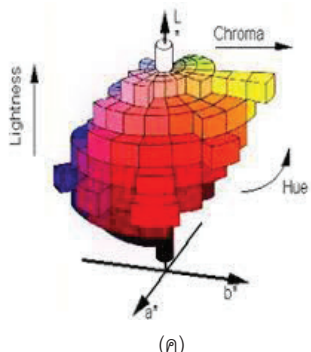
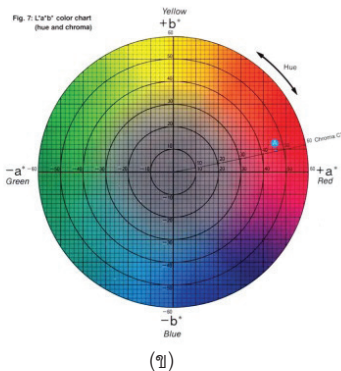
1) การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี

นำตัวอย่างพริกสดมาวัดค่าสีในระบบ CIELAB ($L^* a^* b^*$) ด้วยเครื่องวัดสีในการวัดแบบสะท้อนแสง (Reflectance) ในโหมด Reflectance specular included (RSIN) โดยวัดแสงสะท้อนรวมของ Specular กับตัวอย่าง โดยสุ่มตัวอย่างพริกมาวางโดยตรงที่ตำแหน่ง Reflectance port ของเครื่อง และทำการวัด จำนวน 5 ซ้ำ โดยแสดงในรูปของค่า L^* , a^* , b^* , ค่ามุมของสี (Hue angle; H°) และค่าความเข้มข้นของสี (Chroma; C) [3]

ค่ามุมของสี	แสดงช่วงสีของวัตถุที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0° - 360°
0° - 45°	แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง
45° - 90°	แสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง
90° - 135°	แสดงสีเหลืองถึงสีเหลืองเขียว
135° - 180°	แสดงสีเหลืองเขียวถึงสีเขียว
180° - 225°	แสดงสีเขียวถึงสีน้ำเงินเขียว
225° - 270°	แสดงสีน้ำเงินเขียวถึงสีน้ำเงิน
270° - 315°	แสดงสีน้ำเงินถึงสีม่วง
315° - 360°	แสดงสีม่วงถึงสีม่วงแดง

การอ่านค่าและลักษณะสีในระบบ CIE ดังแสดงในรูปที่ 2





รูปที่ 2 (ก) Color space ของสีในระบบ CIE (ข) การบรรยายสีในระบบ CIE ในรูปสองมิติ และ (ค) การบรรยายสีในระบบ CIE ในรูปสามมิติที่มีการเชื่อม ค่า a^* และ b^* เข้ากับค่า hue และ chroma (ที่มา: <http://www.sightgrip.co.uk/bbstest.htm>, <http://www.sightgrip.co.uk/bbstest.htm> และ <http://www.sightgrip.co.uk/bbstest.htm>)

2) การวัดค่าสีด้วยสมุดเทียบสีมาตรฐาน นำตัวอย่างพริกสดจากข้อ 2.4 มาวัดค่าสีโดยเทียบกับสมุดเทียบสีมาตรฐาน (Munsell book) โดยการอ่านค่าและลักษณะสีในระบบ Munsell และบันทึกค่า Hue และ Value/chroma

2.6 การตรวจสอบคุณลักษณะทางเคมีของพันธุ์พริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มบักขี้ไต้

2.6.1 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (TA) และดัชนีความสุกของผล (MI) ในตัวอย่างพริก

1) การวัดปริมาณ TSS

นำตัวอย่างพริกสดจากข้อ 2.4 ปริมาณ 5 กรัม ไปบด คั้นน้ำจากผลพริก นำไปวัดโดยใช้เครื่อง Hand refractometer รายงานค่าในหน่วยของศาบริกซ์ (°Brix) โดยสุ่มตัวอย่างพริก และทำการวัดค่าจำนวน 3 ซ้ำ

2) การวัดค่า pH [4]

นำตัวอย่างพริกสดจากข้อ 2.4 ปริมาณ 5 กรัม ไปบด เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร และวัดค่าโดยใช้เครื่องวัด pH โดยสุ่มตัวอย่างพริก และทำการวัดค่าจำนวน 3 ซ้ำ

3) การวัดปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity, TA) [5]

นำตัวอย่างพริกสดจากข้อ 2.4 ปริมาณ 5 กรัม ไปบด และเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เติมน้ำฟอสฟอริก (indicator) และนำมาไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.1 นอร์มัลลิตี จนกระทั่งถึงจุดยุติ คือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู และรายงานค่าในรูปของเปอร์เซ็นต์ของกรดซิตริก ดังสมการ โดยวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

$$\text{ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก (\%)} = \frac{\text{ความเข้มข้น NaOH} \times \text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้} \times \text{น้ำหนักสมมูลของกรดซิตริก} \times 100}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง}}$$

4) ดัชนีความสุกของผล (Maturity Index) ตามวิธีของ [6]

คำนวณจากอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดกับปริมาณกรดทั้งหมด ดังสมการ

$$\text{ดัชนีความสุกของผล} = \frac{\text{ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด}}{\text{ปริมาณกรดทั้งหมด}}$$

2.6.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินอยด์ (แคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซิน) และดัชนีความเผ็ด

วิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินอยด์ในพริก โดยการหาปริมาณแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซิน ซึ่งเป็นสารองค์ประกอบหลักที่ส่งผลต่อปริมาณความเผ็ดในพริก จากนั้นนำปริมาณสารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินมาคำนวณหาดัชนีความเผ็ดในหน่วย Scoville Heat Unit (SHU) มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

1) การเตรียมโวลีโอเรซิน (Oleoresin) จากตัวอย่างพริก [7]

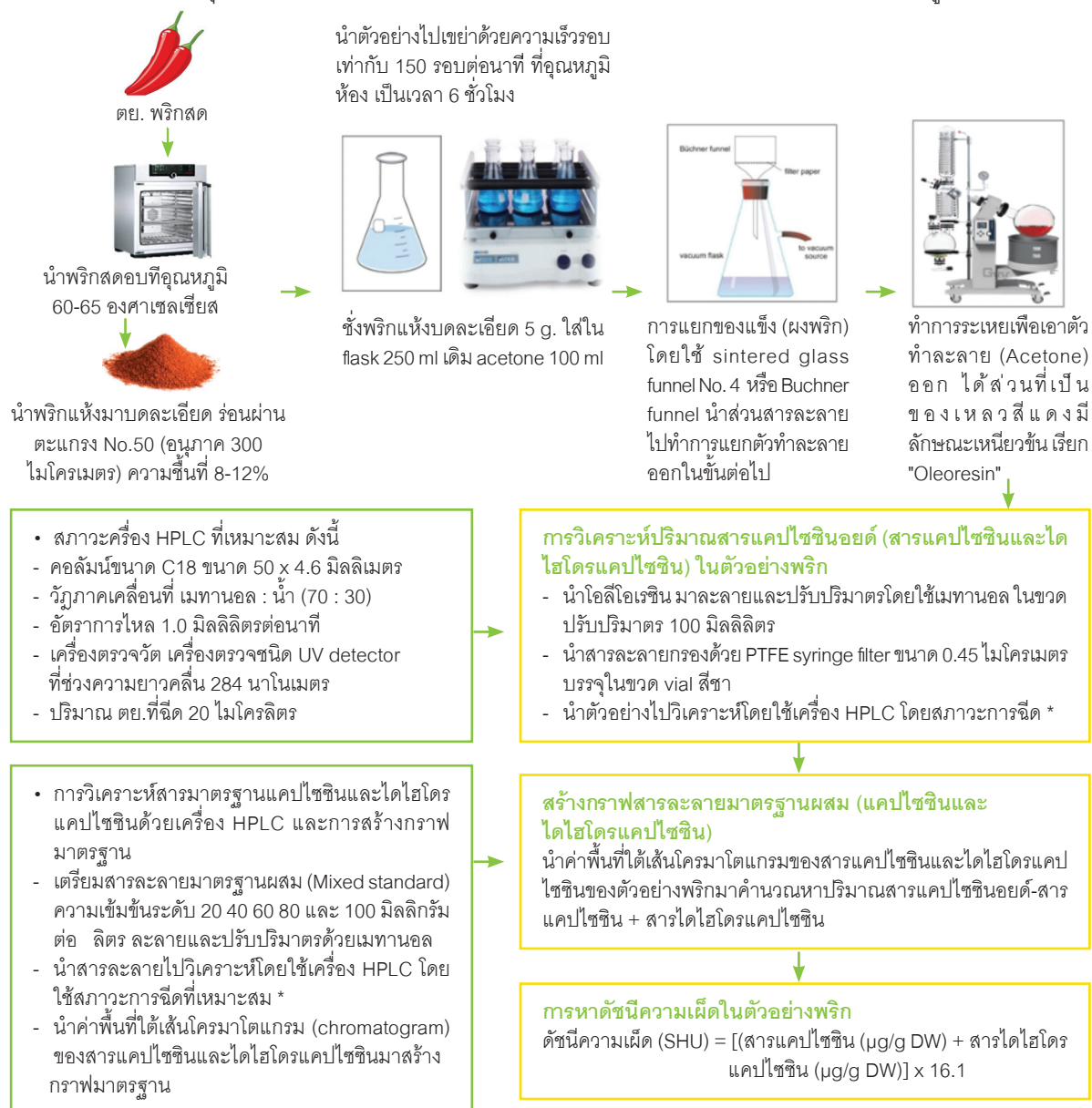
นำพริกสดจากข้อ 2.4 ที่มีขั้นตอนการเตรียม ดังแสดงในรูปที่ 1 มาสกัดสารด้วยวิธีการเขย่า (Shaker) โดยชั่งพริกสด 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำโซเดียมคลอไรด์ 100 มิลลิลิตร นำไปสกัดโดยใช้เครื่องเขย่า ปรับให้มีความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง [8] เมื่อครบเวลาสกัด กรองโดยใช้ Sintered glass funnel No.4 ภายใต้ปั๊มสุญญากาศ จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการกรองมาระเหยเพื่อกำจัดตัวทำละลายโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยแบบลดความดัน (Evaporator) เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้ส่วนที่เป็นของเหลวสีแดงเหนียวข้นที่เรียกว่า โวลีโอเรซิน (Oleoresin) ทำการสกัดจำนวน 2 ซ้ำในแต่ละสายพันธุ์พริก ดังแสดงในรูปที่ 3

2) การเตรียมตัวอย่างสารละลายตัวอย่างสำหรับตรวจวัดปริมาณสารแคปไซซินอยด์

นำโอสโตรซินที่สกัดได้ทั้งหมดในแต่ละสายพันธุ์พริก จากข้อ 2.6.2 ข้อ1) มาละลายและปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใช้เมทานอล (เพื่อหาความเข้มข้นหรือปริมาณสารแคปไซซินอยด์ของตัวอย่างพริก) จากนั้นกรองด้วย PTFE syringe filter ที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร บรรจุในขวด Vial สีชา และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง HPLC ที่สภาวะเดียวกันกับสารมาตรฐาน รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3

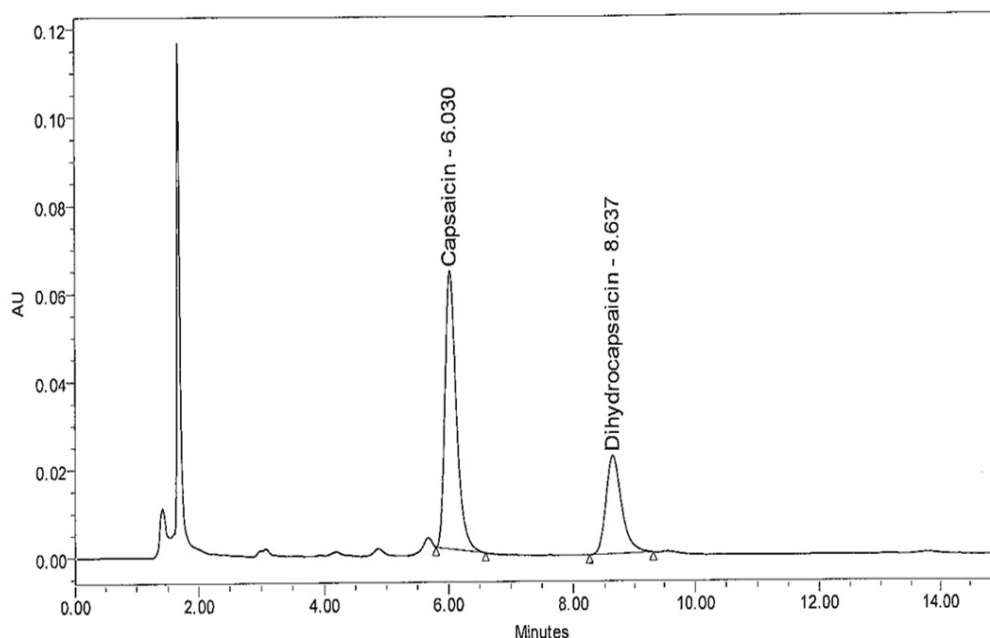
3) การตรวจวัดปริมาณสารแคปไซซินอยด์ (สารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซิน) โดยใช้วิธี HPLC ดัดแปลงมาจากวิธี [9]

สร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) จากสารมาตรฐานแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซิน โดยใช้สารแคปไซซินสังเคราะห์บริสุทธิ์ (N-[(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)methyl]-8-methyl-6-nonenamide) และสารไดไฮโดรแคปไซซินสังเคราะห์บริสุทธิ์ (N-[(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)methyl]-8-methylnonenamide) ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานผสม (Mixed standard) ที่ระดับความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ละลายและปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใช้เมทานอล จากนั้นกรองด้วย PTFE syringe filter ที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร บรรจุในขวด Vial สีชา ฉีดเข้าเครื่อง HPLC ตามสภาวะเครื่องที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างพริกและการวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินอยด์และดัชนีความเผ็ด

เมื่อทำการฉีดทดสอบสารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินที่สกัดได้จากตัวอย่างพริก พบว่าพีคของสารแคปไซซินที่เวลา 6.03 (RT=6.03) และไดไฮโดรแคปไซซินที่เวลา 8.64 (RT=8.64) ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างโครมาโตแกรมของสารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินที่สกัดได้จาก KHO.2P

นำค่าพื้นที่ใต้เส้นโครมาโตแกรมของสารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินของตัวอย่างพริกมาคำนวณหาปริมาณสารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินโดยใช้กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซิน จากนั้นหาปริมาณสารแคปไซซินอยด์ ซึ่งคำนวณจากผลรวมของปริมาณสารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซิน มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (mg/kg DW) ดังสมการ ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละสายพันธุ์พริก

แคปไซซินอยด์ (mg/kg DW) = ปริมาณสารแคปไซซิน (mg/kg DW) + ปริมาณสารไดไฮโดรแคปไซซิน (mg/kg DW)

4) การหาดัชนีความเผ็ดในตัวอย่างพริก [10]

ดัชนีความเผ็ดในตัวอย่างพริกคำนวณจากผลรวมของปริมาณสารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินที่ได้จากข้อ 2.6.2 ข้อ 3) คูณกับ 16.1 ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น Scoville heat unit (SHU) ดังสมการ

ดัชนีความเผ็ด (SHU) = [ปริมาณสารแคปไซซิน (mg/kg DW) + ปริมาณสารไดไฮโดรแคปไซซิน (mg/kg DW)] X 16.1

3. ผลและวิจารณ์ (Results and discussion)

3.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของพริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้

3.1.1 ผลการตรวจสอบลักษณะ (ผลภายนอก) ทางพฤกษศาสตร์เบื้องต้นของสายพันธุ์พริก

จากการตรวจสอบลักษณะทางพฤกษศาสตร์เบื้องต้นของแต่ละสายพันธุ์พริก โดยการสังเกต วัดขนาด และระบุกลุ่มพริกที่สนใจศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์เบื้องต้นของพริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มบักขี้ได้

พันธุ์พริก	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผล (จากการสังเกตและวัดขนาดของผล)	ภาพประกอบ
1. พริกขาวชัยบุรีพัทลุง หรือเรียกพริกขาวซี พริกเดือยไก่หรือพริกบ้าน <i>Capsicum frutescens</i>	มีลักษณะเรียวยาว ปลายแหลมเหมือนเดือย ไก่ คัดงอ มีความยาวประมาณ 5-8 ซม. กว้าง ประมาณ 0.7-1 ซม. พริกมีทั้งสีขาว เหลือง ส้ม และแดง	 KHO.1P KHO.2P
2. พริกกะเหรี่ยงสีแดงราชบุรี <i>Capsicum frutescens</i>	มีลักษณะป้อม ๆ กลม ๆ โคนผลใหญ่ ปลาย แหลม ผิวเป็นคลื่น ผลยาวประมาณ 3-5 ซม. และกว้างประมาณ 0.9-1 ซม. มีสีเขียวเขียว ส้มแดง และไปถึงสีแดง	 KAR.2R
3. พริกยอดสนเข้มนครพนม <i>Capsicum frutescens</i>	มีลักษณะเรียวยาว ปลายแหลม ผิวมันวาว ผนังผลบางผลจะคดงอและเป็นคลื่น ยาว ประมาณ 7-10 ซม. กว้างประมาณ 0.5-1 ซม. มีสีเขียว ส้มแดง และสีแดง	 YOD.1N YOD.2N
4. พริกขี้หนูสวน <i>Capsicum frutescens</i> 4.1 พริกขี้หนูสวนราชบุรี 4.2 พริกขี้หนูสวนพัทลุง	ผลยาวรี ปลายแหลม ผิวเป็นคลื่น มีขนาดผล ที่เล็กกว่าพริกชนิดอื่น ยาวประมาณ 2-3 ซม. มีสีเขียว ส้มแดง และสีแดง ผลยาว โคนผลใหญ่ ปลายแหลม ผิวเป็นคลื่น ยาวประมาณ 3-4 ซม. กว้าง 0.9-1.2 ซม. มี ลักษณะผลใหญ่เหมือนพริกกะเหรี่ยง มีสีเขียว ส้มแดง และไปถึงสีแดง	 KEN.2R  KEN.2P
5. พริกจินดากาญจนบุรี <i>Capsicum annum</i>	ผลพริกยาวรี ปลายแหลม ผิวมันวาวสวย มี สีแดงสด ยาวประมาณ 6-8 ซม. กว้างประมาณ 1.0-1.2 ซม. มีทั้งสีเขียว และสีแดง พริกมี สีสดกว่าพริกพันธุ์อื่น ๆ	 JIN.2K

3.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

จากการวิเคราะห์ค่าสีในตัวอย่งพริก โดยใช้เครื่อง Hunter lab colorimeter ในระบบ CIE L* a* b* แล้ว
คำนวณหาค่าความเข้มของสี (C) เป็นค่าแสดงความสดสว่างของสี ถ้าค่า C เพิ่มขึ้นแสดงว่าความสดสว่างของสีเพิ่มขึ้น
และนำมาคำนวณหาค่ามุมของสี (H°) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงช่วงสีที่ปรากฏ นำไปเปรียบเทียบกับค่าสีจากการวัดด้วยสมุด
เทียบสีมาตรฐาน พบว่าการวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter lab colorimeter มีความเข้มของสี อยู่ในช่วง 31.08-

60.55 ค่ามุมของสี อยู่ในช่วง 39.12-107.20 และมีลักษณะเฉดสีที่ปรากฏเป็นสีแดงถึงเหลืองเขียว สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าสี โดยใช้สมุดเทียบสีมาตรฐาน พบว่า มีค่า 7.5R 3/12 ถึงค่า 2.5GY 4/6 แสดงเฉดสีในช่วงสีแดงถึงเหลืองเขียว สรุปได้ว่าทั้งสองวิธีได้ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกัน

เมื่อพิจารณาค่าสีกับระยะการสุกของพริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้ม ดังแสดงในตารางที่ 1 ในสายพันธุ์ KHO.P พริกผลอ่อน (พริกดิบ) คือ KHO.1P ให้ช่วงสีเหลือง และพริกผลแก่ (พริกสุก) คือ KHO.2P ให้ช่วงสีส้มแดง ในสายพันธุ์ YOD.N พริกผลอ่อน คือ YOD.1N ให้ช่วงสีเหลืองเขียว และพริกผลแก่ คือ YOD.2N ให้ช่วงสีแดง ในพริกที่แสดงช่วงสีเหลืองเขียว ช่วงสีเหลือง ช่วงสีส้มแดง และช่วงสีแดง ค่ามุมของสีจะลดลงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 พริกผลอ่อนจะให้ค่ามุมของสีสูงกว่าพริกผลแก่ และค่ามุมสีที่แตกต่างกันส่งผลให้แสดงช่วงสีแตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ [11] ซึ่งการเปลี่ยนสีของพริกตามช่วงระยะการสุก เกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการเกิดสารแคโรทีนอยด์ที่ติดอยู่ในโครโมพลาสต์ชั้นเนื้อผลพริก [12] ที่แตกต่างกัน พริกผลอ่อนจะมีผลสีเขียวซึ่งสารเขียว คือ คลอโรฟิลล์ พบได้ทั้งชนิดเอ และ บี เมื่อพริกเริ่มสุกรังควัตถุคลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดจะทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารให้เฉดสีถัดมา คือ สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ ซึ่งรังควัตถุกลุ่มนี้จะให้เฉดสีเหลือง ส้มแดง และแดง โดยการเปลี่ยนสีเริ่มจากการเปลี่ยนแปลงพันธะคู่ในวงแหวนของโครงสร้างโมเลกุลของ Lutein ที่ให้สีเหลือง เป็น Zeaxanthin ที่ให้สีส้ม จากนั้นมีการสลายตัวของพันธะคู่ที่วงแหวนเป็น Antheraxanthin และ Violaxanthin ที่ให้สีส้มแดงที่ต่างออกไป และเกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างด้วยกระบวนการจัดเรียงอะตอมในโมเลกุลแบบ Pinacol rearrangements เกิดเป็น Capsanthin, Capsanthin-5, 6-epoxide และ Capsorubin ซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดงเข้ม [13] จะเห็นได้ว่าค่าสีขึ้นอยู่กับ สายพันธุ์ ระยะการสุกของผล รวมถึงแหล่งเพาะปลูก สภาพแวดล้อมในการปลูกพริก [14]

ตารางที่ 2 แสดงค่าสีของสายพันธุ์พริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้ โดยใช้เครื่อง Hunter lab colorimeter^a และสมุดเทียบสีมาตรฐาน (Munsell book)

สายพันธุ์พริก	ค่าจากเครื่อง Hunter lab colorimeter					ค่าจาก Munsell book	เฉดสีที่ปรากฏ
	L*	a*	b*	ค่าความเข้มของสี (C)	ค่ามุมของสี (H°)		
KHO.1P	69.10 ± 0.61	0.17 ± 0.36	32.45 ± 0.59	32.45 ± 0.82	89.70 ± 0.21	7.5Y 8/4	เหลือง
KHO.2P	49.71 ± 0.75	37.79 ± 0.67	43.73 ± 0.39	57.80 ± 0.57	49.17 ± 0.48	2.5YR 5/14	ส้มแดง
KAR.2R	41.50 ± 0.98	41.69 ± 0.47	38.79 ± 0.52	56.94 ± 0.32	42.94 ± 0.18	8.7R 4/12	แดง
JIN.2K	29.53 ± 0.98	38.68 ± 0.52	33.77 ± 0.78	51.35 ± 0.45	41.12 ± 0.26	8.75R 4/14	แดง
YOD.1N	37.85 ± 0.57	-9.19 ± 0.84	29.69 ± 0.40	31.08 ± 0.39	107.20 ± 0.39	2.5GY 4/6	เหลืองเขียว
YOD.2N	36.46 ± 0.63	43.57 ± 0.72	42.05 ± 0.62	60.55 ± 0.57	43.98 ± 0.73	10R 4/12	แดง
KEN.2R	31.95 ± 0.89	35.76 ± 0.69	34.98 ± 0.28	50.02 ± 0.86	44.37 ± 0.18	10R 4/12	แดง
KEN.2P	31.38 ± 0.72	41.05 ± 0.38	33.38 ± 0.73	52.91 ± 0.54	39.12 ± 0.86	7.5R 3/12	แดง

^a Data are expressed as means ± standard deviation, n = 3; L* = Lightness value, a* = Redness value, b* = Yellowness value

3.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (TA) และดัชนีความสุก (MI) ของพริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้

จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และดัชนี ความสุกในตัวอย่างพริก พบว่ามีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.0-13.0 °Brix ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.09-5.60 ปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.11-0.18 และดัชนีความสุกอยู่ในช่วง 35.3- 86.7 ซึ่งค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์ แหล่งเพาะปลูก สภาพแวดล้อมในการปลูก และระยะการสุกของผลพริก ดังแสดงในตาราง ที่ 3

เมื่อพิจารณาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด และดัชนีความสุกของผล ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า พริกสีแดงมีค่าดัชนีความสุกของผลพริกสูงกว่าพริกสีเขียว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง

โพลีแซคคาไรด์ในผนังเซลล์ของพืชกลายเป็นน้ำตาล [15] ส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงขึ้น และในระหว่างการสุกพืชยังคงมีการหายใจเกิดขึ้น ส่งผลให้มีความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น [16-17] ซึ่งในกระบวนการหายใจของพืชระหว่างการสุก เอนไซม์เพกตินเมทิลเอสเทอเรส (Pectinmethylesterase enzyme; PME) [18] ทำให้เกิดการไฮโดรไลซิสของเพกตินเมทิลเอสเทอร์ (Pectin methylester) เกิดเป็นกรดโพลีกลาลักตูโรนิก (Polygalacturonic acid) และสารนี้จะถูกไฮโดรไลซ์ต่อยด้วยเอนไซม์โพลีกลาลักตูโรเนส (Polygalacturonase enzyme; PG) เกิดเป็นกรดกาแลกทูโรนิก (Galacturonic acid) [16-17] จากการศึกษา สรุปได้ว่าเมื่อระยะการสุกของพริกในสายพันธุ์เดียวกันเพิ่มมากขึ้น ค่าดัชนีความสุกจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ [19] ที่พบว่าเมื่อระยะการสุกของ Spinach pepper ในสายพันธุ์ Fresno de la vega และ Benavente-los valles มากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าสูงขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัย [15] ที่พบว่าเมื่อระยะการสุกของ Yellow bell pepper เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (TA) และดัชนีความสุก (TSS/TA) ของพริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้^a

สายพันธุ์พริก	TSS (°Brix)	pH	TA (ร้อยละ)	TSS/TA
KHO.1P	6.8 ± 0.10	5.60 ± 0.03	0.11 ± 0.01	61.8 ± 0.86
KHO.2P	10.1 ± 0.15	5.31 ± 0.01	0.13 ± 0.02	77.7 ± 0.92
KAR.2R	13.0 ± 0.06	5.23 ± 0.06	0.15 ± 0.02	86.7 ± 0.87
JIN.2K	11.1 ± 0.06	5.23 ± 0.06	0.18 ± 0.01	61.7 ± 0.94
YOD.1N	6.0 ± 0.10	5.40 ± 0.03	0.17 ± 0.03	35.3 ± 0.81
YOD.2N	9.9 ± 0.25	5.40 ± 0.05	0.17 ± 0.02	55.0 ± 1.09
KEN.2R	12.8 ± 0.10	5.29 ± 0.03	0.167 ± 0.03	80.0 ± 0.61
KEN.2P	9.1 ± 0.11	5.09 ± 0.05	0.15 ± 0.02	60.7 ± 0.65

^aData are expressed as means ± standard deviation, n=3

3.2 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของพริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มปักษ์ใต้

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินอยด์ในตัวอย่างพริก พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 3,048.64-6,832.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง โดยพริกที่มีปริมาณสารแคปไซซินอยด์สูงที่สุด คือ YOD.1N รองลงมา คือ KAR.2R, KEN.2P, YOD.2N, KHO.1P, KEN.2R, KHO.2P และ JIN.2K ตามลำดับ และมีปริมาณแคปไซซินเป็น 1.64-3.38 เท่าของสารไดไฮโดรแคปไซซิน ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งสอดคล้องตาม [20] ที่ระบุว่าอัตราส่วนระหว่างสารแคปไซซินและสารไดไฮโดรแคปไซซินของพริกโดยทั่วไปมีปริมาณสารแคปไซซินเป็นประมาณ 2 เท่าของสารไดไฮโดรแคปไซซินขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์พริก

จากผลการหาค่าดัชนีความเผ็ดของตัวอย่างพริก พบว่า มีค่าดัชนีความเผ็ดอยู่ในช่วง 49,083.10-110,004.22 SHU และสามารถแบ่งระดับความเผ็ดได้เป็น 2 กลุ่ม คือ พริกที่มีระดับความเผ็ดมากที่สุด ได้แก่ YOD.1N รองลงมา คือ KAR.2R, KEN.2P, YOD.2N และ KHO.1P ตามลำดับ และพริกที่มีระดับความเผ็ดมาก ได้แก่ KEN.2R รองลงมา คือ KHO.2P และ JIN.2K ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 และสามารถสรุปได้ว่าค่าดัชนีความเผ็ดมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับปริมาณสารแคปไซซินอยด์

เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีความสุก กับปริมาณแคปไซซินอยด์ในสายพันธุ์พริกเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4 พบว่า KHO.2P มีปริมาณแคปไซซินอยด์ต่ำกว่า KHO.1P และ YOD.2N มีปริมาณแคปไซซินอยด์ต่ำกว่า YOD.1N เนื่องจากพริกสีแดง (พริกผลแก่) มีค่าดัชนีความสุกสูง มีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์เปอรอกซิเดสสูงกว่าพริกสีเขียว ซึ่งเอนไซม์นี้สามารถออกซิไดส์สารแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินได้ [21] ทำให้ระดับแคปไซซินอยด์ มีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่ลดลง ส่งผลให้ปริมาณสารให้ความเผ็ดลดลง [22] และพบว่า ปริมาณสารแคปไซซินอยด์มีค่าแตกต่างกันตามสายพันธุ์ แหล่งเพาะปลูก สภาพแวดล้อมในการปลูก และระยะการสุก และสามารถสรุปได้ว่าค่าดัชนีความสุกมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับปริมาณสารแคปไซซินอยด์

ตารางที่ 4 ปริมาณสารแคปไซซินอยด์^a และดัชนีความเผ็ดของพริกที่ใช้ผลิตเครื่องแกงส้มบักขี้ได๋

สายพันธุ์พริก	แคปไซซิน (mg/kg DW)	ไดไฮโดรแคปไซซิน (mg/kg DW)	แคปไซซินอยด์ (mg/kg DW)	จำนวนเท่าของแคปไซซินต่อไดไฮโดรแคปไซซิน	ดัชนีความเผ็ด (SHU)	ระดับความเผ็ด**
KHO.1P	3,754.36 ± 0.71	1,184.76 ± 0.85	4,939.12 ± 1.56	3.17	79,519.83	เผ็ดมากที่สุด
KHO.2P	2,455.52 ± 0.96	951.04 ± 0.51	3,406.56 ± 1.47	2.58	54,845.62	เผ็ดมาก
KAR.2R	5,165.72 ± 0.43	1,530.12 ± 0.91	6,695.84 ± 1.34	3.38	107,803.02	เผ็ดมากที่สุด
JIN.2K	2,167.44 ± 0.64	881.20 ± 0.49	3,048.64 ± 1.13	2.50	49,083.10	เผ็ดมาก
YOD.1N	4,244.16 ± 0.42	2,588.40 ± 0.76	6,832.56 ± 1.18	1.64	110,004.22	เผ็ดมากที่สุด
YOD.2N	3,429.68 ± 0.53	1,801.84 ± 0.86	5,231.52 ± 1.39	1.90	84,227.47	เผ็ดมากที่สุด
KEN.2R	2,938.96 ± 0.76	978.56 ± 0.45	3,917.52 ± 1.21	3.00	63,072.07	เผ็ดมาก
KEN.2P	4,403.72 ± 0.20	1,418.36 ± 0.37	5,822.08 ± 0.57	3.10	93,735.49	เผ็ดมากที่สุด

^a Data are expressed as means ± standard deviation, n = 3

หมายเหตุ: **ระดับความเผ็ด แบ่งเป็น 5 ระดับ [23]

1) ไม่เผ็ด (0-700 SHU) 2) เผ็ดน้อย (700-3,000 SHU) 3) เผ็ดปานกลาง (3,000-25,000 SHU)

4) เผ็ดมาก (25,000 -70,000 SHU) และ 5) เผ็ดมากที่สุด (> 80,000 SHU)

4. สรุป (Conclusion)

จากผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินอยด์และสมบัติทางเคมีกายภาพของสายพันธุ์พริกที่ใช้ในการผลิตเครื่องแกงส้มบักขี้ได๋ในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและสงขลา จำนวน 5 สายพันธุ์ ทั้งหมด 8 ตัวอย่าง พบว่า ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง และค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้น โดยผลพริกสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีแดง สำหรับปริมาณสารแคปไซซินอยด์ และดัชนีความเผ็ดในพันธุ์พริกขาวชัยบุรีและพริกยอดสนเข้มจะลดลงเมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์พริก ความอ่อนแก่ (ระยะการสุก) แหล่งปลูก สภาพแวดล้อมในการปลูก ในพริกสายพันธุ์อื่น ๆ ยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมจากผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างพริกสามารถจัดระดับความเผ็ดของพริกได้ 2 ระดับ คือ ระดับเผ็ดมากที่สุด (YOD.1N > KAR.2R > KEN.2P > YOD.2N > KHO.1P) และระดับเผ็ดมาก (KEN.2R > KHO.2P > JIN.2K) ตามลำดับ ในพริกสายพันธุ์เดียวกันที่ศึกษาพริกสีแดงจะมีปริมาณสารแคปไซซินอยด์น้อยกว่าพริกสีเขียว นอกจากนี้ ดัชนีความสุกของพริกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า TSS และปริมาณกรดทั้งหมด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโพลีแซคคาไรด์ในผนังเซลล์ของพืชกลายเป็นน้ำตาล และในระหว่างการสุกของพริกยังคงมีการหายใจเกิดขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น รวมถึงกระบวนการหายใจของพืชระหว่างการสุกส่งผลให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสไปสลายสารแคปไซซิน ทำให้ปริมาณสารให้ความเผ็ดลดลง ดังนั้น องค์ความรู้จากการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงปริมาณสารแคปไซซินอยด์ (ระดับความเผ็ด) ของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ประกอบกับเครื่องแกงส้มบักขี้ได๋มีการใช้พริกหลายสายพันธุ์รวมกับการใช้พริกสายพันธุ์พื้นถิ่นที่มีความเผ็ดร้อน และให้กลิ่นรสเป็นอัตลักษณ์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์และเป็นเกณฑ์มาตรฐานสำคัญใช้ซื้อขายพริกในตลาดโลก ผู้การนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองผลิตภัณฑ์อาหารและวัสดุสัมผัสอาหาร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ และให้คำแนะนำปรึกษาด้านวิเคราะห์ทดสอบเพื่อพัฒนางานวิจัยนี้ ขอขอบคุณกองเทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ช่วยสนับสนุนการทำโครงการวิจัยนี้ และขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

6. ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

งานวิจัยนี้ควรต่อยอดการศึกษาระยะการสุกของผลพริกสดที่มีต่อปริมาณสารแคปไซซินอยด์ของแต่ละสายพันธุ์พริก โดยเฉพาะพริกขี้หนู เนื่องจากพบว่าปริมาณสารแคปไซซินอยด์สูง โดยมีการระบุแหล่งเพาะปลูก สภาพแวดล้อม ในการปลูก รวมถึงวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษาตัวอย่างหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อรักษาคุณภาพและปริมาณสารสำคัญของผลพริกสดไว้

ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยไปจัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อชี้บ่งปริมาณ ระดับความเผ็ดของแต่ละสายพันธุ์พริก และสามารถใช้อ้างอิงในการเลือกพันธุ์พริกหรือการหาพันธุ์พริกทดแทนในช่วงวัตถุดิบขาดแคลน เนื่องจากความเผ็ดเป็น ปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพวัตถุดิบที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ต่อความต้องการของผู้ผลิต และการยอมรับ ของผู้บริโภค ทั้งนี้ผู้การนำไปใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร และภาคการผลิตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป เช่น การสกัดสารจากผลพริกที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพและมีสมบัติเป็นยาต่อไปในอนาคตได้

7. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] ทัดดาว ภาชีผล ปันดดา มาลาศรี และสุภาวิตา ศรีลำไย. สมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัดจากพริก ขี้พ่าที่ใช้ตัว ทำละลายที่ไม่ใช้น้ำ. มหาสารคาม: ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย มหาสารคาม, 2560.
- [2] นนทวัฒน์ ปรีดาภักทพงษ์. การผลิตโอสถโระชินและสื่อน้ำมันจากพริก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537.
- [3] ขวัญชัย ชอบสำราญ และคณะ. ผลของแสงสว่างที่มีต่อการเปลี่ยนสีของไส้กรอกหมูในระหว่างการจัดเก็บ. การประชุม ทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 54 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2559, 319-326.
- [4] นิจจรา ทูลธรรม. เคี้ยวโครงความเผ็ดและกลิ่นของพริกแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์, 2557.
- [5] AOAC. Office Method of Analysis. 20th ed. Association of Official Analytical Chemists. VA.: U.S.A., 2016.
- [6] สายชล เกตุษา และคณะ. การเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ ทองคำ. 2534, 25 (4), 391-399.
- [7] พันธุ์ทิพย์ ปานกลาง. ลักษณะทางกายภาพ ปริมาณ oleoresin และความเผ็ดของผลพริก. นครปฐม: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.
- [8] ประเสริฐ ประภานภินันท์. เปรียบเทียบเทคนิคการสกัดสารแคปไซซินในพริกพันธุ์ต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหา บัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.
- [9] KRAIKRUAN, W., S. SUKPRAKARN, O. MONGKOLPORN, and S. WASEE. Capsaicin and Dihydrocapsaicin Contents of Thai Chili Cultivars. *Kasetsart Journal (Natural Science)*. 2008. 42, 611-616
- [10] SRICHARON, P., N. LAMAIPHAN, P. PATTHAWARO, N. LIMCHOOWONG, S. TECHAWONGSTIEN, and S. CHANTHAI. Phytochemicals in Capsicum oleoresin from different varieties of hot chilli peppers with their antidiabetic and antioxidant activities due to some phenolic compounds. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2017, 38, 629-639.
- [11] วสุ อมฤตสุทธิ. การศึกษาสถานภาพการผลิต และความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อผลผลิต คุณภาพ และ ปริมาณสาร capsaicin ในพริกพันธุ์การค้า กรณีศึกษา : จังหวัดอุบลราชธานี และศรีสะเกษ. มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี, 2548.
- [12] VERA-GUZMAN, A.M., J. L. CHAVEZ-SERVA, J. C. CARRILLO-RODRIGUEZ, and M. G. LOPEZ. Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annum* L. and *C. Pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, México. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2011, 71(4), 578-585.
- [13] อรไท สวัสดิชัยกุล. ชีวเคมีของพริก ตอนที่ 1 สีสันแสนสวยด้วยเม็ดสีที่แตกต่างกัน. *วารสารอาหาร*. 2558, 45(4), 23-28.
- [14] GIUFFRIDA, D., P. DUGO, G. TORRE, C. BIGNARDI, A. CAVAZZA, C. CORRADINI, and G. DUGO. Characterization of 12 Capsicum varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. *Food Chemistry*. 2013, 140(4), 794-802.

- [15] ANTONIALI, S., P.A.M. LEAL, A.M. MAGALHÃES, R.T. FUZIKI, and J. SANCHES. Physico-chemical characterization of 'ZARCO HS' yellow bell pepper for different ripeness stages. *Science Agricultural*. 2007, **64**(1), 19-22.
- [16] MIRANDA-MOLINA, F. D., S. VALLE-GUADARRAMA, D. GUERRA-RAMIREZ, M. D. L. AREVALO-GALARZA, M. PEREZ-GRAJALES, and F. ARTES-HERNÁNDEZ. Quality attributes and antioxidant properties of Serrano chili peppers (*Capsicum annum* L.) affected by thermal conditions postharvest. *International Food Research Journal*. 2019, **26**(6), 1889-1898.
- [17] SAMIRA, A., K. WOLDETSADIK, and T.S. WORKNEH. Postharvest quality and shelf life of some hot pepper varieties. *Journal of Food Science and Technology*. 2013, **50**(5), 842-855.
- [18] Soethe, C., C. A. STEFFENS, L.M. MATTOS, N. A FERREIRA, and D.M. MAYER. Postharvest quality and functional compounds in "dedo-de-moça" 'BRS Mari' pepper fruit at different stages of maturity. *Ciência Rural, Santa Maria*. 2016, **46**(8), 1322-1328.
- [19] BERNARDO, A., S. MARTINEZ, M. ALVAREZ, A. FERNANDEZ, and M. LOPEZ. The composition of two spinash pepper varieties (Fresno De La Vega and Benavente-Los Valles) in different ripening stages. *Journal of Food Quality*. 2008, **31**(6), 701-716.
- [20] GOVINDARAJAN, V.S. and M.N. SATHYANARAYANA. Capsicum-production, technology, chemistry, and quality. Part V. Impact on physiology, pharmacology, nutrition, and metabolism; structure, pungency, pain, and desensitization sequences. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1991, **29**(6), 435-473.
- [21] MANIKHARDA., M. TAKAHASHI, M. ARAKAKI, K. YONAMINE, F. HASHIMOTO, K. TAKARA, and K. WADA. Influence of fruit ripening on color, organic acid contents, capsaicinoids, aroma compounds, and antioxidant capacity of shimatogarashi (*Capsicum frutescens*). *Journal of Oleo Science*. 2018, **67**(1), 113-123.
- [22] พัฒนา ภาสอน ถวิล ชนะบุญ สมบัติ อัมมะระกา และ เรียมจิตร สุทธิโคกเชื้อก. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแคปไซซินอยด์ของพริกน้อย (*Capsicum frutescens* Linn.) และคุณสมบัติเคมีของดิน. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*. 2012, **31**(3), 211-216.
- [23] WEISS, E.A. *Spice crops*. London : CABI publishing, 2002. 411 p.