วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (4) : 662 - 668

ศึกษาการพัฒนาผลต่อสารพฤกษเคมีบางชนิดในผลพริกมัน ‘TVRC365’

Study Fruit Development on Some Phytochemical in Pepper ‘TVRC365’

อรเนตร กานต์บุญญา[1] จำนอง โสมกุล[2] พิมพ์ชนก สตภูมินทร์[1] และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง[1*]
Oranate Kanboonya[1], Jumnong Somkul[2], Pimchanok Satapoomin[1] and Pornpairin Rungcharoenthong[1*]

บทคัดย่อ

ศึกษาการพัฒนาผลของพริกต่อปริมาณพฤกษเคมีบางประการในผลพริกมัน ‘TVRC365’ เนื่องจากปัจจุบันมีผู้นิยมบริโภคทั้งในระยะผลเขียวและผลแดง ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาผลในแต่ระยะต่อปริมาณพฤกษเคมี โดยการปลูกพริกมันในกระถาง 12 นิ้ว ทำการผูกดอกในวันที่ดอกบาน และเก็บเกี่ยวผลพริกที่อายุ 7, 10, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 53 วันหลังดอกบาน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผล เช่น น้ำหนักสด ความยาว ความกว้าง ความหนาเนื้อ ความแน่นเนื้อ และวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี คือ คลอโรฟิลล์ เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน วิตามินซี สารประกอบฟีนอล และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันร้อยละ 50 (EC_{50}) พบว่า การเจริญเติบโตของผลพริกมันเพิ่มมากขึ้น มีน้ำหนัก ความยาว ความกว้าง ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้น ตามอายุผลจนถึง 42 วันหลังดอกบาน โดยที่ผลอายุ 49 วันหลังดอกบานเป็นระยะบริบูรณ์ที่มีการเจริญเติบโตสูงสุด รวมถึงมีการเปลี่ยนสีผลจากสีเขียวเป็นสีแดง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปริมาณพฤกษเคมีในช่วงการพัฒนาของผล พบว่าเมื่อผลอายุ 42 วันหลังดอกบานมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงและลดลงเมื่อผลอายุรวม 49 วันหลังดอกบาน แต่ผกผันกับปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนที่เพิ่มขึ้นที่ 49 วันหลังดอกบาน ส่วนสารประกอบฟีนอลและ EC_{50} มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสูงที่สุดเมื่อผลอายุ 49 วันหลังดอกบาน

คำสำคัญ: เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน วิตามินซี สารประกอบฟีนอล ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันร้อยละ 50

Abstract

Study fruit developments on some phytochemical properties in pepper ‘TVRC365’ was performed according to consumer prefers in both green and red pepper for utilization. The objective of this study fruit development in each stage on phytochemical content was investigated. Pepper ‘TVRC365’ plants were transplanted in potted 12 inch. Flowering at anthesis date were tag. Pepper fruits were harvested at 7, 10, 14, 21, 28, 35, 42, 49 and 53 day after anthesis (DAA). Fruit weight, fruit length, fruit diameter, fruit thickness and fruit firmness were examined. Phytochemical analysis such as chlorophyll, beta-carotene, lycopene, vitamin C, total soluble phenol and antioxidant activity 50% effective concentration (EC_{50}) were analyzed. It was found that weight, length, diameter, thickness and fruit firmness followed by fruit age until 42 DAA. After that at 49 DAA had maximum growth and green fruit color exchanged from green to red seen to be maturity stage. Nevertheless, phytochemical during fruit development chlorophyll content showed that increased until 42 DAA and decreased after that, inversely with beta carotene and lycopene content increased at 49 DAA. However, total soluble phenol and EC_{50} trended to increase and reached maximum at 49 DAA.

Keywords: beta carotene, lycopene, vitamin C, total soluble phenol, EC_{50}

[1] คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[2] คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
*Corresponding author, Email: faasprr@ku.ac.th

คำนำ

พริก (*Capsicum annuum* L.) อยู่ในวงศ์ Solanaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบร้อนของทวีปอเมริกา เช่น เม็กซิโก และอเมริกาใต้ พริกเป็นพืชผักเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูก 859,617 ไร่ ผลผลิตพริก 171,722,889 ตัน ผลผลิตร้อยละ 60 เป็นพริกขี้หนูผลใหญ่ รองลงมาคือพริกขี้หนูผลเล็ก (27%) และพริกใหญ่ (9%) (วีระ ภาคอุทัย และเยาวรัตน์ ศรีวรานนท์, 2557) ซึ่งพริกผลใหญ่ได้รับความต้องการของตลาดและผู้บริโภคสูง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งด้านการแพทย์ ด้านอาหาร ทั้งการบริโภคผลสด และแปรรูปเพื่อเพิ่มรสอาหาร เช่น พริกดอง พริกแกง พริกป่น และเครื่องแกง เป็นต้น (Poulos, 1993) เนื่องจากพริกเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี เช่น วิตามินซี วิตามินเอ แคปไซซิน เหล็ก ใยอาหาร คลอโรฟิลล์ ไลโคปีน เบต้าแคโรทีน สารประกอบฟีนอล และสารต้านอนุมูลอิสระ (Grubben, 1977) สอดคล้องกับการศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีในสารสกัดพริกหวาน พริกเผ็ด และพริกขี้หนู พบว่า พริกหวานมีสารประกอบฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพริกเผ็ดและพริกขี้หนู แต่พริกขี้หนูมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าพริกสายพันธุ์อื่น ๆ (Abdul Rahim and Mat, 2012) เช่นเดียวกับการศึกษาในพริกหวานสีแดง เหลือง และเขียว พบว่าพริกหวานสีแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอล วิตามินซี และสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าพริกหวานสีเขียวและสีเหลือง ขณะที่พริกหวานสีเหลืองมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าสีอื่น ๆ (Zhang and Hamauzu, 2003) นอกจากนี้จากรายงานของ Vera-Guzmán et al. (2011) พบว่าพริกสายพันธุ์ท้องถิ่นของเม็กซิโก C. *annuum* มีปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแคปไซซินสูงกว่าสายพันธุ์ C. *pubescens* Ruiz & Pav. ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งพริกมันบางช้างเป็นสินค้าที่บ่งชี้ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีลักษณะเด่น เป็นพันธุ์ผสมปล่อย ผลแก่สีแดงสด มันวาว รสไม่เผ็ด มีกลิ่นเฉพาะตัว เหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ทั้งผลสดและแห้ง (ไชยรัตน์ ส้มฉุน, 2558) นอกจากนั้นจากการศึกษาพริกหวานสีแดง พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลและเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าพริกหวานสีเขียว (Saidu and Garba, 2011) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลการพัฒนาผลต่อปริมาณพฤษเคมีบางประการของพริกมัน ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาผลในแต่ระยะต่อปริมาณพฤกษเคมี เพื่อเป็นทางเลือกในการบริโภคหรือนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต

วิธีการศึกษา

ทำการเพาะเมล็ดพริกมัน พันธุ์ TVRC365 ในถาดเพาะกล้า และทำการย้ายปลูกลงในกระถางขนาด 12 นิ้ว เมื่อกล้าอายุ 30 วันหลังเพาะเมล็ด จำนวน 48 กระถาง ดูแล ใส่ปุ๋ย รดน้ำ และป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามวิธีของเกษตรกร (ขวัญชนก สระทองฮ่วม, 2554) เมื่อดอกพริกบานจะทำการผูกดอกและเก็บเกี่ยวผลพริกที่อายุ 7, 10, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 53 วันหลังดอกบาน โดยสุ่มเก็บพริก 48 ผลต่ออายุการเก็บเกี่ยว นำมาบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผล คือ น้ำหนักสด ความยาว ความกว้าง ความหนาเนื้อ ความแน่นเนื้อด้วย penetrometer โดยใช้หัวแบบทรงกระบอก มีหน่วยเป็น กิโลปาสคาล (kPa) = ค่าที่อ่านได้ (กิโลกรัม) × 9.807 (นิวตัน) ต่อพื้นที่หัวกด (ตารางเมตร) และวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีของผลพริกเมื่อผลมีอายุ 10, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 53 วันหลังดอกบาน เช่น คลอโรฟิลล์รวม คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-บี เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน วิตามินซี สารประกอบฟีนอล และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันร้อยละ 50 ดังนี้

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ นำตัวอย่างพืช 1 กรัม มาบดในโกร่งให้ละเอียด เติมสารละลาย acetone ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV-1800 ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด จากสูตรของ Arnon (1949) โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม (เนื้อเยื่อ)

$$\text{คลอโรฟิลล์ทั้งหมด} = [20.2\ (A_{663}) + 8.02\ (A_{645})] \times (V/1{,}000 \times W)$$

$$\text{คลอโรฟิลล์-เอ} = [12.7\ (A_{663}) - 2.69\ (A_{645})] \times (V/1{,}000 \times W)$$

$$\text{คลอโรฟิลล์-บี} = [22.9\ (A_{663}) - 4.68\ (A_{645})] \times (V/1{,}000 \times W)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของสารละลายที่ตรวจวัดคลอโรฟิลล์ (ml)
W = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง (g)

การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน นำตัวอย่างพืช 1 กรัม มาบดในโกร่งให้ละเอียด เติมสารละลาย acetone : hexane สัดส่วน 2 : 3 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำมาวัดค่าดูดกลืน-แสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนจากสูตรของ Nagata and Yamashita (1992) โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

$$\text{เบต้าแคโรทีน} = 0.216\ (A_{663}) - 1.22\ (A_{645}) - 0.304\ (A_{505}) + 0.452\ (A_{453})$$

$$\text{ไลโคปีน} = -0.0458\ (A_{663}) + 0.0204\ (A_{645}) + 0.372\ (A_{505}) - 0.0806\ (A_{453})$$

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Singleton et al., 1999) นำตัวอย่างพืช 1 กรัม มาบดในโกร่งให้ละเอียด สกัดตัวอย่างพืชด้วย 20% methanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใสส่วนบนมาใช้วิเคราะห์ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 นาที เติมสารละลาย 20% Na_2CO_3 ปริมาตร 750 ไมโครลิตร และเติมน้ำกลั่น 950 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร สร้างกราฟสารละลายมาตรฐานโดยใช้ gallic acid ความเข้มข้น 0, 10, 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัม gallic acid equivalent (GAE) ต่อกรัมน้ำหนักสด

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Li et al., 2012) นำตัวอย่างพืช 1 กรัม มาบดในโกร่งให้ละเอียด เติม 5% trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใสส่วนบนปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย ethanol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลาย 0.4% phosphoric acid-ethanol ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติม 0.5% 1,10 phenanthroline-ethanol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติม 0.03% กรัมต่อลิตร ferric chloride ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 534 นาโนเมตร สร้างกราฟสารละลายมาตรฐานโดยใช้ ascorbic acid ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

การวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน ด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay ดัดแปลงจาก Brand-williams et al. (1995) ชั่งตัวอย่างพืช 1 กรัม บดให้ละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว และสกัดตัวอย่างพืชด้วย absolute ethanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาทีนำสารละลายใสส่วนบนมาปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร เตรียมสารละลายตัวอย่างพืชให้ได้ความเข้มข้น 0 1,000 2,000 3,000 4,000 และ 5,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียมสารละลายตัวอย่างพืชที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เตรียม ปริมาตร 1.9 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ จากสมการ

$$\text{Radical scavenging (\%)} = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

เมื่อ A_0 คือค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของชุดควบคุม และ A_1 คือค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสมกับ DPPH (Molyneux, 2004) จากนั้นนำค่า % radical scavenging ที่ได้ในแต่ละความเข้มข้นมาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างพืช และ % radical scavenging และหาค่า 50% effective concentration (EC_{50}) หรือค่าความเข้มข้นหรือค่าประสิทธิภาพของสารที่ใช้ในการต้านออกซิเดชันได้ร้อยละ 50 โดยใช้ trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) และ ascorbic acid ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นสารละลายมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จำนวน 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ R Program (R-language and environment for statistical computing graphics) เวอร์ชัน 3.4.3

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การพัฒนาของผลพริกมัน พบว่าผลพริกมีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุวันหลังดอกบานเพิ่มขึ้น เช่น น้ำหนักผล ความยาว ความกว้าง ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อในแต่ละระยะที่เก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันทางสถิติ คือเมื่อผลมีอายุวันที่มากขึ้นจะมีน้ำหนักมากขึ้น โดยน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 7-21 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และคงที่ในช่วง 49 และ 53 วันหลังดอกบาน มีน้ำหนักผลสูงที่สุดคือ 10.71 และ 10.99 กรัมต่อผล ตามลำดับ (Table 1) เช่นเดียวกันกับความยาวและความกว้างของผลพริกที่เพิ่มขึ้นในช่วง 7-21 วัน หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยพบว่าที่ 49 วันหลังดอกบาน มีความยาวและความกว้างผลมากที่สุด 10.44 และ 1.79 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความหนาเนื้อ พบว่าในวันที่ 21 วันหลังดอกบาน มีความหนาเนื้อมากที่สุดคือ 0.28 เซนติเมตร และอายุวันที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มมากขึ้น และเมื่อประเมินความแน่นเนื้อ พบว่า อายุที่เพิ่มขึ้นความแน่นเนื้อเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ 53 วันหลังดอกบาน มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 1.71 กิโลปาสคาล จากการศึกษาการพัฒนาผลพริกแสดงว่า พริกมันมีการแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุผล 49 วันหลังดอกบาน เนื่องจากมีน้ำหนักและขนาดผลสูง รวมถึงลักษณะของสีผลเริ่มมีการเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีแดง (Figure 1) แสดงว่าการพัฒนาผลในช่วงแรกจะมีการแบ่งเซลล์ การสะสมอาหารเพิ่มขึ้น จึงมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วง 7-21 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในช่วงอายุผล 28-42 วัน และคงที่ช่วงอายุผล 49-53 วันหลังดอกบาน แสดงว่าผลพริกอยู่ในระยะบริบูรณ์ (maturation) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในพริกขี้หนูพันธุ์พบว่ามีการแก่ทางสรีรวิทยาเมื่อมีการเปลี่ยนสีผลเป็นสีส้ม หรืออายุผล 38 วันหลังดอกบาน (พงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์ และคณะ, 2554) เช่นเดียวกับ Sbrussi et al. (2014) พบว่าการเก็บเกี่ยวผลโทงเทงฝรั่งที่ระยะสุกแก่เต็มที่ เมื่อเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลฟางข้าว ผลสีเหลืองใส ส่งผลให้มีความยาว ความกว้าง และน้ำหนักแห้งของผลมากที่สุด

เมื่อพิจารณาปริมาณสารพฤกษเคมีในผลพริกมันในแต่ระยะการเจริญเติบโต พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ และเบต้า-แคโรทีนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-บี มีปริมาณมากเมื่อช่วงอายุ 10-42 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง (Table 2) ซึ่งผกผันกับปริมาณเบต้าแคโรทีน โดยที่อายุ 10-42 วัน มีปริมาณเบต้าแคโรทีน 0.099-0.397 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งน้อยกว่าที่อายุ 49-53 วันหลังดอกบานมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นเป็น 0.512-0.468 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร แสดงว่าพริกจะมีเบต้าแคโรทีนสูง เมื่อเริ่มมีการเปลี่ยนสีผลจากเขียวเป็นแดง สอดคล้องกับ Ha et al. (2007) กล่าวว่าในผลพริกเมื่อสุกแก่จะพบปริมาณสารกลุ่มแคโรทีนอยด์มากกว่าช่วงผลอ่อน

Table 1 Fruit growth and development in pepper 'TVRC365' at different day after anthesis.

DAA	Fruit weight (g/fruit)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)	Fruit thickness (cm)	Fruit firmness (kPa)
7	0.47e	1.41g	0.51f	0.06d	1.46cd
10	1.32e	3.99f	0.81e	0.10d	1.50bc
14	5.40d	7.71e	1.32d	0.17bc	1.31d
21	6.99c	8.55cd	1.49c	0.28a	1.43cd
28	7.49c	8.12de	1.51c	0.17c	1.58abc
35	8.72b	9.32bc	1.56c	0.18bc	1.45cd
42	9.39b	9.49b	1.66b	0.20b	1.56abc
49	10.71a	10.44a	1.79a	0.21b	1.68ab
53	10.99a	9.16bc	1.57c	0.19bc	1.71a
CV. (%)	13.19	8.37	5.13	15.60	10.10
F-test	**	**	**	**	**

Means followed by the same letters are not statistically different from each other according to DMRT. ** = Significant at 0.01 probability.

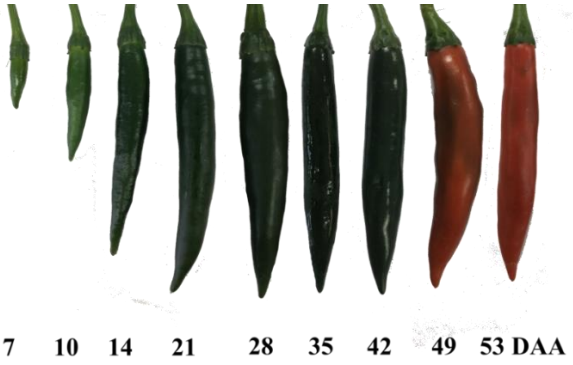

Figure 1 Fruit development in pepper 'TVRC 365'at different day after anthesis.

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาปริมาณสารไลโคปีน วิตามินซี สารประกอบฟีนอล และ EC_{50} พบว่าที่อายุ 10-42 วันหลังดอกบาน มีปริมาณสารไลโคปีนน้อยกว่าในช่วงอายุ 49-53 วันหลังดอกบาน (Table 3) เมื่อพิจารณาปริมาณวิตามินซี ช่วงแรกของการพัฒนาผลมีค่าสูงที่ 10 และลดลงที่อายุ 14-21 วันหลังดอกบาน และมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น หลัง 28 วันหลังดอกบาน โดยที่อายุ 35 และ 53 วันหลังดอกบาน พบปริมาณวิตามินซี 6.770 และ 6.495 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอล เมื่อพริกอยู่ในระยะบริบูรณ์ที่ 49 วันหลังดอกบาน มีปริมาณสารประกอบฟีนอล 56.588 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และมากที่สุดใน 49 วันหลังดอกบาน ซึ่งสอดคล้องกับฤทธิ์การต้านออกซิเดชันร้อยละ 50 พบว่าที่ 49 วันหลังดอกบาน มีค่า EC_{50} น้อยที่สุด คือ 2.705 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงฤทธิ์การต้านออกซิเดชันร้อยละ 50 ที่มากขึ้น เมื่อพริกมีอายุมากขึ้นปริมาณสารเหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยมีค่าสูงสุดที่อายุ 49 วันหลังดอกบาน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bae et al. (2014) พบว่าในพริกแก่มีปริมาณวิตามินซี และสารประกอบฟีนอลมากกว่าในพริกอ่อน และมีผลสอดคล้องกับฤทธิ์การต้านออกซิเดชันร้อยละ 50 เมื่อปริมาณวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลเพิ่มสูงขึ้น จะมีผลทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงเบต้าแคโรทีน ไลโคปีน และวิตามินซี โดยมีผลทำให้ EC_{50} ที่ลดลง แสดงให้เห็นถึงการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มากขึ้น ดังรายงานในพริกสายพันธุ์ Cili Padi Rangup ที่พบในประเทศมาเลเซีย มีปริมาณสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแคโรทีนอยด์สูง ส่งผลให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงเช่นกัน (Alama et al., 2018) นอกจากนี้ในพริกหวานสีแดงมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าพริกหวานสีส้ม สีเหลือง สีเขียว ตามลำดับ และไม่พบสารต้านอนุมูลอิสระในพริกหวานสีขาว (Matsufuji et al., 2007) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณพฤกษเคมีในพริกพันธุ์ต่าง ๆ อาจแตกต่างไปตามสภาพแวดล้อมการปลูกและการจัดการแปลงปลูก ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากพริกในระยะพัฒนาผลแตกต่างกันมีผลต่อปริมาณพฤกษเคมีแตกต่างกันออกไป เช่น พริกในระยะผลเขียวมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าพริกที่มีการพัฒนาผลเต็มที่และเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดง

Table 2 Total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and beta-carotene on fruit in pepper 'TVRC 365' at different day after anthesis.

DAA	Total chlorophyll (mg/g FW)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Beta-carotene (mg/100 ml)
10	0.327b	0.230b	0.096ab	0.394b
14	0.392a	0.272a	0.119a	0.378b
21	0.324b	0.227b	0.098ab	0.397b
28	0.287c	0.199c	0.089b	0.099d
35	0.339b	0.232b	0.107ab	0.143cd
42	0.387a	0.263a	0.124a	0.202c
49	0.018d	0.009d	0.010c	0.512a
53	0.008d	0.004d	0.004c	0.468ab
CV. (%)	8.43	8.69	7.99	19.61
F-test	**	**	**	**

Means followed by the same letters are not statistically different from each other according to DMRT. ** = Significant at 0.01 probability.

Table 3 Lycopene, vitamin C contents, total soluble phenol and EC_{50} on fruit in pepper 'TVRC 365' at different day after anthesis.

DAA	Lycopene (mg/100 ml)	Vitamin C contents (mg/g FW)	Total soluble phenol (mg/g FW)	EC_{50} (mg/ml)
10	0.394b	1.195d	34.411c	44.475a
14	0.378b	0.828de	24.980d	44.661a
21	0.397b	0.278e	25.411d	34.395b
28	0.099d	4.470bc	25.323d	10.978c
35	0.143d	6.770a	27.000d	6.654d
42	0.202c	3.757c	34.029c	9.530cd
49	0.512a	5.311b	56.588a	2.705e
53	0.468a	6.495a	45.911b	11.463c
CV. (%)	40.09	9.86	7.16	6.62
F-test	**	**	**	**

Means followed by the same letters are not statistically different from each other according to DMRT. ** = Significant at 0.01 probability.

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาของผลพริกมัน TVRC365 ต่อปริมาณพฤษเคมี พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ มีค่าสูงในช่วงผลอายุ 10-42 วันหลังดอกบาน และลดลงเมื่อผลอายุ 49-53 วันหลังดอกบานเมื่อพริกเข้าระยะบริบูรณ์ ซึ่งผกผันกับปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนที่เพิ่มสูงเมื่อผลอายุ 49 วันหลังดอกบาน เช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอลมากที่สุด จึงส่งผลให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง โดยมีค่า EC_{50} ต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการทำวิจัยของบุคลากรโครงการจัดตั้งภาควิชาพฤกษศาสตร์ และทุนสนับสนุนการทำวิจัยของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

ขวัญชนก สระทองฮ่วม. 2554. การพัฒนาการจัดการการผลิตพริกของเกษตรกรในตำบลบ้านยาง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม. ใน *มสธ. วิจัย ประจำปี 2554*. น. 405-416. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ไชยรัตน์ ส้มฉุน. 2558. บางช้าง TVRC365 ฟื้นพริกในตำนานสมัย ร 2. ไทยรัฐออนไลน์. http://www.thairath.co.th/content/ 506522,15. (มีนาคม 2561).

พงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์, วัลลภ สันติประชา และขวัญจิตร สันติประชา. 2554. การพัฒนาของสีผล เมล็ดและการสุกแก่ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนูสวน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 29(1): 26-35.

วีระ ภาคอุทัย และเยาวรัตน์ ศรีวรานนท์. 2557. *พริก ปลูกอย่างไรในภาวะโลกกำลังร้อน*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Abdul Rahim, R. and I. Mat. 2012. Phytochemical contents of *Capsicum frutescens* (chili padi), *Capsicum annuum* (chili pepper) and *Capsicum annuum* (bell peper) aqueous extracts. *IPCBEE*. 40: 164-167.

Alama, A., Syazwaniea, N.F., Mahmoda, N.H., Badaluddina, N.A., 'Ain Mustafab, K., Aliasa, N., Aslanic, F., and M. Asaduzzaman Prodhan. 2018. Evaluation of antioxidant compounds, antioxidant activities and capsaicinoid compounds of chili (*Capsicum* sp.) germplasms available in Malaysia. *JARMAP*. 1-9.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol*. 24: 1-15.

Bae, H., Jayaprakasha, G.K., Crosby, K., Yoo, K.S., Leskovar, D.I., Jifon, J. and B.S. Patil. 2014. Ascorbic acid, capsaicinoid, and flavonoid aglycone concentrations as a function of fruit maturity stage in greenhouse-grown peppers. *J. Food Composition and Analysis* 33: 195-202.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci. Technol*. 28 (1): 25-30.

Grubben, G.J.H. 1977. *Tropical vegetables and their genetic resources*. Rome: International Board for Plant Genetic Resources.

Ha, S-H., Kim, J-B., Park, J-S., Lee, S-W., and K-J. Cho. 2007. A comparison of the carotenoid accumulation in *Capsicum* varieties that show different ripening colours: deletion of the capsanthin-capsorubin synthase gene is not a prerequisite for the formation of a yellow pepper. *J. Exp. Bot*. 58(12): 3135-3144.

Li, H., C. Tang, Z. Xu, X. Liu and X. Han. 2012. Effects of different light sources on the growth of non-heading Chinese cabbage (*Bressica campestris* L.). *J. Agric. Sci*. 4(4): 262-273.

Matsufuji, H., Ishikawa, K., Nunomura, O., Chino, M., and M. Takeda. 2007. Anti-oxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and red (*Capsicum annuum* L.). *JFST*. 42: 1482-1488.

Molyneux, P. 2004. The use of the free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 25: 211-219.

Nagata, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *J. Japan. Soc. Food Sci. Technol*. 39(10): 925-928.

Poulos, J.M. 1993. Pepper Breading. In *Breading of solanaceous and cole crops*. Chadha M.L, A.K.M. Amzad Hossain and M.Hossain (eds). pp. 85-121. Tainan: The World Vegetable Center.

Saidu, A.N. and R. Garba. 2011. Antioxidant activity and phytochemical screening of five species of capsicum fruits. *IRJBB*. 1(9): 237-241.

Sbrussi, C.A.G., Zucareli, C., Prando, A.M., Almeida, B.V., and B. Silva. 2014. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. Rev. Ciênc. Agron. 45(3): 543-549.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and R.M. Lamuela-Ravenros. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 299: 152-178.

Vera-Guzmán, A.M., Chávez-Servia, J.L., Carrillo-Rodríguez, J.C., and M.G. López. 2011. Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. *JAR.* 71(4): 578-585.

Zhang, D. and Y. Hamauzu. 2003. Phenolic compounds, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant properties of green, red and yellow bell peppers. *JFAE.* 1(2): 22-27.

วันรับบทความ (Received date) : 15 พ.ย. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 28 ม.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 11 มิ.ย. 62