ปริมาณสารทุติยภูมิ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และผลผลิตของขึ้นฉ่าย จากอิทธิพลของระยะการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

Secondary Metabolites Antioxidant Activities and Yield of Celery Affected by Different Harvesting Maturity

นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์[1*] ภาวิณี อารีศรีสม[1] กอบลาภ อารีศรีสม[1] สุพรรษา กัณฑวงค์[2]
และ ศักดิ์ชัย เสถียรพีระกุล[2]

[1]สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[*]Corresponding Author, E-mail: narin_t15@hotmail.com

Received: 17 April 2019 | Revised: 12 July 2019 | Accepted: 30 September 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอายุการเก็บเกี่ยว 4 ระยะ (30 45 60 และ 75 วันหลังการปลูก) ต่อปริมาณสารทุติยภูมิ ฤทธิ์ต้านอมุมูลอิสระ และผลผลิตของขึ้นฉ่าย โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จากการทดลอง พบว่าน้ำหนักผลผลิตของขึ้นฉ่ายมีค่าสูงที่สุดเมื่อทำการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 75 วัน ในขณะที่ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ วิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS มีค่าสูงสุด (3.81 มก.เคอร์ซิติน/ก. น้ำหนักแห้ง, 7.83 มก./100 ก., 18.90 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง, 53.82% และ 48.57% ตามลำดับ) เมื่อทำการเก็บเกี่ยวที่อายุ 30 วัน หลังการปลูก

ABSTRACT

This research investigated the effects of four stages of harvest maturity (30, 45, 60 and 75 days after planting) on secondary metabolites, antioxidant activities and yield of Celery. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD). The results showed yield of celery was highest with harvest maturity at 75 days. In addition, the flavonoid content, vitamin C, phenolic compound content and antioxidation activity in terms of DPPH and ABTS radical scavenging capacity were highest (3.81 mg QE/g DW, 7.83 mg/100 g, 18.90 mg GAE/g DW, 53.82% and 48.57%, respectively) when the plants were harvested at 30 days after planting.

คำสำคัญ: ฟลาโวนอยด์ วิตามินซี สารประกอบฟีนอล ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Keywords: Flavonoid, Vitamin C, phenolic compound, antioxidation activity

บทนำ

ผัก และพืชสมุนไพรของไทยหลายชนิด เช่น บัวบก ชะพลู ตำลึง และผักสมุนไพรอื่นๆ ที่มีการนำมารับประทานนั้น จะพบว่าอุดมไปด้วยคุณค่าทางสารอาหาร วิตามิน และนอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย หนึ่งในนั้นที่นิยมนำมารับประทานกัน คือ ขึ้นฉ่าย (*Apium graveolens* L.) หรือคื่นฉ่าย ซึ่งเป็นผักที่สามารถรับประทานสด หรือปรุงแต่งในจานอาหารได้นอกจากนี้ยังช่วยทำให้อาหารมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน ช่วยระงับกลิ่นคาวของอาหารพวกเนื้อต่าง ๆ ได้ดี ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของขึ้นฉ่ายนั้นเป็นพืชล้มลุก ก้านใบยาวสีเขียว ลักษณะเป็นกาบหุ้มรอบลำต้น ผลมีขนาดเล็ก ส่วนลำต้นนั้นกลวง สูงประมาณ 30-50 ซม. ลักษณะของใบเป็นใบรวม ประกอบด้วยใบย่อย 2-3 คู่ ขอบใบจะหยัก เป็นแฉกลึก แต่ละแฉกนั้นเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือห้าเหลี่ยม และมีกลิ่นหอมทั้งต้น (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, 2562) จากการศึกษา และวิจัยพบว่าขึ้นฉ่ายมีสรรพคุณทางยา ช่วยให้หลอดเลือดขยายตัวจึงช่วยลดความดันโลหิตลงได้ (Dianat et al., 2015) รักษาแผลในกระเพาะอาหาร (Howiriny et al., 2010) ส่วนรากใช้รักษาอาการปวดตามข้อ (โรคเก๊าท์) (Mohamed and Al-Okbi, 2008) ในขึ้นฉ่ายพบสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ ลิโมนีน (limonene) ซีลินีน (selinene) ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น (Sorour et al., 2015; Filiz, et al. 2017; Kooti and Daraei, 2017)

ปัจจัยที่ช่วยให้พืชสร้างสารสำคัญ และสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มทุติยภูมิ (second metabolites) นั้น มีหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็น สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อม สภาพการปลูก ความเครียดที่เกิดจากแมลง อุณหภูมิ และการขาดธาตุอาหาร (Ali, 2014) เป็นต้น ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่าระยะการเก็บเกี่ยวก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญ ที่นอกจากช่วยทำให้ได้คุณภาพของน้ำหนักผลผลิตพืชได้ดีแล้วยังช่วยในเรื่องของปริมาณสารสำคัญสูงอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อปริมาณสารประกอบฟีนอล สารฟลาโวนอยด์ วิตามินซี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และผลผลิตของขึ้นฉ่าย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองที่สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2560 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 12 แปลงทดลอง (แปลงทดลองขนาด 1 x 3 เมตร) ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ ทำการเก็บเกี่ยวที่ 30 45 60 และ 75 วันหลังปลูก นำต้นขึ้นฉ่ายที่อายุ 4 สัปดาห์หลังเพาะเมล็ดปลูกลงในแปลงด้วยระยะปลูก 20 x 20 ซม. ดูแลรักษาต้นขึ้นฉ่ายโดยให้น้ำ และจัดการศัตรูพืชอย่างสม่ำเสมอ ให้ปุ๋ยมูลไก่ในอัตราส่วน 1,600 กก.ต่อไร่ หลังปลูก 1 สัปดาห์ จากนั้นทำการเก็บเกี่ยวขึ้นฉ่าย เมื่อต้นมีอายุ 30 45 60 และ 75 หลังปลูก โดยเก็บเกี่ยวเอาเฉพาะส่วนลำต้น และใบ บันทึกน้ำหนักผลผลิตสด ล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 °ซ. เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อแห้งบันทึกน้ำหนักผลผลิตแห้ง

2. การเตรียมสารสกัดขึ้นฉ่าย

การเตรียมสารสกัดขึ้นฉ่าย ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Pumtes et al. (2012) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ สุ่มตัวอย่างขึ้นฉ่ายที่ผ่านการอบแห้ง ซ้ำละ 50 ก. บดเป็นผงละเอียดและชั่งตัวอย่างมา 3.0 ก. เติมเมทานอล (AR grade, Lab scan) ปริมาตร 50 มล. แช่ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40 °ซ. นาน 3 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำสารละลายที่สกัดได้มากรอง และนำไปประเหยจนแห้ง ละลายสารสกัดหยาบด้วยเมทานอลปริมาตร 10 มล. เก็บสารละลายที่สกัดได้ไว้ที่อุณหภูมิ 5 °ซ.

3. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอล

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอล ใช้ Folin-Ciocalteu's reagent (AR grade, Merck) โดยดัดแปลงจากงานวิจัยของ Namjooyan et al. (2010) โดยปิเปตต์สารละลายสารสกัดขึ้นฉ่ายที่สกัดได้มา 1.0 มล. ละลาย และเจือจางให้เป็น 25 มล. ด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นปิเปตต์สารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้มา 0.1 มล. เติมลงในหลอดทดลองผสมกับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 2.0 % (w/v) ปริมาตร 2.0 มล. และสารละลาย Folin-Ciocalteu 0.1 มล. ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำสารละลายที่เตรียมได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ด้วยสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S,

Thermo scientific) คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอล โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) รายงานผลปริมาณสารประกอบฟีนอลที่มีหน่วยเป็น มก.กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง (mg GAE/g DW)

4. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Singh et al. (2002) โดยปิเปตต์สารละลาย DPPH (HPLC grade, Sigma) เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.9 มล. ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายสารสกัดหยาบขึ้นฉ่ายที่ความเข้มข้น 200 มคก.ต่อ มล. ปริมาตร 0.1 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้น นำสารละลายที่เตรียมได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo scientific) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่างมาคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เมื่อเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงกับหลอดควบคุม โดยรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็นค่าของร้อยละการยับยั้ง (% inhibition) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\%\ \text{Inhibition} = \left(\frac{A_{ctrl} - A_{sample}}{A_{ctrl}} \right) 100$$

เมื่อ A_{ctrl} คือค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม

A_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

5. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS (2,2'–azion–bis-3–ethylbenzothiazoline–6-sulfonic acid)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ดัดแปลงจากวิธีของ Thaipong et al. (2006) โดยปิเปตต์สารละลาย ABTS (HPLC grade, Sigma) เข้มข้น 7.0 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.0 มล. ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายสารสกัดหยาบขึ้นฉ่ายที่ความเข้มข้น 200 มคก. ต่อ มล. ปริมาตร 0.1 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 6 นาที หลังจากนั้น นำสารละลายที่เตรียมได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo scientific) นำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างมาคำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เมื่อเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงกับหลอดควบคุม โดยรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เป็นค่าของร้อยละการยับยั้ง คำนวณเช่นเดียวกันกับวิธีการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

6. การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในขึ้นฉ่าย ทำด้วยวิธี $AlCl_3$ colorimetric assay โดยดัดแปลงจากงานวิจัยของ Patil et al. (2012) ทำการชั่งตัวอย่างขึ้นฉ่ายที่บดเป็นผงละเอียดมา 1.0 ก. สกัดตัวอย่างด้วยเอทานอล (AR grade, Lab scan) และปรับปริมาตรเป็น 50 มล. ปิเปตต์สารละลายสารสกัดขึ้นฉ่ายที่สกัดได้มา 3.0 มล. ละลาย และเจือจางให้เป็น 10 มล. ด้วยเอทานอล หลังจากนั้นปิเปตต์สารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ มา 0.5 มล. ผสมกับน้ำกลั่น 2.9 มล. เอทานอล 1.5 มล. และ 10% $AlCl_3$ 0.1 มล. นำสารละลายที่เตรียมได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของเคอร์ซิติน รายงานผลปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมเป็น มก.เคอร์ซิติน/ก. น้ำหนักแห้ง (mg Quercetin (QE)/g DW)

7. การวิเคราะห์หาปริมาณสารวิตามินซี

วิเคราะห์หาปริมาณสารวิตามินซี ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ซึ่งดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Asami et al. (2003)

ชั่งตัวอย่างขึ้นฉ่ายที่บดเป็นผงละเอียด มา 3.0 ก. และเติมสารละลายบัฟเฟอร์ HPO_3 เข้มข้นร้อยละ 3 ปริมาตร 25 มล. ปั่นให้ละเอียด กรองสารละลายตัวอย่างที่ได้ แล้วทำการเจือจางให้ครบปริมาตร 50 มล. นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ไปฉีดวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (LC1100, Agilent) โดยใช้คอลัมน์ C-18 Hypersil-ODS (4.0x250 มม., 5 ไมครอน) ในการแยกสาร ตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดชนิด photodiode array ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และระบบตัวพา (mobile phase) ในการชะคือสารละลายบัฟเฟอร์ KH_2PO_4 pH 2.4 ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ด้วยอัตราการไหล 0.80 มล. ต่อนาที คำนวณปริมาณสารวิตามินโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ L-ascorbic acid รายงานผลปริมาณวิตามินซีในหน่วย มก./100 ก. (mg /100 g)

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัย

1. น้ำหนักผลผลิตสด และแห้งของขึ้นฉ่าย

จากการปลูกต้นขึ้นฉ่ายตามกรรมวิธีที่ได้วางแผนการทดลองไว้ข้างต้น และทำการเก็บเกี่ยวผลิตผลตามอายุการปลูกที่กำหนดไว้ ผลผลิตในรูปของน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของขึ้นฉ่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 13-70 ก./ต้น และ 2-6 ก./ต้น ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างอายุการเก็บเกี่ยว เมื่ออายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของขึ้นฉ่ายก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

2. ปริมาณสารทุติยภูมิ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ในการศึกษาระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อปริมาณสารทุติยภูมินั้น จะทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล สารฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS จากผลการศึกษาที่ได้ (ตารางที่ 2) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์พบว่า ปริมาณสารที่ตรวจพบมีค่าอยู่ในช่วง 2-4 มก.เคอร์ซิติน/ก. น้ำหนักแห้ง เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นปริมาณสารฟลาโวนอยด์จะลดลง โดยที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 30 วัน จะมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงที่สุดเท่ากับ 3.81 มก.เคอร์ซิติน/ก. น้ำหนักแห้งรองลงมาจะเป็นที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 75 45 และ 60 วัน ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 น้ำหนักผลผลิตสด และแห้งของขึ้นฉ่าย ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว (วัน)	น้ำหนักผลผลิตสด (ก./ต้น)	น้ำหนักผลผลิตแห้ง (ก./ต้น)
30	13.18±1.91^{d}	1.90±0.34^{d}
45	21.99±3.51^{c}	3.46±0.35^{c}
60	27.85±3.04^{b}	4.64±0.33^{b}
75	69.38±0.56^{a}	5.95±1.27^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

2.2 ปริมาณวิตามินซี เมื่อนำสารสกัดจากตัวอย่างขึ้นฉ่ายที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ ไปฉีดวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง พบว่าวิตามินซีจะมีค่า retention time เท่ากับ 4.18 นาที เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน L-ascorbic acid ดังแสดงในรูปที่ 1 จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณของวิตามินซีมีแนวโน้มสอดคล้องกับปริมาณสารฟลาโวนอยด์ โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้นปริมาณวิตามินซีจะลดลงเช่นกัน

ปริมาณวิตามินซีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.83 มก./100 ก. เมื่อทำการเก็บเกี่ยวที่ 30 วัน และมีปริมาณรองลงมาเมื่อทำการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 45 75 และ 60 วัน โดยมีปริมาณของวิตามินซีเท่ากับ 5.12, 2.08 และ 0.71 มก./100 ก. ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ปริมาณสารทุติยภูมิ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของขึ้นฉ่าย ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

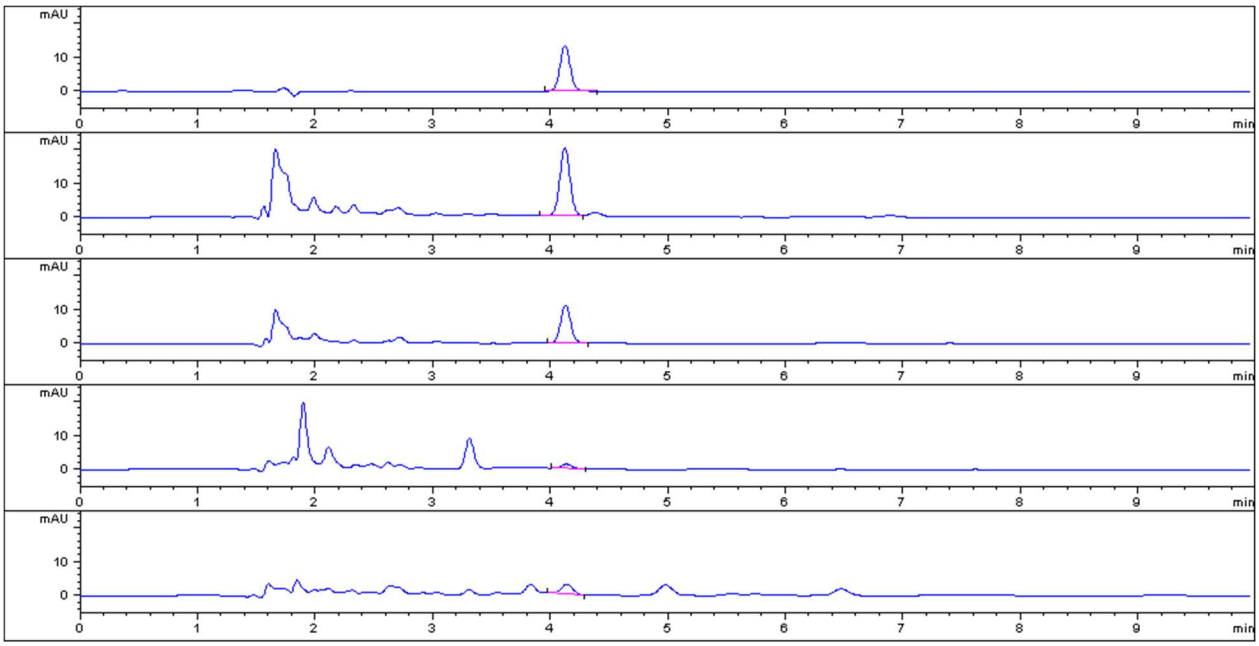
ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว (วัน)	สารฟลาโวนอยด์ (mg QE/g DW)	สารประกอบฟีนอล (mg GAE/g DW)	วิตามินซี (mg/100 g)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS (% inhibition)
30	3.81±0.05^{a}	18.90±0.85^{a}	7.83±0.98^{a}	53.82±0.29^{a}	48.57±0.42^{a}
45	2.72±0.16^{c}	10.90±0.52^{d}	5.12±0.75^{b}	42.30±0.50^{d}	23.70±0.17^{d}
60	2.60±0.11^{c}	15.06±0.35^{b}	0.71±0.05^{d}	48.30±3.64^{b}	34.43±0.15^{c}
75	3.09±0.52^{b}	13.67±0.61^{c}	2.08±0.10^{c}	50.52±0.59^{b}	44.15±0.42^{b}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอล สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลในต้นขึ้นฉ่ายที่ทำการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 30 45 60 และ 75 วัน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอล จะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกันกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และปริมาณสารวิตามินซี โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลที่วิเคราะห์ได้ มีค่าอยู่ในช่วง 10-19

มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้งที่ระยะการเก็บเกี่ยว 30 วัน จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุดเท่ากับ 18.90 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง

2.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของขึ้นฉ่าย ที่ทำการเก็บเกี่ยวที่ระยะแตกต่างกัน ทำการเปรียบเทียบจากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ผลการทดลองที่ได้พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าร้อยละการยับยั้งตั้งแต่ 42-54% ในส่วนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS มีค่าร้อยละการยับยั้งตั้งแต่ 23-49% ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ต่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ซึ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS มีค่าสูงสุดเมื่อทำการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 30 วัน มีค่าเท่ากับ 53.82 และ 48.57% ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และสารประกอบฟีนอล



รูปที่ 1 โครมาโทแกรมของสารสกัดตัวอย่างขึ้นฉ่ายที่ระยะเวลการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ที่ฉีดวิเคราะห์เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (ก. สารมาตรฐาน L-ascorbic acid ข. 30 วัน ค. 45 วัน ง. 60 วัน และ จ. 70 วัน)

วิจารณ์ผลการวิจัย

น้ำหนักผลผลิตสด และแห้งของต้นขึ้นฉ่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากต้นขึ้นฉ่ายได้รับปุ๋ย ธาตุอาหาร และปัจจัยอื่น ๆ ที่นำมาใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นเป็น 75 วัน ได้น้ำหนักผลผลิตสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคณะทีมผู้วิจัยที่ผ่านมา พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นน้ำหนักผลผลิตของเตยหอมก็จะเพิ่มตาม (นรินทร์ และคณะ, 2560) หรืองานวิจัยของ สุรีรัตน์ และ จุฑามาส (2557) พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้นน้ำหนักผลผลิตผักกาดฮ่องเต้ก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามเช่นกัน ทั้งนี้เมื่อได้ทำการพิจารณาถึงลักษณะต้นขึ้นฉ่ายที่เหมาะสมสำหรับนำไปบริโภค จากการทดลองครั้งนี้นั้นพบว่า ที่ระยะการเก็บเกี่ยว 60 วัน จะมีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากลักษณะของใบ และลำต้น ไม่แก่จนเกินไป ถึงแม้จะมีน้ำหนักผลผลิตต่ำกว่าก็ตาม

สำหรับปริมาณสารฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลนั้น ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวจะส่งผลต่อปริมาณสารดังกล่าว คือ เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้นปริมาณสารฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และสารประกอบฟีนอล มีค่าลดลง โดยการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 30 วันหลังปลูก ต้นขึ้นฉ่ายมีปริมาณสารดังกล่าวสูงที่สุด และจะมีความสอดคล้องกันกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ที่พบว่าเมื่อทำการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 30 วัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เนื่องจากสารฟลาโวนอยด์ สารวิตามินซี และสารประกอบฟีนอล เป็นสารกลุ่มทุติยภูมิ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดย Ali (2004) ได้พบว่าปัจจัยที่พืชสร้างสารทุติยภูมิขึ้นมา เกิดได้จาก

หลายปัจจัย ได้แก่ ความเครียดที่เกิดจากแมลง ปัญหาของสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ สภาพการปลูก และการขาดธาตุอาหาร หรือในสภาวะที่ต้นพืชยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ เป็นต้น จากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จึงทำให้พืชสร้างสารทุติยภูมิเพิ่มมากขึ้น และนี่อาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ต้นขึ้นฉ่ายที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 30 วัน ที่ได้ทำการทดลองปลูกครั้งนี้สร้างสารทุติยภูมิมากที่สุด เมื่อเทียบกับระยะเวลาการเก็บเกี่ยวอื่น ๆ และจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวช่วงแรก ๆ หรือที่อายุพืชยังน้อยมีแนวโน้มในการผลิตสารกลุ่มทุติยภูมิปริมาณมาก เช่นงานวิจัยของ Brasileiro et al (2015) พบว่าปริมาณสารฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ใน *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd จะมีค่าสูงที่สุดในระยะเวลาการเก็บเกี่ยวช่วงแรก หรืองานวิจัยของ Lin et al. (2014) พบว่าเมื่อทำการเก็บเกี่ยวเห็ดที่ระยะ 10 วันแรก จะพบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาเก็บเกี่ยวมีผลต่อน้ำหนักผลผลิต ปริมาณสาร ฟลาโวนอยด์ วิตามินซี สารประกอบฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยที่ระยะการเก็บเกี่ยว 75 วัน ให้น้ำหนักผลผลิตต้นขึ้นฉ่ายมากที่สุด ในขณะที่ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ วิตามินซี สารประกอบฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จะมีค่ามากที่สุดเมื่อทำการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 30 วัน

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากปริมาณสารทุติยภูมิ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จึงควรเก็บเกี่ยวต้นขึ้นฉ่ายที่ระยะเวลา 30 วันหลังปลูก เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณสารที่มีประโยชน์มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ ภาวิณี อารีศรีสม เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์ วาริน สุทนต์ และ กอบลาภ อารีศรีสม. (2560). ผลของอายุการเก็บเกี่ยวและความเข้มแสงต่อปริมาณสารประกอบฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบเตยหอม. วารสารแก่นเกษตร 45 (3): 433-438.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. (2562). ขึ้นฉ่าย. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. แหล่งข้อมูล: http://www.medplant.mahidol.ac.th/pharm/botanic. asp?bc=0147 &kw=ขึ้นฉ่าย*. ค้นเมื่อ วันที่ 8 เมษายน 2562.

สุรีรัตน์ บุญทวี และ จุฑามาส คุ้มชัย. (2557). อายุการเก็บเกี่ยวต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผลผลิตและปริมาณเส้นใย ผักกาดฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis*). วารสารแก่นเกษตร 42 (ฉบับพิเศษ 3): 921-925.

Ali, M.B. (2014). Secondary metabolites and environmental stress in plants: biosynthesis, regulation, and function. P. 55-85. In: Ahmad, P. and Wani, R.M. Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment. New York: Springer. Volume 2.

Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.M. and Mitchell, A.E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51(5): 1237-1241.

Brasileiro, B.G., Leite, J.P.V., Casali, V.W.D., Pizziolo, V.R. and Coelho, O.G.L. (2015). The influence of planting and harvesting times on the total phenolic content and antioxidant activity of *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd. Acta Scientiarum. Agronomy Maringá 32(2): 249-255.

Dianat, M., Veisi, A., Ahangarpour, A. and Moghaddam, H.F. (2015). The effect of hydro-alcoholic celery (*Apium graveolens*) leaf extract on cardiovascular parameters and lipid profile in animal model of hypertension induced by fructose. Avicenna Journal of Phytomedicine 5(3): 203-209.

Filiz, B.E., Korkmaz, N., Budak, N.H., Seydim, A.C. and Seydim, Z.B.G. (2017). Antioxidant activity and phenolic acid content of selected vegetable broths. Czech Journal of Food Sciences 35(6): 469–475.

Howirity, T.A., Alsheikl, A., Alqasoumi, S., Al-Yahya, M., ElTahir, K. and Rafatullah, S. (2010). Gastric antiulcer, antisecretory and cytoprotective properties of celery (*Apium graveolens*) in rats. Pharmaceutical Biology 48(7):786-793.

Kooti, W. and Daraei, N. (2017). A Review of the antioxidant activity of celery (*Apium graveolens* L). Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine 22(4): 1029-1034.

Lin, J.T., Liu, C.W., Chen, Y.C., Hu, C.C., Juang, L.D., Shiesh, C.C. and Yang, D.J. (2014). Chemical composition,

antioxidant and anti-inflammatory properties for ethanolic extracts from *Pleurotus eryngii* fruiting bodies harvested at different time. LWT - Food Science and Technology 55: 374-382.

Mohame D.A. and Al-Okbi, S.Y. (2008). Evaluation of anti-gout activity of some plant food extracts. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences 58(3):389-395.

Namjooyan, F., Azmi, M.E. and Rahmanian, V.R. (2010). Investigation of antioxidant activity and total phenoloc content of various fractions of aerial parts of *Pimpinella barbata* (DC.) Boiss. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products 5: 1-5.

Patil, N.B., Adsul, A.B., Khatiwora, E., Kale, A.A., Tambe, A.P. and Deshpande, N.R. (2012). Spectroscopic determination of total phenolic and flavonoid contents of *Tribulus terrestric* fruits. International journal of ChemTech Research 4(3): 899-902.

Pumtes, P., Kongbangkerd, T., Rojsunthornkitti, K. and Jitrepotch N. (2012). Effect of extraction conditions on antioxidant activities of some Thai herbs. In: The 4th Science Research Conference 12-13 March 2012. Faculty of Science, Naresuan University. Thailand. 52-54.

Singh, R.P., Chidambara, K.N. and Jayaprakasha, G.K. (2002). Studies on the activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using *in vitro* models. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(1): 81-86.

Sorour, M.A., Hassanen, N.H.M. and Ahmed, M.H.M. (2015). Natural antioxidant changes in fresh and dried celery (*Apium graveolens*). American Journal of Energy Engineering 3(2-1): 12-16.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D.H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis 19: 669-675.

❑❑❑❑❑