

ผลของการให้สารละลาย Salicylic acid ต่อผลผลิตและคุณภาพในขมิ้นชัน

Effect of Salicylic Acid on Yield and Quality of *Curcuma longa* Linn.

สมพร ช้วยแต้ม¹ และ นัตยา มนตรี^{1*}
Somporn Chauytam¹ and Nattaya Montri¹

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของการให้สารละลาย salicylic acid (SA) ต่อผลผลิตและคุณภาพในขมิ้นชัน โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x2 factorial in randomized complete block design (RCBD) ทำการทดลองโดยการฉีดพ่นสารละลาย salicylic (SA) ความเข้มข้น 0 500 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 30 และ 60 วัน เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 9 และ 10 เดือน บดแห้งเป็นผงละเอียด จากนั้นสกัดสารสำคัญด้วย ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์ปริมาณสาร curcumin total phenolics และ total flavonoids พบว่า การฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้นต่างๆ ในระยะเวลาก่อนการเก็บเกี่ยว 30 และ 60 วัน ไม่มีผลต่อผลผลิตและค่าสีของขมิ้นชัน โดยขมิ้นชันในทุกระดับความเข้มข้นมีสีเหลืองส้ม ส่วนการสะสมสารสำคัญต่างๆ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนการเก็บเกี่ยว 30 และ 60 วัน มีปริมาณสาร total phenolics และ curcumin มากที่สุด 108.80 มิลลิกรัม GAE ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และ 143.04 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในขณะที่การฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนการเก็บเกี่ยว 60 วัน มีปริมาณสาร total flavonoids มากที่สุด 292.50 มิลลิกรัม QUE ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

คำสำคัญ: พืชสมุนไพร เคอร์คูมิน สารสำคัญ

Abstract

Effect of salicylic acid on yield and quality of *Curcuma longa* Linn. were investigated. The experiment was conducted in 3x2 factorial in randomized complete block design (RCBD). The various concentrations of salicylic acid (SA) at 0, 500 1,000 and 1,500 mg/l were sprayed before harvesting at 30 and 60 days. Rhizomes were harvested at 9 and 10 months and extracted with 95% ethanol. The secondary compounds; curcumin, total phenolics and total flavonoids were analyzed. The results found that spraying with various concentrations of SA before harvesting stage at 30 to 60 days had no effects on yield and the color of *C. longa* Linn. The rhizome color is the yellow-orange in all treatments. For the secondary compounds accumulation, the contents of secondary compounds were highly significant among treatments. At 1,000 mg/l SA at 30 and 60 days before harvesting treatment had highest contents of total phenolics and curcumin at 108.80 mg GAE/gDW and 143.04 mg/gDW, respectively. While spraying with 1,500 mg/l SA concentration at 60 days before harvesting had the highest content of total flavonoids at 292.50 mg QUE/gDW.

Keywords: medicinal plants, curcumin, secondary compounds

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160

*Corresponding author, Email: nattayamontri@gmail.com

คำนำ

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) เป็นพืชสมุนไพรที่อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae (เต็ม, 2544) มีการนำส่วนของหัวและแง่มุมมาใช้ประโยชน์ เช่น รับประทานสด เป็นส่วนผสมของเครื่องแกง แต่งกลิ่นสีและรสชาติของอาหารอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้แล้วความต้องการบริโภคสินค้าเพื่อสุขภาพมีอัตราการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ และขมิ้นชันเป็นหนึ่งในสมุนไพรที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้หลายชนิด ทั้งยา เช่น ลดกรด รักษาแผลในกระเพาะอาหาร ลดอาการอักเสบ อาหารเสริมสุขภาพ เครื่องสำอาง เช่น ครีมบำรุงผิว สบู่ ผลิตภัณฑ์สปา และลูกประคบ ยาทาภายนอก ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์สำหรับสัตว์เลี้ยง และผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น (พิรดา, 2554) เนื่องจากขมิ้นชันมีสารสำคัญ คือ curcuminoid เป็นสารสีเหลือง สารกลุ่มนี้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของขมิ้นชัน สารประกอบ curcumin มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารหลักคือ tumerone และ zingiberene นอกจากนี้ยังมีสารกลุ่ม sesquiterpene และ monoterpene ซึ่งเป็นสารหอมระเหยที่มีความสำคัญต่อลักษณะของกลิ่นและรสชาติของขมิ้นชัน (Zhang, 2003) อย่างไรก็ตามการพัฒนาพืชสมุนไพรให้ได้มาตรฐานเป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตพืชสมุนไพรให้มีคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณสารสำคัญสูง โดยทั่วไปแล้วการสร้างสารทุติยภูมิในพืชจะถูกสร้างขึ้นเมื่อพืชอยู่ในสภาพเครียดทั้งที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต (บุหรณ์, 2556) กรดซาลิซิลิก (salicylic acid, SA) เป็นสารประกอบฟีนอลอย่างง่ายที่มีผลต่อกระบวนการเจริญเติบโตของพืช (Sun *et.al.* 2012) เช่น การเปิด - ปิดของปากใบ การงอกของเมล็ด การดูดซับประจุ การแสดงออกของเพศ และการต้านทานการเข้าทำลายของโรค และยังทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งสัญญาณความเครียดในการเจริญเติบโตของพืช ปัจจุบันได้มีการนำมารกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารทุติยภูมิในพืช พิรดา (2554) ให้ SA กับหน่อกะลา พบว่าสามารถกระตุ้นให้มีการสร้างสารทุติยภูมิเพิ่มมากขึ้น ในสารสกัดจากใบและราก (Wei *et al.* 2011) พบว่าสาร SA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยให้หน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณรวมของ flavonoids และ phenolics เพิ่มขึ้น Singh and Kaur (1980) พบว่าสาร SA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้กับถั่วเหลือง พบว่ามีผลต่อการเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงและปริมาณของ chlorophyll และมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักของฝัก ยวดี และคณะ (2553) รายงานว่าสาร SA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อสารประกอบ phenolics และ flavonoids ทำให้มีการสะสมของสารในหัวกวาวเครือขาวเพิ่มมากขึ้น นาดยา และคณะ (2560) รายงานว่าการฉีดพ่นสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 30 วัน มีผลต่อการเจริญเติบโต และการสะสมสารอัลคาลอยด์ในหนอนตายหยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ SA ต่อผลผลิตและปริมาณสารสำคัญในขมิ้นชันเพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรนำไปใช้ในการผลิตในแปลงปลูกเพื่อประโยชน์ด้านเครื่องสำอาง หรือยารักษาโรคต่อไป

วิธีการศึกษา

การเตรียมพื้นที่ และการปลูก

ทำการไถพรวนก่อนต้นฤดูฝน และย่อยดินให้มีขนาดเล็กลงด้วยการพรวนดิน จากนั้นทำการไถยกทรงปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร และระยะระหว่างต้น 30 เซนติเมตร การปลูกขมิ้นชัน โดยการใช้แ่งที่มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 20 - 30 กรัม เป็นท่อนพันธุ์ รองก้นหลุมด้วยปุ๋ย สูตร 13 - 13 - 21 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และวางท่อนพันธุ์ลงในแปลง กลบดินหนาประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร ใช้ฟางข้าวปิดคลุมดินเพื่อรักษาความชื้น

การดูแลรักษา

เมื่อขมิ้นชัน เริ่มงอกและมีความยาวของยอดประมาณ 5-10 เซนติเมตร ทำการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 หลังปลูกขมิ้นชันได้ 3 เดือน ทำการพรวนดินกลบโคนแถวขมิ้นชันเพื่อช่วยให้ดินร่วนซุยในการแตกกอ ให้น้ำในช่วงที่ฝนหยุดตกติดต่อกัน 3 วัน

หลังจากนั้นกำจัดวัชพืชอีก 2 - 3 ครั้งจนกว่าขมิ้นชันจะหยุดการพัฒนาด้านการเจริญเติบโต

การฉีดพ่นสารละลาย SA

โดยวางแผนการทดลองแบบ 3X2 Factorial in randomized complete block design (3x2 Factorial in RCBD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือปัจจัยที่ 1 ได้แก่ ระยะเวลาการฉีดพ่นสาร 30 และ 60 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยว ปัจจัยที่ 2 ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลาย SA 0 500 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อขมิ้นชันมีอายุ 8 เดือน หลังจากนั้นเก็บผลผลิต เมื่อขมิ้นชันมีอายุ 9 และ 10 เดือน บันทึก น้ำหนักสดของหัวและแง จากนั้นนำข้อมูลที่บ้านที่ปลูก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

การเตรียมสารสกัดจากหัวและแงของขมิ้นชัน

นำหัวและแงขมิ้นชันล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นบางๆ นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อแห้งแล้วบดให้เป็นผงละเอียด นำผงขมิ้นชันน้ำหนัก 0.5 กรัม มาสกัดด้วยการหมักใน ethanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 วัน กรองสารละลายออกด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 รวมจำนวน 3 ครั้ง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ใส่ขวดแก้ว ปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ที่ 14 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญต่อไป

การตรวจสอบคุณภาพสีของขมิ้นชัน

นำผงขมิ้นชันที่บดละเอียด มาวัดค่าสี โดยการใช้เครื่องวัดสี [Minolta CR-400] และรายงานผลเป็นค่า L^* a^* และ b^*

การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ

นำสารสกัดขมิ้นชันไปวัดปริมาณสารสำคัญด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (TG90 UV-Vis P&G Instrument®) โดยวัดปริมาณของสาร curcumin ที่ค่าการดูดกลืนแสง 520 นาโนเมตร โดยใช้ curcumin เป็นสารละลายมาตรฐาน วัดปริมาณ ฟีนอลิกของสารสกัดทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu Phenol Test ดัดแปลงตามวิธีการของ Basker *et al.* (2011) และ Shian *et al.* (2012) Folin-Ciocalteu rEtOAcgent ซึ่งเป็นสารละลายที่มีสีเหลืองเมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงหรือน้ำเงิน วัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร โดยใช้สารมาตรฐาน gallic acid เป็นสารมาตรฐาน และวัดปริมาณของสาร total flavonoids โดยวิธี Aluminium chloride colorimetric method ที่ดัดแปลงตามวิธีการของ Basker *et al.* (2011) ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร โดยใช้ quercetin เป็นสารละลายเทียบมาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สารสำคัญหรือสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) เป็นกลุ่มของสารเคมีที่สร้างโดยพืชเมื่อมีความจำเป็น ต้องใช้เพื่อการดำรงชีวิตในสภาวะที่ไม่เหมาะสม โดยการสร้างสารทุติยภูมินั้นมีสารเริ่มต้นในวิถีการสังเคราะห์ ได้แก่ กรดอะมิโน acetate และ mevalonate (บุหรัน, 2556) ซึ่งพืชจะสร้างสารเหล่านี้ขึ้น เมื่อพืชเกิดความเครียด พืช(2554) salicylic acid (SA) จัดเป็นตัวกระตุ้นชีวภาพที่ใช้ชักนำให้พืชสร้างสารทุติยภูมิในพืช และยังมีบทบาท ในการควบคุมกระบวนการดูดซับธาตุอาหาร การเปิด ปิด ของปากใบ การออกดอก การแบ่งเซลล์ การสังเคราะห์ ด้วยแสง การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และวงจรต่างๆ (Sun *et al.* 2012) การให้ SA ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม ต่อลิตร ใน Vitis vinifera ทำให้เกิดการสร้างสาร anthocyanin เพิ่มขึ้น (Zhao *et al.* 2005) การพ่น SA ในคะน้าก่อน เก็บเกี่ยว 6 วัน พบว่ามีการสะสมสารประกอบ phenolics เพิ่มขึ้น (Sun *et al.* 2012) การฉีดพ่นสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 30 วัน มีผลต่อการเจริญเติบโต และการสะสมสาร

อัลคาลอยด์ ในหนอนตายหยาก (นาตยา และคณะ. 2560) และจากการศึกษาในหมันชั้นโดยการฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้น 0, 500, 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ผลผลิตขมิ้นชัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของแง่งเฉลี่ย 50.81 กรัมต่อต้น เมื่อฉีดพ่นด้วยสารละลาย SA ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของแง่งเฉลี่ยต่อไร่ 360.75 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ SA (Table 1) สีของแง่งขมิ้นชัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในค่าของสี L^* , a^* และ b^* ทุกระดับการฉีดพ่นสารละลาย SA มีสีเหลืองส้ม (Table 2) จากนั้นนำสารสกัดขมิ้นชัน วิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่สาร curcumin total phenolics และ total flavonoids พบว่า ปริมาณ curcumin มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยหลังการฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ curcumin มากที่สุด 143.04 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ปริมาณ total phenolics มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยหลังการฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้น 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ total phenolics มากที่สุด 108.80 มิลลิกรัม GAE ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ปริมาณ total flavonoids มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยหลังการฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ total flavonoids มากที่สุด 292.50 มิลลิกรัม QUE ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (Table 3)

Table 1 Fresh and dry weight of rhizome and finger per plant and per Rai of *Curcuma longa* Linn. after spraying with various concentrations of salicylic acid at the different pre-harvesting periods.

Pre-harvesting		Fresh weight		Fresh weight		Dry weight		Dry weight	
Periods	Concentrations	per plant		per Rai		per plant		per Rai	
(day)	(mg/l)	(g)		(kg)		(g)		(kg)	
(A)	(B)	rhizome	finger	Rhizome	finger	rhizome	finger	Rhizome	finger
30	0	42.50	143.33	301.75	1,233.03	7.22	28.15	51.31	199.92
	500	47.57	175.00	337.77	1,242.50	7.15	33.51	50.78	246.95
	1,000	41.16	205.01	292.28	1,025.00	7.48	46.31	53.13	237.96
	1,500	46.40	234.11	329.50	1,455.54	11.42	50.81	81.10	214.13
60	0	45.26	173.67	321.39	1,423.64	9.66	34.78	68.60	328.85
	500	50.17	144.37	356.27	1,662.20	8.98	30.15	63.77	293.79
	1,000	37.83	200.51	268.62	1,395.28	10.79	41.37	76.61	360.75
	1,500	53.71	196.51	381.39	1,233.03	6.63	44.54	47.10	316.28
A		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A*B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%		15.45	21.90	15.45	21.90	26.80	23.86	26.80	23.86

ns= non significant

Table 2 The color values of *Curcuma longa* Linn. rhizome powders after spraying with various concentrations of salicylic acid at the different pre-harvesting periods.

Pre-harvesting		Color values		
Periods (days)	Concentrations (mg/l)	L*	a*	b*
(A)	(B)			
30	0	33.05	15.43	45.11
	500	29.99	13.81	40.59
	1,000	27.96	13.28	38.26
	1,500	29.65	13.56	41.24
60	0	34.04	15.10	45.21
	500	33.02	17.14	44.48
	1,000	28.91	13.27	39.53
	1,500	33.79	16.55	46.46
	A	ns	ns	ns
	B	ns	ns	ns
	A*B	ns	ns	ns
	CV%	10.94	16.75	10.81

ns = non significant

Table 3 Curcumin, total phenolic and total flavonoids contents in *Curcuma longa* Linn. rhizomes after spraying with various concentrations of salicylic acid at the different pre-harvesting periods.

Pre-harvesting		Curcumin	Total phenolic	Total flavonoids
Periods (day) (A)	Concentrations (mg/l)	(mg/g DW)	(mg GAE/g DW)	(mg QE/g DW)
	(B)			
30	0	99.71g	43.63f	97.84g
	500	126.61c	86.17c	193.04d
	1,000	138.82b	108.80a	188.01f
	1,500	120.05f	84.01d	208.22b
60	0	94.64h	76.05e	92.90h
	500	122.91e	108.30ab	188.01e
	1,000	143.04a	108.30ab	207.39c
	1,500	125.02d	87.37b	292.50a
	A	**	**	**
	B	**	**	**
	A*B	**	**	**
	CV%	0.07	0.08	0.04

** =Significantly different at the 0.01% level Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

สรุปผลการศึกษา

การฉีดพ่นสาร salicylic acid (SA) ไม่มีผลต่อผลผลิตของขมิ้นชัน แต่มีผลต่อคุณภาพ โดยระยะเวลาของการฉีดพ่นก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับความเข้มข้นของสารละลายที่ต่างกันของ SA มีผลต่อปริมาณสาร curcumin total phenolic และ total flavonoids โดยการฉีดพ่นสาร SA ที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนการเก็บเกี่ยว 60 วัน มีปริมาณ curcumin และ total phenolic มากที่สุด 143.04 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และ 108.80 มิลลิกรัม GAE ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และการฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนการเก็บเกี่ยว 60 วัน มีปริมาณ total flavonoids มากที่สุด 292.50 มิลลิกรัม QUE ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง จากผลการทดลองนี้ เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการผลิตขมิ้นชันในแปลงปลูกเพื่อเพิ่มคุณภาพด้านปริมาณสารสำคัญ โดยไม่กระทบต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพด้านสี สำหรับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสำอางและยารักษาโรคได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้อยู่ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และได้รับการสนับสนุนงบประมาณงานวิจัยจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

- เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2544). กรุงเทพฯ: ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้
- ยุวดี มานะเกษม และศุภจิรณี สงวนรังศิริกุล. 2553. สารออกฤทธิ์สำคัญและผลของสารสำคัญในกวาวเครือขาว. รายงานการวิจัยสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- นาคยา มนตรี และมานิตา คำแป้น. 2560. ผลของสารละลายกรดซาลิซิลิกต่อการเจริญเติบโต และการสะสมสาร stemona alkaloids ในรากหนอนตายหายากในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 35(2) : 129 – 136.
- บุหรณ์ พันธุ์สุวรรณ. 2556. อนุมูลอิสระสารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 21(3): 275-286.
- พริดา สุมนานท์ และวิษุวัต สงนวล. 2554. ผลกระทบของกรดซาลิซิลิกต่อปริมาณสารทุติยภูมิในพืชวงศ์ขิงสองชนิดนิทรรศการโครงการวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 12 ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- Baskar, R., S. Shrisakthi, B. Sathyapriya, R. Sathyapriya, R. Nithya and P. Poongodi. 2011. Antioxidants Potential of peel extracts of banana varieties (Musa sapientum). Food and Nutrition Sciences 2:1128 -1133.
- Singh, G. and M. Kaur. (1980). Effects of growth regulators on podding and yield of mungbean (Vigna radiata (L.) Wilczek). Indian J Plant Physiol. 23: 366-370.
- Shian, T., A. Abdullah, K. H. Musa, M.Y. Maskat and M. A. Ghani. 2012. Antioxidant properties of three banana cultivars (Musa acuminata Berangan', 'Mas' and 'Raja') extracts. Sains Malaysiana. 41: 319 - 324.
- Sun, B., H. Yan, F. Zhang and Q. Wang. 2012. Effects of Plant Hormones on Main Health-Promoting Compounds and Antioxidant Capacity of Chinese kale, Food Research International, 48: 359-366.
- Wei, Y., Z. Liu, Y. Su, D. Liu and X. Ye. 2011. Effect of salicylic acid treatment on postharvest quality, antioxidant activities and free polyamines of asparagus. J. Food Sci. 76(2): 126-132.
- Zhang, Y., K. Chen, S. Zhang and I. Ferguson. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. Postharvest Biol. Technol. 28: 67-74.
- Zhao, J., T. Lawrence, C. Davis and R. Verpoorte. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. Biotechnology Advances. 23: 283-333.

วันรับบทความ (Received date) 4 เม.ย. 2560

วันแก้ไขบทความ (Revised date) 16 ส.ค. 2560

วันตอบรับบทความ (Accepted date) 8 ก.พ. 2561