

ผลของสารเมทิลซาลิไซเลตต่อคุณค่าทางโภชนาการของผักกาด หอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิก

Effect of methyl salicylate on nutritional values of leaf lettuce cv. Red Oak grown in hydroponic system

บุญร่วม คิตคำ^{1*} และ ชัยมงคล ไชหล้า¹

Bunruam Khitka^{1*} and Chaimognkol Chaila¹

บทคัดย่อ: ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชอาหารประเภทสลัดที่สำคัญของโลก จึงมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของคุณค่าทางโภชนาการ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณของแอนโทไซยานินในผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ได้รับการฉีดพ่นสารเมทิลซาลิไซเลตที่ระดับความเข้มข้น 0, 10 และ 20 mM ในผักกาดหอมขณะที่มีอายุ 20, 30 และ 40 วันหลังย้ายปลูก ทำการทดลองในระบบไฮโดรโปนิกโดยจัดกรรมวิธีทดลองแบบแฟกทอเรียล (3x3) และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกรวม 9 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ พบว่าสารเมทิลซาลิไซเลตมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และใยอาหารในผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊ค โดยการฉีดพ่นสารเมทิลซาลิไซเลตความเข้มข้น 20 mM ทำให้ผักกาดหอมมีปริมาณของแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 10.48 mg/100gFW และ 1,292.02 กับ 61.01 μ gGAE/gFW ตามลำดับ ขณะที่อายุของพืชขณะทำการฉีดพ่นไม่นั้นมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอม นอกจากนี้ไม่พบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารเมทิลซาลิไซเลตกับอายุพืชขณะฉีดพ่นแสดงว่าสารเมทิลซาลิไซเลตสามารถชักนำฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และแอนโทไซยานินในผักกาดหอมเรดโอ๊คได้ในทุกช่วงอายุของพืช

คำสำคัญ: ผักกาดหอมเรดโอ๊ค, คุณค่าทางโภชนาการ, สารเมทิลซาลิไซเลต, อายุของพืช

ABSTRACT: Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is an essential salad crop in the world diet. The objective of the study were to evaluate changes in the nutritional values, antioxidant activity and anthocyanin content in lettuce cv. Red Oak that were sprayed with methyl salicylate in concentrations of 0, 10, 20 mM during the 3 plant age of lettuce (20, 30 and 40 days after transplanting). The experiments in the hydroponic system were set up as a 3x3 factorial in randomized complete block design with 9 treatments and 3 replications. The results showed that methyl salicylate had significant effects on anthocyanin content, total phenolic compound and antioxidant activity ($P < 0.05$) but does not effect on carbohydrate, protein, fat and dietary fiber of the lettuce. The application of 20 mM methyl salicylate in all plant age caused the highest anthocyanin content, total phenolic compound and antioxidant activities in the lettuce, which were 10.48 mg/100 gFW, 1,292.02 and 61.01 μ gGAE/gFW, respectively. While the plant age had no significant effect on the nutritional values of the lettuce. In addition, no interaction between methyl salicylate and the age of lettuce. The data suggested that the antioxidant activities, total phenolic compound and amount of anthocyanin in lettuce cv. Red Oak are increased with using methyl salicylate as the inducer.

Keywords: lettuce cv. Red Oak, nutritional values, methyl salicylate, plant age

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

School of Agriculture, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Phayao, Phayao 56000

* Corresponding author: bkhitka@gmail.com

บทนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นผักที่ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคที่สนใจอาหารเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะเมนูสลัดต่างๆ (Dupont et al., 2000) คุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอมขึ้นอยู่กับใยอาหารและสารประกอบอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินอี แคโรทีนอยด์ และสารประกอบฟีนอล (Serafini et al., 2002; Nicolle et al., 2004; Llorach et al., 2008) แอนโทไซยานินและคลอโรฟิลล์ (Li et al., 2010) โดยเฉพาะแอนโทไซยานินนั้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าวิตามินซีและวิตามินอี (Rice-Evans et al., 1997) ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊ค (*L. sativa* cv. Red Oak) มีแอนโทไซยานินประมาณ 25.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (mg/100gFW) (Llorach et al., 2008) ขณะที่งานวิจัยในประเทศไทยพบแอนโทไซยานินประมาณ 6.8 - 9.9 mg/100gFW (บุญร่วม, 2557; พลกฤษณ์, 2552) ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าที่มีรายงานในต่างประเทศเกือบสองเท่าตัว Loreti et al. (2008) รายงานว่าการสะสมแอนโทไซยานินในพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกของพืชหลายประการ เช่น ความเข้มแสงที่พืชได้รับ ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช Ding et al. (2002) รายงานว่าการดซาลิไซลิก (salicylic acid) เป็นสารส่งสัญญาณในพืชที่มีบทบาทต่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโตและการป้องกันตัวของพืช Sun et al. (2012) รายงานว่าการฟอสฟอรัสให้แสงให้แก่ผักก่อนที่จะทำการเก็บเกี่ยวจะทำให้พืชสร้างสารประกอบอินทรีย์ในกลุ่มฟีนอลและทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น Dokhanieh et al. (2013) รายงานว่าการดซาลิไซลิกมีบทบาทต่อพืชหลังการเก็บเกี่ยวโดยพบการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน และวิตามินซีในพืชที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารซาลิไซเลต ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทาง

โภชนาการของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คโดยการกระตุ้นให้พืชสร้างสารประกอบอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระให้สูงขึ้น จึงทำการศึกษาถึงความเข้มข้นของสารเมทิลซาลิไซเลตและระยะเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นสารสำคัญในผักกาดหอมด้วยสารดังกล่าวภายใต้ระบบการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์ (hydroponic) ต่อไป

วิธีการศึกษา

จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียลในแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (3x3 factorial in RCBD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยที่ 1 การฉีดพ่นสารเมทิลซาลิไซเลตความเข้มข้น 0, 10 และ 20 มิลลิโมลาร์ (mM) และปัจจัยที่ 2 คือ อายุพืชขณะทำการฉีดพ่นที่ 20, 30 และ 40 วันหลังการย้ายปลูกตามลำดับ ปลูกและดูแลผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คในระบบไฮโดรโปนิคส์ชนิด Dynamic Root Floating Technique (DRFT) โดยให้ธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer ที่ดัดแปลงโดยธีระศักดิ์ (2547) ควบคุมค่า pH ของสารละลายที่ 5.5 ค่า EC ของสารละลายให้เท่ากับ 1.6 ตลอดการทดลอง ดูแลจัดการตามแผนการทดลองจนกระทั่งผักกาดหอมเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุ 45 วันหลังการย้ายปลูก จากนั้นนำตัวอย่างผักมาวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (Manthey, 2004) วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอล และวิตามินซี ตามวิธีการของ Ranganna (1986) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร (dietary fiber) ตามวิธีของ AOAC (2005) ศึกษาความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 20

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลจากการศึกษาพบว่าปัจจัยของการฉีดพ่นเมทิลซาลิไซเลตด้วยความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารในผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊ค (Table 1) แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และแอนโทไซยานินในผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยการฉีดพ่นสารเมทิลซาลิไซเลตที่มีความเข้มข้น 20 mM สามารถกระตุ้นให้ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คสร้างสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดคือ 1,292.02 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด ($\mu\text{gGAE/gFW}$) แอนโทไซยานินสูงที่สุดคือ 10.48 mg/100gFW และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดคือ 61.01 $\mu\text{gGAE/gFW}$ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ที่เคยมีรายงานในต่างประเทศโดย Loreti et al. (2008) รายงานว่าผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมีปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกรวมคือ 25.90 และ 322.10 mg/100gFW คุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอมที่ได้จากการทดลองนั้นยังต่ำกว่าที่เคยมีรายงานในต่างประเทศแต่อย่างน้อยที่สุดการฉีดพ่นสารเมทิลซาลิไซเลตด้วยความเข้มข้น 20 mM สามารถเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินได้สูงกว่าการไม่ฉีดพ่นสารถึง 2.72 mg/100gFW หรือเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 36 สอดคล้องกับ Giménez et al. (2014) ที่รายงานว่า การฉีดพ่นกรดซาลิไซลิกกับเซอรวิสามารถเพิ่มแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกและแคโรทีนอยด์ Valero et al. (2011) รายงานว่าการฉีดพ่นกรดซาลิไซ

ลิกให้แก่ผลเซอรวิในระยะหลังการเก็บเกี่ยวสามารถเพิ่มระดับของสารประกอบอินทรีย์และแอนโทไซยานินให้สูงขึ้นกว่าการไม่ฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ Yao and Tian (2005) ได้อธิบายถึงกลไกของกรดซาลิไซลิกต่อการสังเคราะห์สารประกอบต่างๆ ในกลุ่มฟีนอลิกในพืชว่าเกิดจากการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ฟีนอลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส (Phenylalanine ammonia lyase; PAL) เมื่อฉีดพ่นสารกับผักกาดหอมที่อายุต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แอนโทไซยานิน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตและใยอาหารในต้น (Table 1 และ Table 2) นอกจากนี้ไม่พบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างสารเมทิลซาลิไซเลตกับอายุพืชขณะฉีดพ่นสารทั้งสองปัจจัยต่อคุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ทำการทดลองการศึกษาในครั้งนี้จะนำไปสู่แนวทางการพัฒนาการใช้สารเมทิลซาลิไซเลตในผลผลิตทางการเกษตรต่อไป โดยเฉพาะการนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอมใบแดงเพื่อกระตุ้นให้สร้างสารทุติยภูมิโดยเฉพาะแอนโทไซยานินซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับประทานผักที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นและอาจขยายผลการศึกษาไปสู่การใช้สารดังกล่าวในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว การศึกษาในครั้งนี้พบว่าความเข้มข้นของสารเมทิลซาลิไซเลตมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของแอนโทไซยานินขณะที่อายุของผักกาดหอมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารดังกล่าว ดังนั้นควรศึกษาถึงแนวทางในการใช้สารดังกล่าวกับผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป

Table 1. Carbohydrate, protein, fat and dietary fiber contents of lettuce cv. Red Oak with different concentrations of methyl salicylate application at different plant ages.

Treatments	Carbohydrate (g/100g DW)	Protein (g/100g DW)	Fat (g/100g DW)	Dietary fiber (g/100g DW)
Methyl salicylate (M)				
0 mM	3.04	2.76	0.69	0.62
10 mM	3.00	2.88	0.72	0.68
20 mM	2.92	2.89	0.71	0.79
Plant age (P)				
20 days	2.87	2.71	0.70	0.72
30 days	2.99	2.93	0.64	0.69
40 days	3.09	2.89	0.77	0.68
Methyl salicylate (M)	ns	ns	ns	ns
Plant age (P)	ns	ns	ns	ns
MxP	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13.5	11.8	18.6	14.2

ns = non significant; ; g = grams; DW = dry weight

Table 2. Total phenolic, ascorbic acid, DPPH and anthocyanin contents of lettuce cv. Red Oak with different concentrations of methyl salicylate application at different plant ages.

Treatments	Total phenolic compound (μ gGAE/gFW)	Ascorbic acid (mg/100gFW)	DPPH (μ gGAE/gFW)	Anthocyanin (mg/100gFW)
Methyl salicylate (M)				
0 mM	858.57 a	3.64	46.65 a	7.66 a
10 mM	906.05 a	3.76	53.28 b	7.92 a
20 mM	1,292.02 b	3.77	61.01 c	10.48 b
Plant age (P)				
20 days	1,022.78	3.69	53.85	8.64
30 days	1,009.08	3.82	54.79	8.95
40 days	1,024.78	3.66	52.3	8.38
Methyl salicylate (M)	*	ns	*	*
Plant age (P)	ns	ns	ns	ns
M x P	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14.7	18.5	13.7	16.1

ns = non significant; * = significant at $p < 0.05$; FW = fresh weight; GAE = gallic acid equivalent

สรุป

การศึกษาเพื่อหาความเข้มข้นของสารเมทิลซาลิไซเลตและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการสร้างแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารดังกล่าวในผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คพบว่าความเข้มข้นของสารเมทิลซาลิไซเลตที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นคือ 20 mM และสามารถใช้ได้กับทุกอายุของพืช ความเข้มข้นดังกล่าวไม่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการในด้านปริมาณของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และใยอาหารในผักกาดหอมเพิ่มขึ้นแต่สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่ได้จากสารทุติยภูมิ ได้แก่ แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระให้แก่ผู้บริโภคได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยพะเยา

เอกสารอ้างอิง

- ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน. 2547. การเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายสูตรต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญรวม คิดคำ. 2557. อิทธิพลของเมทิลจัสโมเนตต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและคุณค่าทางโภชนาการในผักกาดหอมเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์. แก่นเกษตร. 42 (ฉบับพิเศษ 1): 653 – 657.
- พลกฤษณ์ มณีวัระ. 2552. การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Method of Analysis. 15th Edition. Arlington: The Association of Official Analytical Chemists, VA.
- Ding, C. K., C. Y. Wang, and K. C. Gross. 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. *Planta*. 214: 895 - 901.
- Dokhanieh A. Y., M. S. Aghdam, J. R. Fard, and H. Hasanpour. 2013. Postharvest salicylic acid treatment enhances antioxidant potential of cornelian cherry fruit. *Sci. Hortic*. 154: 31 - 36.
- Dupont, S., Z. Mondy, G. Williamson, and K. Price. 2000. Effect of variety, processing, and storage on the flavonoid glycoside and composition of lettuce and chicory. *J. Agric. Food Chem*. 48: 3957 - 3964.
- Giménez, M. J., J. M. Valverde, D. Valero, F. Guillén, D. Martínez-Romero, and M. Serrano. 2014. Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food Chem*. 160: 226 - 232.
- Li, Z., X. Zhao, A. K. Sandhu, and L. Gu. 2010. Effects of exogenous abscisic acid on yield, antioxidant capacities, and phytochemical contents of greenhouse grown lettuces. *J. Agric. Food Chem*. 58:6503 - 6509.
- Llorach, R., A. Martínez-Sánchez, F. A. Tomás-Barberán, M. I. Gil, and F. Ferreres. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chem*. 108: 1028 - 1038.
- Loreti, E., G. Povero, G. Novi, C. Solfanelli, A. Alpi, and P. Perata. 2008. Gibberellins, jasmonate and abscisic acid modulate the sucrose - induced expression of anthocyanin biosynthetic genes in *Arabidopsis*. *New Phytology*. 179: 1004 - 1016.
- Manthey, J. A. 2004. Fractionation of orange peel phenols in ultrafiltered molasses and mass balance studies of their antioxidant levels. *J. Agric. Food Chem*. 52: 7586 - 7592.
- Nicolle, C., N. Cardinault, E. Gueux, L. Jaffrelo, E. Rock, A. Mazur, P. Amouroux, and C. Rémésy. 2004. Health effect of vegetable-based diet: lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. *Clin. Nutr*. 23: 605 - 614.
- Ranganna, S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2nd Edition. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi
- Serafini, M., R. Bugianesi, M. Salucci, E. Azzini, A. Raguzzini, and G. Maiani. 2002. Effect of acute ingestion of fresh and stored lettuce (*Lactuca sativa*) on plasma total antioxidant capacity and antioxidant levels in human subjects. *Br. J. Nutr*. 88: 615 - 623.
- 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 Res. Int*. 48: 359 - 366.
- Valero, D., H. M. Díaz-Mula, P. J. Zapata, S. Castillo, F. Guillén, and D. Martínez-Romero. 2011. Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *J. Agric. Food Chem*. 59: 5483 - 5489.
- Yao, H., and S. Tian. 2005. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biol. Technol*. 35: 253 - 262.