

อิทธิพลของเมทิลจัสโมเนตต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและคุณค่าทางโภชนาการในผักกาดหอมเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

Influence of methyl jasmonate on antioxidant activity and nutritional value of Red Oak lettuce in hydroponics farming system

บุญร่วม คิตคำ^{1*}

Bunruam Khitka

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของสารเมทิลจัสโมเนต 3 ความเข้มข้น (0 50 และ 100 ไมโครโมลาร์) ที่ 3 ช่วงอายุพืช (20 30 และ 40 วัน) ที่มีต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และคุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยการจัดหน่วยการทดลองแบบแฟกทอเรียลและวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก 9 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า สารเมทิลจัสโมเนตมีผลต่อความแตกต่างทางสถิติของสารแอนโทไซยานินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักกาดหอม ($P<0.05$) ขณะที่อายุของพืชมีผลต่อความแตกต่างทางสถิติของปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ($P<0.05$) โดยการฉีดพ่นสารเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสารแอนโทไซยานินได้สูงที่สุดเท่ากับ 55.3 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด และ 10.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ แสดงว่าสารเมทิลจัสโมเนตสามารถชักนำฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารแอนโทไซยานินในผักกาดหอมใบแดงได้

คำสำคัญ: ผักกาดหอมใบแดงพันธุ์เรดโอ๊ค, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, แอนโทไซยานิน, สารเมทิลจัสโมเนต

Abstract: The antioxidant activities and determination of nutritional value in Red Oak lettuce (*Lactuca sativa*) that were treated with 3 concentrations of methyl jasmonate (MeJA) (0, 50, 100 μ M) during the 3 plant age of lettuce (20, 30 and 40 days after transplanting) were investigated. The experiments in the hydroponic farming system were set up as a factorial in randomized complete block design with 9 treatments and 3 replications. The results showed that MeJA had significant effects on anthocyanin content and antioxidant activity of lettuce ($P<0.05$), while the plant age had significant effects on carbohydrate and protein content of lettuce. The application of MeJA 100 μ M gave the highest antioxidant activities and anthocyanin content as 55.3 μ gGAE/gFW for DPPH assay and 10.7 mg/100 gFW, respectively. The data suggest that the antioxidant activities and amount of anthocyanin in Red Oak lettuce are increased with using MeJA as the inducer.

Keywords: Red Oak lettuce, antioxidant activity, anthocyanin, methyl jasmonate

บทนำ	และเอเซีย ผักกาดหอมเป็นผักที่ใช้บริโภคส่วนใหญ่
ผักกาดหอมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>Lactuca sativa</i> Linn. เป็นพืชในวงศ์ Compositae มีถิ่นกำเนิดในยุโรป	Shoemaker (1949) รายงานว่าในผักกาดหอมที่มีน้ำหนัก 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) จะประกอบด้วยโปรตีน 1.2 กรัม แคลเซียม 4.0 มิลลิกรัม กรดแอสคอร์บิก

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

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

* Corresponding author: bkhitka@gmail.com

(ascorbic acid) 12 มิลลิกรัม ไทอามีน (thiamine) 0.037 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน (riboflavin) 0.5 มิลลิกรัม ไนอะซิน (niacin) 0.5 มิลลิกรัม และให้พลังงาน 18 แคลอรี (calorie) ยิ่งไปกว่านั้น สีแดงในใบผักกาดหอมคือสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถลดการอุดตันของหลอดเลือดหัวใจได้ (Bridle and Timberlake, 1996) Loreti et al. (2008) รายงานว่าการสะสมแอนโทไซยานินในพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกของพืชหลายประการ เช่น ความเข้มแสงที่พืชได้รับ ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช Cheong and Choi (2003) รายงานว่าสารเมทิลจัสโมเนต (methyl jasmonate) เป็นสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตและกระตุ้นการวายเป็น (senescence) และการหลุดร่วงของใบ (abscission) ยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของราก มีผลต่อกระบวนการสุกของผลไม้ และเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความต้านทานให้กับพืชเพื่อตอบสนองต่อสิ่งรบกวนภายนอก เช่น บาดแผล การเข้าทำลายของโรคและแมลง ตลอดจนความเครียดต่างๆ ยิ่งไปกว่านั้น Gonzalez-Aguilar et al. (2004) พบว่า เมทิลจัสโมเนตสามารถควบคุมการแสดงออกของยีนหรือโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ฟีนอล โดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ฟีนิลอะลานีน-แอมโมเนีย ไลเอส (phenylalanine-ammonia lyase, PAL) วิธีดังกล่าวนำไปสู่การสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล (phenol) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในพืช ขณะที่สารแอนโทไซยานินนั้นเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอลชนิดหนึ่ง เช่นกัน Rudell et al. (2004) รายงานว่าเมทิลจัสโมเนตมีคุณสมบัติในการกระตุ้นให้พืชสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ และสารป้องกันตัวเองตามธรรมชาติของพืช เช่น สารที่ให้สีอย่างสารแอนโทไซยานิน อินทนนท์ และคณะ (2553) รายงานว่าเมทิลจัสโมเนตมีผลต่อการพัฒนาสีแดงของเปลือกผลมะม่วงมหาชนก โดย

การให้สารเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 5 10 และ 15 มิลลิโมลาร์ (mM) กับผลมะม่วงที่มีอายุ 84 วันหลังดอกบาน เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับสาร (ชุดควบคุม) วันจนผลมีอายุ 119 วันหลังดอกบาน แสดงให้เห็นว่าผลมะม่วงที่ได้รับสารเมทิลจัสโมเนตมีการพัฒนาสีแดงของเปลือกผล และมีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าชุดควบคุม โดยที่สารเมทิลจัสโมเนตที่ใช้ไม่มีผลต่อคุณภาพด้านอื่นๆ ของผลมะม่วง ในกรณีของผักกาดหอมสายพันธุ์เรดโอ๊คเป็นผักอีกชนิดหนึ่งที่มีสีแดงและความเข้มของสีที่ปรากฏในผักชนิดนี้ยังบ่งบอกถึงปริมาณของสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่จะมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคได้ ปัญหาหลักที่ผู้ประกอบการร้านอาหารรวมถึงผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังไม่พอใจคือความไม่สม่ำเสมอของสีในแต่ละรุ่นที่ทำการเพาะปลูก (วิพรพรรณ และคณะ, 2556) ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและให้ผักที่ผลิตได้มีปริมาณของสารแอนโทไซยานินที่สูงขึ้น จึงทำการศึกษาถึงความเข้มข้นของสารเมทิลจัสโมเนตและระยะเวลาที่เหมาะสมในการชักนำด้วยสารดังกล่าวภายใต้ระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ (hydroponic) ต่อไป

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3 x 3 (factorial in RCBD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 การฉีดพ่นสารเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 0 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ (μM) และปัจจัยที่ 2 คือ อายุพืชขณะทำการฉีดพ่นที่ 20 30 และ 40 วัน ตามลำดับ โดยการปลูกและดูแลผักสลัดสายพันธุ์ เรดโอ๊ค ในระบบไฮโดรโปนิคส์ชนิด DRFT โดยให้ธาตุอาหารสูตร resh tropical dry summer ที่ดัดแปลงโดย วีระศักดิ์ (2547) ควบคุมค่า pH ของสารละลายที่ 5.5 ค่า EC ของสารละลายให้เท่ากับ 1.6 ตลอดการทดลอง เมื่อผักกาดหอมอายุ 20 วัน จึงเริ่มทำการชักนำตามแผนการทดลอง และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อผักกาดหอมอายุ 45 วัน จากนั้นนำตัวอย่างผักมาวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2, 2-Diphenyl-1-

picrylhydrazyl) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (Manthey, 2004) วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน และวิเคราะห์วิตามินซี ตามวิธีการของ Ranganna (1986) วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลตามวิธีการของ Sellappan et al. (2002) และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอมโดยการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร (dietary fiber) โดยใช้วิธี AOAC (2005) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 20

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านการฉีดพ่นเมทิลจัสโมเนตไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารของผักกาดหอม (Table 1) แต่มีผลต่อผลต่อการเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารแอนโทไซยานินในผักกาดหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยพบว่า การฉีดพ่นสารเมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์สามารถชักนำให้ผักกาดหอมปริมาณสารฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารแอนโทไซยานินสูงที่สุดเท่ากับ 1085.9 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด 55.3 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด และ 10.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ สอดคล้องกับ Saniewski et al. (1997) ที่พบว่า เมทิลจัสโมเนตสามารถกระตุ้นการสะสมแอนโทไซยานินในลำต้นและใบของทิวลิปโดยการทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ฟีนอลิกลานินแอมโมเนียไลเอส (PAL) เพิ่มขึ้นที่ 91 วันหลังดอกบาน ทุกชุดการทดลองเช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยชุดการทดลองที่จุ่มเมทิลจัสโมเนต 15 มิลลิโมลาร์นั้น มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดที่ 112 วันหลังดอกบาน ยิ่งไปกว่านั้น Zang et al. (2006) พบว่าการใช้เมทิลจัสโมเน

ทกับสตรอเบอร์รี่นั้นสามารถเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าชุดควบคุมเช่นกัน การเพิ่มขึ้นของสารฟีนอลิก สารแอนโทไซยานิน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอาจเป็นผลมาจาก กลไกของเมทิลจัสโมเนตไปกระตุ้นให้พืชสร้างกลไกการป้องกันตัวเองโดยธรรมชาติ (Droby et al., 1999) เช่น การสร้างสารแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอล (Gonzalez-Aguilar et al., 2004; Rudell et al., 2004) ขณะที่ปัจจัยด้านอายุของผักไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารแอนโทไซยานินของผักกาดหอม (Table 2) แต่มีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า เมื่อผักกาดหอมอายุ 40 วัน จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดคือ 2.64 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนปริมาณโปรตีนนั้นพบว่ามีปริมาณสูงที่สุดเมื่ออายุ 30-40 วัน (Table 1) และจากการศึกษาในครั้งนี้ไม่มีผลของปฏิสัมพันธ์ (interaction) ของทั้งสองปัจจัยต่อคุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอมที่ทำการทดลอง จากการศึกษานี้จะนำไปสู่แนวทางการพัฒนาการใช้สารเมทิลจัสโมเนตในผลผลิตทางการเกษตรต่อไปได้ โดยเฉพาะการนำไปประยุกต์ใช้ในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเฉพาะความเข้มข้นของสารเมทิลจัสโมเนตเท่านั้นที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารแอนโทไซยานิน ขณะที่อายุของผักกาดหอมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารดังกล่าว จึงควรศึกษาถึงแนวทางการใช้สารดังกล่าวในระยะหลังการเก็บเกี่ยวของผลผลิตต่อไป

สรุป

การศึกษาเพื่อหาความเข้มข้นของสารเมทิลจัสโมเนตและระยะเวลาที่เหมาะสมในการชักนำสารแอนโทไซยานิน สารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารดังกล่าวนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการชักนำสารดังกล่าวคือ 100 ไมโครโมลาร์ และสามารถทำการชักนำได้ทุกช่วงอายุของพืช โดยที่ความเข้มข้นดังกล่าว

ไม่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการในด้านปริมาณของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และใยอาหารให้ผักกาดหอมเพิ่มขึ้น แต่สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่ได้จากสารทุติยภูมิ ได้แก่ สารแอนโทไซยานิน และเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระให้แก่ผู้บริโภคได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยพะเยา

เอกสารอ้างอิง

- ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน. 2547. การเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายสูตรต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิพรพรรณ เนืองเม็ก วาสนา พิทักษ์พล และบุญร่วม คิดคำ. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องเส้นทางอาหารปลอดภัย จากฟาร์มเกษตรกรถึงผู้บริโภค. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพะเยา, พะเยา
- อินทนนท์ ชันวิจิตร, กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล, และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2553. ผลของเมทิลจัสโมเนตต่อการพัฒนาสีแดงของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. ว. วิทย. กษ. 41:1(พิเศษ): 91-94.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Method of Analysis. 15th ed., Arlington: The Association of Official Analytical Chemists, VA.
- Bridle, P. and C. F. Timberlake. 1996. Anthocyanins as natural food colors selected aspects. Food chem. 58: 103-109.
- Cheong, J. and Y. D. Choi. 2003. Methyl jasmonate as a vital substance in plants. Trend in Genetics. 19: 409-413
- Droby, S., R. Porat, L. Cohen, B. Weiss, B. Shapiro, S. Philosop-Hadas, and S. Meir. 1999. Suppressing green mold decay in grapefruit with postharvest jasmonate application, J. Am. Soc. Hortic. Sci. 124: 184-188.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., M. E. Tiznado-Hernandes, R. Zavaleta-Gatica, and M. A. Martinez-Tellez. 2004. Methyl jasmonate treatment reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. Biochem. Biophys. Res. 313: 704-711.
- 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 Phytol. 179: 1004-1016.
- Manthey, J.A. 2004. Fractionation of orange peel phenols in ultrafiltered molasses and mass balance studies of their antioxidant levels. J. Agr. Food Chem. 52: 7586-7592.
- Ranganna, S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2nd ed. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Rudell, D.R., J. P. Mattheis, X. Fan, and J. K. Fellman. 2002. Methyl jasmonate enhance anthocyanin accumulation and modifieds production of phenolics and pigments in "Fuji" apples, J. Am. Soc. Hortic. Sci. 3: 435-441.
- Shoemaker, J.J. 1949. Salad Crop Vegetable. John Wiley and Sons, Inc, NY.

Table 1 Carbohydrate, protein, fat and dietary fiber content of *Lactuca sativa* in different methyl jasmonate application and plant age

Treatment	Carbohydrate (g/100g DW)	Protein (g/100g DW)	Fat (g/100g DW)	Dietary fiber (g/100g DW)
Methyl jasmonate (M)				
0 μ M (M1)	2.53	2.24	0.58	0.45
50 μ M (M2)	2.53	2.34	0.60	0.52
100 μ M (M3)	2.46	2.35	0.59	0.61
Plant age (P)				
20 days (P1)	2.39 c	2.20 b	0.59	0.54
30 days (P2)	2.49 b	2.38 a	0.54	0.53
40 days (P3)	2.64 a	2.35 a	0.64	0.50
M $\times$ P				
M1P1	2.33	2.18	0.61	0.46
M1P2	2.54	2.15	0.45	0.49
M1P3	2.73	2.39	0.67	0.39
M2P1	2.47	2.24	0.52	0.56
M2P2	2.61	2.47	0.74	0.43
M2P3	2.50	2.31	0.55	0.57
M3P1	2.37	2.18	0.64	0.61
M3P2	2.33	2.52	0.43	0.68
M3P3	2.68	2.34	0.71	0.54
M	ns	ns	ns	ns
P	*	*	ns	ns
M $\times$ P	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.8	6.3	7.9	6.5

ns = non significant; ; * = significant at $p < 0.05$; g = grams; DW = dry weight

Table 2 Total phenolic, ascorbic acid, DPPH and anthocyanin of *L. sativa*

Treatment	Total phenolic compound (μ gGAE/gFW)	Ascorbic acid (mg/100 gFW)	DPPH (μ gGAE/gFW)	Anthocyanin (mg/100 gFW)
Methyl jasmonate (M)				
0 μ M (M1)	810.0 c	3.5	45.0 b	6.8 b
50 μ M (M2)	854.9 b	3.6	46.1 b	7.0 b
100 μ M (M3)	1085.9a	3.7	55.3 a	10.7 a
Plant age (P)				
20 days (P1)	929.2	3.5	48.4	8.1
30 days (P2)	911.0	3.7	48.4	8.3
40 days (P3)	910.6	3.6	49.6	8.2
M x P				
M1P1	815.3	3.4	43.2	6.8
M1P2	811.7	3.6	46.7	6.9
M1P3	803.1	3.4	45.2	6.8
M2P1	866.4	3.5	46.9	7.2
M2P2	870.8	3.7	45.1	6.9
M2P3	827.5	3.6	46.2	6.9
M3P1	1105.9	3.5	55.1	10.3
M3P2	1050.5	3.9	53.3	11.1
M3P3	1101.3	3.7	57.4	10.8
M	*	ns	*	*
P	ns	ns	ns	ns
M x P	ns	ns	ns	ns
CV (%)	15.7	14.8	11.9	17.2

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