

ผลของสาร 4-hexylresorcinol ต่อการเปลี่ยนแปลงสี กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และ
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของลองกองหลังการเก็บเกี่ยว

Effect of 4-Hexylresorcinol on Color Change, Polyphenoloxidase Activity and Total Phenolic Content of
Longkong after Harvest

อินทิรา ลิจันตร์พร¹

Intira Lichanporn¹

Abstract

The effect of 4-hexylresorcinol on quality of longkong after harvest was studied. Fruit were dipped in 3 mM 4-hexylresorcinol for 1 min and 1 mM 4-hexylresorcinol for 3 min compared with the control. Fruit were dried and packed in plastic containers and stored at 13 °C, 90-95 RH. Longkong dipped in 1 mM 4-hexylresorcinol for 3 min had less browning, L* value and total phenolic compounds than the longkong dipped in 3 mM 4-hexylresorcinol for 1 min and the control. The polyphenol oxidase (PPO) activity of longkong dipped in 3 mM 4-hexylresorcinol for 1 min showed the lowest activity throughout 12 days of storage. There was no significant difference of pH of juice between dipped and non-dipped longkong in 4-hexylresorcinol until the end of storage.

Keywords: longkong, 4-hexylresorcinol, polyphenoloxidase

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของสาร 4-hexylresorcinol ต่อคุณภาพของผลลองกองหลังการเก็บเกี่ยว โดยนำผลลองกองมาจุ่มสาร 4-hexylresorcinol ความเข้มข้น 3 mM นาน 1 นาที และความเข้มข้น 1 mM นาน 3 นาที เปรียบเทียบกับผลลองกองที่ไม่จุ่มสาร 4-hexylresorcinol (ชุดควบคุม) ผลลองกองให้แห้ง บรรจุในตะกร้าพลาสติก นำผลลองกองเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 90-95 พบว่าผลลองกองที่จุ่มในสาร 4-hexylresorcinol ความเข้มข้น 1 mM นาน 3 นาที มีการเกิดสีน้ำตาล ค่า L* และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยกว่าผลลองกองที่จุ่มด้วยสาร 4-hexylresorcinol ความเข้มข้น 3 mM นาน 1 นาที และชุดควบคุม ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในผลลองกองที่จุ่มด้วยสาร 4-hexylresorcinol ความเข้มข้น 3 mM นาน 1 นาที มีปริมาณต่ำตลอด 12 วัน อย่างไรก็ตามผลลองกองทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มสาร 4-hexylresorcinol พบว่าค่า pH ในผลลองกองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา

คำสำคัญ: ลองกอง, 4-hexylresorcinol, เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

บทนำ

ลองกองเป็นผลไม้เขตร้อนที่ได้รับความนิยมมากชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีรสชาติหวานหอม ผลมีขนาดใหญ่ เปลือกหนา และมียางน้อย มีแหล่งปลูกอยู่ในเขตภาคใต้ เช่น จังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และยะลา และในเขตภาคตะวันออก ได้แก่จังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวผลลองกองส่วนใหญ่เกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือก ผลเหี่ยว และร่วงหลุดจากข้อ ผลไม่เป็นที่ดึงดูดสายตาของผู้บริโภคจนถึงหมดสภาพการซื้อขาย การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือกมีสาเหตุมาจากสารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในเซลล์พืชซึ่งเป็นซับสเตรตในการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase, PPO) ในสภาพที่มีออกซิเจนได้เป็นสารควิโนน ซึ่งจะรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ และเกิดเป็นสีน้ำตาลขึ้น การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลสามารถทำได้ด้วยการยับยั้งหรือลดบทบาทของเอนไซม์ PPO สารเคมีหลายชนิดที่นิยมนำมาใช้ลดการเกิดสีน้ำตาล เช่น กรดซิตริก ซึ่งเป็นสารที่มีความปลอดภัยกับผู้บริโภค และนิยมใช้กับผัก ผลไม้แปรรูป โดยกรดซิตริกทำหน้าที่จับโลหะทองแดงในเอนไซม์ PPO และจากคุณสมบัติของความเป็นกรดของกรดซิตริกจะช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO (Santerre *et al.*, 1988) นอกจากนี้กรดซิตริกยังทำหน้าที่เหมือน acidulant ด้วยการลด pH ซึ่ง pH ในช่วง 3.0 หรือน้อยกว่านี้ทำให้เอนไซม์ PPO ทำงานไม่ได้ (Michael, 1994) นอกจากนี้ยังมีกรดแอสคอร์บิกที่นิยมโดยกรดแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติเป็นสาร reducing

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

¹ Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Bangkok 12130

agent สามารถรีดิวซ์สาร quinone ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลให้กลับมามีอยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลตามเดิมก่อนที่สาร quinone จะทำปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล (Baldwin *et al.*, 1996)

สาร 4-hexylresorcinol เป็นสารที่ไม่มีพิษ และมีคุณสมบัติจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ทั้งแบบแข่งขัน (Jiménez and García-Carmona, 1999) หรือชะลอการเกิดสีน้ำตาลด้วยการที่สาร 4-hexylresorcinol จับกับสารตั้งต้น (Jiménez and García-Carmona, 1997) สาร 4-hexylresorcinol ได้มีรายงานวิจัยสนับสนุนว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผัก และผลไม้ (lyidogan and Bayindirli, 2004) แต่ยังไม่มีการนำมาใช้กับผลขององุ่น ดังนั้น การนำสารดังกล่าวมาใช้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาแก้ไขปัญหาการเกิดสีน้ำตาลของผลขององุ่นหลังการเก็บเกี่ยวได้

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลขององุ่นจากสวนในจังหวัดจันทบุรี เก็บเกี่ยวผลขององุ่นโดยนับอายุของผล คือนับจากผลเริ่มเปลี่ยนสีประมาณ 15-25 วัน หรือนับจากดอกเริ่มบานจนถึงผลสุกประมาณ 180-120 วัน (นพรัตน์, 2528) ใช้กรรไกรตัดขั้วขอลผลแล้วบรรจุลงในกล่องโฟม โคนขนส่งทางรถตู้ปรับอากาศ นำผลขององุ่นมาตัดเป็นลูก และคัดแยกผลที่มีตำหนิออก เลือกผลขององุ่นบริเวณกลางขอลผล นำผลขององุ่นขึ้นตอนการเตรียม มาทดลองจุ่มสาร 4-hexylresorcinol ที่ความเข้มข้นในช่วง 0-4 mM (lyidogan and Bayindirli, 2004) และระยะเวลาในการจุ่มตั้งแต่ 0-5 นาที คัดเลือกความเข้มข้นและระยะเวลาที่ดีที่สุด 2 ความเข้มข้นที่สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลของผลขององุ่นได้โดยให้เป็นคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของเปลือก (นพรัตน์, 2528) และนำความเข้มข้น และเวลาดังกล่าวมาใช้ในการทดลอง โดยนำผลขององุ่นที่เตรียมได้จากข้างต้น มาจัดการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) ดังนี้ วิธีการที่ 1 ไม่จุ่มสาร 4-hexylresorcinol วิธีการที่ 2 จุ่มด้วยสาร 4-hexylresorcinol ความเข้มข้นและระยะเวลาที่สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้มากที่สุดอันดับ 1 วิธีการที่ 3 จุ่มด้วยสาร 4-hexylresorcinol ความเข้มข้นและระยะเวลาที่สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้มากที่สุดอันดับ 2 ผึ่งผลขององุ่นให้แห้ง บรรจุในตะกร้าพลาสติก นำผลขององุ่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 90-95 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทุก 3 วัน การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก วัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) (ยี่ห้อ Minolta, รุ่น CR-300) โดยให้หัววัดแนบสัมผัสกับผิวหน้าของผลผลิตมากที่สุด และรายงานผลในระบบสี Hunter's scale โดยค่า L* เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 กรณีที่ ค่า L* เท่ากับ 100 หมายถึง สีขาว ค่า L* เท่ากับ 0 หมายถึง สีดำ ค่า pH ของเปลือกผล (Underhill and Critchley, 1994) การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) (Duan *et al.*, 2007 ; Jiang, 2000) และปริมาณ total phenol content ของเปลือกผล (Singleton *et al.*, 1999)

ผลและวิจารณ์

ผลขององุ่นที่จุ่มสาร 4-hexylresorcinol ความเข้มข้น 3 mM นาน 1 นาที และ 4-hexylresorcinol ความเข้มข้น 1 mM นาน 3 นาที มีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าผลขององุ่นในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้มีรายงานว่า 4-hexylresorcinol สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลตัดแต่งพร้อมบริโภค มันฝรั่ง และอะโวคาโด (Jiménez and García-Carmona, 1997; Monsalve-González *et al.*, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับค่า L* เมื่อนำผลขององุ่นมาจุ่มด้วยสาร 4-hexylresorcinol ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ โดย สาร 4-hexylresorcinol จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ทั้งแบบแข่งขัน (Jiménez and García-Carmona, 1999) หรือชะลอการเกิดสีน้ำตาลด้วยการที่สาร 4-hexylresorcinol จับกับสารตั้งต้น (Jiménez and García-Carmona, 1997) นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่า pH ของผลขององุ่นที่จุ่มสาร 4-hexylresorcinol มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.05$) (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งในสภาพที่เป็นกรดจะสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีน้อย จากการทดลองพบว่าเอนไซม์ PPO ของเปลือกขององุ่นในชุดควบคุมมีปริมาณสูงในวันแรกเท่ากับ 11.10 unit/mg protein และมีปริมาณค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 3 หลังจากนั้นปริมาณลดลงจนกระทั่งถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเท่ากับ 3.67 unit/mg protein ในขณะที่ผลขององุ่นที่จุ่มสาร 4-hexylresorcinol ความเข้มข้น 3 mM นาน 1 นาที มีเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นสูงในวันที่ 3 สอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 หลังจากนั้นปริมาณลดลง เนื่องจากเอนไซม์ PPO และสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของผลขององุ่นที่จุ่มด้วยสาร 4-hexylresorcinol มีปริมาณมากกว่าชุดควบคุมจึงเป็นไปได้ว่าสาร 4-hexylresorcinol ไปยับยั้ง PPO ด้วยการที่สารดังกล่าวไปแย่งจับกับสารตั้งต้นหรือสารประกอบฟีนอล จึงทำให้สารประกอบฟีนอลมีปริมาณลดลง ซึ่งส่งผลต่อการเกิดสีน้ำตาลที่มีปริมาณลดลง (McEvily *et al.*, 1992)

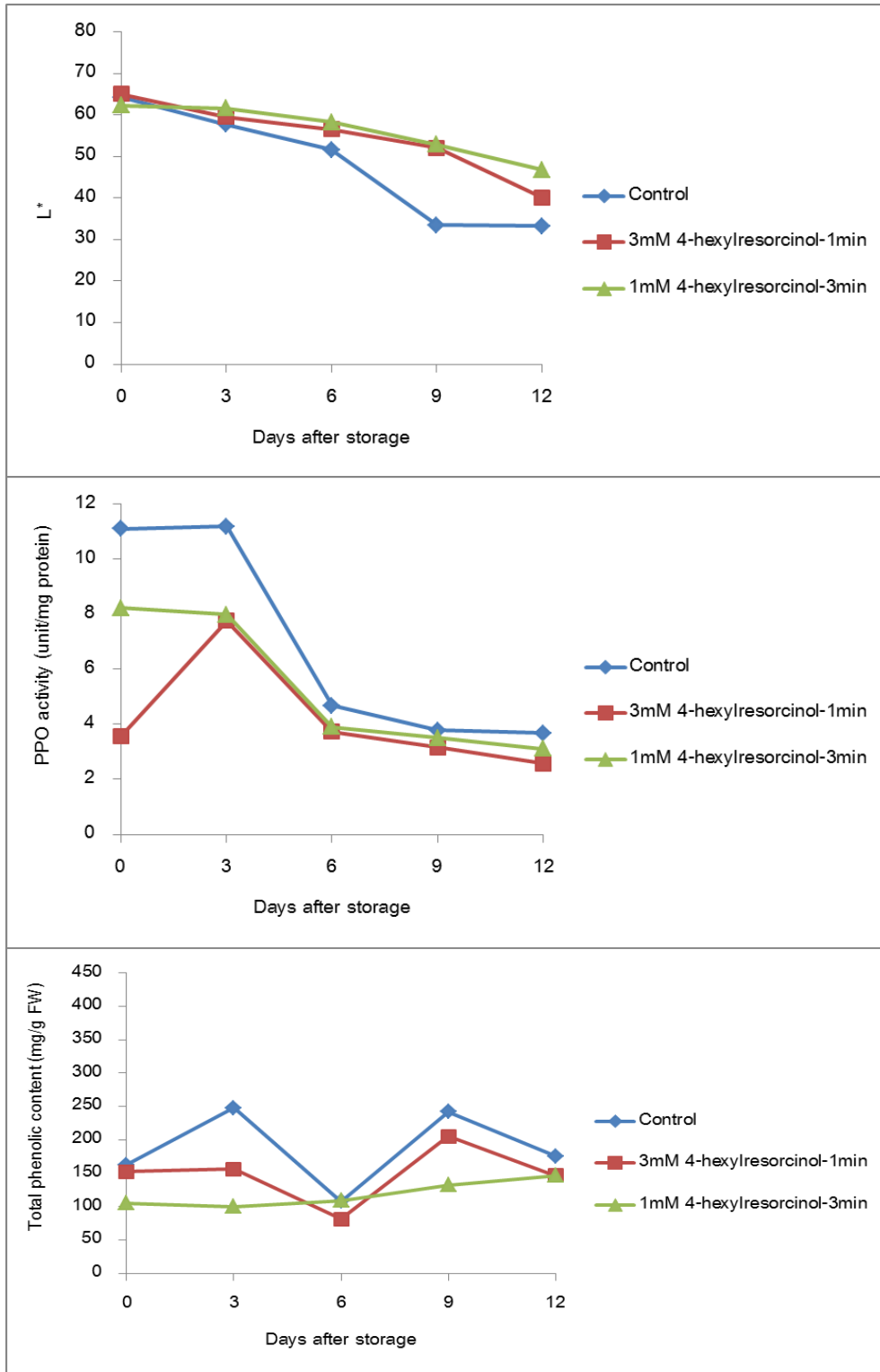


Figure 1 Change in L* value, PPO activity and total phenolic content of longkong dipped in 3 mM 4-hexylresorcinol for 1 min and 1 mM 4-hexylresorcinol for 3 min, compared with the control. Longkong stored at 13 °C, 90-95% RH.

สรุป

ผลของกอกที่จุ่มในสาร 4-hexylresorcinol ความเข้มข้น 1 mM นาน 3 นาที ชะลอการเกิดสีน้ำตาล และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก กิจกรรมเอนไซม์ PPO และ browning pigment มีปริมาณน้อยกว่าชุดควบคุม โดยการจุ่มสาร 4-hexylresorcinol นั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในผลของกอก

คำขอบคุณ

ขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้สนับสนุนทุนในการวิจัย และการนำเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- นพรัตน์ พันธุนิซ. 2528. การเจริญเติบโตของผลัดขึ้นการเก็บเกี่ยว และการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของผลของกอก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 98 หน้า.
- Baldwin, E.A., M.O. Nispexos-Carriedo, X. Chen and R. D. Hagenmaier. 1996. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 9:151-163.
- Duan, X., X. Su, Y. You, H. Qu, Y. Li and Y. Jiang. 2007. Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism. *Food Chemistry* 104:571-576.
- Iyidogan, N.F. and A. Bayindirli. 2004. Effect of L-cysteine, kojic acid and 4-hexylresorcinol combination on inhibition of enzymatic browning in Amasya apple juice. *Journal of Food Engineering* 62:299-304.
- Jiang, Y. M. 2000. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80:305-310.
- Jiménez, M. and García-Carmona, F. 1997. 4-Substituted resorcinols (sulfite alternatives) as slow-binding inhibitors of tyrosinase chatecholase activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(6): 2061-2065.
- Jiménez, M. and F. García-Carmona. 1999. Oxidation of the flavonol quercetin by polyphenol oxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47(1):56-60.
- McEvily, A., R. Iyengar and S. Otwell. 1992. Inhibition of enzymic browning in foods and beverages. *Critical Review in Food Science and Nutrition* 32(3):253-273.
- Michael, D.P. 1994. Food preservatives. *Encyclopedia of Agricultural Science* 2:341-354.
- Monsalve-González, A., G.V. Barbosa-Cánovas, A.J. McEvily and R. Iyengar. 1995. Inhibition of enzymatic browning in apple products by 4-hexylresorcinol. *Food Technology* 49:110-118.
- Santerre, C.R., J.N. Cash and D.J. Vannorman. 1988. Ascorbic acid/citric acid combinations in the processing of frozen apple slices. *Journal of Food Science* 53:1713-1716.
- Singleton, V.L., R. Orthofer and R.M. Lamuela-Raventos. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology* 299:152-178.
- Underhill, S. J. R and C. Critchley. 1994. Anthocyanin decolorisation and its role in lychee pericarp browning. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34:115-122.