Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 396-399 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 396-399 (2555)

ผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

Effect of Methyl Jasmonate on Biochemical Changes and Browning in Pineapples cv. *Tradseetong*

ฤทัยรัตน์ ทันตวิวัฒนา[1] ศิริชัย กัลยาณรัตน์ [1,2] ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1]

Tantaviwattana, R.,[1] Kanlayanarat, S.,[1,2] Techavuthiporn, C.,[1] Wongs-Aree, C.[1] and Boonyaritthongchai, P.[1]

Abstract

A postharvest problem occurring during cold storage of pineapples is internal browning which is a chilling injury symptom. This experiment was carried out to determine the effect of methyl jasmonate (MeJA) on biochemical changes and browning in pineapples cv. *Tradseetong*. Fruits were treated with 0 (control), 10^{-2} and 10^{-3} M MeJA for 5 minutes and then stored at 10°C, 85% relative humidity. The pineapples treated with 10^{-2} M MeJA had the highest vitamin C content (13.10 mg/100g FW), followed by those treated with 10^{-3} M MeJA and the control (11.22 and 9.33 mg/100g FW, respectively). The fruits treated with MeJA at both concentrations had lower polyphenol oxidase (PPO) activity than the control. The control had the highest PPO activity (2.318 ΔOD_{420} min/mg protein), followed by the pineapples treated with 10^{-3} and 10^{-2} M MeJA (1 and 0.612 ΔOD_{420} min / mg protein, respectively), which corresponded to the rate of browning. All the treatments showed internal browning symptoms after 10 days in storage which could be observed with the naked eyes. The control had the highest pulp browning, followed by the fruits treated with 10^{-3} and 10^{-2} M MeJA, respectively. Peroxidase activity was not significantly different among the treatments. The control had the highest catalase activity (0.616 ΔOD_{260} min/mg protein). Superoxide dismutase (SOD) activity was increased on the last day of storage. The pineapples treated with 10^{-3} M MeJA had the highest SOD activity (1.94 units/mg protein).

Keywords : methyl jasmonate, pineapple, chilling injury

บทคัดย่อ

ปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาผลสับปะรดในห้องเย็น ได้แก่ อาการไส้สีน้ำตาลหรืออาการสะท้านหนาว งานวิจัยนี้ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนทต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของผลสับปะรด โดยจุ่มผลสับปะรดในสารละลายเมทิลจัสโมเนท ที่ 3 ระดับความเข้มข้น คือ 0 (ชุดควบคุม) 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ เป็นเวลา 5 นาทีแล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 พบว่าสับปะรดที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนทที่ 10^{-2} โมลาร์ มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงที่สุด (13.10 mg/100g FW) รองลงมาคือผลสับปะรดที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนทที่ 10^{-3} โมลาร์ และชุดควบคุม (11.22 และ 9.33 mg/100g FW ตามลำดับ) ผลสับปะรดที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนทที่ทั้งสองความเข้มข้นมีกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ต่ำกว่าชุดควบคุม โดยชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงที่สุด (2.318 ΔOD_{420} min/mg protein) รองลงมาคือผลสับปะรดที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนทที่ 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ (1 และ 0.612 ΔOD_{420} min/mg protein ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลที่ในทุกชุดการทดลองเริ่มปรากฏอาการในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมเกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากที่สุด รองลงมาคือผลสับปะรดที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-3} และ 10^{-2} โมลาร์ ตามลำดับ กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POD)ในเนื้อส่วนที่ติดแกนของสับปะรดพบว่า ในทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ POD ไม่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์คะตะเลส (CAT) พบว่า ชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงที่สุด (0.616 ΔOD_{260} min /mg protein) กิจกรรมของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (SOD) เพิ่มขึ้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ชุดที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนทที่ 10^{-3} โมลาร์ มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD สูงที่สุด (1.94 units / mg protein)

คำสำคัญ : เมทิลจัสโมเนท สับปะรด อาการสะท้านหนาว

---

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[1] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10140

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400

คำนำ

ปัญหาภายหลังการเก็บเกี่ยวของสับปะรด ได้แก่ อาการไส้สีน้ำตาล ซึ่งเป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นเมื่อผลิตผลได้รับอุณหภูมิต่ำกว่า 10-12 องศาเซลเซียส ทำให้ผลเกิดความเสียหายและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งเป็นปัญหาที่พบในสับปะรดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและทำให้มูลค่าและอายุการเก็บรักษาสั้นลง โดยลักษณะภายนอกของผลสับปะรดจะเป็นปกติแต่เนื้อผลภายในบริเวณใกล้แกนกลางของผลจะเกิดเป็นจุดหรือบริเวณฉ่ำน้ำก่อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในเวลาต่อมา หลังจากนั้นจะค่อยๆ ขยายออกรวมกันเป็นกลุ่มสีน้ำตาลคล้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Dull, 1971) เกิดจากเซลล์ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมสารผ่านเข้าออกเกิดการเสื่อมสภาพ และเกิดจากการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลสับปะรดยังมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาของอาการไส้สีน้ำตาล (Paull and Rohrbach, 1985) โดยระดับของสารประกอบฟีนอลจะลดลงพร้อมกับการพัฒนาของอาการไส้สีน้ำตาล (Teisson and Combres, 1979) และการเปลี่ยนแปลงระดับของลิพิด ในปัจจุบันการใช้ฮอร์โมนพืชเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ ฮอร์โมนที่ใช้กันคือเมทิลจัสโมเนท (methyl jasmonate, MeJA) เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มของ jasmonate สังเคราะห์มาจากกรดลิโนเลนิก จัดเป็นสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและนอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความต้านทานให้กับพืชเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก เช่น บาดแผล การเข้าทำลายของโรคและแมลง ตลอดจนความเครียดต่างๆ (Cheong and Choi, 2003) พบว่า MeJA สามารถช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้ในมะม่วงพันธุ์ Kent ฝรั่ง พริกหวาน อะโวกาโด เกรพฟรุต และมะละกอ (Gonzalea-Aguilar *et al.*, 2004; Meir *et al.*, 1996) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนทต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในไส้สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยครั้งนี้ใช้สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่เพาะปลูกในพื้นที่จังหวัดระยอง ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ด้วยรถห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ 20 °C ± 3 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำผลสับปะรดมาล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายคลอรอกซ์ ที่ความเข้มข้น 200 ppm ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำมาจุ่มสารเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ เป็นเวลา 5 นาที หลังจากผึ่งให้แห้งแล้วนำผลสับปะรดใส่ในตะกร้าแล้วนำไปวางบนชั้นวางแล้วคลุมด้วยแผ่นพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกผลการทดลองทุก 5 วัน โดยทำการบันทึกผลการทดลอง จนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design จำนวนทั้งหมด 3 ซ้ำ บันทึกผลการทดลองดังนี้ การเปลี่ยนแปลงกรดแอสคอร์บิก คะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล สารประกอบฟีนอลทั้งหมด กิจกรรมของเอนไซม์ พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) เพอร์ออกซิเดส (POD) ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (SOD) และ คะตะเลส (CAT)

ผล

การจุ่มผลสับปะรดด้วยสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น คือ 0 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ เป็นเวลา 5 นาทีแล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 พบว่า ผลสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเนื้อส่วนที่ติดแกนของสับปะรด ซึ่งเป็นส่วนที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าสับปะรดชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยผลที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท 10^{-2} โมลาร์มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงกว่า 10^{-3} โมลาร์ ทั้งนี้ในระหว่างการเก็บรักษาสับปะรดในทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลซึ่งในทุกชุดการทดลองเริ่มปรากฏอาการในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมเกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากที่สุด รองลงมาคือผลสับปะรดที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-3} และ 10^{-2} โมลาร์ ตามลำดับ (Figure 2)

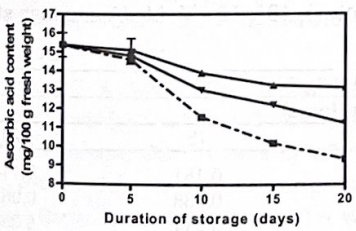

Figure 1 Ascorbic acid content of pineapples treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10°C and 85% relative humidity

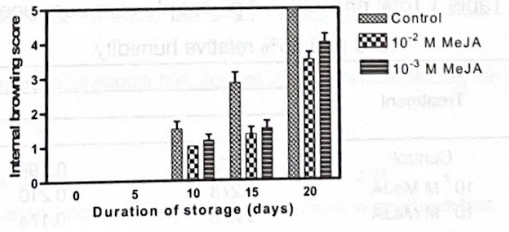

Figure 2 Internal browning score of pineapples treated with 0 (control), 10^{-2} ,10^{-3} M MeJA and then stored at 10°C and 85% relative humidity

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในเนื้อส่วนที่ติดแกนของผลสับปะรดพบว่า ผลสับปะรดชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วหลังวันที่ 10 จนถึงวันที่ 20 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ผลสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทที่ 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3) กิจกรรมของเอนไซม์ POD ในเนื้อส่วนที่ติดแกนของสับปะรดพบว่า สับปะรดชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงกว่าชุดที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทเล็กน้อย โดยในทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD ไม่แตกต่างกัน โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา (Figure 4)

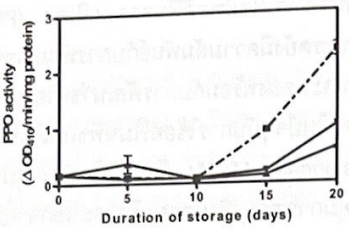

Figure 3 PPO activity of pineapples treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10°C and 85% relative humidity

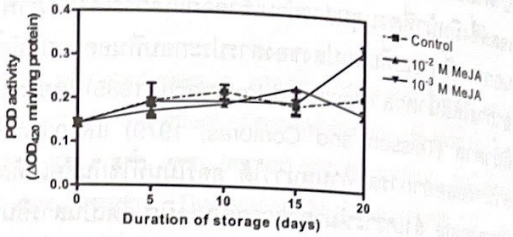

Figure 4 POD activity of pineapples treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10°C and 85% relative humidity

กิจกรรมของเอนไซม์ CAT ในเนื้อส่วนที่ติดแกนของผลสับปะรดพบว่า ผลสับปะรดในชุดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ CAT ลดต่ำกว่าชุดควบคุม โดยมีค่าลดลงจนถึงวันที่ 10 ของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 10 ของการเก็บรักษา และลดลงในวันที่ 15 และเพิ่มขึ้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 10 และ 20 ของการเก็บรักษา (Figure 5) กิจกรรมของเอนไซม์ SOD ในเนื้อส่วนที่ติดแกนของผลสับปะรดพบว่า ผลสับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงค่า กิจกรรมของเอนไซม์ SOD ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา (Figure 6) ปริมาณฟีนอลทั้งหมดในเนื้อส่วนที่ติดแกนของสับปะรดพบว่า ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยสับปะรดชุดควบคุมมีปริมาณฟีนอลต่ำกว่าชุดที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท สับปะรดมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดเริ่มต้นเฉลี่ย 0.278 mg/100g F.W. และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสับปะรดชุดควบคุมและผลสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทที่ 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ มีปริมาณฟีนอลลดลงเหลือ 0.114 0.063 และ 0.054 mg/100g F.W. ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

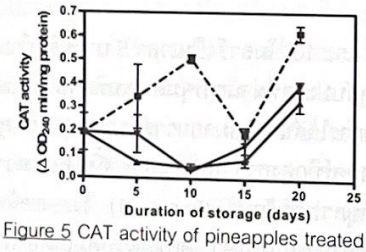

Figure 5 CAT activity of pineapples treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10°C and 85% relative humidity

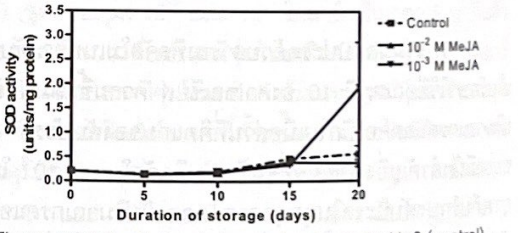

Figure 6 SOD activity of pineapples treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10°C and 85% relative humidity

Table 1 Total phenolics of pineapple near core peel treated with 0 (control), 10^{-2}, 10^{-3} M MeJA and then stored at 10°C and 85% relative humidity

Treatment	Total phenolics (mg/ 100g FW.)				
	Duration of storage (days)				
	0	5	10	15	20
Control	0.278	0.199	0.052	0.181	0.114[a]
10^{-2} M MeJA	0.278	0.210	0.067	0.238	0.063[b]
10^{-3} M MeJA	0.278	0.174	0.059	0.214	0.054[c]
F-test	NS	NS	NS	NS	**
C.V.(%)	11.56	10.66	33.56	15.51	2.92

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองพบว่า การจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทที่ 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ สามารถชะลอการสูญเสียปริมาณวิตามินซีเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งพบว่ากรดแอสคอร์บิกมีบทบาทต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล โดยปริมาณกรดแอสคอร์บิก ในผลสับปะรดลดลงเมื่อเกิดอาการไส้สีน้ำตาล (Soler, 1992) เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกเป็นตัวรีดิวซ์ ซึ่งสามารถรีดิวซ์ควิโนนได้ ทำให้ไม่มีควิโนนที่จะรวมตัวเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่และเกิดเป็นสีน้ำตาล สับปะรดจึงไม่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (Abdullah *et al.*, 1987) PPO เป็นเอนไซม์หลักสำหรับการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้หลายชนิด (Mayer, 1987) เพราะเป็นเอนไซม์ที่ไปออกซิไดซ์ฟีนอลให้เป็นควิโนนก่อนที่จะก่อให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น (Graham *et al.*, 2000) ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่า MeJA ที่ 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ ช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ ปริมาณฟีนอลทั้งหมดสัมพันธ์กับการเกิดอาการสีน้ำตาล Gonzalez-Aguilar *et al.*, (2001) รายงานว่า MeJA สามารถลดอาการ CI และเพิ่มการเปลี่ยนสีของมะม่วงพันธุ์ 'Kent' จากการทดลองพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD ไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการรมด้วย MeJA ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Zhou *et al.*, (2002) รายงานว่า POD ไม่ใช่เอนไซม์หลักในการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดหลังจากเกิด chilling การวิเคราะห์เอนไซม์ต่างๆที่ทำหน้าที่ในการกำจัดอนุมูลอิสระที่อาจเป็นตัวการในการก่อให้เกิดความเสียหายที่อุณหภูมิต่ำ เอนไซม์ CAT ไม่ได้เกี่ยวข้องกับอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด (Zhou *et al.*, 2002) จริงแท้ (2546) พบว่าทั้งเอนไซม์ CAT, SOD และ POD ในสับปะรดทั้ง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ภูเก็ตและพันธุ์ปัตตาเวียที่ 2 อายุการเก็บเกี่ยวและในทุกระยะของการเก็บรักษา ไม่แตกต่างกันมากพอที่จะบ่งชี้ได้ว่าเอนไซม์เหล่านี้มีบทบาทเป็นปัจจัยจำกัดของการเกิดความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ

สรุปผล

จากงานวิจัยนี้พบว่า เมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ สามารถลดการสูญเสียปริมาณวิตามินซี ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในผลสับปะรดได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาการไส้สีน้ำตาลที่ปรากฏสัมพันธ์กับการลดลงของกรดแอสคอร์บิกและการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PPO และปริมาณฟีนอล แต่พบว่าการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทไม่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และไปลดกิจกรรมของเอนไซม์ CAT

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. อิทธิพลของ free radicals และ antioxidants ต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140.

Abdullah, H., M.A. Rohaya and M.Z. Zaipun. 1987. Storage study of pineapple (*Ananas comosus* cv. Sarawak) with special emphasis on blackheart disorder. Horticulral Abstract 57:6738.

Cheong, J. and Y. D. Choi. 2003. Methyl jasmonate as a vital substance in plants. Trend in Genetics 19. 409-413.

Dull, G.G. 1971. The Pineapple pp 303-324. In A.C. Hulme (ed.). The biochemistry of fruits and their products. Vol. 2. Academic Press New York.

Gonzalez-Aguilar, G.A., J.G. Buta and C.Y. Wang. 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of "Kent" mangoes. Journal of the Science of Food and Agriculture 81: 1244-1249.

González-Aguilar, G. A., M. E. Tiznado-Hernández, R. Zavaleta-Gatica and M. A. Martínez-Téllez. 2004. Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. Biochemical and Biophysical Research Communications 313 : 694–701.

Graham, M., L. Ko, V. Hardy, S. Robinson, B. Sawyer, T. O'Hare, M. Jobin, J. Dahler, S. Underhill and M. Smith. 2000. The development of blackheart resistant pineapples through genetic engineering. Acta Hort. 529: 133-136.

Mayer, A. M. 1987. Polyphenol oxidase and peroxidase in plants recent progress. Phytochemistry 26: 11-20.

Meir, S., S. Philosoph-Hadas, S. Lurie, S.Droby, M. Akerman, G. Zauberman, B. Shapiro, E. Cohen and Y. Fuchs. 1996. Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate. Canadian Journal of Botany 74: 870-874.

Paull, R. E. and K.G. Rohrbach. 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 110 : 100-105.

Soler, A. 1992. Pineapple : Quality Criteria. CIRAD, Paris. 48 p.

Teisson, C. and J. C. Combres. 1979. Le brumissement interne de l'ananas. III. Symptomatologie. Fruits. 34(5) : 315-329.

Zhou, Y., J.M. Dahler, S.J.R. Underhill and R.B.H. Wills. 2002. a. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. Food Chemistry 80 : 565-572.