Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 168-171 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 168-171 (2549)

ระดับอุณหภูมิและเอทิฟอนต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการอ่อนนุ่มของผลกล้วยหอมทองและกล้วยหอมวิลเลียมส์

Temperature and Ethephon on Activity of 'Williams' and 'Hom Thong' Banana Pulp Softening Enzymes

สุจริต ส่วนไพโรจน์[1] นฤมล พรมมูล[1]และมนูญ ศิรินุพงศ์[1]

Sucharit Suanphairoch[1], Narumon Phrommoon[1] and Manoon Sirinupong[1]

Abstract

Pulp softening and softening enzymes, pectin methylesterase (PME), polygalacturonase (PG) and cellulase (Cx) were studied. Two cultivars, 'Williams' (Cavendish subgroup) and 'Hom Thong' (Gros Michel subgroup) banana were dipped with or without ethephon 500 ppm and ripened at 15 and 25 C to determine pulp firmness and its enzymes by tissue print technique. The experiment was designed as 2^3 Factorial in CRD and was conducted at postharvest laboratory, Division of Agriculture Technology, Department of Technology and Industries, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani campus.. The results showed that pulp firmness declined more rapidly in 'Hom Thong' than 'Williams' banana, which correlated its enzyme activities. At 15 C, PME and PG activities were similarly in each cultivars, but at 25 C PME and PG in 'Hom Thong' more actively than 'Williams' banana. In 'Hom Thong' banana had PME activity prior PG at 15 C, whereas those simultaneously increased at 25 C. However, PME activity increased before PG at 15 and 25 C in 'Williams' banana. Ethephon enhanced PME and PG activities in 'Hom Thong' banana more higher than 'Williams' banana and dramatically increased with temperature, but also coincided continuously in both cultivars. Addition, Cx activity was detected at overripe period. Both temperature and ethephon, accelerated and increased in those of bananas.

Key word: Banana Softening Ripening

บทคัดย่อ

การอ่อนตัวและกิจกรรมเอนไซม์ pectin methylesterase (PME), polygalacturonase (PG) และ cellulase (Cx) ของผลกล้วยหอมวิลเลียมส์และกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 15° และ 25°ซ. ร่วมกับการบ่มหรือไม่บ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm เพื่อศึกษาการอ่อนตัวของผลและกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง โดยการวัดความแน่นเนื้อและเทคนิค tissue print วางแผนการทดลอง 2^3 Factorial in CRD ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว แผนกวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่า กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15° และ 25° ซ. ความแน่นเนื้อลดลงและเร็วกว่ากล้วยหอมวิลเลียมส์ ซึ่งสัมพันธ์กับกิจกรรมเอนไซม์ โดยที่อุณหภูมิ 15°ซ. กล้วยหอมทั้งสองพันธุ์มีกิจกรรมของ PG และ PME ในระดับใกล้เคียงกัน แต่ที่อุณหภูมิ 25° ซ. กล้วยหอมทองมีกิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG มากกว่ากล้วยหอมวิลเลียมส์ กล้วยหอมทองมีกิจกรรมของเอนไซม์ PME เพิ่มขึ้นก่อน PG ที่อุณหภูมิ 15°ซ. แต่ที่ 25° ซ. กิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG เพิ่มขึ้นพร้อมกัน ในขณะที่กล้วยหอมวิลเลียมส์มีกิจกรรมเอนไซม์ PME ก่อน PG ทั้งที่อุณหภูมิ 15° และ 25° ซ. เอทิฟอนกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG ให้เพิ่มขึ้นพร้อมกันทั้งสองพันธุ์และทุกระดับอุณหภูมิ โดยกิจกรรมเอนไซม์ PME และ PG ของกล้วยหอมทองสูงกว่ากล้วยหอมวิลเลียมส์และเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิ ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ Cx ของกล้วยหอมทั้งสองพันธุ์พบในระยะหลังผลสุก ทั้งอุณหภูมิและเอทิฟอนกระตุ้นการทำงานของ Cx ให้เร็วและเพิ่มขึ้นในกล้วยหอมทั้งสองพันธุ์

คำสำคัญ: กล้วยหอม การอ่อนนุ่ม การสุก

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. เมือง จังหวัดปัตตานี 94000

[1]Department of Technology and industries Faculty of Science and Technology Prince of Songkla University Pattani 94000 THAILAND

คำนำ

กล้วยหอมทอง (*Musa* AAA group, Gros Michel Subgroup 'Kluai Hom Thong') เป็นกล้วยในกลุ่มย่อย Gros Michel มีกลิ่นหอม รสหวาน เมื่อสุกสีผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง เปลือกบางและเนื้อผลอ่อนนุ่มพร้อมกับการเปลี่ยนสีเหลืองของเปลือก ส่วนกล้วยหอมวิลเลียมส์ (*Musa* AAA group, Cavendish subgroup 'Williams') ให้ผลผลิตสูงกว่า เนื้อมีสีขาว รสหวานแต่อ่อนนุ่มเร็วเมื่อผลสุก แต่มักพบปัญหาการเปลี่ยนสีผิว โดยผิวมีสีเขียวอมเหลืองเมื่อผลสุกและความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในสภาพอากาศในเขตร้อน (เบญจมาศ, 2545) ในการบ่มผลกล้วยด้วยเอทิฟอนชักนำให้เกิดการสุกและการสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้นตลอดจนกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ (Seymour *et al*., 1996) ได้แก่ polygalacturonase (PG), pectin methylesterase (PME), cellulase (Cx) และ cell wall hydrolase อื่น ๆ เป็นต้น ทำให้เกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัส เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์ การทำงานของเอทิลีนในการกระตุ้นการสุก ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความอ่อนแก่ของผลไม้ ความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ จึงน่าสนใจศึกษาระดับอุณหภูมิและเอทิฟอนต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการอ่อนนุ่มของกล้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

กล้วยหอมทองและกล้วยหอมวิลเลียมส์ที่มีความแก่ ประมาณ 70-80% นำมาทำความสะอาด โดยการล้างด้วยน้ำสะอาด นำมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 150 ppm นาน 5 นาที จุ่มลงในเบนโนมิล 500 ppm นาน 5 นาที นำไปจุ่มในสารละลายเอทิฟอน 0 หรือ 500 ppm บ่มผลกล้วยนาน 12 ชั่วโมง แล้วเปิดให้ระบายอากาศอีก 12 ชั่วโมง แยกผลกล้วยนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ15° และ 25° ซ. ในการศึกษากิจกรรมเอนไซม์ด้วยเทคนิค tissue print จากการเตรียมวุ้นในจานเพาะเชื้อโดยใช้ polygalacturonic acid, pectin esterified และ carboxy methylcellulose เป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ PG, PME และ Cx ตามลำดับ และตัดเนื้อผลกล้วยตรงกลางผลตามแนวตัดขวางแล้วเจาะด้วย cork borer วางตัวอย่างสดลงบนวุ้นที่เจาะ ปิดฝา ใส่ในถุงซิปและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37° ซ. นาน 24 ชั่วโมง จึงแยกชิ้นเนื้อออกแล้วย้อมสีตามระยะเวลาที่กำหนด แล้วล้างด้วยสารที่ใช้ล้างสีจนเห็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา (clear zone) วัดกิจกรรมของเอนไซม์ PG, PME และ Cx จากเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.) ของบริเวณที่เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ โดยใช้เวอร์เนียแคลิปเปอร์ (Downie *et al*., 1998)

ผลและวิจารณ์

ความแน่นเนื้อลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นแปรผกผันตามระดับอุณหภูมิ พบว่า ที่บ่มด้วยเอทิฟอนเกิดกระบวนการสุกและเร็วสมบูรณ์ เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสุก ถูกกระตุ้นให้ทำงานเร็วและมากขึ้นกว่าผลกล้วยที่ไม่ได้บ่มด้วยเอทิฟอน เนื่องจากเอทิฟอนปลดปล่อยให้เอทิลีนและเร่งการสุกของผลไม้ กล้วยหอมทองมีการสุกของผลเร็วกว่ากล้วยหอมวิลเลียมส์ กล้วยหอมทองที่บ่มด้วยเอทิฟอนมีความแน่นเนื้อลดลงเร็วกว่ากล้วยหอมวิลเลียมส์ทั้งสองระดับอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PME ผลกล้วยหอมทั้งสองพันธุ์ที่บ่มด้วยเอทิฟอนมีกิจกรรมเพิ่มสูงกว่ากล้วยที่ไม่บ่มด้วยเอทิฟอนซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ PME ไม่แตกต่างกันในกล้วยหอมสองพันธุ์และกล้วยหอมทองเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 25°ซ. กิจกรรมของเอนไซม์ PME มีปริมาณมากและอัตราการเพิ่มขึ้นเร็วกว่ากล้วยหอมวิลเลียมส์ กิจกรรมของเอนไซม์ PME สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PG และการลดลงของความแน่นเนื้อ ความสัมพันธ์ดังกล่าวยังพบในกล้วยหอมพันธุ์อื่นๆ (Chang, 1990; Hultin and Levine, 1995; Prabha and Bhagyalakshmi, 1998) และพบในผลไม้หลายชนิด กิจกรรมเอนไซม์ PG ของกล้วยหอมทองที่บ่มด้วยเอทิฟอนมีอัตราการเพิ่มเร็วกว่ากล้วยหอมวิลเลียมส์ทั้งสองระดับอุณหภูมิ แต่ในกล้วยหอมวิลเลียมส์พบกิจกรรมของเอนไซม์ PG มีอัตราที่เพิ่มขึ้นเร็วกว่ากล้วยหอมทอง กิจกรรมของเอนไซม์ PG เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และเพิ่มขึ้นสูงสุดในผลกล้วยระยะสุก ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PME และการลดลงของความแน่นเนื้อ ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อย pectic backbone ที่มีหมู่คาร์บอกซิลของคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของ galacturonan ให้เป็นอิสระและมีขนาดโมเลกุลเล็กลง เอนไซม์ PG มีกิจกรรมเพิ่มขึ้นพร้อมๆ กับการสลายตัวของเพกทินในระหว่างการสุกของผล นอกจากนี้ยังมีรายงานในกล้วยชนิดอื่น เช่น กล้วยหอมพันธุ์อื่นๆ (Chang, 1990 ; Hultin and Levine, 1995 ; Prabha and Bhagyalakshmi, 1998; Srivastava and Dwivedi, 2000 ; Payasi *et al*., 2004) แต่การอ่อนตัวของเนื้อผลก็ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ PG เพียงอย่างเดียว ซึ่งน่าจะเกิดจากการทำงานร่วมกันของเอนไซม์หลายชนิด (Mc Collum *et al*., 1989) กิจกรรมของเอนไซม์ Cx ของกล้วยหอมทั้งสองพันธุ์ที่บ่มเอทิฟอนสามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ Cx ขึ้นได้เล็กน้อยทั้งสองระดับอุณหภูมิ โดยเอนไซม์ Cx มีบทบาทต่อการอ่อนตัวของกล้วยหอมคาเวนดิช แต่พบว่ามีบทบาทน้อยกว่าเอนไซม์ pectinase (Prabha and Bhagyalakshmi, 1998)

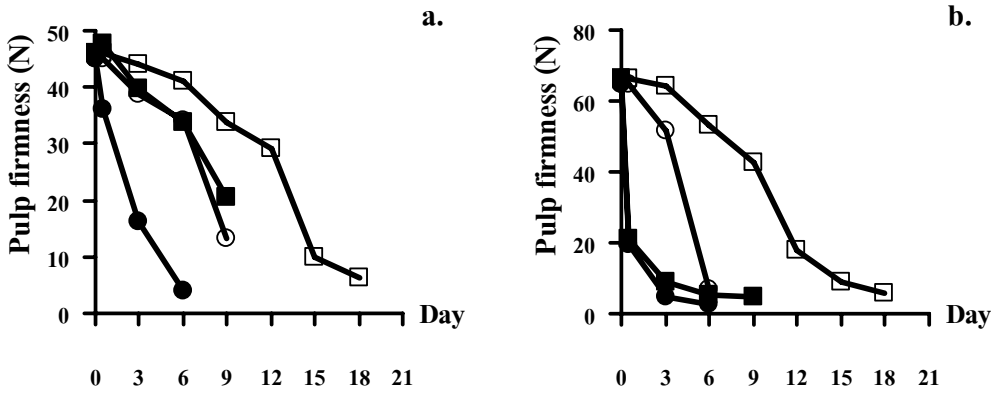

Figure 1 Pulp firmness in Williams' (a) and 'Hom Thong' (b) banana during stored at 15 C without (□) or with (■) ethephon, 25 C without (O) or with (●) during ripened

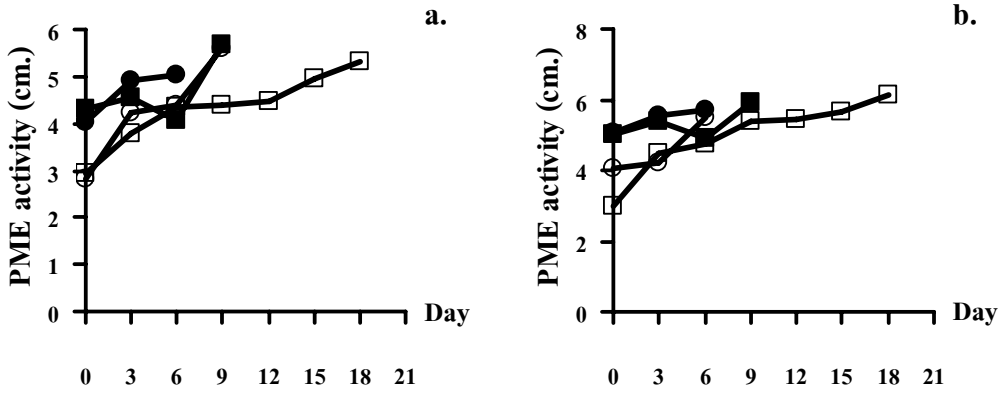

Figure 2 PME activity in Williams' (a) and 'Hom Thong' (b) banana during stored at 15 C without (□) or with (■) ethephon, 25 C without (O) or with (●) during ripened

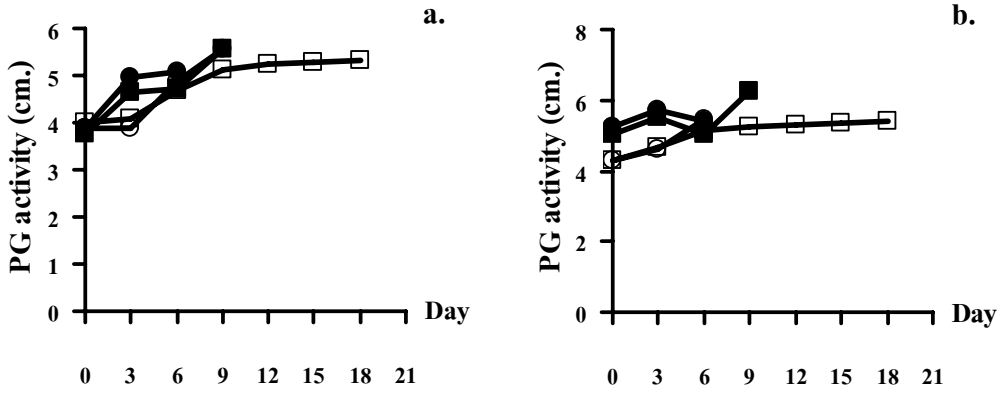

Figure 3 PG activity in Williams' (a) and 'Hom Thong' (b) banana during stored at 15 C without (□) or with (■) ethephon, 25 C without (O) or with (●) during ripened

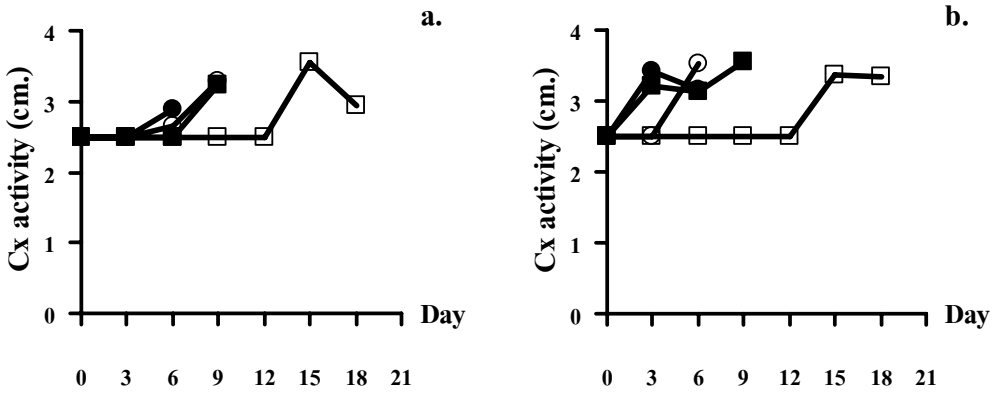

Figure 4 Cx activity in Williams' (a) and 'Hom Thong' (b) banana during stored at 15 C without (□) or with (■) ethephon, 25 C without (O) or with (●) during ripened

สรุป

กล้วยหอมทองเก็บรักษาทั้งสองระดับอุณหภูมิมีความแน่นเนื้อลดลงและเร็วกว่ากล้วยหอมวิลเลียมส์และกิจกรรมของเอนไซม์ PME เกิดขึ้นก่อน PG และทุกระดับอุณหภูมิ ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ Cx พบในระยะหลังผลสุก เอทิฟอนกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG ให้เพิ่มขึ้นพร้อมกัน การลดลงของความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ PG และ PME

เอกสารอ้างอิง

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. กล้วย. (พิมพ์ครั้งที่ 3). ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ กรุงเทพฯ. 357 น.

Chang, W. H., Y. J. Hwang and T. C. Wei. 1990. Chemical composition and enzyme activity of Taiwan northern banana fruit of different maturity and harvested in different seasons. Acta Hortic. 275: 621-630.

Downie, B., L. M. A. Dirk, K. A. Hadfield and T. A. Wilkins. 1998. A gel diffusion assay for quantification of pectin methylesterase activity. Anal. Biochem. 264 : 149 -157.

Hultin, H. O. nd A. S. Levine. 1995. Pectin methylesterase in the ripening banana. J. Food Sci. 30: 917-921.

Mc Collum, T. G., D. J. Huber and D. J. Cantliffe. 1989. Modification of polyuronides and hemicelluloses during muskmelon fruit softening. Plant Physiol. 76: 330-338.

Payasi, A., P. C. Misra and G. G. Sanwal. 2004. Effect of phytohormones on pectatelyase activity in ripening Musa accuminata. Plant Physiol. And Biochem. 42(11): 861-865.

Prabha, T. N. and N. Bhagyalakshmi. 1998. Carbohydrate metabolism in ripening banana fruit. Phytochemistry. 48(6): 915-920.

Seymour, G. B., J. Taylor and G. Tucker. 1993. Biochemistry of Fruit Ripening. Chapm and Hall, London. 454 p.

Srivastava, M. K. and U. N. Dwivedi. 2000. Delayed ripening of banana fruit of banana fruit by salicylic acid. Plant Sci. 158(1-2): 87-96.