

การตอบสนองของระยะความแก่ต่อฉายรังสีแกมมาของผลสับปะรดตราดสีทอง  
Response of maturity stages of pineapple cv. Trad Si-Thong to gamma irradiation

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ<sup>1,2</sup> ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์<sup>1,2</sup> ทรงศิลป์ พจนันชนะชัย<sup>1,2</sup> และ วาริช ศรีละออง<sup>1,2</sup>  
Apiradee Uthairatanakij<sup>1,2</sup>, Pongphen Jitareerat<sup>1,2</sup>, Songsin Photchanachai<sup>1,2</sup> and Varit Srilaong<sup>1,2</sup>

Abstract

Gamma irradiation and maturity affect the quality of fresh produce. The effect of gamma irradiation and maturity on quality of pineapple cv. Trad Si-Thong was investigated. Fruit were harvested at early, mid (commercial stages) and late stage of maturity and crowns were removed. Fruit were dipped into prochloraz at 500 ppm, and then dried, and packaged in carton boxes layered with net. Next day, these fruit were irradiated with gamma ray at 300-600 Gy, after that stored at 13°C. The fruits were sampled to determine the quality at 3 days interval for 18 days. Maturity stage affected the postharvest quality. Irradiated pineapple harvested at late maturity had the highest total soluble solids and titratable acidity significantly, but had the lowest hue angle similar to mid maturity. While, severity of black heart of fruit harvested at early maturity was higher than those harvested at mid and late stages, the symptom was observed on day 6 and 9, respectively. The results indicated that the optimal harvesting maturity of 'Trad Si-Thong' pineapple for gamma irradiation is mid-late stages of maturity.

**Keywords:** black heart, maturity stage, gamma irradiation

บทคัดย่อ

การฉายรังสีแกมมามีผลต่อคุณภาพของผลไม้แต่ละชนิดแตกต่างกัน นอกจากนี้ระยะความแก่ช่วงเก็บเกี่ยวมีผลต่อการพัฒนาการสุกของผล ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่เก็บเกี่ยวในระยะ early, mid (ระยะทางการค้า) และ late maturity แล้วนำมาตัดขั้วผลและจุ่มสารละลายโปรคลอราซ ความเข้มข้น 500 mg.kg<sup>-1</sup> ึ่งให้แห้งแล้วนำบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูกติดมุ้ง หลังจากนั้นนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 300-600 เกรย์ในวันถัดไป และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทุก 3 วัน เป็นเวลา 18 วัน ผลการศึกษาพบว่า ระยะความแก่ของผลสับปะรดที่นำมาฉายรังสีแกมมาส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสับปะรด โดยสับปะรดระยะ late maturity ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และปริมาณวิตามินซีมากที่สุด แต่มีค่า Hue angle น้อยที่สุดและไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับระยะ mid maturity ขณะที่สับปะรดในระยะ early maturity ที่ฉายรังสีแกมมาแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยเริ่มแสดงอาการในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และสับปะรดระยะ mid และ late maturity แสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุด โดยเริ่มแสดงอาการในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ดังนั้นระยะความแก่ของผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่เหมาะสมต่อการฉายรังสีแกมมา คือระยะ mid และ late maturity

**คำสำคัญ :** คุณภาพ, รังสีแกมมา, ระยะความแก่, อาการไส้สีน้ำตาล

คำนำ

สับปะรด (*Ananas comosu* ( L.) Merr.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีผู้นิยมบริโภคผลสดและแปรรูป นับเป็นผลไม้สำคัญทางเศรษฐกิจ โดยมีปริมาณการส่งออกผลสด 2,150 ตัน มูลค่า 27.9 ล้านบาทในปี 2553 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) การฉายรังสีแกมมากับผลผลิตทางการเกษตรเป็นทางเลือกหนึ่งในการกำจัดโรคและแมลงที่ปนเปื้อนไปกับผลไม้สด โดยองค์การอาหารและยา (FDA) และกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) ได้อนุญาตให้ใช้ได้ในปี พ.ศ. 2529 (สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2540) นอกจากนี้การฉายรังสียังมีความปลอดภัยเนื่องจากไม่มีการตกค้างของสารเคมีอันตราย

<sup>1</sup>หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

<sup>2</sup>Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

<sup>3</sup>ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

<sup>4</sup>Postharvest Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

และลดการใช้สารเคมีอันตราย จากการเจรจาข้อตกลงทางการค้าระหว่างรัฐบาลไทยและสหรัฐอเมริกา ทำให้ผู้ส่งออกผลไม้ไทยสามารถส่งผลไม้ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา 6 ชนิดได้แก่ มะม่วง มังคุด ลำไย ลิ้นจี่ สับปะรด และ เงาะ ไปจำหน่ายยังประเทศสหรัฐอเมริกาได้ ดังนั้นงานวิจัยด้านการฉายรังสีแกมมาสำหรับสับปะรดในเชิงการค้า ซึ่งเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออกชนิดหนึ่งจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อรองรับการขยายตัวของตลาดส่งออก อย่างไรก็ตามผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพของผลผลิตขึ้นอยู่กับชนิดพืช ปริมาณรังสีที่ได้รับและชนิดรังสี (Shellie และ Mangan, 1993; Drake และคณะ, 2003) สัมเหี่ยวหวานที่ฉายรังสีแกมมา 0.25-1.0 Kgy เก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1-4 สัปดาห์ พบว่า รังสีไม่มีผลต่อคุณภาพรับประทาน เช่น Brix, pH, Citric acid และความแน่นเนื้อของผล (Keawchoung และคณะ, 2003) ขณะที่การฉายรังสีให้แก่ผลแอปเปิ้ลและสาลี่ทำให้ความแน่นเนื้อของผลลดลงเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับรังสี (Wang และคณะ, 1993) และผลกีวี่ที่ผ่านการฉายรังสีมีเนื้อสัมผัสนุ่มกว่าผลกีวี่ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (Kim และ Yook, 2009) นอกจากนี้รังสีมีผลต่อการยับยั้งการสร้างเอทิลีนในผลแอปเปิ้ล (Fan และคณะ, 2001) สำหรับข้อมูลสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีนั้นยังมีการศึกษาน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่เก็บเกี่ยวในระยะความแก่ต่างๆ

### อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บเกี่ยวผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคมระยะ early, mid (ระยะทางการค้า) และ late maturity จากสวนเกษตรกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดตราด นำมาตัดหัวผลจุ่มในสารละลายไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น  $500 \text{ mg.kg}^{-1}$  ผึ่งให้แห้งและบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูกที่เจาะรูและติดมุ้งพลาสติก หลังจากนั้นนำไปฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 300-600 เกรย์ในวันถัดไป จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทุก 3 วัน เป็นเวลา 18 วัน โดยวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อด้วยเครื่องวัดสี (Minolta รุ่น DP-301) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำด้วย hand refractometer (ATAGO รุ่น PAL-1) ปริมาณวิตามินซีตามวิธีของ Kondo และคณะ, 2002 และความผิดปกติทางสรีรวิทยา เช่น อาการไส้สีน้ำตาล หรือ Blackheart โดยตัดแปลงจาก Selvarajah และคณะ (2001)

### ผล

การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่เก็บเกี่ยวระยะ early, mid และ late maturity ซึ่งรับการฉายรังสีแกมมา โดยพิจารณาจากค่าโทนสี (hue angle) พบว่าสับปะรดในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองที่เข้มข้น โดยสับปะรดในระยะ Late maturity stage มีค่าโทนสี (อยู่ในช่วง 92.26-94.98) ต่ำกว่าสับปะรดระยะ early และ mid (ระยะทางการค้า) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 95.46-97.46 และ 94.24-96.66 ตามลำดับ (Figure 1A) และปริมาณกรดที่ไตเทรตได้ลดลงเล็กน้อยในทุกชุดการทดลองซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.41-2.44 เปอร์เซ็นต์และไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 1B) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของสับปะรดที่รับการฉายรังสีแกมมาพันธุ์ตราดสีทองที่เก็บเกี่ยวในระยะ early, mid และ late maturity มี TSS มากเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11.40 – 17.27 องศาบริกซ์ (Figure 2A) ขณะที่ปริมาณวิตามินซีลดลงในทุกชุดการทดลองตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสับปะรดเก็บเกี่ยวระยะ early maturity มีค่าปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 28.56 – 96.64 mg./100g.FW. และมีค่าน้อยกว่าสับปะรดในระยะ mid และ late maturity ซึ่งมีปริมาณวิตามินซี อยู่ในช่วง 30.57 – 85.33 และ 27.41 – 96.64 mg./100g.FW. ตามลำดับ (Figure 2B) เมื่อพิจารณาอาการไส้สีน้ำตาลพบว่าสับปะรดในระยะ early maturity ที่ฉายรังสีแกมมาแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยเริ่มแสดงอาการในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และสับปะรดระยะ mid และ late maturity แสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุด โดยเริ่มแสดงอาการในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (Figure 3)

### วิจารณ์ผล

สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองเก็บเกี่ยวระยะ late maturity ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูงที่สุด การฉายรังสีแกมมาไม่ควรมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ D'Innocenzo และ Lajolo (2001) รายงานว่า มะละกอที่ผ่านการฉายรังสี 0.5 Kgy และทิ้งไว้ให้สุกที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) สาเหตุที่สับปะรดเก็บเกี่ยวระยะ late maturity มีปริมาณ TSS มาก เนื่องจากผลสับปะรดเมื่อแก่จัดจะมีปริมาณ TSS ได้มากกว่าผลที่ยังอ่อนและ (Saradhuldhath และ Paull, 2007) สำหรับปริมาณวิตามินซีนั้นมีการลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาทำให้ผลผลิตสดมีการสูญเสียปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น

(Paull, 1999) เนื่องจากพืชมีการนำเอากรดอินทรีย์ต่างๆ ไปใช้ในกระบวนการหายใจ และ Saradhuldhath และ Paull (2007) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไดเทรตได้ของผลสับปะรดสัมพันธ์กับปริมาณกรดซิตริก การพิจารณาด้านสีเนื้อของสับปะรดนั้นพบว่าสับปะรดในระยะ late maturity มีค่า Hue angle น้อยที่สุดและไม่มี ความแตกต่างทางสถิติกับระยะ mid maturity เนื่องจากสับปะรดเก็บเกี่ยวในระยะ late maturity มีสีเนื้อที่เหลืองมากกว่าสับปะรดที่ยังอ่อน ส่วนการเกิดได้สีน้ำตาลในสับปะรดที่ฉายรังสีแกมมา พบว่าสับปะรดในระยะ early maturity ที่ฉายรังสีแกมมาแสดงอาการได้สีน้ำตาลมากที่สุด และสับปะรดระยะ mid และ late maturity แสดงอาการได้สีน้ำตาลน้อยที่สุด และมีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Damayanti และคณะ (1992) รายงานว่าระยะเวลาการเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ Queen และปริมาณรังสีแกมมามีผลต่อการพัฒนาอาการได้สีน้ำตาลของสับปะรด ซึ่งการเกิดอาการได้สีน้ำตาลมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมเอนไซม์ Polyphenoloxidase และ ascorbate peroxidase (Zhou และคณะ, 2003)

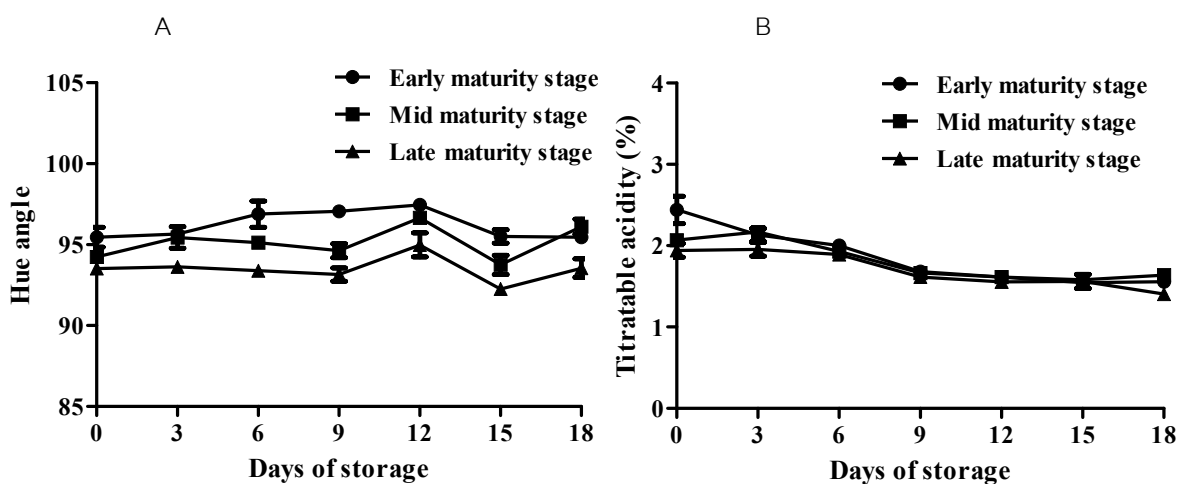


Figure 1 Hue angle (A) and titratable acidity of 'Trad Si-Thong' pineapple harvested at early, mid and late stages of maturity. Fruit were irradiated with gamma ray at 300-600 Gy, and stored at 13°C

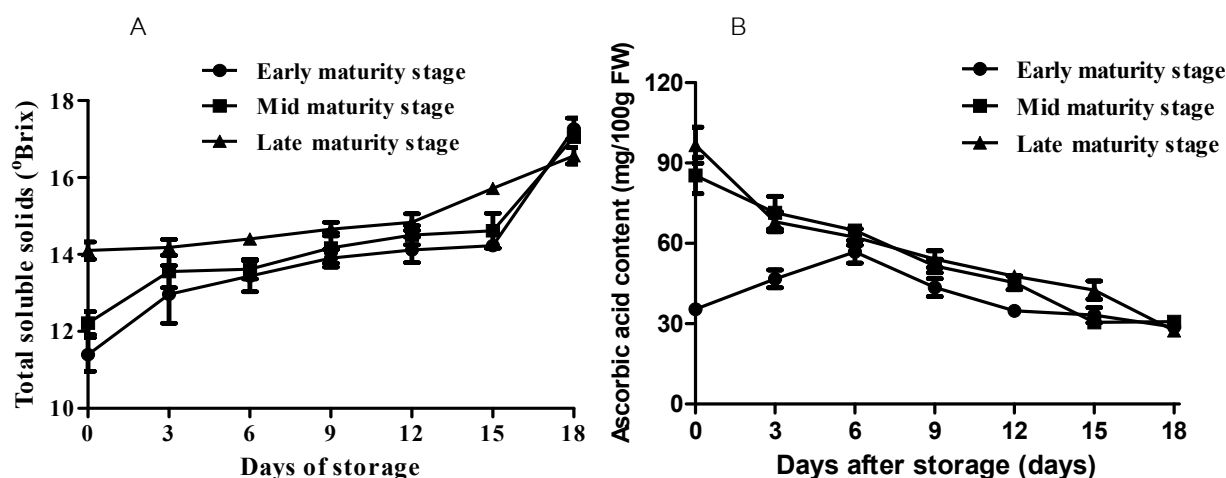
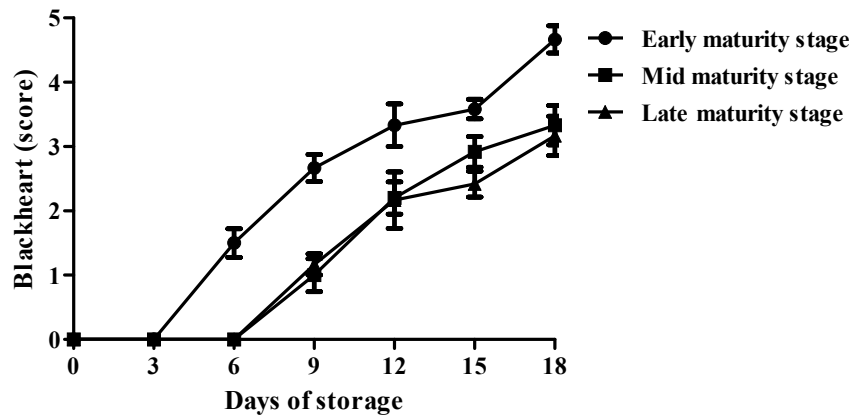


Figure 2 Total soluble solids (A) and ascorbic content of 'Trad Si-Thong' pineapple harvested at early, mid and late stages of maturity. Fruit were irradiated with gamma ray at 300-600 Gy, and stored at 13°C



**Figure 3** Effect of maturity on blackheart development of 'Trad Si-Thong' pineapple harvested at early, mid and late stages of maturity. Fruit were irradiated with gamma ray at 300-600 Gy, and stored at 13°C

### สรุป

สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองเก็บเกี่ยวในระยะ mid และ late maturity เหมาะสมต่อการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 300-600 เกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มากกว่าผลระยะ early maturity เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle และ อากาไรสีน้ำตาลน้อยที่สุด

### คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาแห่งชาติ ที่ได้กรุณาให้งบประมาณสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. 2540. การฉายรังสีอาหาร : ความเป็นไปได้ในปัจจุบัน. นิเวศวิทยารับรู้. ฉบับที่ 4: หน้า 4-7.
- อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์, ทรงศิลป์ พจนันชะชัย และ วาริช ศรีละออง. 2552. โครงการวิจัยการจำลองขนส่งมะม่วง มังคุด และเงาะฉายรังสีแกมมาทางเรือสำหรับตลาดสหรัฐอเมริกา. รายงานความก้าวหน้าเสนอสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 52 น.
- D'Innocenzo, M. and F.M. Lajolo. 2001. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya. *Journal of Food Biochemistry* 25: 425-438.
- Drake, S.R., P.G. Sanderson and L.G. Neven. 2003. Response of apple and winter pear fruit quality to irradiation as a quarantine treatment. *Journal of Food Processing and Preservation* 23: 203-216.
- Fan, X., L. Argenta and J. Matthesis. 2001. Impacts of ionizing radiation on volatile production by ripening Gala apple fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49 (1): 254-262.
- Keawchoung, P., S. Segsanviriya, W. Limophasmanee, A. Malakrong, P. Pransopon and T. Kongratarnorn. 2003. Irradiation as a quarantine treatment for fruit fly in tangerine. *Proceeding of 41<sup>st</sup> Kasetsart University Annual Conference*. 3-7 February 2003. pp. 241-250.
- Kim, K.H. and H.S Yook. 2009. Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayward). *Physics and Chemistry* 78: 414-421.
- Kondo, S., K. Tsuda, N. Muto and A.J. Ued. 2002. Antioxidative activity of apple skin of flesh extracts associated with fruit development selected apple cultivars. *Scientia Horticulturae* 96: 177-185.
- Paull, R.E. 1999. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology* 15: 263-277.
- Salvi, M.J. and J.C. Rajput. 1995. Pineapple. *Handbook of fruit science and technology production*. Mercel Dekker. Inc., New York. pp. 171 -182.
- Saradhulhat, P. and R.E. Paull. 2007. Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. *Scientia Horticulturae* 112: 297-303.
- Selvarajah, S., A.D. Bauchot and P. John. 2001. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 2 (23): 167 – 170.
- Zhou Y., T.J. O'Hare, M. Jobin-Décor, S.J.R. Underhill, R.B.H. Wills and M.W. Graham. 2003. Transcriptional regulation of a pineapple polyphenol oxidase gene and its relationship to blackheart. *Plant Biotechnol Journal* 1: 463 – 478.