รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด 2562

----

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตสับปะรด

2. โครงการวิจัย : การวิจัยและพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการคุณภาพในโซ่อุปทานสับปะรดผลสดเพื่อการส่งออก

กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาการจัดการคุณภาพผลผลิตสับปะรดผลสดเพื่อการส่งออก

กิจกรรมย่อย : -

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ผลของการฉายรังสีที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดผลสดเพื่อการส่งออก

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Effect of Gamma Irradiation on Quality and shelf life of fresh pineapple (cv. MD2 and Phetchaburi No. 1) for exporting

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : วรางคณา มากกำไร[1]

ผู้ร่วมงาน : ทวีศักดิ์ แสงอุดม[1] อนุวัฒน์ รัตนชัย[1]

ภาณุมาศ โคตรพงศ์[2]

5. บทคัดย่อ

สับปะรดเป็น 1 ใน 6 ผลไม้ของไทยที่ประเทศสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้นำเข้าแต่ต้องผ่านการฉายรังสี ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาผลกระทบของการฉายรังสีที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 และพันธุ์ MD2 โดยศึกษาที่ 2 ระยะความสุกแก่ (10-20% และ 30-40%) ดำเนินการระหว่าง ตุลาคม 2560 - กันยายน 2562 ที่หน่วยฉายรังสีสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ และสถาบันวิจัยพืชสวน ประกอบด้วย 2 การทดลองย่อย คือ พันธุ์ MD2 และพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 วางแผนการทดลองแบบ RCB ทำ 4 ซ้ำ 10 กรรมวิธี คือ1) ผลสับปะรดระยะสุก 10-20%+ไม่ฉายรังสี 2) ผลสับปะรดระยะสุก 10-20% + ฉายรังสี 400 Gy 3) ผลสับปะรดระยะสุก 10-20%+เคลือบผิว+ฉายรังสี 400 Gy 4) ผลสับปะรดระยะสุก 10-20%+จุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm+ฉายรังสี 400 Gy 5) ผลสับปะรดระยะสุก 10-20%+จุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm+กรดออกซาลิก 5%+ฉายรังสี 400 Gy 6) ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+ไม่ฉายรังสี 7) ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+ฉายรังสี 400 Gy 8) ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+เคลือบผิว+ฉายรังสี 400 Gy 9) ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+จุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm+ฉายรังสี 400 Gy

---

[1] สถาบันวิจัยพืชสวน

[2] กองวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร

10) ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+จุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm + กรดออกซาลิก 5%+ ฉายรังสี 400 Gy ผลการทดลองในสับปะรดพันธุ์ MD2 พบว่า กรรมวิธีที่ดีสุด คือ การเก็บเกี่ยวผลสับปะรดที่ความสุกแก่ 10-20% ร่วมกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวโดยจุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm และจุ่มผลในกรดออกซาลิก 5% หลังจากนั้นฉายรังสีที่ 400 Gy ให้คุณภาพผลหลังการเก็บรักษาดีที่สุด มีอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ โดยไม่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล สำหรับสับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 เก็บที่ระยะความสุกแก่ 10-20% ร่วมกับการเคลือบผิวผลและฉายรังสีที่ 400 Gy สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 สัปดาห์ มีผลที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลต่ำเพียง 5% นอกจากนี้ยังพบว่ารังสีแกรมมาที่ความเข้ม 400 Gy มีผลเล็กเพียงเล็กน้อยต่อปริมาณ TSS TA วิตามินซี และความแน่นเนื้อในสับปะรดพันธุ์ MD2 ในขณะที่สับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 รังสีแกรมมาที่ความเข้มดังกล่าวมีผลต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลเมื่อผลสับปะรดถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 °C นานกว่า 2 สัปดาห์ และยังพบว่าผลที่ความสุกแก่มากขึ้นอายุการเก็บรักษายิ่งสั้นลงอีกด้วย

คำหลัก:การฉายรังสีแกมมา สับปะรด MD2 สับปะรดเพชรบุรีเบอร์ 1 คุณภาพ อาการไส้สีน้ำตาล

Abstract

Pineapple is one of 6 kinds of fruits from Thailand has been permitted to import to USA market. However, it must be treated with gamma irradiation as a quarantine treatment. The objective of this research was to investigate the effect of gamma Irradiation on quality and storage life of fresh pineapple cv. MD2 and Phetchaburi No. 1. MD2 pineapple is high potential for exporting and Phetchaburi No. 1 is recommended cultivar of DOA. Two experiments with two cultivars were designed. The research was conducted at Horticulture Research Institute and Office of Atoms for Peace from October 2017 to September 2019. RCB with 4 replications and 10 treatments were applied. Ten treatments including 1) 10-20% ripenning fruit + no irradiation 2) 10-20% ripenning fruit + 400 Gy irradiation 3) 10-20% ripenning fruit + wax + 400 Gy irradiation 4) 10-20% ripenning fruit + 0.3 ppm ozone dipped + 400 Gy irradiation 5) 10-20% ripenning fruit + 0.3 ppm ozone dipped + 5% oxalic acid + 400 Gy irradiation 6) 30-40% ripenning fruit + no irradiation 7) 30-40% ripenning fruit + 400 Gy irradiation 8) 30-40% ripenning fruit + wax + 400 Gy irradiation 9) 30-40% ripenning fruit + 0.3 ppm ozone dipped + 400 Gy irradiation and 10) 30-40% ripenning fruit + 0.3 ppm ozone dipped + 5% oxalic acid + 400 Gy irradiation. The results showed that for MD2 pineapple, the 10-20% ripenning fruit treated with 0.3 ppm ozone, 5% oxalic acid, and 400 Gy irradiation gave the high quality fruit and long storage life as 4 weeks without internal browning. On the other hand, Phetchaburi No. 1 pineapple at 10-20% ripening stage applied with waxand 400 Gy irradiation had good quality and trace of of internal browning (5%) after storage at 13±2 °C for 2 weeks and left at room temperature (RT) for 1 day. Gamma radiation at dose of 400 Gy caused only minor on TSS, TA,

vitamin C, and firmness of pineapple, especially in MD2 but it had more effect on internal browning in Phetchaburi No. 1 if the fruit was stored at 13±2 °C longer than 2 weeks. In addition, the more ripening level of the fruit the shorter storage life was found.

Keywords: gamma irradiation, MD2 and Phetchaburi No.1 pineapple, quality, Internal browning

6. คำนำ

การส่งออกสับปะรดผลสดนับว่ามีปริมาณและมูลค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งออกสับปะรดทั้งหมด แต่จากสถิติพบการส่งออกสับปะรดผลสดในปี 2018 เพิ่มขึ้น 4.3% ซึ่งนับว่าตลาดสับปะรดผลสดมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และหลายประเทศเปิดโอกาสให้สับปะรดผลสดจากประเทศไทยเข้าไปยังตลาดปลายทางเพิ่มขึ้น แต่มีอุปสรรคสำคัญคือด้านคุณภาพผลผลิตสับปะรดไม่สม่ำเสมอ อายุการเก็บรักษาสั้น โดยจะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเมื่อขนส่งถึงตลาดปลายทาง นอกจากนี้การส่งออกสินค้าเกษตรในปัจจุบันประเทศคู่ค้าจะมีข้อกำหนดของแต่ละสินค้าแตกต่างกันไป เช่น การส่งสับปะรดผลสดไปสหรัฐอเมริกาต้องผ่านการฉายรังสี ดังนั้นการส่งเสริมให้เกษตรกรและผู้ประกอบการได้พัฒนาการผลิตและการจัดการด้านต่างๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ได้มาตรฐานตรงตามข้อกำหนดของประเทศคู่ค้าและสินค้ามีคุณภาพดีเมื่อถึงตลาดปลายทางจึงเป็นสิ่งสำคัญ

ด้านการฉายรังสีผลิตผล ตามที่สหรัฐอเมริกายินยอมให้นำเข้าผลไม้จากประเทศไทย 6 ชนิด ได้แก่ มังคุด เงาะ ลำไย มะม่วง ลิ้นจี่ และสับปะรด ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2550 ซึ่งรังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นสั้นและมีอำนาจการทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูง สามารถทำลายเชื้อโรคและแมลงที่ปนเปื้อน รวมทั้งไม่มีรังสีตกค้างหรือสะสมในอาหาร สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติแห่งชาติ (2540) ได้ศึกษาการฉายรังสีกับผลไม้เขตร้อนหลายชนิดเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชที่ติดไปกับผลผลิต พบว่าการฉายรังสีที่ปริมาณ 150 Gy สามารถควบคุมแมลงวันผลไม้ใน มังคุด ลำไย มะม่วง ลิ้นจี่ และเงาะได้ การฉายรังสีที่ปริมาณ 400 Gy สามารถควบคุมเพลี้ยหอยและเพลี้ยแป้งในมังคุดได้ โดยมังคุด ลำไย และมะม่วงสามารถทนต่อรังสีได้ถึง 1,000 Gy ยกเว้นมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ส่วนการฉายรังสี 300 Gy ในสับปะรด จะชักนำให้แกนของสับปะรดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีความเสียหายจะเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับ วชิรญา (2553) ศึกษากับสับปะรดพันธุ์ภูแล และพันธุ์นางแล พบว่าการฉายรังสีที่ระดับ 400 700 และ 1,000 Gy จะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มขึ้นมากกว่าการฉายที่ 200 Gy และการเคลือบผิวจะช่วยลดการเกิดอาการดังกล่าว อภิรดี และคณะ (2554) พบว่าการฉายรังสีแกมมาทำให้สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองเกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากขึ้น และสับปะรดที่สุกแก่มากกว่าจะแสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าผลที่สุกแก่น้อยกว่า และความรุนแรงของอาการจะเพิ่มตามปริมาณรังสีที่ได้รับ แต่ในปัจจุบันเกษตรกรในประเทศไทยนิยมปลูกพันธุ์ MD2 เพื่อส่งออกผลสด ลักษณะเด่นประการหนึ่งของสับปะรดพันธุ์ MD2 คือ ทนทานต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล อายุการเก็บรักษานาน จึงเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงในการส่งออกสับปะรดผลสดไปตลาดสหรัฐอเมริกาซึ่งต้องมีการฉายรังสี ส่วนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การใช้สารเคลือบผิว การใช้ salicylic acid (SA) ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวจะช่วยลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล โดยจะไปช่วยชะลอการสูญเสีย ascorbic acid และยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) และ เอนไซม์ phenylalanine ammonialyase (PAL) โดยก่อนเก็บเกี่ยวพ่น SA ความเข้มข้น 2 mM และ

หลังเก็บเกี่ยวใช้ 0.5 mM (Lu *et al*., 2011) ทั้งนี้ Whangchai *et al.* (2006) พบว่าการให้ก๊าซโอโซนร่วมกับกรดออกซาลิก สามารถลดการเกิดโรคของผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวได้ ดวงธิดาและคณะ (2549) การจุ่มผลเงาะในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm นาน 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อราที่ผิว 79.2% การรมลำไยด้วยโอโซน (Ozone) ความเข้มข้น 200 ppm ร่วมกับการแช่ในกรดออกซาลิก (Oxalic acid) หรือกรดซิตริก (Citric acid) ความเข้มข้น 5% ให้ผลดีในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และสามารถควบคุมการเกิดโรคได้ดี (กานดา, 2006) การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสีที่ระยะความสุกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของสับปะรดที่ต่างกัน ที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาสับปะรดในผลสด 2 พันธุ์ คือพันธุ์ MD2 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการพัฒนาที่ฮาวายตั้งแต่ปี 1972 ปัจจุบันสายพันธุ์นี้มีการปลูกแพร่หลายในหลายประเทศส่วนมากจะเน้นเป็นพันธุ์สับปะรดผลสด และพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 ซึ่งดั้งเดิมเป็นพันธุ์ที่นำมาจากไต้หวันคือพันธุ์ Tainan 41 และมาศึกษาคัดเลือกและได้เป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร เกษตรกรนิยมปลูกมากในจังหวัดเพชรบุรี

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ผลสับปะรดพันธุ์ MD2 2 และพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 ที่ 2 ระยะความสุก คือ 10-20% และ 30-40%
2. สารเคลือบผิว
3. น้ำโอโซน
4. กรดออกซาลิก
5. กล่องบรรจุ
6. ห้องฉายรังสี และห้องเย็นเก็บรักษา
7. เครื่องวัดสี
8. วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์คุณภาพผล

วิธีการ

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCB ทำ 4 ซ้ำๆ มี 10 กรรมวิธี คือ

1. ผลสับปะรดระยะสุก 10-20%+ไม่ฉายรังสี
2. ผลสับปะรดระยะสุก 10-20%+ฉายรังสี 400 Gy
3. ผลสับปะรดระยะสุก 10-20%+เคลือบผิว+ฉายรังสี 400 Gy
4. ผลสับปะรดระยะสุก 10-20%+จุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm+ฉายรังสี 400 Gy
5. ผลสับปะรดระยะสุก 10-20%+จุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm +กรดออกซาลิก 5%+ ฉายรังสี 400 Gy
6. ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+ไม่ฉายรังสี
7. ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+ฉายรังสี 400 Gy
8. ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+เคลือบผิว+ฉายรังสี 400 Gy

9. ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+จุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm +ฉายรังสี 400 Gy

10. ผลสับปะรดระยะสุก 30-40%+จุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm +กรดออกซาลิก 5% +ฉายรังสี 400 Gy

วิธีดำเนินการ ทำทดลองกับสับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 และ MD2 (2 การทดลองย่อย) โดยทำการเก็บเกี่ยวสับปะรดแต่ละพันธุ์ที่ 2 ระยะความสุกแก่ (10-20% และ 30-40%) กรรมวิธีละ 9 กล่องๆ ละ 6 ผลนำมาจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและนำไปฉายรังสี ประเมินคุณภาพหลังการฉายรังสีและหลังการเก็บรักษาที่ 13±2 ^{o}C นาน 2 และ 4 สัปดาห์ และอุณหภูมิห้อง 1 วัน นำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ

การบันทึกข้อมูล บันทึกลักษณะภายนอกของผลก่อนและหลังการฉายรังสี คุณภาพผลก่อนและหลังการฉายรังสี อายุการเก็บรักษา คุณภาพ และการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2560 - กันยายน 2562

สถานที่ทำการทดลอง - สถาบันวิจัยพืชสวน

- สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

8. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ดำเนินการในสับปะรดพันธุ์ MD2 ทำการทดลอง 3 ครั้ง โดยครั้งสุดท้ายมีการปรับกรรมวิธี โดยใช้สับปะรดระยะความสุกแก่ที่ระดับ 10-20% มีผลการดำเนินการดังนี้ ครั้งที่ 1 พบว่าคุณภาพผลหลังการฉายรังสีที่ 400 Gy ไม่มีผลต่อ Total soluble solid (TSS) และวิตามินซี (Ascorbic acid) โดยมีค่า TSS ระหว่าง 14.62-16.19 %Brix วิตามินซี 39.66-53.5 mg/100 g FW โดยกรรมวิธีที่ความสุกแก่มาก (30-40%) จะมีความแน่นเนื้อน้อยกว่าระดับความสุกแก่ 10-20% และกรรมวิธีที่ 4 ความสุกแก่ 10-20% +จุ่มผลในน้ำโอโซน 0.3 ppm และฉายรังสี 400 Gy มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด 1.81 kg/cm^2 แตกต่างกับกรรมวิธีอื่น ยกเว้นกรรมวิธีที่ 2 ที่ความสุกแก่เดียวกันแต่ไม่จุ่มในน้ำโอโซน และกรรมวิธีนี้ผลสับปะรดมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA) สูงสุด 0.74% และกรรมวิธีที่ 9 ที่ระยะความสุกแก่ 30-40%+จุ่มผลในน้ำโอโซน 0.3 ppm และฉายรังสี 400 Gy ให้ค่า TA ต่ำสุด 0.49% (Table 1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการฉายรังสีและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวทั้งการเคลือบผิว การจุ่มในน้ำโอโซน และกรดออกซาลิก ไม่มีผลต่อคุณภาพด้าน TSS และวิตามินซี ส่วนความแน่นเนื้อและปริมาณ TA จะมีผลมาจากความแตกต่างด้านความสุกแก่มากกว่าผลจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และเมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 ^{o}C 2 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีให้ค่า TSS ลดลงเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าระหว่าง 13.88-16.15 %Brix ส่วนวิตามินซี ที่ระยะความสุกแก่ 10-20% จะให้ค่ามากกว่าที่ความสุกแก่ 30-40% โดยกรรมวิธีที่ 1 และ กรรมวิธีที่ 4 ให้ปริมาณวิตามินซีสูงสุด 65.53 และ 62.19 %Brix แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 5 6 7 8 9 และ 10 ทำนองเดียวกับค่าความแน่นเนื้อจะลดลง และที่ระยะสุกแก่ 30-40% จะให้ค่าความแน่นเนื้อต่ำกว่าที่ระยะสุกแก่ 10-20% ด้านปริมาณ TA กรรมวิธีที่ 1 ที่ระยะสุกแก่ 10-20% และไม่ฉายรังสีให้ปริมาณ TA สูงสุด 0.92% แต่ไม่แตกต่าง

ทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 ซึ่งความสุกแก่เดียวกันแต่ฉายรังสี (Table 2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บรักษาที่ 2 สัปดาห์ คุณภาพผลด้าน TSS ความแน่นเนื้อและวิตามินซี มีค่าลดลง แต่ค่า TA เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

สำหรับการทดลองซ้ำครั้งที่ 1 หลังการฉายรังสี ให้ค่า TSS TA วิตามินซีและความแน่นเนื้อ แตกต่างกันเล็กน้อย แต่ทำนองเดียวกันในด้านความสุกแก่ โดย TSS สูงสุดในกรรมวิธีที่ 6 ความสุกแก่ 30-40% ไม่ฉายรังสีให้ค่า TSS 17.05 %Brix แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 3 5 และ 10 ค่า TA สูงสุดกรรมวิธีที่ 2 0.66% แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 1 3 7 9 และ 10 วิตามินซีสูงสุดในกรรมวิธีที่ 1 64.32 mg/100g FW แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 6 7 9 และ 10 สำหรับความแน่นเนื้อสูงสุดในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 คือ 2.11 และ 2.37 kg/cm^2 ตามลำดับแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 6-10 ซึ่งเป็นระยะความสุกแก่ 30-40% (Table 3) และเมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 ^{o}C 2 และ 4 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (Table 4 และ 5) พบว่า คุณภาพมีความแตกต่างเช่นเดียวกัน ยกเว้นความแน่นเนื้อหลังการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จะเห็นได้ว่าคุณภาพผลทั้งด้าน TSS TA วิตามินซี และความแน่นเนื้อที่แตกต่างกันน่าจะมีผลมาจากอายุความสุกแก่มากกว่าการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการฉายรังสี ซึ่งคุณภาพผลจะลดลงเมื่อเก็บรักษามากขึ้น และที่ระยะความสุกแก่ 30-40% คุณภาพจะลดลงมากกว่าที่ความสุกแก่ 10-20% นอกจากนี้ลักษณะภายนอกที่ปรากฏพบว่าที่ความสุกแก่ 30-40% มีลักษณะด้อยกว่าที่ความสุกแก่ 10-20% ดังนั้นจึงได้ทดลองซ้ำในครั้งที่ 3 โดยปรับกรรมวิธีที่ความสุกแก่ 30-40% ออกทั้งหมด เหลือเฉพาะกรรมวิธีที่ความสุกแก่ 10-20 % จากผลการทดลองพบว่า หลังการฉายรังสีทุกกรรมวิธีให้ค่า TSS TA และวิตามินซีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นความแน่นเนื้อ กรรมวิธีที่ 4 ที่ระยะความสุกแก่ 10-20% +จุ่มผลในน้ำโอโซน 0.3 ppm และฉายรังสี 400 Gy ให้ค่า ความแน่นเนื้อสูงสุด 1.77 kg/cm^2 และกรรมวิธีที่ 1 ความสุกแก่ 10-20% และไม่ฉายรังสีให้ค่าความแน่นเนื้อต่ำสุดแต่ไม่ต่างกับกรรมวิธีที่ 3 ความสุกแก่ 10-20% +เคลือบผิว+ฉายรังสี 400 Gy (Table 6) และเมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 ^{o}C 2 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน พบว่า TSS TA และความแน่นเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่า TSS ระหว่าง 14.30-14.79 %Brix วิตามินซี 45.55-56.84 mg/100g FW ความแน่นเนื้อ 0.96-1.24 kg/cm^2 ส่วน TA พบว่า กรรมวิธีที่ 2 ความสุกแก่ 10-20%+ฉายรังสี 400 Gy ให้ TA ต่ำสุด 0.70% แตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 3 และ 4 (Table 7) และเมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 ^{o}C 4 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน พบว่า TSS มีค่าลดลงแต่ไม่แตกต่างทางสถิติโดยมีค่าระหว่าง 13.28-14.13 %Brix สำหรับ TA กรรมวิธีที่ 1 ที่ไม่ฉายรังสีให้ค่าสูงสุด 0.79% แตกต่างทางสถิติกับทุกกรรมวิธี ค่าวิตามินซี กรรมวิธีที่ 2 ระยะความสุก 10-20%+ฉายรังสี 400 Gy และกรรมวิธีที่ 5 ที่ระยะความสุกแก่ 10-20% +จุ่มผลในน้ำโอโซน 0.3 ppm และฉายรังสี 400 Gy ให้ค่าสูงสุด 32.61 และ 35.46 mg/100g FW แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 2 และ 4 ด้านความแน่นเนื้อพบว่ากรรมวิธีที่ 1 ที่ไม่ฉายรังสีมีความแน่นเนื้อต่ำสุด 0.88 kg/cm^2 แตกต่างกับกรรมวิธีอื่นๆ (Table 8) สำหรับการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลพบว่าทั้งหลังการเก็บรักษา 2 และ 4 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วันไม่พบการเกิดอากรไส้สีน้ำตาล (Table 9)

จากผลการดำเนินการทั้ง 3 ครั้งจะเห็นได้ว่าการฉายรังสีสับปะรด MD2 ที่ 400 Gy ความสุกแก่จะมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามากกว่าการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการฉายรังสี สำหรับคุณภาพด้าน TSS จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย TSS จะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเช่นเดียวกับความแน่นเนื้อ สำหรับ TA เมื่อเก็บรักษา 4 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน การไม่ฉายรังสีจะให้ค่า TA สูงสุด และไม่มีความแตกต่าง

ด้านวิตามินซีระหว่างการฉายรังสีและไม่ฉายรังสี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการฉายรังสีไม่มีผลต่อคุณภาพและการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด MD2 สอดคล้องกับการทดลองของ Siti Aisyah et al.(2018) ซึ่งทำการทดลองฉายรังสีสับปะรด MD2 ที่ 200 และ 400 Gy พบว่าไม่มีผลต่อสีผิวผล ความแน่นเนื้อ และ TSS ภายหลังการเก็บรักษา 21 วัน Gyory และ Pearson (1967) รายงานว่าอัตราการฉายรังสีที่ต่ำกว่า 1 kGy มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณวิตามินซีเพียงเล็กน้อย ด้านการเกิดอากรไส้สีน้ำตาล อภิชัยและคณะ (2557) ทดลองในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งพบว่า การฉายรังสีแกมมาทำให้สับปะรดมีอาการไส้สีน้ำตาลมากขึ้น ซึ่งต่างจากการทดลองในสับปะรด MD2 ซึ่งไม่มีผลต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล ทั้งนี้ส่วนหนึ่งมาจากปัจจัยทางด้านพันธุกรรมซึ่งสับปะรดพันธุ์ MD2 เป็นพันธุ์ที่มีทนทานต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล มีอายุการเก็บรักษานาน และมีปริมาณวิตามินซีสูง ซึ่งพันธุ์ MD2 เป็นพันธุ์ที่ได้รับการพัฒนาที่ฮาวายตั้งแต่ปี 1972 ปัจจุบันสายพันธุ์นี้มีการปลูกแพร่หลายในหลายประเทศส่วนมากจะเน้นเป็นพันธุ์สับปะรดผลสด มีลักษณะเด่นหลายประการ เช่น เนื้อเหลืองสม่ำเสมอ หนามน้อย อายุการให้ผลผลิตเร็ว วิตามินซีสูงกว่าพันธุ์ทั่วไป 4 เท่า อายุการเก็บรักษานาน และรสชาติหวานกว่า S. cayenne (เปรม, 2554; Pip, 2011) ซึ่งวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิคเป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) ซึ่งสามารถรีดิวซ์ควิโนน (quinone) ได้ ทำให้ไม่มีควิโนนที่จะไปรวมตัวทำให้เกิดเป็นโมเลกุลใหญ่และเกิดเป็นสีน้ำตาล ดังนั้นสับปะรดที่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคสูงจึงไม่ปรากฏอาการไส้สีน้ำตาล (Teisson *et al*., 1978) ส่วนการใช้กรดออกซาลิก หลังการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ จะมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด ซึ่งการใช้ salicylic acid (SA) ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวจะช่วยลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล โดยจะไปช่วยชะลอการสูญเสีย ascorbic acid และยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO และ PAL (Lu *et al*., 2011) ดังนั้นสรุปได้ว่าการฉายรังสี ที่ 400 Gy โดยเก็บเกี่ยวผลสับปะรด MD2 ที่ความสุก 10-20% ร่วมกับการจุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm และจุ่มผลในกรดออกซาลิค 5% ให้คุณภาพผลดีสุด

การทดลองที่ 2 ดำเนินการในสับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 ทำการทดลอง 3 ครั้งเช่นเดียวกัน มีผลการดำเนินการดังนี้ ครั้งที่ 1 พบว่าคุณภาพผลหลังการฉายรังสีที่ 400 Gy ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อ มีค่าระหว่าง 0.81-1.05 kg/cm^2 TSS สูงสุด 16.95 %Brix ในกรรมวิธีที่ 6 ที่ความสุกแก่ 30-40% และไม่ฉายรังสี แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 3 4 7 8 และ 9 TA สูงสุดในกรรมวิธีที่ 6 เช่นเดียวกัน 0.83% ส่วนวิตามินซีสูงสุดในกรรมวิธีที่ 6 เช่นเดียวกันให้ค่า 20.68 mg/100g FW ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 1 7 8 9 และ 10 (Table 10) และเมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 °C 2 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างทั้งด้าน TSS TA วิตามินซีและความแน่นเนื้อ โดย TSS มากสุด 17.78 °Brix ในกรรมวิธีที่ 9 และต่ำสุดในกรรมวิธี 2 เท่ากับ 15.03 °Brix TA ต่ำสุด 0.46 % ในกรรมวิธีที่ 10 ส่วนวิตามินซี กรรมวิธีที่ 8 ความสุกแก่ 30-40% +เคลือบผิว+ฉายรังสี ให้ค่าต่ำสุด 7.31 mg/100g FW (Table 11) และ เมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 °C 4 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน พบว่า TSS และความแน่นเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติ TA และวิตามินซีสูงสุดในกรรมวิธีที่ 1 ความสุกแก่ 10-20% และไม่ฉายรังสี มีค่า 0.95% และ 18.99 mg/100g FW ตามลำดับ (Table 12) จากผลการทดลองในครั้งที่ 1 ของสับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 ไม่ปรากฏชัดเจนจากอายุการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการฉายรังสีในด้านคุณภาพผลทั้งด้าน TSS TA วิตามินซี และความแน่น

เนื้อแต่ส่วนใหญ่ค่าจะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น สำหรับลักษณะภายนอกที่ปรากฏจะเห็นได้ว่าสับปะรดที่ความสุกแก่ 30-40% ความสุกจะเพิ่มมากขึ้นและเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น

สำหรับการทดลองซ้ำครั้งที่ 1 หลังการฉายรังสี ให้ค่า TSS TA วิตามินซี แตกต่างกันทางสถิติ โดย TSS สูงสุดในกรรมวิธีที่ 3 และ 10 คือ 21.45 และ 20.70 %Brix แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 2 4 5 6 7 8 และ 9 ส่วน TA สูงสุดในกรรมวิธีที่ 1 ที่ความสุก 10-20% และไม่ฉายรังสี มีค่า 0.82% แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 4 6 7 8 9 และ 10 ส่วนวิตามินซี สูงสุด 15.33 mg/100g FW ในกรรมวิธีที่ 8 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 4 และ 5 ให้ค่า 12.58 และ 14.40 mg/100g FW และต่ำสุด 7.12 และ 7.00 mg/100g FW ในกรรมวิธีที่ 3 และ 7 สำหรับความแน่นเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 13) และเมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 ^{o}C 2 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน พบว่า TSS TA วิตามินซี และความแน่นเนื้อมีความแตกต่างทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 7 ความสุกแก่ 30-40% ไม่ฉายรังสีมีค่า TSS สูงสุด 20.7 %Brix แต่ไม่ต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 2 3 5 และ 9 TA สูงสุดในกรรมวิธีที่ 6 เท่ากับ 0.97% แต่ไม่ต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 2 4 และ 5 วิตามินซี สูงสุดในกรรมวิธีที่ 10 ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ความสุกแก่ 30-40%+จุ่มโอโซน+กรดออกซาลิก ให้ค่า 18.17 mg/100g FW แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 และ 5 สำหรับความแน่นเนื้อสูงสุดในกรรมวิธีที่ 2 เท่ากับ 1.21 kg/cm^2 และอยู่ระหว่าง 0.86-1.21 kg/cm^2 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 4 7 และ 8 (Table 14) และเมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 ^{o}C 4 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติของค่า TSS TA และวิตามินซี โดย TSS สูงสุดในกรรมวิธีที่ 3 เท่ากับ 18.40 %Brix แต่ไม่ต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 2 4 8 9 และ 10 TA สูงสุดกรรมวิธีที่ 2 4 แต่ไม่ต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 5 6 และ 10 ส่วนวิตามินซีสูงสุดกรรมวิธีที่ 5 ที่ความสุก 10-20% ร่วมกับการจุ่มในน้ำโอโซนและกรดออกซาลิก ให้ค่า 18.91 mg/100 g FW แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 10 ที่ความสุก 30-40% ร่วมกับการจุ่มในน้ำโอโซนและกรดออกซาลิก ให้ค่า 17.02 mg/100g FW ส่วนความแน่นเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติ มีค่าระหว่าง 0.70-1.17 kg/cm^2 (Table 15) จากผลการทดลอง 2 ครั้ง ของสับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 จะเห็นได้ว่าที่ระยะความสุกแก่ 30-40 % จะมีคุณภาพด้าน TSS สูงกว่าที่ความสุกแก่ 10-20% แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทั้ง TSS TA และความแน่นเนื้อลดลง รวมทั้งการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น การฉายรังสีจะทำให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น

สำหรับการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ได้ปรับลดกรรมวิธีเช่นเดียวกัน โดยใช้ความสุกแก่ที่ 10-20% คุณภาพผลหลังการฉายรังสีพบว่า TSS และความแน่นเนื้อไม่ต่างสถิติ TA สูงสุดในกรรมวิธีที่ 1 คือความสุกแก่ 10-20% และไม่ฉายรังสี ให้ค่า 0.67% วิตามินซีสูงสุดไม่แตกต่างทางสถิติคือกรรมวิธี 1 และ 5 ซึ่งจุ่มผลในน้ำโอโซนและกรดออกซาลิก ให้ค่าวิตามินซี 14.77 และ 14.38 mg/100g FW ส่วนความแน่นเนื้อทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างทางสถิติภายหลังการฉายรังสี (Table 16) และเมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 ^{o}C 2 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน พบว่า TSS และ TA ไม่แตกต่างทางสถิติ วิตามินซีสูงสุดในกรรมวิธีที่ 1 15.81 mg/100g FW แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนความแน่นเนื้อกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ให้ค่าสูงสุดแต่ไม่ต่างกันทางสถิติ ให้ค่า 0.89 และ 0.87 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (Table 17) และเมื่อเก็บรักษาที่ 13±2 ^{o}C 4 สัปดาห์ และวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน ทั้ง TSS TA วิตามินซี และความแน่นเนื้อแตกต่างทางสถิติ (Table 18) โดยไม่มีผลชัดเจนระหว่างการไม่ฉายรังสี (กรรมวิธีที่ 1 และการฉายรังสี (กรรมวิธีที่ 2) และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวทั้งการเคลือบผิว การจุ่มน้ำ

โอโซนและกรดออกซาลิก และการฉายรังสี (กรรมวิธีที่ 3 4 และ 5) แต่เมื่อดูการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลพบว่าการฉายรังสีในสับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 จะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นและเมื่อเก็บรักษานานขึ้นการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลจะเพิ่มมากขึ้น 95-100% ในสัปดาห์ที่ 4 (Table 19) ดังนั้นสับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 ที่ผ่านการฉายรังสีมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 สัปดาห์ โดยเก็บที่ระยะความสุกแก่ 10-20% ร่วมกับการเคลือบผิวผล ส่วนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวทั้งการจุ่มน้ำโอโซนและกรดออกซาลิกให้ผลไม่ดีกว่าการเคลือบผิวผลและฉายรังสี จากผลการดำเนินการในพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 จะเห็นได้ว่าปัญหาสำคัญคือการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลซึ่งสับปะรดพันธุ์นี้จะอยู่ในกลุ่มควีนเช่นเดียวกับพันธุ์สวี ภูเก็ตและตราดสีทอง ซึ่งจัดเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล อายุการเก็บรักษาสั้น และเมื่อดูปริมาณวิตามินซีของสับปะรดพันธุ์นี้ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ MD2 ดังนั้นสับปะรดพันธุ์นี้จึงไม่เหมาะที่จะขนส่งไปยังประเทศปลายทางที่ระยะทางไกลและใช้เวลาการขนส่งนาน และถ้าต้องฉายรังสีร่วมด้วยผลผลิตจะเสียหายเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การฉายรังสีสับปะรดควรเก็บเกี่ยวที่ระยะความสุกแก่เพื่อการส่งออกคือสุกแก่ 10-20 % จะช่วยให้ผลมีสภาพดีหลังการเก็บรักษา โดยในสับปะรด MD2 กรรมวิธีที่ดีสุด คือ การเก็บเกี่ยวผลสับปะรด ที่ความสุก 10-20% ร่วมกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวโดยจุ่มผลในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm และจุ่มผลในกรดออกซาลิก 5% และฉายรังสีที่ 400 Gy จะช่วยให้คุณภาพผลหลังการเก็บรักษาดีสุด มีอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ โดยไม่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล สำหรับสับปะรดพันธุ์เพชรบุรีเบอร์ 1 เก็บที่ระยะความสุกแก่ 10-20% ร่วมกับการเคลือบผิวผลและฉายรังสีที่ 400 Gy สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 สัปดาห์ โดยมีผลที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพียง 5%

ดังนั้น ในการฉายรังสีสับปะรดเพื่อการส่งออกไปยังประเทศที่มีเงื่อนไขว่าผลผลิตต้องผ่านกระบวนการฉายรังสี เช่น สหรัฐอเมริกา ประการแรกจะต้องพิจารณาเลือกพันธุ์ที่เหมาะสม มีความทนทานต่อการเก็บรักษาคือไม่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลง่าย ประการที่ 2 ต้องเก็บเกี่ยวที่ความสุกแก่เหมาะสมไม่แก่เกินไปเพราะจะสูญเสียง่ายและมีอายุการเก็บรักษาสั้น ส่วนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวทั้งการเคลือบผิว การใช้กรดออกซาลิออกซาลิก มีส่วนช่วยในการรักษาความสดและลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพียงเล็กน้อย

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นแนวทางในการจัดการสับปะรดผลสดเพื่อการส่งออกของผู้ประกอบการที่ประสงค์ส่งออกสับปะรดผลสดไปยังประเทศปลายทางที่อนุญาตให้นำเข้าสับปะรดผลสดจากประเทศไทยแต่ต้องผ่านขบวนการฉายรังสีเช่น อเมริกา โดยจะต้องเลือกพันธุ์ อายุเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติและเจ้าหน้าที่ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการฉายรังสี เจ้าหน้าที่ของ ศวพ.เพชรบุรี และสถาบันวิจัยพืชสวนที่ช่วยในการปฏิบัติงานจนสำเร็จตามเป้าหมาย

12. เอกสารอ้างอิง

กานดา หวังชัย. 2549. การใช้โอโซนร่วมกับกรดอินทรีย์บางชนิดเพื่อทดแทนการรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการควบคุมโรคลำไย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. www.http:// researcg.trf.or.th/node/372 [สืบค้นเมื่อ 17 ก.ย. 57].

ดวงธิดา ขุมทอง มนตรี อิศรไกรศีล วาริน อินทนา หมุดดอเล็บ หนีสอ และประคอง เย็นจิตต์. 2549. ผลของการใช้โอโซนในการควบคุมโรคหลังเก็บเกี่ยวของเงาะ ทุเรียนและมะม่วง. หน่วยวิจัยไม้ผลเขตร้อน สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ท่าศาลา นครศรีธรรมราช.

เปรม ณ สงขลา 2554. สับปะรด พืชทองของโลก. ในสาระและสรุปการสัมมนาประเทศไทยจะเป็นผู้นำในการส่งออกสับปะรดโลกได้อย่างไร.โดยมูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. รวบรวม สรุปและจดรูปเล่มโดยเคหะการเกษตร. น.12-19.

วชิรญา อิ่มสบาย. 2553. การฉายรังสีสับปะรดเพื่อการส่งออก. ในรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการความร่วมมือด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสนร่วมกับสำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศประจำกรุงวอชิงตัน ดี.ซีและบริษัทศูนย์ประสานงานความร่วมมือไทย-สหรัฐอเมริกาเพื่อการส่งออกผลไม้ จำกัด.

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. 2540. การฉายรังสีอาหาร: ความเป็นไปได้ในปัจจุบัน. นิวเคลียร์ปริทัศน์. ฉ 4:4-7.

อภิชัย เจนจบ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ เฉลิมชัย วงษ์อารี สุกัญญา เอี่ยมลออ และอภิรดี อุทัยรัตนกิจ. 2557. การฉายรังสีแกมมามีผลต่อคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย. ว.วิทย์.กษ.45(2):321-324.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และวาริช ศรีละออง. 2554. การตอบสนองของระยะความแก่ต่อการฉายรังสีแกมมาของผลสับปะรดตราดสีทอง. ว.วิทย.กษ.42:3(พิเศษ):69-72.

Gyorgy, R.J., Tadini, C.C. and Sabato, S.F. 2007. The vitamins. 2 nd edition Academic Press, New York. USA. Pp.32.

Lu, X., Sun, D., Li, Y., Shi, W and Sun, G. 2011. Pre- and post-harvest salicylic acid and treatments alleviates internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit. Scientia Horticulturae.130 (1): 97-101.

Pip. 2011. Crop production protocol pineapple MD2. [online] available Http://pp.coleacp.org/Pip.

Siti Aisyah,A., Suhana,Y., Mohd. Shamsudin, O., Ahmad Zainuri, M.D., Razali, M., Joanna,C.L.Y., Norsiah,M.J., Mohd Kamal.,M.T., Siti Nur Raihan,A., Siti Ilyani, A., Nur Syafiqah, R., and Hasan, S. 2018. Effects of Gamma Irradiation on postharvest quality of MD2 pineapple. Trans.Malaysian Soc. Plant physiol.25:199-202.

Teisson, C., Martin-Prevel, P., Combres, J.P. and Py, C. 1978. Internal browning of pineapple, a disorder caused by refrigeration (English summary). Fruits.33: 48-50.

Whangchai, K., Saengnil, K., Singamanee, C. and UThaibutra, . 2006. Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit **Crop Protection** Vol.25: pp.821-825.

13. ภาคผนวก

[1] **Time of experiment on MD2 pineapple**

Table 1 Quality of MD2 pineapple after treated gamma irradiation

Treatment	MD2 pineapple after treated gamma irradiation			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100g FW)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	15.14	0.69 abc	52.28	1.42 bc
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	15.68	0.74 a	53.53	1.66 ab
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	15.32	0.65 abc	45.14	1.51 b
4. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	15.07	0.69 abc	44.95	1.81 a
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	14.79	0.72 ab	50.91	1.43 b
6. maturity 30-40%+ no irradiation	15.49	0.58 bcd	43.70	1.15 d
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	14.62	0.61 a-d	52.08	1.18 cd
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	16.19	0.56 cd	50.00	0.94 d
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	15.10	0.49 d	39.66	1.05 d
10. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	15.55	0.66 abc	47.45	1.12 d
F	ns	*	ns	**
CV (%)	7.9	11.6	17.2	10.6

Table 2 Quality of MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 13±2 degree Celsius 2 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 2 weeks+ RT 1 day			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	14.08	0.92 a	65.53 a	1.63 abc
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	13.88	0.85 ab	55.97 abc	1.67 abc
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	15.20	0.81 bc	59.04 ab	1.77 ab
4. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	14.43	0.78 bc	62.19 a	1.83 ab
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	14.47	0.76 bc	50.83 bcd	1.98 a
6. maturity 30-40%+ no irradiation	15.97	0.72 bc	47.88 cd	1.24 c
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	16.15	0.60 e	44.32 de	1.27 c
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	15.08	0.63 de	47.81 cd	1.50 bc
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	15.28	0.65 de	47.07 cd	1.44 bc
10. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	14.40	0.62 de	35.74 e	1.43 bc
F	ns	**	**	*
CV (%)	5.8	7.5	10.6	15.4

[2] Time of experiment on MD2 pineapple

Table 3 Quality of MD2 pineapple after treated gamma irradiation

Treatment	MD2 pineapple after treated gamma irradiation			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	16.65ab	0.53 bcd	64.32 a	1.54 ab
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	16.65ab	0.66a	52.97 abc	2.11 a
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	15.70bc	0.49cd	52.43 abc	1.81 ab
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	16.45ab	0.54bcd	55.76 ab	2.31 a
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	15.0c	0.62ab	58.30 ab	1.90 ab
6. maturity 30-40%+ no irradiation	17.05a	0.62 ab	45.62 bcd	1.15 b
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	16.70ab	0.50 cd	38.82 cd	1.18 b
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	16.45ab	0.57 abc	51.84 abc	0.94 b
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	16.38ab	0.47 d	44.64 bcd	1.05 b
10. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	15.88bc	0.52 bcd	34.18 d	1.12 b
F	*	**	*	*
CV (%)	3.5	15.5	32.6	3.5

Table 4 Quality of MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 13±2 degree Celsius 2 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 2 weeks+ RT 1 day			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	17.35 abc	0.80 c	23.81 d	1.63 abc
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	17.15 abc	0.67 a	32.70 ab	1.30 c
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	17.50 ab	0.72 ab	30.65 ab	2.11 ab
4. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	15.85 d	0.76 bc	31.93 ab	2.37 a
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	16.95 bc	0.90 de	33.73 a	2.18 ab
6. maturity 30-40%+ no irradiation	17.05 abc	0.89 d	25.96 cd	1.24 c
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	17.63 ab	0.96 e	28.55 bc	1.27 c
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	16.78 c	0.78 bc	32.73 ab	1.50 bc
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	17.68 a	0.69 a	28.90 bc	1.44 bc
10.maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	17.45 abc	0.79 c	28.49 bc	1.42 bc
F	**	**	**	*
CV (%)	2.1	4.3	8.0	24.2

Table 5 Quality of MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 13 ±2 degree Celsius 4 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 4 weeks+ RT 1 day			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	16.40 a	0.83 cd	49.36 ab	0.89
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	15.65 a	0.63 a	28.83 e	0.94
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	15.18 a-d	0.82 cd	50.09 a	0.93
4. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	14.70 bcd	0.66 ab	37.31 cd	0.78
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	14.65 bcd	0.87 d	42.36 bc	0.83
6. maturity 30-40%+ no irradiation	16.50 a	0.78 bcd	42.66 bc	0.87
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	13.90 d	0.69 ab	34.59 de	0.97
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	15.50 abc	0.60 a	32.05 de	0.85
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	14.18 cd	0.73 abc	38.36 cd	0.86
10. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	15.83 ab	0.62 a	34.18 de	0.99
F	**	**	**	ns
CV (%)	4.9	9.6	10.1	12.0

[3] Time of experiment on MD2 pineapple

Table 6 Quality of MD2 pineapple after treated gamma irradiation

Treatment	MD2 pineapple after treated gamma irradiation			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	15.23	0.67	38.36	1.08 c
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	14.62	0.62	37.83	1.49 ab
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	14.31	0.63	37.81	1.38 bc
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	14.48	0.64	38.48	1.77 a
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	15.13	0.64	37.55	1.63 ab
F	ns	ns	ns	*
CV (%)	4.5	9.8	3.7	15.6

Table 7 Quality of MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 13±2 degree Celsius 2 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 2 weeks+ RT 1 day			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	14.79	0.77 b	56.84	0.96
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	14.60	0.70 a	52.76	1.17
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	14.30	0.82 b	55.62	1.21
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	14.50	0.78 b	56.55	1.23
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	14.65	0.76 ab	45.55	1.24
F	ns	*	ns	ns
CV (%)	4.1	6.0	14.4	14.7

Table 8 Quality of MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 13±2 degree Celsius 4 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	MD2 pineapple after treated gamma irradiation and storage 4 weeks+ RT 1 day			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	13.47	0.79 c	25.86 b	0.88 b
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	14.13	0.70 b	32.61 a	1.04 ab
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	13.55	0.61 a	27.44 b	1.00 ab
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	13.28	0.66 ab	27.02 b	1.18 a
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	13.66	0.63 a	35.46 a	1.16 a
F	ns	**	**	*
CV (%)	4.9	5.6	10.3	12.7

Table 9 Internal browning of MD2 pineapple after storage 13±2 degree Celsius 2 and 4 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	Internal browning (%) after storage(W) + RT 1 day	
	2 weeks	4 weeks
1. maturity 10-20%+no irradiation	0	0
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	0	0
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	0	0
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	0	0
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	0	0

1st time of experiment on Phetchaburi No.1 pineapple

Table 10 Quality of Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation

Treatment	Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	16.68 abc	0.59c	18.40 a-d	0.83
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	15.95 bcd	0.61bc	16.74 bcd	0.86
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	16.45 a-d	0.63bc	17.12 bcd	0.96
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	16.45 a-d	0.57c	16.04 cd	0.93
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	15.70 d	0.66bc	15.74 d	0.81
6. maturity 30-40%+ no irradiation	16.95 a	0.83a	20.68 a	0.84
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	16.20 a-d	0.80a	20.04 ab	0.91
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	16.70 ab	0.74ab	18.53 a-d	1.05
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	16.80 ab	0.73ab	19.37 abc	0.98
10. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	15.80 cd	0.74ab	17.94 a-d	0.91
F	*	**	*	ns
CV (%)	2.9	10.4	9.7	11.0

Table 11 Quality of Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage 13±2 degree Celsius 2 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage 2 weeks			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	15.95 cd	0.91a	17.33 a	0.86 c
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	15.03 e	0.72bc	12.05 c	1.21 a
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	16.55 bc	0.69bc	8.54 de	1.03 b
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	15.63 de	0.62cd	10.09 cd	1.11 ab
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	15.48 de	0.81ab	14.96 b	1.03 b
6. maturity 30-40%+ no irradiation	15.58 de	0.91a	19.50 a	1.02 b
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	16.40 c	0.51de	9.86 cde	1.03 b
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	15.95 cd	0.51de	7.31 e	1.17 ab
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	17.78 a	0.51ab	8.35 de	1.12 ab
10. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	17.15 ab	0.46e	8.22 de	1.04 b
F	**	**	**	**
CV (%)	2.3	13.3	11.9	7.5

Table 12 Quality of Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage 13±2 degree Celsius 4 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage 4 weeks			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	15.45	0.96a	18.99 a	0.91
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	15.20	0.83bc	11.96 cde	0.78
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	14.08	0.85b	14.53 bc	0.76
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	15.30	0.75de	14.99 b	0.90
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	15.13	0.78de	11.41 de	0.88
6. maturity 30-40%+ no irradiation	16.05	0.82bc	14.40 bc	0.91
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	15.33	0.74de	10.97 e	0.76
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	14.50	0.70e	13.79 bcd	0.70
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	14.88	0.80bcd	14.12 bc	0.91
10. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	14.35	0.71e	12.04 cde	1.24
F	ns	**	**	ns
CV (%)	6.1	4.1	10.2	20.0

2^{nd} time of experiment of Phetchaburi No.1 pineapple

Table 13 Quality of Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation

Treatment	Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	18.35 d	0.82 f	13.76 abc	0.83
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	20.33 b	0.54 bc	10.12 de	0.86
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	21.45 a	0.69 def	7.12 e	0.96
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	18.03 d	0.67 cde	12.58 a-d	0.93
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	18.63 cd	0.73 ef	14.40 ab	0.81
6. maturity 30-40%+ no irradiation	19.65 bc	0.52 b	11.20 bcd	0.84
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	18.60 cd	0.38 a	7.00 e	0.91
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	18.85 cd	0.44 ab	15.33 a	1.05
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	20.05 b	0.56 bcd	11.37 bcd	0.98
10. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	20.70 ab	0.57 bcd	10.69 cd	0.91
F	**	**	**	ns
CV (%)	3.1	12.8	16.7	11.0

Table 14 Quality of Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage13±2 degree Celsius 2 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage 2 weeks			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	20.28 ab	0.89 bc	17.58 ab	0.86 a
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	20.13 ab	0.90 bc	12.04 d	1.21 c
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	19.55 abc	0.68 a	10.71 de	1.03 b
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	18.13 d	0.94 bc	15.45 bc	1.11 bc
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	19.98 abc	0.88 bc	16.83 abc	1.03 b
6. maturity 30-40%+ no irradiation	18.70 cd	0.97 c	14.94 c	1.02 b
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	20.70 a	0.81 ab	10.28 de	1.03 b
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	19.03 bcd	0.74 a	10.68 de	1.17 bc
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	20.35 ab	0.82 ab	8.76 e	1.12 bc
10. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	19.08 bcd	0.73 a	18.17 a	1.04 b
F	**	**	**	**
CV (%)	3.7	8.7	10.5	7.5

Table 15 Quality of Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage 13±2 degree Celsius 4 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage 4 weeks			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	17.65 ab	0.97 bc	13.02 bcd	0.91
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	17.83 a	1.04 c	11.22 cd	0.78
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	18.40 a	0.86 ab	10.69 cd	0.76
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm+ irradiation 400 Gy	18.18 a	1.02 c	10.14 cde	0.90
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	14.23 d	0.95 bc	18.91 a	0.88
6. maturity 30-40%+ no irradiation	15.73 c	0.95 bc	14.25 bc	0.91
7. maturity 30-40%+ irradiation 400 Gy	16.13 bc	0.75 a	8.56 de	0.76
8. maturity 30-40%+ waxed + irradiation 400 Gy	17.18 abc	0.75 a	6.07 e	0.70
9. maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	17.10 abc	0.75 a	10.71 cd	0.91
10.maturity 30-40%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5%+ irradiation 400 Gy	17.43 ab	0.94 bc	17.02 ab	1.17
F	**	**	**	ns
CV (%)	4.8	7.7	19.7	18.9

3rd time of experiment of Phetchaburi No.1 pineapple

Table 16 Quality of Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation

Treatment	Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	17.18	0.67 c	14.77 a	0.93
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	17.22	0.55 a	13.04 c	0.93
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	17.01	0.53 a	13.89 b	0.88
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	16.61	0.60 b	14.04 b	0.98
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	16.99	0.56 ab	14.38 ab	1.00
F	ns	**	**	ns
CV (%)	3.7	5.3	2.5	6.9

Table 17 Quality of Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and Storage 13±2 degree Celsius 2 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage 2 weeks			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	17.30	0.85	15.81 a	0.89 a
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	17.45	0.74	10.65 b	0.87 ab
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	17.58	0.75	10.57 b	0.81 c
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	17.94	0.76	10.86 b	0.83 bc
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	18.02	0.76	10.93 b	0.84 bc
F	ns	ns	**	*
CV (%)	3.9	7.0	9.4	3.9

Table 18 Quality of Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and Storage 13±2 degree Celsius 4 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	Phetchaburi No.1 pineapple after treated gamma irradiation and storage 4 weeks			
	TSS (%Brix)	TA (%)	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (kg/cm^2)
1. maturity 10-20%+no irradiation	16.84 a	0.79 c	17.37 a	0.70 b
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	16.83 a	0.78 bc	10.60 b	0.74 ab
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	15.76 b	0.71 a	8.86 b	0.75 ab
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	16.66 a	0.74 ab	8.78 b	0.79 a
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	16.85 a	0.71 a	5.56 c	0.80 a
F	*	**	**	*
CV (%)	3.1	4.1	11.1	4.8

Table 19 Internal browning of Phetchaburi No.1 pineapple after storage 13±2 degree Celsius 2 and 4 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	Internal browning (%) after storage(W) + RT 1 day	
	2 weeks	4 weeks
1. maturity 10-20%+no irradiation	0	20
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	20	90
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	5	95
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	10	100
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	15	100

Table 20 Internal browning of MD2 and Phetchaburi No.1 pineapple after storage 13±2 degree Celsius 2 and 4 weeks and room temperature (RT) 1 day

Treatment	Internal browning (%) after storage (W) + RT 1 day			
	MD2		Phetchaburi No.1	
	2 weeks	4 weeks	2 weeks	4 weeks
1.maturity 10-20%+no irradiation	0	0	0	20
2. maturity 10-20%+ irradiation 400 Gy	0	0	20	90
3. maturity 10-20%+waxed + irradiation 400 Gy	0	0	5	95
4. maturity 10-20%+Ozone dripped 0.3 ppm + irradiation 400 Gy	0	0	10	100
5. maturity 10-20%+ Ozone dripped 0.3 ppm +Oxalic acid treated 5% + irradiation 400 Gy	0	0	15	100