รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปี 2561

---

1. **แผนงานวิจัย** : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาพืชผักเพื่อสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจ
2. **โครงการวิจัย** : การวิจัยพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตมันฝรั่ง
   กิจกรรม : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
   กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : การยืดอายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : ผลของระดับโอโซนในการป้องกันกำจัดโรคของหัวพันธุ์มันฝรั่ง
   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Effect of ozone levels on the prevention of seed potato diseases
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง	: น.ส.อรทัย วงค์เมธา	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
ผู้ร่วมงาน	: นายอนุภพ เผือกผ่อง	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นายกิตติชัย แซ่ย่าง	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นางสาวอรอนงค์ สว่างสุริยวงษ์	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นางสาคร ยังผ่อง	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นางสาวฐิตาภรณ์ เรืองกูล	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นางสาววีระพรรณ ตันเส้า	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นางศิรินันท์ญา จรินทร	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

5. **บทคัดย่อ**

การทดสอบผลของโอโซนในการป้องกันกำจัดโรคของหัวพันธุ์มันฝรั่ง เป็นการศึกษาระดับของโอโซนที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดโรค และยืดอายุการเก็บรักษาของหัวพันธุ์มันฝรั่ง ดำเนินการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) จ.เชียงใหม่ ปี 2560-2561 วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำ ได้แก่ การไม่รมโอโซน การรมโอโซนที่ความเข้มข้น 1 3 ppm และ 5 ppm นาน 15 นาที การรมโอโซนที่ความเข้มข้น 5 ppm ภายหลังการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ หรือ 6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยต่ำที่สุด 7.22% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น และการรมโอโซนที่ความเข้มข้น 3 ppm จะทำให้หัวพันธุ์มันฝรั่งมีความแน่นเนื้อเฉลี่ยสูงที่สุด 53.9 N แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น

ปริมาณน้ำตาลของหัวพันธุ์หลังจากรมโอโซนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, น้ำตาลซูโครส, น้ำตาลกลูโคส, น้ำตาลฟรักโทส และ กรดมาลิกเฉลี่ยต่ำที่สุด 7.30, 5.76, 7.22, 7.30 ºBrix และ 1.76% ตามลำดับ ส่วนอายุการเก็บรักษาผลผลิต ในทุกกรรมวิธีหลังการรมโอโซนมีการงอกของหัวพันธุ์มันฝรั่งพร้อมกันที่อายุ 4 เดือน และไม่พบเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย และการเกิดโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อรา ไวรัส และ แบคทีเรีย ดังนั้นการรมโอโซนกับหัวพันธุ์มันฝรั่งภายหลังเก็บเกี่ยวที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm นาน 15 นาที จะทำให้ลดการสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อเฉลี่ยสูงที่สุด และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 4-6 เดือน โดยไม่พบความเสียหายที่เกิดจากโรคที่สำคัญของหัวพันธุ์มันฝรั่งเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา 9 เดือน

คำสำคัญ: โอโซน มันฝรั่ง เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

Abstract

Effect of ozone levels on the prevention of seed potato diseases was conducted in research center at Maehea Chiang Mai Royal Agricultural Research Center (CMRARC), Nongkuai, Hangdong, Chiang Mai during 2017-2018. The experiment was designed as a randomized complete block design (RCBD) with four treatments and five replications of ozone gas concentration in 0, 1, 3 and 5 ppm for 15 minutes under plastic chamber. Potato treated with 5 ppm ozone after storage 24 weeks or 6 months was showed lower percentage of weight loss (7.22%) than other treatment but did not significant different from other concentration. Moreover, 3 ppm ozone was showed significant firmness (53.9 N) higher than other treatment. The level of sugars and malic acid were trended to increase during storage, 1 ppm ozone was represented lower average of total soluble solid (TSS), sucrose, glucose, fructose and malic acid (7.30, 5.76, 7.22, 7.30 ºBrix and 1.76%) respectively. The shelf life of potato after treated with ozone fumigation in 4 months, any treatments were germinated sprouts in the same time. However, disappears potato diseases caused by fungi, viruses and bacteria in all of treatments. Then 5 ppm ozone, 15 min was the best treatment for prolong the storage life of seed potato.

Keywords: Ozone, potato, postharvest

6. คำนำ

มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) เป็นพืชอาหารที่ปลูกได้เขตอบอุ่น-หนาว ซึ่งมีความสำคัญอยู่ในอันดับที่สี่ของโลกรองจาก ข้าว ข้าวสาลีและข้าวโพด เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าหลายพันล้านบาท จัดเป็นพืชที่ทำรายได้สูงให้กับเกษตรกรในเขตภาคเหนือ คือ มีรายได้ต่อไร่เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 15,000-25,000 บาท จังหวัดที่มีการปลูกมันฝรั่งมากที่สุด คือ จ. เชียงใหม่ รองลงมาได้แก่ จ. ตาก ลำพูน เชียงราย พะเยา ลำปาง เพชรบูรณ์ และบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จ. หนองคาย สกลนคร เลย และนครพนม พื้นที่เพาะปลูกมันฝรั่งในปี 2561 มีพื้นที่ 37,858 ไร่ เป็นมันฝรั่งพันธุ์โรงงาน 35,482 ไร่ พันธุ์บริโภคสด 2,376 ไร่ ผลผลิตรวม 107,103 ตัน เป็นมันฝรั่งพันธุ์โรงงาน 101,080 ตัน พันธุ์บริโภค 6,023 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ซึ่งการปลูกมันฝรั่งมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นในแต่ละปี ทั้งมันฝรั่งเพื่อใช้บริโภคทั่วไปและมันฝรั่งเพื่อใช้แปรรูปในประเทศไทย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557; อรทัย, 2557) เนื่องจากมีการขยายตัวของพื้นที่เพาะปลูก จึงทำให้มีการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งจากต่างประเทศมาปลูกมากขึ้นทุกปี (ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, 2557) นอกจากนี้ปัญหาต้นทุนการผลิตมันฝรั่งสูง จากค่าแรงและค่าหัวพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาแพง หัวพันธุ์รับรอง (certified seed หรือ G2-G3) ที่เกษตรกรเป็นผู้ผลิต และเก็บไว้ใช้เองไม่มีคุณภาพ เนื่องจากปัญหาการติดโรคมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งและการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลให้ผลผลิตได้รับความเสียหายไม่สามารถนำไปใช้เป็นหัวพันธุ์ต่อได้ ทำให้ได้ผลผลิตต่อไร่ต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร

ปัจจุบันเทคโนโลยีโอโซนได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง และเป็นที่ยอมรับถึงคุณประโยชน์ของโอโซนทั้งความปลอดภัยและไม่เหลือสารตกค้าง อีกทั้งโอโซนยังมีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค สูงกว่าคลอรีนถึง 52% และเร็วกว่า 3,000 เท่า การใช้โอโซนเพื่อกำจัดเชื้อแบคทีเรียจะใช้ความเข้มข้น 1-2 ppm สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ 99% โดยมีระยะเวลาฆ่าเชื้ออย่างน้อย 2-4 นาที และปริมาณโอโซนที่ใช้กับเชื้อราจะต้องมากกว่าการใช้กับเชื้อไวรัสและเชื้อแบคทีเรีย เนื่องจากเชื้อรามีการสร้างสปอร์ฉะนั้นต้องใช้ปริมาณโอโซนสูงถึง 2-5 ppm นาน 3-5 นาที ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของเชื้อรา (Nigwe, 2558) นอกจากนี้โอโซนยังสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้ เช่น การใช้โอโซนกับ blackberries ที่ความเข้มข้น 0.3 ppm ในระยะก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ (Barth et al., 1995) นอกจากนี้ยังมีการรมผลเงาะด้วยก๊าซโอโซน ที่ความเข้มข้น 1 ppm นาน 30 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อที่ผิวลงได้ 93.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การจุ่มผลเงาะในน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.3 ppm นาน 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อที่ผิวลงได้เพียง 79.2 เปอร์เซ็นต์ (ดวงธิดา และคณะ, 2549)

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาเทคโนโลยีด้านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมันฝรั่งที่มีคุณภาพดำเนินการศึกษาผลของระดับโอโซนในการป้องกันกำจัดโรคของหัวพันธุ์มันฝรั่ง เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งในห้องเย็น นอกจากนี้ยังเป็นการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณผิวของหัวพันธุ์มันฝรั่ง

ซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษา ทำให้เกษตรกรสามารถเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งได้นาน และลดความเสียหายที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวได้

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์

วัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องผลิตโอโซน เซนเซอร์วัดระดับโอโซน กล่องอะคริลิค เครื่องวัดความแน่นเนื้อ เครื่องวัดปริมาณน้ำตาล (ซูโครส กลูโคส ฟรักโตส TSS) เครื่องวัดกรดมาลิก และอุปกรณ์เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์

วัสดุการเกษตร ได้แก่ หัวพันธุ์มันฝรั่ง

- วิธีการ

<u>แผนการทดลอง</u> วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete design (RCBD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 5 หัว ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่รมโอโซน (Control)

กรรมวิธีที่ 2 รมโอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm นาน 15 นาที

กรรมวิธีที่ 3 รมโอโซนที่ความเข้มข้น 3 ppm นาน 15 นาที

กรรมวิธีที่ 4 รมโอโซนที่ความเข้มข้น 5 ppm นาน 15 นาที

<u>วิธีดำเนินงาน</u>

1. เตรียมหัวพันธุ์มันฝรั่ง G1 จำนวน 1,800 หัว ทำความสะอาดด คัดมันฝรั่งที่มีผิวเรียบสะอาด มีขนาด น้ำหนัก และสีใกล้เคียงกัน
2. นำหัวพันธุ์มันฝรั่งเรียงในกล่องพลาสติกใสที่ภายในบรรจุด้วยแสง UV ซึ่งเป็นแหล่งผลิตโอโซน จากนั้นรมด้วยโอโซนตามแต่ละกรรมวิธี เพื่อควบคุมการเกิดโรค ไวรัส แบคทีเรียและเชื้อรา นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C บันทึกข้อมูลเบื้องต้น
3. ตรวจสอบการสูญเสียน้ำหนัก และอายุการเก็บรักษาของหัวพันธุ์มันฝรั่งทุก 15 วัน ได้แก่ 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8 เดือน และตรวจสอบคุณภาพผลผลิตทุกเดือน

<u>การบันทึกข้อมูล</u>

1. วันที่ทำการทดสอบ ได้แก่ วันเก็บเกี่ยว วันคัดขนาด และวันเก็บผลผลิตในห้องเย็น
2. คุณภาพผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักหัว (กรัม), ความแน่นเนื้อ, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS), ปริมาณน้ำตาล (Sucrose, Glucose, Fructose) และกรดมาลิก (malic acid)

3. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด การงอกของตา และอายุการเก็บรักษา
4. เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย, เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเชื้อรา, ไวรัสและแบคทีเรีย

- เวลาและสถานที่ (ปีที่เริ่มต้น 2560 ปีที่สิ้นสุด 2561)

สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ)

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลผลิตหลังการรมโอโซน

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลผลิตหลังการรมโอโซน เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาผลผลิต เนื่องจากกระบวนการหายใจของผลผลิตในการเปลี่ยนน้ำตาลและแป้งไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ อีกทั้งเกิดการสูญเสียความชื้นจากความแตกต่างระหว่างความดันไอภายในผลผลิตและอากาศภายนอก (Butchbaker et al., 1973) อย่างไรก็ตามการรมโอโซนในแต่ละกรรมวิธีนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลผลิตหลังการรมโอโซนที่อายุ 16 สัปดาห์ หรือประมาณ 4 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยต่ำที่สุด 5.16% รองลงมาได้แก่ การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 3 ppm การไม่รมโอโซน และ 1 ppm มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นคิดเป็น 5.22 5.52 และ 5.52% ตามลำดับ ที่อายุ 24 สัปดาห์ หรือ 6 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยต่ำที่สุด 7.22% รองลงมาได้แก่ การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 3 ppm 1 ppm และ การไม่รมโอโซน มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นคิดเป็น 7.28 7.62 และ 7.66% ตามลำดับ (ภาพที่ 8) หลังการเก็บรักษาที่อายุ 38 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยต่ำที่สุด 6.14% โดยเพิ่มขึ้นจาก 0% เป็น 12.80% รองลงมาได้แก่ การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 3 ppm 1 ppm และ การไม่รมโอโซน มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นคิดเป็น 6.20 6.49 และ 6.51% ตามลำดับ (ภาพที่ 1, 9)

ข้อมูลคุณภาพผลผลิตหลังการรมโอโซน

ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของหัวพันธุ์มันฝรั่งมีแนวโน้มไม่คงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ภายหลังการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 16 สัปดาห์ หรือ 4 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm มีปริมาณความแน่นเนื้อเฉลี่ยสูงที่สุดหลังการเก็บรักษา 53.9 N มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมาได้แก่ 3 ppm การไม่รมโอโซน และ 1 ppm ซึ่งมีความแน่นเนื้อเฉลี่ยลดลงคิดเป็น 53.4 51.6 และ 50.4 N ตามลำดับ นอกจากนี้การเก็บรักษาที่อายุ 24 สัปดาห์ หรือ 6 เดือน ที่ระดับความเข้มข้นโอโซน 3 ppm มีปริมาณ

ความแน่นเนื้อเฉลี่ยสูงที่สุด 53.9 N มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ 5 ppm การไม่รมโอโซน และ 1 ppm คิดเป็น 53.7 51.9 และ 49.1 N (ภาพที่ 8) เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่อายุ 38 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm มีปริมาณความแน่นเนื้อเฉลี่ยสูงที่สุด 52.1 N มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ การไม่รมโอโซน 1 ppm และ 3 ppm มีความแน่นเนื้อเฉลี่ยลดลงคิดเป็น 51.8 51.4 และ 51.1 N ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดส่งผลให้มีระดับความแน่นเนื้อมากที่สุดเช่นกัน (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับการทดลองของ Salvador, 2006 กล่าวว่าการรมลูกพลับด้วยแก๊สโอโซนช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้โดยเพิ่มระดับความแน่นเนื้อของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวได้ อีกทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสตอเบอร์รี่โดยชักนำให้ผลผลิตอ่อนนุ่มช้าลงและช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลผลิตได้ (Perez et al., 1999)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง หลังจากนั้นจะมีมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา จนถึงสัปดาห์ที่ 28 หรือ 7 เดือน ปริมาณ TSS จะเพิ่มขึ้นจนสิ้นสุดการเก็บรักษาที่ 9 เดือน ภายหลังการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งที่อายุ 4 เดือน การรมโอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยน้อยที่สุด 7.66 °Brix ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ การไม่รมโอโซน 3 ppm และ 5 ppm ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยเพิ่มขึ้นคิดเป็น 7.80 7.86 และ 7.98 °Brix ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาผลผลิตนาน 6 เดือน การรมโอโซนที่ความเข้มข้น 3 ppm มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด 7.28 °Brix มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ 1 ppm 5 ppm และ การไม่รมโอโซน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น 7.30 7.46 และ 7.76 ตามลำดับ (ภาพที่ 8) เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่อายุ 38 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน การรมโอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยน้อยที่สุด 7.49 °Brix แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ 3 ppm 5 ppm และ การไม่รมโอโซน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นคิดเป็น 7.57 7.58 และ 7.62 °Brix ตามลำดับ (ภาพที่ 3, 9) ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดกระบวนการหายใจของผลผลิตและมีการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาลส่งผลให้มีปริมาณน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Isherwood, 1973)

ปริมาณน้ำตาลซูโครส

ปริมาณน้ำตาลซูโครสจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา โดยหลังการรมโอโซนที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือน การรมโอโซนผลผลิตที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเฉลี่ยน้อยที่สุด 6.22 ºBrix ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ การไม่รมโอโซน 3 ppm และ 5 ppm มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น 6.40 6.42 และ 6.46 ºBrix ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาหัวพันธุ์จนอายุ 6 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเฉลี่ยน้อยที่สุด 5.76 ºBrix อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ 3 ppm 5 ppm และการไม่รมโอโซน มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น 5.90 5.94 และ 5.98 ºBrix ตามลำดับ (ภาพที่ 8) เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่อายุ 38 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน การรมโอโซนผลผลิตที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเฉลี่ยน้อยที่สุด 6.36 ºBrix มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ การไม่รมโอโซน 5 ppm และ 3 ppm มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น 6.43 6.46 และ 6.47 ºBrix ตามลำดับ (ภาพที่ 4, 9)

ปริมาณน้ำตาลกลูโคส

ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 หลังการเก็บรักษาหัวพันธุ์ หลังจากนั้นจะมีมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา จนถึงสัปดาห์ที่ 28 หรือ 7 เดือน ปริมาณ TSS จะเพิ่มขึ้นจนสิ้นสุดการเก็บรักษาที่ 9 เดือน หลังจากเก็บรักษาหัวพันธุ์ด้วยการรมโอโซน 4 เดือน หัวพันธุ์ที่รมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ยน้อยที่สุด 7.54 ºBrix ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ การไม่รมโอโซน 5 ppm และ 3 ppm มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7.62 7.76 และ 7.86 ºBrix ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาได้ 6 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ยน้อยที่สุด 7.22 ºBrix มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ 3 ppm 5 ppm และ การไม่รมโอโซน มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7.30 7.42 และ 7.68 ºBrix ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่อายุ 38 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ยน้อยที่สุด 7.44 ºBrix อย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติรองลงมา ได้แก่ 5 ppm 3 ppm และ การไม่รมโอโซน มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7.53 7.55 และ 7.58 ºBrix ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส

ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 หลังการเก็บรักษาหัวพันธุ์ หลังจากนั้นจะมีมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา จนถึงสัปดาห์ที่ 28 หรือ 7 เดือน ปริมาณ TSS จะ

เพิ่มขึ้นจนสิ้นสุดการเก็บรักษาที่ 9 เดือน หลังจากเก็บรักษาหัวพันธุ์ 4 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเฉลี่ยน้อยที่สุด 7.64 °Brix ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ การไม่รมโอโซน 5 ppm และ 3 ppm มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ย 7.76 7.86 และ 7.64 °Brix ตามลำดับ หลังการเก็บรักษาผลผลิตนาน 6 เดือน การใช้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเฉลี่ยน้อยที่สุด 7.30 °Brix อย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ 3 ppm 5 ppm และ การไม่รมโอโซน มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ย 7.40 7.52 และ 7.86 °Brix ตามลำดับ (ภาพที่ 8) เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่อายุ 38 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน การใช้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเฉลี่ยน้อยที่สุด 7.53 °Brix มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมา ได้แก่ 5 ppm 3 ppm และ การไม่รมโอโซน มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7.62 7.67 และ 7.69 °Brix ตามลำดับ (ภาพที่ 6, 9)

ปริมาณกรดมาลิก

ปริมาณกรดมาลิกของหัวพันธุ์จะลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 6-8 หลังจากนั้นจะมีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนสิ้นสุดกาเก็บรักษา โดยหัวพันธุ์ที่ไม่รมโอโซนหลังจากเก็บรักษา 4 เดือน มีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยสูงที่สุด 1.81% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ 5 ppm 3 ppm และ 1 ppm มีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยลดลง 1.74 1.73 และ 1.63% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อายุ 6 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm มีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยสูงที่สุด 1.92% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น รองลงมา ได้แก่ การไม่รมโอโซน 1 ppm และ 3 ppm มีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยลดลง 1.91 1.76 และ 1.75% ตามลำดับ (ภาพที่ 8) เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่อายุ 38 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน การรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 3 ppm และ 5 ppm มีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากัน 1.73% อย่างไรก็ตาม ในทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการไม่รมโอโซน และการรมโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm ที่มีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ย คิดเป็น 1.71% (ภาพที่ 7, 9) ในระหว่างการเก็บรักษาผลผลิตนั้นจะพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดมาลิก ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับศึกษาของ Khanal and Uprety, 2014 กล่าวว่าหลังการเก็บรักษาผลผลิตมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 7 °C นาน 6 เดือน พบปริมาณกรดมาลิกเพิ่มสูงขึ้นถึง 14%

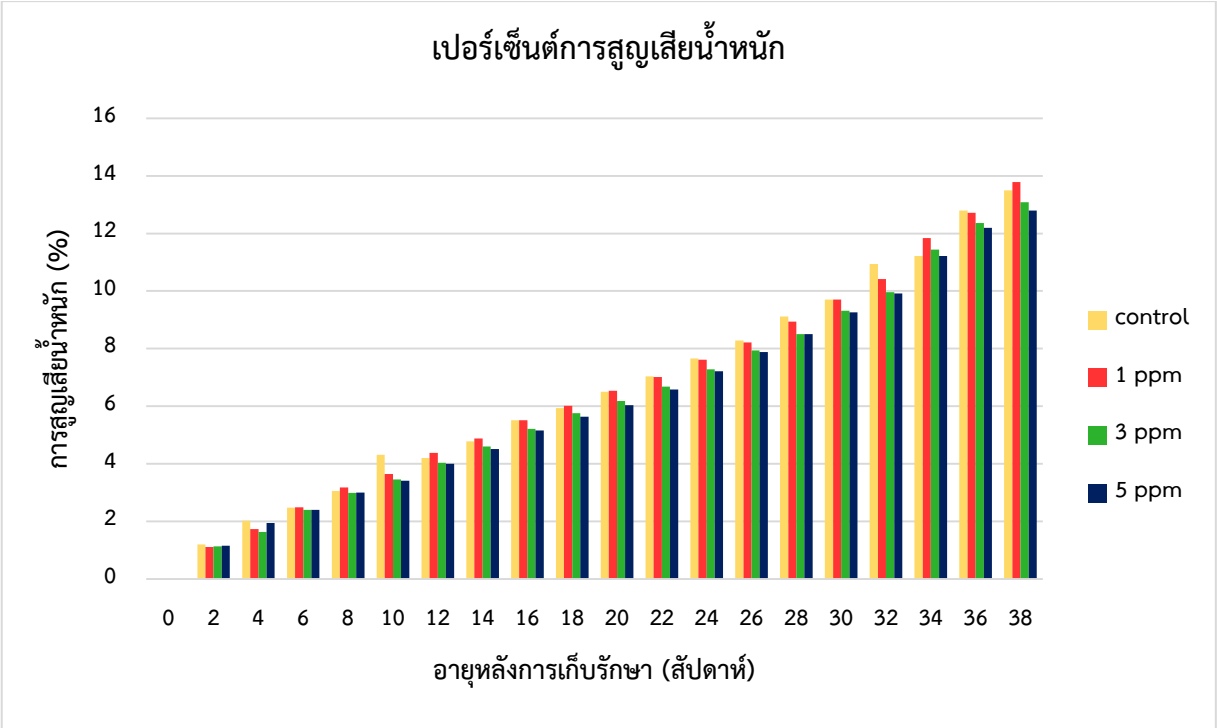
การงอกของตามันฝรั่งและอายุการเก็บรักษา

หัวพันธุ์มันฝรั่งที่รมด้วยโอโซนที่ความเข้มข้น 1 3 และ 5 ppm และไม่มีการรมโอโซน ภายหลังเก็บรักษาได้ 16 สัปดาห์หรือ 4 เดือน จะเกิดการงอกของตาพร้อมกันยาวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร และต่อมาหลังการเก็บรักษาได้ 24 สัปดาห์หรือ 6 เดือน ตามันฝรั่งจะงอกยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ส่งผลให้หัวพันธุ์มันฝรั่ง

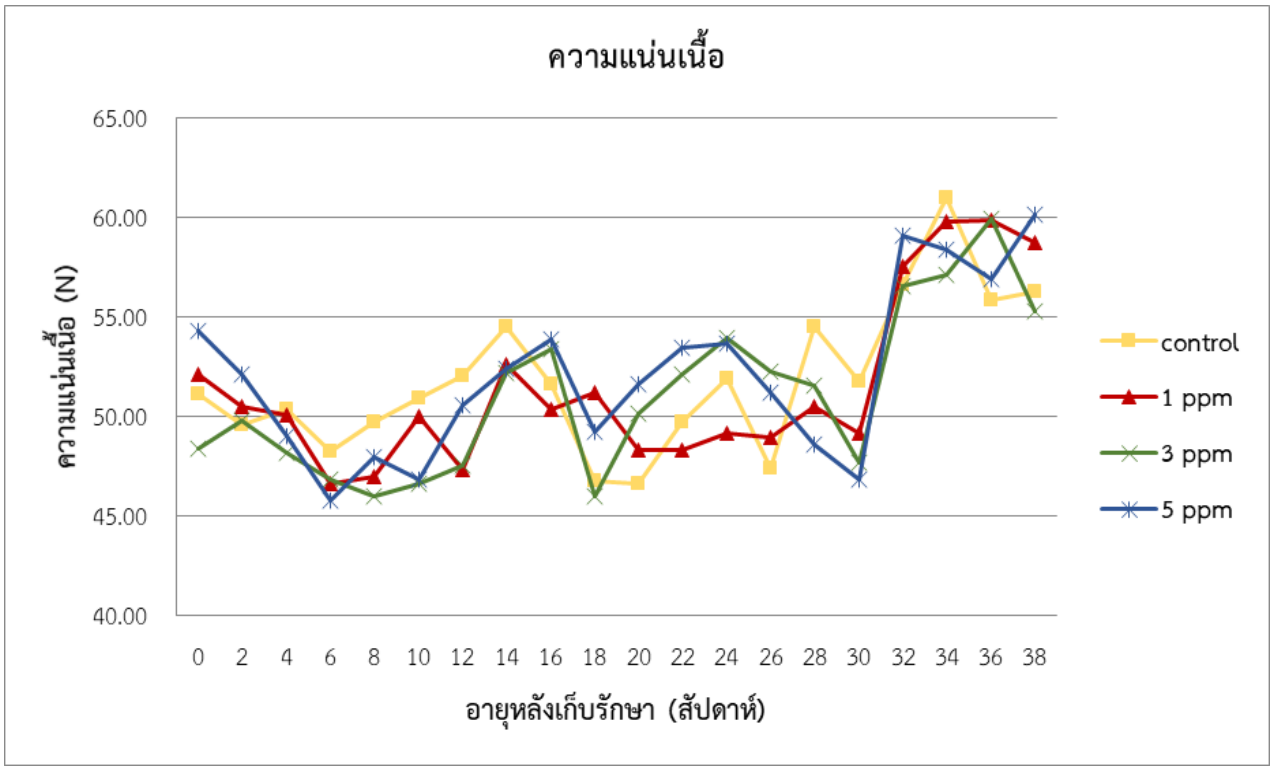
เริ่มมีคุณภาพลดลง แต่ยังสามารถนำไปใช้ในการปลูกได้ ภายหลังสิ้นสุดการเก็บรักษาที่อายุ 38 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน ตาจะงอกยาว 4-6 เซนติเมตร ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการผลิตเป็นหัวพันธุ์ (ภาพที่ 8, 9) ดังนั้นอายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งที่มีความเหมาะสมจึงอยู่ที่ช่วง 4-6 เดือน สอดคล้องกับที่ Baranovskaya et al. (1979) กล่าวว่า การเก็บรักษามันฝรั่งในสภาพที่มีโอโซน 3 ppm อุณหภูมิ 6-14 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 93-97 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาผลผลิตได้นาน 6 เดือน และเห็นได้ว่าอายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผึ่งไว้ในสภาพแวดล้อมปกติ จะสามารถเก็บไว้ได้ 3 เดือน จึงมีการงอกของตา เนื่องจากพ้นการพักตัว (break dormancy) ของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (อรทัย, 2561)

ความเสียหายของผลผลิตระหว่างการเก็บรักษา

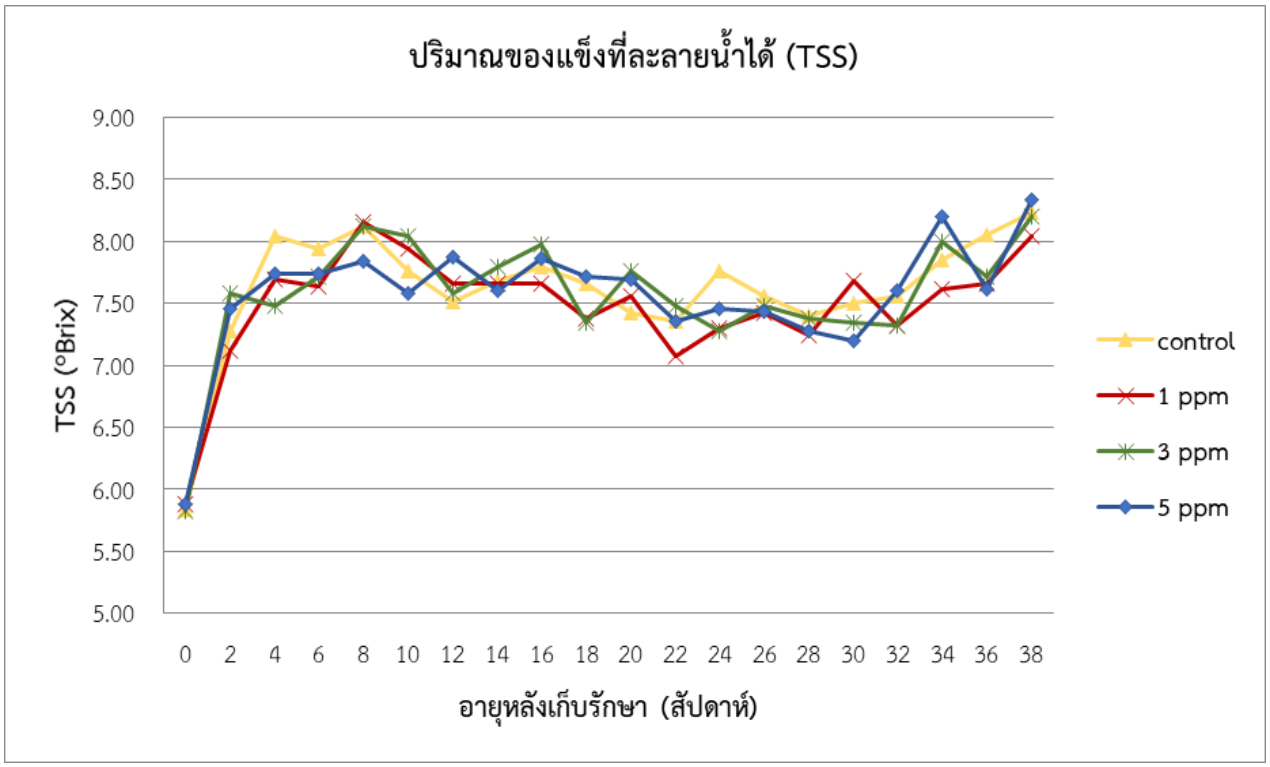
หัวพันธุ์มันฝรั่งที่รมด้วยโอโซนที่ความเข้มข้น 1 3 และ 5 ppm และไม่มีการรมโอโซน ไม่พบการเน่าเสียและการเกิดโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อรา ไวรัส และแบคทีเรีย (ภาพที่ 8, 9) สอดคล้องกับการทดลองของ Ketteringham et al. (2006) กล่าวว่า การล้างพริกหวานด้วยโอโซนที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.3-3.95 mg ozone/น้ำ 1 ลิตร นาน 20-30 วินาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลงได้ถึง 0.72 log10 cfu/g ช่วยลดการเน่าเสียของผลผลิตได้ ธนะชัย และคณะ (2545) พบว่าการให้โอโซนกับลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิในอัตรา 100 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง นาน 30 40 และ 60 นาที ก่อนนำมาเก็บรักษาที่ 10°C สามารถลดอัตราการเน่าเสียได้นาน 24 วัน โดยโอโซนไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ปริมาณแอนโทไซยานิน และการเกิดสีบนเปลือกผล



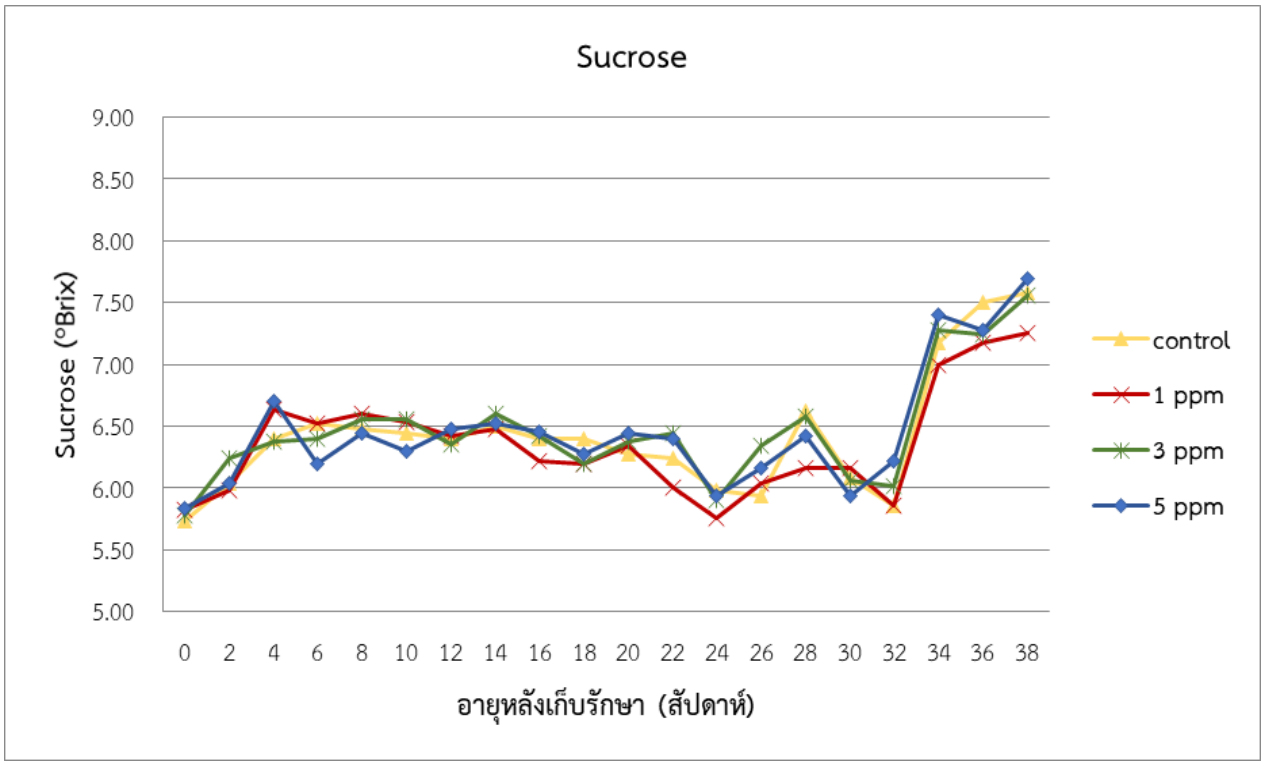
ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561



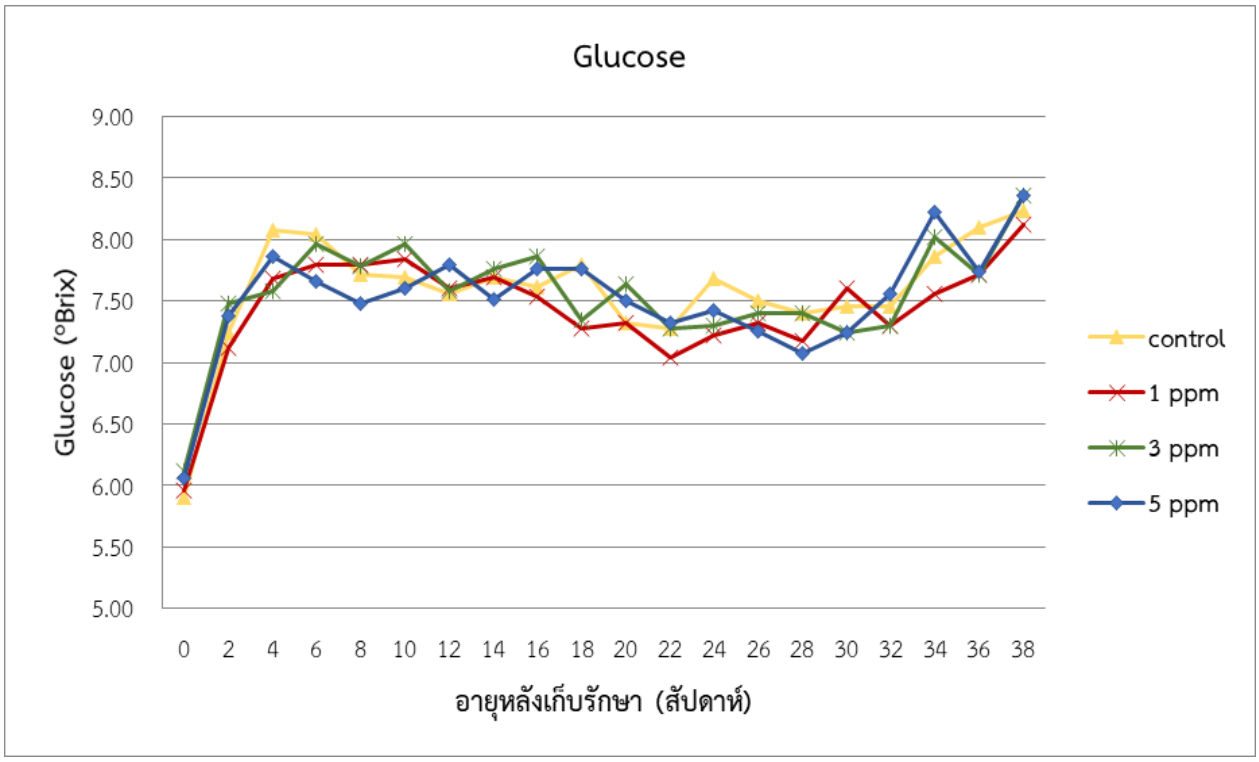
ภาพที่ 2 ความแน่นเนื้อ ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561



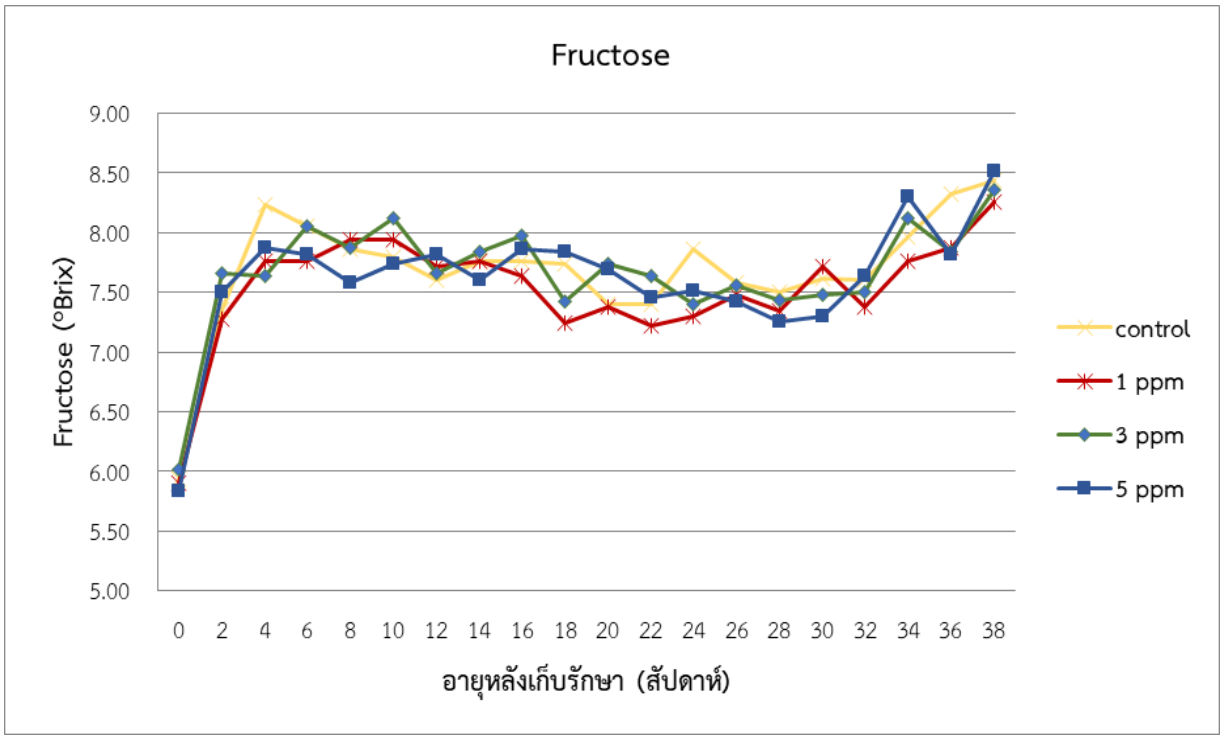
ภาพที่ 3 ปริมาณ TSS ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561



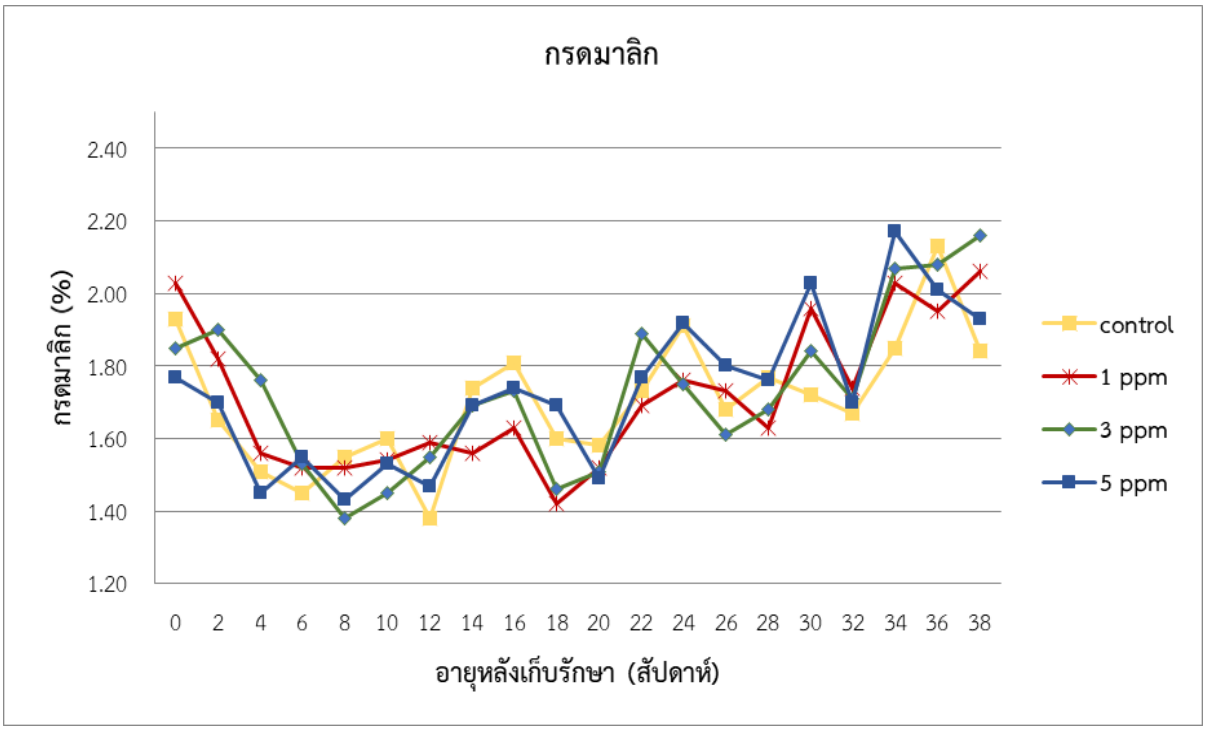
ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำตาลซูโครส ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561



ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561



ภาพที่ 7 ปริมาณกรดมาลิก ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

ภาพที่ 8 หัวพันธุ์มันฝรั่งที่รมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ (6 เดือน) ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

ภาพที่ 9 ภาพหัวพันธุ์มันฝรั่งที่รมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังสิ้นสุดการเก็บรักษา 36 สัปดาห์ (9 เดือน) ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การรมโอโซนหัวพันธุ์มันฝรั่งภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm นาน 15 นาที ทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักสดเฉลี่ยต่ำที่สุด 6.14 % มีความแน่นเนื้อเฉลี่ยสูงที่สุด 52.12 N สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 4-6 เดือน โดยที่หัวพันธุ์ไม่มีความเสียหายที่เกิดจากโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อรา ไวรัส และ แบคทีเรีย

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

ผลงานวิจัยที่คาดว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ นำไปใช้ประโยชน์ในด้านการป้องกันการเกิดโรค และยืดอายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งด้วยการรมด้วยโอโซน

กลุ่มเป้าหมายคือ เกษตรกร สหกรณ์ผู้ปลูกมันฝรั่ง บริษัทผู้ประกอบการแปรรูปมันฝรั่ง นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร นักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจในการปลูกมันฝรั่ง

11. เอกสารอ้างอิง

ดวงธิดา ขุมทอง, มนตรี อิสรไกรศล, วาริน อินทนา, หมุดตอเล็บ หนสอ และ ประคอง เย็นจิตต์. 2549. ผลของการใช้โอโซนในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของเงาะ ทุเรียน และ มะม่วง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 37 ฉบับที่ 2 (พิเศษ). หน้า 112-115.

ธนะชัย พันธ์เกษมสุข และอรุโณทัย ซาววา. 2545. ผลของโอโซนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ออายุการเก็บรักษาผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ. เอกสารประกอบการสัมมนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว/หลังการผลิตแห่งชาติครั้งที่ 1. โรงแรมอิมพีเรียลแม่ปิง เชียงใหม่ ระหว่าง 22-23 สิงหาคม 2545. หน้า 188.

บริษัท nigwe. 2556. บทความ โอโซน. ใน คู่มือเครื่องผลิตโอโซน SANITIZER. แหล่งที่มา : http://www.nigwe.com/index.php?option=com_content&view=article&id=34:ozone&catid=10&Itemid=170. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 สิงหาคม 2550

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่. 2557. เอกสารวิชาการ การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งคุณภาพ. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 69 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2556. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 156 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2561. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 227 น.

อรทัย วงค์เมธา. 2557. ยกร่างแผนยุทธศาสตร์งานวิจัยและพัฒนามันฝรั่ง ปี พ.ศ. 2559-2563. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 17 หน้า

Baranovskaya, V.A., Zapol'skii, O.B., Ovrutskaya, I.V.,Obodovskaya, N.N., Oshenichnaya, E.E., and Yushkevich,O.I. 1979. Use of ozone gas sterilization during storage of potatoes and vegetables. Koshervnayal Ovoshchesushhil'naya Prom. 4:10-12.

Barth, M.M., Zhou, C., Mercier, J., and Payne, F.A. 1995. Ozone storage effects on anthocyanin content and fungal growth in blackberries. J. Food Sci. 60: 1286-1288.

Butchbaker, A.F., Promersberger, W.J and Nelson, D.C. 1973. Respiration and weight losses of potatoes during storage. Farm Research 33-40.

Isherwood, F.A. 1973. Starch-sugar interconvension in *Solanum tuberosum*. Phytochemistry 12(11): 2579-2591.

Khanal, B and Uprety, D. 2014. Effect of storage Temperature on Post-harvest of Potato. International Journal of Research 1(7): 903-909.

Perez, AG, C., Sanz, JJ., Ríos, R., Olias and JM, Olias. Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(4): 1652-1656.

Salvador, A., I., Abad, L., Arnal and J.M. Martinez-Javega. 2006. Effect of Ozone on Postharvest Quality of Persimmon. Journal of food science 71(6): 443-446

12. ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

กรรมวิธี	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	เฉลี่ย
control	0.00	1.20	2.02	2.48	3.06	4.31	4.20	4.78	5.52	5.94	6.50	7.04	7.66	8.28	9.12	9.70	10.94	11.22	12.80	13.50	6.51
1 ppm	0.00	1.12	1.74	2.50	3.18	3.65	4.38	4.88	5.52	6.02	6.54	7.02	7.62	8.22	8.94	9.70	10.42	11.84	12.72	13.78	6.49
3 ppm	0.00	1.13	1.64	2.40	3.00	3.46	4.04	4.60	5.22	5.76	6.18	6.68	7.28	7.94	8.50	9.32	9.96	11.44	12.36	13.08	6.20
5 ppm	0.00	1.16	1.95	2.40	3.00	3.42	4.00	4.52	5.16	5.64	6.04	6.58	7.22	7.88	8.50	9.26	9.92	11.22	12.20	12.80	6.14
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	0	25.4	23.1	14.3	11.9	19.1	12.6	10.2	10.4	9.8	9.6	9.8	9.1	9.1	9.2	8.6	12.5	12.3	22.5	22.2	10.18

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อ ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

กรรมวิธี	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	เฉลี่ย
control	51.1	49.6	50.4	48.2	49.7 a	50.9	52.0	54.5	51.6 ab	46.8	46.6 b	49.7 ab	51.9 bc	47.4 b	54.5 a	51.8 a	56.6	61.0	55.9	56.3	51.8 ab
1 ppm	52.1	50.5	50.1	46.7	46.9 b	50.0	47.3	52.6	50.4 b	51.2	48.4 b	48.3 b	49.1 c	48.9 ab	50.5 b	49.2 ab	57.6	59.8	59.9	58.7	51.4 ab
3 ppm	48.4	49.8	48.2	46.8	46.0 b	46.6	47.5	52.2	53.4 ab	46.0	50.1 a	52.2 ab	53.9 a	52.3 a	51.6 b	47.7 ab	56.6	57.1	59.9	55.3	51.1 b
5 ppm	54.0	52.1	49.0	45.8	48.0 ab	46.9	50.6	52.4	53.9 a	49.2	51.6 a	53.5 a	53.7 ab	51.2 ab	48.6 c	46.9 b	59.1	58.4	56.9	60.2	52.1 a
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	*
%CV	7.87	5.29	6.17	10.23	3.96	6.78	7.05	6.27	6.58	8.44	5.21	5.84	3.87	6.85	5.00	6.14	7.79	10.65	11.71	13.14	1.68

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

กรรมวิธี	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	เฉลี่ย
control	5.84	7.28 ab	8.04	7.94	8.12	7.76 ab	7.52	7.68	7.80	7.66 a	7.42	7.36 a	7.76 a	7.56	7.40	7.50 ab	7.56	7.85 ab	8.06	8.24	7.62
1 ppm	5.88	7.12 b	7.70	7.64	8.16	7.94 ab	7.66	7.66	7.66	7.38 b	7.56	7.08 b	7.30 b	7.42	7.24	7.68 a	7.32	7.62 b	7.66	8.04	7.49
3 ppm	5.82	7.58 a	7.48	7.72	8.12	8.04 a	7.58	7.80	7.98	7.34 b	7.76	7.48 a	7.28 b	7.48	7.38	7.34 ab	7.32	8.00 ab	7.72	8.20	7.57
5 ppm	5.88	7.46 a	7.74	7.74	7.84	7.58 b	7.88	7.60	7.86	7.72 a	7.70	7.36 a	7.46 ab	7.44	7.28	7.2 b	7.60	8.20 a	7.62	8.34	7.58
F-test	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns
%CV	5.9	2.88	6.59	4.38	3.09	3.66	3.56	2.79	3.41	2.6	3.35	2.53	3.83	4.03	4.73	3.81	4.23	8.36	6.21	7.07	1.19

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณน้ำตาลซูโครส ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

กรรมวิธี	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	เฉลี่ย
control	5.74	6.04	6.40	6.52	6.48	6.44	6.40	6.50	6.40	6.40	6.28 b	6.24 b	5.98	5.94 b	6.62 a	6.08	5.86	7.18 b	7.50	7.58	6.43 ab
1 ppm	5.82	5.98	6.64	6.52	6.60	6.54	6.42	6.48	6.22	6.20	6.34 ab	6.00 c	5.76	6.04 b	6.16 b	6.16	5.86	7.00 b	7.18	7.26	6.36 b
3 ppm	5.78	6.24	6.38	6.40	6.56	6.56	6.36	6.60	6.42	6.20	6.38 ab	6.44 a	5.90	6.34 a	6.58 ab	6.06	6.02	7.28 a	7.24	7.56	6.47 a
5 ppm	5.84	6.04	6.70	6.20	6.44	6.30	6.48	6.52	6.46	6.28	6.44 a	6.40 a	5.94	6.16 b	6.42 ab	5.94	6.22	7.40 a	7.28	7.70	6.46 a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns	*
%CV	3.95	4.00	4.17	5.35	4.15	3.98	3.28	2.15	3.34	2.21	1.65	2.7	3.96	5.42	4.65	5.15	4.19	7.7	8.19	9.97	1.09

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

กรรมวิธี	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	เฉลี่ย
control	5.90	7.24 ab	8.08	8.04	7.72	7.70	7.56	7.70	7.62	7.80 a	7.32	7.28 a	7.68 a	7.50	7.40	7.46	7.46	7.86 ab	8.10	8.24	7.58 a
1 ppm	5.96	7.12 b	7.68	7.80	7.80	7.84	7.60	7.70	7.54	7.28 b	7.32	7.04 b	7.22 b	7.32	7.18	7.60	7.30	7.56 b	7.72	8.12	7.44 b
3 ppm	6.12	7.48 a	7.58	7.96	7.78	7.96	7.58	7.76	7.86	7.34 b	7.64	7.28 a	7.30 ab	7.40	7.40	7.24	7.30	8.02 ab	7.72	8.36	7.55 a
5 ppm	6.06	7.38 ab	7.86	7.66	7.48	7.60	7.80	7.52	7.76	7.76 a	7.50	7.32 a	7.42 ab	7.26	7.08	7.24	7.56	8.22 a	7.74	8.36	7.53 a
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
%CV	4.91	3.02	6.65	3.94	3.39	3.85	3.28	3.59	3.86	3.19	3.28	2.22	4.14	4.65	5.22	3.79	4.34	8.59	6.59	6.98	1.11

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 6 ข้อมูลปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

กรรมวิธี	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	เฉลี่ย
control	5.94	7.36 ab	8.24	8.06	7.86	7.80	7.60	7.76	7.76	7.74 ab	7.40	7.40 ab	7.86 a	7.58	7.50	7.62	7.60	7.96 ab	8.32	8.44	7.69 a
1 ppm	5.90	7.28 b	7.76	7.76	7.94	7.94	7.72	7.76	7.64	7.24 c	7.38	7.22 b	7.30 b	7.48	7.34	7.72	7.38	7.76 b	7.88	8.26	7.53 b
3 ppm	6.02	7.66 a	7.64	8.06	7.88	8.12	7.66	7.84	7.98	7.42 bc	7.74	7.64 a	7.4 ab	7.56	7.44	7.48	7.50	8.12 ab	7.84	8.36	7.67 a
5 ppm	5.84	7.50 ab	7.88	7.82	7.58	7.74	7.82	7.60	7.86	7.84 a	7.70	7.46 ab	7.52 ab	7.42	7.26	7.30	7.64	8.30 a	7.82	8.52	7.62 ab
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
%CV	6.82	3.33	6.28	4.32	3.58	3.55	3.14	3.25	3.93	3.62	3.39	2.28	4.29	4.09	4.51	4.42	4.49	8.19	6.02	6.93	1.23

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณกรดมาลิก ของหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังจากรมโอโซนที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 38 สัปดาห์ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561

กรรมวิธี	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	เฉลี่ย
control	1.93	1.65 b	1.51	1.45	1.55 a	1.60 a	1.38	1.74	1.81	1.60 a	1.58	1.73	1.91	1.68	1.77	1.72 b	1.67	1.85	2.13	1.84	1.71
1 ppm	2.03	1.82 a	1.56	1.52	1.52 a	1.54 ab	1.59	1.56	1.63	1.42 b	1.52	1.69	1.76	1.73	1.63	1.96 a	1.74	2.03	1.95	2.06	1.71
3 ppm	1.85	1.9 a	1.76	1.53	1.38 b	1.45 b	1.55	1.69	1.73	1.46 ab	1.51	1.89	1.75	1.61	1.68	1.84 a	1.71	2.07	2.08	2.16	1.73
5 ppm	1.77	1.7 b	1.45	1.55	1.43 ab	1.53 ab	1.47	1.69	1.74	1.69 a	1.49	1.77	1.92	1.80	1.76	2.03 a	1.70	2.17	2.01	1.93	1.73
F-test	ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	12.79	10.38	16.83	6.36	9.29	10.77	14.94	12.07	8.58	11.83	7.69	12.35	6.78	11.05	14.6	8.35	16.56	17.45	15.19	17.46	3.56

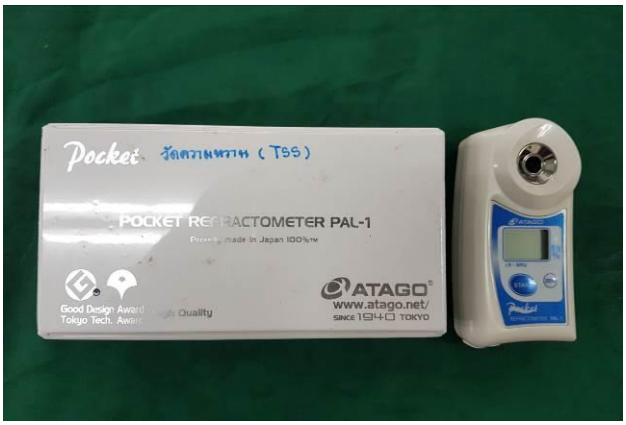
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

รูปภาพผนวก

ก. เครื่องอบโอโซน

ข. เซนเซอร์วัดความเข้มข้น

ค. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ



ง. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

จ. เครื่องวัดปริมาณน้ำตาลซูโครส

ฉ. เครื่องวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคส

ช. เครื่องวัดปริมาณน้ำตาลฟรักโทส

ซ. เครื่องวัดปริมาณกรดมาลิก

ภาพผนวกที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบโอโซนและวิเคราะห์ผลผลิต (ก-ซ)

ภาพผนวกที่ 2 การอบโอโซนมันฝรั่งตามกรรมวิธีการทดลอง ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2560-2561