Agric. Sci. Innov. J. 55 : 2 (Suppl.) : 43 - 47 (2024)  ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 2 (พิเศษ) : 43 - 47 (2567)

# การชะลอการสุกของผลขนุนพันธุ์ทองพลอยด้วยการรม 1-MCP ก่อนเก็บรักษา
# Delayed Ripening of 'Tong Ploy' Jackfruit by 1-MCP Fumigation before Storage

จุฑามาศ พร้อมบุญ[1] มัณฑนา บัวหนอง[1,2] พนิดา บุญฤทธิ์ธงชัย[1,2] และเฉลิมชัย วงษ์อารี[1,2]
Juthamard Promboon[1], Mantana Buanong[1,2], Panida Boonyarithongchai[1,2] and Chalermchai Wongs-Aree[1,2]

**Abstract**

The jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) CV. 'Thong Ploy' is an new cultivar distinguished by its sizable fruits. Minimal latex release, the intensely yellow, ripe flesh has a sweet, fragrant flavour and a crisp texture. Consequently, it can be utilised in the production of its fresh-cut. It has a market potential for both domestic and international trade. Implementing a postharvest handling and ripening management system will contribute to the effective logistics administration of 'Thongploy' Jackfruit. Compared to the untreated control, this study aimed to delay ripening by fumigating 90% of mature fruit with 1-MCP at concentrations of 500 and 1,000 ppb for 12 h at 25 °C, followed by storage at 13 and 25 °C. At 25 °C, ripe 'Thongploy' fruit respired between 150 and 200 mg$CO_2$·kg$^{-1}$·h$^{-1}$ and produced 3 to 5 μL$C_2H_4$·kg$^{-1}$·h$^{-1}$ of ethylene. The fruit quality was significantly impacted by the storage temperature. Compared to a storage temperature of 25 °C, 13 °C effectively postponed the ripening and firmness changes of the pulp. The ripening period of the control fruit was approximately 4 days at 25 °C and 15 days at 13 °C. Fruit treated with 500 and 1,000 ppb 1-MCP effectively postponed ripening. The 1-MCP treatment increased the shelf life of fruit by 12 days at 25 °C and by not less than 20 days at 13 °C. Although 1-MCP fumigation effectively delayed the fruit ripening, the weight loss was still high (> 15%).

**Keywords:** whole fruit storage, 1-methylcyclopropene, ripening retard

**บทคัดย่อ**

ขนุนพันธุ์ทองพลอย (*Artocarpus heterophyllus* Lam. cv. 'Thong Ploy') เป็นขนุนพันธุ์ใหม่ที่ผลมีขนาดใหญ่ เนื้อสุกสีเหลืองเข้มมีรสชาติหวาน หอม และเนื้อสัมผัสกรอบ มียางน้อยมาก เหมาะสำหรับการทำผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค จัดเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการทำการตลาดทั้งภายในประเทศและการส่งออกการควบคุมการสุกและการจัดการกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวของผลขนุนจะทำให้การจัดการลอจิสติกส์ของขนุนพันธุ์ทองพลอยมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้เป็นการทดลองชะลอการสุกโดยการรมผลขนุนความแก่ 90% ด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppb นาน 12 ชม. ที่ 25 °ซ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 25 °ซ เปรียบเทียบคุณภาพกับขนุนที่ไม่ผ่านการรม (ชุดควบคุม) ผลสุกขนุนทองพลอยมีอัตราการหายใจ 150-200 mg$CO_2$·kg$^{-1}$·h$^{-1}$ และการผลิตเอทิลีน 3-5 μL$C_2H_4$·kg$^{-1}$·h$^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 25 °ซ โดยพบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาส่งผลอย่างมากต่อคุณภาพขนุน โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 13 °ซ ช่วยชะลอการสุกและการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเนื้อขนุนได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 25 °ซ โดยขนุนชุดควบคุมเก็บที่อุณหภูมิ 25 °ซ และ 13 °ซ มีระยะในการสุกประมาณ 4 วันและ 15 วันที่ ตามลำดับ ส่วนขนุนที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppb ชะลอการสุกอย่างมีประสิทธิภาพและให้ผลไม่แตกต่างกัน โดยขนุนที่รมสาร 1-MCP สามารถยืดอายุการเก็บได้ไม่น้อยกว่า 12 วันที่อุณหภูมิ 25 °ซ และไม่น้อยกว่า 20 วันที่อุณหภูมิ 13 °ซ อย่างไรก็ตามการรมผลขนุนด้วยสารรม 1-MCP จะสามารถชะลอการสุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การสูญเสียน้ำหนักของผลขนุนก็ยังคงสูง (>15%)

**คำสำคัญ:** การเก็บรักษาทั้งผล 1-methylcyclopropene การชะลอการสุก

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน)
49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[1]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien),
49 Tientalay 25, ThaKham, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม 10400
[2]Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division,
Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation 10400, Thailand

## คำนำ

ขนุนพันธุ์ 'ทองพลอย' จัดเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการส่งออกด้วยขนาดผลที่ใหญ่ โดยมีน้ำหนักไม่ต่ำกว่า 25 กิโลกรัมต่อผล มีเนื้อเหลืองเข้ม ยางน้อย รสชาติหวานหอม และเนื้อสัมผัสกรอบอร่อย จึงทำให้เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค (ข้อมูลโดยตรงจากผู้ประกอบการ) จากสถิติการส่งออกขนุนของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2562 ไทยมีปริมาณการส่งออกขนุนเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดถึงร้อยละ 248 จากปี พ.ศ. 2561 (กรมวิชาการเกษตร, 2563) การใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวกับขนุนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยยืดอายุการสุกของผลขนุนเพื่อให้สามารถขนส่งไปยังประเทศห่างไกลที่ใช้เวลานานในการขนส่ง สำหรับปัจจัยสำคัญที่ทำให้ขนุนสุกอย่างรวดเร็วคือ 'เอทิลีน' ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เร่งการสุก การเสื่อมสภาพและการเกิดโรคในผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว (Saxena *et al*., 2008) หากสามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ก็จะสามารถยืดอายุของผลขนุนออกไปได้นานขึ้น ทั้งนี้ การยับยั้งการทำงานของเอทิลีนมีหลากหลายวิธี และการใช้สารรม 1-methylcyclopropene (1-MCP) ก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีประสิทธิภาพ โดย 1-MCP จะจับกับตัวรับเอทิลีน (ethylene receptor) แทนที่เอทิลีน เมื่อเอทิลีนไม่สามารถจับกับตัวรับได้ก็จะทำให้กระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพของผลิตผลจึงเกิดช้าลง (Watkins, 2006) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทดลองการรมสาร 1-MCP ความเข้มข้นต่างๆ กับผลขนุนพันธุ์ทองพลอยหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

## อุปกรณ์และวิธีการ

ขนส่งผลขนุนพันธุ์ทองพลอยระยะเก็บเกี่ยวทางการค้า (ca. 30-40 กก/ผล) จากสวนในจังหวัดระยองมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ ล้างผลขนุนให้สะอาดด้วยน้ำประปาแล้วจึงแช่ผลขนุนในสารละลายโพรคลอราซความเข้มข้น 500 ppm นาน 2 นาที นำขนุนไปผึ่งให้แห้งด้วยพัดลมที่อุณภูมิห้อง แล้วจึงแบ่งขนุนตามชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1ขนุนที่ไม่ได้รมสาร (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2รมผลขนุนด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb นาน 12 ชั่วโมง ที่ 25°ซ

ชุดการทดลองที่ 3รมผลขนุนด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 ppb นาน 12 ชั่วโมง ที่ 25°ซ

เก็บรักษาขนุนทั้งสามชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 25°ซ (RH ร้อยละ 60-70) และอุณหภูมิ 13°ซ (RH ร้อยละ 90-95) โดยวิเคราะห์คุณภาพขนุนทุก 4 วันสำหรับขนุนที่เก็บที่ 25°ซ และทุก 5 วันสำหรับขนุนที่เก็บที่ 13°ซ การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน (โดยเครื่อง Gas chromatography รุ่น 2014, TCD และ FID detector) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด และความแน่นเนื้อของยวงขนุน (โดยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-TX Plus)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ขนุนมีการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลเริ่มสุก การรมผลขนุนด้วย 1-MCP ชะลอการเพิ่มของการหายใจและการผลิตเอทิลีนได้ดีโดยเฉพาะที่ 500 ppm โดยผลที่เก็บรักษาที่ 13°ซ ผลที่รม 1-MCP มีอัตราตลอดการเก็บรักษา 20 วัน ไม่เกิน 90 mg$CO_2$/Kg·hr ในขณะที่ชุดควบคุมมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยในวันที่ 10 และ 15 เท่ากับ 112 และ 140 mg $CO_2$/Kg·hr (Figure 1A) ส่วนที่ 25°ซ ผลขนุนที่รมด้วย 1-MCP เข้มข้น 500 ppb ให้ผลดีในการลดการหายใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันที่ 8 มีอัตราการหายใจเพียง 92 mg $CO_2$/Kg·h ซึ่งต่ำกว่าขนุนชุดควบคุมและที่รม 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 ppb มีอัตราการหายใจเท่ากับ 203 และ 155 mg $CO_2$/Kg·h (Figure 1B) โดยผลขนุนที่รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 25 °ซ แทบไม่มีการผลิตเอทิลีน (Figure 4A และ 4B)

การวัดความสุกของผลขนุนในการทดลองนี้ตรวจสอบความแน่นเนื้อของยวงขนุน การรมสารแล้วไปเก็บที่อุณหภูมิ 13 °ซ ไม่มีผลในการชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อของผลขนุน โดยเนื้อขนุนทุกชุดการทดลองมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างการเก็บรักษา แต่ผลที่ไม่รมสาร 1-MCP มีแนวโน้มที่เนื้อนิ่มลงเร็วกว่าผลที่ได้รับสาร (Figure 3A) และในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาเนื้อขนุนทุกชุดการทดลองมีความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 32-47 N อย่างไรก็ตาม การรมผลขนุนด้วยสาร 1-MCP ชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อของผลขนุนที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 °ซ ได้ดี โดยในวันที่ 9 เนื้อขนุนชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อต่ำที่สุดเท่ากับ 23 N แต่ผลขนุนที่รม 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppb นั้นยังคงมีความแน่นเนื้อเกิน 40 N (Figure 3B) นอกจากนี้ลักษณะปรากฏของเนื้อขนุนในแต่ละชุดการทดลองแสดงใน Figure 4 เห็นได้ว่าเนื้อของขนุนชุดควบคุมในวันที่ 8 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิเก็บรักษาที่ 25 °ซ มีสีส้มเข้มและเนื้อสัมผัสค่อนข้างเละ แตกต่างจากเนื้อของผลขนุนที่รมด้วยสารรม 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppb ซึ่งถึงแม้จะเก็บนานถึง 12 วัน เนื้อสุกมีสีเหลืองเข้ม ลักษณะของเนื้อขนุนยังคงตัวไม่เละ ส่วนการเก็บรักษาผลขนุนที่อุณหภูมิ 13 °ซ พบว่าอุณหภูมิต่ำชะลอการสุกของผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้จะเก็บรักษานาน 15 วัน เนื้อ

ของผลขนุนชุดควบคุมที่เปลี่ยนสีส้มแต่ยังคงตัวไม่เละ ในขณะที่เนื้อของขนุนที่ รมด้วยสารรม 1-MCP เริ่มสุก ขนุนที่รมด้วยสารรม 1-MCP ทั้ง 2 ความเข้มข้น เนื้อสัมผัสคงตัวและมีสีเหลืองอ่อน แม้จะเก็บรักษานานถึง 20 วัน อุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยสำคัญในการชะลอการสุกของผลขนุน (Mortuza *et al*., 2014) อย่างไรก็ตาม การรม 1-MCP ทั้งสองความเข้มข้น ก่อนการเก็บรักษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการชะลอการสุก โดยมีผลต่อการชะลอการเพิ่มการผลิตเอทิลีน (Figure 2A และ 2B) โดยซึ่ง 1-MCP จะไปจับกับตัวรับเอทิลีนและมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการสร้างและการตอบสนองของเอทิลีนของผลไม้ประเภทไคแมคเทอริค (Balaguera-López *et al*., 2021) ซึ่งเอทิลีนกระตุ้นให้ผลไม้สร้างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงผนังเซลล์ผมีผลต่อการนิ่ม (Tucker *et al*., 2017) และยังกระตุ้นกระบวนการสร้างรงควัตุแคโรทีนอยด์ในระหว่างการสุก (Barreto *et al*., 2011) ดังนั้น 1-MCP ที่รมให้ผลขนุนจึงชะลอการลดลงของเนื้อสัมผัสและการเพิ่มขึ้นของสีเหลือง/สีส้มในเนื้อที่เป็นผลมาจากการสร้างและการสะสมแคโรทีนอยด์ (de Faria *et al*., 2009)

อย่างไรก็ตาม การรมสาร 1-MCP นั้นไม่มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของผลขนุน โดยผลขนุนที่เก็บที่อุณหภูมิ 13 และ 25 °ซ มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาขนุนในทั้ง 2 อุณหภูมิมีการสูญเสียน้ำหนักเกินร้อยละ 10 (Figure 5A และ 5B) เนื่องจากขนุนเป็นผลไม้ที่มีขนาดใหญ่ โดยเฉพาะสายพันธุ์ทองพลอยซึ่งมีขนาดใหญ่มาก น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 25 – 30 กิโลกรัมต่อลูก สำหรับผลิตผลที่มีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ผิวที่ระเหยน้ำได้มากกว่าผลิตผลที่มีขนาดเล็ก (จริงแท้, 2549) ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักสดมาก

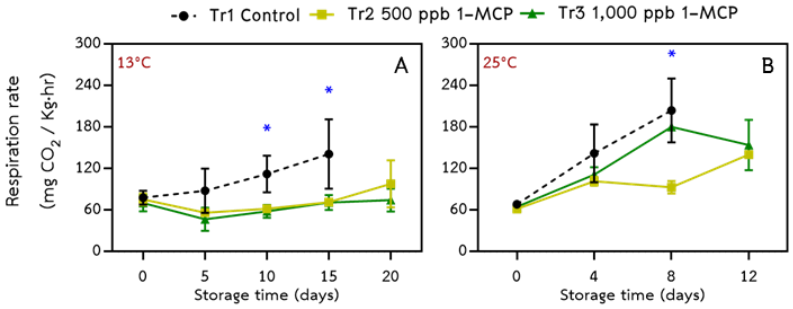


**Figure 1** Respiration rate of jackfruit cv. 'Thong ploy' fumigated with 500 and 1,000 ppb 1-MCP for 12 h, and non-treated control and then stored at 13 °C (90-95% RH) (A) and 25 °C (60-70% RH) (B)

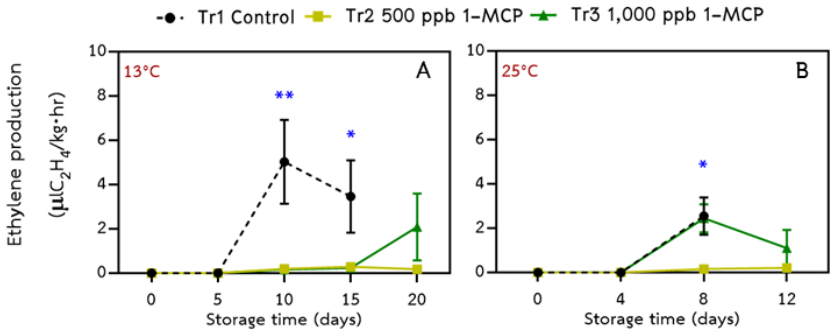


**Figure 2** Ethylene production of Jackfruit cv. 'Thong ploy' fumigated with 500 and 1,000 ppb 1-MCP for 12 h, and non-treated control and then stored at 13 °C (90-95% RH) (A) and 25 °C (60-70% RH) (B)

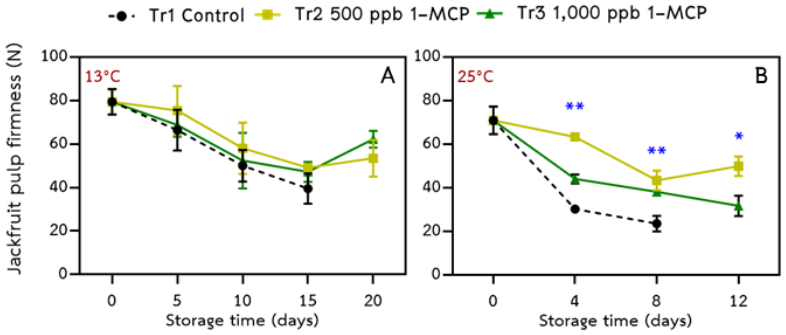


**Figure 3** Changes in firmness of Jackfruit pulp cv. 'Thong ploy' fumigated with 500 and 1,000 ppb 1-MCP for 12 h, and non-treated control and then stored at 13 °C (90-95% RH) (A) and 25 °C (60-70% RH) (B)

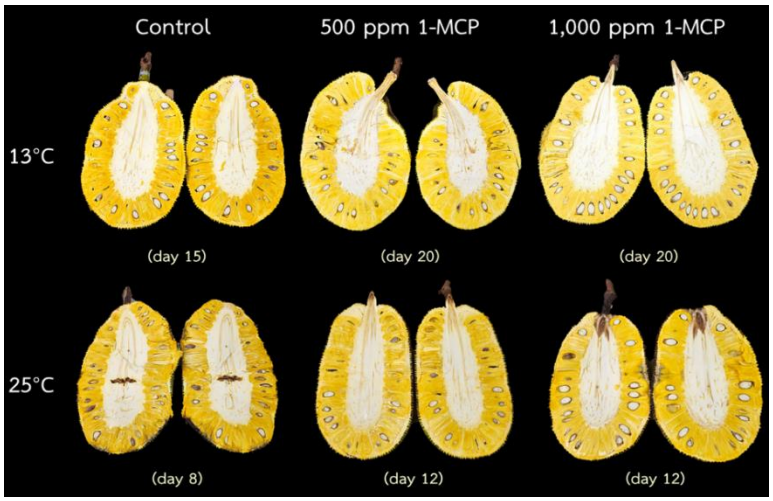


**Figure 4** The internal appearance of long section Jackfruit cv. 'Thong ploy' fumigated with 500 and 1,000 ppb 1-MCP for 12 h, and non-treated control and then stored at 13 °C (90-95% RH) and 25 °C (60-70% RH).

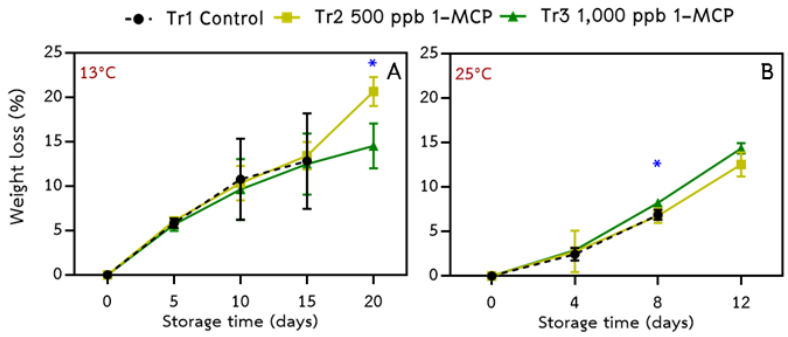


**Figure 5** Changes in weight loss of Jackfruit cv. 'Thong ploy' fumigated with 500 and 1,000 ppb 1-MCP for 12 h, and non-treated control and then stored at 13 °C (90-95% RH) (A) and 25 °C (60-70% RH) (B)

## สรุปผลการทดลอง

การรมผลขนุนด้วยสารรม 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppb ก่อนการเก็บรักษา ชะลอการสุกและยืดอายุการเก็บรักษาของผลขนุนพันธุ์ทองพลอยได้นาน 12 วัน ที่อุณหภูมิ 25 °ซ และไม่น้อยกว่า 20 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13 °ซ แต่ไม่มีผลต่อการลดการสูญเสียน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รมสาร

## คำขอบคุณ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนประจำปีงบประมาณ 2567 ภายใต้รหัสโครงการ 4708006 จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ สำหรับการส่งเสริมและสนับสนุนการทำวิจัยและนวัตกรรม และ The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University ประเทศญี่ปุ่น สำหรับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำการวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2563. เกษตรฯ อัปเดตสวน โรงคัดบรรจุ 4 ผลไม้ไทยดันขึ้นเว็บไซต์จีน “ขนุน” ยอดส่งออกพุ่งกว่า 7 หมื่นตัน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.am1386.com/home/3259. (24 มิถุนายน 2567).

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 396 หน้า.

Balaguera-López, H.E., M. Espinal-Ruiz, J.M. Rodríguez-Nieto, A. Herrera-Arévalo and L. Zacarías. 2021. 1-Methylcyclopropene inhibits ethylene perception and biosynthesis: A theoretical and experimental study on cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits. Postharvest Biology and Technology 174: 111467.

Barreto, G.P.M., J.P. Fabi, V.V. de Rosso, B.R. Cordenunsi, F.M. Lajolo, J.R.O. do Nascimento and A.Z. Mercadante. 2011. Influence of ethylene on carotenoid biosynthesis during papaya postharvesting ripening. Journal of Food Composition and Analysis 24(4–5): 620-624.

de Faria, A.F., V.V. de Rosso and A.Z. Mercadante. 2009. Carotenoid composition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), determined by HPLC-PDA-MS/MS. Plant Foods for Human Nutrition 64(2): 108-115.

Mortuza, M.G., S. Talukder and M.R. Haque. 2014. Biochemical changes in jackfruit pulp as affected by cold temperature. Journal of Environmental Science and Natural Resources 7(2): 93-97.

Saxena, A., A.S. Bawa and S. Raju. 2008. Use of modified atmosphere packaging to extend shelf-life of minimally processed jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs. Journal of Food Engineering 87(4): 455-466.

Tucker, G., X. Yin, A. Zhang, M. Wang, Q. Zhu, X. Liu, X. Xie, K. Chen and D. Grierson. 2017. Ethylene and fruit softening. Food Quality and Safety 1(4): 253–267.

Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Biotechnology Advances 24: 289-409.