



วารสาร

ISSN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 52 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) 2564

Vol. 52 No. 2 (Suppl.) 2021

การประชุมวิชาการ



วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 18

(ประชุมออนไลน์)

8-9 มิถุนายน 2564

**“2 ทศวรรษ นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
สู่การพัฒนาที่ยั่งยืน”**



จัดโดย ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ร่วมกับ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

การประชุมวิชาการ
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 18
18th National Postharvest Technology Conference
(ประชุมออนไลน์)

8-9 มิถุนายน 2564

จัดโดย
ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ร่วมกับ
ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษนี้ สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย และงานวิชาการเกษตรสู่สาธารณะ ประกอบด้วยบทความจากการประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 18 (ประชุมออนไลน์) ระหว่างวันที่ 8-9 มิถุนายน 2564 จัดโดยศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

การจัดประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติประจำปี 2564 นี้ เป็นเวทีให้นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้ ปัญหา และประสบการณ์ ซึ่งจะก่อให้เกิดการสร้างเครือข่ายปฏิบัติการวิจัย รวมทั้งอาจเกิดการพัฒนาแนวทางการวิจัย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการ ตลอดจนบุคคลทั่วไปที่สนใจงานด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อใช้เป็นแหล่งค้นคว้าในการศึกษาและวิจัยต่อไป

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรฯ ใคร่ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษนี้ และใคร่ขอเชิญชวนนักวิชาการ และผู้สนใจด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว สมัครเป็นสมาชิกของสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรฯ และเสนอบทความฉบับเต็ม เพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรของสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรฯ ในโอกาสต่อไป

รองศาสตราจารย์ ศกร คุณวุฒิมิฤทธิ์ธน
บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร

คำนำ

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวได้ดำเนินการจัดการประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวระดับชาติ ต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี ในปี 2564 นี้ เป็นการจัดการประชุมครั้งที่ 18 ซึ่งครบรอบ 20 ปีการดำเนินงานศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภายใต้ชื่อ “การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 18: 2 ทศวรรษ นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน” โดยศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นเจ้าภาพในการจัดประชุม ร่วมกับศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเผยแพร่ผลการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของ นักวิชาการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งจากภาครัฐและเอกชนสู่สาธารณะ และเกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ปัญหา ตลอดจนประสบการณ์ ซึ่งจะก่อให้เกิดความร่วมมือในด้านการวิจัย และนำไปสู่แนวทางการพัฒนาการวิจัยที่จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของสินค้าเกษตรไทยในตลาดโลก

สำหรับการประชุมครั้งนี้ ได้รับเกียรติจากผู้บรรยายพิเศษทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชนที่จะถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับทางด้านจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ทางผู้จัดหวังว่าผลงานวิจัยที่น่าสนใจในที่ประชุมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าร่วมประชุม รวมทั้งผู้ที่สนใจ

ทางคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมวิชาการฯ ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่สนับสนุนงบประมาณการจัดประชุม อีกทั้งมหาวิทยาลัยร่วมภายใต้ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ประกอบไปด้วยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี รวมทั้งนักวิจัยจากภาครัฐ ภาคเอกชน และทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องที่ให้การสนับสนุนการประชุมในครั้งนี้บรรลุดุประสงค์และประสบความสำเร็จด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวลักษณ์ จันทร์บาง

ประธานคณะกรรมการอำนวยการ

การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 18



วิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 52 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) 2564

Vol. 52 No. 2 (Suppl.) 2021

การประชุมวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 18

Postharvest Safety

- 8 การใช้ของปลดปล่อยไอระเหยเอทานอลต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้า (ไควาเระ) ในระหว่างการเก็บรักษา
มธุรส ชุมทองวัฒนา สุริยัณห์ สุภาพวานิช มั่นทนา บัวหนอง และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงชัย
- 12 ผลของความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบตระดับห้องปฏิบัติการต่อดังงวงข้าวโพด มอดแป้ง และคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
กัลยา บุญสง่า ดามร บัณฑิตรัตน์ วิบูลย์ ช่างเรือ และ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง
- 16 การใช้ดินเบาจากประเทศไทยเพื่อควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งในเมล็ดข้าว
พัชรดนัย ใจคำ วรวิมล วังศพาห์ สิริญา คัมภีโร กรวณณ์ อรรถโสภา และ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง
- 20 ผลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวในระหว่างการเก็บรักษา
ศิราพร เชื้ออ้วน รัชรังสี รัชนิพนธ์ และ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์
- 24 ความเป็นไปได้ในการพบสารพิษตกค้างในเนื้อและเปลือกของส้มสายน้ำผึ้ง
ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล จุฑารัตน์ พัฒนารัตน์ ปัญญาวัฒน์ เอกอริชวติกุล พิสุทธิ์ เขียวมณี สรรเสริญ รังสุวรรณ และ รัตติยา พงศ์พิสุทธิธา

Postharvest Biology Mechanism

- 28 ผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลอินทผลัมพันธุ์บาฮี
ปวาลี ชมภูรัตน์ พิมมาตร์ เขาวุฒิพัฒน์ วุฒิกรรณ์ อ่อนตา สุกานดา แซ่เฮง กัลย์ กัลยาณมิตร และแพรวพรรณ จอมงาม
- 32 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและสารสำคัญของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เคลือบด้วย Chitosan-based Multicoating ระหว่างการวางจำหน่าย
นันทวัน หัตถมาศ ปิยะศักดิ์ ชุ่มพฤษ มั่นทนา บัวหนอง พนิดา บุญฤทธิ์ธงชัย และเฉลิมชัย วงษ์อารี
- 36 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายภาพ-เคมีของกล้วยทิพรส
สมคิด ใจตรง พิษยานิล โคตรลุน และสุชาวดี บัวพุก
- 41 เปรียบเทียบคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะเขือเทศ พันธุ์สแนคสลิม 502 และ พันธุ์ PC3 (A9) เพื่อการส่งเสริมอาชีพใหม่ให้กับเกษตรกรในพื้นที่สูงชายขอบ บ้านบ่อเหมืองน้อย อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย
ปิยทัศน์ ทองไตรภพ ธิติมา วงษ์ชีรี และพนิดา บุญฤทธิ์ธงชัย
- 45 ผลของเอทิลีนและ 1-MCP ต่อการเสื่อมสภาพของดอกตูมและดอกบาน ในกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน
กานต์สินี ท่าโพธิ์ พิรุฑธ สิริสุนทร และ อังณัฏฐา มงคลชัยพฤษ
- 49 ความต้านทานข้ามต่อสารเคมีในกลุ่ม QoI และ DMI ของเชื้อรา *Colletotrichum siamense* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงที่ต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole
รัตติยา พงศ์พิสุทธิธา ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล และสันธิติ บินคาเดอร์

- 53 การตรวจสอบเชื้อรา *Aspergillus flavus* ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินโดยไพรเมอร์ afl R
ชัยณรงค์ รัตนกริฑากุล สรรเสริญ รังสุวรรณ รัตติยา พงศ์พิสุทธา และ พิสุทธิ เขียวมณี
- 57 ความหลากหลายทางชีวภาพของ *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกและการตอบสนองต่อสารเคมี
ป้องกันกำจัดเชื้อรา
รัตติยา พงศ์พิสุทธา ชัยณรงค์ รัตนกริฑากุล สันฐิติ บินคาเดอร์ ชุตินา นิ่มนวล ธิญญลักษณ์ ไทยแท้ นุชนารถ ศรีสุข
และศุภนันท์ญา จันทศรี
- 61 การสำรวจโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว
เอมลิน พิพัฒน์ภักดิ์ ดนัย บุญยเกียรติ ฉันทลักษณ์ ดิยายน พิมพิใจ สีหะนาม และ อรุมา เรืองวงษ์
- 65 ผลของความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเปลือกพันธุ์เก่าเจ้า มช. 107
วรวิมล วงศ์พาห์ ณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ วิบูลย์ ช่างเรือ เยาวลักษณ์ จันทราบัง และ ณัฐฐวัฒน์ หมั่นมาณี
- 69 อิทธิพลของคลื่นความถี่วิทยุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟอาราบิก้า
ณัฐฐวัฒน์ หมั่นมาณี อรุมา เรืองวงษ์ อังสนา อัครพิศาล และ เยาวลักษณ์ จันทราบัง

Postharvest Logistics

- 73 ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาสานห่วยพวงงุ่น
นิภาพร ธรรมโชติ กัลยา ศรีพงษ์ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
- 77 การศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองสุกไล่ระดับในบรรจุภัณฑ์ค้ำปึก ตามความต้องการของ
สหกรณ์การเกษตรท่าทาง จ.เพชรบุรี
ธิติมา วงษ์ศิริ พิรญาณ์ นิลมงคล พฤษษ์ ชูสังข์ จุฑามาศ พร้อมบุญ และเฉลิมชัย วงษ์อารี
- 81 การยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยสดโดยบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์มแบบเจาะรูขนาดไมโคร
จุฑามาศ พร้อมบุญ ตรัสสา ชีพรัตน์ วิชชุดา เดาด์ อัจฉราพร อันที่ สุดาร์ตน์ ขุนเมือง และเฉลิมชัย วงษ์อารี
- 85 ผลของกล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้หน้าต่างซิลิโคนเมมเบรนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา
เงาะโรงเรียน
เรวัตติ ชัยราช และวีระเวทย์ อุทโท
- 89 การใช้สารละลายไฮเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดออกซาลิกเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยระหว่าง
การเก็บรักษา
จุฑามาศ พร้อมบุญ กาญจนา วรราชบุรี ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา สมโภชน์ น้อยจินดา และ เฉลิมชัย วงษ์อารี
- 93 ผลของแคลเซียมคลอไรด์และบรรจุภัณฑ์สภาพบรรยากาศแบบดัดแปลงต่อคุณภาพของลำไยสดพร้อมบริโภค
สิทธิชัย เตชะดิลก กัลย์ กัลยาณมิตร ธิติรัตน์ แก้วคำ แพรพรรณ จอมงาม และ ดวงใจ น้อยวัน
- 97 ผลของการเคลือบผิวด้วยเซลแล็กที่มีผงเปลือกมะม่วงแก้วขมิ้นเป็นส่วนประกอบต่อคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของ
หอมแดงดัดแต่งสด
พนิดา พิมพ์สุวรรณ วีระเวทย์ อุทโท เรวัตติ ชัยราช วชรพงษ์ วัฒนกุล อุดลย์ อภินันท์ นิตยา งาม และ จินดาภรณ์
แสงกาญจน์วนิช
- 102 ผลของสารเคลือบผิวไขผึ้งต่อคุณภาพของส้มซ่าระหว่างการขนส่งแบบจำลอง
ศรัณยา เฟ่งผล ณัฐชา ชื่นเนียม และวิลาวลัย คำปวน
- 107 ผลจากความไม่ต่อเนื่องของห่วงโซ่ความเย็นต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดคอส
วรินทร์ มณีวรรณ ดามร บัณฑิตรัตน์ และ วิบูลย์ ช่างเรือ
- 111 ผลของการดองซาลิกและเมทิลจัสโมเนตต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของใบโหระพาระหว่างการเก็บรักษาที่
อุณหภูมิต่ำ
อินทิดา ลิขจันทร์พร นันทชนก นันทะไชย และปาลิดา ตั้งอนุรัตน์

- 115 ผลของ Indole-3-Acetic Acid จากแบคทีเรีย (*Micrococcus yunnanensis*) ต่ออายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุล
หวายพันธุ์ขาวสนาน
อัญชิสา อินอิ้ว สาวิตร ตระกูลน้ำเลื่อมใส และ อังณัฐญาน์ มงคลชัยพฤษ์

Postharvest Machinery

- 119 การลดความชื้นกาแฟกะลาอะราบิกาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ
พงษ์วี นามวงศ์ ปรีชา อานันท์รัตนกุล สมอง อมฤกษ์ มานพ รักญาติ นิติ ผูกจิต สรวีศ จันทร์เจนจบ
ปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์ ศุภร อ่างบุญพงษ์ และศรัณณา มาปลูก
- 122 การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายและโครงข่ายประสาทเทียมแบบจดจำรูปแบบ
พูนพัฒน์ พูนน้อย และ ประนอม ยังคำมัน

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน (ฉบับปกติ)

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (Agricultural Science Journal) ของสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นวารสารที่เผยแพร่ บทความวิชาการ (Review article) บทความวิจัย (Research article) และ บทความวิจัยสั้น (Short communication) มาเป็นเวลากว่า 40 ปี ปัจจุบันได้เปลี่ยนชื่อจาก ข่าวสารวิทยาศาสตร์การเกษตร (Asst Newsletter) ตั้งแต่นั้นมา ปีที่ 30 (มกราคม 2540)

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยในวงการวิทยาศาสตร์การเกษตร ได้แก่ เกษตรกลวิทยา สัตวบาล กัญญา คหกรรมศาสตร์ ปฐพีวิทยา โรคพืช พืชสวน พืชไร่นา ส่งเสริมและนิเทศศาสตร์การเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพ เศรษฐศาสตร์เกษตร วิศวกรรม เกษตร สัตว์น้ำ ป่าไม้ นิเวศวิทยา และสิ่งแวดล้อมทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร

ข้อกำหนดเกี่ยวกับบทความวิชาการที่จะส่งตีพิมพ์ในวารสารนี้

1. เป็นผลงานวิชาการที่ไม่เคยเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
2. เป็นผลงานที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 2 ท่าน
3. ผลงานที่ส่งต้องเรียบเรียงถูกต้องตามรูปแบบที่วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรกำหนดอย่างเคร่งครัด

หลักเกณฑ์ทั่วไป

1. จัดพิมพ์ต้นฉบับด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word)
 - บทความวิชาการ (Review article) และบทความวิจัย (Research article) จำนวนไม่เกิน 15 หน้า
 - บทความวิจัยสั้น (Short communication) จำนวนไม่เกิน 4 หน้า
2. ตัวอักษรที่ใช้ในการจัดพิมพ์ กำหนดให้ใช้รูปแบบอักษร TH Sarabun New (จัดรูปแบบการพิมพ์ดังแสดงในเว็บไซต์วารสาร <http://agscij.agr.ku.ac.th/>)
3. จัดหน้ากระดาษขนาด Letter (18.5 × 25.5 เซนติเมตร) แบบ left-aligned เว้นระยะบรรทัดเท่ากับ 1 และระบุหมายเลขบรรทัดแบบต่อเนื่องทั้งเอกสาร
4. ตารางและภาพที่ใช้ประกอบในบทความ ควรแนบไฟล์ต้นฉบับของตาราง และภาพนั้นมาด้วย
5. กำหนดให้ใช้เครื่องหมาย en dash (–) ระหว่างตัวเลขทุกตำแหน่งในเนื้อหา ไม่ใช่ hyphen (-)
6. ชื่อละตินของจีนัสและสปีชีส์ และชื่อเอนไซม์ให้เขียนด้วยตัวเอียง และใช้หน่วยในระบบ SI

วิธีการจัดทำต้นฉบับ

1. **ชื่อเรื่อง** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และกำหนดชื่อเรื่องอย่างย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เพื่อใช้เป็นหัวเรื่อง (Running heads)
2. **ชื่อผู้เขียน** ระบุชื่อเต็มของผู้เขียน ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
3. **หน่วยงานของผู้เขียน** ระบุชื่อหน่วยงาน จังหวัด รหัสไปรษณีย์ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4. **บทคัดย่อ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ และระบุคำสำคัญ จำนวนไม่เกิน 5 คำทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
5. **คำนำ** เรียบเรียงโดยแสดงถึงความสำคัญและที่มาของงานวิจัย ตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง และวัตถุประสงค์ของวิจัย
6. **อุปกรณ์และวิธีการ** เรียบเรียงโดยแสดงวิธีการศึกษาตามขั้นตอน อธิบายหน่วยทดลอง และแผนการทดลอง ที่ใช้แสดงสมการเชิงสถิติพร้อมคำอธิบาย และระบุสถานที่ทดลองหรือสถานที่จัดเก็บตัวอย่าง และข้อมูล
7. **ผลการทดลองและวิจารณ์** เรียบเรียงผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง โดยแสดงภาพและตารางเป็นภาษา อังกฤษเท่านั้น และอ้างถึงภาพ และตารางตามลำดับในเนื้อหา โดยใช้คำว่า Figure ในการอ้างถึงภาพ และใช้คำว่า Table ในการอ้างถึงตาราง
8. **สรุป** สรุปผลการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และไม่ซ้ำซ้อนกับผลการศึกษา และวิจารณ์
9. **กิตติกรรมประกาศ** อาจมีหรือไม่ก็ได้ เรียบเรียงย่อหน้าเดียวแบบกระชับ ระบุแหล่งทุนวิจัยบุคคล และหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์หรือมีส่วนร่วมในงานวิจัย
10. **เอกสารอ้างอิง** เรียบเรียงเอกสารอ้างอิงโดยใช้ภาษาอังกฤษทั้งหมด ในกรณีเอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทย ให้ปรับเป็นภาษาอังกฤษ และต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยคำว่า (in Thai) เรียงลำดับเอกสารอ้างอิงตามตัวอักษรของนามสกุลผู้แต่งคนแรก ทั้งนี้ผู้แต่งต้องตรวจสอบจำนวนเอกสารอ้างอิงให้ตรงกับในเนื้อหา

วิธีการเขียนเอกสารอ้างอิง

1. การเขียนอ้างอิงในเนื้อหา

ใช้นามสกุลของผู้แต่งคนแรก แล้วตามด้วยปี เช่น Keonouchanh (2002), Hanna and Riley (2014) และ Pantelic *et al.* (2011) เป็นต้น กรณีมีผู้เขียนหลายคน ให้เรียงตามปีจากน้อยไปมาก ถ้าเป็นปีเดียวกันเรียงตามลำดับ ตัวอักษร ค้นเอกสารด้วยเครื่องหมาย “;” เช่น (Schukken *et al.*, 1994; Tummaruk *et al.*, 2001) กรณีผู้เขียนคนเดียวหรือกลุ่มเดียวกัน ให้เรียงตามปี ค้นด้วยเครื่องหมาย “;” เช่น (Serenius and Stalder 2004;

2007) กรณีผู้เขียนคนเดียวหรือกลุ่มเดียวกันในปีเดียวกัน ให้ใช้อักษรกำกับตามลำดับ คั่นด้วยเครื่องหมาย “;” เช่น (Department of Livestock Development, 2014a;2014b)

2. การเขียนอ้างอิงในส่วนเอกสารอ้างอิง

ให้เรียงลำดับเอกสารอ้างอิงตามตัวอักษรภาษาอังกฤษของนามสกุลของผู้แต่งคนแรก ตามด้วยคำย่อชื่อ ชื่อกลาง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง หรือใช้ชื่อเต็มหน่วยงาน

แล้วตามด้วยปีที่ตีพิมพ์ ให้ใช้ชื่อย่อวารสารตามคำแนะนำของ NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/journals/>) กรณีที่ใช้เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทย ให้ปรับเป็นภาษาอังกฤษและต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยคำว่า (in Thai) และกำหนดให้รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงแต่ละประเภท ดังนี้

หนังสือ/ตำรา	Mauseth, J.D. 2014. Botany: An Introduction to Plant Biology. 5 th edition. Jones & Bartlett Learning, MA, USA. 696 pp.
บทความในวารสารวิชาการ	Hanna, L.L.H. and D.G. Riley. 2014. Mapping genomic markers to closest feature using the R package Map2NCBI. <i>Livest. Sci.</i> 162: 59–65. Pantelic, V., L. Sretenovic, D. Ostojic-Andric, S. Trivunovic, M. M. Petrovic, S. Aleveica and D. Ruzic-Muslic. 2011. Heritability and genetic correlation of production and reproduction traits of Simmental cows. <i>Afr. J. Biotechnol.</i> 10: 7117–7121.
บทความในเอกสารการประชุมวิชาการ	Rushunju, B.G., P. Jitareerat, M. Buanong, V. Srilaong and A. Uthairatanakij. 2016. The effect of UV-B treatment on physicochemical and sensory quality of king oyster mushroom (<i>Pleurotus eryngii</i>) during cold storage. In <i>Proc. the 54th Kasetsart University Annual Conference</i> , 2–5 February 2016. p.1141. (in Thai)
วิทยานิพนธ์	Keonouchanh, S. 2002. Genetic Analysis of Sows Longevity and Lifetime Productivity in Two Purebred Swine Herds. MS Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)
บทความในเว็บไซต์	VanRaden, P.M. 2011. Findhap.f90. Available Source: http://aipl.arsusda.gov/software/findhap , September 26, 2014.

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งไฟล์ต้นฉบับที่จัดเตรียมเนื้อหาตามรูปแบบข้างต้นถึงบรรณาธิการผ่านอีเมลล์ thaiagrisci@gmail.com ทั้งรูปแบบ Doc และ PDF หากมีภาพประกอบ ขอให้แนบไฟล์รูปภาพแยกจากต้นฉบับ ซึ่งรูปแบบไฟล์ภาพที่ใช้เป็น TIFF หรือ JPEG เท่านั้น กำหนดให้ใช้ภาพขาวดำและภาพสีที่มีความละเอียดอย่างน้อย 300 dpi ขึ้นไป

การตรวจแก้ไขและการยอมรับการตีพิมพ์

1. การติดต่อผู้เขียนเพื่อการตรวจแก้ไขหรือตอบรับ/ปฏิเสธการตีพิมพ์ จะกระทำผ่าน e-mail
2. กองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขต้นฉบับที่จะส่งไปตีพิมพ์ทุกเรื่องตามที่เห็นสมควร โดยจัดส่ง ต้นฉบับที่แก้ไขแล้วให้ผู้เขียนเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและยืนยันอีกครั้งก่อนการตีพิมพ์
3. เมื่อบทความได้รับการตีพิมพ์เรียบร้อยแล้ว กองบรรณาธิการจะจัดส่ง Reprint ผลงานในรูปแบบ PDF ให้ผู้เขียนทาง e-mail

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน (ฉบับพิเศษ)

รายละเอียดและรูปแบบข้อกำหนดต่างๆ สำหรับเตรียมต้นฉบับต้องเป็นดังนี้

ต้นฉบับเรื่องเต็ม จำนวนไม่เกิน 4 หน้ากระดาษ ส่ง hard copy จำนวน 1 ชุด พร้อมไฟล์ โดยพิมพ์ด้วยโปรแกรม ไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word for Windows) เวอร์ชัน 97 ขึ้นไป โดยใช้รูปแบบฟอนต์เป็น Cordia New ทั้งฉบับ (ขนาดของตัวอักษรให้ดูในรายละเอียดของแต่ละหัวข้อ)

ขนาดกระดาษต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 สีขาว พิมพ์แบบ Portrait โดยตั้งค่าหน้ากระดาษ (page setup) ส่วนระยะขอบ (Margins) ดังนี้ ด้านบน (Top) 1 นิ้ว ด้านล่าง (Bottom) 0.75 นิ้ว ด้านซ้าย (Left) 1 นิ้ว ด้านขวา (Right) 0.75 นิ้ว ขอบเย็บกระดาษ (Gutter) ไม่ต้องใส่ค่า Gutter หรือ 0 นิ้ว หัวกระดาษ (Header) 0.5 นิ้ว ท้ายกระดาษ (Footer) 0.5 นิ้ว

โดยมีลำดับดังนี้

ชื่อเรื่อง : อยู่ชิดขอบบนของหน้า มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกกันคนละบรรทัด) ชื่อเรื่องแต่ละภาษามีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด แต่ให้อธิบายสาระของเรื่องได้ดี กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 15 points พิมพ์ตัวหนา (bold) และจัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ

ชื่อผู้เขียนและคณะ : เว้น 1 บรรทัดจากชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อเต็ม มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกกันคนละบรรทัด) ให้ครบทุกคน และต้องใส่เชิงอรรถ (Footnote) (รายละเอียดเชิงอรรถให้อยู่ย่อหน้าถัดไป) เป็นแบบลำดับตัวเลข (ยกกำลัง) กำกับไว้ท้ายนามสกุลให้ครบทุกคน ชื่อผู้เขียนกำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 12 points พิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดชิดขอบขวาของหน้ากระดาษ

การแทรกเชิงอรรถ (Footnote) ให้ใช้แบบ ลำดับตัวเลขอัตโนมัติ (1, 2, 3, ...) โดยใช้ฟอนต์แบบ Cordia New ขนาด 10 points และจัดข้อความชิดขอบซ้ายของหน้ากระดาษ

บทคัดย่อ (Abstract) : มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยขึ้นด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษก่อนแล้วจึงตามด้วยบทคัดย่อภาษาไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

คำว่า "Abstract" และ "บทคัดย่อ" ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points และพิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนเนื้อหาของตัวบทคัดย่อ ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points บรรทัดแรกของย่อหน้าให้เยื้องมาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความในแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified) บทคัดย่อเป็นการสรุปสาระสำคัญของเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุประสงค์ วิธีการและผล ไม่ควรเกิน 300 คำ

เนื้อหา (Text) : ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุป และเอกสารอ้างอิง ทุกส่วนให้ทำตามข้อกำหนดดังนี้คือ

เมื่อขึ้นส่วนเนื้อหาใหม่ ให้เว้น 1 บรรทัดเสมอ (ย่อหน้าต่างๆ ในส่วนเดียวกันไม่ต้องเว้นบรรทัด) โดย คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุป และเอกสารอ้างอิง กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนของเนื้อหาข้อความในแต่ละย่อหน้า กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points บรรทัดแรกของแต่ละย่อหน้าให้เยื้องเข้ามาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified)

เนื้อหาส่วนต่างๆ ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. **คำนำ (Introduction)** : เพื่อกล่าวถึงปัญหา ที่มา วัตถุประสงค์การวิจัย และรวมถึงการตรวจเอกสาร (Literature review) ด้วย

2. **อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)** : ควรประกอบด้วย คำอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องระบุหมายเลขแยกเป็นข้อ คำอธิบายถึงวิธีการที่ใช้ทดลอง การเขียนอุปกรณ์และวิธีการ ให้เขียนเป็นส่วนเดียวกัน ไม่ต้องแยกหัวข้อ

3. **ผลการทดลอง (Results)** : เป็นการเสนอผลของการวิจัย แต่ไม่ควรอธิบายยืดเยื้อ ถ้าเป็นไปได้ ควรควบคู่ไปกับการใช้ตาราง กราฟ หรือภาพ ประกอบการอธิบาย คำอธิบายควรกะทัดรัด และเป็นอิสระกับเนื้อเรื่อง คำอธิบายและตัวอักษรต่างๆ ใน

ตาราง กราฟและภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points (หรือเล็กกว่า แต่ยังสามารถอ่านได้อย่างชัดเจน)

4. **วิจารณ์ผล (Discussion)** : เป็นการวิจารณ์ผลการทดลองหรือการวิจัย โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

- (1) เพื่อให้คล้อยตามถึงความสัมพันธ์หรือหลักการที่มาจากผล
- (2) สนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน
- (3) เปรียบเทียบกับผลการวิจัยและการตีความหมายของผู้อื่น
- (4) ชี้ให้เห็นประเด็นที่เด่นหรือสำคัญของผลการวิจัย

ควรพยายามเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่กำลังพูดถึง ตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

5. **สรุป (Summary)** : เป็นการย่อสาระสำคัญและประจักษ์พยานของผลการวิจัย

6. **คำขอบคุณ (Acknowledgements)** : อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยและการเตรียมเอกสารลุล่วงไปด้วยดี แต่มิได้เป็นผู้ร่วมทำงานวิจัยด้วย

7. **เอกสารอ้างอิง (Literature cited)** : คุรยละเอียดในคำแนะนำสำหรับผู้เขียนฉบับปกติ

8. **ภาพประกอบ (Illustration)** : คุรยละเอียดในคำแนะนำสำหรับผู้เขียนฉบับปกติและ

การแทรกภาพควรมีการจัดรูปแบบภาพ (Format picture) ดังนี้ รูปแบบ (Layout), ลักษณะการตัดคำ (Wrapping style), แบบข้างหลังข้อความ (Behind text)

9. **การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษหรืออักษรโรมัน** : ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

การตรวจแก้ไข คณะกรรมการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่ส่งมาพิมพ์ทุกเรื่องตามแต่จะเห็นสมควร ในกรณีที่จำเป็นจะส่งต้นฉบับที่แก้ไขแล้วกลับคืนผู้เขียน เพื่อความเห็นชอบอีกครั้งหนึ่ง

การใช้ของปลดปล่อยไอระเหยเอทานอลต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้า (ไควาระ) ในระหว่างการเก็บรักษา

Application of Ethanol Vapor Released Pad on Microbial Growth Inhibition and Quality of Radish Microgreen (Kaiware) during Storage

มธุรส ขุมทองวัฒนา¹ สุริยันท์ สุภาพวานิช² มัณฑนา บัวหนอง^{1,3} และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย^{1,3}
Mathurot khumthongwattana¹, Suriyan Supapvanich², Mantana Buanong^{1,3} and Panida Boonyarithongchai^{1,3}

Abstract

Application of ethanol vapor released pad on microbial growth inhibition and quality of kaiware was investigated. Kaiware was separately packed into the plastic tray sealed with PP film containing 0.6 g ethanol vapor released pad and without ethanol vapor released pad (control) then stored at 10 °C for 8 days. The result showed that the ethanol vapor treatments could delay microbial growth when compared with non-ethanol vapor released pad (control) treatment. The 0.6 g ethanol vapor pad delayed the increase of total bacteria, coliform and yeast as compared to control during storage. This ethanol pad treatment also maintained phenolic content, chlorophyll content higher than the control throughout of the storage. The visual appearance of kaiware kept in package with 0.6 g ethanol vapor pad was revealed better appearance including freshness, greenness than the control. While as the control set showed the water soaking symptom, yellowing, wilting leaves and fermented smell of kaiware on day 6 of storage. Moreover, this ethanol treatment also induced antioxidant activity both in DPPH and FRAP (2.69%, 1.42 $\mu\text{mol TE/g FW}$) than control (2.23%, 1.31 $\mu\text{mol TE/g FW}$) in day 8 of storage.

Keywords: ethanol, radish microgreen (kaiware), microbial growth inhibition, quality

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ของปลดปล่อยไอระเหยเอทานอลต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของต้นอ่อนไควาระ โดยนำไควาระมาบรรจุในถาดพลาสติกปิดผนึกความชื้นด้วยพลาสติกฟิล์ม PP แล้วแบ่งเป็นสองทรีตเมนต์ ได้แก่ ใส่ของปลดปล่อยไอระเหยเอทานอลขนาด 0.6 กรัมในบรรจุภัณฑ์และไม่ใส่ของปลดปล่อยไอระเหยเอทานอล (ชุดควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน พบว่าต้นอ่อนไควาระที่บรรจุของปลดปล่อยเอทานอลมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าต้นอ่อนไควาระที่ไม่บรรจุของปลดปล่อยเอทานอล (ชุดควบคุม) โดยต้นอ่อนไควาระที่บรรจุของปลดปล่อยเอทานอล ขนาด 0.6 กรัม สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อโคลิฟอร์ม และเชื้อยีสต์ได้ดีกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณคลอโรฟิลล์ สูงกว่าไควาระชุดควบคุม และยังมีลักษณะปรากฏภายนอก ได้แก่ ความสด และสีเขียวมากกว่าชุดควบคุมซึ่งมีอาการใบเหี่ยวเฉา และมีกลิ่นหมักในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งต้นอ่อนไควาระที่บรรจุของปลดปล่อยเอทานอลขนาด 0.6 กรัม กระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งตรวจสอบโดยวิธี DPPH และ FRAP เท่ากับร้อยละ 2.69 และ 1.42 $\mu\text{mol TE/g FW}$ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) กับไควาระชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 2.23% และ 1.31 $\mu\text{mol TE/g FW}$ ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา

คำสำคัญ : เอทานอล ต้นอ่อนหัวไชเท้า(ไควาระ) ความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ คุณภาพ

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กทม. 10150

² Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi. Bangkok 10150, Thailand

³ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม. 10520

² Department of Agricultural Education, School of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กทม. 10400

³ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand.

คำนำ

ไมโครกรีน (Microgreens) คือ ต้นอ่อนหรือต้นกล้าขนาดเล็กของพืช ที่มีระยะเวลาการงอกประมาณ 7-21 วัน ผักกาดหัวหรือหัวไชเท้าที่นำมาผลิตมาเป็นต้นอ่อนมีชื่อเรียกทั่วไปว่า “ไคววาระ” ไคววาระอุดมไปด้วยวิตามินเอ วิตามินซี และโพแทสเซียมสูง (อภิชาติและพัชรี, 2558) ต้นอ่อนหัวไชเท้า มีรสชาติออกขำ เผ็ดเล็กน้อย มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว เมื่อเปรียบเทียบกับผักที่เก็บเกี่ยวในวัยบรรจุนั้น ต้นอ่อนจะมีสารอาหารมากกว่า 5-10 เท่า แม้ว่าต้นอ่อนจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีวิธีการปลูกที่ง่ายและใช้ระยะเวลาสั้น แต่เกิดการเสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยวเช่นกัน โดยปกติต้นอ่อนจะมีอายุการเก็บรักษา 3-7 วัน ที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส (ชนากัทธ, 2558) ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสื่อมเสียของต้นอ่อนส่วนใหญ่มักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสีใบ อาการฉ่ำน้ำ และมีการเข้าทำลายจากเชื้อแบคทีเรีย โดยไอรระเหยเอทานอล (ethanol vapour) นั้นจัดเป็นสารเคมีจำพวก GRAS (generally recognised as safe) ที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Utama *et al.*, 2002) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ การปลดปล่อยไอรระเหยของเอทานอลนิยมใช้วิธีการบรรจุเอทานอลบนวัตถุดูดซับแล้วบรรจุในซอง (sachet) ซึ่งมีการเจาะรูขนาดเล็กระดับไมโคร เพื่อควบคุมสภาพการซึมผ่านให้ไอรระเหยของเอทานอลแพร่ผ่านออกมาสู่บริเวณช่องว่างภายในบรรจุภัณฑ์ (Candir *et al.*, 2012) ตัวอย่างการใช้ AVs กับผักและผลไม้ เช่น หอมแดงสดปกเปิดอก (พัชรี และคณะ, 2558) ไอรระเหยเอทานอลที่ปล่อยจากซองบรรจุเข้าสู่บรรยากาศของบรรจุภัณฑ์สามารถช่วยชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้ไอรระเหยเอทานอลในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของต้นอ่อนไคววาระระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวต้นอ่อนไคววาระมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น จากนั้นทำให้สะเด็ดน้ำและแบ่งต้นอ่อนไคววาระออกเป็น 2 ชุดทดลอง โดยชุดทดลองที่ 1 ต้นอ่อนไคววาระแช่น้ำกลั่น (ชุดควบคุมที่ไม่บรรจุซองปลดปล่อยไอรระเหยเอทานอล) ชุดการทดลองที่ 2 ที่บรรจุซองปลดปล่อยไอรระเหยเอทานอลปริมาณ 0.6 กรัม จากนั้นนำต้นอ่อนไคววาระแต่ละชุดการทดลองบรรจุลงในถาดพลาสติก Polypropylene (PP) ขนาด 14x19x3.0 เซนติเมตร (TR-18-3.5) ถ่วงละ 20 กรัม จากนั้นซีลปิดด้วย PP Film โดยระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ในแต่ละวันแต่ละชุดการทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 ซ้ำ นำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของต้นอ่อนไคววาระและการวิเคราะห์ผลในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8

1. กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic content) และปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll content)

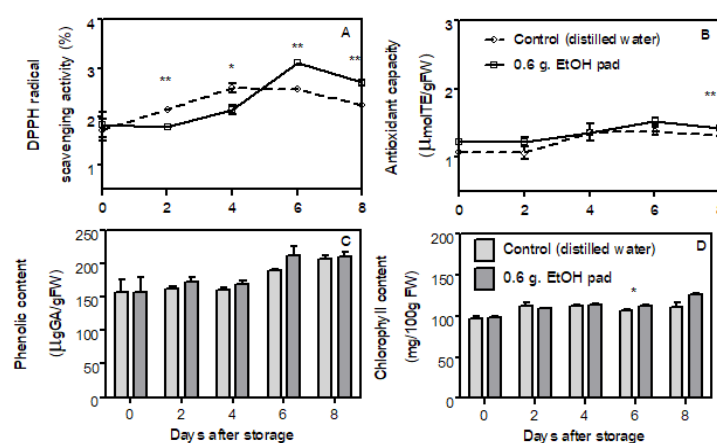


Figure 1 DPPH radical scavenging activity (A) antioxidant capacity (B) phenolic content (C) and chlorophyll content (D) of kaiware at 0.6 g. EtOH during storage at 10°C for 8 d compared to untreated (control).

Figure 1 พบว่าต้นอ่อนไคววาระที่บรรจุซองปลดปล่อยเอทานอลขนาด 0.6 กรัม มีความสามารถในการกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งตรวจสอบโดยวิธี DPPH และ FRAP เท่ากับร้อยละ 2.69 และ 1.42 μmol TE/g FW ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) กับต้นอ่อนไคววาระชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 2.23% และ 1.31 μmol TE/g FW ในวันที่

8 ของการเก็บรักษา และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าต้นอ่อนไควาไร้ชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน

2. ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (Total microbial count) ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์ม (*Coliform*) และปริมาณเชื้อยีสต์ (Yeast)

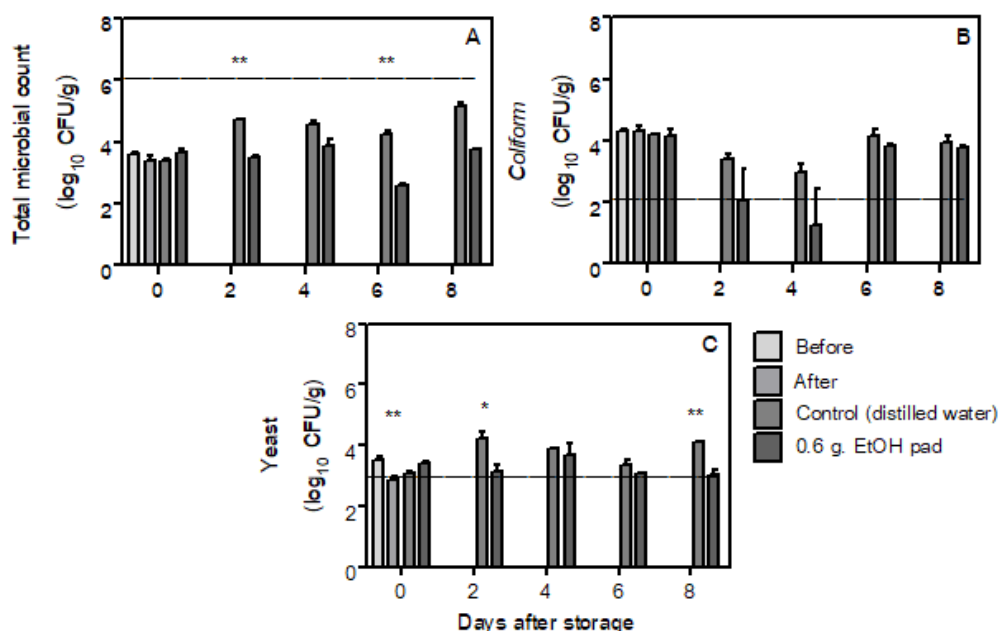


Figure 2 Total microbial count (A) *Coliform* (B) and Yeast (C) of kaiware at 0.6 g. EtOH during storage at 10°C for 8 d compared to untreated (control).

Figure 2 พบว่าในวันที่ 2 และ 6 ของการเก็บรักษา ต้นอ่อนไควาไร้ที่บรรจุของปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอล 0.6 กรัม สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดได้เท่ากับ 3.52 และ 2.58 log₁₀CFU ต่อกรัมน้ำหนักสด ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) กับต้นอ่อนไควาไร้ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 4.70 และ 4.24 log₁₀CFU ต่อกรัมน้ำหนักสด และพบว่าต้นอ่อนไควาไร้ที่บรรจุของปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอล 0.6 กรัม สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อโคลิฟอร์ม และเชื้อยีสต์ได้ดีกว่าต้นอ่อนไควาไร้ชุดควบคุมตลอดระยะเวลาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

ต้นอ่อนไควาไร้ที่บรรจุของปลดปล่อยเอทานอลขนาด 0.6 กรัม สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งตรวจสอบโดยวิธี DPPH และ FRAP ได้สูงกว่าต้นอ่อนไควาไร้ชุดควบคุม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าต้นอ่อนไควาไร้ชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากการศึกษาก่อนหน้านี้ Xu *et al.*, (2012) รายงานว่า ไธราเฮนเอทานอลสามารถรักษาคุณภาพของผักและผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยการช่วยเพิ่มปริมาณฟีนอลิกในดอกบรอกโคลี และไธราเฮนเอทานอลยังสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราได้ดีในมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภค (วีระเวทย์ และคณะ, 2555) ซึ่งต้นอ่อนไควาไร้ที่บรรจุของปลดปล่อยเอทานอลขนาด 0.6 กรัม สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อโคลิฟอร์ม และเชื้อยีสต์ได้ดีกว่าต้นอ่อนไควาไร้ชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยไธราเฮนเอทานอลที่สะสมในบรรจุภัณฑ์จะทำปฏิกิริยากับเชื้อจุลินทรีย์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เมมเบรนของเชื้อจุลินทรีย์และนำไปสู่การตายของเชื้อจุลินทรีย์ในที่สุด

สรุปผลการทดลอง

ต้นอ่อนไควาเรที่บรรจุของปลดปล่อยเอทานอลขนาด 0.6 กรัม ให้ลักษณะปรากฏภายนอกที่ดี ได้แก่ ความสด และสีเขียวมากกว่าต้นอ่อนไควาเรชุดควบคุม สามารถกระตุ้นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าต้นอ่อนไควาเรชุดควบคุม และสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อโคลิฟอร์มและเชื้อยีสต์ ได้ดีกว่าต้นอ่อนไควาเรชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และขอขอบคุณ The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University, Japan ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชนาภัทร พรายมี. 2558. เมล็ดงอกเพาะกินเพื่อสุขภาพเพาะขายรายได้ดี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอ็มไอเอส หน้า 5-7.
- พัชร ะมลิลลา, วีรเวทย์ อุทโท และ ฤทธิรงค์ พงษ์ศิริกุล. 2558. การพัฒนาของควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลในบรรจุภัณฑ์แอ็กทีฟสำหรับหอมแดงสดปอกเปลือก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(3/1 พิเศษ): 223-226.
- วีรเวทย์ อุทโท, เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด และเรวัติ ชัยราช. 2555. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30(2): 39-49.
- อภิชาติ ศรีสะอาด และพัชร สำโรงเย็น. 2558. เมล็ดงอก. กรุงเทพฯ: นาคา อินเทอร์เน็ต. หน้า 9-10.
- Candir, E., A. E. Ozdemir, O. Kamiloglu, E. M. Soylu, R. Dilbaz and D. Ustun. 2012. Modified atmosphere packaging and ethanol vapor to control decay of "Red Globe" table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology* 63(1): 98-106.
- Utama, I.M.S., R.B.H. Wills, S. Ben-Yehoshua and C. Kuek. 2002. *In vitro* efficacy of plant volatiles for inhibiting the growth of fruit and vegetable decay microorganisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 6371-6377.
- Xu, F., X. Chen, P. Jin, X. Wang, J. Wang and Y. Zheng. 2012. Effect of ethanol treatment on quality and antioxidant activity in postharvest broccoli florets. *European Food Research and Technology* 235(5): 793-800.

ผลของความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดระดับห้องปฏิบัติการ
ต่อด้วงวงข้าวโพด มอดแป้ง และคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Effects of Laboratory Scale Fluidized Bed Heat Treatment on Maize Weevil, (*Sitophilus zeamais*),
Red Flour Beetle (*Tribolium castaneum*) and Milling Quality of Rice cv. Khao Dawk Mali 105

กัลยา บุญสง่า¹ ตามร บันฑูรัตน์^{1,2,3} วิบูลย์ ช่างเรือ^{1,2,3} และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{1,3,4}
Kunlayaa Boonsa-nga¹, Damom Bunturat^{1,2,3}, Viboon Changrue^{1,2,3} and Yaowaluk Chanbang^{1,3,4}

Abstract

The efficacy of heat fluidized bed (FDB) was studied for controlling stored product insects on rough rice using laboratorial heat fluidized bed equipment and the milling quality of rice later was examined. Rough rice cv. Khao Dawk Mali 105 (13% mc wet basis) infested with insects were treated with FDB. The results showed that maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (internal feeders) performed higher tolerance for heat than red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). At the velocity speed 3.7 m/s, 50°C for 90 seconds, the mortality of maize weevil treated by FDB was significant different ($P<0.01$). Pupal stage as an FDB tolerant stage of maize weevil was treated with 50, 55, 60 and 65 °C for 60, 90, 120, 150, 180 and 240 seconds. FDB heat treatment at 55 °C for 150 seconds, 60 °C for 90 seconds and 65°C for 60 seconds caused 100% mortality. At the velocity speed 3.7 m/s, 40°C for 120 seconds, the mortality of red flour beetle was significant different ($P<0.01$). Egg stage as an FDB tolerant stage of red flour beetle was treated with 40, 45 and 50 °C for 120, 150, 180 and 240 seconds. The result showed that FDB heat treatment at 40 °C for 180 seconds, 45 °C for 180 seconds and 50 °C for 120 seconds caused 100% mortality. The percentage of whole kernels and head rice was not difference compared with control. In case of the milling quality, the percentage of whole kernels and head rice was similar to control. However, milled rice was yellow color with the increased of b* value, and the decreased of L* value and whiteness index. The moisture content and amylose content were decreased.

Keywords: heat treatment, fluidized bed, paddy

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าผลของความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด ในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บข้าวเปลือก ด้วยเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดในระดับห้องปฏิบัติการ รวมถึงคุณภาพการสี โดยนำข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ความชื้น 13 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) ที่มีแมลงเข้าทำลาย นำมาผ่านความร้อนด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด พบว่า ด้วงวงข้าวโพด (กลุ่มกัดกินภายในเมล็ด) มีความทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดมากกว่ามอดแป้ง (กลุ่มกัดกินภายนอกเมล็ด) โดยด้วงวงข้าวโพดระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย มีอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ที่ความเร็วลม 3.7 m/s อุณหภูมิ 50°C ระยะเวลา 90 วินาที เมื่อใช้ระยะดักแด้ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด ไปผ่านความร้อนที่ 50, 55, 60 และ 65°C ระยะเวลา 60, 90, 120, 150, 180 และ 240 วินาที พบว่า ดักแด้มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ที่อุณหภูมิ 55°C 150 วินาที, 60°C 90 วินาที และ 65°C 60 วินาที ตามลำดับ สำหรับมอดแป้งพบอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ที่ความเร็วลม 3.7 m/s อุณหภูมิ 40 °C 120 วินาที พบอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำระยะไข่ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด ไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 40, 45, และ 50 °C ระยะเวลา 120, 150, 180 และ 240 วินาที พบว่าไข่มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ที่ 40 °C 180 วินาที, 45°C 180 วินาที และ 50°C 120 วินาที ตามลำดับ คุณภาพการสี พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างไรก็ตาม พบว่า ข้าวสารมีสีเหลืองมากขึ้น สอดคล้องกับค่า b* ที่เพิ่มขึ้น ค่า L* และดัชนีความขาวลดลง ส่วนความชื้นและอะมิโลส ลดลงด้วย

คำสำคัญ: ความร้อน ฟลูอิดไดซ์เบด ข้าวเปลือก

¹ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² Postharvest Technology Research Institute, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

³ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁴ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

⁵ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

⁶ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

⁷ ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁸ Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

คำนำ

การทดลองนี้ได้นำเทคนิคการให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วในโรงสีข้าว ปกติใช้ลดความชื้นข้าวเปลือก มาทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง ซึ่งเทคนิคนี้เป็นวิธีการอบเมล็ดพืชโดยใช้กระแสลมมีผลทำให้เมล็ดข้าวเปลือกลอยอยู่ในอากาศ มีลักษณะคล้ายกับของไหล มีผลให้น้ำระเหยจากผิวเมล็ดได้อย่างรวดเร็วภายใน 1-2 นาที นอกจากนั้นความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดสามารถควบคุมและกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดย Evans and Dermott (1979) และ Abd El-Aziz (2011) พบว่าเมล็ดข้าวสาลีที่มีตัวอ่อนของด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* (L.)) มอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica* (Fabricius)) และมีเชื้อข้าวเปลือก (*Sitotroga cerealella* (Oliv.)) เมื่อผ่านความร้อนจากระบบฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C เวลา 12, 6 และ 4 นาที ที่ผิวของเมล็ดข้าวสาลีมีอุณหภูมิ 59, 62 และ 65 °C ทำให้แมลงตายทั้งหมด เช่นเดียวกับ Pande and Mishra (2013) พบว่า ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 60 วินาที ทำให้ด้วงถั่วเขียวมีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษารุ่นนี้จึงเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีใช้ในโรงสีเพื่อใช้ในการลดความชื้นอยู่แล้ว อาจนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บระหว่างการเก็บรักษาข้าวเปลือก ด้วยการจัดสภาพของความร้อนจากเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดที่ให้ความร้อนต่ำสุด ระยะเวลา น้อยที่สุด แต่มีผลในการกำจัดแมลงและรักษาคุณภาพผลผลิตไว้ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง ที่มีความทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด

การเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงระยะต่าง ๆ

ด้วงงวงข้าวโพด เลี้ยงเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิ 28 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75 % ปรับความชื้นข้าวเปลือกเท่ากับ 15-18 % ปลอ่ยแมลงตัวเต็มวัย (คละเพศ) ประมาณ 200 ตัว ใส่ลงในขวดพลาสติกที่บรรจุข้าวเปลือก 3/4 ของขวด ปลอ่ยให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่ 3 วัน แยกตัวเต็มวัยออก (เจนวิทย์ และคณะ, 2554) สำหรับมอดแป้ง เลี้ยงด้วยแป้งสาลี น้ำหนัก 200 กรัมต่อขวด ปลอ่ยแมลงตัวเต็มวัย (คละเพศ) ประมาณ 100-200 ตัว ปลอ่ยให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่ 5 วัน แยกตัวเต็มวัยออกและเลี้ยงแมลงให้ไ้ระยะไข่ หนอน ดักแด่ และตัวเต็มวัย (เนตรนภา และคณะ, 2554)

การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของแมลง ที่มีความทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด

ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ความชื้น 13 % น้ำหนัก 200 กรัม นำมาผ่านความร้อนด้วยเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดในระดับห้องปฏิบัติการ (Christison Scientific, UK) ใส่แมลงระยะไข่ หนอน ดักแด่ และตัวเต็มวัย ในถุงผ้า จำนวน 100 ตัวต่อระยะ ด้วงงวงข้าวโพด ทดสอบที่ระดับความเร็วลม 3.7 m/s อุณหภูมิ 50 °C เวลา 90 วินาที และมอดแป้ง ทดสอบที่ระดับความเร็วลม 3.7 m/s ที่อุณหภูมิ 40 °C เวลา 120 วินาที บันทึกอัตราการตายของแมลง หลังจากการทดลอง 5-6 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับข้าวเปลือกชุดควบคุมที่ไม่ได้ผ่านความร้อน นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การตายโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย least significant difference (LSD)

การศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้งตายอย่างสมบูรณ์

นำด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้งระยะทนทาน (ผลจากการทดลองข้างต้น) มาทดสอบผ่านความร้อนจากฟลูอิดไดซ์เบด ในช่วงเวลา 60-240 วินาที ปรับระดับความร้อน ตั้งแต่ 50-65 °C เพื่อหาระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งในระยะที่ทนทานที่สุด จำนวนแมลงที่ทดสอบ 100 ตัวต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ดำเนินการทดลอง เช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น

นำข้าวเปลือกที่ผ่านความร้อนจากฟลูอิดไดซ์เบดในระดับห้องปฏิบัติการไปตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพการสี และคุณภาพทางเคมี บางประการ ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิเมล็ด สีข้าวสาร ดัชนีความขาว ต้นข้าว และปริมาณอะไมโลส แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย least significant difference (LSD)

ผล

การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง ที่มีความทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด

อัตราการตายของด้วงงวงข้าวโพดระยะไข่ หนอน ดักแด่ และตัวเต็มวัย เมื่อผ่านความร้อนที่ระดับความเร็วลม 3.7m/s อุณหภูมิ 50 °C ระยะเวลา 90 วินาที มีอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เท่ากับ

36.75 ± 7.63 และ 100 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับมอดแบ่ง ที่อุณหภูมิ 40 °C ระยะเวลา 120 วินาที มีอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เท่ากับ 7.25 ± 3.59, 32.25 ± 14.57, 100.00 ± 0.00 และ 12.75 ± 7.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นด้วงงวงข้าวโพด ระยะดักแด้ และมอดแบ่งระยะไข่เป็นระยะที่ทนต่อความร้อนจากฟลูอิดไดซ์เบดมากที่สุด

การศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแบ่งตายอย่างสมบูรณ์

ด้วงงวงข้าวโพดระยะดักแด้ (ระยะหนาน) มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ที่ 55 °C 150 วินาที, 60 °C 90 วินาที และ 65 °C 60 วินาที ตามลำดับ และมอดแบ่งระยะไข่ (ระยะหนาน) มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ที่ 40 °C 180 วินาที, 45 °C 180 วินาที และ 50 °C 120 วินาที ตามลำดับ (Table 1-2)

Table 1 Average mortality of pupal maize weevils after exposed to fluidized bed heat treatment at combination of temperature (50, 55, 60 and 65 °C) and exposure time (60, 90, 120, 150, 180 and 240 seconds)

Time (seconds)	Mortality of pupal maize weevil (%) ± SE* at various temperature (°C)			
	50	55	60	65
Control	4.50 ± 1.73 c	9.00 ± 3.56 c	7.75 ± 3.10 b	7.75 ± 3.30 b
60	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 d	0.50 ± 0.58 c	100.00 ± 0.00 a
90	0.00 ± 0.00 c	96.00 ± 4.76 b	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
120	0.00 ± 0.00 c	99.00 ± 1.41 ab	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
150	58.75 ± 13.15 b	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
180	68.50 ± 12.45 b	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
240	85.50 ± 5.45 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
CV (%)	23.13	3.21	1.64	1.44

* Means followed by the same letter within column are not significantly different from each other at $P < 0.01$ according to least significant difference (LSD) Test

Table 2 Average mortality of egg red flour beetle after exposed to fluidized bed heat treatment at combination of temperature (40, 45 and 50 °C) and exposure time (120, 150, 180 and 240 seconds)

Time (seconds)	Mortality of egg red flour beetle (%) ± SE* at various temperature (°C)		
	40	45	50
Control	3.00 ± 1.63 c	8.00 ± 4.55 c	8.00 ± 2.16 b
120	6.50 ± 4.65 c	95.00 ± 2.58 b	100.00 ± 0.00 a
150	84.75 ± 10.63 b	98.50 ± 1.29 a	100.00 ± 0.00 a
180	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
240	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
CV (%)	8.90	3.00	1.18

* Means followed by the same letter within column are not significantly different from each other at $P < 0.01$ according to least significant difference (LSD) Test

คุณภาพของข้าวเปลือกที่ผ่านความร้อนโดยเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดในระดับห้องปฏิบัติการ

ข้าวเปลือกที่ผ่านความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิระหว่าง 40-50 องศาเซลเซียส มีความชื้นไม่แตกต่างกับชุดควบคุม แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความชื้นข้าวเปลือกจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อสีเป็นข้าวสาร พบว่าข้าวสารมีสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า L* (ความสว่าง) และดัชนีความขาว ที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ค่า b* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่วนปริมาณอะมิโลสลดลง เมื่อพิจารณาคุณภาพการสีพบว่า เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าระหว่างร้อยละ 41-44 ซึ่งอยู่ในระดับดี (Table 3)

Table 3 Moisture content, grain temperature, color values (L^* , b^*), whiteness index, whole kernels and head rice and amylose content of rice cv. Khao Dawk Mali 105 when exposed to fluidized bed heat treatment at various temperatures and exposure times for completely killing pupal maize weevil and egg red flour beetle.

Treatment	Moisture content (%)	grain temperature (°C)	Color values**		Whiteness index	Whole kernels and Head rice (%)	Amylose (%)
			L^*	B^*			
40C180S	11.90 abc	35.33 d	69.50 a	10.49 bc	67.72 a	43.14 ^{ns}	14.45 c
45C180S	12.00 ab	41.67 c	68.81 a	10.93 b	66.92 a	42.28 ^{ns}	14.53 c
50C120S	11.83 bc	46.67 b	69.49 a	10.27 bc	67.78 a	42.65 ^{ns}	14.92 b
55C150S	11.70 c	53.67 a	65.63 c	13.43 a	62.85 bc	42.02 ^{ns}	14.78 bc
60C90S	11.73 c	54.67 a	65.26 c	12.98 a	62.69 c	42.62 ^{ns}	14.45 c
65C60S	11.83 bc	56.67 a	67.14 b	13.52 a	64.20 b	41.51 ^{ns}	15.02 b
Control	12.07 a	29.67 e	68.83 a	9.64 c	67.35 a	44.07 ^{ns}	15.39 a
CV (%)	1.02	3.03	1.25	4.62	1.26	2.29	1.39

* Means followed by the same letter within column are not significantly different from each other at $P < 0.01$ according to least significant difference (LSD) Test

วิจารณ์ผล

ด้วงวงข้าวโพดระยะดักแด้ และมอดแป้งระยะไข่ เป็นระยะที่ทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด เนื่องจากระยะไข่และดักแด้ของแมลงเป็นระยะที่มีกิจกรรมและการหายใจต่ำกว่าระยะอื่น ดังนั้นการสูญเสียน้ำจึงลดลง (Chapman, 1998) ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ ใจทิพย์ และคณะ (2553) ที่พบว่าระยะตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพดอ่อนแอต่อความร้อนมากกว่าระยะอื่น ความร้อนจากระบบฟลูอิดไดซ์เบดในการอบข้าวเปลือกเมื่อแรกเข้าโรงสีเป็นความร้อนที่ 42-65°C ระยะเวลาประมาณ 5-10 นาที สามารถกำจัดด้วงวงข้าวโพด หรือมีผลในการกำจัดแมลงที่ติดมาจากแปลงผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวได้

สรุป

ด้วงวงข้าวโพดในระยะดักแด้ และมอดแป้งในระยะไข่ ทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดมากที่สุด มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ที่ 55 °C 150 วินาที, 60 °C 90 วินาที และ 65 °C 60 วินาที และ 40 °C 180 วินาที, 45 °C 180 วินาที และ 50 °C 120 วินาที ตามลำดับ และส่งผลให้คุณภาพข้าวเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับการสนับสนุนทุนศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เจนวิทย์ ทาแกง, เยาวลักษณ์ จันทน์บาง และไสว บุรณพานิชพันธุ์. 2554. ประสิทธิภาพของก๊าซไอโซนในการควบคุมด้วงวงข้าวในข้าวสาร. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1 พิเศษ): 410-413.
- ใจทิพย์ อุไรชื่น, อัจฉรา เพชรโชติ และพรทิพย์ วิสารทนนท์. 2553. การควบคุมด้วงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) ศัตรูข้าวหลังเก็บเกี่ยวด้วยการใช้ความร้อน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. หน้า 54-64.
- เนตรนา ศรีสongสม, เยาวลักษณ์ จันทน์บาง และไสว บุรณพานิชพันธุ์. 2554. ประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงบางชนิดและการใช้ร่วมกับดินเบาในการกำจัดมอดแป้งจากโรงเก็บข้าวโพด. วารสารเกษตร 27 (2): 155-164.
- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of insecticide. Journal of Economic Entomology 18: 265-267.
- Abd El-Aziz, S. E. 2011. Control strategies of stored product pests. Journal of Entomology 8(2): 101-122.
- Chapman, R. F. 1998. Reproductive system: male. pp. 268-294. In: R. F. Chapman (ed.). *The insects: Structure and Function*. Cambridge University, Cambridge.
- Evans, D. E. and T. Dermott. 1979. The potential of fluidized-bed techniques in insect control. p: 222-229.
- Pande, R. and H. N. Mishra. 2013. Effect of fluidized bed heat treatment on insect mortality, proximate composition and antinutritional content of stored green gram (*Vigna radiata*) seeds. Journal of Food Chemistry and Nutrition 01 (02): 94-99.

การใช้ดินเบาจากประเทศไทยเพื่อควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งในเมล็ดข้าว Uses of Diatomaceous Earth of Thailand for Controlling Maize Weevil and Red Flour Beetle in Rice Grain

พัชรดนัย ใจคำ¹ วรวิมล วงศ์พานิช² สิริญา คัมภีโร¹ กรรวัฒน์ อรรถโสภะ¹ และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{1,2*}
Patcharadanai Jaikhum¹, Wornwimol Wangspa², Siriya Kumpiro¹, Korrawat Attasopa¹ and Yaowaluk Chanbang^{1,2*}

Abstract

Maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) is the primary stored product insect pest of rice infested inside rice kernel and red flour beetle (*Tribolium castaneum* Herbst) infested on damaged grain. The damage from those 2 species caused quantity and quality losses. The objective of this experiment is to study the efficacy of diatomaceous earth (DE) from Nam Jo Subdistrict, Mae Tha District, Lampang Province to control those insects in organic paddy. The contact toxicity of DE (250 microns) on maize weevil was examined by mixing with paddy (14% mc) at the ratio of 250, 750 and 1,000 mg/1 kg. The experiment was done for 3 replications. Results showed that 100% mortality of maize weevil was found in the treatment of 750 and 1,000 mg/1 kg on day 7 compared with 0% mortality in untreated control. For contact toxicity on red flour beetle, DE (125 microns) was mixed with water at 0, 10 and 20% (w/v) and then painted on filter paper. The test was done on 12-day-old larvae and pupae for 3 replications. The result showed that mortalities of 12-day-old larvae were 4.17±2.71, 9.17±1.54 and 10.83±2.39%, respectively whereas mortalities of pupae were 7.50±1.12, 16.67±4.21% and 26.67±4.01%, respectively. Then eggs, young larvae (6 days old), pupae and adults were tested again in the same pattern with 5 replications. The mortalities of young larvae were 0, 92.00±3.39 and 61.00±15.68%, respectively while mortalities of other stages were less than 20% after day 3. In conclusion, DE at 750 mg/kg was enough as the grain admixture for control maize weevil and DE at 10% (w/v) was appropriate for painting on the surface to control young larvae of red flour beetle.

Keywords: diatomaceous earth, seed mixed, contact toxicity, stored product insect

บทคัดย่อ

ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) เป็นแมลงศัตรูสำคัญที่เข้าทำลายภายในเมล็ดข้าวในโรงเก็บและมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Herbst) เป็นแมลงที่เข้าทำลายข้าว การทำลายของแมลงทั้งสองชนิดนี้ส่งผลให้เมล็ดข้าวสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของดินเบาจากพื้นที่ตำบลน้ำใจ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งในข้าวเปลือกอินทรีย์ และทดสอบพิษทางสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวโพดโดยคลุกข้าวเปลือก (14% mc) ที่มีความชื้นเริ่มต้น 14% กับดินเบา ขนาด 250 ไมครอน อัตรา 250, 500, 750 และ 1,000 มิลลิกรัม/ข้าวเปลือก 1 กิโลกรัม จำนวน 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีใช้ดินเบาขนาด 750 และ 1,000 มิลลิกรัม/ข้าวเปลือก 1 กิโลกรัม พบการตายของด้วงงวงข้าวโพดเป็น 100% หลังได้สัมผัสดินเบาเป็นเวลา 7 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่พบการตายของแมลง ส่วนการทดสอบพิษทางสัมผัสต่อมอดแป้ง โดยใช้ดินเบา ขนาด 125 ไมครอนผสมน้ำที่ความเข้มข้น 0, 10 และ 20 % (w/v) ทาลบนกระดาษกรอง จำนวน 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี กับหนอนอายุ 12 วันและดักแด้ พบว่า หนอนอายุ 12 วัน มีการตาย 4.17±2.71, 10.83±2.39 และ 9.17±1.54% ตามลำดับ ส่วนดักแด้มีอัตราการตาย 7.50±1.12, 16.67±4.21 และ 26.67±4.01% ตามลำดับ และเมื่อทดสอบในทำนองเดียวกันกับ มอดแป้งระยะไข่ หนอนวัยอ่อน (อายุ 6 วัน) ดักแด้ และตัวเต็มวัย จำนวน 5 ซ้ำต่อกรรมวิธี พบว่า เฉพาะหนอนวัยอ่อนมีการตาย 0, 92.00±3.39 และ 61.00±15.68% ตามลำดับ หลังสัมผัสดินเบาเป็นเวลา 3 วัน ขณะที่มอดแป้งระยะอื่น ตายน้อยกว่า 20 % สรุปได้ว่า ดินเบาอัตรา 750 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม เพียงพอในการคลุกเมล็ดป้องกันด้วงงวงข้าวโพด และดินเบาผสมน้ำความเข้มข้นตั้งแต่ 10% เหมาะสมในการทาพื้นผิวป้องกันหนอนวัยอ่อนมอดแป้ง

คำสำคัญ: ดินเบา คลุกเมล็ด พิษทางสัมผัส แมลงศัตรูผลิตผลในโรงเก็บ

¹ ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

² ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

* Corresponding author: lukksu@hotmail.com

คำนำ

การเก็บรักษาเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยวมักประสบปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูโรงเก็บโดยเฉพาะ ตัวงวงข้าวโพด (maize weevil: *Sitophilus zeamais* Motschulsky) กัดกินเมล็ด และตัวอ่อนกัดกินอาศัยอยู่ในเมล็ด และมอดแป้ง (red flour beetle: *Tribolium castaneum* (Herbst)) ที่ระยะหนอนและตัวเต็มวัยมักเข้าทำลายซ้ำในผลผลิตที่ตัวงวงข้าวโพดทำลายมาก่อน แมลงดังกล่าวส่งผลให้ข้าวเกิดความเสียหายทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ สำหรับมอดแป้งเป็นแมลงที่เข้าทำลายหลังจากที่แมลงอื่นทำลายเมล็ดพืชเป็นรู หรือรอยแตกแล้ว ทำให้ผลผลิตที่อาศัยอยู่มักขึ้นเหม็น (พรทิพย์และคณะ, 2548) การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บส่วนใหญ่มักใช้สารเคมีคลุกเมล็ด ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม และสามารถทำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารเคมีได้ หากมีการใช้ในระยะเวลานาน การใช้ดินเบาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีการใช้ควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บร่วมกับวิธีการอื่น โดยส่วนใหญ่มักใช้ในการคลุกเมล็ดและผสมน้ำทาผาผนังและพื้นผิวโรงเก็บ (Stathers *et al.*, 2004) ดินเบาเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติไม่ละลายน้ำ ประกอบด้วยซิลิกา 60-93% ความชื้นประมาณ 2-6% ไม่ติดไฟ มีความปลอดภัยต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีการนำมาใช้เพื่อการกำจัดแมลงทางการเกษตร (Losic and Korunic, 2018) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราที่เหมาะสมต่อรูปแบบการใช้ดินเบาป้องกันกำจัดตัวงวงข้าวโพด และมอดแป้งศัตรูของข้าวระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมดินเบา

นำก้อนดินเบาที่ได้รับจากตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง บดเป็นผงละเอียด จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนแยกขนาด 250 และ 125 ไมโครเมตร เพื่อใช้ในการทดลอง

การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณตัวงวงข้าวโพดและมอดแป้ง

ตัวงวงข้าวโพดและมอดแป้งที่ใช้ในการทดลองได้จากห้องปฏิบัติการแมลงศัตรูในโรงเก็บ ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28 – 33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์เลี้ยงตัวงวงข้าวโพดโดยใช้ข้าวเปลือกเลี้ยงเป็นอาหาร จนเป็นตัวเต็มวัยอายุไม่เกิน 2 สัปดาห์ ส่วนมอดแป้งเพาะเลี้ยงด้วยข้าวกล้องบดละเอียด หลังจากนั้นร่อนแยกระยะไข่ (อายุ 3-5 วันหลังวางไข่) หนอน (อายุ 6 วัน และ 12 วัน) ระยะดักแด้ และตัวเต็มวัย (ไม่เกิน 2 สัปดาห์) ร่อนแยกมอดแป้งในระยะต่าง ๆ ได้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ทำการเขี่ยตัวอย่างแมลงระยะต่าง ๆ ด้วยพู่กันเพื่อแยกออกมาใช้ในการทดลอง

ประสิทธิภาพของดินเบาในการกำจัดตัวงวงข้าวโพด

วางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีคืออัตราดินเบาที่ใช้คลุกกับตัวอย่างข้าวจำนวน 5 กรรมวิธี โดยการนำข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาปรับความชื้นของเมล็ดให้อยู่ที่ประมาณ 14% ซึ่งข้าวเปลือกปริมาตร 200 กรัม จำนวน 15 กระบอก เพื่อคลุกกับดินเบาที่มีอนุภาคขนาด 250 ไมโครเมตร อัตรา 250, 500, 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อ ข้าวเปลือก 1 กิโลกรัม นำตัวเต็มวัยตัวงวงข้าวโพดอายุไม่เกิน 1 สัปดาห์ ข้าวละ 40 ตัว ปล่อยลงในข้าวเปลือกที่คลุกดินเบาที่บรรจุในกระบอกพลาสติกแล้ว นำตัวอย่างวางไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 28 – 33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ทำการตรวจนับการตายของตัวเต็มวัยตัวงวงข้าวโพดที่ระยะเวลา 1 และ 7 วัน หากพบการตายในชุดควบคุมทำการปรับค่าเปอร์เซ็นต์การตายด้วย Abbott's formula (Abbott, 1925) วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการตายด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ประสิทธิภาพของดินเบาในการกำจัดมอดแป้ง

นำดินเบาที่มีอนุภาคขนาด 125 ไมโครเมตร ทำเป็นสารแขวนลอยดินเบาที่ความเข้มข้น 3 กรัมต่อน้ำ 30 มิลลิลิตร (10%) และ 6 กรัมต่อน้ำ 30 มิลลิลิตร (20%) ทาลงบนกระดาษกรองที่วางไว้ในจานแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรให้ทั่ว ปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปทำการทดลอง 2 ชุด โดยการทดลองชุดที่ 1 ทดสอบกับตัวหนอนที่อายุ 12 วัน และตัวเต็มวัยของมอดแป้งที่อายุ 1 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ การทดลองชุดที่ 2 ทดสอบกับไข่ตัวหนอนที่อายุ 6 วัน ดักแด้ และตัวเต็มวัยของมอดแป้งที่อายุ 1 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 ซ้ำ วางบนกระดาษกรองที่ทาสารแขวนลอยดินเบาแต่ละความเข้มข้นในจานแก้ว จำนวน 20 ตัวต่อจาน ใช้ปากกลั่นทากระดาษกรองเป็นชุดควบคุม ปิดฝาแล้ววางไว้ในห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิ 28 – 33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ทำการตรวจนับการตายของหนอนและตัวเต็มวัยของมอดแป้ง ตรวจนับอัตราการฟักออกจากไข่ และประเมินการพัฒนาจากดักแด้เป็นตัวเต็มวัย ทุก ๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายโดยวิธี Least significant difference (LSD) หากพบการตายในชุดควบคุม ทำการปรับค่าเปอร์เซ็นต์การตายด้วย Abbott's formula (Abbott, 1925)

ผล

ประสิทธิภาพของดินเบาในการกำจัดด้วงงวงข้าวโพด

ด้วงงวงข้าวโพดในข้าวเปลือกที่คลุกด้วยดินเบาที่มีอนุภาค 250 ไมโครเมตร ที่อัตรา 0 (ชุดควบคุม), 250, 500, 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อข้าวเปลือก 1 กิโลกรัม มีอัตราการตายแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) หลังจากสัมผัสข้าวเปลือกที่คลุกดินเบา 1 วัน และการตายเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อัตราการตายเป็น 0, 45.8±19.1, 85.0±34.0, 88.3±35.4 และ 100.0±0.0% ตามลำดับ (Table 1)

Table 1. Percentage mortality of *Sitophilus zeamais* adult after 7 days of exposure with four dose rates of 250 microns diatomaceous earth (DE)

Weight of diatomaceous earth (g/rough rice 1 Kg)	1 day	7 days
Untreated (control)	0.0±0.0b	0.0±0.0c
250	12.5±1.5ab	45.8±19.1b
500	10.0±0.6ab	85.0±34.0a
750	32.5±3.5a	88.3±35.4a
1,000	22.5±3.6a	100.0±0.0a

Means within the column followed by different letters are significantly different at 95% confidence level ($P<0.05$) by Least Significant Difference (LSD) comparison.

ประสิทธิภาพของดินเบาในการกำจัดมอดแป้ง

หลังจากมอดแป้งอายุ 12 วันสัมผัสกับดินเบาขนาดอนุภาค 125 ไมโครเมตร ที่อัตราความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10 และ 20% ที่ทาบบนกระดาษกรองและวางไว้ในจานแก้ว (petri dish) พบว่าการตายที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนผลการทดสอบในระยะดักแด้ พบว่าการตายที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 7.50±1.1 (ชุดควบคุม), 16.67±4.2 (10% DE) และ 26.67±4.01 (20% DE) ตามลำดับ (Table 2) และเมื่อทำการทดลองซ้ำ กับมอดแป้งระยะไข่ หนอน (อายุ 6 วัน) ดักแด้ และตัวเต็มวัย พบว่า ระยะไข่และตัวเต็มวัยของมอดแป้งมีการตายต่ำกว่า 10% ไม่แตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี ส่วนระยะหนอนวัยอ่อน (อายุ 6 วัน) การตายของหนอนแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีการตาย 0, 92.0±3 และ 61.0±15.7% ตามลำดับ (Table 3)

Table 2. Percentage mortality of *Tribolium castaneum* larvae (12 days old) and pupae after 3 days of exposure with two concentrations of 125 microns diatomaceous earth (DE)

DE concentrations (%)	Older larvae (12 days old)	Pupae
Untreated (control)	4.17 ± 2.7a	7.50 ± 1.1b
10	9.17 ± 1.5a	16.67 ± 4.2ab
20	10.83 ± 2.4a	26.67 ± 4.01a

Means within the column followed by different letters are significantly different at 95% confidence level ($P<0.05$) by Least Significant Difference (LSD) comparison.

Table 3. Percentage mortality different stages of *Tribolium castaneum* after 3 days of exposure with two concentrations of 125 microns diatomaceous earth (DE)

DE concentrations (%)	Eggs	Young larvae (6 days old)	Pupae	Adults
Untreated (control)	0.0±0.0a	0.0±0.0c	10.0±6.1ab	0.0±0.0a
10	5.0±3.2a	92.0±3.4a	19.0±5.8a	0.0±0.0a
20	0.0±0.0a	61.0±15.7b	3.0±3.0b	2.0±1.2a

Means within the column followed by different letters are significantly different at 95% confidence level ($P<0.05$) by Least Significant Difference (LSD) comparison.

วิจารณ์ผล

ด้วงวงข้าวโพดในข้าวเปลือกที่คลุกด้วยดินเบาที่มีอนุภาค 250 ไมโครเมตร เริ่มพบการตายหลังจากสัมผัสดินเบา 1 วัน และอัตราการคลุก 1,000 มิลลิกรัมต่อข้าวเปลือก 1 กิโลกรัม สามารถทำให้ด้วงวงข้าวโพดตายได้ 100% ในวันที่ 7 หลังการสัมผัสดินเบา ในอัตราเดียวกันนี้ Chanbang *et al.* (2008) พบว่าดินเบาที่ทำเป็นสารกำจัดแมลงเป็นการค้าสามารถทำให้มอดหัวบ่อ (*Rhizopertha dominica*) ตายได้ 46-100% เช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้ ผลของการใช้ดินเบาทางวัสดุพื้นผิวป้องกันกำจัดมอดแป้ง มีผลทำให้มอดแป้งระยะหอนอายุ 12 วัน และดักแด้ที่สัมผัสกับดินเบามีการตายต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำมาทดสอบกับมอดแป้งระยะตัวเต็มวัย ระยะไข่ หนอนวัยอ่อน (อายุ 6 วัน) และทดสอบกับดักแด้อีกครั้งโดยใช้ดินเบาขนาดอนุภาค 125 ไมครอน พบว่าดินเบาที่นำมาทาอยู่บนพื้นผิววัสดุ มีผลกับหนอนวัยอ่อนมีการตายที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับหนอนที่ไม่ได้สัมผัสดินเบา โดยทำให้หนอนวัยอ่อนมีอัตราการตายสูงกว่า 61 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Vayias and Athanassiou (2003) ได้รายงานในทำนองเดียวกันว่าหนอนวัยอ่อนของมอดแป้ง *Tribolium confusum* มีความอ่อนแอต่อดินเบา เมื่อเทียบกับระยะตัวเต็มวัย ซึ่งมีการใช้ดินเบาขนาด 8-12 ไมครอน เมื่อพิจารณาจากมอดแป้งในระยะหอนซึ่งอยู่ภายนอกเมล็ดจะมีการเคลื่อนไหว คลานอยู่ในกองปะปนอยู่กับข้าว ซึ่งทำให้มีโอกาสมีโอกาสที่จะสัมผัสดินเบา และทำให้มอดแป้งที่คลานอยู่มีโอกาสรอดได้น้อยลง เนื่องจากดินเบาเมื่อผสมกับเมล็ดและดูดซับไขมันที่ผนังลำตัวของแมลงจนทำให้เกิดการขาดน้ำและตายในที่สุด อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของดินเบา เช่น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพบรรยากาศที่ส่งผลให้แมลงได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำเพิ่มมากขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมลดลง (Chanbang *et al.*, 2007)

สรุป

การใช้ดินเบาคลุกเมล็ดข้าวเปลือกในอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม สามารถใช้ป้องกันกำจัดด้วงวงข้าวโพดได้ ทำให้ด้วงวงข้าวโพดตาย 100 เปอร์เซ็นต์หลังจากสัมผัสเมล็ดที่คลุกด้วยดินเบาเป็นเวลา 7 วัน และการใช้สารแขวนลอยดินเบาที่ระดับความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ทาผิววัสดุมีผลทำให้มอดแป้ง ในระยะหนอนวัยอ่อน (อายุ 6 วัน) มีการตาย 61 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการสัมผัสดินเบาเป็นเวลา 3 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท เอสซีจี ซีเมนต์ จำกัด สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- พรทิพย์ วิสารทนนท์, กุสุมา นวลวัฒน์, ปุษรา จันทรแก้วมณี, ใจทิพย์ อุไรชื่น, รังสิมา เก่งการพานิช, กรรณิการ์ เฟื่องคุ้ม, จิราภรณ์ ทองพันธ์, ดวงสมร สุทธิสุทธิ, ลักขณา ร่มเย็น และภาวิณี หนูชนะภัย. 2548. แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 158 หน้า.
- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Chanbang, Y., F.H. Arthur, G.E. Wilde and J.E. Throne. 2007. Efficacy of diatomaceous earth to control *Rhizopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice: Impacts of temperature and relative humidity. *Crop Protection* 26: 923-929.
- Chanbang, Y., F.H. Arthur, G.E. Wilde and J.E. Throne. 2008. Control of *Rhizopertha dominica* in stored rough rice through a combination of diatomaceous earth and varietal resistance. *Insect Science* 15: 455-460.
- Losic, D. and Z. Korunic. 2018. Diatomaceous earth, a natural insecticide for stored grain protection: recent Progress and perspectives. pp. 219-247 *In*: Losic, D. (Ed.). *Diatom Nanotechnology: Progress and Emerging Applications*.
- Stathers, T.E., M. Denniff and P. Golob. 2004. The efficacy and persistence of diatomaceous earths admixed with commodity against four tropical stored product beetle pests. *Journal of Stored Products Research* 40(1): 113-123.
- Vayias, B.J. and C.G. Athanassiou. 2003. Factors affecting the insecticidal efficacy of the diatomaceous earth formulation SilicoSec against adults and larvae of the confused flour beetle, *Tribolium confusum* DuVal (Coleoptera: Tenebrionidae). *Laboratory of Agricultural Zoology and Entomology* 23(2004): 565-573.

ผลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวในระหว่างการเก็บรักษา Effect of Radio Frequency Heating Temperature on Rice Seed Quality during Storage

ศิราพร เชื้ออ้วน¹ รัชรังสี รัชนิพนธ์¹ และ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์²
Siraporn Chuea-uan¹, Ratcharangsri Ratchanipon¹ and Sa-nguansak Thanapornponpong²

Abstract

The purpose of this research was to study the effect of radio frequency (RF) heat temperature at 27.12 MHz and power of 15 kW on the seed quality of San Pa Tong 1 rice during storage at 10.5% initial seed moisture. The experimental design was split plot with 4 replications. The main factors were hot air-dried seed (control 1), hot air-dried seed and fumigated with phosphine (control 2), RF heated seed at 55, 60 and 65 °C. The sub-plots was storage period (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 months). Packed 5 kg in plastic sack, size 38 X 48 cm. Stored in a closed container. It was found that RF heating at 55 and 60 °C had germination, germination index and vigor of rice seed were not statistically different from control 1 and control 2. The germination of rice seeds was not statistically different during storage. The germination index was the highest at the 4th month. The vigor test with the accelerated aging method was not statistically different between the 2nd to 8th months. Therefore, RF heating at 55°C to dispose insects can be used without affecting on rice seed quality throughout the storage period.

Keywords: radio frequency, seed, storage

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่ความถี่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 15 kW ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 ในระหว่างการเก็บรักษา ที่ความชื้นเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น 10.50 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ วิธีการอบ ได้แก่ การอบแห้งด้วยลมร้อน (ชุดควบคุม 1) และการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการรมด้วยฟอสฟีน (ชุดควบคุม 2) เมล็ดพันธุ์ที่ให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ปัจจัยรอง คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เดือน) น้ำหนัก 5 กิโลกรัม บรรจุในกระสอบพลาสติกสานขนาด 38X48 เซนติเมตร เก็บรักษาไว้ในภาชนะปิด พบว่าการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอก ดัชนีความงอก และความแข็งแรงไม่แตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม 1 และชุดควบคุม 2 ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าดัชนีความงอกมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 4 ความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างเดือนที่ 2 ถึง 8 ดังนั้นการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดแมลงสามารถใช้ได้โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

คำสำคัญ: คลื่นความถี่วิทยุ เมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษา

คำนำ

กระบวนการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว หลังจากเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านการทำความสะอาด และการอบลดความชื้นแล้ว เมล็ดพันธุ์ข้าวจะถูกนำไปคลุกสารเคมีป้องกันโรคและแมลงเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนบรรจุเมล็ดพันธุ์ลงในกระสอบพลาสติกสานระหว่างการเก็บรักษา เพื่อรอการจำหน่าย สารเคมีที่ใช้คลุกเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันกำจัดแมลงที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าว ได้แก่ สารคลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos) และในระหว่างการเก็บรักษาจะใช้การรมด้วยสารฟอสฟีน (phosphine) เพื่อป้องกันแมลงศัตรูข้าวในโรงเก็บด้วย แต่ในปี 2563 ได้มีประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 6) ให้ยกเลิกการใช้สารคลอร์ไพริฟอส โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2563 (ราชกิจจานุเบกษา, 2563) จึงทำให้กระบวนการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่สามารถคลุกสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ประกอบกับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวเก็บรักษาในสภาพเปิด (open storage) แมลงศัตรูข้าวสามารถสร้างความเสียหาย

¹ ศูนย์เมล็ดพันธุ์เชียงใหม่ กองเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว เชียงใหม่ 50230

¹ Chiang Mai Rice Seed Center, Rice Seed Division, Rice Department, Chiang Mai 50230, Thailand

² ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

ให้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บรักษา ทำให้สูญเสียคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว ส่งผลให้คุณภาพไม่ผ่านมาตรฐานเมล็ดพันธุ์สำหรับจำหน่าย

ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency : RF) เกิดขึ้นจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับความถี่วิทยุ ถูกปล่อยผ่านไปยังวัตถุที่มีคุณสมบัติไดอิเล็กทริก ทำให้วัตถุที่มีพันธะโมเลกุล 2 ขั้ว เช่น โมเลกุลของน้ำ เมื่อโมเลกุลขวางทิศทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเกิดการสั่นสะเทือน ทำให้เกิดพลังงานสะสมเป็นความร้อนจากการเสียดทานของโมเลกุล (Nijhuis *et al.*, 1998) ซึ่งเกิดความร้อนภายในวัตถุอย่างรวดเร็วและทั่วถึงในระยะเวลาสั้น วัตถุที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบจะมีความร้อนเกิดขึ้นภายใน แผลงซึ่งมีน้ำปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ สามารถดูดซับพลังงานได้เร็วและก่อให้เกิดความร้อนในตัวแผลงได้เร็วกว่าเมล็ดข้าวเปลือกจึงเกิดความร้อนขึ้นมากกว่าและรวดเร็วกว่า แผลงอาจตายได้อย่างรวดเร็วโดยที่เมล็ดข้าวยังไม่ถูกทำลายและไม่มีผลต่อคุณภาพของข้าว (สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2551) นอกจากนี้ กฤษณา (2552) พบว่าการให้ความร้อนจาก RF ความถี่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 150 วินาทีขึ้นไป สามารถกำจัดมอดหัวป้อมในระยะตัวเต็มวัยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และการให้ความร้อนด้วย RF ระยะเวลา 220 วินาที ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สามารถกำจัดผีเสื้อข้าวเปลือกในระยะดักแด้อย่างสมบูรณ์ (อัมพร และคณะ, 2555) ซึ่งชัชพงษ์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาการใช้ RF เพื่อควบคุมมอดพันธุ์ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 วินาทีเป็นการใช้ RF ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้แผลงตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบแผลงรุ่นลูก (F_1) และการให้ความร้อนจาก RF ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที ทำให้ตัวเต็มวัยของเหาหนึ่งสัปดาห์ตายอย่างสมบูรณ์ และไม่พบแผลงรุ่นลูก (F_1) (กฤตพจน์ และคณะ 2564) ในด้านคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ สวณศักดิ์ และคณะ (2562) รายงานว่าการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที ไม่มีผลต่อความชื้น ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว เนื่องจากยังไม่มีรายงานผลของการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส ต่อคุณภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 ในระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ผ่านการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์และอบแห้งด้วยลมร้อนจนที่ความชื้นเริ่มต้น 10.5 เปอร์เซ็นต์ นำมาผ่านความร้อนจาก RF ความถี่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 15 kW โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก ได้แก่ เมล็ดพันธุ์อบแห้งด้วยลมร้อน (ชุดควบคุม 1) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง อบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการรมด้วยฟอสฟีน (ชุดควบคุม 2) เมล็ดพันธุ์ที่ให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0 นาที ปัจจัยรอง ได้แก่ ระยะเวลาในการเก็บรักษา (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เดือน) จากนั้นบรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 5 กิโลกรัม ในกระสอบพลาสติกสานขนาด 38X48 เซนติเมตร เก็บรักษาไว้ในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุก 1 เดือนตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ได้แก่ ความงอกเมล็ดพันธุ์ (germination test) โดยวิธี between paper (BP) (ISTA, 2019) ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ (germination index) (AOSA, 2002) ความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุ (seed vigor by accelerate aging test) (กองเมล็ดพันธุ์ข้าว, 2564) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผล

การให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอก ดัชนีความงอก และความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุไม่แตกต่างทางสถิติกับการอบแห้งด้วยลมร้อน (ชุดควบคุม 1) และอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการรมด้วยฟอสฟีน (ชุดควบคุม 2) โดยมีความงอกเท่ากับ 94.31, 94.61, 95.92 และ 96.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดัชนีความงอกเท่ากับ 23.78, 23.57, 24.25 และ 24.48 ตามลำดับ และมีความแข็งแรงเท่ากับ 89.25, 89.78, 91.22 และ 90.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1)

ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อย (10.90 - 12.11 เปอร์เซ็นต์) และมีความงอกอยู่ในช่วง 93.95 - 96.90 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีความงอกมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในการเก็บรักษาเดือนที่ 4 เท่ากับ 29.25 และมีค่าลดเท่ากับ 20.13 ในเดือนที่ 8 ส่วนความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 92.70 - 95.15 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการเก็บรักษาเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 8 (Table 1)

Table 1 Moisture content, germination, germination index and vigor of rice seed during storage

Factor	Moisture content (%)	Germination (%)	Germination index	Vigor (%)
Treatment (A)				
Control 1	11.64 b	95.92 a	24.25 a	91.22 a
Control 2	11.98 a	96.50 a	24.48 a	90.72 a
RF 55 °C	11.42 c	94.31 a	23.78 a	89.25 a
RF 60 °C	11.18 d	94.61 a	23.57 a	89.78 a
RF 65 °C	11.08 d	83.67 b	20.00 b	80.81 b
F-test	**	*	**	**
LSD _{.05}	0.22	4.28	1.28	2.36
Storage period (B)				
0 month	11.13 cd	75.15 c	16.51 g	76.65 c
1 month	10.90 d	94.90 ab	24.99 c	62.75 d
2 month	11.19 c	95.00 ab	25.17 c	94.40 ab
3 month	11.55 b	95.30 ab	26.99 b	93.40 ab
4 month	12.05 a	93.95 b	29.25 a	92.70 b
5 month	11.98 a	94.15 b	21.81 e	93.25 ab
6 month	12.11 a	96.90 a	21.26 e	95.15 a
7 month	11.06 cd	96.60 a	22.83 d	93.50 ab
8 month	11.19 c	95.05 ab	20.13 f	93.40 ab
F-test	**	**	**	**
LSD _{.05}	0.27	2.29	0.78	2.37
A X B	*	*	*	**
C.V.(%)	3.71	3.93	5.34	4.29

Means with different letters within a column indicate a significant difference according to least significant difference (LSD) test

ns = not significant; * significantly different at 0.05 probability level; ** significantly different at 0.01 probability level.

วิจารณ์ผล

การให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อความงอก ดัชนีการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว แต่การให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีผลให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวลดลง ทั้งความงอก ดัชนีการงอก และความแข็งแรง อธิบายได้ว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเอนไซม์ในกระบวนการทางสรีรวิทยาและเคมีต่างๆ ภายในเมล็ด ทำให้เกิดสารประกอบอิสระที่เป็นอันตรายต่อโปรตีนและเอนไซม์ถูกทำลาย (จวงจันท์, 2529) สอดคล้องกับ ปิยจันทร์ (2552) รายงานว่าการให้ความร้อนแก่เมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ด้วย RF ที่อุณหภูมิ 60, 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1 และ 3 นาที พบว่าความงอก ความมีชีวิต และดัชนีการงอกลดลงเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเพิ่มขึ้น และการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที มีผลทำให้ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลดลง เท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์ (พัทยา, 2550)

เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอกสูงตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นผลจากการเก็บรักษาในสภาพปิดสามารถป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นได้ดี ทำให้สามารถรักษาระดับความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ได้ตลอดอายุการเก็บรักษา การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสันปาดอง 1 ในเดือนที่ 0 ให้ค่าความงอก ดัชนีการงอก และความแข็งแรงที่ต่ำกว่าการเก็บรักษาในเดือนอื่นๆ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวสันปาดอง 1 หลังการเก็บเกี่ยวจะมีการพักตัว ประมาณ 8 สัปดาห์ (กรมการข้าว, 2552) เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์โดยอบแห้งด้วยลมร้อน จะทำให้ระยะเวลาการพักตัวลดลง ดังนั้นการเก็บรักษาในเดือนที่ 1 เมล็ดพันธุ์ข้าวจึงมีความงอกและดัชนีความงอกเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวออกจากการพักตัว อย่างไรก็ตามความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้นการใช้เครื่องต้นแบบสำหรับการให้ความร้อนด้วย RF ในการควบคุมหรือกำจัดแมลงในวัสดุการเกษตร สามารถใช้เป็นทางเลือกให้กับผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในกรณีที่ไม่ต้องคลุกหรือรมสารกำจัดแมลง

สรุป

การให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้นการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดแมลง สามารถใช้ได้โดยไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 ทั้งความงอก ดัชนีการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน

เอกสารอ้างอิง

- กฤตพจน์ นันตะกุล, ณัฐรวัฒน์ หมั่นมานี และเยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2564. การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมเหาหนังสือ (*Liposcelis entomophila*) ในเมล็ดข้าวหอมมะลิ. เกษตร 49 (1): 119-129.
- กฤษณา สุเมธะ. 2552. ผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อมอดหัวป้อม *Rhyzopertha dominica* (F.) และคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 69 น.
- กรมการข้าว. 2552. องค์ความรู้เรื่องข้าว. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.ricethailand.go.th/Rkb/fact%20sheet/index.php.htm>. (31 พฤษภาคม 2564).
- กองเมล็ดพันธุ์ข้าว. 2564. การเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมและการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว. เอกสารประกอบการฝึกอบรม. กลุ่มควบคุมคุณภาพ, กองเมล็ดพันธุ์ข้าว, กรมการข้าว. กรุงเทพฯ. 121 น.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร. กรุงเทพฯ. 210 น.
- รัชพงษ์ ศรีคำ, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และณัฐศักดิ์ กฤติเกษม. 2557. การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดพันธุ์ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตร 30 (3): 253-262.
- ปิยฉัตร อัครานูชาต. 2552. การควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์โดยการให้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อคงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 62 น.
- พัทยา จันทร์แสง. 2550. ผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อการควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 82 น.
- ราชกิจจานุเบกษา. 2563. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 6). เล่ม 137 ตอนพิเศษ 117 ง. หน้า 56-57.
- สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์, ขวลิศ อินทรพงษ์, รัชังสี รัชนิพันธ์ และศรีสกุล ทำดี. 2562. ผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ระหว่างการเก็บรักษา. การประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 16. วันที่ 18-21 มิถุนายน 2562. มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี. หน้า 140-147.
- สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่องการใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.phtnet.org/download/phtic-research/110.pdf>. 62 น. (31 พฤษภาคม 2564).
- อัมพร บัวพุด, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และสุชาดา เวียรศิลป์. 2555. ผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุต่อผีเสื้อข้าวเปลือกและคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตร 28 (2) : 137-144.
- Association of Official Seed Analysis (AOSA). 2002. Seed Vigor Testing Handbook (revised 2002). Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing. Association of Official Seed Analysis, Lincoln. 73 p
- International Seed Testing Association (ISTA). 2019. International Rules for Seed Testing 2019. The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland. 300 p.
- Nijhuis, H.H., H.M. Torringa, S. Muresan, D. Yuksel, C. Leguijt and W. Kloek. 1998. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. Trends in Food Science and Technology 9: 13-20.

ความเป็นไปได้ในการพบสารพิษตกค้างในเนื้อและเปลือกของส้มสายน้ำผึ้ง

The Possibility of Pesticide Residue Detection in Pulp and Peel of Tangerine Fruit cv. Sai Num Phung

ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล^{1,2} จุฑารัตน์ พัฒนาทร³ ปัญญวัฒน์ เอกอักษิตวิกุล³ พิสุทธิ์ เขียวมณี^{1,2} สรรเสริญ รังสุวรรณ^{1,2}
และ รติยา พงศ์พิสุทธา^{1,2}

Chainarong Rattanakreetakul^{1,2}, Jutarat Pattanatorn³, Panyawat Aekitsawatwikul³, Pisut Keawmanee^{1,2}, Sansern Rangsuwan^{1,2},
and Ratiya Pongpisutta^{1,2}

Abstract

Pesticide residues are one of the major problems in the food supply system within the producing countries. Tangerine fruit cv. Sai Num Phung was highly found the maximum residue limits (MRL) exceed to Thai FDA No. 387 (B.E. 2560) pesticides residue in foods. Tangerine fruit cv. Sai Num Phung farm practice of pre-harvest interval (PHI) of 7–15 days was managed. The result of pesticides residue by GT-test kit of 355 tangerine fruit samples from the farm during August 2019 to July 2020 referred 56.6% (199 samples) was unsafely products. For further elucidation, 10 samples of the unsafe result from GT-test kit were separated into pulp and peel of tangerine fruit. The samples were extracted with QuEChERS, and the extracts were analyzed with GC/MS comparing to 116 standard pesticides. Pesticide residue on fruit pulp was not found to exceed the Thai standard but the residue on the fruit peel was founded. They found pyridaben 8 samples (0.70, 0.76, 0.05, 0.04, 0.03, 0.09, 0.04 and 0.05 mg/kg) ethion 5 samples (19.40, 20.67, 4.63, 3.71 and 11.35 mg/kg), cypermethrin 4 samples (0.40, 1.45, 2.08 and 1.99 mg/kg), tebuconazole 4 samples (1.76, 1.21, 0.17 and 1.27 mg/kg) with the MRL limit at 0.01, 2.00, 0.3 and 0.01 mg/kg, respectively. These referred that the pesticide residues accumulated on tangerine fruit cv. Sai Num Phung peel than the pulp part.

Keywords: tangerine fruit, pesticide residue, food safety

บทคัดย่อ

สารพิษตกค้างในผลผลิตเกษตรเป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อระบบการผลิตสินค้าเกษตรของไทยและทั่วโลก โดยส้มสายน้ำผึ้งจัดเป็นผลผลิตที่ตรวจพบสารพิษตกค้างเกินค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง อยู่บ่อยครั้ง จากการติดตามแปลงปลูกส้มที่เก็บเกี่ยวโดยใช้ระยะปลอดภัยหลังการเก็บเกี่ยว 7-15 วัน ทำการสุ่มตรวจผลผลิตส้มสายน้ำผึ้งทั้งหมดด้วยวิธี GT- test kit จำนวน 355 ตัวอย่าง ในช่วงเดือนสิงหาคม 2562 - กรกฎาคม 2563 พบผลส้มมีสารพิษตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยจำนวน 199 ตัวอย่าง คิดเป็น 56.06% จากนั้นสุ่มผลส้ม 10 ตัวอย่างที่ผลวิเคราะห์ GT- test kit พบไม่ปลอดภัย แยกส่วนเปลือกและเนื้อของส้มสายน้ำผึ้งนำมาตรวจสารพิษตกค้างโดยสกัดด้วยวิธี QuEChERS และวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยเครื่อง Gas chromatography mass spectrometry โดยเปรียบเทียบสารพิษมาตรฐานจำนวน 116 พารามิเตอร์ ผลการวิเคราะห์ส้มสายน้ำผึ้งแบบแยกเนื้อและเปลือก ในส่วนของเนื้อไม่พบสารพิษตกค้างที่เกินค่ามาตรฐาน ขณะที่เปลือกส้มพบสาร pyridaben จำนวน 8 ตัวอย่าง (0.70, 0.76, 0.05, 0.04, 0.03, 0.09, 0.04 และ 0.05 mg/kg) ethion จำนวน 5 ตัวอย่าง (19.40, 20.67, 4.63, 3.71 และ 11.35 mg/kg) cypermethrin จำนวน 4 ตัวอย่าง (0.40, 1.45, 2.08 และ 1.99 mg/kg) และ tebuconazole จำนวน 4 ตัวอย่าง (1.76, 1.21, 0.17 และ 1.27 mg/kg) จากเกณฑ์ที่กำหนด 0.01, 2.00, 0.3 และ 0.01 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสารพิษตกค้างมีการสะสมบริเวณเปลือกได้มากกว่าบริเวณเนื้อของผลส้มสายน้ำผึ้ง

คำสำคัญ: ส้มสายน้ำผึ้ง สารพิษตกค้าง อาหารปลอดภัย

¹ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

² Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กทม. 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400.

³ บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด (มหาชน) 1468 ถนนพัฒนาการ แขวงพัฒนาการ เขตสวนหลวง กทม. 10250

³ Siam Makro Public Company Limited 1468 Phatthanakan Rd, Suan Luang, Bangkok 10250

คำนำ

ส้มจัดเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคของประชาชนโดยทั่วไป ในการผลิตส้มมักพบศัตรูสำคัญหลายชนิดที่รบกวนการผลิต เช่น โรครากเน่าโคนเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica*, เพลี้ยไฟ, โรแดง, หนอนขนใบส้ม เป็นต้น (อำไพวรรณ และคณะ, 2542; นิพนธ์ และอำไพวรรณ, 2546) สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชถูกนำมาใช้เป็นทางเลือกในการควบคุมและป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อให้มีผลผลิตออกสู่ท้องตลาดตามความต้องการของผู้บริโภค ปัจจุบันสารพิษตกค้างในผลผลิตเกษตรมีการควบคุมโดยกระทรวงสาธารณสุข ผ่านทางประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมปริมาณสารพิษตกค้างที่ปนเปื้อนในผลผลิตเกษตร โดยปัญหาสารพิษตกค้างในส้มจัดเป็นผลผลิตที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภค ผู้จำหน่าย ภาครัฐ และองค์กรอิสระเสมอมา โดยในปี 2563 เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ได้รายงานว่าส้มสายน้ำผึ้งจากจำนวน 16 ตัวอย่าง คิดเป็น 81% พบสารพิษเกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ดังนั้นจึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการพบสารพิษตกค้างในเนื้อและเปลือกของผลส้มสายน้ำผึ้งเพื่อช่วยให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในการบริโภคส้มที่ผลิตในประเทศไทยได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1 การเก็บตัวอย่างผลผลิต และตรวจสอบสารพิษตกค้างด้วย GT test-kit

ประสานงานเกษตรกรในพื้นที่การผลิตส้มในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผลส้มที่มีการเว้นระยะการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นระยะ 7-15 วัน ในช่วงเดือนสิงหาคม 2562 - กรกฎาคม 2563 นำผลส้มทั้งผลวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยชุด GT-test kit (ห้างจีทีการค้า, ไทย) ตามวิธีการของผู้ผลิต ทำการแปลผลและบันทึกผลตามคำแนะนำของผู้ผลิต แยกตัวอย่างผลส้มที่มีผลการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ปลอดภัยเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2 การวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยวิธี QuEChERS

นำอย่างผลส้มที่มีผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยชุด GT-test kit อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ปลอดภัย แยกส่วนของเนื้อและเปลือกของผลส้มออกจากกัน ทำการสกัดสารพิษตกค้างโดยประยุกต์ใช้วิธีสกัดแบบ QuEChERS ด้วย EN 15662 method (Anastassiades *et al.*, 2003) ด้วยชุดสกัด QuEChERS extract pouch, EN Method (Agilent Technology, USA) กำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วย dispersive 15 mL, High Pigment (Agilent Technology, USA) นำของเหลวส่วนบนไประเหยให้หมดด้วย N_2 -evaporator และละลายกลับด้วย acetone:ethyl acetate:cyclohexane (2:1:1) และวิเคราะห์ปริมาณสารพิษด้วยเครื่อง Gas chromatography mass spectrometry รุ่น Agilent 7000D Triple Quadrupole Mass Spectrometer (Agilent Technology, USA) เปรียบเทียบกับสารพิษมาตรฐานจำนวน 116 ชนิด บันทึกปริมาณสารพิษตกค้างที่พบ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit; MRL) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง (ราชกิจจานุเบกษา, 2560)

ผล

จากการวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยชุด GT-test kit ของผลผลิตส้มที่เว้นระยะการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 7-15 วัน ในช่วงเดือนสิงหาคม 2562 - กรกฎาคม 2563 จำนวน 355 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์พบว่ามีการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ไม่พบสารพิษตกค้าง 12 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างอยู่ในระดับที่ปลอดภัย 144 ตัวอย่าง และพบสารพิษตกค้างอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัย 199 ตัวอย่าง คิดเป็น 3.38, 40.56 และ 56.06% ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยเครื่อง GC/MS เปรียบเทียบกับสารพิษมาตรฐานจำนวน 116 ชนิด ในส่วนของเนื้อและเปลือกของผลส้มที่มีผลวิเคราะห์ด้วย GT-test kit พบสารพิษตกค้างอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัย จำนวน 10 ตัวอย่าง ส่วนของเนื้อส้มไม่พบสารพิษตกค้างในทุกตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ คิดเป็น 100% ส่วนเปลือกส้มพบสารพิษตกค้างในทุกตัวอย่างคิดเป็น 100% เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง พบว่าเปลือกส้มพบสาร cypermethrin จำนวน 4 ตัวอย่าง (0.40, 1.45, 2.08 และ 1.99 mg/kg) diazinon จำนวน 1 ตัวอย่าง (0.02) ethion จำนวน 5 ตัวอย่าง (19.40, 20.67, 4.63, 3.71 และ 11.35 mg/kg) fipronil จำนวน 1 ตัวอย่าง (0.01) prothiofos จำนวน 3 ตัวอย่าง (0.11, 0.06 และ 0.87) pyridaben จำนวน 8 ตัวอย่าง (0.70, 0.76, 0.05, 0.04, 0.03, 0.09, 0.04 และ 0.05 mg/kg) tebuconazole จำนวน 4 ตัวอย่าง (1.76,

1.21, 0.17 และ 1.27 mg/kg) และ tetradifon จำนวน 2 ตัวอย่าง (0.01 และ 0.02) จากเกณฑ์ที่กำหนด 0.3, 0.01, 2.00, 0.005, 0.01, 0.01, 0.01 และ 0.01 mg/kg ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Analytical report of pesticide residues in peel of tangerine fruit

Pesticide (MRL in Citrus)	Sa1	Sa2	Sa3	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8	Sa9	Sa10
Bifenthrin (0.05 mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	ND
Cyfluthrin (0.3 mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.09	0.08	ND	0.09
Cypermethrin (0.3 mg/kg)	0.03	0.03	0.16	0.12	0.40	0.02	1.45	2.08	0.04	1.99
Diazinon (0.01 mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	ND
Ethion (2 mg/kg)	19.40	20.67	4.63	3.71	11.35	0.20	ND	ND	1.30	ND
Fipronil (0.005 mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
Lambda- cyhalothrin (0.2 mg/kg)	ND	ND	ND	ND	0.09	0.03	0.07	0.07	ND	0.11
Malathion (7 mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.42	3.27	0.58	1.96
Metalaxyl (5 mg/kg)	ND	ND	0.30	0.24	1.79	ND	0.03	0.03	ND	0.03
Paclobutrazol (0.01 mg/kg)	0.03	0.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Prothiofos (0.01 mg/kg)	ND	ND	0.11	0.06	ND	ND	ND	ND	0.87	ND
Pyridaben (0.01 mg/kg)	0.70	0.76	ND	ND	0.05	0.04	0.03	0.09	0.04	0.05
Tebuconazole (0.01 mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.76	1.21	0.17	1.27
Tetradifon (0.01 mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	0.02	ND	ND

LOD = 0.01 mg/kg, ND : not detected

วิจารณ์

การควบคุมความปลอดภัยทางอาหารในผลิตทางการเกษตร ก่อนนำส่งถึงผู้บริโภคมีการบังคับใช้มาตรการต่างๆ ตามสภาพของแหล่งกระจายสินค้าหรือแหล่งจำหน่าย การกระจายสินค้าไปจุดจำหน่ายเช่นตลาดสด หรือตลาดนัด ซึ่งเป็นตลาดเปิดมีโอกาสที่ความปลอดภัยทางอาหารอาจถูกละเลยได้ ในขณะที่การจำหน่ายผ่านแหล่งจำหน่ายที่แน่นอน เช่น ห้างค้าปลีก (super market) ต้องมีการควบคุมตลอดห่วงโซ่การผลิต ทั้งแปลงผลิต และผู้รวบรวมผลผลิตส่งจำหน่าย สิ่งหนึ่งที่เป็นอุปสรรคในการจัดการผลผลิตทางการเกษตรคือการพบสารตกค้างในผลผลิตที่เกินค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 สัมเป็นผลผลิตชนิดหนึ่งที่ผลการสุ่มตรวจพบไม่ปลอดภัยอยู่เสมอ (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2564) การตรวจพบสารตกค้างในส้มแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันเนื่องจากสภาพการจัดการ

ศัตรูพืช และสิ่งแวดล้อมในการผลิต Julianto (2019) ได้พบว่าการผลิตส้มในพื้นที่พบสารตกค้างชนิด profenofos ที่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ในขณะที่รายงานจากเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (2564) ตรวจพบสารพิษตกค้างที่สูงถึง 54% จากผักผลไม้ที่ผลิตในประเทศและ 56% จากผักผลไม้ที่นำเข้า ทำให้เกิดความกังวลกับผู้บริโภคได้สูง อันเป็นอุปสรรคต่อการใช้อาหารเป็นยารักษาโรค อย่างไรก็ตามในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ไม่พบสารตกค้างที่เนื้อผลซึ่งใช้รับประทาน แต่สารตกค้างที่พบอยู่ในส่วนของเปลือกผลส้มทุกตัวอย่าง ทั้งนี้จากการตรวจสอบของ Han *et al.* (2015) ได้รายงานแนวทางการลดสารตกค้างของผลไม้จากสารกำจัดแมลงที่เปลือกของลูกแพร์ ซึ่งผู้บริโภคสามารถนำมาใช้เพื่อลดโอกาสการปนเปื้อนได้ เช่นเดียวกับ ชัยณรงค์ และคณะ (2564) ที่พบว่าสภาพการจัดการแปลงโดยเฉพาะการเว้นระยะการฉีดพ่นสารเป็นเวลา 28 วัน มีส่วนลดการพบสารตกค้างในทุเรียน และสารตกค้างที่พบบริเวณเปลือกมีมากกว่าส่วนของเนื้อผล

สรุป

เกษตรกรที่ประสงค์นำส่งผลผลิตส้มสู่ตลาดคุณภาพจะมีการตรวจสอบสารตกค้างในผลผลิตส้ม โดยใช้ชุดตรวจสอบที่สามารถตรวจสอบสารออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตเป็นเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยการใช้ระยะเวลาปลอดสาร 7 -15 วัน ทำให้ผู้ผลิตมีโอกาสเก็บผลผลิตส้มผิดพลาดถึง 56% ที่เป็นผลส้มไม่ปลอดภัย และจากการสุ่มตรวจสอบแยกเปลือกและเนื้อโดยใช้ GC/MS เปรียบเทียบกับสารกำจัดศัตรูพืช 116 ชนิด ผลการตรวจไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่เนื้อส้ม แต่สำหรับเปลือกส้มพบสารที่มีโอกาสตกค้างมากได้แก่ pyridaben, ethion, cypermethrin รองลงมาได้แก่ tebuconazole, prothiofos สำหรับ diazinon, fipronil และ tetradifon พบได้น้อย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาต้านโรคพืช ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร

เอกสารอ้างอิง

- เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2564. เปรียบเทียบสารพิษตกค้างในผักผลไม้ นำเข้า และผลิตในประเทศ ย่ำแย่ไม่แพ้กัน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.thaipan.org/data/2333>. (28 มีนาคม 2564).
- ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล, พิสุทธิ เขียวมณี, รัตยา พงศ์พิสุทธิธา, สรรเสริญ รังสุวรรณ, สันฐิติ บินคาเดอร์, วีระวัฒน์ จิระวงศ์ และวีระพันธ์ จิตดวงศ์ ขวลิต. 2564. โอกาสการพบสารพิษตกค้างในเปลือกและเนื้อของทุเรียนในจังหวัดชุมพร. การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 59 วันที่ 10-12 มีนาคม 2564, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 354-361.
- นิพนธ์ ทวีชัย และอำไพวรรณ ภราดรนิววัฒน์. 2546. โรคของส้มสายน้ำผึ้ง (ส้มโชกุน) และการป้องกันกำจัด: โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการ โรคส้มเพื่อเพิ่มผลผลิต. ภาควิชาโรคพืช, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- ราชกิจจานุเบกษา. 2560. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง.
- อำไพวรรณ ภราดรนิววัฒน์, โกศล เจริญสม และ ชลิดา อุนนหุฒิ. 2542. แมลงและไรศัตรูส้มเขียวหวาน. ใน นานาสาระ ส้มเขียวหวาน. 181 หน้า, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Anastassiades, M., S.J. Lehotay, D. Stajnbaher and F.J. Schenck. 2003. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and "Dispersive Solid-Phase Extraction" for the determination of pesticide residues in produce. *Journal of AOAC INTERNATIONAL* 86: 412-431.
- Han, J.L., P. Fang, X.M. Xu, X.J., Li-Zheng., H.T. Shen and Y.P. Ren. 2015. Study of the pesticides distribution in peel, pulp and paper bag and the safety of pear bagging. *Food Control* 54: 338-346.
- Julianto, R. P. D. 2019. Analysis of organofosfat residual pesticides on orange fruit in Poncokusumo District, Malang District. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science* 12: 48-59.

ผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลอินทผลัมพันธุ์บาฮี

Effect of Harvesting Index on Physico-chemical Qualities of Date Palm cv. Barhi

ปวาลี ชมภูรัตน์^{1,2,3}, พิมณภัทร์ เชาว์วุฒิพัฒน์¹, วุฒิกรณ์ อ่อนตา¹, สุกานดา แซ่เฮง¹, กัลย์ กัลยาณมิตร^{1,3} และแพรวพรรณ จอมงาม^{1,2,3}
 Pavalee Chompoorat^{1,2,3}, Pimnaphat Chaowuttiphath¹, Wutthikorn Onta¹, Sukanda Saeheng¹, Kal Kalayanamitra^{1,3} and
 Prawphan Jomngam^{1,2,3}

Abstract

Effect of harvesting index on physico-chemical qualities of date palm cv. Barhi was investigated. Fruit samples were weekly harvested during 17-27 weeks after pollination. Fruit size and weight, as well as the changes of appearance, total soluble solids, and level of astringency were measured. The results revealed that physico-chemical qualities of date palm were significantly different during 17-27 weeks after pollination. The samples could be grouped into 3 harvesting ranges; namely, 1) 17-20 weeks after pollination 2) 21-24 weeks after pollination and 3) 25-27 weeks after pollination. Herein, date palm harvested at 25-27 weeks after pollination had higher total soluble solids (28.66-34.25%) than the fruit harvested at 17-20 weeks after pollination (5.30-7.90%). The fruit harvested at 17-20 weeks after pollination; however, had higher level of astringency than those harvested at 25-27 weeks after pollination. Nonetheless, harvesting at 17-27 weeks after pollination had no significant effects on size and weight of date palms ($p>0.05$).

Keywords: harvesting index, after pollination, date palm

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของผลอินทผลัมพันธุ์บาฮี โดยนำผลอินทผลัมที่เก็บเกี่ยวทุกสัปดาห์ในช่วงสัปดาห์ที่ 17-27 หลังผสมเกสร โดยบันทึกผลของขนาดและน้ำหนักผล การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และความฝาด พบว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลอินทผลัมในช่วงการเก็บเกี่ยวสัปดาห์ที่ 17-27 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้ทั้งหมด 3 ช่วง คือ 1) ช่วงสัปดาห์ที่ 17-20 หลังผสมเกสร 2) ช่วงสัปดาห์ที่ 21-24 หลังผสมเกสร และ 3) ช่วงสัปดาห์ที่ 25-27 หลังผสมเกสร โดยผลอินทผลัมเก็บเกี่ยวช่วงสัปดาห์ที่ 25-27 หลังผสมเกสร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 28.66-34.25% สูงกว่าผลเก็บเกี่ยวในช่วงสัปดาห์ที่ 17-20 หลังผสมเกสร ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 5.30-7.90% ในขณะที่ผลอินทผลัมเก็บเกี่ยวช่วงสัปดาห์ที่ 17-20 หลังผสมเกสรได้รับคะแนนการประเมินความฝาดสูงกว่าผลอินทผลัมเก็บเกี่ยวช่วงสัปดาห์ที่ 25-27 อย่างไรก็ตาม ขนาดผลและน้ำหนักของผลอินทผลัมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในช่วงการเก็บเกี่ยวสัปดาห์ที่ 17-27 หลังผสมเกสร

คำสำคัญ: ดัชนีเก็บเกี่ยว หลังผสมเกสร อินทผลัม

คำนำ

อินทผลัมเป็นพืชที่มีอายุเก่าแก่ชนิดหนึ่งของโลก พืชชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ในเขตอบอุ่น ซึ่งปลูกมากในแถบประเทศตะวันออกกลาง สำหรับในประเทศไทยพบที่จังหวัดสกลนครและเชียงใหม่ (พรประภาและคณะ, 2557) อินทผลัมมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (Odeh *et al.*, 2014) และสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอและวิตามินซี (Parvin *et al.*, 2015) ไม่มีคอเลสเตอรอล มีไขมันต่ำ ไฟเบอร์สูง ช่วยในระบบย่อยอาหารรวมทั้งสร้างสมดุลของแบคทีเรียในลำไส้ จึงทำให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการของอินทผลัมขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยผลอินทผลัมสามารถนำมารับประทานทั้งผลสดและผลแห้ง เนื่องจากมีรสหวาน เป็นที่นิยมในการนำมารับประทานเป็นอาหารว่าง

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

² Department of Postharvest Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai 50290

³ หน่วยวิจัยและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอาหารเพื่ออนาคต มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁴ Future of Agriculture and Food Research Development Unit, Maejo University, Chiang Mai 50290

⁵ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กทม. 10400

⁶ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

อีกทั้งยังสามารถนำไปแปรรูปได้หลากหลายรูปแบบ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษารวมถึงการสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น การทำน้ำอินทผลัมพร้อมบริโภค การทำน้ำเชื่อมและอบแห้ง (พรประภาและคณะ, 2557) ต้นอินทผลัมเริ่มออกผลตั้งแต่อายุ 4-5 ปี ขึ้นอยู่กับสภาพท้องถิ่นที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและการพัฒนา การพิจารณาดัชนีเก็บเกี่ยว สามารถใช้สีของเปลือก โดยจะเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือเหลืองแล้วแต่พันธุ์ หรือโดยวิธีนับอายุ ประมาณ 180-200 วัน หรือ 6-7 เดือน เกษตรกรสามารถใช้มีดตัดที่ทะลาย (น้ำหนัก 6-8 กิโลกรัม) โดยทั่วไปผลผลิตประมาณ 100-150 กิโลกรัม หรือ 8,000 ลูกต่อปีต่อต้น ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวควรหลีกเลี่ยงฝน เนื่องจากทำให้เกิดเชื้อราได้ โดยทั่วไปการพัฒนาของผลแบ่งออกเป็น 5 ระยะ โดยระยะที่ 1 เริ่มหลังจากการผสมเกสร สีของผลในระยะนี้มีสีเขียวถึงสีเขียวอ่อน ระยะที่ 2 มีลักษณะปริมาณน้ำมากและน้ำหนัก ขนาด เพิ่มขึ้น ขึ้นกับพันธุ์และสถานที่ ระยะที่ 3 สีของผลเปลี่ยนจากเขียวเป็นเหลือง ชมพู หรือแดง หรือจุดสีเหลืองกับแดง ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ระยะที่ 4 ผลอ่อนนุ่มขึ้น สีเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน และจะค่อยๆ สูญเสียน้ำและแบ่งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล และระยะที่ 5 เป็นระยะสุกเต็มที่ผลจะแห้งเป็นสีน้ำตาลเข้มถึงดำ

อย่างไรก็ตามลักษณะทางกายภาพ ทางเคมีและการยอมรับของผู้บริโภคของผลอินทผลัมสดนั้น มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะเก็บเกี่ยว เนื่องจากเกษตรกรยังไม่ทราบถึงระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมที่แน่ชัดของอินทผลัมสายพันธุ์ปายี ทำให้เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาสุกแก่ที่ไม่เหมาะสม การศึกษาข้อมูลระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับการนำไปบริโภคผลสดจึงมีความสำคัญ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของผลอินทผลัมพันธุ์ปายี

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลอินทผลัมทุกสัปดาห์เป็นเวลาทั้งหมด 11 สัปดาห์ โดยเริ่มตั้งแต่สัปดาห์ที่ 17 ถึงสัปดาห์ที่ 27 หลังผสมเกสร เพื่อนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีในทุกสัปดาห์ ซึ่งผลอินทผลัมที่ถูกเก็บเกี่ยวมีระยะการผสมเกสรที่ใกล้เคียงกัน จากแปลงปลูกของเกษตรกร ณ ตำบลแม่แฝกใหม่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของอินทผลัมผลสด สำหรับการเจริญเติบโตของผลอินทผลัม โดยการวัดขนาด (กว้างและยาว) และชั่งน้ำหนักผล ก่อนนำไปวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี ดังนี้ 1) การให้คะแนนระดับความผาด ด้วยการหยดเฟอริคคัลโลไรด์และสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลของผล แล้วประเมินด้วยสายตาและให้คะแนนตามช่วงที่กำหนดไว้ดังนี้ 0 = ไม่มีความผาด, 1 = มีความผาด 1-25%, 2 = มีความผาด 26-50%, 3 = มีความผาด 51-75% และ 4 = มีความผาด 76-100% และ 2) วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) ด้วยเครื่อง Digital Hand-held Pocket Refractometer (model PAL-1, Atago Co., Tokyo, Japan) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ผลการเปลี่ยนแปลงขนาดและน้ำหนักสดของอินทผลัมในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว พบว่าการความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 25 มิลลิเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 8 กรัม (Table 1) จะเห็นได้ว่าเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของอินทผลัมผลสดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ทั้งในส่วนของความกว้าง ยาวและน้ำหนัก เมื่อถูกผสมเกสรหลังจากสัปดาห์ที่ 17 จนถึง 27 หรือในระยะการเก็บเกี่ยวที่ 1-11 แสดงให้เห็นว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 17 จนถึง 27 หลังผสมเกสร ช่วงนี้เป็นช่วงที่เจริญเติบโตที่สมบูรณ์พร้อมที่จะเข้าสู่ช่วงที่จะสุกแก่ต่อไป จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Table 1 Width, length and weight of date palm cv. Barhi recorded weekly from 17 to 27 weeks after pollination.

Parameters	Maturity stage (weeks after pollination)										
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Width (mm)	22.1 ^a	22.9 ^a	22.4 ^a	22.0 ^a	22.3 ^a	22.5 ^a	22.6 ^a	22.53 ^a	22.57 ^a	22.65 ^a	22.72 ^a
Length (mm)	26.2 ^{ab}	25.8 ^{ab}	26.5 ^{ab}	26.0 ^{ab}	25.8 ^{ab}	26.7 ^a	27.25 ^a	27.34 ^a	26.91 ^a	25.22 ^b	26.44 ^{ab}
Weight (g)	8.4 ^{abc}	7.9 ^{abc}	7.7 ^{bc}	8.3 ^{abc}	8.1 ^{abc}	8.5 ^a	7.92 ^{abc}	8.47 ^{bc}	8.43 ^{abc}	7.78 ^c	7.92 ^{abc}

Different letters in the same column denote significant differences at $p<0.05$.

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และความฝืดของอินทผลัมผลสดในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยวนั้น สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้ทั้งหมด 3 ช่วง คือ 1) ช่วงอายุการเก็บเกี่ยวที่ 1-4 (สัปดาห์ที่ 17-20 หลังผสมเกสร) 2) ช่วงอายุการเก็บเกี่ยวที่ 5-8 (สัปดาห์ที่ 21-24 หลังผสมเกสร) และ 3) ช่วงอายุการเก็บเกี่ยวที่ 9-11 (สัปดาห์ที่ 25-27 หลังผสมเกสร) โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เริ่มต้นที่อายุการเก็บเกี่ยวที่ 1-4 มีปริมาณเท่ากับ 5.30-7.90% และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยจะเพิ่มขึ้นมากตั้งแต่อายุการเก็บเกี่ยวที่ 9-11 ในช่วงสัปดาห์ที่ 25-27 หลังผสมเกสร ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 28.66-34.25% (Figure 1) การที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TSS) ได้เพิ่มขึ้น สาเหตุหนึ่งมาจากกระบวนการหายใจ เกิดการเปลี่ยนแปลงของแป้งไปเป็นน้ำตาล (Abd Elwahab *et al.*, 2019) จากการสังเกตการเปลี่ยนสีของผลอินทผลัมพบว่าเปลือกผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในอายุการเก็บเกี่ยวที่ 5 (สัปดาห์ที่ 21 หลังผสมเกสร) (ไม่แสดงข้อมูล) สอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น พร้อมกับระดับความฝืดที่ลดลง (Figure 2) Feygenberg *et al.* (2010) ได้ทำการประเมินระยะสุกแก่ของผลอินทผลัมพันธุ์บาฮีโดยติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิตเอทิลีน พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตเอทิลีนที่ลดลงของอินทผลัมพันธุ์บาฮี ซึ่งการผลิตเอทิลีนในปริมาณที่สูงสุดนั้นพบเมื่อผลมีสีเหลืองและปริมาณ TSS ต่ำ เท่ากับ 17 % จาก Figure 2 ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงความฝืดของอินทผลัมผลสดในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว จะเห็นได้ว่าคะแนนความฝืดในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยวลดลงตั้งแต่ 3 คะแนน เหลือ 1 คะแนน เมื่ออายุการเก็บเกี่ยวที่ 9-11 (ในช่วงสัปดาห์ที่ 25-27 หลังผสมเกสร) อาจเนื่องจากระยะเวลาสุกแก่ของผลอินทผลัมที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการลดลงของสารโปรไซยานิดิน (Procyanidins) หรือสารกลุ่มแทนนิน ทำให้การรวมตัวทางฟิสิกส์เคมีของสารโปรไซยานิดินกับโปรตีนในน้ำลายลดลง จึงส่งผลต่อการรับรสชาติทางด้านความฝืดลดลง (Hammouda *et al.*, 2013)

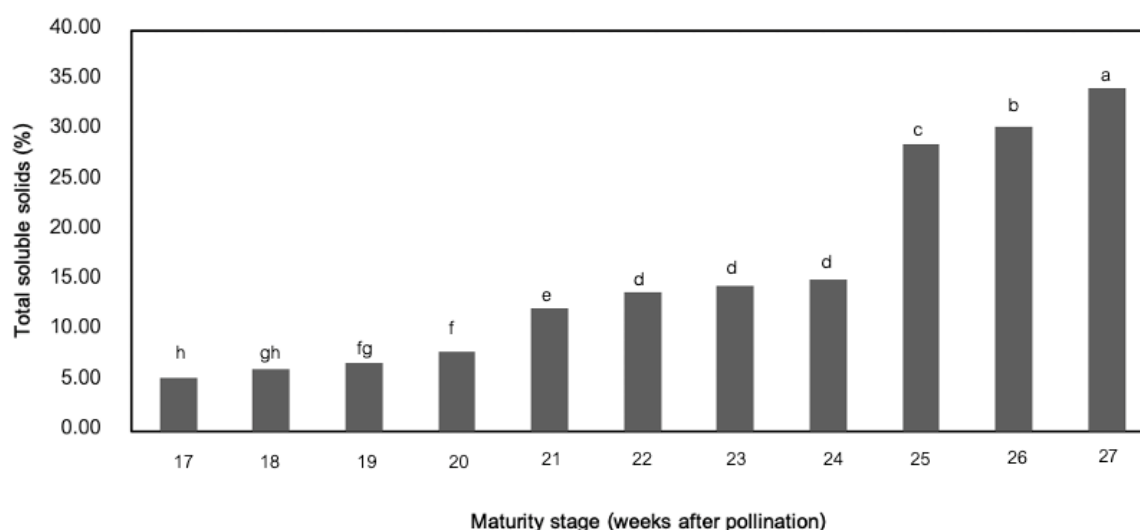


Figure 1 Total soluble solids of date palm cv. Barhi measured weekly from 17 to 27 weeks after pollination. Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

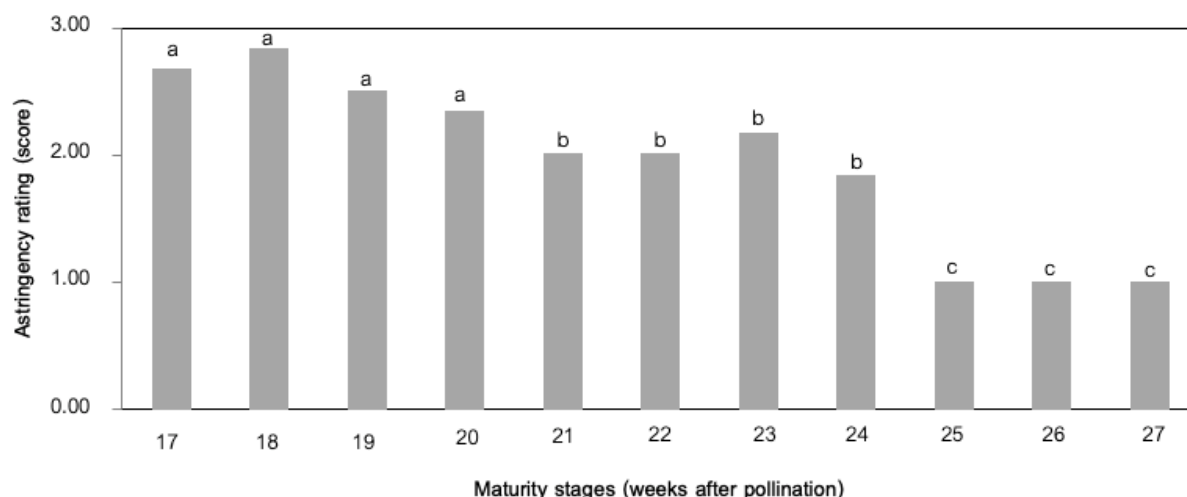


Figure 2 Astringency ratings of date palm cv. Barhi conducted weekly from 17 to 27 weeks after pollination. Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

สรุป

อินทผลุ้มในอายุการเก็บเกี่ยวของตั้งแต่สัปดาห์ที่ 17-27 หลังผสมเกสรนั้น มีความกว้าง ความยาวรวมทั้งน้ำหนักของผลอินทผลุ้มสดไม่แตกต่างกัน โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น คะแนนความฝาดลดลง เมื่ออายุการเก็บเกี่ยวสูงขึ้น โดยอินทผลุ้มสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่อายุการเก็บเกี่ยวที่ 9-11 หรือในช่วงสัปดาห์ที่ 25-27 หลังผสมเกสรเพื่อการบริโภคผลสดหรือแปรรูป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสวนอินทผลุ้มบุญมี ห้องปฏิบัติการสาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว อาคารคัดบรรจุผลผลิตผลเกษตร สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- พรประภา ชุนถนอม, หทัยรัตน์ บุญทวี, นรินทร์ อาจวาทิ, เสาวรส ร่องขาน และ วิวัฒน์ ศรีวิชา. 2557. คุณภาพของน้ำอินทผลุ้มสดในจังหวัด สกลนคร. แก่นเกษตร 48 ฉบับพิเศษ (1): 620- 626.
- Abd Elwahab, S.M., A.M. Abd Allatif, M.A. Farid and S.M. Soliman. 2019. Effect of safe post-harvest alternatives on quality and storage life of "Barhi" date palm. Plant Archives 19(2): 3937-45.
- Feygenberg, O., R. Ben-Arie, E. Pesis, R. Ben-Zvi and Z. Schmilovitch. 2010. Determination of ripening stage in date cultivar 'Barhi' by the level of ethylene emission. Acta Hort 877: 1019-1024.
- Odeh, I., F. Al-Rimawi, J. Abbadi, L. Obeyat, M. Qabbajeh and A. Hroub. 2014. Effect of harvesting date and variety of date palm on antioxidant capacity, phenolic and flavonoid content of date palm (*Phoenix dactylifera*). Journal of Food and Nutrition Research 2 (8): 499-505.
- Parvin, S., D. Easmin, A. Sheikh, M. Biswas, S. C. D. Sharma, G. S. Jahan, A. Islam, N. Roy and M. S. Shovon. 2015. Nutritional analysis of date fruits (*Phoenix dactylifera* L.) in perspective of Bangladesh. American Journal of Life Sciences 3(4): 274-278.
- Hammouda, H., J.K. Chérif, M. Trabelsi-Ayadi, A. Baron and S. Guyot. 2013. Detailed polyphenol and tannin composition and its variability in Tunisian dates (*Phoenix dactylifera* L.) at different maturity stages. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61(13): 3252-3263.

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและสารสำคัญของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เคลือบด้วย Chitosan-based Multicoating ระหว่างการวางจำหน่าย

Changes in Quality and Bioactive Compounds of 'Nam Dok Mai' Mango Coated with Chitosan-based Multicoating During Retailing

นันทวัน หัตถมาศ^{1,2} ปิยะศักดิ์ ชอุมพุกษ์³ มณฑนา บัวหนอง^{1,4} พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย^{1,4} และเฉลิมชัย วงษ์อารี^{1,4}
Nanthawan Hadthamard^{1,2}, Piyasak Chaumpluk³, Mantana Buanong^{1,4}, Panida Boonyariththongchai^{1,4} and Chalermchai Wongs-Aree^{1,4}

Abstract

Rapid physiological changes during retailing of 'Nam Dok Mai' mango (*Mangifera indica* L.) lead to deterioration and nutrition value loss. In postharvest fruit management, chitosan was used widely to be coating materials integrated with other solutions for maintaining the quality of many fruits. This research investigated the suitability of the molecular weight and concentration of chitosan, bound with a layer of 0.5 % (w/v) polystyrene sulfonate (PSS) coated on mango fruit a multilayer coating. Chitosan solutions (CTS) were prepared from the high molecular weight (500-700 kDa; H-CTS) and medium molecular weight (310-375 kDa; M-CTS) at 2 concentrations of 0.5% and 1% (w/v). Mature green 'Nam Dok Mai' mangoes were coated layer by layer as CTS/PSS/CTS and then incubated at 25°C, 65-70% RH. The results showed that the concentrations of chitosan affected mango quality more than the molecular weight. Mango coated with 0.5% M-CTS/0.5 % PSS/0.5% M-CTS effectively maintained the fruit quality, especially weight loss, and firmness loss. Increasing total soluble solids, peel and pulp color changes, disease incidence, and reducing antioxidant compounds (phenolic content, flavonoids content, and DPPH activity) were significantly high in uncoated fruits.

Keywords: mango, chitosan, multicoating

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็วระหว่างการวางจำหน่ายของมะม่วงน้ำดอกไม้ นำไปสู่การเสื่อมสภาพและการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ มีการใช้ไคโตซานอย่างกว้างขวางร่วมกับสารละลายชนิดอื่นเพื่อเป็นสารเคลือบผิวสำหรับรักษาคุณภาพของผลไม้หลายชนิดหลังการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้ศึกษาหาน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตซานที่เหมาะสมสำหรับจับตัวกับชั้นโพลีสไตรีนซัลโฟเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (โดยมวลต่อปริมาตร) ในการเคลือบแบบหลายชั้นบนผลมะม่วง ทั้งนี้สารละลายไคโตซานเตรียมจากไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลระดับสูง (500-700 kDa; H-CTS) และน้ำหนักโมเลกุลระดับกลาง (310-375 kDa; M-CTS) ที่ 2 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 (โดยมวลต่อปริมาตร) ทำการเคลือบแบบหลายชั้น (ไคโตซาน/โพลีสไตรีนซัลโฟเนต/ไคโตซาน) บนผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ระยะแก่เขียว แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65-70 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของไคโตซานมีผลต่อคุณภาพของมะม่วงมากกว่าน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย M-CTS ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ตามด้วยโพลีสไตรีนซัลโฟเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และปิดท้ายด้วย M-CTS ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการรักษาคุณภาพของมะม่วง โดยเฉพาะการลดสูญเสีย น้ำหนักสดและความแน่นเนื้อ ทั้งนี้มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ และมีการเข้าทำลายของโรค สารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ เช่น ปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH) ลดลงมากกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: มะม่วง, ไคโตซาน, การเคลือบผิวแบบหลายชั้น

¹ สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150

² Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), Bangkok 10150

³ สาขาเทคโนโลยีพืชผักแบบบูรณาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 711190

⁴ Vegetable Integration Science Program, Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190

³ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

³ Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

⁴ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

⁴ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

คำนำ

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นผลไม้บริโภคที่อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญหลายชนิด อีกทั้งยังเป็นผลไม้ที่สร้างมูลค่าสูงให้ประเทศไทย (ศรินทร์, 2558) การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาระหว่างการสุกในช่วงการวางจำหน่าย นำไปสู่การเสียคุณภาพ โดยเฉพาะการเกิดโรคแอนแทรกโนส ซึ่งมีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลและอาจรุนแรงถึงขั้นทำให้มะม่วงเน่าเสีย ส่งผลให้มะม่วงมีอายุการเก็บรักษาสั้น (Mattoo & Modi, 1969) ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่นิยมใช้เคลือบผิวผักและผลไม้เนื่องจากเป็นสารที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย สามารถควบคุมการแพร่ผ่านของน้ำและอากาศได้ดี และมีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ปัจจุบันมีการนำไคโตซานที่มีประจุบวกจับกับสารต่างชนิดที่มีประจุลบ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้ดียิ่งขึ้น (Amon-Rips & Poverenov, 2018) จึงช่วยรักษาคุณภาพของมะม่วง (Djioua *et al.*, 2010) และเมล่อน (Poverenov *et al.*, 2014) ได้ ในงานวิจัยของ Hadthamard *et al.* (2019) ใช้สารละลายโพลิสไตรีนซัลโฟเนตเป็นสารประจุลบ เพื่อช่วยให้ไคโตซานแตกประจุและทำงานได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการใช้ไคโตซานขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นที่เหมาะสมกับจำนวนชั้นเคลือบ (Singburadom & Piasai, 2011; Jongsri *et al.*, 2016) งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและสารสำคัญในมะม่วงน้ำดอกไม้ระหว่างการวางจำหน่าย หลังจากเคลือบผิวมะม่วงด้วย chitosan-based multicoating ที่มีน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นแตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบวิจัย

ไคโตซาน (chitosan; CTS; Sigma-aldrich) น้ำหนักโมเลกุลสูง (H-CTS: 500-700 kDa) และปานกลาง (M-CTS: 310-375 kDa) ถูกละลายในสารละลายอะซิติกความเข้มข้น 0.5% เพื่อให้แต่ละน้ำหนักโมเลกุลมีความเข้มข้น 0.5% และ 1% (โดยมวลต่อปริมาตร) จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดให้ได้ 3 ส่วนโพลิสไตรีนซัลโฟเนต (polystyrene sulfonate, PSS; Sigma-aldrich) ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้น 0.5% (โดยมวลต่อปริมาตร) และปรับให้มีค่าความเป็นกรด 7

มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุประมาณ 95-110 วันหลังดอกบาน จากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ถูกนำมาคัดเลือกเฉพาะผลที่ไม่มีโรค มีขนาดและน้ำหนักสม่ำเสมอประมาณ 350-400 กรัม เพื่อนำมาทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 200 ppm นาน 3 นาที และล้างให้แห้ง จากนั้นนำไปจุ่มในสารเคลือบผิวที่เตรียมไว้ สลับไปมา CTS/PSS/CTS แต่ละชั้นจุ่มครั้งละ 20 วินาที ตามด้วยการล้างในน้ำกลั่น และล้างให้แห้งก่อนจุ่มในสารเคลือบชั้นถัดไป วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จัดเป็น 5 ชุดการทดลองๆ ละ 10 ซ้ำ ได้แก่ ชุดไม่เคลือบผิว (control) ชุด 0.5% H-CTS coating ชุด 0.5% M-CTS coating ชุด 1% H-CTS coating และชุด 1% M-CTS coating นำแต่ละชุดไปใส่ตะกร้าและเก็บรักษาที่ $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 65-70% จนกระทั่งมะม่วงในชุด control เกิดโรคครบ 100% จึงถือเป็นจุดสิ้นสุดการศึกษา

2. ศึกษาผลของการเคลือบผิวมะม่วงด้วย chitosan-based multicoating

สุ่มมะม่วงจากแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์คุณภาพและสารสำคัญทุกๆ 2 วัน ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ ร้อยละของการเกิดโรคเมื่อพบมะม่วงที่มีจุดสีน้ำตาลของโรคแอนแทรกโนสใหญ่กว่า 0.5 ซม. ปริมาณเอทานอล และสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในมะม่วง ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH

ผล

เมื่อเปรียบเทียบกับ control ในวันสุดท้าย พบว่าการเคลือบหลายชั้นที่ใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (Figure 1a) และคงความแน่นเนื้อ (Figure 1b) ได้ดี โดยมีการเกิดโรคไม่ถึง 10% ในวันที่ 8 ของการเก็บ (Figure 1c) ถึงแม้ว่าการเคลือบหลายชั้นที่ใช้ไคโตซานความเข้มข้น 0.5% มีประสิทธิภาพในการลดการสูญเสีย น้ำหนักและการคงความแน่นเนื้อของผลน้อยกว่าการใช้ไคโตซาน 1% แต่การใช้ 0.5% MCTS/PSS ไม่พบการสะสมเอทานอลในเนื้อมะม่วง แต่มะม่วงที่เคลือบด้วย 0.5% H-CTS, 1% H-CTS และ 1% M-CTS พบเอทานอลในวันที่ 6 ยิ่งกว่านั้น ในการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1% มีความผิดปกติของสีร่วมด้วย คือ สีของเปลือกและเนื้อยังคงเป็นสีเขียวตลอดการเก็บรักษา (Figure 1, Table 1)

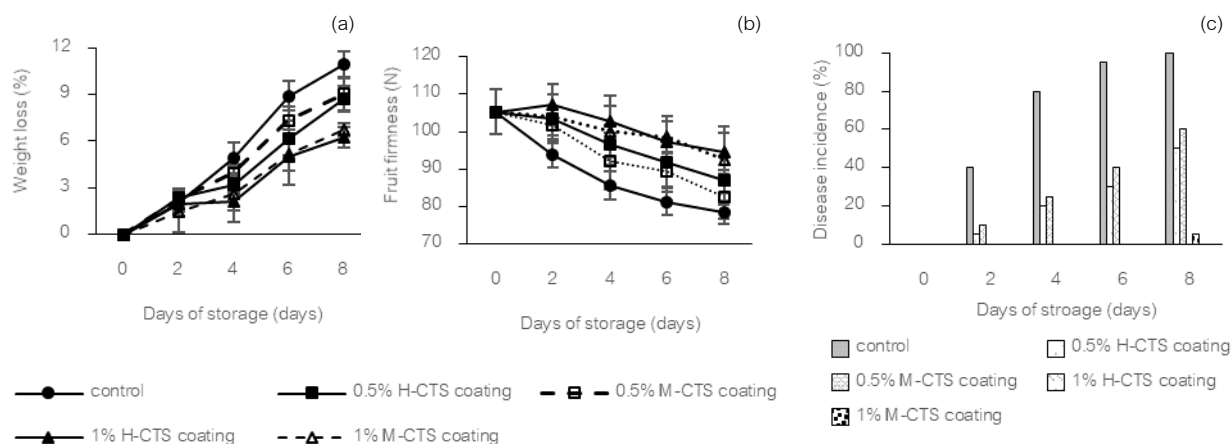


Figure 1 Changes in weight loss (a), fruit firmness (b), and disease incidence (c) of mangoes multicoated and stored at $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ for 8 days. Vertical bars indicate $\pm\text{SD}$ ($n=10$).

Table 1 Effect of chitosan and polystyrene sulfonate multicoating on characteristics of mangoes on day 6.

Treatments	TSS ($^{\circ}\text{Brix}$)	TA (%)	Hue angle of peel	Hue angle of pulp
Day 0	9.78 ± 0.68	2.88 ± 0.37	108.03 ± 2.49	105.13 ± 1.44
Day 6 control	17.20 ± 0.59^a	0.99 ± 0.07^c	89.49 ± 1.36^c	95.50 ± 1.33^b
0.5% H-CTS coating	15.48 ± 0.42^b	1.76 ± 0.03^b	98.73 ± 1.7^b	98.64 ± 1.59^b
0.5% M-CTS coating	16.63 ± 0.35^{ab}	1.51 ± 0.05^{bc}	93.12 ± 2.8^b	97.06 ± 2.48^b
1% H-CTS coating	10.62 ± 0.89^c	2.48 ± 0.06^a	102.56 ± 1.48^a	103.47 ± 1.72^a
1% M-CTS coating	10.57 ± 1.40^c	2.25 ± 0.04^a	103.79 ± 2.60^a	102.52 ± 2.16^a
Treatments	Phenolic content ($\mu\text{g GA/g FW}$)	Flavonoid content ($\text{mg QE}/100\text{ g FW}$)	Antioxidant activity ($\text{mg}/100\text{ FW}$)	Ethanol content (mg/g FW)
Day 0	616.48 ± 2.37	30.24 ± 2.37	89.12 ± 1.46	0
Day 6 control	524.57 ± 3.85^c	24.93 ± 2.48^c	78.52 ± 1.36^b	0
0.5% H-CTS coating	573.62 ± 3.71^a	26.25 ± 2.91^b	83.58 ± 2.24^a	0.01 ± 9.86
0.5% M-CTS coating	546.83 ± 4.08^b	26.77 ± 1.35^b	82.10 ± 3.09^a	0
1% H-CTS coating	592.46 ± 3.40^a	28.39 ± 1.86^a	82.56 ± 2.33^a	0.05 ± 12.35
1% M-CTS coating	588.92 ± 2.78^a	28.48 ± 2.00^a	82.97 ± 2.68^a	0.03 ± 13.47

Means with the same letters within a column are not significantly different ($p = 0.5$).

วิจารณ์ผล

การเคลือบผิวมะม่วงด้วยไคโตซานร่วมกับโพลีสไตรีนซัลโฟเนต สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพและการสูญเสียสารสำคัญของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพมะม่วงที่ความเข้มข้นเดียวกัน ทั้งที่ความเข้มข้น 0.5% และ 1% พบว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงสามารถรักษาคุณภาพของมะม่วงได้ดีกว่าการใช้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า เนื่องจากฟิล์มที่เกิดจากไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงสามารถเคลือบผิวมะม่วงได้ดีกว่า จึงควบคุมการแพร่ผ่านของออกซิเจนและน้ำได้ดีกว่าด้วย (Jongsri *et al.*, 2016) ด้วยเหตุนี้ อัตราการหายใจและเมแทบอลิซึมต่างๆ ของมะม่วงจึงถูกทำให้ช้าลง การใช้กรดอินทรีย์ในกระบวนการหายใจ การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ การเข้าสู่ระยะการสุก และการเปลี่ยนแปลงสารภายในเซลล์จึงช้าลงเช่นกัน (Baldwin *et al.*, 1999) รวมถึงการสูญเสียสีเขียวของเปลือกที่ช้าลง ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ลดลง (Fang *et al.*, 1998) น้ำที่สูญเสียให้กับบรรยากาศภายนอกจะถูกกักตุนด้วยสารเคลือบผิว ส่งผลโดยตรงต่อการรักษาน้ำหนักสดและความแน่นเนื้อของมะม่วง (Prasad *et al.*, 2016) และการที่มะม่วงใน

ชุดเคลือบผิวเกิดโรคแอนแทรกคโนสน้อยลง เป็นผลมาจากคุณสมบัติในการต้านเชื้อราของไคโตซาน (Singburaudom & Piasai, 2011; Shiekh *et al.*, 2013) ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซาน จึงช่วยลดการเกิดโรคได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การพบเอทานอลในมะม่วงที่เคลือบด้วย 0.5% H-CTS/0.5% PSS/0.5% H-CTS และไคโตซานที่น้ำหนักโมเลกุลระดับกลางและระดับสูงที่ความเข้มข้น 1% เนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนเข้าสู่มะม่วงน้อยเกินไป กระทั่งเกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีการผลิตเอทานอลและเกิดสภาวะการสุกผิดปกติ (Baldwin *et al.*, 1999) ดังนั้นการเคลือบผิวด้วย 0.5% M-CTS/0.5% PSS/0.5% M-CTS สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและสารสำคัญในมะม่วงน้ำดอกไม้ได้โดยไม่พบการผลิตเอทานอล จึงเป็นสภาวะที่ดีที่สุด

สรุป

การเคลือบผิวมะม่วงที่สภาวะ 0.5% M-CTS/0.5% PSS/0.5% M-CTS สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ การเกิดโรคแอนแทรกคโนส การเพิ่มขึ้นของ TSS การลดลงของ TA และการสูญเสียฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ ได้ดีที่สุด และเก็บได้นานกว่า 8 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือจากสาขาเทคโนโลยีพืชผักแบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี และขอขอบคุณการสนับสนุนสารเคมีและวัตถุดิบจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (รหัสโครงการ PL.P3/2559) และ UGSAS, Gifu University, Japan ในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- ศรินทร์ ทงอินทร์. 2558. ปัญหาและอุปสรรคในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน: กรณีศึกษา ผู้ประกอบการในจังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการธุรกิจโลก มหาวิทยาลัยบูรพา. 146 น.
- Arnon-Rips, H. and E. Poverenov. 2018. Improving food products quality and storability by using Layer by Layer edible coatings. *Trends in Food Science & Technology* 75: 81-92.
- Baldwin, E. A., J. K. Burns, K. Kazokas, J. K. Brecht, R. D. Hagenmaier, R. J. Bender and E. Pesis. 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristic on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biol. Technol.* 17(3): 215-226.
- Djioua, T., F. Charles, M. Freire, H. Filgueiras, M.N. Ducamp-Collin and H. Sallanon. 2010. Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *Int. J. Food Sci. Technol.* 45(4): 849-855.
- Fang, Z. J., C. Bouwkamp and T. Solomos. 1998. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. *J. Exp. Bot.* 49(320): 503-510.
- Hadthamard, N., P. Chaumpluk, M. Buanong, P. Boonyaritthongchai and C. Wongs-Aree. 2019. Effect of multilayer coating of chitosan and polystyrene sulfonate on quality of 'Nam Dok Mai No.4' mango. *WASET* 13(3): 42-48.
- Jongsri, P., T. Wangsomboondee, P. Rojsitthisak and K. Seraypheap. 2016. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *Food Sci. Technol.* 73: 28-36.
- Mattoo, A. K. and V. V. Modi. 1969. Ethylene and ripening of mangoes. *Plant Physiol.* 44: 308-310.
- Poverenov, E., S. Danino, B. Horev, R. Granit, Y. Vinokur and V. Rodov. 2014. Layer-by-layer electrostatic deposition of edible coating on fresh cut melon model: Anticipated and unexpected effects of alginate-chitosan combination. *Food Bioprocess Tech.* 7: 1424-1432.
- Prasad, K., R. R. Sharma and M. Srivastav. 2016. Postharvest treatment of antioxidant reduces lenticel browning and improves cosmetic appeal of mango (*Mangifera indica* L.) fruits without impairing quality. *J. Food Sci. Technol.* 53(7): 2995-3001.
- Shiekh, R. A., M. A. Malik, S. A. Al-Thabalti, and M. A. Shiekh, M. A. 2013. Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits. *Food Sci. Technol.* 19(2): 139-155.
- Singburaudom, N. and O. Piasai. 2011. Antimicrobial activity of different molecular weight chitosans to inhibit some important plant pathogenic fungi. *Nat. Sci.* 45: 644-655.

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายภาพ-เคมีของกล้วยทิพรส
Morphology and Physico-chemical Characters of *Musa* ABBB Group 'Kluai Tiparod'

สมคิด ใจตรง¹ พิชญานิล โคตรลุน¹ และสุชาวดี บัวพอก¹
 Somkit Jaitrong¹, Pichayanin Khootlun¹ and Suchawadee Buapok¹

Abstract

Morphological characters of pseudostem, leaves and inflorescence of 'Kluai Tiparod' [*Musa* ABBB group 'Kluai Tiparod'] was investigated. The fruit at physiological mature stage was assessed based on the standard maturity for banana according to fullness of fingers (no angularity more than 90%) with number of days from inflorescence removal. Then the fruit were harvested. The fruit were allowed to ripe at room temperature ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$, $65\pm 2\%$) . Banana fruit at physiological mature and fully ripe stages (the peel color change to yellow) were determined of the physico-chemical qualities (bunch weight, hand weight, fruit width, fruit length, peel color, pulp color, firmness, total soluble solids and titratable acidity) . The results showed that the pseudostem height 318.50 ± 69.78 g, leaf length 179.56 ± 35.27 , leaf width 56.38 ± 9.38 cm, inflorescence weight 624.57 ± 30.91 g . Inflorescence shape was lanceolate with acute apex, heavy waxy, bract roll back . The outside bract color was reddish-purple, and inside bract red, male flowers pink color with yellow stigma. 'Tiparod' banana took 126 days from inflorescence removal to reach physiological maturity. 'Tiparod' banana was 10.40 ± 1.27 kg per bunch, 4.43 ± 0.79 hands per bunch. The hand weight was 2.60 ± 0.31 kg and had 11.79 ± 1.18 fruits per hands and weight 271.77 ± 6.819 g per fruit. Fruit width was 5.22 ± 0.30 cm, fruit length was 16.30 ± 0.30 cm and peel thickness 5.17 ± 0.36 mm. After stored at room temperature, it took 4.05 ± 0.50 days for fruit to fully ripe. Fruit firmness at physiological mature was 48.70 ± 2.84 N, then decreased 7.17 ± 1.24 N at the fully ripe stage. Total soluble solids and titratable acidity at fully ripe stage were $28.42\pm 1.4\%$ and $0.21\pm 0.01\%$, respectively.

Keywords: 'Kluai Tiparod', morphology, ABBB group

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและทางกายภาพของลำต้นเทียม ใบ และปลี ของกล้วยทิพรส [*Musa* ABBB group 'Kluai Tiparod'] ดำเนินการโดยนำผลกล้วยที่ระยะบรรจบทางสรีรวิทยาประเมินจากความบรรจบมาตรฐานของผลกล้วย (ไม่มีเหลี่ยมมากกว่า 90%) ร่วมกับการนับจำนวนหลังตัดปลี จากนั้นเก็บเกี่ยวและทำให้ผลกล้วยสุกที่อุณหภูมิห้อง $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ และมีความชื้นสัมพัทธ์ $65\pm 2\%$) นำผลกล้วยที่ระยะบรรจบทางสรีรวิทยาและระยะสุก (เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง) มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ-เคมี (น้ำหนักเครือ น้ำหนักหวี ความกว้างผล ความยาวผล สีเปลือกผล สีเนื้อผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้) พบว่า ลำต้นเทียมของกล้วยทิพรส มีความสูง 318.50 ± 69.78 ซม. ความยาวใบ 179.56 ± 35.27 ซม. ความกว้างใบ 56.38 ± 9.38 ซม. น้ำหนักปลี 624.57 ± 30.91 กรัม ปลีรูปหอก ปลายแหลม มีนวลปกคลุมมาก กาบปลีมีวุ้น กาบปลีด้านนอกสีม่วงแดง ด้านในสีแดง ดอกเพศผู้สีเหลือง ปลายเหลือง ผลกล้วยทิพรสพัฒนาเข้าสู่ระยะบรรจบทางสรีรวิทยา 126 วันหลังตัดปลี กล้วยทิพรสมีน้ำหนักเครือ 10.40 ± 1.27 กก. 4.43 ± 0.79 หวีต่อเครือ น้ำหนัก 2.60 ± 0.31 กก.ต่อหวี มีผล 11.79 ± 1.18 ผลต่อหวี น้ำหนัก 271.77 ± 6.819 กรัมต่อผล ความกว้างผล 5.22 ± 0.30 ซม. ความยาวผล 16.30 ± 0.30 ซม. ความหนาเปลือก 5.17 ± 0.36 มม. เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลา 4.05 ± 0.50 วัน ในการพัฒนาเข้าสู่ระยะสุกพร้อมบริโภค ความแน่นเนื้อที่ระยะบรรจบ 48.70 ± 2.84 นิวตัน ลดลงเป็น 7.17 ± 1.24 นิวตัน ที่ระยะสุก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ที่ระยะสุก คือ $28.42\pm 1.42\%$ และ $0.21\pm 0.01\%$ ตามลำดับ

คำสำคัญ : กล้วยทิพรส สัณฐานวิทยา กลุ่ม ABBB

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว 27160

¹ Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo campus, Sakaeo 27160

คำนำ

กล้วยที่ใช้บริโภคในปัจจุบัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa accuminata* เป็นลูกผสมระหว่างกล้วยป่าจีโนม diploid 2 ชนิด คือ *M. accuminata* Colla และ *M. balbisiana* Colla ซึ่งเป็นกล้วยจีโนม A และ B ตามลำดับ (Venkatachalam et al., 2008) กล้วยทิพรสหรือกล้วยเทพรสที่มีปลีติดอยู่ เป็นกล้วยลูกผสมที่เกิดจากจีโนม A และ B มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa x paradisiaca* มีจีโนม 4 ชุด (Tetraploid ABBB) (Valmayer et al., 2000) ลักษณะทั่วไปของกล้วยกลุ่มนี้ จะมีลำต้นเทียมสูง ใบใหญ่ หนาโรค กล้วยชนิดนี้มีลักษณะเนื้อไม่แน่น ถ้าทำให้สุกด้วยความร้อนจะมีรสหวานแต่ฝาด แต่เมื่อสุกงอมจะมีรสชาติ หวาน ถ้านำกล้วยดิบมาทอดกรอบจะมีรสชาติคล้ายเผือกทอด (เบญจมาศ, 2558) แต่เนื่องจากการปลูกกล้วยในสายพันธุ์ ดังกล่าวไม่แพร่หลาย ผลผลิตต่อต้นน้อย ทำให้การใช้ประโยชน์และข้อมูลมีจำกัด คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาลักษณะของ กล้วยทิพรส ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำต้นเทียม ใบ ปลีกล้วย และคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของผลกล้วยระยะบรรจิบริบูรณ์และระยะสุก เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการอนุรักษ์ ส่งเสริมการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางกายภาพของกล้วยทิพรส

ต้นกล้วยที่นำมาศึกษา เป็นกล้วยที่เจริญเติบโตเต็มวัยจนกระทั่งออกดอก (ออกปลี) เก็บข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ สีของกาบลำต้นเทียม ใบ (สีหลังใบ สีท้องใบ ใบที่ปกคลุม ลักษณะของฐานใบ) ลักษณะปลี (รูปร่างปลี การม้วนของกาบปลี นวลปกคลุม สีกาบปลีด้านนอก ด้านใน สีดอกเพศผู้) และเก็บข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ ความสูงลำต้นเทียม วัดความกว้าง ความยาวใบ ชั่งน้ำหนักปลี และวัดสีด้วยเครื่อง chroma meter (Chroma meter, CR-400, Konica Minolta, Japan) รายงานผลเป็นค่า L^* , a^* , b^* Hue (h°) และ chroma นอกจากนี้ยังศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายภาพของผลกล้วยที่ระยะบรรจิบริบูรณ์ทางสรีรวิทยา ดังนี้ รูปร่างของผลกล้วย ลักษณะปลายผล การติดของก้านเกสรเพศเมีย ความกว้างผล ความยาวผล น้ำหนักผล น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ ความหนาเปลือก และอัตราส่วนของเปลือกต่อเนื้อ

2. การพัฒนาเข้าสู่การสุกและคุณภาพทางเคมี

นำกล้วยที่ระยะบรรจิบริบูรณ์ทางสรีรวิทยาไปเก็บรักษาในตระกร้าพลาสติก แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 1 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 75 ± 1) เพื่อให้ผลกล้วยพัฒนาเข้าสู่กระบวนการสุก สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ-เคมี ได้แก่ วัดการเปลี่ยนสีของเปลือกกล้วย ด้วยเครื่อง chroma meter รายงานผลเป็นค่า L^* , chroma และ Hue (h°) วัดความแน่นเนื้อของเนื้อผล ใช้หัวทรงกระบอก วัดตำแหน่ง หัว กลาง ทำผล จำนวน 10 ผลต่อซ้ำ ทำ 3 ซ้ำ ด้วยเครื่อง fruit hardness tester (Force Gauge, FG520K, Daiichi, Japan) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Digital Pocket refractometer (PAL-1, ATAGO CO., LTD., Japan) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ด้วย 0.1 N NaOH ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (AOAC, 2006) และรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดมาลิก

ผล

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางกายภาพของกล้วยทิพรส

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำต้นเทียมของกล้วยทิพรส ลักษณะลำต้นเทียมสีเขียว มีความสูง 318.50 ± 69.78 ซม. ลักษณะของหลังใบมีสีเขียวแก่ เป็นมันวาว ท้องใบสีเขียวอ่อนมีไขปกคลุมปานกลาง ฐานของแผ่นใบทั้งสองข้างไม่เท่ากัน ปลายมนทั้งสองข้าง ความยาวแผ่นใบ 179.56 ± 35.27 ซม. ความกว้างแผ่นใบ 56.38 ± 9.38 ซม. ปลีรูปหอก ปลายแหลม มีนวลปกคลุมมาก กาบปลีม้วน กาบปลีด้านนอกสีม่วงแดง ด้านในสีแดง ดอกเพศผู้สีชมพูม่วง ปลายเหลือง น้ำหนักปลี 624.57 ± 30.91 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดสีของลำต้นเทียม แผ่นใบ กาบปลีด้านนอก กาบปลีด้านใน และดอกเพศผู้ (Table 1 and Figure 1)

Table 1 Chroma value of psuedostem, leaf, outside bract, inside bract and male flowers

Part of banana	L*	a*	b*	Chroma	h°
Pseudostem	52.91±6.09	-4.21±1.13	24.57±2.52	25.20±4.27	98.43±6.46
Leaf	31.98±4.89	-11.18±1.81	16.27±3.27	64.33±79.29	125.63±0.98
Outside bract	45.83±4.44	10.17±2.07	4.06±0.80	11.53±1.03	18.96±1.49
Inside bract	40.27±1.93	31.47±3.03	21.29±2.30	38.29±3.26	34.10±2.69
Male flower	56.65±3.93	8.21±0.13	21.56±2.50	23.90±1.90	63.76±8.93

Note: L*, a*, b*, chroma and h° values with an average data from 3 replications with 10 values in each replications.

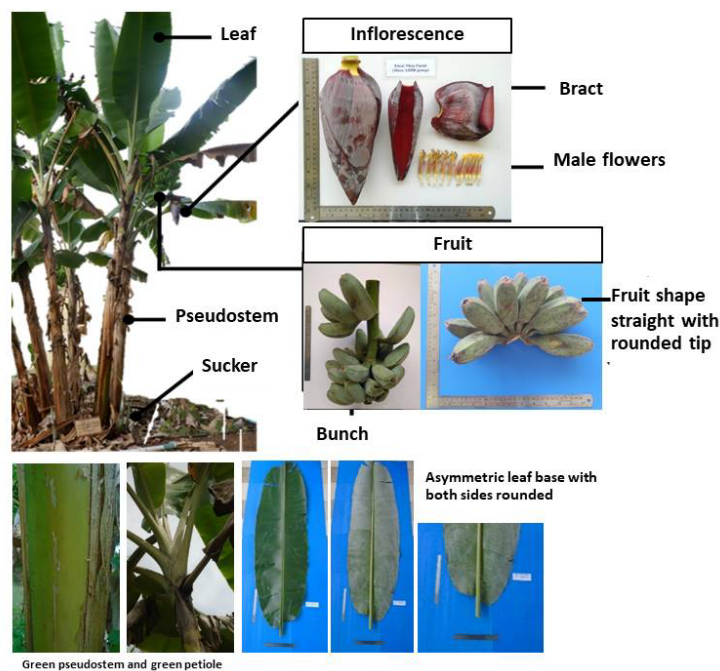


Figure 1 Characteristics of Tiparod' banana plant, leaf, inflorescence and fruit

2. การพัฒนาเข้าสู่การสุกและคุณภาพทางเคมี

ผลกล้วยทิพรสพัฒนาจนเข้าสู่ระยะบรรจบทางสรีรวิทยา 126 วันหลังตัดปลี ผลมีรูปร่างตรง ปลายผลมน ไม่พบก้าน เกสรเพศเมียติดอยู่ที่ปลายผล ผลใหญ่ค่อนข้างกลมมีเปลือกหนา ผลดิบมีสีเขียวอ่อน ผลแก่จัดมีสีเขียวเข้ม มีนวลปกคลุมที่ผิว ผลมาก ทำให้เห็นเปลือกผลเป็นสีเขียวอมเทา (Figure 1) กล้วยทิพรสน้ำหนักเครือ 10.40±1.27 กก. 4.43±0.79 หัวต่อเครือ น้ำหนัก 2.60±0.31 กก.ต่อหัว มีผล 11.79±1.18 ผลต่อหัว น้ำหนัก 271.77±6.19 กรัมต่อผล ความกว้างผล 5.22±0.30 ซม. ความยาวผล 16.30±0.30 ซม. ความหนาเปลือก 5.17±0.36 มม. น้ำหนักเปลือก 165.08±32.23 กรัม น้ำหนักเนื้อ 118.63±4.99 กรัม กล้วยทิพรสที่เก็บเกี่ยวระยะบรรจบทางสรีรวิทยา ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลา 4.05±0.05 วัน ในการพัฒนาเข้าสู่ระยะสุกพร้อมบริโภค เมื่อผลสุกเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง สอดคล้องกับ ค่า L* เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า h° มีค่าลดลงจาก 121.10±2.07 เป็น 90.97±5.09 ส่วนของเนื้อผลกล้วยมีสีขาวที่ระยะบรรจบและเปลี่ยนเป็นสีขาวครีมเมื่อสุก (Table 2) ความแน่นเนื้อที่ระยะบรรจบ 48.70±2.84 นิวตัน ลดลงเป็น 7.17±1.24 นิวตันที่ระยะสุก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเมื่อระยะสุกเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจาก 4.76±0.67 เป็น 28.42±1.42% ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เปลี่ยนแปลงในระหว่างการสุกเล็กน้อย จาก 0.16±0.01 เป็น 0.21±0.01%

Table 2 Peel color at physiological mature and fully ripe stages

Part of Banana	Physiological mature stage			Fully ripe stage		
	L*	chroma	h°	L*	chroma	h°
Peel color	51.28±0.58	24.41±2.07	121.10±2.07	67.46±3.36	48.82±5.33	90.97±5.09
Pulp color	90.05±2.76	18.30±1.79	73.82±3.77	76.05±7.35	26.61±1.74	74.06±2.11



วิจารณ์ผล

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้วยทิพรส ได้แก่ ลำต้นเทียมสูง แผ่นใบใหญ่ ผลขนาดใหญ่ (ความกว้างผล 5.22 ± 0.30 ซม. ยาว 16.30 ± 0.30 ซม.) มากกว่ากล้วยน้ำว้า (ความกว้างผล 3-4 ซม. ยาว 11-13 ซม.) (เบญจมาศ, 2558) และกล้วยหักมุก (ความกว้างผล 4.65 ± 0.34 ซม. ยาว 15.20 ± 0.31 ซม.) (ชาญชัยและกิตติพงษ์, 2551) ซึ่งเป็นกล้วยกลุ่มจีโนม ABB กล้วยทิพรสที่ระยะบรรีบุรณทางสรีรวิทยามีสีเขียวเข้มมีนวลปกคลุมมาก ทำให้เห็นสีเปลือกเป็นสีเขียวอมเทา มีผลขนาดใหญ่เนื้อผลแน่นและมีสีขาวที่ระยะบรรีบุรณทางสรีรวิทยา ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำมาแปรรูปได้เป็นอย่างดี แต่เมื่อสุกเนื้อผลมีสีครีม ความแน่นเนื้อลดลง ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น แสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม ไม่เละ มีรสชาติหวาน ซึ่งการที่ความแน่นเนื้อของเนื้อผลลดลง เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในผนังเซลล์และชั้นมิดเดิลเลเมลลาสู่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์ (Amnuaysin *et al.*, 2012) ประกอบกับสารเพคตินซึ่งเดิมไม่ละลายน้ำเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อกล้วยนิ่มขึ้น (จริงแท้, 2541) ส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เป็นลักษณะทั่วไปที่พบได้ในการสุกของกล้วย โดยเป็นผลมาจากการที่แป้งเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Fernando *et al.*, 2014) นอกจากนี้ฤดูกาลยังส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เช่น ฤดูหนาวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าฤดูร้อนและฤดูฝน เป็นต้น (Sangudom *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตาม ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวิธีการดูแลรักษาในแปลงปลูกด้วย (दनัยและนินยา, 2548)

สรุป

กล้วยทิพรสเป็นกล้วยที่มีลักษณะต้นสูงใหญ่ ใบใหญ่ ผลขนาดใหญ่ รวมทั้งมีเนื้อผลแน่น สีขาวและเมื่อสุกเนื้อผลมีสีครีม รสชาติหวาน เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม ไม่เละ ซึ่งจากลักษณะทั้งทางสัณฐานวิทยาและคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของกล้วยทิพรส ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการอนุรักษ์ ส่งเสริมการนำมาใช้ประโยชน์ และเพิ่มมูลค่าต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 27/2562 และขอบคุณนางสาวศศิพิมพ์ โพธิ์ทอง และนางสาวสมฤทัย ยืนยง สำหรับการช่วยเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 น.
- ชาญชัย ศิริพร และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2551. ผลของอายุกล้วยหักมุกต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยและสมบัติทางเคมีของแป้งกล้วย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 26(3): 74-82.
- दनัย บุญยเกียรติ และนินยา รัตนานนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 น.
- เบญจมาศ ศิลาชัย. 2558. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 512 น.

- Amnuaysin, N., K. Seraypheap and M. Kidyoo. 2012. Anatomical changes in peel structure of 'Hom Thong' banana during fruit development and ripening. *Tropical Natural History* 12: 127-136.
- AOAC. 2006. Official Methods of Analysis, 18th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburgs, MD.
- Fernando, H.R.P., V. Srilaong, N. Pongprsert, P. Boonyarittongchai and P. Jitareerat. 2014. Changes in antioxidant properties and chemical composition during ripening in banana variety 'Hom Thong' (AAA group) and 'Khai' (AA group). *International Food Research Journal* 21: 749-754.
- Sangudom, T., C. V. Wongs-Aree, V. Srilaong, S. Kanlayanarat, T. Wasusri, S. Noichinda and W. Markumlai. 2014. Fruit quality and antioxidant properties of "KluaiKhai" banana (*Musa* AA group) at different stages of harvest maturity. *International Food Research Journal* 21: 583-588.
- Valmayor, R.V., S.H. Jamaluddin, B. Silayoi, S. Kusumo, L.D. Danh, O.C. Pascua and R.R.C. Espino. 2000. Banana Cultivar Names and Synonyms in Southeast Asia. International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Asia and the Pacific Office, Los Banos, Laguna, Philippines. 18 p.
- Venkatachalam, L., R. V. Sreedhar and N. Bhagyalakshmi. 2008. The use of genetic markers for detecting DNA polygenetic relationships among banana cultivars. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 47: 974-985.

เปรียบเทียบคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะเขือเทศ พันธุ์สแนคสลิม 502 และ พันธุ์ PC3 (A9) เพื่อ
การส่งเสริมอาชีพใหม่ให้กับเกษตรกรในพื้นที่สูงชายขอบ บ้านบ่อเหมืองน้อย อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย
Comparison of Postharvest Quality of Snack Slim 502 and PC3 (A9) for Promoting New Careers for
Farmers in the Marginal Highland Area; Ban Bor Meung Noi, Nahaew District, Loei Province

ปิยทัศน์ ทองไตรภพ¹ อธิมา วงษ์ชีรี¹ และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย²

Piyathas Tongtraibhop¹, Thitima Wongsheree¹ and Panida Boonyarittongchai²

Abstract

Tomato cvs. Snack Slim 502 (SS) and PC3 (A9) were developed and bred by the National Center for Genetic Engineering and Biotechnology and a private sector in order to support new career for the special small community of marginal highland area Bor Meung Noi, Nahaew District, Loei Province. The objective of this study is to compare the postharvest quality of 2 cultivars of small tomato fruits for new commercial produced. The tomatoes were grown during November 2020 – February 2021. Fresh fruits were harvested and transported to Postharvest Technology laboratory, KMUTT Bankhuentien, Bangkok. Comparison of a difference between means of independent samples with 4 replications by statistic test (t-test). The both tomato fruits are cylindrical shape, but the tip of SS fruit is pointed shape whereas PC3 fruit is rounded shape. The color of both tomato cultivars were expressed as values of tomato fruit, L^* , a^* , b^* , chroma and hue angle showed no significant differences in both fruit. However, the SS fruits is significantly higher TSS./TA ratio and pH than PC3 variety difference. However, titratable acidity and firmness were not significantly different ($p < 0.05$). It was concluded that the two varieties of tomatoes did not differences in some physical and chemical properties can encourage farmers to grow for commercial purposes.

Keywords: fresh tomatoes, new career, marginal highland

บทคัดย่อ

มะเขือเทศพันธุ์สแนคสลิม 502 (SS) และ PC3 (A9) เป็นพันธุ์ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ร่วมกับบริษัทเอกชน เพื่อสนับสนุนอาชีพให้คนในพื้นที่สูงชายขอบ ที่หมู่บ้านบ่อเหมืองน้อย อ.นาแห้ว จ.เลย วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะเขือเทศรับประทานสด สองสายพันธุ์ ปลูกในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2564 แล้วเก็บเกี่ยวผลผลิตและขนส่งจากแหล่งปลูกมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูล 4 ข้อ ด้วยการทดสอบทางสถิติ (t-test) มะเขือเทศทั้งสองพันธุ์มีลักษณะผลเป็นทรงกระบอก (cylindrical) แต่พันธุ์ SS ปลายผลมีจุกแหลมเล็กน้อยและบริเวณใกล้กับขั้วผลคอดลง ส่วนพันธุ์ PC3 ปลายผลกลมมน ขั้วผลไม่คอดผลมะเขือเทศทั้งสองพันธุ์มีค่าสี ได้แก่ L^* , a^* , b^* , Chroma และ hue angle ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในผลมะเขือเทศพันธุ์ SS มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio) และค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าพันธุ์ PC3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มะเขือเทศทั้งสองสายพันธุ์ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) และความแน่นเนื้อ (firmness) ไม่แตกต่างกัน สรุปได้ว่ามะเขือเทศทั้งสองพันธุ์มีสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการไม่แตกต่างกัน สามารถส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่อเป็นการค้าต่อไป

คำสำคัญ: มะเขือเทศผลสด อาชีพใหม่ พื้นที่สูงชายขอบ

¹ ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

² หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

³ Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok campus, Bangkok 10150

คำนำ

พื้นที่หมู่บ้านบ่อเหมืองน้อย อ.นาแห้ว จ.เลย เป็นหมู่บ้านจัดตั้งใหม่ตามแนวชายแดน เพื่อเป็นการแสดงอาณาเขตให้เด่นชัดด้วยคน ต้นไม้ และสิ่งปลูกสร้าง หลังจากกรณีการสู้รบบ้านร่มเกล้า ปี พ.ศ.2532 หมู่บ้านตั้งอยู่ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 750 เมตร และอยู่ในอุทยานแห่งชาติภูสวนทราย มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง สภาพพื้นที่สูงชัน การคมนาคมไม่สะดวก ส่งผลให้เกษตรกรไม่ได้รับราคาผลผลิตทางการเกษตรที่ยุติธรรมจากพ่อค้าคนกลาง ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) จัดเป็นพื้นที่ปฏิบัติการ โดยมีเป้าหมายให้เกษตรกร “อยู่ร่วมกับป่าได้” โดยส่งเสริมและพัฒนาการผลิตพืชที่มีมูลค่าสูงให้กับเกษตรกร เพื่อเพิ่มรายได้ สามารถบรรเทาเป้าหมายของการจัดตั้งหมู่บ้าน พืชที่ได้รับการคัดเลือกมีทั้งสตรอว์เบอร์รี มะคาเดเมีย มะเขือเทศรับประทานสด เป็นต้น (ปิยทัศน์ และคณะ, 2562) สำหรับมะเขือเทศพันธุ์สแนคสลิม และ PC3 เป็นพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก ด้านทานโรคเหี่ยวเหี่ยว (ชญาธิษฐ์, 2563) ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ร่วมกับบริษัทเอกชน เพื่อสนับสนุนอาชีพให้คนในพื้นที่สูงชายขอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การปลูกมะเขือเทศในแปลง เก็บเกี่ยว และการขนส่ง

มะเขือเทศทั้งสองสายพันธุ์ ปลูกในแปลงที่มีการจัดการแปลงปลูกที่ดี ลดการใช้สารเคมี ปลูกในเดือนพฤศจิกายน 2563 – เดือนกุมภาพันธ์ 2564 อุณหภูมิกลางวันเฉลี่ย 15 องศาเซลเซียส กลางวันเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส ระยะปลูก 50 x 50 เซนติเมตร ดินเป็นดินร่วนปนทราย ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง (อินทรียวัตถุ ในระดับปานกลาง ค่า pH 6.5) การเตรียมดินใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักรอกันหลุม ปริมาณ 2 ตัน/ไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีตามช่วงเวลาที่เหมาะสมและความต้องการของมะเขือเทศ การเจริญเติบโตช่วงแรกใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และเมื่อออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเลย เก็บเกี่ยวผลผลิตมะเขือเทศ ในช่วงที่ผิวผลมีสีแดงขนส่งโดยบรรจุในกล่องขนาด 5 กิโลกรัม ของบริษัทไปรษณีย์ไทย จำกัด

2. ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ทดสอบคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการหลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ เปรียบเทียบค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ค่าความเข้มของสี (chroma) และค่าสี (hue angle) ของผิวผลมะเขือเทศทั้งสองสายพันธุ์ โดยใช้เครื่องมือ chroma meter (CR400 Minolta colorimeter Minolta, Japan) เปรียบเทียบปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio) และค่าความเป็นกรด-ด่างของมะเขือเทศทั้งสองสายพันธุ์ และเปรียบเทียบความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศ โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA.XT texture analyzer Stable Micro System, UK) โดยกำหนดค่าดังนี้ Pre-Test Speed 1 mm/sec, Test Speed 2 mm/sec, Post-Test Speed 10 mm/sec, Distance 5 mm, Trigger Force 0.049 N

ผล

มะเขือเทศทั้งสองพันธุ์มีลักษณะผลมันทรงกระบอก (cylindrical) แต่พันธุ์ SS ปลายผลมีจุกแหลมเล็กน้อยและบริเวณใกล้กับขั้วผลคอดลง ส่วนพันธุ์ PC3 ปลายผลกลมมน ขั้วผลไม่คอดส่วนพันธุ์ PC3 ปลายผลกลมมน ขั้วผลไม่คอด (Figure 1) ผลมะเขือเทศทั้งสองพันธุ์มีค่าสี ได้แก่ L^* , a^* , b^* , chroma และ hue angle ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลมะเขือเทศพันธุ์ SS มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio) และค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าพันธุ์ PC3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มะเขือเทศทั้งสองพันธุ์ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) และค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ไม่แตกต่างกัน (Table 1)



Figure 1 Appearance of tomato fruit cv. Snack Slim (A) and PC 3 (B) varieties.

Table 1 Peel color total soluble solids (TSS), titrated acidity (TA), total soluble solids/ titrated acid ratio (TSS/TA ratio), pH and firmness of tomato fruit cv. Snack Slim (SS) and PC3.

Treatments	Peel color					TSS (%)	TA	TSS/TA ratio	pH	Firmness (N)
	L*	a*	b*	c	h°					
SS	40.63	19.16	24.55	31.17	52.03	8.43 ^a	0.41	21.16 ^a	5.25 ^a	4.19
PC3	44.62	19.38	25.97	32.44	53.18	7.05 ^b	0.51	14.12 ^b	5.10 ^b	4.87
F-Test	ns	Ns	ns	ns	Ns	**	ns	*	*	ns
C.V.%	11.75	4.67	5.82	4.76	2.88	1.81	19.62	17.87	1.61	21.67

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามะเขือเทศทั้งสองพันธุ์มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) เฉลี่ย 7.1-8.4% และความแน่นเนื้อสูง เฉลี่ย 4.2-4.9 นิวตัน ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การรับซื้อของเอกชนสำหรับมะเขือเทศรับประทานผลสดลูกผสมกลุ่มเชอร์รี่ที่กำหนดให้มีค่า TSS มากกว่า 8.0% (เสาวณี, 2555) และเป็นที่น่าสังเกตว่ามะเขือเทศพันธุ์ SS มีค่า pH, TSS และอัตราส่วน TSS/TA สูงกว่าพันธุ์ PC3 จึงทำให้รสชาติที่หวานกว่า การศึกษาในอนาคตควรมีการทดสอบประสิทธิภาพสัมผัสของผู้บริโภคโดยการชิมและควรมีการวิเคราะห์สารที่ให้คุณภาพทางโภชนาการ ได้แก่ ไลโคปีน เบต้าแคโรทีน วิตามินซี และสมมติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลมะเขือเทศทั้งสองสายพันธุ์ จากการทดลองรูปแบบการขนส่งผลผลิตทาง บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ไม่พบความเสียหายของผลมะเขือเทศในระหว่างการขนส่ง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผลมะเขือเทศทั้งสองพันธุ์มีความทนทานต่อการขนส่ง และอาจไม่จำเป็นต้องขนส่งในสภาพอุณหภูมิต่ำหากขนส่งในระยะเวลานี้ (2 วัน) จึงควรมีการทดสอบว่าการขนส่งโดยวิธีนี้มีผลต่ออายุการวางจำหน่ายและคุณภาพทางโภชนาการหรือไม่ เพื่อให้เกษตรกรสามารถส่งผลผลิตจำหน่ายได้ทั่วประเทศ ซึ่งเป็นการสร้างอาชีพและรายได้ที่ยั่งยืน

สรุป

มะเขือเทศทั้งสองสายพันธุ์มีสมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีบางประการไม่แตกต่างกัน มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ทนทานต่อการขนส่ง สามารถส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่อเป็นการค้าต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ และนักศึกษาระดับปริญญาโท ในการตรวจวิเคราะห์ผลทางกายภาพและเคมี

ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานในครั้งนี้ รวมทั้ง สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร สวทช. สนับสนุนเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ PC3

เอกสารอ้างอิง

ปิยทัศน์ ทองไตรภพ, สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร และคมกฤช จันธุ. 2562. โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี และพัฒนาการปลูกพริกและมะเขือเทศ เพื่อสร้างอาชีพให้กับเกษตรกรรุ่นใหม่ ในพื้นที่ อ.นาแห้ว จ.เลย. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี. 34 หน้า.

ชญานิษฐ์ นกแก้ว. 2563. มะเขือเทศพันธุ์ใหม่ด้านไวรัสใบหงิก เกษตรกรปลอดภัย ลดต้นทุน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://bangkokbiznews.com/news/detail/868855>. (15 สิงหาคม 2563).

เสาวณี เขตสกุล. 2555. เทคโนโลยีการผลิตมะเขือเทศ. รายงานโครงการวิจัย กรมวิชาการเกษตร. 126 หน้า. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2158>. (15 สิงหาคม 2563).

ผลของเอทิลีนและ 1-MCP ต่อการเสื่อมสภาพของดอกตูมและดอกบานในกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน Effect of Ethylene and 1-MCP on Bud and Open Flower Senescence in *Dendrobium* 'Khao Sanan' Orchid

กานต์สินี ท่าโพธิ์^{1,2} พีรยุทธ สิริฐานกร^{1,2} และ อังณชญา มงคลชัยพฤกษ์^{1,2}
Kansinee Thapo^{1,2}, Peerayut Sirithanakorn^{1,2} and Anchaya Mongkolchaiyaphruek^{1,2}

Abstract

The effects of ethylene and 1-MCP on bud and open flower senescence of *Dendrobium* 'Khao Sanan' orchid were studied. The orchid inflorescences were treated with 0 and 500 ppb 1-MCP for 3 hours at 25 °C and then were fumigated with 0 and 0.4 ppm ethylene for 24 hours. The treated inflorescences were placed at room temperature (25 ± 2 °C), 70-80 % relative humidity for 15 days. The experiment was conducted in Completely Randomized Design (CRD) with four treatments, ten replications which one inflorescence per replication. The result showed that the flowers treated just only ethylene were dramatically senescent; the incidence of epinasty, drooping, yellowing, wilting and dropping of bud and open flowers, as well as the ethylene production and respiration rate increased significantly higher than those of other treatment flowers ($p \leq 0.05$). The severity of senescence symptoms, ethylene production and respiration rate occurred in bud flowers more than the open flowers. Moreover, the percentages of flower drooping in the bud and open flowers were 34.2 ± 6.6 and 67.7 ± 5.7 %, respectively which were detected within 2 days, and 18.5 ± 2.5 % of bud yellowing was shown in a vase after 2 days. In contrast, 1-MCP could prevent and delay senescence of orchid flowers. Fifty percent of senescent flowers were found in the flowers treated with only 1-MCP, 1-MCP prior to ethylene, and without 1-MCP and ethylene (control) on day 13, 11 and 6 of experiment, respectively.

Keywords: senescence, orchid inflorescences, ethylene

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของเอทิลีน และสาร 1-Methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการเสื่อมสภาพของดอกตูมและดอกบานในกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน โดยนำช่อดอกกล้วยไม้มารวมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 0 ppb และ 500 ppb ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นรมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0 ppm และ 0.4 ppm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาปักแจกันที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ช่อ ช่อละ 1 ช่อ จากการศึกษาพบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับเอทิลีนเพียงอย่างเดียวเกิดการเสื่อมสภาพอย่างชัดเจน คือ อาการลู่ คั่ว เหลือง เหี่ยว และร่วงของดอกตูมและดอกบาน รวมทั้งการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นมากกว่าดอกกล้วยไม้ในกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความรุนแรงของอาการเสื่อมสภาพ การผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจปรากฏในดอกตูมมากกว่าดอกบาน นอกจากนี้ยังพบอาการคว่ำของดอกตูมและดอกบาน 34.2 ± 6.6 และ 67.7 ± 5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายในวันที่ 2 และพบอาการเหลืองของดอกตูม 18.4 ± 2.5 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากวันที่ 2 ของการปักแจกัน ในทางตรงกันข้ามการรวมด้วย 1-MCP สามารถป้องกันและชะลอการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้ ซึ่งพบการเสื่อมสภาพของดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ 1-MCP เพียงอย่างเดียว ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ 1-MCP ก่อนได้รับเอทิลีน และดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับ 1-MCP และเอทิลีน (ชุดควบคุม) ในวันที่ 13, 11 และ 6 ของการปักแจกัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การเสื่อมสภาพ ดอกกล้วยไม้ เอทิลีน

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กทม. 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

คำนำ

กล้วยไม้จัดเป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีมูลค่าการส่งออกและสร้างรายได้ให้ประเทศไทยมากกว่า 3 พันล้านบาทต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งประมาณร้อยละ 80 เป็นกล้วยไม้ตัดดอก โดยกล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium*) เป็นสกุลที่มีการส่งออกมากที่สุด (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2564) ซึ่งกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน (*Dendrobium* 'Khao Sanan') เป็นกล้วยไม้ที่ปลูกเลี้ยงง่าย ให้ผลผลิตดี ดอกมีขนาดใหญ่ ดอกสีขาวและมีกลิ่นหอม รูปทรงกลม และจัดเป็นกล้วยไม้ตัดดอกที่สวยงาม ทั้งนี้ปัญหาสำคัญในการส่งออกของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน คือ มีอายุการใช้งานสั้น และเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว โดยแสดงลักษณะอาการต่างๆ เช่น ดอกมีลักษณะคว่ำ กลีบดอกดูกลีบดอกมีสีน้ำตาล ซึ่งการเสื่อมสภาพดังกล่าวเป็นผลมาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม ภาวะสมดุลของน้ำ การหายใจ อุณหภูมิ และเอทิลีน (สายชล, 2531)

เอทิลีน (ethylene) เป็นฮอร์โมนพืชที่มีสถานะเป็นแก๊ส มีบทบาทต่อการเสื่อมสภาพของดอกไม้ (senescence) โดยการทำงานของเอทิลีนจะทำงานผ่านโปรตีนตัวรับ จากนั้นจึงส่งสัญญาณให้โปรตีนที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการถอดรหัส ส่งผลให้เกิดการแสดงออกของยีนที่ตอบสนองต่อเอทิลีน (จริงแท้, 2553) ปัจจุบันนิยมใช้สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ในการชะลอการสุกและการเสื่อมสภาพของผลผลิตผลไม้มากขึ้น ซึ่ง 1-MCP เป็นสารเคมีที่สามารถแตกตัวอยู่ในรูปแก๊ส สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีน โดยการแย่งจับที่บริเวณตัวรับเอทิลีน (receptor site) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วัฒนา และสมโภชน์, 2563) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของเอทิลีน และ 1-MCP ต่อการเสื่อมสภาพของดอกตูมและดอกบานในกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนานที่มีคุณภาพดี สม่าเสมอ ปราศจากโรคและแมลง โดยมีความยาวช่อ 45-50 เซนติเมตร มีดอกตูมจำนวน 8-9 ดอกและดอกบานจำนวน 5-6 ดอก จากสวนกล้วยไม้ของเกษตรกร อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม มารวมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 0 ppb และ 500 ppb เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นรมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 0 ppm และ 0.4 ppm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ช่อ ได้แก่ ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ 1-MCP หรือเอทิลีนเพียงอย่างเดียว ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ 1-MCP ก่อนได้รับเอทิลีน และดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับ 1-MCP และเอทิลีน (ชุดควบคุม) ภายหลังจากการรมสารนำช่อดอกกล้วยไม้มาปักแจกันในน้ำกลั่น โดยวางช่อดอกกล้วยไม้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ บันทึกผลการเสื่อมสภาพ ได้แก่ การคว่ำ การร่วง การเปลี่ยนสีของกลีบดอกตูมและดอกบาน การผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจของดอกตูมและดอกบานของดอกกล้วยไม้ ทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 15 วัน

ผล

จากผลการประเมินการเสื่อมสภาพของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน พบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 ppm เพียงอย่างเดียว ดอกตูมมีเปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มขึ้นน้อยกว่า รวมทั้งเกิดอาการดอกตูมคว่ำและเหลืองมากกว่าดอกกล้วยไม้ในกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Figure 1A) โดยพบอาการคว่ำของดอกตูม 34.2 ± 6.6 เปอร์เซ็นต์ ภายในวันที่ 2 ของการปักแจกัน (Figure 1B) และอาการเหลืองของดอกตูม 18.4 ± 2.5 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากวันที่ 2 ของการปักแจกัน (Figure 1C)

สำหรับการเสื่อมสภาพของดอกบาน พบว่า ดอกบานของกล้วยไม้ที่ได้รับเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 ppm เพียงอย่างเดียว ปรากฏอาการคว่ำและอาการร่วงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยพบอาการคว่ำและอาการร่วง 67.7 ± 5.7 และ 51.7 ± 7.7 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 2 และวันที่ 3 ของการปักแจกัน ตามลำดับ ในขณะที่ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb เพียงอย่างเดียว และดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนได้รับเอทิลีน ปรากฏอาการคว่ำ อาการร่วง และอาการเหลืองของดอกบานช้าและน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับดอกกล้วยไม้ที่ได้รับเอทิลีนเพียงอย่างเดียว และดอกกล้วยไม้ชุดควบคุม ซึ่งเมื่อพิจารณาการเสื่อมสภาพจากอาการคว่ำของดอก 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ 1-MCP เพียงอย่างเดียว ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ 1-MCP ก่อนได้รับเอทิลีน และดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับ 1-MCP และเอทิลีน (ชุดควบคุม) ปรากฏอาการในวันที่ 13 11 และ 6 ของการปักแจกัน ตามลำดับ (Figure 1D, E และ F) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏของช่อดอกกล้วยไม้ที่แสดงให้เห็นว่า ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับเอทิลีนเพียงอย่างเดียว แสดงอาการเสื่อมสภาพ คือ ดอกบานคว่ำอย่างชัดเจนภายในวันที่ 3 ของการปักแจกัน (Figure 2)

เมื่อพิจารณาการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจ พบว่าดอกกล้วยไม้ที่ได้รับเอทิลีนเพียงอย่างเดียว โดยส่วนใหญ่ดอกตูมและดอกบานมีการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจสูงกว่าดอกกล้วยไม้ในกรรมวิธีอื่น ทั้งนี้การได้รับ 1-MCP ก่อนได้รับเอทิลีนส่งผลให้ดอกตูมและดอกบานของกล้วยไม้มีการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจลดลง นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบว่าดอกตูมของกล้วยไม้มีการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจสูงกว่าดอกบาน (Figure 3)

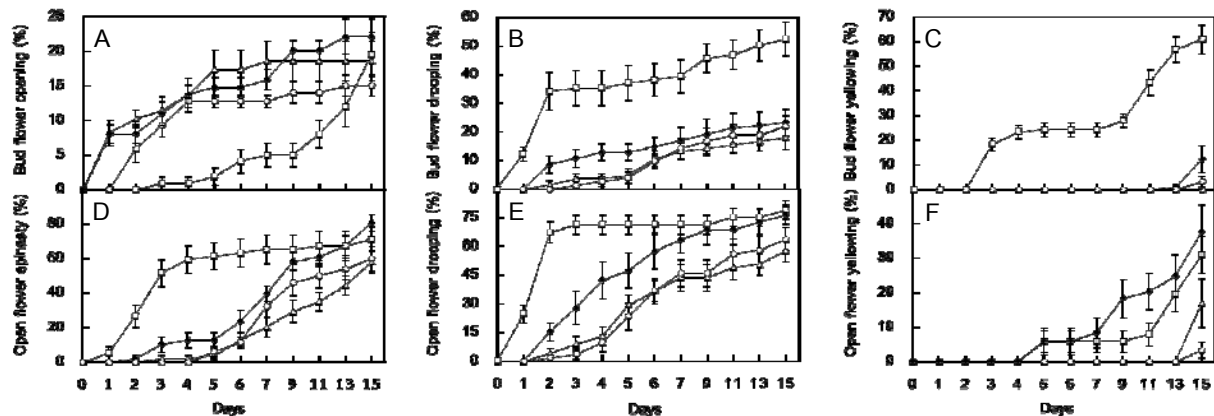


Figure 1 Senescence symptoms of bud (A, B and C) and open (D, E and F) flowers. Inflorescences were treated with 0 ppb 1-MCP + 0 ppm C_2H_4 (control) (—◆—), 0.4 ppm C_2H_4 (—□—), 500 ppb 1-MCP (—▲—) and 500 ppb 1-MCP + 0.4 ppm C_2H_4 (—○—).

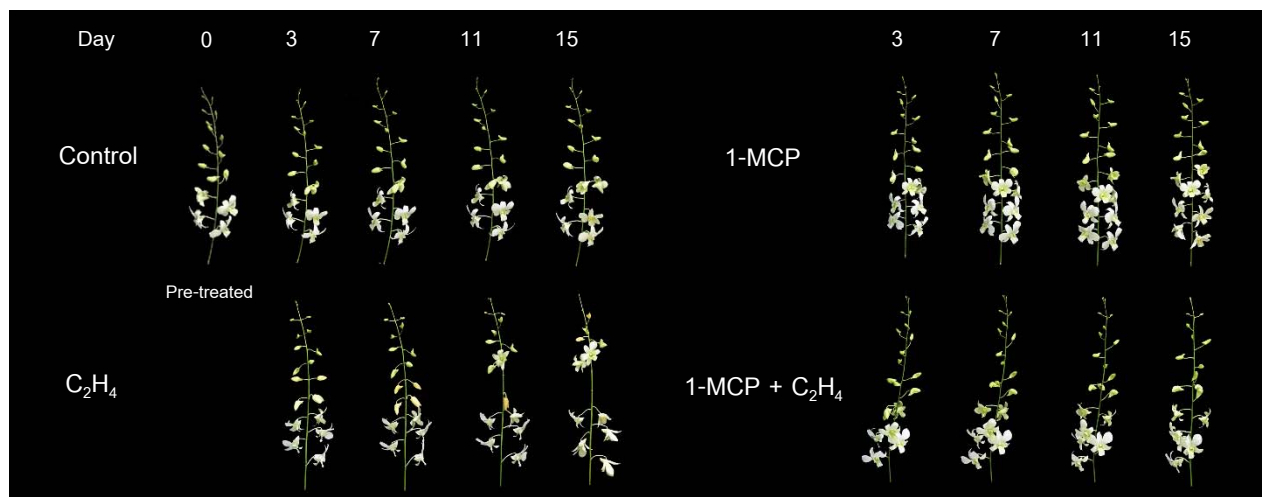


Figure 2 Drooping incidence of *Dendrobium* 'Khao Sanan' orchid flowers treated with 0 ppb 1-MCP + 0 ppm C_2H_4 (control), 0.4 ppm C_2H_4 , 500 ppb 1-MCP and 500 ppb 1-MCP + 0.4 ppm C_2H_4 on day 0, 3, 7, 11 and 15.

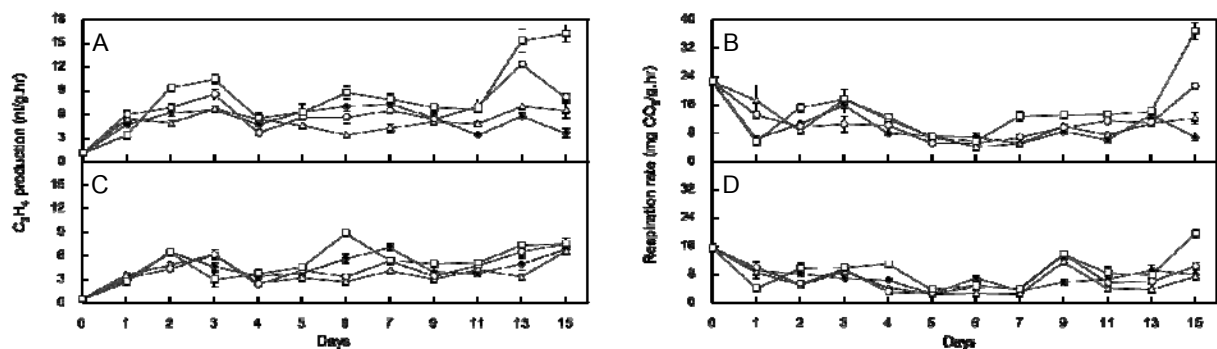


Figure 3 Ethylene production and respiration rate of bud (A and B) and open (C and D) flowers. Inflorescences were treated with 0 ppb 1-MCP + 0 ppm C_2H_4 (control) (—◆—), 0.4 ppm C_2H_4 (—□—), 500 ppb 1-MCP (—▲—) and 500 ppb 1-MCP + 0.4 ppm C_2H_4 (—○—)

วิจารณ์ผล

การเสื่อมสภาพของกล้วยไม้ตัดดอกมักเกิดขึ้นเนื่องจากการขาดน้ำและอาหารที่เคยได้รับจากต้นแม่ รวมทั้งเอทิลีนที่เกิดขึ้นจากการเกิดบาดแผลหรือได้รับจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ผลจากการให้เอทิลีนความเข้มข้น 0.4 ppm กับดอกกล้วยไม้พบว่า ดอกตูมและดอกบานของกล้วยไม้แสดงอาการเสื่อมสภาพอย่างชัดเจน ภายในวันที่ 2 และ 3 ภายหลังการได้รับเอทิลีน โดยพบการบานของดอกตูมน้อยลง ดอกตูมและดอกบานแสดงอาการคว่ำ ลู่ และดอกเหลืองเพิ่มมากขึ้น โดยอาการคว่ำและอาการลู่พบในดอกบานมากกว่าดอกตูม ในขณะที่อาการดอกเหลือง การผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจพบในดอกตูมมากกว่าดอกบาน (Figure 1-3) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกาญจนา (2553) ซึ่งรายงานว่า กล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ลักกี้ดาวน์ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไวต่อเอทิลีน แสดงอาการกลีบดอกลู่ สีดอกซีดอย่างชัดเจน หลังจากได้รับเอทิลีน 24 ชั่วโมง ทั้งนี้กลไกการทำงานของเอทิลีนในการกระตุ้นการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้เริ่มจากเอทิลีนจับกับโปรตีนตัวรับ จากนั้นส่งสัญญาณให้โปรตีนที่ทำหน้าที่ในการกระตุ้นการถอดรหัส ส่งผลให้มีการแสดงออกของยีนที่ตอบสนองต่อเอทิลีน เช่น ยีนที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของกลีบดอก และการหลุดร่วง เป็นต้น (จริงแท้, 2553) การให้สาร 1-MCP กับดอกกล้วยไม้สามารถชะลอการเสื่อมสภาพได้ เนื่องจาก 1-MCP ยับยั้งการทำงานของเอทิลีน โดยแย่งจับกับตัวรับเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่สามารถทำงานส่งสัญญาณไปยังโปรตีนกระตุ้นการถอดรหัส จึงไม่มีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพ (วัฒนา และสมโภชน์, 2563) จากการศึกษาพบว่า ดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสนานที่ได้รับ 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb ก่อนได้รับเอทิลีน แสดงอาการเสื่อมสภาพลดลงอย่างชัดเจน โดย 1-MCP สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้ที่ได้รับเอทิลีนจาก 2 วัน เป็น 11-13 วัน (Figure 2) เมื่อพิจารณาการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสนาน พบว่า ดอกตูมมีการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจมากกว่าดอกบาน (Figure 3) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Ketsa *et al.* (2001) และ Uthaichay *et al.* (2007) ซึ่งรายงานว่า ดอกกล้วยไม้สกุลหวายในระยะดอกตูมมีการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจมากกว่าในระยะดอกบาน ดังนั้นเมื่อดอกกล้วยไม้ได้รับเอทิลีนดอกตูมจึงตอบสนองต่อเอทิลีนและแสดงอาการเสื่อมสภาพ เกิดอาการเหลือง และดอกร่วงอย่างชัดเจนมากกว่าดอกบาน

สรุป

เอทิลีนความเข้มข้น 0.4 ppm สามารถกระตุ้นการเสื่อมสภาพของดอกตูมและดอกบานกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสนาน โดยดอกตูมจะตอบสนองต่อเอทิลีนและเกิดการเสื่อมสภาพมากกว่าดอกบาน การให้ 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสนานที่ได้รับเอทิลีนได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณ ประจำปี 2561 จากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา กิระศักดิ์. 2553. การตายของเซลล์ในช่วงการชราภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium*) ที่ถูกชักนำโดยเอทิลีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 155 น.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2553. ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 453 น.
- วัฒนา อัจฉริยะโพธา และสมโภชน์ น้อยจินดา. 2563. 1-methylcyclopropene (1-MCP): สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนในผัก ผลไม้ และดอกไม้สด. วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1: 10-26.
- สายชล เกตุษา. 2531. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของดอกไม้. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทสารมวลชน จำกัด. กรุงเทพมหานคร. 291 น.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2563. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2564/commodity2563.pdf. (3 มิถุนายน 2564)
- Ketsa, S., A. Uthairatanakij and A. Prayurawong. 2001. Senescence of diploid and tetraploid cut inflorescences of *Dendrobium* 'Caesar'. *Scientia Horticulturae* 91: 133-141.
- Uthaichay, N., S. Ketsa and W.G. van Doorn. 2007. 1-MCP pretreatment prevents bud and flower abscission in *Dendrobium* orchids. *Postharvest Biology and Technology* 43: 374-380.

ความต้านทานข้ามต่อสารเคมีในกลุ่ม QoI และ DMI ของเชื้อรา *Colletotrichum siamense* สาเหตุโรค
แอนแทรคโนสของมะม่วงที่ต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole
Cross-resistance to the QoI and DMI Fungicides in Benzimidazole-resistant *Colletotrichum siamense*;
Causal Agent Mango Anthracnose Disease

รติยา พงศ์พิสุทธิ^{1,2} ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล^{1,2} และสันติติ บินคาเดอร์^{1,2}
Ratiya Pongpisutta^{1,2}, Chainarong Rattanakreetakul^{1,2} and Santiti Bincader^{1,2}

Abstract

Anthrachnose disease affects to quantity and quality of mango production. Nowadays, disease controlling method apply by using fungicide which more efficient to against mango anthracnose. Whilst fungicide resistance occurred influencing to disease control failure because the farmer uses the fungicide for very long period. Other fungicide classes as a new choice for the grower should be tried. The objective of this research was to investigate fungicide resistance of *Colletotrichum siamense* isolate RB006. The results showed that the fungi can grow on PDA containing benzimidazole fungicide at the concentration of 1,000 mg/L. Molecular detection showed the mutation of amino acid at codon E198A compared with reference sequence. Cross-resistance with QoI fungicides indicated that *C. siamense* RB006 can be grown on high concentration at 1,000 mg/L, while it could not grow on DMI fungicides (inhibitory concentration at 10 – 100 mg/L). This research was a preliminary study of fungal resistance to comprehend and learn how to protect and reduce fungal resistance affecting control of plant pathogenic fungi from this point forward.

Keywords: cross-resistance, mango disease, fungicide chemical

บทคัดย่อ

โรคแอนแทรคโนสส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตมะม่วง การควบคุมในปัจจุบันนิยมใช้สารเคมีซึ่งง่ายและมีประสิทธิภาพ แต่พบว่าเชื้อราเกิดความต้านทานต่อสารเคมีซึ่งใช้มาเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้การควบคุมโรคเป็นไปได้ยากขึ้น การเลือกใช้สารเคมีกลุ่มอื่นๆ จึงน่าจะเป็นทางเลือกของเกษตรกรในปัจจุบัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะตรวจสอบความต้านทานของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราของ *Colletotrichum siamense* ไอโซเลต RB006 ต่อสารเคมี พบว่าเชื้อรามีความต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole โดยสามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงถึง 1,000 mg/L จากตรวจสอบข้อมูลทางอนุกรมวิธาน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนที่ codon E198A จากการทดสอบความต้านทานข้ามกลุ่ม พบว่าเชื้อรา *C. siamense* RB006 สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารเคมีในกลุ่ม QoI ที่ความเข้มข้นสูง 1,000 mg/L แต่ไม่สามารถเจริญได้บนอาหารที่ผสมสารเคมีในกลุ่ม DMI (ความเข้มข้นควบคุม 10 – 100 mg/L) งานวิจัยนี้เป็นเพียงจุดเริ่มต้นของการศึกษาเชื้อราที่แสดงความต้านทาน เพื่อทำความเข้าใจและเรียนรู้หนทางที่จะป้องกัน รวมทั้งลดความเสี่ยงในการกลายพันธุ์ของเชื้อรา ซึ่งส่งผลต่อการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: การดื้อยา โรคของมะม่วง สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา

คำนำ

การดื้อยาแบบข้ามกลุ่ม หรือ cross-resistance จัดเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการป้องกันและควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวค่อนข้างสูง จากข้อมูลของ Mahoney and Tattar ในปีค.ศ. 1980 พบว่าการใช้สารเคมีที่มีกลไกการออกฤทธิ์แบบ single-site ซึ่งใช้กันอย่างมากในการใช้ควบคุมโรคแอนแทรคโนส โดยสารเคมีดังกล่าว มักอยู่ในกลุ่ม benzimidazole เช่น benomyl, thiophanate-methyl และ carbendazim (Prakash and Pandey, 2000; Devi et al., 2014) หลังจากใช้สารเคมีดังกล่าวมาอย่างยาวนาน พบว่าการควบคุมโรคกลับไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาและจัดแบ่งกลุ่มสารเคมีออกเป็นหมวดหมู่ตามกลไกการออกฤทธิ์ เพื่อลดการใช้สารเคมีชนิดเดิมซ้ำกันเป็นระยะเวลานาน (Fungicide resistance action committee: FRAC, 2020)

¹ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

² Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

⁴ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of High Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400.

ส่วนสารเคมีในกลุ่ม Qol (quinone-outside inhibitor) เช่น azoxystrobin, kresoxim-methyl และ pyraclostrobin และสารเคมีในกลุ่ม DMI (demethylation inhibitors) เช่น cyproconazole, difenoconazole และ prochloraz เป็นสารเคมีที่ถูกนำมาใช้ทดแทนสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole เพื่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* เนื่องจากมีกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างไปจากเดิม ด้วยเหตุนี้จึงมีเกษตรกรจำนวนไม่น้อยหันมาใช้สารเคมี 2 กลุ่ม ดังกล่าว แต่ด้วยพฤติกรรมการใช้สารเคมีชนิดเดิม ซ้ำๆ เป็นระยะเวลานาน ก็ส่งผลกระทบให้เชื้อราเกิดความต้านทานต่อสารชนิดนี้เช่นกัน จากรายงานของ Ma and Michailides (2005) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความต้านทานของเชื้อราต่อสารเคมี และพบว่าสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole นั้นมีผลทำให้เชื้อราเกิดความต้านทานค่อนข้างสูง ทำให้การควบคุมโรคไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้สารเคมีกลุ่มนี้ยังส่งผลกระทบให้เชื้อราแสดงความสามารถต้านทานต่อสารเคมีแบบข้ามกลุ่ม ซึ่งเป็นปัญหาในการจัดการโรคแอนแทรคโนสเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเชื้อรา *Colletotrichum siamense* ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสอีกชนิดหนึ่งของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองซึ่งต้านทานสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole ต่อการตอบสนองต่อสารเคมีในกลุ่ม Qol และ DMI เพื่อใช้เป็นแนวทาง หรือวิธีการในการแก้ปัญหาการใช้สารเคมีให้มีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เชื้อราที่ใช้ในการศึกษา

เชื้อรา *Colletotrichum siamense* ไอโซเลท RB006 (ITS-accession number: MK215699.1) ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการราวิทยา ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นำมาเลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มได้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการสกัดดีเอ็นเอตามวิธีการของ Pongpisutta *et al.* (2013) โดยใช้ protease และสารละลาย phenol chloroform isoamyl alcohol (25:24:1) ในการตกตะกอนโปรตีน จากนั้นกำจัด RNA ด้วยการเติมเอนไซม์ RNase และหยุดปฏิกิริยาด้วยสารละลาย chloroform isoamyl alcohol (24:1) และตกตะกอนดีเอ็นเอด้วย absolute alcohol ตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอด้วย 1.2% agarose gel electrophoresis ใน 1XTBE buffer เก็บดีเอ็นเอที่ได้อิน -20°C เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

2. การตรวจสอบความต้านทานของเชื้อราต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole

นำเชื้อรา *C. siamense* ไอโซเลท RB006 ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 5 วัน มาตรวจสอบความต้านทานต่อสารเคมีด้วยวิธี minimum inhibitory concentration (MIC) โดยการเจาะเชื้อราบริเวณขอบโคโลนีด้วย cork borer ขนาด 0.6 cm จากนั้นย้ายลง 24 microwell plate ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมกับสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ benomyl, carbendazim และ thiophanate methyl ความเข้มข้นแตกต่างกัน 6 ระดับ คือ 0 (control), 0.1, 1.0, 10.0, 100.0 และ 1,000 mg/L บ่มได้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25°C ตรวจสอบ และบันทึกภาพและผลการเจริญของเส้นใยตามวิธีการของรัตติยา และชัยณรงค์ (2563) ทุกวัน จนครบ 7 วัน

จากนั้นตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของเชื้อราในระดับอณูชีวโมเลกุลที่กรดอะมิโนลำดับ 198 โดยการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมบริเวณ β -tubulin gene ด้วยไพรเมอร์ TB2L (5' GTTCCAGATCACCCACTCC '3) and TB2R (5' TGAGCTCAG GAACACTGACG '3) (Peres *et al.*, 2004) ส่งวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์กับเชื้อรามาตรฐาน *C. gloeosporioides* f. sp. *aeschyromene*

3. ตรวจสอบการดื้อยาแบบข้ามกลุ่มของเชื้อรา

นำเชื้อรา *C. siamense* ไอโซเลท RB006 เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 5 วัน มาตรวจสอบความดื้อยาแบบข้ามกลุ่มด้วยวิธี minimum inhibitory concentration (MIC) โดยการเจาะเชื้อราบริเวณขอบโคโลนีด้วย cork borer ขนาด 0.6 cm จากนั้นย้ายลง 24 microwell plate ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมกับสารเคมีในกลุ่ม Qol จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ azoxystrobin, kresoxim-methyl และ pyraclostrobin และสารเคมีกลุ่ม DMI จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ cyproconazole, difenoconazole และ prochloraz ความเข้มข้นแตกต่างกัน 6 ระดับ คือ 0 (control), 0.1, 1.0, 10.0, 100.0 และ 1,000 mg/L บ่มได้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25°C ตรวจสอบ และบันทึกภาพและผลการเจริญของเส้นใยตามวิธีการของรัตติยา และชัยณรงค์ (2563) ทุกวัน จนครบ 7 วัน

ผล

1. เชื้อราที่ใช้ในการศึกษา

เชื้อรา *C. siamense* ไอโซเลท RB006 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่อายุ 5 วัน มีการสร้างเส้นใยสีขาวปนเทา เจริญฟูจากผิวหน้าอาหาร พบการสร้างกลุ่มสปอร์ (spore mass) สีส้ม ด้านหลังโคโลนีมีสีเทาสลับส้ม เจริญขึ้นกันเป็นวง ตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบสปอร์รูปร่างทรงกระบอก ฐานตัด ไส้ไม่มีสี 1 เซลล์ ขนาดประมาณ 4.78 – 7.50 x 7.35 – 14.29 ไมโครเมตร ไม่พบการสร้าง setae พบ appressorium มีรูปร่าง clavate ถึง irregular สีน้ำตาลอ่อน ทำการสกัดดีเอ็นเอตามวิธีการของ Pongpisutta *et al.* (2013) ได้ดีเอ็นเอความเข้มข้นประมาณ 80 นาโนกรัม ไม่พบการปนเปื้อนของโปรตีนและ RNA

2. การตรวจสอบความต้านทานของเชื้อราต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole

ตรวจสอบความต้านทานของเชื้อรา *C. siamense* ไอโซเลต RB006 ต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole จำนวน 3 ชนิด พบว่าเชื้อราสามารถเจริญและสร้างเส้นใยได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารเคมีทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด (1,000 mg/L) ในวันที่ 3 หลังการปลูกเชื้อ เมื่อทำการตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ β -tubulin gene เปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์เชื้อรามาตรฐาน *C. gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* ที่ใช้อ้างอิง พบว่ามีลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ 1,285 – 1,287 คู่เบส ที่แตกต่างกัน (GAG → GCG) ส่งผลให้มีการแปลรหัสเป็นกรดอะมิโนที่แตกต่างไปจากเดิม (E198A)

3. ตรวจสอบการดื้อยาแบบข้ามกลุ่มของเชื้อรา

จากการทดสอบความต้านทานข้ามต่อสารเคมีในกลุ่ม QoI พบว่าหลังการปลูกเชื้อ 3 วัน สารเคมี pyraclostrobin มีศักยภาพในการควบคุมการเจริญเส้นใยเชื้อราได้ดีที่สุด โดยที่ความเข้มข้น 10 mg/L ไม่พบการเจริญของเส้นใย ในขณะที่สารเคมี azoxystrobin และ kresoxim-methyl นั้น พบว่าที่ความเข้มข้นสูงขึ้นไป (100 mg/L) ไม่พบการเจริญของเส้นใยเชื้อรา แต่หลังการปลูกเชื้อ 7 วัน เชื้อรา *C. siamense* สามารถเจริญได้ในทุกความเข้มข้นของสารเคมีทั้ง 3 ชนิด (ความเข้มข้นสูงสุด 1,000 mg/L) สำหรับสารเคมีในกลุ่ม DMI นั้น พบว่าหลังการปลูกเชื้อ 3 วัน สารเคมีทั้ง 3 ชนิดสามารถควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดี โดยไม่พบการเจริญของเส้นใยเชื้อราที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1 mg/L (ความเข้มข้นต่ำสุด) และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 7 วัน เชื้อราสามารถเจริญและสร้างเส้นใยได้ที่ความเข้มข้น 10 mg/L และ 100 mg/L ซึ่งเมื่อตรวจสอบจากอัตราแนะนำของสารเคมีที่ระบุในฉลาก พบว่าความเข้มข้นดังกล่าวยังเป็นความเข้มข้นที่ต่ำกว่าอัตราแนะนำ

Table 1 Efficiency of different fungicide classes to control benzimidazole-resistant *Colletotrichum siamense* isolate RB006

Fungicide classes	MIC assay (mg/L)*	
	3 days	7 days
Benzimidazole		
Benomyl	>1,000	>1,000
Carbendazim	>1,000	>1,000
Thiophanate methyl	>1,000	>1,000
QoI		
Azoxystrobin	100	>1,000
kresoxim-methyl	100	>1,000
pyraclostrobin	10	>1,000
DMI		
Cyproconazole	0.1	10
Difenoconazole	0.1	100
Prochloraz	0.1	10

*วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละกรรมวิธีมี 3 ซ้ำ



Figure 1 Colony of *C. siamense* isolate RB006 on PDA culture contained with different fungicides.

วิจารณ์ผล

จากการตรวจสอบเชื้อรา *C. siamense* ไอโซเลต RB006 โดยอาศัยลักษณะทางฟีโนไทป์และข้อมูลทางอนุชีวโมเลกุล พบว่าเชื้อรานี้มีความต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole โดยสามารถเจริญได้บนอาหารที่ผสมสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole ในความเข้มข้นที่สูง และมีการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่ง codon 198 สอดคล้องกับรายงานของ Nalumpang *et al.* (2010) และ Poti *et al.* (2020) ที่พบว่าเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* ที่ต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole จะมีการเปลี่ยนแปลงของ codon ที่ 198 (E198A) ส่งผลให้การแปลรหัสจาก glutamic acid เปลี่ยนเป็น alanine ซึ่งสัมพันธ์กับเชื้อราอ้างอิง (U14138) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่อ่อนแอ (Buhr and Dickman, 1993) สำหรับการแสดงความต้านทานข้ามต่อสารเคมีในกลุ่ม QoI พบว่าสารเคมีทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. siamense*

ไอโซเลท RB006 ที่ต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Tachiro *et al.* (2019) ที่ศึกษาการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสของแพร์ในประเทศญี่ปุ่น และพบว่าการใช้สารเคมีในกลุ่ม benzimidazole ส่งผลให้เชื้อราเกิดความต้านทานต่อสารเคมีกลุ่มนี้ได้ง่าย ในขณะที่เชื้อราที่ต้านทานต่อสารในกลุ่มดังกล่าวยังมีแนวโน้มที่จะแสดงความต้านทานข้ามต่อสารเคมีในกลุ่ม QoI ได้เช่นกัน สำหรับสารเคมีในกลุ่ม DMI นั้นพบว่าสามารถควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดี สอดคล้องกับรายงานของ FRAC (2020) ที่กล่าวว่าสารเคมีในกลุ่ม DMI ส่งผลให้เชื้อราเกิดความต้านทานต่อสารเคมีในระดับต่ำ แม้จะมีรายงานเรื่องความต้านทานข้าม แต่ความต้านทานข้ามนั้นเกิดเพียงความต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่มเดียวกันเท่านั้น ไม่ได้ส่งผลต่อการกระตุ้นให้เกิดความต้านทานข้ามต่อสารเคมีกลุ่มอื่นๆ แต่อย่างใด ดังนั้นการเลือกใช้สารเคมีเพื่อการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสของมะม่วง ควรเลือกใช้สารเคมีที่หลากหลายกลุ่ม ทั้งนี้เพื่อลดการเกิดความต้านทานของเชื้อราต่อสารเคมี ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อควบคุมโรคในอนาคตได้

สรุป

เชื้อรา *C. siamense* ไอโซเลท RB006 ที่แสดงความต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่ม benzimidazole มีแนวโน้มที่จะต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่ม QoI ได้เช่นกัน เนื่องจากเป็นสารเคมีในรูปแบบที่มีกลไกการออกฤทธิ์แบบ single-site สำหรับสารเคมีในกลุ่ม DMI นั้น ยังคงพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. siamense* ได้ แต่มีข้อควรระวังเรื่องการใช้สารกลุ่มเดียวกัน เนื่องจากเชื้อรานี้นี้เกิดความต้านทานข้ามกับสารเคมีในกลุ่ม DMI ได้เช่นกัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กทม. และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการราวิทยา ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำหรับการเชื้อเพื่อสถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- รัตติยา พงศ์พิสุทธิ และชัยณรงค์ รัตนกริชากุล. 2563. โรคกิ่งแห้งของทุเรียน. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- Buhr, T. L. and M.B. Dickman. 1993. Isolation and characterization of a β -tubulin-encoding gene from *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschyromene*. Gene 124(1): 121-125. doi:https://doi.org/10.1016/0378-1119(93)90771-T
- Devi, P., M. Paramasivam and V. Prakasam. 2014. Degradation pattern and risk assessment of carbendazim and mancozeb in mango fruits. Environmental Monitoring and Assessment 187: 1 – 6.
- Fungicide resistance action committee (FRAC). 2020. FRAC Code List©*2020: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including FRAC Code numbering). [Online]. Available source: https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2020-final.pdf?sfvrsn=8301499a_2. (February 11, 2021).
- Ma, Z. and T. Michailides. 2005. Advances in understanding molecular mechanisms of fungicide resistance and molecular detection of resistant genotypes in phytopathogenic fungi. Crop Protection 24: 853-863. doi:10.1016/j.cropro.2005.01.011
- Mahoney M.J. and R. Tattar. 1980. Identification, etiology, and control of *Euonymus fortunei* anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. Plant Disease 64: 854-856. doi:10.1094/PD-64-854.
- Nalumpang, S., Y. Miyamoto, C. Miyake, Y. Izumi, K. Akitmitsu and P. Kongtragoul. 2010. Point mutations in the beta-tubulin gene conferred carbendazim-resistant phenotypes of *Colletotrichum gloeosporioides* causing 'Nam Dok Mai' mango anthracnose. Journal of Agricultural Technology 6(2): 365-378.
- Peres, N. A. R., N.L. Souza, T.L. Peever and L.W. Timmer. 2004. Benomyl Sensitivity of Isolates of *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporioides* from Citrus. Plant Disease 88(2): 125-130. doi:10.1094/PDIS.2004.88.2.125
- Pongpisutta, R., W. Winyarat and C. Rattanakeetakul. 2013. RFLP identification of *Colletotrichum* species isolated from chilli in Thailand. Acta Horticulturae 973: 181-186. doi:10.17660/ActaHortic.2013.973.24
- Poti, T., M. Kanyarat, C. Ratchadawan, A. Hathaya, A. Kazuya and S. Nalumpang. 2020. Detection and molecular characterization of carbendazim resistant *Colletotrichum truncatum* Isolates causing anthracnose of soybean in Thailand. Journal of phytopathology 168(5): 1 – 12.
- Prakash, O. and B. K. Pandey. 2000. Control of mango anthracnose by hot water and fungicides treatment. Indian Phytopathology 53: 92 – 94.
- Tachiro, N., I. Youichi, N. Mayumi, H. Watanabe and N. Mizuho. 2019. Emergence of benzimidazole- and strobilurin-quinone outside inhibitor-resistant strains of *Colletotrichum gloeosporioides* sensu lato, the causal fungus of Japanese pear anthracnose, and alternative fungicides to resistant strains. Plant Diseases - Current Threats and Management Trends, Snježana Topolovec-Pintaric, IntechOpen DOI: 10.5772/intechopen.90018.

การตรวจสอบเชื้อรา *Aspergillus flavus* ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินโดยไพรเมอร์ afl R
Detection of Aflatoxin Producing *Aspergillus flavus* with the Primer afl R

ชัยณรงค์ รัตนกริฑากุล^{1,2} สรรเสริญ รังสุวรรณ¹ รติยา พงศ์พิสุทธา^{1,2} และ พิสุทธิ เขียวมณี¹
Chainarong Rattanakreetakul^{1,2}, Sansern Rangsuwan¹, Ratiya Pongpisutta^{1,2} and Pisut Keawmanee¹

Abstract

Aspergillus flavus is important to agricultural product quality. The fungal pathogen can be found during the post-harvest period. The fungi are causal of aflatoxin produce in grain, which was toxic to consumers. In nature, some *A. flavus* strains showed nonaflatoxin production. Therefore, the aflatoxin detection procedure is essential to evaluate the fungal contamination in the agricultural product. In our study, *A. flavus* were isolated from maize grain in Nakhon Pathom province. The fungi were divided into groups: group 1; fungi produce a high number of sclerotia with less conidial head (AF1). Group 2 is highly conidial head produce and fewer sclerotia (AF2). Both *A. flavus* groups showed an orange color under colony growth in *Aspergillus flavus* and *parasiticus* agar (AFPA). The aflatoxin content was highly observed in the AF1 fungal group with a pink to reddish color beneath the fungal colony grown in Yeast extract sucrose (YES) medium after the 25% ammonium hydroxide vapor. PCR determination with afl R primers (aflatoxin gene) can amplify the DNA amplicon size 500 bp for *A. flavus*, at 700 bp for *A. niger*, and 1200 bp for *Fusarium* sp. It referred the afl R primers can used for a quality control process with the amplicon size at 500 bp on the detection of the toxigenic *A. flavus*. While the YES medium can differentiate the aflatoxin producing *A. flavus* to each colony. This method needed to consider the fungal genus, which has color beneath the fungal colony and can disturb the outlook of activity.

Keywords: Aflatoxin, PCR detection, Food safety

บทคัดย่อ

Aspergillus flavus เป็นเชื้อราที่มีความสำคัญต่อคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรที่พบในระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว โดยเชื้อราสามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินสะสมในธัญพืชและมีอันตรายต่อผู้บริโภค ในธรรมชาติเชื้อรา *A. flavus* บางสายพันธุ์ไม่สามารถสร้างสารพิษ ดังนั้นการตรวจสอบเชื้อราเพื่อยืนยันการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินจึงมีความจำเป็นสำหรับประเมินคุณภาพผลผลิตเกษตรและการปนเปื้อนก่อนการนำไปผลิตเป็นผลผลิตอาหารตามระบบอุตสาหกรรม จากการรวบรวมเชื้อรา *A. flavus* ที่แยกจากข้าวโพดอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดนครปฐม พบเชื้อรา *A. flavus* แบ่งออกเป็น กลุ่มที่ 1 เชื้อรา *A. flavus* มีการสร้างเม็ด sclerotium ปริมาณมาก สร้าง conidial head ปริมาณน้อย (AF1) และกลุ่มที่ 2 เชื้อรา *A. flavus* ที่มีการสร้าง conidial head ในปริมาณมาก ไม่พบการสร้างเม็ด sclerotium หรือพบในปริมาณที่น้อย (AF2) การยืนยันเชื้อรา *A. flavus* สามารถใช้อาหาร *Aspergillus flavus* and *parasiticus* agar (AFPA) โดยพบเฉพาะเชื้อรา *A. flavus* ทั้งสองกลุ่มมีสีส้มใต้โคโลนี ในการตรวจสอบการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินสามารถเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร Yeast extract sucrose agar (YES) และรมด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 25% บนฝาเพลท พบเชื้อราก่อน AF1 ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมีการเปลี่ยนแปลงสีใต้โคโลนีเป็นสีชมพู และเมื่อนำมายืนยันการตรวจสอบทางชีวโมเลกุลด้วยไพรเมอร์ afl R (aflatoxin gene) พบเชื้อรา *A. flavus* ให้แถบ DNA ขนาด 500 bp *A. niger* พบขนาด 700 bp และ *Fusarium* sp. พบขนาด 1200 bp ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การตรวจติดตามเชื้อรา *A. flavus* ในระบบการตรวจรับสินค้าเกษตรสามารถใช้ไพรเมอร์ afl R เข้าร่วมการตรวจ ในขณะที่การตรวจโดยอาหาร YES สามารถแยกโคโลนีของเชื้อรา *A. flavus* ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ทั้งนี้ต้องพิจารณาการสร้างสีใต้โคโลนีของเชื้อราที่รบกวนการตรวจสอบ

คำสำคัญ: อะฟลาทอกซิน การติดตามด้วยพีซีอาร์ อาหารปลอดภัย

¹ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

² Department of Plant pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กทม. 10400

⁴ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400.

คำนำ

สารพิษอะฟลาทอกซินสร้างโดยเชื้อราหลายชนิด กลุ่มเชื้อราที่พบรายงานเป็นสาเหตุได้แก่ *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* และ *Aspergillus niger* สารพิษอะฟลาทอกซินมีคุณสมบัติทางชีวภาพต่อ คน สัตว์และพืช ซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จึงมีสภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ในปัจจุบันการตรวจสอบการปนเปื้อนเป็นไปได้จากการตรวจเชื้อราที่พบ หรือการตรวจสอบสารพิษของอะฟลาทอกซินที่เกิดขึ้นในผลผลิตเกษตร

การตรวจสอบเชื้อรา *A. flavus* ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินสามารถตรวจสอบได้หลายวิธี ตั้งแต่การตรวจสอบกลิ่นที่ผิดปกติบนข้าวโพด การตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราด้วยอาหารเฉพาะชนิด coconut oil agar (พิสุทธิ และคณะ, 2558) การตรวจสอบสารพิษด้วยการรม 25% แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งสามารถใช้ทดสอบเบื้องต้น หรือการตรวจสอบปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในผลผลิตโดยตรง แต่เนื่องจากในสภาพธรรมชาติ *A. flavus* มีสองสายพันธุ์คือ L ไม่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน กับสายพันธุ์ S ที่พบการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมาก และรวมถึงเชื้อราอื่นๆที่ไม่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน จึงมีความจำเป็นในการศึกษาวิธีการตรวจสอบกลุ่มเชื้อราเฉพาะที่สร้างสารพิษ งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการใช้ไพรเมอร์เฉพาะ aflR เพื่อการตรวจสอบชนิดของเชื้อรา *A. flavus* ที่สร้างสารพิษจากเมล็ดข้าวโพด

วิธีการทดลอง

1. ตัวอย่างเชื้อราทดสอบ การยืนยันกลุ่มเชื้อรา *A. flavus* และการตรวจสอบการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน

แยกเชื้อราจากฝักข้าวโพด โดยคัดเลือกเชื้อรา *A. flavus* ที่สร้างเม็ด sclerotium ปริมาณมาก สร้าง conidial head ปริมาณน้อย (AF1), *A. flavus* ที่มีการสร้าง conidial head ในปริมาณมาก ไม่พบการสร้างเม็ด sclerotium หรือพบในปริมาณที่น้อย (AF2) (สรรรสิริ และคณะ, 2561) เทียบกับเชื้อราต่างกลุ่มได้แก่ เชื้อรา *A. niger* และ *Fusarium* spp. เลี้ยงเส้นใยเชื้อราทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ *Aspergillus flavus* and *parasiticus* agar (AFPA) (Corry et al., 1995) และ Yeast extract sucrose agar (YES) บ่มเชื้อราที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 5-7 วัน บนอาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะ YES รดด้วย 25% แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เพื่อตรวจสอบการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน และบนอาหารเลี้ยงเชื้อ AFPA ตรวจสอบการสร้างสีส้มใต้โคโลนีเพื่อการยืนยันเชื้อกลุ่ม *A. flavus*

2. การทดสอบความจำเพาะของ aflR Primer ต่อการจำแนกเชื้อราที่สร้างสารพิษ aflatoxin

สกัด DNA จากเส้นใยเชื้อราจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ *A. flavus* (Af8 และ Af17) *A. niger* และ *Fusarium* sp. ด้วยชุดสกัด DNA Plant Genomic DNA Kit (Tiangen, China) นำสารพันธุกรรมของเชื้อรามาเพิ่มปริมาณด้วย PCR โดยใช้ชุด Taq DNA polymerase (Fermentas) และไพรเมอร์ aflR1 (5'- AGA ATA GCT TCG CAG GGT GGT -3') และ aflR2 (5'- AGT CTG GGA GGA ACG GAT CG -3') (Kim et al., 2011) โดยจัด PCR ให้ทำงานดังนี้ initial denature ที่ 94 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และ denature ที่ 94 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที annealing ที่ 56.5 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที extension ที่ 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จำนวน 30 รอบ ตรวจสอบขนาดของ PCR product ด้วย agarose gel electrophoresis ความเข้มข้น 1.2% ใช้กระแสไฟฟ้าความต่างศักย์ 14 โวลต์ต่อเซนติเมตร และย้อมสีเจลเพื่อเทียบขนาด amplicon size ของแถบ DNA กับขนาด DNA มาตรฐาน

ผลการทดลอง

1. ลักษณะโคโลนี และการตอบสนองของเชื้อราบนอาหารเฉพาะ

ลักษณะของโคโลนีเชื้อราทดสอบจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *A. flavus* *A. niger* และ *Fusarium* spp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อ AFPA ที่ระยะเวลา 7 วัน พบกลุ่มเชื้อรา *A. flavus* (AF1, AF2) ด้านหลังโคโลนีเชื้อราเป็นสีส้มอ่อน ส่วนกลางโคโลนีสีส้มเข้มซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของกลุ่ม *A. flavus* (Fig 1-A) สำหรับเชื้อรา *A. niger* และ *Fusarium* sp. ด้านใต้โคโลนีเป็นสีของเชื้อราไม่พบการเปลี่ยนเป็นสีส้มเหมือนกับเชื้อรากลุ่ม *A. flavus*

สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ YES กลุ่มเชื้อรา *Aspergillus* sp. มีลักษณะสีโคโลนีเป็นสีเขียวเข้ม แต่เชื้อรา AF1 มีการสร้างกลุ่มเม็ด sclerotium ปริมาณมาก เชื้อรา *A. niger* มีการสร้างโคโลนีเป็นสีดำ และเชื้อรา *Fusarium* sp. ให้ลักษณะโคโลนีของเชื้อราเป็นสีขาว ผลจากการรมด้วยสารละลาย 25% แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เพื่อทดสอบการสร้างพิษอะฟลาทอกซิน พบการ

เปลี่ยนสีภายใต้โคโลนีโดยเชื้อรา *A. flavus* AF1 เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูเข้มอมแดง (Fig 1-C) สำหรับ *A. flavus* AF2 และ *A. niger* ไม่พบการเปลี่ยนของสีบริเวณภายใต้โคโลนี (Fig 1-B) และ *Fusarium* sp. พบว่าสีของโคโลนีเป็นสีชมพู (Table 1)

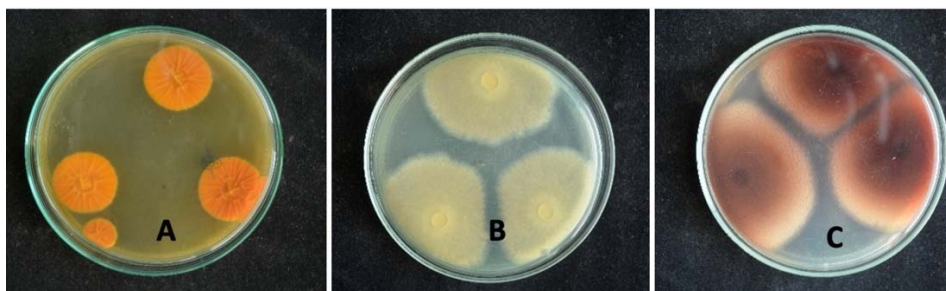


Figure 1 *Aspergillus flavus* reverse of colony character on A) orange color on AFPA medium, B) YES medium without color transform, C) pink color on YES medium after 25% ammonium hydroxide fumigation

Table 1 Fungal colony of atoxigenic and toxigenic *Aspergillus flavus* on AFPA and YES media

Media	Toxigenic <i>A. flavus</i> (AF1)	Atoxigenic <i>A. flavus</i> (AF2)	<i>A. niger</i>	<i>Fusarium</i> sp.
AFPA	Orange	Orange	Clear color	Clear color
YES	Pink color	Clear color	Clear color	Pink color

2. ผลตรวจสอบความจำเพาะเจาะจงของไพรเมอร์ afl R ต่อเชื้อราทดสอบ

ผลการเพิ่มปริมาณผลผลิตสารพันธุกรรมที่จำเพาะโดย primer afl R กับเชื้อราทดสอบจำนวน 3 สายพันธุ์ได้แก่ *A. flavus* (Af8, Af17) *A. niger* และ *Fusarium* spp. พบว่าเชื้อรากลุ่ม *A. flavus* (Af8, Af17) ทั้งสองชนิด สามารถเพิ่มปริมาณ PCR product size เท่ากับ 500 bp ในขณะที่เชื้อรา *A. niger* และ *Fusarium* sp. ที่เพิ่มปริมาณมี PCR product size ขนาดที่มากกว่า 500 bp

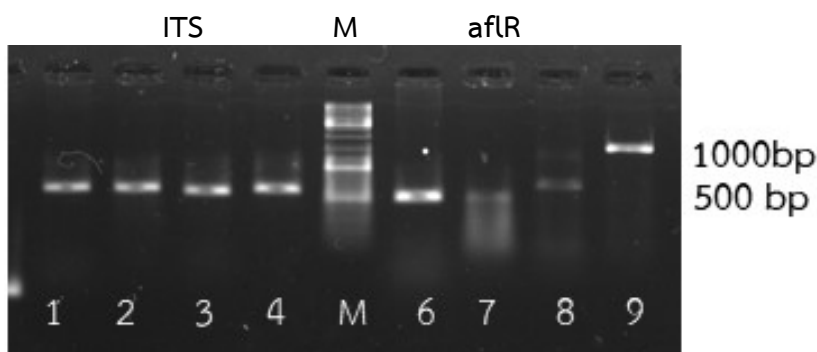


Figure 2 Agarose gel electrophoresis of PCR product with ITS primers (left) and aflR (right) (Lane 1-4: ITS 1/4 primers); 1) AF1; 2) AF2; 3) *Fusarium* spp.; 4) *A. niger*; 5) Marker 1 kb DNA Ladder marker, (Lane 6-9: aflR primers); 6) AF1; 7) AF2; 8) *Fusarium* spp.; 9) *A. niger*

วิจารณ์ผลการทดลอง

เชื้อรา *A. flavus* ทั้งสองกลุ่มเมื่อเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ AFPA มีลักษณะฐานวิทาโคโลนีสีเขียวแกมเหลือง พบ conidial head จำนวนมาก และสำหรับกลุ่ม AF1 พบเม็ด sclerotium ขนาดเล็กต่างจาก AF2 ที่ไม่พบ (ชัยณรงค์ และคณะ, 2563) การพบสีใต้โคโลนี *A. flavus* เป็นสีส้มเมื่อเจริญบนอาหาร AFAP เป็นลักษณะเฉพาะของเชื้อรากลุ่ม *A. flavus* และ *A. parasiticus* เกิดเนื่องจากสาร iron ammonium citrate (Bothast and Fennell, 1974; Adhikari et al., 2021) โดยเชื้อราผลิต aspergillilic acid และทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็กในอาหาร ทั้งนี้การสร้างสีไม่เกี่ยวกับการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ในขณะที่การรมด้วยสารละลาย 25% แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เมื่อเชื้อราเจริญบนอาหาร YES พบการสร้างสารสีชมพูแดง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Alkhersan et al. (2016) ที่ให้เหตุผลการเปลี่ยนเป็นสีชมพูเนื่องจากการไอระเหยที่ไปทำปฏิกิริยากับ

สารเรืองแสง แต่สำหรับเชื้อราบางชนิดเช่น *Fusarium* sp. พบการสร้างสีแดงจากเส้นใยเชื้อราเอง สำหรับการใช้นี้เทคนิคทางอณูชีวโมเลกุลด้วย aflR primer เพื่อตรวจสอบการสร้างสารพิษ มีรายงานวิจัยของ Kim *et al.* (2011); Bintvihok *et al.* (2016) และ Zhang *et al.* (2020) ที่ศึกษาไพรเมอร์เพื่อระบุการปนเปื้อนของเชื้อ *A. flavus* ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ทั้งนี้ไพรเมอร์ afl R มีความเกี่ยวข้องในการสังเคราะห์สารพิษอะฟลาทอกซิน จึงนำยีนดังกล่าวมาติดตามเชื้อราที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าไพรเมอร์ afl R มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มปริมาณ amplicon size ขนาด 500 bp ของเชื้อ AF1 และ AF2 ในขณะที่เชื้ออื่นๆสามารถพบขนาดแถบ DNA ที่แตกต่าง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำไพรเมอร์ afl R ไปใช้ประเมินคุณภาพของผลผลิตเกษตร โดยพิจารณาแถบ DNA ของเชื้ออื่นประกอบด้วย

สรุปผลการทดลอง

การจำแนกการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินจากเชื้อรา *A. flavus* สามารถใช้อาหาร YES เพื่อติดตามโคโลนี *A. flavus* ที่สร้างสารพิษโดยตรวจดูสีชมพูแดงใต้โคโลนี สำหรับการใช้นี้เทคนิค PCR เพื่อตรวจสอบเชื้อรา *A. flavus* ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน สามารถใช้ afl R primer เพื่อตรวจสอบแถบ DNA ขนาด 500 bp.

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์สำหรับการเชื้อเพื่อสถานที่ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร

เอกสารอ้างอิง

- ชัยณรงค์ รัตนกริฑากุล, สรรเสริญ รังสุวรรณ, รติยา พงศ์พิสุทธิ และพิสุทธิ เขียวมณี. 2563. ความแตกต่างของสารทุติยภูมิของเชื้อรา *Aspergillus flavus* กลุ่มที่สร้างและไม่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน. วารสารแก่นเกษตร 48 (4): 693-702.
- พิสุทธิ เขียวมณี, ชัยณรงค์ รัตนกริฑากุล และรณภพ บรรเจิดเชิดชู. 2558. ประสิทธิภาพของอาหารสูตรดัดแปลงเพื่อตรวจสอบเชื้อราที่สร้างสารพิษปนเปื้อนบนเมล็ดข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46 (3 พิเศษ): 105-108.
- สรรเสริญ รังสุวรรณ, พิสุทธิ เขียวมณี, ชัยณรงค์ รัตนกริฑากุล และรติยา พงศ์พิสุทธิ. 2561. ศักยภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อราเพื่อตรวจสอบเชื้อราปนเปื้อนในเมล็ดข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49 (4 พิเศษ): 159-162.
- Adhikari, B.N., K.A. Callicott and P.J. Cotty. 2021. Conservation and loss of a putative iron utilization gene cluster among genotypes of *Aspergillus flavus*. Microorganisms 9 (1): 137.
- Alkherasan, R.N., M.H. Khudor and B.A. Abbas. 2016. Rapid detection of aflatoxigenic producing strains of *Aspergillus flavus* from poultry FEEDS by UV light AND ammonia vapor. Basrah Journal of Veterinary Research 14 (4): 169-178.
- Bintvihok, A., S. Treebonmuang, K. Srisakwattana, W. Nuanchun, K. Patthanachai and S. Usawang. 2016. A rapid and sensitive detection of aflatoxin-producing fungus using an optimized polymerase chain reaction (PCR). Toxicological Research 32: 81-87.
- Bothast, R.J. and D.I. Fennell. 1974. A medium for rapid identification and enumeration of *Aspergillus flavus* and related organisms. Mycologia 66: 365-369.
- Corry, J.E.L., G.D.W. Curtis and R.M. Baird. 1995. *Aspergillus flavus* and parasiticus agar (AFPA). Culture Media for Food Microbiology 34: 254-256.
- Kim, D.M., S.H. Chung and H.S. Chun. 2011. Multiplex PCR assay for the detection of aflatoxigenic and non-aflatoxigenic fungi in meju, a Korean fermented soybean food starter. Food Microbiology 28: 1402e1408.
- Zhang, W., X. Chang, Z. Wu, J. Dou, Y. Yin, C. Sun and W. Wu. 2020. Rapid isolation of non-aflatoxigenic *Aspergillus flavus* strains. World Mycotoxin Journal 13: 277-286.

**ความหลากหลายทางชีวภาพของ *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรค
แอนแทรคโนสของพริกและการตอบสนองต่อสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา**
Diversity of *Colletotrichum capsici* Causing Chilli Anthracnose and Fungicide Responsiveness

รัตติยา พงศ์พิสุทธิธำ¹ ชัยณรงค์ รัตนกริษากุล¹ สันติ บินคาเดอร์¹ ชุตินันท์ นิมนวล¹ ธัญญลักษณ์ ไทยแท้¹ นุชนารถ ศรีสุข¹
และศุภนันท์ญา จันทศรี¹

Ratiya Pongpisutta¹, Chainarong Rattanakreetakul¹, Santiti Bincader¹, Chutima Nimnual¹, Thanyalak Thaitae¹, Nuchanart Srisuk¹
and Supananya Chansri¹

Abstract

Twenty isolates of *Colletotrichum capsici* causing chilli anthracnose collected from 10 provinces were investigated in this study. Fungal diversity based on physiological and morphological studies were separated into 7 groups. Pathogenicity test was examined on chilli fruit cv. Bang Chang. Typically, anthracnose symptom was measured after 5 days inoculation period with 36.84 – 63.41% disease severity. Six different fungicides as common chemical used in farm was inspected to control anthracnose disease. The result revealed that prochloraz, tebuconazole and difenoconazole at the recommended rate could inhibit mycelia of all isolates, completely. Whilst azoxystrobin and carbendazim could inhibit few isolates. Moreover, mancozeb could not obstruct whole isolates. Therefore, the fungal diversity is a factor contributing to the different chemical responses of fungi. This may be caused by the chemical mutation because of single treatment with the same fungicide to control anthracnose disease in the field for a long time.

Keywords: anthracnose, fungicide, diversity

บทคัดย่อ

นำเชื้อรา *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสพริก จำนวน 20 ไอโซเลท ซึ่งรวบรวมจาก 10 จังหวัด มาศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อรา อาศัยลักษณะทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยา แบ่งเชื้อราออกเป็น 7 กลุ่ม ทดสอบความสามารถในการเกิดโรคบนผลพริกพันธุ์บางช้าง วัดขนาดแผลจากอาการโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกในวันที่ 5 หลังการปลูกเชื้อ พบพื้นที่การเกิดโรค เท่ากับ 36.84 – 63.41 % จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 6 ชนิด ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้บ่อยในแปลงเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนส ผลการทดลองพบว่าสารเคมี prochloraz, tebuconazole และ difenoconazole ที่อัตราแนะนำสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่สารเคมี azoxystrobin และ carbendazim สามารถควบคุมเชื้อราได้เพียงบางไอโซเลท นอกจากนี้ยังพบว่าสารเคมี mancozeb ไม่สามารถควบคุมเชื้อราทุกไอโซเลทได้ ดังนั้นความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เชื้อรามีการตอบสนองต่อสารเคมีที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากการกระตุ้นด้วยสารเคมีให้เกิดกลายพันธุ์ ที่เกิดจากการใช้สารเคมีชนิดเดิมในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในแปลงเป็นระยะเวลานาน

คำสำคัญ: โรคแอนแทรคโนส สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา ความหลากหลายทางชีวภาพ

คำนำ

เชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกในประเทศไทยสามารถจำแนกโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา ร่วมกับการใช้เทคนิคทางอณูชีวโมเลกุลได้หลากหลายชนิด (species) และหนึ่งในชนิดที่มีการตรวจพบมากที่สุดคือ *Colletotrichum capsici* (Imjit *et al.*, 2013; Suwannarat *et al.*, 2017) ซึ่งเชื้อราชนิดดังกล่าวสามารถเข้าทำลายและส่งผลให้เกิดโรคแอนแทรคโนสกับพริกได้หลายสายพันธุ์ เช่น พริกหยวก พริกเหลือง พริกชี้ฟ้า เป็นต้น แต่สามารถก่อโรคได้น้อยกับพริกชี้หนู (สมศิริ, 2521) จากรายงานผลการวิจัยและพัฒนาของกรมวิชาการเกษตร โดยธรรทิพย์ และคณะ (2561) พบว่าพื้นที่ผลิตพริกที่สำคัญของประเทศไทยยังคงพบการแพร่ระบาดของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. โดยเฉพาะ *C. capsici* นอกจากนี้ในรายงานของรัตติยา และวรานันท์ ในปี พ.ศ. 2553 ได้ทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราสาเหตุ โรคแอนแทรคโนสของพริกในประเทศไทยจากพื้นที่ปลูก

¹ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹ Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

พริก 15 จังหวัด 32 อำเภอ 44 แหล่งปลูก ได้ตัวอย่างทั้งหมด 389 ไอโซเลท จำแนกเชื้อราจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาเบื้องต้น พบเชื้อรา *C. capsici* มากถึง 40.10% ในแต่ละพื้นที่ของประเทศ อีกทั้งยังสามารถพบเชื้อราชนิดนี้ได้ในพื้นที่ปลูกที่มีระดับความสูงจากน้ำทะเลตั้งแต่ 4 - 380 m

ความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* ที่ค่อนข้างสูง (Cannon *et al.*, 2012) และความแปรปรวนของเชื้อราที่เกียมาจากพื้นที่ที่มีความแตกต่างทางสภาพภูมิศาสตร์ อาจส่งผลให้เชื้อรา *Colletotrichum* มีความสามารถในการอยู่รอดแตกต่างกัน และอาจมีผลต่อการควบคุมการเจริญของเชื้อราโดยใช้สารเคมีได้ (Srideepthi *et al.*, 2017) งานวิจัยนี้ จึงได้คัดเลือกตัวแทนเชื้อรา *C. capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสพริกจากพื้นที่ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย มาทดสอบการตอบสนองต่อสารเคมี azoxystrobin, carbendazim และ difenoconazole ซึ่งเป็นสารเคมีที่แนะนำเกษตรกรเพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อราโรคแอนแทรคโนสมายาวนาน นำมาศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อการตอบสนองต่อสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราของเชื้อรา *C. capsici* ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งจะช่วยให้มีข้อมูลในการจัดการโรคแอนแทรคโนสของพริกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เชื้อราที่ใช้ในการศึกษาและการตรวจสอบความหลากหลายทางชีวภาพ

นำเชื้อรา *C. capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกจำนวน 20 ไอโซเลท จาก 9 จังหวัดของประเทศไทย ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการเชื้อรา ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน นำมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) บ่มได้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25°C นาน 5 วัน ระบุความหลากหลายทางชีวภาพโดยอาศัยข้อมูลของลักษณะโคโลนี การเจริญของเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ และการตอบสนองต่อแหล่งคาร์บอนแต่ละชนิด (glucose, sucrose, cellulose) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนผังวิเคราะหความสัมพันธ์ในรูปแบบของ binary data (1 = present; 0 = absent) ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม DARWin version 6.0.21 ด้วย DICE (Dice similarity coefficient) และจัดกลุ่มความหลากหลายด้วยวิธี UPGMA (Unweighted pair-group method with averages) ที่ค่า bootstrap 1,000 ซ้ำ

2. การทดสอบความสามารถในการเกิดโรค

ทดสอบความสามารถในการก่อโรคของเชื้อราทั้ง 20 ไอโซเลท โดยใช้สปอร์แขวนลอย (spore suspension) ความเข้มข้น 10^6 spore/ml ปริมาตร 50 μ l หยดลงบนผลพริกพันธุ์บางช้างที่ผ่านการฆ่าเชื้อพื้นผิวด้วย 1.2% sodium hypochlorite จากนั้นบ่มในกล่องบ่มขึ้นนาน 8 ชั่วโมง นำมาวางไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง ตรวจสอบการเกิดโรคและวัดขนาดแผลทุกวัน จนครบ 5 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละกรรมวิธีมี 5 ซ้ำ

3. ประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

เลือกตัวแทนของเชื้อรา *C. capsici* จากการแบ่งกลุ่มในการทดลองที่ 1 จำนวน 1 ไอโซเลท/group นำมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 5 วัน จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm จะะบริเวณขอบโคโลนีย้ายลงอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมสารเคมี 6 ชนิด ได้แก่ azoxystrobin, carbendazim, difenoconazole, mancozeb, prochloraz และ tebuconazole ความเข้มข้นตามอัตราแนะนำของแต่ละสารเคมี จากนั้นนำไปบ่มได้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25°C วัดการเจริญของเส้นใยเชื้อราทุกวัน จนครบ 5 วัน วางแผนการทดลองแบบ CRD แต่ละกรรมวิธีมี 5 ซ้ำ คำนวณค่า

$$\%inhibition = (control - treatment/control) \times 100$$

ผล

1. เชื้อราที่ใช้ในการศึกษาและการตรวจสอบความหลากหลายทางชีวภาพ

เชื้อรา *C. capsici* จำนวน 20 ไอโซเลท (Figure 1) เจริญได้รวดเร็วบนอาหารเลี้ยงเชื้อ สร้างเส้นใยสีขาว ถึงเทา เจริญฟูจากผิวหน้าอาหาร พบการสร้างกลุ่มสปอร์ (spore mass) ช้อนกันเป็นวงสัณฐาน ถึงสี่เหลี่ยมมน ขนาดโคโลนีที่มีอายุ 5 วัน มีค่า 3.30 – 5.00 cm จากการตรวจสอบใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40X พบสปอร์ใสไม่มีสี (hyaline) มี 1 เซลล์ รูปร่างคล้ายเสี้ยววงพระจันทร์ (falcate) ขนาดประมาณ 2.89 - 3.41 (3.20) $\times$ 16.74 - 24.86 (21.25) μ m (Figure 1) สร้าง setae สีน้ำตาลสว่าง รูปร่างเรียวยาว ปลายแหลม 2 - 3 เซลล์ ขนาดประมาณ 3.07 - 7.13 (6.34) $\times$ 23.59 - 486.03 (139.93) μ m (Figure 1) ตรวจสอบความหลากหลายทางชีวภาพโดยการสร้างแผนผังความสัมพันธ์ด้วยวิธี UPGMA สามารถระบุและจำแนกเชื้อรา *C. capsici* จำนวน 20 ไอโซเลท ได้ออกเป็น 7 กลุ่ม (group 1 – group 7) ในรูปแบบของ binary data มาวิเคราะห์และสร้างเป็น neighbor-joining phylogenetic tree ($r = 0.9952$) (Figure 2)

2. การทดสอบความสามารถในการเกิดโรค

ความสามารถในการเกิดโรคแอนแทรคโนสกับผลพริกพันธุ์บางช้างของเชื้อราทั้ง 20 ไอโซเลท พบว่าหลังการบ่มเชื้อเป็นระยะเวลา 3 วัน ผลพริกแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส โดยมีแผลจุดยุบตัว พบการสร้างกลุ่มสปอร์สีครีมถึงส้มบริเวณ

แผล และเมื่อครบ 5 วัน พบว่าแผลยุบตัวมีการสร้างจุดสีดำ เจริญขึ้นกันเป็นวงชัดเจน โดยพบว่าเชื้อราไอโซเลท CM049 จาก จังหวัดเชียงใหม่ มีความสามารถในการทำให้เกิดโรคสูงซึ่งมีพื้นที่การเกิดโรคเท่ากับ 63.41% ในขณะที่ไอโซเลท NRS037 จาก จังหวัดนครราชสีมา มีความสามารถในการทำให้เกิดโรคน้อยที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 36.84% (Figure 1)

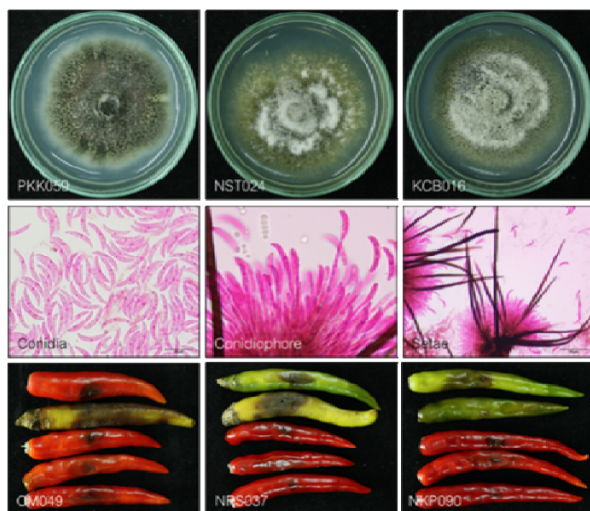


Figure 1 Colony of *Colletotrichum capsici* on PDA after 5 days of incubation period, morphological characters under compound microscope at 40X magnification and pathogenicity assay on chilli fruits cv. Bang Chang.

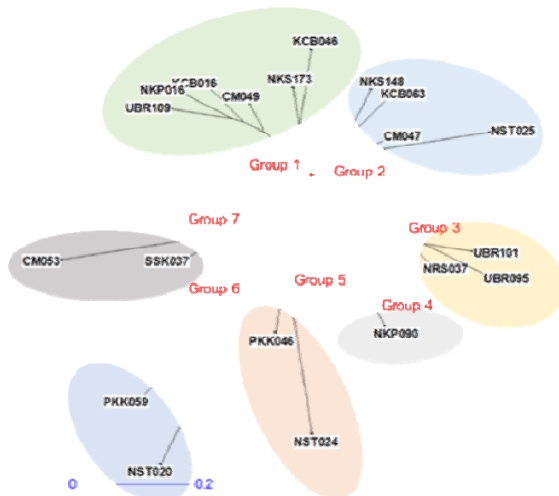


Figure 2 Neighbor-joining tree produced by using binary data of morphology, physiology and carbon source responding, then 20 isolates of *Colletotrichum capsici* were separated into 7 groups.

3. ประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

พบว่าตัวแทนเชื้อราแต่ละกลุ่มมีการตอบสนองต่อสารเคมี mancozeb ในทิศทางเดียวกัน โดยที่สารเคมีชนิดนี้ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. capsici* ทั้ง 7 กลุ่ม ได้ ในขณะที่สารเคมี prochloraz และ tebuconazole สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 7 กลุ่ม ได้ดี เกิน 50% ส่วนสารเคมี azoxystrobin นั้น พบการยับยั้งเชื้อราทั้ง 7 กลุ่มได้แตกต่างกัน โดยควบคุมเชื้อรา *C. capsici* ไอโซเลท PKK046 และ PKK059 ได้ค่อนข้างต่ำ มีค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเท่ากับ 25.18 และ 6.15% ตามลำดับ

Table 1 Percent inhibition of *Colletotrichum capsici* mycelial growth on poisoned food incubated under near UV with alternative darkness 12 hrs, 25°C at day5 of incubation period

Groups	Representative isolate	Percent of inhibition (%) ^{1/}					
		azoxystrobin	carbendazim	difenoconazole	mancozeb	prochloraz	tebuconazole
1	KCB016	87.45	-4.60	83.89	-4.60	87.45	87.45
2	NST025	83.33	69.40	-49.25	-24.38	85.07	85.07
3	UBR101	73.00	87.04	87.04	-5.18	87.04	87.04
4	NKP090	85.29	73.53	85.29	-0.49	85.29	85.29
5	PKK046	25.18	-19.90	85.61	-19.90	71.22	67.63
6	PKK059	6.15	-18.20	85.82	-18.20	85.82	51.06
7	SSK037	59.76	76.63	76.63	-20.48	65.06	85.54

1/ Column values followed by the same letter are not significantly different (P=0.05)

นอกจากนี้ยังพบว่าสารเคมี difenoconazole นั้น ควบคุมเชื้อรา 6 กลุ่ม ได้ตั้งแต่ 76.63-87.04% แต่ไม่สามารถควบคุมเชื้อรา NST025 ได้ โดยพบว่ายังมีการเจริญได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองควบคุม ค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใย เท่ากับ -49.25% สำหรับสารเคมี carbendazim นั้น พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา กลุ่ม 2, 3, 4 และ 7 ได้ 69.40, 87.04, 73.53 และ 76.63% ตามลำดับ แต่ไม่สามารถควบคุมเส้นใยเชื้อรากลุ่ม 1, 5 และ 6 ซึ่งมีการยับยั้งคิดเป็น -4.60, -19.90 และ -18.20% ตามลำดับ (Table 1)

หากเปรียบเทียบการตอบสนองของเชื้อรา *C. capsici* จากพื้นที่ต่างๆ ต่อสารเคมี 6 ชนิด พบว่าสามารถแบ่งเชื้อราออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ไอโซเลท KCB016, PKK046 และ PKK059 ซึ่งแยกเชื้อมาจากพื้นที่ในจังหวัดกาญจนบุรีและประจวบคีรีขันธ์ ตามลำดับ พื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 10-30 เมตร มีการตอบสนองต่อสารเคมีชนิดเดียวกันเป็นไปทิศทางเดียวกัน แต่ไม่ตอบสนองต่อ carbendazim และ mancozeb สำหรับไอโซเลท PKK046 และ PKK059 ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างโรคแอนแทรกโนสพริกในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตอบสนองต่อสารเคมี azoxystrobin ได้เพียงเล็กน้อย กลุ่มที่ 2 ไอโซเลท NST025 นั้น แยกมาจากพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 35 เมตร แตกต่างจากเชื้อราทั้ง 6 กลุ่ม โดยพบว่าไม่ตอบสนองต่อสารเคมี difenoconazole และ mancozeb และกลุ่มที่ 3 ไอโซเลท UBR101 NKP090 และ SSK037 ที่แยกเชื้อจากพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี นครปฐม และศรีสะเกษ ตามลำดับ พื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 68 -123 เมตร พบว่าไม่ตอบสนองต่อสารเคมี mancozeb เพียงสารเดียว

วิจารณ์ผล

จากรายงานหลายฉบับกล่าวถึงการจำแนกและศึกษาการตอบสนองของเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* ต่อสารเคมี พบว่าเชื้อราสกุลดังกล่าวที่แยกได้จากพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันทางภูมิศาสตร์ มีลักษณะฟีโนไทป์ที่แตกต่างกัน และมีการตอบสนองต่อสารเคมีแตกต่างกันด้วยเช่นกัน หากจะกล่าวว่าการตอบสนองต่อสารเคมีที่แตกต่างกันนั้นหมายถึงการต้านทานต่อสารเคมีนั้นๆ ได้ด้วยเช่นกัน (Gang et al., 2015; Srideepthi et al., 2017; Torres-Calzada et al., 2015) จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีในการควบคุมเชื้อราโดยอาศัยความหลากหลายทางชีวภาพและมีสภาพภูมิศาสตร์ (ความสูงจากระดับน้ำทะเล) เป็นปัจจัย ทำให้พิจารณาว่าควรจะใช้สารเคมีชนิดใดที่จะควบคุมเชื้อรา *C. capsici* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสพริกทุกกลุ่มได้อย่างครอบคลุม จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยเหลือเกษตรกรในการควบคุมโรคดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพและลดความเสียหายของผลผลิตได้มากยิ่งขึ้นต่อไป

สรุป

เชื้อรา *C. capsici* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวของพริก มีความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยสภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์ ทำให้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยา และการตอบสนองต่อสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราบางชนิดแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลทำให้การควบคุมโรคแอนแทรกโนสของพริกในแต่ละพื้นที่มีประสิทธิภาพมากน้อยแตกต่างกันไปเกิดขึ้นได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการราวิทยา ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน สำหรับการเชื้อเพื่อเชื้อราที่ใช้ในการศึกษา สถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ธารทิพย์ ภาสบุตร, อภิรักษ์ สมฤทธิ์, อมรรักษ์ คัดใจเดียว และ มะโนรัตน์ สุดสงวน. 2561. ศึกษาชนิดและเขตการแพร่กระจายของรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรกโนสพริก. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาปีพ.ศ. 2561, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- รัตยา พงศ์พิสุทธิ และ วรานันท์ วิญญูรัตน์. 2553. การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกโนสพริก. รายงานฉบับสมบูรณ์, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- สมศิริ จิวสกุล. 2521. เชื้อราวิทยา การถ่ายทอดทางเมล็ดของโรคแอนแทรกโนสของพริกและประสิทธิภาพของสารเคมีในการควบคุมโรคบนใบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Cannon, P. F., U. Damm, P.R. Johnston and B.S. Weir. 2012. *Colletotrichum* - current status and future directions. *Studies in mycology* 73(1): 181-213.
- Imjit, N., C. Rattanakreetakul and R. Pongpisutta. 2013. Polymerase chain reaction based detection of chili anthracnose. *Acta Horticulturae* 973: 199-206.
- Srideepthi R., U. Lakshmisahitya, D. Peddakasi, P. Suneetha and M.S.R. Krishna. 2017. Morphological, pathological and molecular diversity of *Colletotrichum capsici* inciting fruit rot in chilli (*Capsicum annum* L). *Research Journal of Biotechnology* 12(4): 14 – 21.
- Suwannarat, S., S. Steinkellner, P. Songkumarn and S. Sangchote. 2017. Diversity of *Colletotrichum* spp. isolated from chili pepper fruit exhibiting symptoms of anthracnose in Thailand. *Mycological Progress* 16(7): 677-686.
- Gang, G. H., H.J. Cho, H.S. Kim, Y.B. Kwack and Y.S. Kwak. 2015. Analysis of fungicide sensitivity and genetic diversity among *Colletotrichum* species in sweet persimmon. *The plant pathology journal* 31(2): 115-122.
- Torres-Calzada, C., R. Tapia-Tussell, I. Higuera-Ciapara, R. Martin-Mex, A. Nexticapan-Garcez and D. Perez-Brito. 2015. Sensitivity of *Colletotrichum truncatum* to four fungicides and characterization of thiabendazole-resistant isolates. *Plant Disease* 99(11): 1590 – 1595.

การสำรวจโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว Survey of Postharvest Fruit Rot Disease of Longan

เอมลิน พัทธนาปักดี¹ ดนัย บุญยเกียรติ² จันทลักษณ์ ตียายน^{2,3} พิมพีใจ สีหะนาม^{2,3,4} และ อรุมา เรืองวงษ์^{1,2}
Aimalin Pipattanapuckdee¹, Danai Boonyakait², Chantalak Tiyyon^{2,3}, Pimjai Seehanam^{2,3,4} and On-Uma Ruangwong^{1,2}

Abstract

Postharvest fruit rot disease of longan was survey in longan orchard at Chiang Mai, Lamphun and Phrae provinces during August-October 2018. A total 34 fruit rot samples were collected and 140 fungal isolates were obtained from these samples. Classification of fungal isolates according to their spore morphology, the identified isolates were *Lasiodiplodia* sp. (35.72%), *Pestalotiopsis* sp. (17.85%), *Colletotrichum* sp. and *Phomopsis* sp. (5% each), *Fusarium* sp. (3.57%), *Cladosporium* sp. (1.42%) and unidentified fungus (31.42%) (not produced spore on culture medium). Moreover, *Lasiodiplodia* sp. was the predominant fungal species found in all areas. In the pathogenicity test, *Lasiodiplodia* sp. caused the most severe symptoms. From the results of this study, it will bring to further experiment for biological control of postharvest fruit rot disease of longan caused by these fungi.

Keywords: longan, fruit rot, *Lasiodiplodia* sp.

บทคัดย่อ

การสำรวจโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยวในสวนลำไยที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และแพร่ ระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2561 สำรวจพบโรคผลเน่าจำนวน 34 ตัวอย่าง นำมาแยกหาเชื้อราสาเหตุโรค สามารถแยกเชื้อราได้จำนวน 140 ไอโซเลท เมื่อจัดจำแนกเชื้อราจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาเบื้องต้น โดยตรวจสอบรูปร่างลักษณะของสปอร์พบว่า 35.722% ของเชื้อราที่แยกได้ คือ *Lasiodiplodia* sp., 17.85% คือ *Pestalotiopsis* sp., 5% คือ *Colletotrichum* sp. และ *Phomopsis* sp., 3.57% คือ *Fusarium* sp., 1.42% คือ *Cladosporium* sp. และ 31.42% คือ เชื้อราอื่น ๆ ที่ไม่สามารถระบุได้เนื่องจากไม่พบการสร้างสปอร์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ นอกจากนี้ เชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. พบในผลลำไยทุกแหล่งที่ทำการสำรวจ และจากการทดสอบการเกิดโรคของเชื้อราที่แยกได้ พบว่า *Lasiodiplodia* sp. ทำให้เกิดโรคผลเน่าอย่างรุนแรงและมากที่สุด จากผลการศึกษานี้จะนำไปสู่การทดสอบวิธีการควบคุมโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดจากเชื้อราดังกล่าวด้วยวิธีต่อไป

คำสำคัญ: ลำไย ผลเน่า *Lasiodiplodia* sp.

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan*) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ลำต้นสีน้ำตาล ออกดอกเป็นช่อ สีขาวครีม ผลทรงกลมเป็นช่อ ผลดิบเปลือกมีสีน้ำตาลอมเขียว ผลสุกเปลือกมีสีน้ำตาลล้วน เนื้อลำไยสีขาวหรือชมพูอ่อน ซึ่งลำไยเป็นผลไม้ที่เน่าเสียง่าย โดยเฉพาะภายหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากผลลำไยมีปริมาณน้ำตาลและความชื้นปริมาณน้ำภายในผลสูงมาก อีกทั้งเมื่อเก็บเกี่ยวจากต้นแล้วจะมีอัตราการหายใจและการคายน้ำสูงขึ้น ทำให้อายุการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องสั้นมาก โดยเปลือกจะเปลี่ยนสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว และเน่าเสียได้ง่าย (Drinnan, 2004) นอกจากนี้ลำไยยังเป็นผลไม้ที่มีความอ่อนแอต่อการเกิดโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย โดยมีสาเหตุมาจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และยีสต์ โดยเฉพาะโรคผลเน่าของลำไย ซึ่งมีรายงานว่าพบเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุหลายชนิด โดยเฉพาะเชื้อรา แต่ที่พบมากที่สุด คือ *Lasiodiplodia* sp., *Aspergillus* sp. และ *Xylaria* sp. ตามลำดับ (Chang-Ngern et al., 2010) โดยเชื้อรา *Lasiodiplodia*

¹ ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400

⁴ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

⁵ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁶ Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture at Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

⁷ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁸ Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

พบว่าอาศัยอยู่ในพืช แต่ไม่แสดงอาการของโรคในระยะที่ลำไยติดดอก เมื่อลำไยอยู่ในระยะเก็บเกี่ยวหรือถูกเก็บออกจากต้นแล้วเชื้อราจึงเริ่มทำลายทำให้ผลลำไยเน่า (Zhang, 2014) งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจหาเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของลำไยในพื้นที่ปลูกจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และแพร่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสำรวจโรคและการแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย

สำรวจและเก็บตัวอย่างโรคผลเน่าของลำไยในระยะหลังการเก็บเกี่ยว ระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2561 ในสวนลำไย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 6 แหล่ง ใน อำเภอสารภี อำเภอแม่แจ่ม อำเภอฝาง อำเภอแม่แตง อำเภอหางดง อำเภอสันป่าตอง สวนลำไย จังหวัดลำพูน จำนวน 4 แหล่ง ใน อำเภอเมือง อำเภอบ้านโฮ่ง อำเภอบ้านธิ อำเภอป่าซาง และสวนลำไย จังหวัดแพร่ จำนวน 1 แหล่ง ใน อำเภอเมือง โดยแยกเชื้อราจากผลลำไยด้วยเทคนิค hyphal tip และ tissue transplanting บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) และจัดจำแนกเชื้อราจากลักษณะของสปอร์ที่พบบนอาหาร PDA และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของเชื้อราที่พบจากตัวอย่างทั้งหมด

2. การทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อราที่แยกได้จากผลเน่าของลำไย

นำเชื้อราที่แยกได้มาทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคผลเน่า กรณีที่เชื้อราไม่สร้างสปอร์ ปลูกเชื้อโดยนำ culture disk (ปลายเส้นใยของเชื้อราที่เจริญบน PDA ที่ตัดด้วย cork borer (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม.)) กรณีเชื้อราสร้างสปอร์ เตรียม spore suspension ความเข้มข้นของสปอร์ 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร จากนั้นวาง culture disk บนผลลำไย หรือหยด spore suspension ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บนผลลำไยที่มีการทำแผลและไม่ทำแผล ทั้งนี้ผลลำไยได้ผ่านการฆ่าเชื้อที่ผิว โดยแช่ผลลำไยแช่ในสารละลาย Clorox ความเข้มข้น 10% นาน 5 นาที จากนั้นแช่ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% นาน 5 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 2 ครั้ง เช็ดให้แห้ง แล้วนำไปปลูกเชื้อ หลังจากการปลูกเชื้อแล้วนำผลลำไยเก็บไว้ในกล่องขึ้น สังเกตอาการเน่าที่เกิดขึ้นหลังปลูกเชื้อ โดยบันทึกผลในวันที่ 3 5 7 และ 10 หลังการปลูกเชื้อ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่นำขึ้นอุ่นวางหรือน้ำที่ฆ่าเชื้อแล้วหยดบนผลลำไยที่ทำแผลและไม่ทำแผล

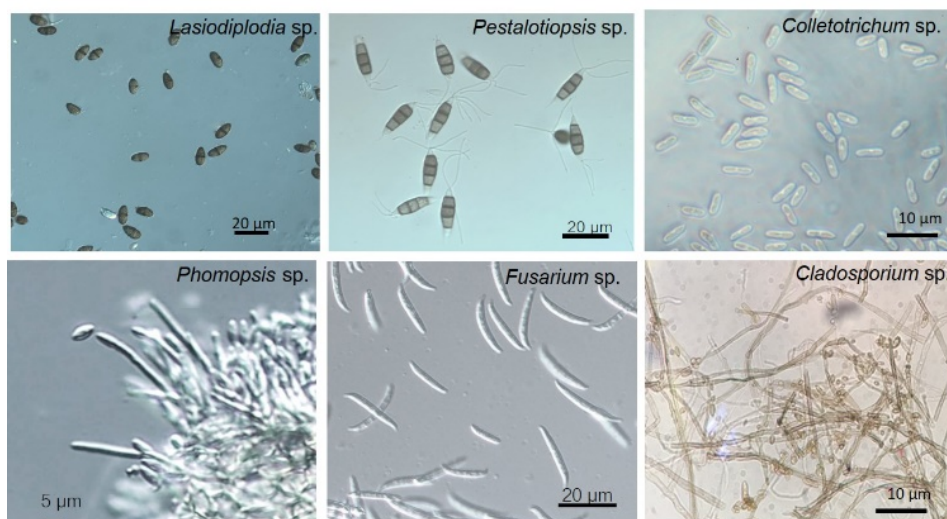
ผล

สามารถเก็บตัวอย่างผลลำไยที่แสดงอาการผลเน่าได้จำนวน 34 ตัวอย่าง โดยลำไยที่แสดงอาการผลเน่าแต่ละแหล่งประกอบด้วย จากอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 8 ตัวอย่าง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน จำนวน 6 ตัวอย่าง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 ตัวอย่าง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 4 ตัวอย่าง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 3 ตัวอย่าง ในขณะที่ตัวอย่างจาก อำเภอแม่แจ่ม และอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอบ้านโฮ่ง และอำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน และอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ พบเพียงสถานที่ละ 1 ตัวอย่าง (Table 1) โดยลักษณะอาการพบแผลฉ่ำน้ำสีน้ำตาลที่มีขนาดและรูปร่างไม่แน่นอนบนผล หากอาการรุนแรงพบอาการแผลฉ่ำน้ำทั้งผล ผลลำไยแตกและเน่าเสียหาย (Figure 1) เมื่อนำมาแยกเชื้อราได้ทั้งหมด 140 ไอโซเลท (Table 1) การตรวจสอบรูปร่างของสปอร์เชื้อราที่แยกได้ พบว่า 35.72% ของเชื้อราที่แยกได้ คือ *Lasiodiplodia* sp., 17.85% คือ *Pestalotiopsis* sp. ซึ่งพบในทุกตัวอย่างที่แสดงอาการผลเน่า, 5% คือ *Colletotrichum* sp. และ *Phomopsis* sp., 3.57% คือ *Fusarium* sp., 1.42% คือ *Cladosporium* sp. (Figure 2) และ 31.42% คือ เชื้อราอื่น ๆ ที่ไม่สามารถสร้างสปอร์บนอาหาร PDA ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

เมื่อนำเชื้อรา 4 ชนิด ได้แก่ *Lasiodiplodia* sp., *Colletotrichum* sp., *Pestalotiopsis* sp. และ *Phomopsis* sp. มาทดสอบความสามารถในการเกิดโรคบนผลลำไย พบว่า เชื้อราทั้งหมดสามารถทำให้เกิดโรคผลเน่าได้ โดย *Lasiodiplodia* sp. ทำให้เกิดโรคผลเน่าได้มากที่สุด และเกิดอาการภายใน 3 วันหลังการปลูกเชื้อ ทั้งบนผลที่ทำแผลและไม่ทำแผล โดยพบเส้นใยสีขาวเทาของเชื้อราเจริญปกคลุมผลลำไย เปลือกลำไยมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น และในวันที่ 5 เชื้อราเริ่มสร้าง conidiomata แบบ pycnidium เห็นเป็นจุดสีดำ กระจายรอบ ๆ ผลลำไย ในขณะที่เชื้อราชนิดอื่น ทำให้เกิดอาการเน่าในวันที่ 5 หลังการปลูกเชื้อ

Table 1 Number of longan fruit rot samples and fungi isolated from longan orchard at Chiang Mai, Lamphun and Phrae province

Source of longan		Number of fruit rot samples	Number of fungi (isolate)
Province	District		
Chiang Mai	Saraphi	4	16
	Mae Chaem	1	9
	Fang	1	23
	Mae Taeng	5	11
	Hang Dong	3	12
	San Pa Tong	8	37
Lamphun	Mueang	6	9
	Ban Hong	1	7
	Ban Thi	1	3
	Pa Sang	3	7
Phrae	Mueang	1	6
Total		34	140

**Figure 1** Fruit rot symptom and fruit cracking on longan**Figure 2** Fungal pathogens caused postharvest fruit rot disease of longan

วิจารณ์ผล

จากการสำรวจโรคผลเน่าของลำไยที่ผลิตในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ แพร่ และลำพูน พบว่า เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวที่พบมากที่สุด เกิดจากเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. โดยพบมากถึง 35.72% ซึ่งสอดคล้อง Chang-Ngern *et al.* (2010) ที่รายงานว่า *Lasiodiplodia* sp. เป็นสาเหตุของการเกิดผลเน่าของลำไยมากที่สุด นอกจากนี้ Serrato-Diaz *et al.* (2014) มีการรายงานเป็นครั้งแรกว่าพบเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. (Lt) เป็นสาเหตุของโรค inflorescence blight และ fruit rot ของลำไยที่ปลูกในประเทศเปอร์โตริโก อย่างไรก็ตาม เชื้อราชนิดนี้มีรายงานการเข้าทำลายไม้ผลหลายชนิด เช่น มะม่วง องุ่น กาแฟ มะละกอ มะพร้าว เป็นต้น (Netto *et al.*, 2014; Dissanayake *et al.*, 2015; Rosado *et al.*, 2016; Munirah *et al.*, 2017; Sultana and Rahman, 2018) สำหรับเชื้ออื่น ๆ ที่พบบนผลเน่าของลำไยในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีรายงานการสร้างความเสี่ยงให้กับไม้ผลชนิดอื่นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้เชื้ออื่น ๆ ดังกล่าวอาจเป็นกลุ่มเชื้อราที่เข้าทำลายซ้ำเติมหรือเป็นกลุ่ม secondary infection ทั้งนี้ผลการสำรวจหาเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของลำไยในพื้นที่ปลูกจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และแพร่ ในครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงเชื้อสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรคผลเน่าของลำไยมากที่สุด จากผลการศึกษาจะนำไปทดสอบการควบคุมโรคผลเน่าโดยชีววิธี (biological control) โดยคัดเลือกแบคทีเรียปฏิปักษ์ (antagonistic bacteria) มาใช้ควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ที่แยกได้ต่อไป

สรุป

การสำรวจโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยวจากสวนลำไยที่ปลูกใน จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 6 อำเภอ จังหวัดลำพูน จำนวน 4 อำเภอ และจังหวัดแพร่ จำนวน 1 อำเภอ พบว่า มีเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. เข้าทำลายมากที่สุด คิดเป็น 35.72% และทำให้เกิดโรคผลเน่ารุนแรงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืชและศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Chang-Ngern, P., U. Sardud, W. Pathomaree, P. Chantrasri and E. Chukeatirote. 2010. Diversity of molds in fresh longan. Agriculture Science Journal 41: 322–24.
- Dissanayake, A.J., W. Zhang, L. Mei, E. Chukeatirote, J.Y. Yan, X.H. Li and K.D. Hyde. 2015. *Lasiodiplodia pseudotheobromae* causes pedicel and peduncle discoloration of grapes in China. Australasian Plant Disease Notes 10(1): 1–5.
- Drinnan, J. 2004. Longans postharvest handling and storage. In Rural Industries Research and Development Corporation. [Online]. Available Source: <https://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/03-125>. (11 January 2011).
- Munirah, M.S., A.R. Azmi, S.Y.C. Yong and A.I.M.Z. Nur. 2017. Characterization of *Lasiodiplodia theobromae* and *L. pseudotheobromae* causing fruit rot on pre-harvest mango in Malaysia. Plant Pathology Quarantine 7(2):202-213.
- Netto, M.S.B., I.P. Assunção, G.S.A. Lima, M.W. Marques, W.G. Lima, J.H.A. Monteiro, V. de Queiroz Balbino, S.J. Michereff, A.J.L. Phillips and M.P.S. Camara. 2014. Species of *Lasiodiplodia* associated with papaya stem-end rot in Brazil. Fungal Diversity 67(1): 127–141.
- Rosado, A.W.C., A.R. Machado, F.C.O. Freire and O.L. Pereira. 2016. Phylogeny, identification, and pathogenicity of *Lasiodiplodia* associated with postharvest stem-end rot of coconut in Brazil. Plant Disease 100: 561-568.
- Serrato-Diaz, L.M., L.I. Rivera-Vargas, R. Goenaga and R.D. French-Monar. 2014. First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing inflorescence blight and fruit rot of longan (*Dimocarpus longan* L.) in Puerto Rico. Plant Disease 98(2): 279.
- Sultana, R. and H. Rahman. 2018. Characterization of *Lasiodiplodia pseudotheobromae* associated with citrus stem-end rot disease in Bangladesh. International Journal of Biosciences 13(05): 252–262.
- Zhang, J. 2014. *Lasiodiplodia theobromae* in citrus fruit (*Diplodia* stem-end rot). p. 309-335. In S. Bautista-Baños (ed). Postharvest Decay Control Strategies. USA: Academic Press.

ผลของความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ในข้าวเปลือกพันธุ์เก่าเจ้า มช. 107

Effect of Radio Frequency Heating on Anthocyanin Content in
Purple Rough Rice cv. Kumjao CMU 107

วรวิมล วงศ์พา¹, ณัฐศักดิ์ กฤตติกาเมษ^{1,2*}, วิบูลย์ ช่างเรือ^{1,3}, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{4,5*} และ ณัฏฐวัฒน์ มั่นมาณี^{1,5}
Wornwimol Wangspa¹, Nattasak Krittigamas^{1,2*}, Viboon Changrue^{1,3}, Yaowaluk Chanbang^{4,5*} and Nadthawat Muenmanee^{1,5}

Abstract

Purple rice cv. Kumjao CMU 107 was breeding by Chiang Mai University researcher team. The rice grain was characterized by black or purple color of pericarp layer with anthocyanin content as antioxidant. However, there are many reports that heating affected to the decrease in anthocyanin content. The objective of this experiment was to determine the effects of radio frequency (RF) heat treatment with 27.12 MHz at temperature of 55, 60 and 65°C for 180 seconds on purple rough rice cv. CMU 107, which those temperatures and time has the efficacy in controlling stored insect pests. The results showed that anthocyanin content significantly decreased ($P<0.05$) from all RF temperatures compared to untreated purple rice (30.22 ± 3.9 mg/100 g). Anthocyanin content with RF for 180 seconds at 55, 60 and 65°C were 24.00 ± 3.5 , 24.99 ± 2.7 and 17.57 ± 0.9 g/100 mg, respectively. Nevertheless, RF heat treatment of 60°C for 180 seconds not only low affected to anthocyanin content in purple rice cv. Kumjao CMU 107 but also it can be used to effectively control in several of stored product insects, such as rice moth, lesser grain borer, saw-toothed grain beetle and rice weevil.

Keywords: radio frequency, anthocyanin, purple rice cv. Kumjao CMU 107

บทคัดย่อ

ข้าวเก่าเจ้า มช. 107 เป็นพันธุ์ข้าวที่ปรับปรุงพันธุ์โดยกลุ่มนักวิจัยของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ข้าวมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำหรือม่วงมีสารประกอบที่เรียกว่าแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ แต่เนื่องจากการรายงานถึงความร้อนมีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่มีความถี่ 27.12 MHz ระดับอุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วินาที กับข้าวเปลือกพันธุ์เก่าเจ้า มช. 107 ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีรายงานว่า มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บ จากผลการทดลองพบว่า ในแต่ละระดับอุณหภูมิ เมล็ดข้าวมีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน (30.22 ± 3.9 มิลลิกรัม/100 กรัม) โดยที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินเฉลี่ย เท่ากับ 24.00 ± 3.5 , 24.99 ± 2.7 และ 17.57 ± 0.9 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วินาที นอกจากจะมีการลดลงในระดับที่ต่ำของแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวเก่าเจ้า มช. 107 แล้ว ยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บได้ในหลายชนิดอีกด้วย เช่น ฝั่ข้าวสาร มอดหัวบ่อม มอดพื้นเลื้อย และด้วงวงข้าว

คำสำคัญ: คลื่นความถี่วิทยุ แอนโทไซยานิน ข้าวเก่าเจ้า มช. 107

¹ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

²Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand.

³ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

⁴Department of Plant Science and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

⁵ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

³Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

⁴ภาควิชาวิทยาศาสตร์และโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

⁵Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

⁵ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

⁵Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: nattasak.k@cmu.ac.th, lukkso@hotmail.com

คำนำ

ข้าวกล้องเจ้า มข. 107 เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการปรับปรุงสายพันธุ์ระหว่างข้าวกล้องดอยสะเก็ดกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยกลุ่มนักวิจัยของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) สีดำหรือม่วง ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ คือแอนโทไซยานิน (กรมวิทยาศาสตร์และบริการ, 2561; Pusadee *et al.*, 2019) มีรายงานว่าแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ลดการอักเสบ (anti-inflammatory) ช่วยลดระดับไขมันในพลาสมา และลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดแดงแข็งตัวได้ (Oki *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2007; Yamuangmorn *et al.*, 2018a) ดังนั้นข้าวกล้องเจ้าจึงเป็นพืชอาหารที่ได้รับความสนใจในกลุ่มผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามแมลงศัตรูในโรงเก็บนับว่าเป็นปัญหาสำคัญในการเก็บรักษาข้าวเปลือก เนื่องจากแมลงหลายชนิดสามารถเข้าทำลายตั้งแต่ช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวและยังสามารถแพร่ขยายพันธุ์ต่อไปได้อย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยจะเข้าทำลาย และก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต ทั้งในด้านคุณภาพ และปริมาณ (Togola *et al.*, 2013; Srivastava and Subramanian, 2016) การใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency, RF) เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงโรงเก็บชนิดต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 55-65 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 180 วินาที (ณคนฉิม และคณะ, 2551; กฤษณา และคณะ, 2552; ชัชพงษ์ และคณะ, 2557; Wangspa *et al.*, 2015 และ กฤตพจน์ และคณะ, 2564) แต่เนื่องจากมีรายงานว่าแอนโทไซยานินมีความอ่อนไหวต่อระดับอุณหภูมิ (Bhawamai *et al.*, 2016) ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ระดับอุณหภูมิ 55-65°C ระยะเวลา 180 วินาที ต่อปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวพันธุ์เจ้า มข. 107

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ผลของระดับอุณหภูมิของคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อระดับแอนโทไซยานินในข้าวกล้องเจ้า มข. 107

ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองนี้คือ ข้าวพันธุ์เจ้า มข. 107 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ข้าวเปลือก 300 กรัมต่อตัวอย่าง มาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz ระดับอุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วินาที แล้วจึงนำตัวอย่าง ไปผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือก เพื่อเตรียมข้าวกล้องสำหรับการไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

2. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินหลังผ่านความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH-differential (Abdel-Aal and Hucl, 1999) โดยใช้ตัวอย่างข้าวกล้อง 0.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำ 0.1 % ไฮโดรคลอริกในเมทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปใส่เครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบตามเวลานำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที จากนั้นแบ่งสารสกัดออกเป็น 2 ส่วน ใส่ลงในหลอดทดลอง ทำการเจือจางสารสกัดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือ โฟสเฟตซีเอ็มคลอไรด์ (0.025 M, pH 1.0) และ โซเดียมอะซิเตต (0.4 M, pH 4.5) ในอัตราส่วน 1:100 แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (Analytik Jena SPECORD 40, USA) และนำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินจากสมการ

$$\text{Anthocyanin content} = (A \times MW \times DF \times 1000) / \epsilon \times L$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่แท้จริงของตัวอย่าง ซึ่งคำนวณจากสมการ (A520 nm - A700 nm) pH 1.0 - (A520 nm - A700 nm) pH 4.5 MW คือ น้ำหนักโมเลกุลโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ คือ 449.2 กรัมต่อโมล DF คือ dilution factor ของตัวอย่าง ϵ คือ ค่า molar absorptivity เท่ากับ 26,900 L คือ ความกว้างของคิวเวตมีค่าเท่ากับ 1 เซนติเมตร ทำการ 66 วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผล

ผลของระดับอุณหภูมิจากคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวพันธุ์กำเจ้า มช. 107

หลังจากนำข้าวเปลือกพันธุ์กำเจ้า มช. 107 มาผ่านความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วินาที พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกระดับอุณหภูมิ ($P < 0.05$) จากชุดควบคุม คือ 24.00 ± 3.5 , 24.99 ± 2.7 และ 17.57 ± 0.9 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (Table 1) ข้าวเปลือกที่ผ่านความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ข้าวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียแอนโทไซยานินหลังจากผ่านความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุในปริมาณต่ำที่สุดคือ 17.31% ขณะที่อุณหภูมิ 55 และ 65 องศาเซลเซียส มีการลดลงเท่ากับ 20.6 และ 41.86% ตามลำดับ

Table 1 Moisture content and anthocyanin content of purple rice cv. Kumjao CMU 107 after being exposed to radio frequency heat treatment (RF) at 55 to 65 °C for 180 seconds.

RF temperature at 180 seconds (°C)	Moisture Content (%)± SE		Anthocyanin content (mg/100 g) ± SE	
Untreated RF	9.30±0.3	a	30.22±3.9	a
55	9.05±0.2	a	24.00±3.5	b
60	8.63±0.1	b	24.99±2.7	b
65	8.15±0.1	c	17.57±2.9	c
CV(%)	2.10		10.39	

Means within the column followed by different letters are significantly different at 95% confidence level ($P < 0.05$) by least significant difference (LSD) comparison.

วิจารณ์ผล

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าว ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดของพันธุ์ข้าว สภาพของเมล็ด (ข้าวเปลือก ข้าวสาร หรือข้าวกล้อง) และอุณหภูมิ โดย Yamuangmorn *et al.* (2018b) พบว่าการเก็บรักษาข้าวเก่า (ข้าวเหนียวดำ) ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส) และ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการลดลงเท่ากับ 42 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พันธุ์ข้าวที่มีแอนโทไซยานินสูงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าในข้าวที่มีแอนโทไซยานินต่ำ และการเก็บรักษาในสภาพข้าวกล้องลดการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินได้ดีกว่าในสภาพข้าวเปลือก เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ เช่น polyphenol oxidase และ peroxidase ที่ในอยู่แถบทำให้มีผลต่อการลดลงของแอนโทไซยานิน (Zhang *et al.*, 2005; Ducamp-Collin *et al.*, 2008; Yamuangmorn *et al.*, 2018b)

นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าระดับความร้อนที่สูงกว่า 37.5 องศาเซลเซียส เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการสลายของแอนโทไซยานินในข้าวที่มีสีม่วงและสีดำ (Tiwari *et al.*, 2010; Das *et al.*, 2017) ซึ่งในการศึกษารุ่นนี้ พบว่าความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 180 วินาที เป็นอุณหภูมิที่มีผลในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บหลายชนิด เช่น ฝั่เลื้อข้าวสาร มอดหัวป้อม และ มอดพื้นเลื้อย ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ณคนฉน และคนฉน, 2551; กฤษณา และคนฉน, 2552; ชัชพงษ์ และคนฉน, 2557) และ Wangspa *et al.* (2015) ได้รายงานว่านอกจากจะสามารถกำจัดด้วงงวงข้าว ที่ระยะทนทานในข้าวเปลือกได้อย่างสมบูรณ์แล้วยังสามารถยับยั้งการเกิดของแมลงในรุ่นลูก (F1) ได้อีกด้วย

สรุป

การใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 180 วินาที แก้วข้าวเปลือกพันธุ์กำเจ้า มช. 107 มีการลดลงต่ำสุดของปริมาณแอนโทไซยานินประมาณ 17% และเป็นอุณหภูมิที่สามารถใช้กำจัดแมลงได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับการสนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์และบริการ. 2561. ข้าวพันธุ์ใหม่ "ก่ำเจ้า มข.107" ต้านมะเร็งกระเพาะ-ป้องกันโรคหัวใจ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://siweb1.dss.go.th/news/show_abstract.asp?article_ID=7643 (12 พฤศจิกายน 2563).
- กฤตพจน์ นันตะกุล, ณัฐวัฒน์ หมั่นมาณี และ ยาวลักษณ์ จันทราบาง. 2564. การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมเหาหนังสือ (*Liposcelis entomophila*) ในเมล็ดข้าวหอมมะลิ. วารสารแก่นเกษตร 49: 119-129.
- กฤษณา สุเมธะ, ยาวลักษณ์ จันทราบาง, วิเชียร เสงส์สวัสดิ์ และ ณัฐศักดิ์ กฤตกาเมษ. 2552. ผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อมอดหัวป้อมและคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105. หน้า 97-103 ใน: รายงานสัมมนาวิชาการ บัณฑิตศึกษาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 6 12-13 มีนาคม 2552. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่
- ชัชพงษ์ ศรีคำ, ยาวลักษณ์ จันทราบาง และ ณัฐศักดิ์ กฤตกาเมษ. 2557. การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตร. 30(3): 253-262.
- ณคณิน ลือชัย, วิภา สะอาดสุด, ยาวลักษณ์ จันทราบาง และณัฐศักดิ์ กฤตกาเมษ. 2551. การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* (Stainton) และผลต่อคุณภาพของข้าวสารดอกมะลิ 105. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39 (3 พิเศษ): 347-350.
- Abdel-Aal, E-SM. and P. A. Hucl. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. Cereal Chemistry 76: 350-354.
- Bhawamai, S., S.H. Lin, Y.Y. Hou and Y.H. Chen. 2016. Thermal cooking changes the profile of phenolic compounds, but does not attenuate the anti-inflammatory activities of black rice. Food and Nutrition Research, 60(1): 32941.
- Das, A.B., V.V. Goud and C. Das. 2017. Extraction of phenolic compounds and anthocyanin from black and purple rice bran (*Oryza sativa* L.) using ultrasound: A comparative analysis and phytochemical profiling. Industrial Crops and Products 95: 332-341.
- Ducamp-Collin M.N., H. Ramarson, M. Lebrun, G. Self, M. Reynes. 2008. Effect of citric acid and chitosan on maintaining red colouration of litchi fruit pericarp. Postharvest Biology and Technology 49 (2) : 241-246.
- Oki, T., M. Masuda, M. Kobayash, Y. Nishiba, S. Furuta, I Suda and T Sato. 2002. Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(26): 7524-7529.
- Pusadee, T., A. Wongtamee, B. Rerkasem, K. M. Olsen and S. Jamjod. 2019. Farmers drive genetic diversity of Thai purple rice (*Oryza sativa* L.) landraces. Economic Botany 73: 76-85.
- Srivastava C. and S. Subramanian. 2016. Storage insect pests and their damage symptoms: an overview. Journal of Grain Storage Research. 78: 53-58.
- Tiwari, B.K., A. Patras, N. Brunton, P.J. Cullen and C.P O'Donnell. 2010. Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice. Ultrasonics Sonochemistry 17 (3): 598-604.
- Togola, A., P.A. Seck, I.A. Glietho, A. Diagne, C. Adda, A. Toure and F.E. Nwilene. 2013. Economic losses from insect pest infestation on rice stored on-farm in Benin. Journal of Applied Sciences, 13(2): 278-285.
- Wang, Q., P. Han, M. Zhang, M. Xia, H. Zhu, J. Ma, M. Hou, Z. Tang and W. Ling. 2007. Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and anti-inflammatory status in patients with coronary heart disease. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 16: 295-301.
- Wangspa, W., Y. Chanbang and S. Veerasilp. 2015. Radio frequency heat treatment for controlling rice weevil in rough rice cv. Khao Dawk Mali 105. CMU Journal of Natural Science 14(2): 189-197.
- Yamuangmorn, S., B. Dell and C. Prom-u-thai. 2018a. Effects of cooking on anthocyanin concentration and bioactive antioxidant capacity in glutinous and non-glutinous purple rice. Rice Science 25: 270-278.
- Yamuangmorn, S., B. Dell, B. Rerkasem and C. Prom-U-thai. 2018b. stability of anthocyanin content and antioxidant capacity among local Thai purple rice genotypes in different storage conditions. Chiang Mai Journal of Science 45: 927-936.
- Zhang, Z. Q., X.Q. Pang., X. Xuewu., Z. Ji and Y. Jiang. 2005. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. Food Chemistry 90: 47-52.

อิทธิพลของคลื่นความถี่วิทยุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟอาราบิกา Influence of Radio Frequency on Postharvest Quality Change of Arabica Coffee Bean

ณัฐวัฒน์ หมื่นมานี^{1,2} อรุณา เรืองวงษ์^{1,3}, อังสนา อัครพิศาล^{1,3} และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{1,2,3}
Nadthawat muenmanee^{1,2}, On-Uma Ruangwong^{1,3}, Angsana Akarapisan^{1,3} and Yaowaluk Chanbang^{1,2,3}

Abstract

Changes of post harvest quality between untreated and treated Arabica coffee bean with radio frequency 27.12 MHz were studied. By heating the RF power of 300 watts until coffee bean temperatures were 50, 60 and 70 °C for 90 seconds. Then, 400 grams of coffee beans were packed in Teflon cylinder container with a thickness of 0.5 centimeters, diameter 16 centimeters and height 5 centimeters. The container is closed aluminum plate. Then, container is placed in the center of electrode plate of radio frequency equipment. The temperature measurement was used fiber optical probe to measure sample temperature in the middle of the container. The changes in quality of Arabica coffee beans were studied: moisture content, carbohydrate, protein, sugar and caffeine content. It was found that coffee beans were treated with radio frequency at each temperature tended to decrease the moisture content and caffeine content compared to untreated coffee beans. The moisture content and caffeine content were between 9.85-11.25 percent wet basis and 0.97-1.23 percent, respectively. While the carbohydrate, protein and sugar contents of the radio frequency treated coffee bean at all temperatures were similar to those of untreated coffee beans.

Keywords: heat treatment, arabica coffee, radio frequency, postharvest quality

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟอาราบิกาที่ไม่ผ่านและผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่ 27.12 เมกะเฮิร์ตซ์ โดยให้ความร้อนพลังงาน 300 วัตต์ จนได้อุณหภูมิเมล็ด 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 90 วินาที โดยบรรจุเมล็ดกาแฟ 400 กรัมลงในภาชนะบรรจุชนิดเทฟลอนหนา 0.5 เซนติเมตร รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร และสูง 5 เซนติเมตร ที่ปิดสนิทด้วยแผ่นอลูมิเนียมโดยวางบรรจุภัณฑ์ในตำแหน่งกึ่งกลางของแผ่นอิเล็กโทรด โดยใช้ไฟเบอร์ออปติกในการวัดอุณหภูมิของตัวอย่างในตำแหน่งตรงกลางของบรรจุภัณฑ์หลังจากนั้นจึงทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดกาแฟอาราบิกา ได้แก่ ปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ปริมาณน้ำตาล และคาเฟอีน พบว่า เมล็ดกาแฟที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุในแต่ละอุณหภูมิมีแนวโน้มของปริมาณความชื้นและสารคาเฟอีนที่ลดลงเมื่อเทียบกับเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ โดยมีค่าปริมาณความชื้นและสารคาเฟอีนระหว่าง 9.85-11.25 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และ 0.97-1.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และปริมาณน้ำตาลของเมล็ดที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุในทุกอุณหภูมิมีค่าใกล้เคียงกับเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ

คำสำคัญ: การใช้ความร้อน กาแฟอาราบิกา คลื่นความถี่วิทยุ คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

บทนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในภาคเหนือของประเทศไทยโดยเฉพาะกาแฟอาราบิกา และมีแนวโน้มความต้องการใช้เมล็ดกาแฟเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปี เมล็ดกาแฟที่ดีต้องมีคุณภาพตาม ข้อกำหนด คือ ไม่มีกลิ่นผิดปกติ เช่น กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นหมักบูด กลิ่นรา หรือกลิ่นแปลกปลอม มีสีตรงตามมาตรฐานการผลิตของเมล็ดกาแฟ มีความชื้นไม่เกิน 12.5% (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2561) และไม่พบร่องรอยการเข้าทำลายของด้วงเมล็ดกาแฟ ดังนั้นเพื่อ

¹ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม, กรุงเทพฯ 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

³ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

⁴ Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

⁵ ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁶ Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

รักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา จึงได้มีการนำเทคโนโลยีการให้ความร้อนโดยวิธีการต่างๆ มาใช้ในการควบคุมคุณภาพลดปัญหาเรื่องโรคและแมลงหลังการเก็บเกี่ยว การใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นการให้ความร้อนวิธีการทางเลือกหนึ่ง ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอ รวดเร็ว และสามารถควบคุมโรคและแมลงหลังการเก็บเกี่ยวได้ (ซัซพงษ์ และคณะ, 2557; Wangspa et al., 2015) อย่างไรก็ตาม ความร้อนที่ได้จากคลื่นความถี่วิทยุนั้นอาจส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าทั้งในด้านกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งยังไม่มีข้อมูลผลของความถี่วิทยุที่ได้จากคลื่นความถี่วิทยุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดกาแฟ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ไม่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟอาราบิก้าก่อนและหลังการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบเปียก (wet processing) จากแปลงเดียวกันของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟตำบลเทพเสด็จ อำเภออดยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่ มาใช้ในการทดลอง ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดกาแฟแล้ววัดความชื้นเริ่มต้นก่อนทำการทดลอง นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิก้าน้ำหนักรวม 400 กรัม บรรจุลงในภาชนะบรรจุชนิดเทฟลอนรูปทรงกระบอกหนา 5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ที่มีฝาอลูมิเนียมปิดสนิททั้งด้านบนและด้านล่าง นำตัวอย่างมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่ 27.12 เมกะเฮิรตซ์ โดยให้พลังงาน 300 วัตต์ (Figure 1A) เพื่อให้เมล็ดกาแฟเกิดความร้อนจนได้อุณหภูมิตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยให้อุณหภูมิคงที่นาน 90 วินาที ด้วยการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสายไฟเบอร์ออปติก เพื่อวัดอุณหภูมิภายในบรรจุภัณฑ์ผ่านระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (Figure 1B) ทำการวัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง จนสิ้นสุดการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่

ชุดที่ 1 ชุดควบคุม (เมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่าน คลื่นความถี่วิทยุ)

ชุดที่ 2 ชุดเมล็ดกาแฟที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุจนได้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วให้ความร้อนคงที่ นาน 90 วินาที

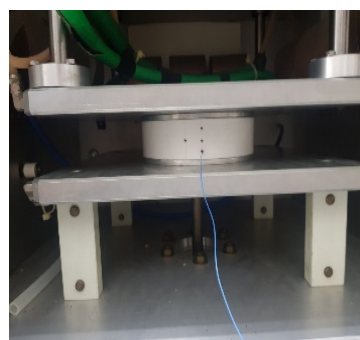
ชุดที่ 3 ชุดเมล็ดกาแฟที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุจนได้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วให้ความร้อนคงที่ นาน 90 วินาที

ชุดที่ 4 ชุดเมล็ดกาแฟที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุจนได้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วให้ความร้อนคงที่ นาน 90 วินาที

ทำการทดลองซ้ำชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ แล้วนำตัวอย่างเมล็ดกาแฟไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยการวัดความชื้นมาตรฐานเปียกตามวิธีมาตรฐาน (AOAC, 2005) และวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต โปรตีน น้ำตาล และคาเฟอีนตามวิธีมาตรฐาน (AOAC, 2005)



(A)



(B)

Figure 1 (A) Radio frequency application (B) sample preparation for radio frequency treatment

ผลการทดลอง

เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดกาแฟที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุในแต่ละอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ สอดคล้องกับ ซุพงษ์และคณะ (2553) พบว่า ความชื้นของเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังจากให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นจาก 44 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียกลดลงเหลือ 4.72 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ภายใน 24 ชั่วโมง ในกระบวนการลดความชื้นของเมล็ด โดยในการทดลองนี้ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดกาแฟเฉลี่ย 11.2 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก เมื่อนำไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุจนได้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที พบว่าเมล็ดกาแฟมีความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติเหลือความชื้นประมาณเฉลี่ย 9.85 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก (Table 1)

ความชื้นที่ลดลงของเมล็ดกาแฟ เนื่องจากความร้อนที่ได้จากคลื่นความถี่วิทยุเป็นแบบไดอิเล็กทริกโดยมีหลักการการเกิดความร้อนที่แตกต่างจากการให้ความร้อนโดยวิธีปกติโดยจะเกิดความร้อนจากภายในผลผลิต ซึ่งการเกิดความร้อนแบบไดอิเล็กทริกพลังงานที่ได้จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะถูกปล่อยผ่านไปยังวัตถุทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลภายในตัววัตถุจนเกิดความร้อนขึ้น โดยเฉพาะโมเลกุลของน้ำจะเกิดความร้อนจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้เกิดการลดลงของความชื้น (Birla *et al.*, 2004) โดยคลื่นความถี่วิทยุสามารถกระจายความร้อนผ่านวัตถุที่มีความหนาได้ดีกว่าไมโครเวฟจึงทำให้เกิดความร้อน (Nelson, 1996) ตัววัตถุที่อยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยการให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบสลับและความร้อนจะเกิดขึ้นเฉพาะส่วนที่ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน (Internal heating) (Nelson and Walker, 1961) และเกิดการสะสมพลังงาน และทำให้อุณหภูมิในตัววัตถุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของน้ำภายในผลผลิต (Cwiklinski and von Hoersten, 1999) พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนี้แปรผันตามความถี่ของคลื่นวิทยุ (Cwiklinski and von Hoersten, 2001) ทำให้โมเลกุลของน้ำที่เกิดความร้อนระเหยออกมาจากเมล็ดกาแฟสู่บรรยากาศได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้ความชื้นลดลง

นอกจากนี้ ยังพบว่าสารคาเฟอีนของเมล็ดกาแฟที่ได้รับความร้อนจากการให้พลังงานด้วยคลื่นความถี่วิทยุในการทดลองมีแนวโน้มลดลงแต่การลดลงของสารคาเฟอีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Hećimović *et al.* (2011) ได้รายงานไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงของสารคาเฟอีนมีปัจจัยจากอุณหภูมิความร้อนและระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของเมล็ดกาแฟ จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่า เมล็ดกาแฟที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุมีเปอร์เซ็นต์ของคาเฟอีนอยู่ระหว่าง 0.97-1.23 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และน้ำตาลของเมล็ดกาแฟที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุมีค่าใกล้เคียงกับเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุในทุกอุณหภูมิ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.38 ± 0.52 , 11.33 ± 0.57 และ 9.52 ± 0.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Effects of radio frequency treatment on changing of coffee bean chemical compositions

Treatment	Moisture Content (%wb)*	Carbohydrate (%)*	Protein (%)*	Sugar content (%)*	Caffeine (%)*
Control	11.25±0.02 a	51.47±0.21 a	10.93±0.50 a	9.08±0.04 a	1.23±0.09 a
T50-90s	10.29±0.05 b	50.85±0.45 a	11.49±0.43 a	9.68±0.42 a	1.22±0.06 a
T60-90s	10.26±0.04 b	51.52±0.42 a	11.66±0.47 a	9.44±0.40 a	1.17±0.05 a
T70-90s	9.85±0.04 c	51.71±0.41 a	11.51±0.49 a	9.88±0.48 a	0.97 a
Mean	10.41±0.53	51.38±0.52	11.33±0.57	9.52±0.49	1.19±0.06

* Mean values with standard deviations

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05

สรุป

ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการให้คลื่นความถี่วิทยุกับเมล็ดกาแฟอะราบิกานั้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นมากที่สุดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที ทำให้ความชื้นเมล็ดกาแฟลดลงจาก 11.25 ± 0.02 เหลือ 9.85 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ในขณะที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที นั้น ความชื้นเมล็ดกาแฟลดลงจาก 11.25 ± 0.02 เหลือ 10.29 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก โดยทุกอุณหภูมิไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดกาแฟ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน น้ำตาล และคาเฟอีน ดังนั้น การใช้คลื่นความถี่วิทยุที่เหมาะสมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟน้อยที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5701-2561 (เมล็ดกาแฟอาราบิกา). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.acfs.go.th/standard/download/Arabica_coffee_bean_2561.pdf. (1 เมษายน 2564).
- ชูพงศ์ เมฆพัฒน์, ณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ, Karl Eichhorn Dieter von Hoersten และสุชาดา เวียร์คิลป์. 2553. การประยุกต์การอบแห้งมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุร่วมกับเครื่องอบร้อน. วารสารเกษตร 26(4): 71-78.
- รัชพงษ์ ศรีคำ, ยาวลักษณ์ จันทร์บาง, ณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ. 2557. การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดฟิ่นเลื้อยในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตร 30(3): 253-262.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International. Gaithersburg, MD.
- Birla, S. L., S. Wang, J. Tang and G. Hallman. 2004. Improving heating uniformity of fresh fruit in radio frequency treatments for pest control. Postharvest. Biology Technology 33: 205-217.
- Cwiklinski, M. and D. von Hoersten. 1999. Thermal treatment of seeds using microwave or radio-frequency energy for eradicating seedborne fungi. Paper No. 997010. In: ASAE/CSAE/SCGR-Annual Inter. Meeting, July 18-21. 1999. Toronto, Ontario, Canada. pp. 18-21.
- Cwiklinski, M. and D. von Hoersten. 2001. Effect of exposure to radio-frequency electric fields on *Fusarium graminearum* in wheat seed. Paper. No. 016171. In: ASAE Annual Meeting. July 29 – August 1, 2001. Sacramento. CA.
- Hečimović, I., A. Belščak-Cvitanović, D. Horžić and D. Komes. 2011. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. Food Chemistry 129(3): 991-1000.
- Nelson, S. O. 1996. Review and assessment of radio - frequency and microwave energy for stored-grain insect control. Transaction of the ASAE 39: 1475-1484.
- Nelson, S. O. and R.E. Walker. 1961. Effect of radio frequency electrical seed treatment. Agricultural Engineering 42(12): 688-691.
- Wangspa, W., Y. Chabang and S. Vearasilp. 2015. Radio frequency heat treatment for controlling rice weevil in rough rice cv. Khao Dawk Mali 105. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences 14(2): 189-197.

ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่น Effects of Temperature and Packaging on the Quality and Storage Life of Sea Grapes

นิภาพร ธรรมโชติ¹ กัลยา ศรีพงษ์¹ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ^{1,2} และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์^{1,2 *}
Nipaporn Thammachote¹, Kanlaya Sripong¹, Apiradee Uthairatanakij^{1,2} and Pongphen Jitareerat^{1,2 *}

Abstract

The aim of this research was to study the effects of storage temperature and packaging type on shelf life and quality of sea grapes. The sea grapes stored at room temperature (28 ± 2 °C) and 25 °C had shelf life of 9 days, while storing at lower temperature; namely, 20, 12 and 4 °C had shortened shelf lives to 5, 1 and 1 day, respectively. The effect of packaging type on shelf life of sea grapes was investigated during storage at 25°C. The locked-clamshell box and polypropylene (PP) tray covered with PP film could extend the shelf life for 9 days, while sea grapes packed in staples-sealed clamshell box and PP tray wrapped with polyvinyl chloride (PVC) lasted for only 6 days. Changes of physico-chemical quality were also investigated. Sea grapes stored in PP tray wrapped with PP film had the lowest percentage of fresh weight loss (0-3.51%) as well as, respiration rate (31.97-99.26 mg CO₂/kg.hr), and salinity (4.67-5.17%) compared to ones in control treatment. For instance, fresh weight loss of sea grapes from all treatments gradually increased upon storage as well as the presence of yellowish green color. Vitamin C and phenolic compound contents, on the other hand, declined by storage time and were not significantly different among treatments.

Keywords: *Caulerpa lentillifera* J. Agardh, packaging, phenolic compounds

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสาหร่ายพวงองุ่น พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 °C) และที่ 25 °C มีอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง โดยผลผลิตผลที่อุณหภูมิ 20, 13 และ 4 °C มีอายุการเก็บรักษาเพียง 5, 1 และ 1 วัน ตามลำดับ การศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C พบว่า สาหร่ายที่บรรจุในกล่อง locked clamshell, ถาดพลาสติก Polypropylene (PP) ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม polypropylene (PP) มีอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน ในขณะที่การบรรจุในถาดพลาสติก PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม Polyvinyl chloride (PVC) และในกล่อง clamshell และปิดผนึกด้วยลวดเย็บกระดาษ (ชุดควบคุม) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นที่บรรจุในถาดพลาสติก polypropylene (PP) ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PP มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด (0-3.51%) มีอัตราการหายใจต่ำสุด (31.97-99.26 mg CO₂/kg.hr) และ มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มน้อยที่สุด (4.67-5.17%) เมื่อเทียบกับสาหร่ายพวงองุ่นในชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม สาหร่ายทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักสดมากขึ้น และมีสีเป็นเขียวอมเหลืองมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษาและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: *Caulerpa lentillifera* J. Agardh บรรจุภัณฑ์ สารประกอบฟีนอลิก

คำนำ

สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ มีลักษณะเป็นเม็ดยอดเล็ก สีเขียว รวมกันเป็นช่อคล้ายกับพวงองุ่น หรือไข่ปลาเคียวแพร่กระจายอยู่ในเขตร้อนและกึ่งร้อน (Guo *et al.*, 2015) ในประเทศไทยพบบริเวณอ่าวไทย ทะเลอันดามัน ชายฝั่งทะเลตะวันตก และตะวันออก เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่

¹ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซ.เทียนทะเล 25 ถ. บางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม กทม.10150

¹ School of Bioresource and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Thian Thale 25, Bangkhun-thien rd., Thakam, Bangkok, 10150 Thailand

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

มีแสงแดดส่องถึง สาหร่ายพวงองุ่นอุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และยังสามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำ และเป็นอาหารสัตว์น้ำ (Xiaolin *et al.*, 2018) ปัจจุบันสาหร่ายพวงองุ่นกำลังได้รับความสนใจจากผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ จึงเป็นเหตุให้เกษตรกรจำนวนมากสนใจเพาะเลี้ยงและแปรรูป โดยปกติสาหร่ายพวงองุ่นจะมีอายุการเก็บรักษาสั้นและควรบริโภคภายใน 3-7 วัน ปัจจุบันการจำหน่ายสาหร่ายพวงองุ่นส่วนใหญ่ทำโดยบรรจุในกล่องพลาสติก Polyethylene (PE) ชนิด Clamshell ที่ปิดผนึกด้วยลวดเย็บกระดาษหรือในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งทำให้มีอายุการวางจำหน่าย 5-7 วัน ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาอุณหภูมิและผลบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษา ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิและชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของสาหร่ายพวงองุ่นให้นานขึ้นโดยยังคงสีเขียวและปริมาณสารพฤกษเคมีไว้เช่นเดิมมากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกสาหร่ายพวงองุ่นที่มีอายุ 2 สัปดาห์ มีสาย (branch) ยาวประมาณ 8-13 เซนติเมตร สีเขียวใส ทัลลัส (thallus) เรียงตัวกันหนาแน่น ไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายจากปลาหรือหอย การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษา ทำโดยบรรจุสาหร่ายพวงองุ่นในถุง PE ขนาด 15x23 ซม. ถุงละ 50 ± 1 กรัม และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 20, 13 และ 4 °C แต่ละทรีตเมนต์ประกอบด้วย 3 ซ้ำ ทำการสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน เพื่อประเมินคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค คะแนน 5 = รามูลัสใส เต่ง มีสีเขียวเสมอกันทั้งสาย, 4 = รามูลัสใส สีเขียวอ่อน เต่ง สายมีสีเขียวเข้ม 3 = รามูลัส เริ่มสลด ปลายสายมีสีเขียวเข้ม 2 = รามูลัส สลดมากกว่า 25 % และ 1 = รามูลัส สลดมากกว่า 75 % โดยกำหนดให้สาหร่ายพวงองุ่นที่หมดอายุการเก็บรักษาเมื่อมีคะแนนการยอมรับโดยรวม ต่ำกว่า 3 คะแนน สำหรับการศึกษานี้ใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่น ทำโดยบรรจุสาหร่ายพวงองุ่นจำนวน 50 ± 1 กรัม ในบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ กล่อง Clamshell box ที่ผนึกด้วยลวดเย็บกระดาษ (ชุดควบคุม) (10x15.5x4 ลบ.ซม.) กล่อง Locked clamshell (11x16x4 ลบ.ซม.) ถาด PP (6x10x5 ลบ.ซม.) ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PP และถาด PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PVC แล้วเก็บรักษาที่ 25 ± 2 °C นาน 9 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างทุก 3 วัน เพื่อวิเคราะห์ การสูญเสียน้ำหนักสด อัตราการหายใจ ค่าความเค็ม ค่าสี ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และอายุการเก็บรักษา (วัน) แต่ละทรีตเมนต์ประกอบด้วย 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)

ผลการทดลอง

การศึกษาลักษณะอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่น พบว่าที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 °C) และที่ 25 °C เหมาะสำหรับการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นมากที่สุด โดยสาหร่ายมีอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน ส่วนที่ 20 °C มีอายุ 5 วัน และที่ 13, 4 °C มีอายุเพียง 1 วัน (Figure 1) การศึกษาผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่น พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาในกล่อง Locked clamshell และถาดพลาสติก PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PP มีอัตราการหายใจน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาในกล่อง Locked clamshell มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความเค็ม พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาภายในกล่อง Locked clamshell และถาดพลาสติก PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PP มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็มน้อยที่สุดเช่นกัน ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของสาหร่ายพวงองุ่น พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาภายในกล่อง Locked clamshell มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด นั้นแสดงว่าสาหร่ายพวงองุ่นมีสีเขียวอมเหลืองเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ชุดควบคุมที่มีค่า L^* ต่ำลง และแสดงอาการสลด (Figure 2) นอกจากนี้พบว่าการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณวิตามินซี และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง) เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บใน Locked clamshell และในถาด PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PP มีอายุการเก็บรักษา 9 วัน ในขณะที่การเก็บในถาด PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PVC และในกล่อง Clamshell ที่ผนึกด้วยลวดเย็บกระดาษ (ชุดควบคุม) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน

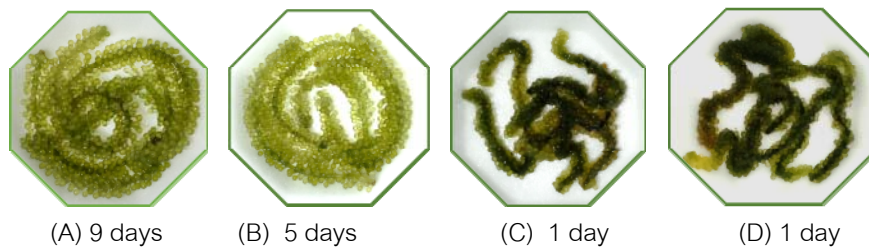


Figure 1 Appearance of sea grapes and their shelf lives obtained from different storage temperature; 25 °C (A), 20 °C (B), 13 °C (C), and 4 °C (D).

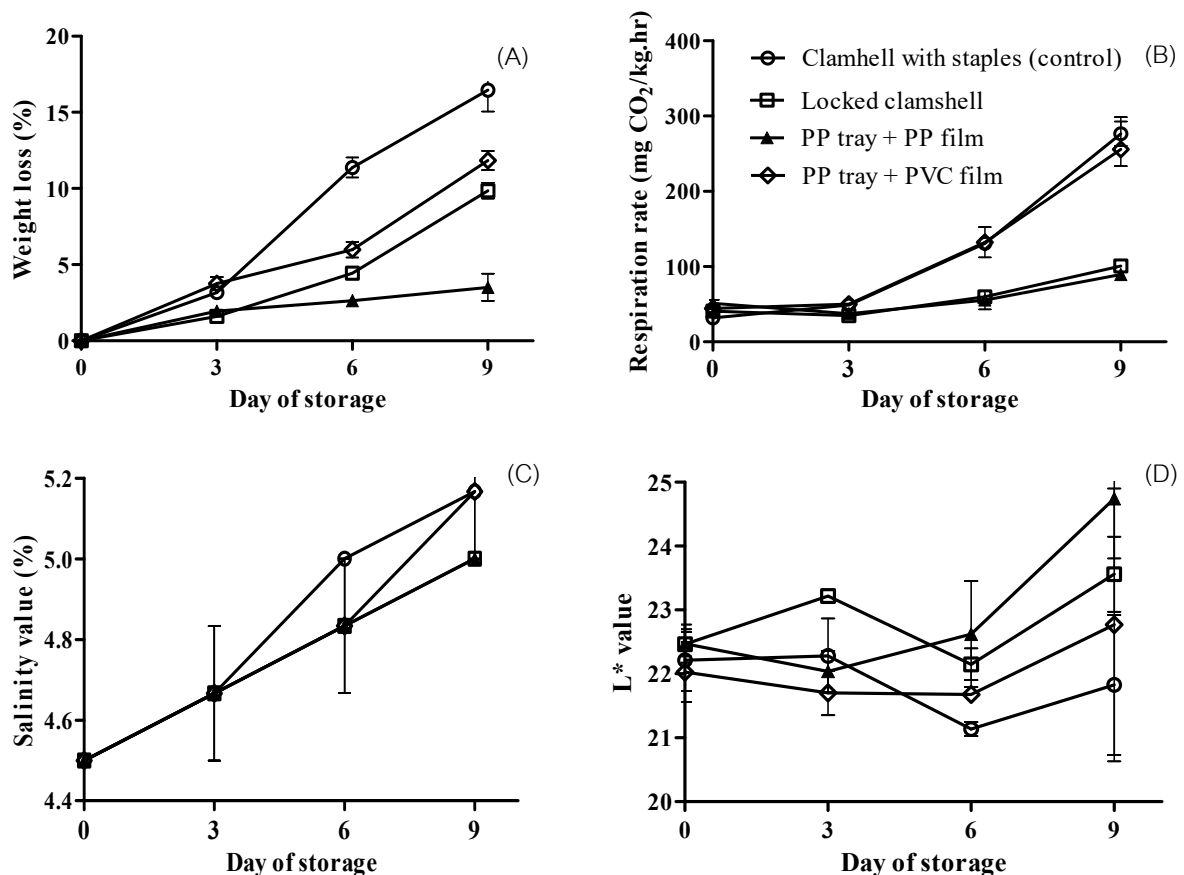


Figure 2 Weight loss (A), respiration rate (B), salinity value (C) and L* value (D) of sea grapes packed in different packaging treatment; i.e., clamshell with staples (control), locked clamshell, PP tray wrapped with PP film, and PP tray wrapped with PVC film and stored at 25°C for 9 days.

วิจารณ์ผลการทดลอง

การเก็บสาหร่ายพวงองุ่นที่อุณหภูมิ 25 °C สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนาน 9 วัน และสาหร่ายที่เก็บที่อุณหภูมิ 13, 4 °C มีอายุเพียง 1 วัน เนื่องจากสาหร่ายพวงองุ่นเจริญเติบโตได้ในพื้นที่เขตกึ่งร้อนถึงร้อน มีผิวบอบบาง นุ่ม ช้ำน้ำ ชอนแฉได้ง่าย โดยสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น ได้แก่ อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิสูง สภาพที่มีแรงดันออกซิเจนสูง น้ำจืด หรือสารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ มีรายงานว่า การเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C ทำให้ผนังเซลล์เสียหายไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของน้ำได้ (Xiaolin *et al.*, 2018) และพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่น โดยสาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บในกล่อง Locked clamshell และถาด PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PP มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 9 วัน ส่วนการเก็บในถาด PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PVC และกล่อง Clamshell box ที่ฉีกด้วยลวดเย็บกระดาษ (ชุดควบคุม) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน เนื่องจากฟิล์มชนิด PP มีคุณสมบัติในการยอมให้ความชื้น ไอน้ำ ถ่ายเทออกไปได้ต่ำ และยอมให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สได้บางส่วน (gas permeable) จึงส่งผลให้ภายในกล่องมีออกซิเจนผ่านเข้าออกได้น้อย ทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีการหายใจลดลง ในขณะที่การใช้ฟิล์ม PVC ทำให้

สาหร่ายพวงองุ่นมีอัตราการหายใจสูง เนื่องจากฟิล์ม PVC มีคุณสมบัติยอมให้อิออน้ำ และก๊าซผ่านได้ดีมาก (American Chemistry Council, 2015; ธนาวดี, 2546) จึงส่งผลให้ก๊าซออกซิเจนจากภายนอกกล่องสามารถผ่านเข้ามาภายในบรรจุภัณฑ์ได้มาก ทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีการหายใจเพิ่มขึ้น ในส่วนของ Clamshell box ที่ผนึกด้วยลวดเย็บกระดาษ (ชุดควบคุม) พบว่ามีอัตราการหายใจที่สูงที่สุด เนื่องมาจากกล่องมีช่องว่างรอยต่อระหว่างฝา ทำให้ออกซิเจนเข้าไปภายในกล่องได้มากกว่ากล่อง Locked clamshell จึงส่งผลให้เกิดอัตราการหายใจสูง ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้สาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาในถาดพลาสติก PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PP และกล่อง Locked clamshell มีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าทุกทรีตเมนต์ โดยมีอัตราการหายใจ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดต่ำเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และพบว่า บรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (วิตามินซีและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด) เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 ชนิดมีการสลายตัวหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ทั้งนี้เพราะวิตามินซีถูกใช้ป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ และสารฟีนอลิกมีฤทธิ์ในการชะลอและป้องกันการเสื่อมสภาพของผลผลิตจากการเกิดออกซิเดชัน อีกทั้งยังเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ในขณะที่ช่วงระหว่างกระบวนการหายใจมักเกิดความร้อนขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งวิตามินซีและสารฟีนอลิกจะสลายตัวตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น หรือตามการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้สารต้านอนุมูลอิสระมีคุณสมบัติในการดักจับ คุดซับ หรือลดปริมาณของอนุมูลอิสระที่พืชผลิตขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงอาจส่งผลต่อการลดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (Murcia *et al.*, 2009; Jirumand and Srihanam, 2011) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tuong *et al.* (2016) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นในพลาสติกชนิด PP สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 10 วัน แต่การเก็บรักษาในพลาสติก PVC มีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 วัน แต่เมื่อเปรียบเทียบการสูญเสียน้ำหนักสด ลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายพวงองุ่น และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นสดที่เก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิด Polyamide (PA) ให้ผลดีกว่า PP

สรุปผลการทดลอง

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นคือ 25 °C และชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา คือ กล่อง Locked clamshell และถาด PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PP โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 9 วัน ส่วนการเก็บในถาด PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PVC และกล่อง Clamshell box ที่ผนึกด้วยลวดเย็บกระดาษ (ชุดควบคุม) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วันโดยการบรรจุสาหร่ายพวงองุ่นในกล่อง Locked clamshell และถาด PP ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม PP สามารถชะลออัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำหนักสดได้ รวมทั้งสาหร่ายมีค่าความเค็มต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและทรีตเมนต์อื่นๆ ในขณะที่พบว่าปริมาณวิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงตามอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดที่ทำการทดสอบ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ UGSAS, Gifu University, Japan ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ธนาวดี ลี้จากภัย. 2546. PVC: พลาสติกที่มีการใช้งานหลากหลาย. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ. หน้า 71-85.
- American Chemistry Council. 2015. Resins and Types of Packaging. [Online]. Available source: <https://www.plasticpackagingfacts.org>. (22 March 2020).
- Chen, X., Y. Sun, H. Liu, S. Liu, Y. Qin and P. Li. 2018. Advances in cultivation, wastewater treatment application, bioactive components of *Caulerpa lentillifera* and their biotechnological applications. Peer Journal 2: 1-15.
- Guo, H., J. Yao, Z. Sun and D. Duan. 2015. Effect of temperature, irradiance on the growth of the green alga *Caulerpa lentillifera* (Bryopsidophyceae, Chlorophyta). Journal of Applied Phycology 27: 879-885.
- Jirumand, J. and P. Srihanam. 2011. Oxidants and Antioxidants: Sources and Mechanism. Acad. Kalasin Rajabhat University 1: 59-70.
- Murcia, M.A., A.M. Jiménez and M. Martínez-Tomé. 2009. Vegetables antioxidant losses during industrial processing and refrigerated storage. Food Research International 42(8): 1046-1052.
- Tuong, L.T., N.T. M. Trang, V. N. Boi and N. H. Dai. 2016. Effect of packaging to quality and shelf-life of fresh sea grapes (*Caulerpa lentillifera* J. agardh, 1837). Journal of Fisheries science and Technology 3: 69-76.

การศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองสุกไล่ระดับในบรรจุภัณฑ์ค้าปลีก
ตามความต้องการของสหกรณ์การเกษตรท่ายาง จ.เพชรบุรี

Feasibility Study of the Product Development of In-sequence Ripening of 'Hom Thong' Banana Fruits in a Retail Packaging, According to the Needs of Tha Yang Agricultural Cooperative, Phetchaburi Province

ธิติมา วงษ์ชีรี¹ พิรญาณ์ นิลมงคล¹ พฤกษ์ ชูสังข์² จุฑามาศ พร้อมบุญ² และเฉลิมชัย วงษ์อารี^{2,3}

Thitima Wongsheeree¹, Phiraya Nilmongkol¹, Preuk Choosang², Juthamard Promboon² and Chalermchai Wongs-Aree^{2,3}

Abstract

The quality of 'Hom Thong' banana produced from Tha Yang Agricultural Cooperative, Phetchaburi province, is accepted by domestic and international markets. The objective of this study, based on the needs of the cooperative, was to develop a product of ripe bananas in a new type of retail packaging with 3 gradient ripe fruits/pack. Mature green bananas were dipped in 50°C water for 5 and 10 min and then cooled by dipping in tap water at 25°C for 10 min (heated fruit). Fruits dipped 25°C water for 10 min were used as control (non-treated fruit). All bananas were dipped in 500 ppm ethephon for 2 min and then incubated at 25°C, 70% RH for 2 days. Banana in each batch was packed in a perforated polyethylene plastic bag (3 fruits/pack). All banana packs were incubated at 25°C. After 4 days of storage, the yellow value (b^*) of the peel from heated fruit was lower than non-treated fruit, whereas the pulp firmness of heated fruit was higher. The content of soluble solids was lower significantly different ($p < 0.01$) between treatments. This result indicates that pre-heating of 'Hom Thong' bananas before ripening induction can delay ripening levels than those in non-treated. However, trials are still needed to be confirmed with bananas produced in different areas and seasons.

Keywords: Hom Thong banana, heat treatment, gradient ripeness, retail packaging

บทคัดย่อ

กล้วยหอมทองผลิตโดยสหกรณ์การเกษตรท่ายาง จ. เพชรบุรี เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งในและต่างประเทศ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เป็นไปตามความต้องการของสหกรณ์ฯ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองสุกไล่ระดับในบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ โดยมีกล้วยสุกไล่ระดับความสุก 3 ผลต่อบรรจุภัณฑ์ โดยนำผลกล้วยหอมทองระยะแก่เขียวมาแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลองคือ จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50°C. นาน 5 และ 10 นาที แล้วนำผลกล้วยไปลดอุณหภูมิด้วยการแช่ในน้ำเปล่าที่ 25°C. นาน 10 นาที โดยผลกล้วยที่ไม่แช่น้ำร้อนเป็นชุดควบคุม นำผลกล้วยทั้งหมดจุ่มในเอทิฟอน 500 ppm นาน 2 นาที แล้วบ่มกล้วยทั้งหมดที่ 25°C. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 นาน 2 วัน จากนั้นนำกล้วย 1 ผล ในแต่ละชุดการทดลองรวมกันในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนเจาะรู (3 ผลต่อแพ็ค) ปิดปากถุง เก็บกล้วยไว้ที่ 25°C. หลังจากเก็บรักษา 4 วัน ผลกล้วยที่ได้รับความร้อน มีค่าสีเหลือง (b^*) ของเปลือกต่ำกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อน แต่มีค่าความแน่นเนื้อผลสูงกว่าและมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) น้อยกว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งเห็นว่าผลกล้วยที่ได้รับความร้อนก่อนการบ่มมีระดับการสุกที่น้อยกว่าผลในชุดควบคุม อย่างไรก็ตามยังคงต้องมีการทดลองเพื่อยืนยันผลกับผลกล้วยหอมในหลาย ๆ พื้นที่และหลายฤดูกาล

คำสำคัญ: กล้วยหอมทอง การใช้ความร้อน การไล่ระดับความสุก การบรรจุภัณฑ์ค้าปลีก

¹ ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

² University for Community Research and Services Center, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

³ สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

² Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkokhunting, Bangkok 10150

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400

³ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

คำนำ

สหกรณ์การเกษตรท่ายาง จำกัด จังหวัดเพชรบุรี มีการส่งออกผลกล้วยหอมทองปลอดสารพิษไปประเทศญี่ปุ่น ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2535 ในปัจจุบันมีปริมาณการส่งออกประมาณ 15 ตันต่อเดือน นอกจากนี้ยังมีการผลิตเพื่อขายภายในประเทศ ตามห้างสรรพสินค้าและร้านค้าสะดวกซื้อ ได้แก่ เซเว่น อีเลฟเว่น ท็อปส์ บิ๊กซี และแฟมิลี่มาร์ท โดยจำหน่ายในรูปแบบกล้วยหอมบรรจุถุงพลาสติกเจาะรู (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ส่วนตัว) ในปัจจุบันตลาดผู้บริโภคครอบครัวขนาดเล็ก 1-2 คน ในเมืองใหญ่เติบโตขึ้นอย่างมาก จึงมีความต้องการที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองที่มีกล้วย 3-4 ผลในบรรจุภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ต้องทยอยสุกพร้อมบริโภควันละ 1 ผล ใช้กรรมวิธีที่ไม่ใช้สารเคมี มีต้นทุนต่ำ และขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ไม่ขัดกับกระบวนการจัดเตรียมกล้วยแบบเดิม ในการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาการใช้ความร้อนในระยะเวลาสั้นๆ ก่อนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยหอม การทดลองจุ่มผลไม้ในน้ำร้อน 45-50°C. ช่วงระยะเวลาสั้นๆ สามารถชะลอการสุกได้ในผลไม้หลายชนิด เช่น กล้วยไข่ (Varit and Songsin, 2011) มะม่วง (Yimyong *et al.*, 2011) และมะเขือเทศ (Mama *et al.*, 2016) สำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาผลกล้วย นิยมใช้วิธีการบรรจุกล้วยในถุงโพลีเอทิลีน (PE) เจาะรู ร่วมกับการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 13-14°C. (ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90%) สามารถชะลอการสุก ได้เป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ (เฉลิมชัย, 2538) ซึ่งเพียงพอต่อการจัดการค้าปลีก จากการออกแบบวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยการวิเคราะห์ด้านการใช้อุปกรณ์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสม แนวโน้มการตลาด และการวิเคราะห์จุดเด่นและเอกลักษณ์ของสหกรณ์ จึงเลือกการใช้ความร้อน 2 ระดับกับผลกล้วยหอมก่อนการบ่มกล้วย โดยบรรจุผลกล้วยแต่ละชุดการทดลองในถุงพลาสติกบรรจุภัณฑ์เดียวกัน เพื่อพัฒนากล้วยหอมทองทยอยสุกไล่ระดับในบรรจุภัณฑ์นาน 4-6 วัน ในสภาพค้าปลีก

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวและขนส่งกล้วยหอมทองระยะแก่เขียวจากสหกรณ์การเกษตรท่ายาง จ.เพชรบุรี แบ่งผลเป็นผลเดี่ยว ทำความสะอาดและแช่ด้วยสารละลายคลอโรกซ์ (Clorox) ความเข้มข้น 0.02% นาน 3 นาที ผึ่งผลให้แห้งบนตะแกรง นำผลกล้วยมาแบ่งเป็นชุดการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ Tr1-ผลที่ไม่จุ่มในน้ำร้อน (Non-treated) Tr2-จุ่มผลในน้ำร้อน 50°C. นาน 5 นาที (50°C 5 min) และ Tr3-จุ่มผลในน้ำร้อน 50 °C. นาน 10 นาที (50°C 10 min) ภายหลังจุ่มน้ำร้อน นำผลกล้วยทุกชุดทดลองมาแช่ในน้ำเปล่าอุณหภูมิ 25°C. นาน 10 นาที ปลอ่ยให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำกล้วยทั้งหมดไปบ่มด้วยการจุ่มในสารละลายเอทิลฟอนความเข้มข้น 0.05% หรือ 500 ppm นาน 2 นาที สะเด็ดน้ำ แล้วนำผลกล้วยลงในตะกร้า คลุมตะกร้าด้วยถุงพลาสติก บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25°C. นาน 48 ชั่วโมง นำผลกล้วยที่บ่มแล้วในแต่ละชุดการทดลองชุดละ 1 ผล มาบรรจุถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนเจาะรู ทำให้แต่ละแพ็คมีกล้วย 3 ผล จากนั้นรัดปากถุงด้วยเทปกาแล้วเก็บกล้วยที่อุณหภูมิ 25°C. เก็บข้อมูลก่อนการบ่มผลกล้วย (Before treated) หลังการบ่มผลกล้วย ซึ่งเป็นวันเริ่มต้นในการนำผลกล้วยบรรจุถุงพลาสติก (Day 0 หรือ 0*) และหลังจากเก็บรักษาในถุงพลาสติก นาน 2, 4 และ 6 วัน (Day 2, Day 4, Day 6) โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกผล (ค่าสีเหลือง, b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Color meter) บริเวณส่วนที่ติดกับหวี (Stem end) กลางผล (Middle) และบริเวณที่ติดกับจุก (Blossom end) ความแน่นเนื้อเปลือกและผล ด้วยเครื่อง Firmness tester และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ด้วยเครื่อง Hand held refractometer

ผล

กล้วยชุดการทดลองที่ 3 แช่น้ำร้อน 50°C. นาน 10 นาที (Tr3 50°C 10 min) มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกช้ากว่าชุดการทดลองอื่น โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองได้นาน 4 วัน ภายหลังจากเก็บกล้วยในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 25°C. (Figure 1) ซึ่งมี ค่า b* value ของเปลือกผลกล้วยที่วัดจากหัว กลางและท้ายผล ต่ำกว่าผลกล้วยที่จุ่มน้ำร้อนนาน 5 นาที และผลกล้วยไม่ได้จุ่มน้ำร้อน (Non-treated) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2) นอกจากนี้ผลกล้วยที่ได้รับความร้อนนาน 10 นาที (Tr3) สามารถชะลอการสุกของกล้วย โดยมีค่าความแน่นเนื้อของเปลือกผล (Peel) และความแน่นเนื้อผล (Pulp) สูงกว่าชุดการทดลองอื่นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3) ทั้งนี้ผลกล้วยที่จุ่มน้ำร้อน มีการอ่อนนุ่มของเนื้อผลช้ากว่าผลที่ไม่จุ่มน้ำร้อนเป็นเวลา 4 วัน ผลกล้วยที่แช่น้ำร้อน 50°C. นาน 10 นาที มีการสุกช้ากว่าผลที่จุ่มน้ำร้อน นาน 5 นาที และชุดควบคุม โดยมีค่าความหวานหรือปริมาณ TSS น้อยกว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 4)

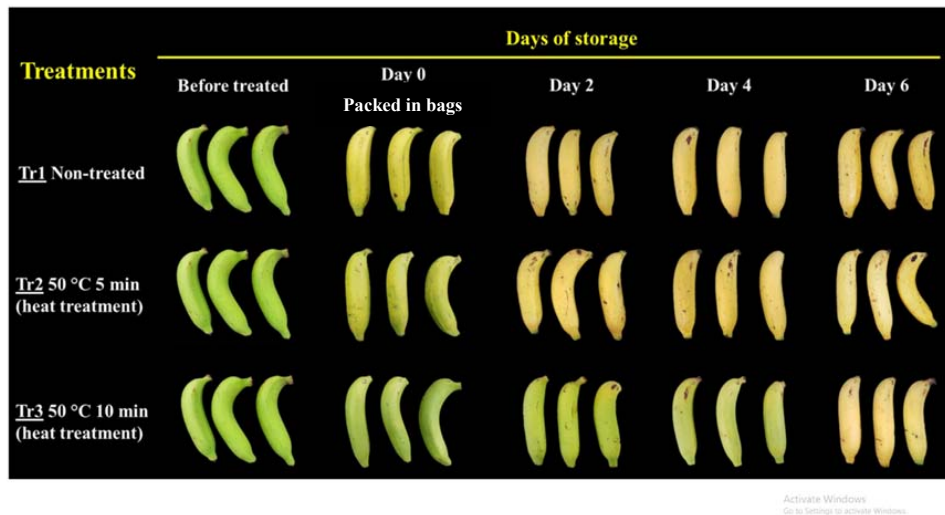


Figure 1 Visual appearance of 'Hom Thong' banana dipped in 50°C water for 5 and 10 min, and non-treated prior to the conventional postharvest handling (48 h after treated with ethephon) and then packed in PE bag stored at 25°C for 6 days.

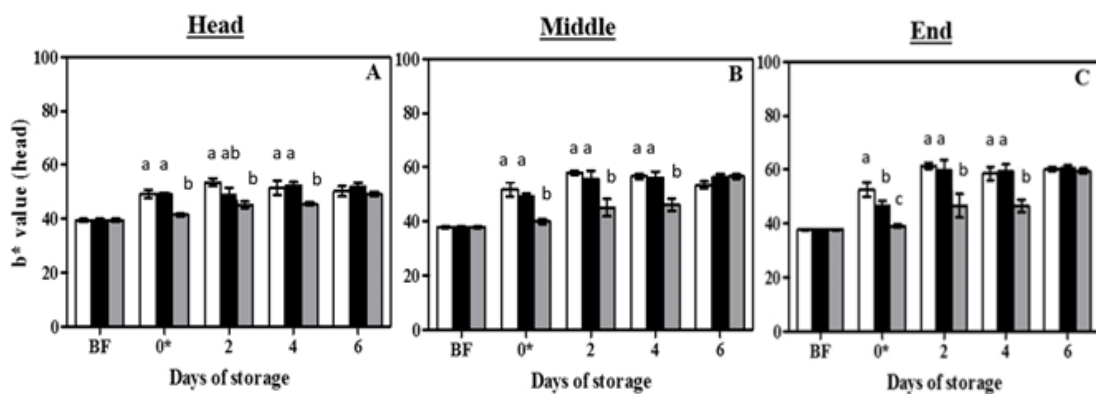


Figure 2 Changes in peel b* value of banana, dipped in 50°C water for 5 min and 10 min and non-treated prior to the conventional postharvest handling and then packed in PE bag (0*) stored at 25°C (retial condition) for 6 days, at the stem end (A), middle (B) and blossom end (C). BF–before treatment

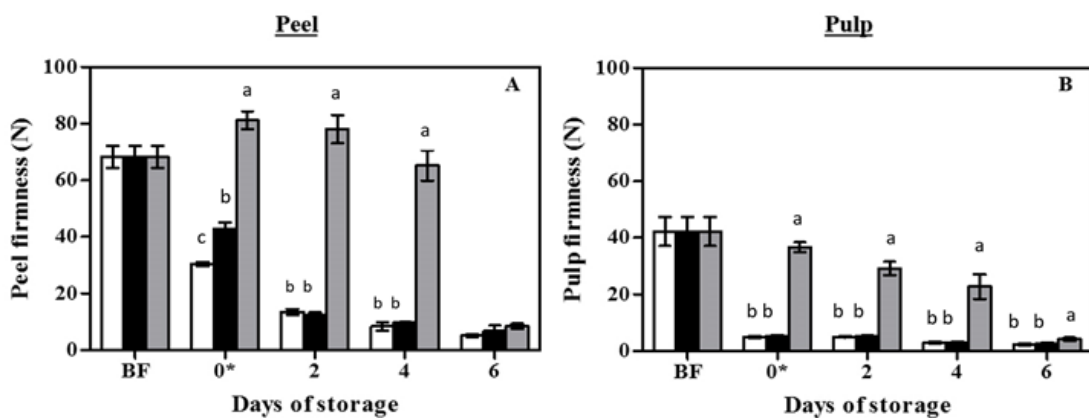


Figure 3 Firmness of peel (A) and pulp (B) of banana fruit before treatment (BF), the conventional postharvest handling and then packed in PE bag (0*) stored at 25°C for 6 days.

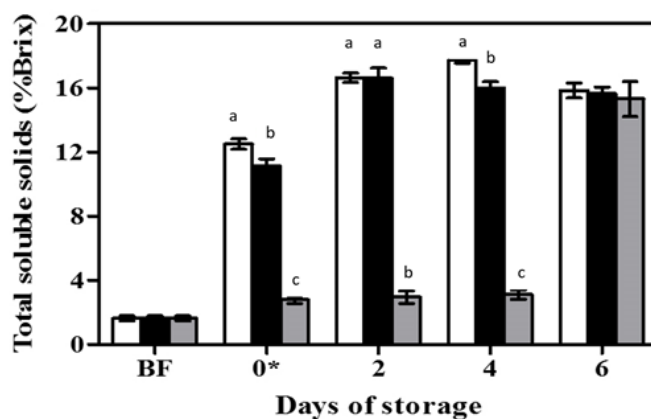


Figure 4 Total soluble solid of banana fruit before (BF), the conventional postharvest handling and then packed in PE bag (0*) stored at 25°C for 6 days. (banana dipped in 50°C water for 5 min ■ and 10 min ▒ and non-treated □)

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาในกล้วยไข่ (Varit and Songsin, 2011) ซึ่งพบว่าการจุ่มผลในน้ำร้อน 50°C นาน 10 นาที สามารถชะลอการสุก การเปลี่ยนของสีเปลือกจากเขียวเป็นเหลือง การอ่อนนุ่มของเนื้อผลและความหวานของกล้วยหอมได้ โดยมีสภาพพร้อมบริโภคหลังวันที่ 4 ในสภาพค้าปลีก แต่การใช้ความร้อนที่ 50 °ซ. นาน 5 นาที กลับมีผลในการชะลอการสุกของกล้วยหอมอย่างมาก ดังนั้นระยะเวลาในการได้รับความร้อนจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา นอกจากนี้วัยของผลผลิตยังมีผลต่อการตอบสนองต่อการใช้ความร้อนในการชะลอการสุกของผลผลิตที่ใช้ทดสอบ จึงควรมีการคัดเลือกให้อยู่ในวัยเดียวกัน และมีการศึกษาเปรียบเทียบแหล่งผลิตของกล้วยหอมทองที่แตกต่างกันต่อการตอบสนองต่อการใช้ความร้อนในการชะลอการสุกในอนาคต

สรุป

การจุ่มผลกล้วยหอมทองในน้ำร้อน 50°C นาน 10 นาที ก่อนการบ่มและบรรจุถุงพลาสติกเจาะรูไว้ที่อุณหภูมิ 25°C สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก การสูญเสียการอ่อนนุ่มของเปลือกและเนื้อผล และการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เป็นเวลา 4 วัน

คำขอบคุณ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของงานบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ภายใต้โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ปีงบประมาณ 2563 โดยมี รศ.ดร.ประเวทย์ ดุษฎีเมศวร์ เป็นหัวหน้าโครงการ ทีมที่ปรึกษาขอขอบคุณ คุณมานะ บุญสร้าง และคุณสมยศ คำเพ็ง ฝ่ายการตลาด สหกรณ์การเกษตรท่าช้างที่อนุเคราะห์ข้อมูล สนับสนุนวัตถุดิบกล้วยเพื่อการทดสอบ และให้ความร่วมมือในการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีในภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมชัย วงษ์อารี. 2538. ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีต่อการเก็บรักษากล้วยไข่เพื่อการส่งออก. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 89 หน้า.
- Mama S., J. Yemer and W. Woelore. 2016. Effect of hot water treatments on shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Natural Sciences Research 6(7): 69-77.
- Varit S. and P. Songsin. 2011. Effects of hot water treatments on the physiology and quality of 'Kluai Khai' banana. International Food Research Journal 18(3): 1013-1016.
- Yimyoung S., T.U. Datsenka, A.K. Handa and K. Seraypheap. 2011. Hot water treatment delays ripening-associated metabolic shift in 'Okrong' mango fruit during storage. American Society for Horticultural Science 136(6): 441-451.

การยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยสดโดยบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์มแบบเจาะรูขนาดเล็กไมโคร Storage Life Extension of Fresh Longan Using Package Top-sealed with Micro-perforated Film

จุฑามาศ พร้อมบุญ¹ ตรัสสา ชีพนุรัตน์¹, วิชชุดา เดาด² อัจฉราพร อันที² สุดารัตน์ ขุนเมือง³ และเฉลิมชัย วงษ์อารี^{1,3}
Juthamard Promboon¹, Tradsa Cheepnurat¹, Witchuda Daud², Ajcharaporn Aontee², Sudarat Khunmuang³
and Chalermchai Wongs-Aree^{1,3}

Abstract

Fresh longan typically has short storage life mainly due to rapid pericarp browning and microbial infestation. In the present experiment, different MAPs were used to extend the storage life of 'E-dor' longan. Longan bunches were trimmed to obtain individual fruit prior to dipping in 200 ppm Clorox solution for 3 min. Fifteen long fruit (200 g) were packed in a 12×17×3.5 cm³ polypropylene (PP) tray and heat-sealed with 2 different films which were typical PP film (non-perforated) and polyethylene terephthalate/cast polypropylene micro-perforated film (PET/cPP) (MTEC provided), compared to mesh bag packing (served as a control). All treatments were stored at 10°C, 90-95% RH. O₂ concentration in non-perforated MAP reached a steady state (6%) on day 6, whereas in micro-perforated MAP, O₂ reduced to steady state at 15% on day 3. On the other hand, CO₂ concentration sharply increased to 30% in non-perforated MAP on day 7, while the gas in perforated MAP became stable at 12% since day 4. Fresh weight loss of longan fruit in mesh bag was as high as 7% on day 12, while ones packed in both MAPs lost less than 0.3% throughout the storage. Moreover, pericarp browning of control treatment appeared rapidly, making L* value reduced from 50 to 41 within 12 days. Fungal development was found on the fruit in control treatment after day 6, while the samples packed in both non-perforated MAP and perforated MAP were infested by day 9 and 12, respectively.

Keywords: longan, MAP, micro-perforated film

บทคัดย่อ

ผลลำไยสดมีอายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากสาเหตุหลักก็คือเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ การทดลองนี้ได้ใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของลำไยพันธุ์ดอ โดยตัดแต่งผลลำไยให้เป็นผลเดี่ยวแล้วแช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 200 ppm นาน 3 นาที นำผลลำไย 15 ผล (200 กรัม) มาบรรจุในกล่องโพลีโพรไพลีน (PP) ขนาด 12×17×3.5 ซม. แล้วปิดฟิล์มด้านบนด้วยความร้อนด้วยฟิล์ม PP และโพลีเอทิลีน เทเรฟทาเลตประกบกับโพลีโพรไพลีน (PET/cPP) (ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ) เปรียบเทียบกับการบรรจุในถุงตาข่าย (ชุดควบคุม) ลำไยทั้งหมดเก็บรักษาในห้องอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 ลำไยมีอัตราการหายใจเฉลี่ย 11.87 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ ออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ไม่เจาะรูเข้าสู่ระดับสมดุลในวันที่ 6 มีความเข้มข้นร้อยละ 6 ในขณะที่บรรจุภัณฑ์เจาะรูเข้าสู่สมดุลในวันที่ 3 มีค่าร้อยละ 15 ส่วนค่าคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในบรรจุภัณฑ์ไม่เจาะรูและเข้าสู่สมดุลในวันที่ 7 มีค่าร้อยละ 30 ในขณะที่บรรจุภัณฑ์เจาะรูเข้าสู่สมดุลในวันที่ 4 มีค่าร้อยละ 12 ในวันที่ 12 ผลลำไยที่บรรจุในถุงตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักที่ร้อยละ 7 ลำไยที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์มที่เจาะรูและไม่เจาะรูนั้นมีการสูญเสียน้ำหนักที่ไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีการสูญเสียไม่ถึงร้อยละ 0.3 นอกจากนี้เปลือกของลำไยในถุงตาข่ายมีสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว โดยมีค่า L* ลดลงจาก 50 ในวันเริ่มต้น เหลือ 41 ในวันที่ 12 ขณะที่บรรจุภัณฑ์ที่ปิดฟิล์มแบบเจาะรูและไม่เจาะรูมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บ เริ่มพบการเจริญของเชื้อราบนเปลือกลำไยหลังจากเก็บรักษา 6 วัน ผลลำไยที่เก็บรักษาในถุงตาข่าย ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ปิดฟิล์มไม่เจาะรูพบวันที่ 9 ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ปิดฟิล์มแบบเจาะรูเริ่มพบในวันที่ 12

คำสำคัญ: ลำไย การบรรจุภัณฑ์แบบสภาพบรรยากาศดัดแปลง ฟิล์มเจาะรูขนาดเล็กไมโคร

¹ สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150

² Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), Bangkok 10150

³ ทีมวิจัยเทคโนโลยีพลาสติก กลุ่มวิจัยพัฒนาโพลิเมอร์ขั้นสูง ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

² Plastics Technology Research Team, Advanced Polymer Technology Research Group, National Metals and Materials Technology Center, National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani 12120

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400

³ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

คำนำ

ลำไยสดเป็นสินค้าเกษตรที่ไทยมีศักยภาพการผลิต มีการค้าทั้งภายในประเทศและส่งออกสูง โดยมีจีนเป็นตลาดส่งออกสำคัญ (กรมการค้าต่างประเทศ, 2564) แต่ลำไยมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2-3 วันที่อุณหภูมิห้อง เพราะสีผิวเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเน่าเสียง่าย เหตุผลที่สำคัญการสูญเสียจากเปลือก และการเกิดกระบวนการออกซิเดชันอย่างรวดเร็ว

การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับใช้อุปทานและโลจิสติกส์ของผลิตผลสด สภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถคงคุณภาพของผลิตผลสดได้ดี ปัจจัยแรกที่ต้องคำนึงในการเก็บรักษาผลิตผลสดในสภาพบรรยากาศดัดแปลงคือ อัตราการหายใจของผลิตผลและอัตราการยอมให้ก๊าซซึมผ่านของฟิล์มพลาสติก (Fonseca *et al.*, 2002) บรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟที่เพิ่มอัตราการซึมผ่านของก๊าซจึงเป็นทางเลือกที่ดี ปัจจุบันมีการใช้ฟิล์มลามิเนตระหว่าง Polyethylene terephthalated (PET) / Polyethylene (PE) เพื่อปิดบรรจุภัณฑ์ที่เก็บรักษาผลิตผลสดทางการเกษตรเพื่อการขายปลีกมากขึ้น ฟิล์ม PE ใช้เป็นด้านในเพื่อการปิดผนึกกับพลาสติก PE ด้วยความความร้อน ส่วน PET ใสด้านนอกเหมาะสำหรับการพิมพ์ข้อมูลของตัวผลิตภัณฑ์ค้าปลีก อย่างไรก็ตามการใช้ฟิล์มลามิเนตก็มีข้อจำกัดคือทำให้มีการซึมผ่านของก๊าซลดลง โดยฟิล์ม PET / PE มีการซึมผ่านของออกซิเจนประมาณ 100 มิลลิเมตรต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 (Illsley and Street, 2012) ซึ่งค่อนข้างน้อยมาก ถึงแม้ว่าผลลำไยจะมีอัตราการหายใจไม่สูงมาก 30.0 - 53.0 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง (Ketsa and Puall, 2014) การทำบรรจุภัณฑ์แอคทีฟจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ ซึ่งปัจจุบันทางศูนย์นาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร และสิ่งแวดล้อมสามารถปรับปรุงการผ่านเข้าออกของก๊าซภายในภาชนะบรรจุโดยสามารถทำให้อัตราการผ่านเข้าออกของออกซิเจนสูงขึ้น จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เป็นทางเลือกของการนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อการค้าปลีกได้อย่างดี

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลลำไยพันธุ์คอดสดที่ไม่ผ่านการรมสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากสวนในจังหวัดจันทบุรี ขนส่งโดยรถห้องเย็นมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร ทำการคัดเลือกลำไยโดยแยกผลลำไยออกจากก้าน จากนั้นนำไปล้างทำความสะอาด และแช่ในสารละลายคลอโรกซ์ (Clorox) ความเข้มข้น 200 ppm เพื่อทำการฆ่าเชื้อเบื้องต้น และผึ่งให้แห้งด้วยพัดลม จากนั้นนำลำไยที่แห้งแล้วมาบรรจุ (200 กรัม/กล่อง) ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ แบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 บรรจุในถุงตาข่าย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์มพอลิโพรไพลีน (PP film)

ชุดการทดลองที่ 3 บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์มลามิเนตที่เจาะรูระดับไมครอน (microperforated PET/cPP film)

เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 ซ้ำ (1 กล่อง/ซ้ำ) ตรวจเช็คคุณภาพผลทุก ๆ 2 วัน ตรวจเช็คการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (โดยเครื่อง Minolta รุ่น CR-400), อัตราการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (ΔE), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อ (โดยเครื่อง digital refractometer), การสูญเสียน้ำหนักสดของผลลำไย และการเน่าเสียจากเชื้อรา (%Fungal incidence = (จ.น.ผลลำไยที่เกิดเชื้อรา/จำนวนผลลำไยทั้งหมด)×100)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลลำไยสดมีอัตราการหายใจเฉลี่ย $11.87 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง) ออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ PP film ไม่เจาะรูเข้าสู่ระดับสมดุลในวันที่ 6 มีความเข้มข้นร้อยละ 6 ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ PET/cPP film เจาะรูเข้าสู่สมดุลในวันที่ 3 มีค่าร้อยละ 15 ส่วนค่าคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในบรรจุภัณฑ์ PP film ไม่เจาะรูและเข้าสู่สมดุลในวันที่ 6 มีค่าสูงถึงร้อยละ 30 ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ PET/cPP film เจาะรูเข้าสู่สมดุลในวันที่ 4 มีค่าร้อยละ 12 (Figure 1) ถึงแม้ผลลำไยมีอัตราการหายใจค่อนข้างต่ำ แต่การใช้บรรจุภัณฑ์ PP film ทำให้มีออกซิเจนในถุงต่ำและโดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึงร้อยละ 30 ตั้งแต่วันที่ 6 ทำให้มีโอกาสเกิดสภาพการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนหากเก็บรักษาเป็นเวลานาน การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยเปลือกของลำไยในถุงตาข่ายมีสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว โดยมีค่า L* ลดลงจาก 50 ในวันเริ่มต้น เหลือ 41 ในวันที่ 12 (Figure 2A) เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลโดยค่า hue angle ที่ลดลง (Figure 2B) อย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยที่เก็บรักษาภายในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 แบบ ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลง

สีเปลือกต่ำกว่า (Figure 2D) ในวันที่ 12 ผลลำไยที่บรรจุในถุงตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักที่ร้อยละ 7 ลำไยที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์มที่เจาะรูและไม่เจาะรูนั้น มีการสูญเสียน้ำหนักที่ไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีการสูญเสียไม่ถึงร้อยละ 0.3 (Figure 3A) เริ่มพบการเจริญของเชื้อราบนเปลือกลำไยที่เก็บรักษาในถุงตาข่ายหลังจากเก็บรักษา 6 วัน ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ปิดฟิล์มไม่เจาะรูพบวันที่ 9 ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ปิดฟิล์มแบบเจาะรูเริ่มพบในวันที่ 12 (Figure 3B)

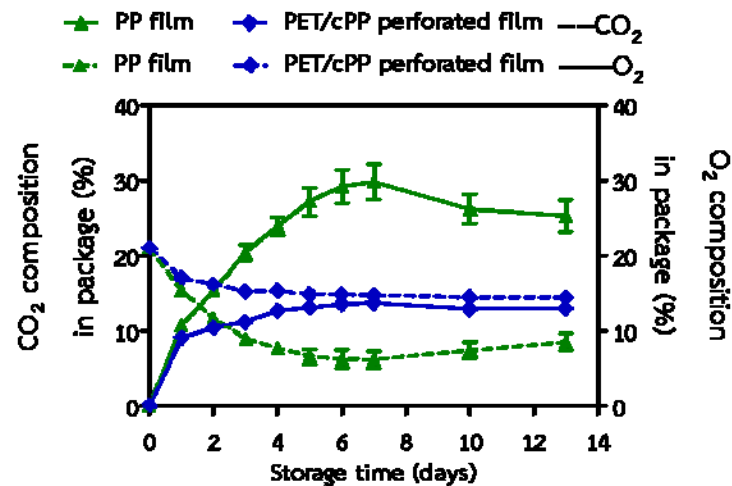


Figure 1 Changes in CO₂ and O₂ in the headspace of longan kept in a package top-sealed with PP film or microperforated PET/cPP film and stored at 10°C, 90-95% RH

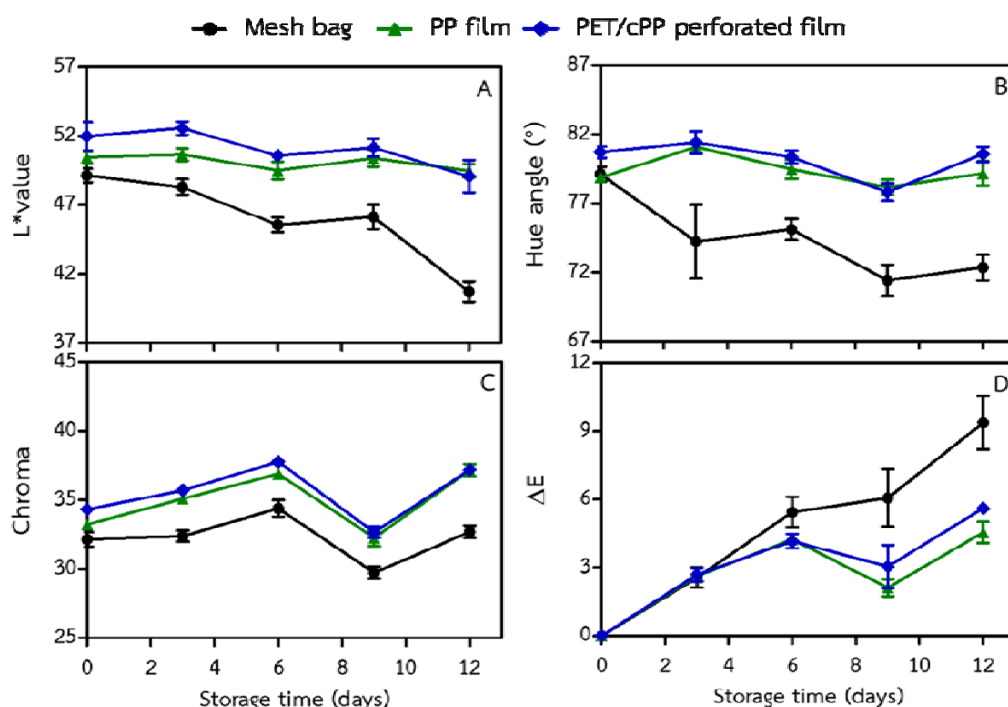


Figure 2 Changes in L* (A), hue angles (B), chroma (C), and ΔE (D) of the peel of longan kept in a package top-sealed with PP film or microperforated PET/cPP film and stored at 10°C, 90-95% RH

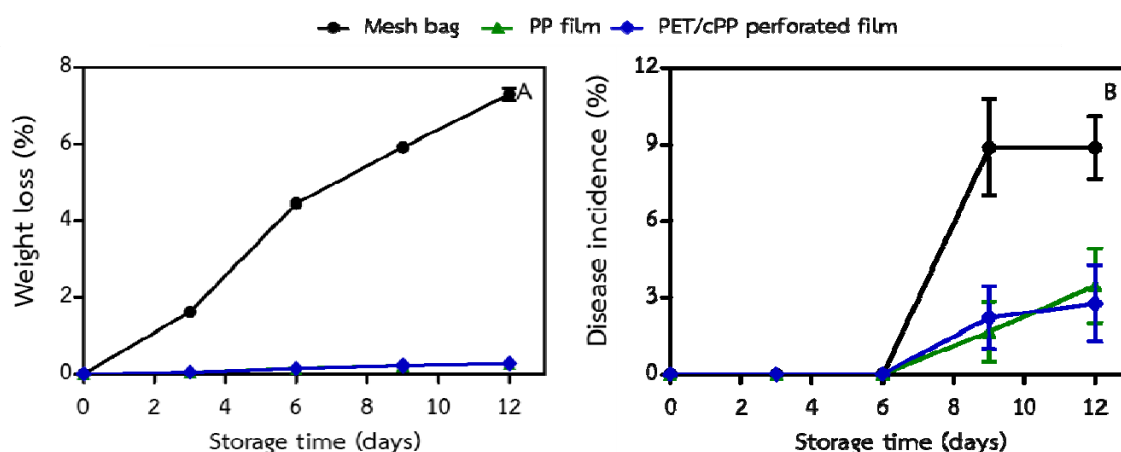


Figure 3 Changes in fresh weight loss (A), and disease incidence (B) of longan kept in a package top-sealed with PP film or microperforated PET/cPP film and stored at 10°C, 90-95% RH

สภาพบรรยากาศดัดแปลงในบรรจุภัณฑ์โดยมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงและออกซิเจนต่ำกว่าบรรยากาศปกติ มีผลชะลอเมตาบอลิซึมของผลไม้ ลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเกิดสีน้ำตาล (Kader *et al.*, 1998) และลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามสภาพที่ฟิล์มมีการซึมผ่านที่น้อยเกินไป จะทำให้มีการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงและออกซิเจนที่ต่ำเกินไป และชักนำให้เกิดโรคได้ (Mangaraj and Goswami, 2009)

สรุปผลการทดลอง

ผลลำไยที่เก็บในถุงตาข่ายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส สัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำหนักสูง การเก็บในบรรจุภัณฑ์ PP film และ microperforated PET/cPP film ลดการสูญเสียน้ำหนักสูงและชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดี แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ PP film สูงถึงร้อยละ 30 ตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (รหัสโครงการ PS.P.8/2561) และขอขอบคุณ UGSAS, Gifu University, Japan สำหรับอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ. 2564. สินค้าที่มีมาตรการ นำเข้า-ส่งออก-นำผ่าน – ลำไยสด. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.dft.go.th/th-th/Search-Results?search=%E0%B8%A5%E0%B8%B3%E0%B9%84%E0%B8%A2> (27 พฤษภาคม 2564).
- Fonseca, S.C., F.A.R. Oliveira and J.K. Brecht. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages, A Review. *Journal of Food Engineering* 52: 99-119.
- Kader, A.A., D. Zagory and E.L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28: 1-30.
- Illsley, D.R. and G.T. Street. 2012. A process for optimizing a gas barrier coating, US. Patent. WO2011033247 A1.
- Ketsa, S. and R.E. Pua. 2014. Longan: Postharvest quality-maintenance guidelines. *Fruit, nut, and beverage crops*. F_N-35.
- Mangaraj, S. and T.K. Goswami. 2009. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables for extending shelf-life-a Review". *Fresh Produce* 3: 1-31.

ผลของกล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้หน้าต่างซิลิโคนเมมเบรนต่อคุณภาพ
และอายุการเก็บรักษาเงาะโรงเรียน

Effect of Modified Atmosphere Package using Silicone Membrane Window on Quality
and Shelf-life of 'Reong Rean' Rambutan

เรวัต ชัยราช^{1,2} และวีรเวทย์ อุทโท^{2,3}

Raywat Chairat^{1,2} and Weerawate Utto^{2,3}

Abstract

Rambutan fruit peel consists of special long-hair structure called "spintern". Both peel and spinterns have numerous stomata where high rates of water loss occurs, leading to high rate of water loss from the fruit leading to high deterioration rate of the fruit quality after harvest. The objective of this research was to develop a retail-size modified atmosphere package to maintain quality and reduce loss of 'Reong Rean' rambutan fruit by using polyethylene terephthalate (PET) box. The top lid fitted with a rectangular silicone membrane window (MA_Si-mb box) of 3 different sizes (1x1, 1.5x1.5 and 2x2 cm²) for gas exchange regulation were used and compared with the control (no package applied). The experiment was conducted at 15 ± 3 °C, RH 90±3%. Results showed that rambutan fruit kept in MA_Si-mb box showed significantly ($p \leq 0.05$) lower weight loss, had higher fruit firmness and contained greater anthocyanin contents than the control. Total soluble solids content of the control fruit was higher than the fruit kept in MA_Si-mb box, whereas titratable acidity was not significantly different among treatments. Rambutan fruit stored in all 3 membrane window sizes of MA_Si-mb box had higher freshness score, but lower blackening spintern score compared with the control. For instance, the packed fruit could be kept for at least 15 days, while the fruit from control treatment last for only 9 days. These results indicated that MA_Si-mb box could better preserve the rambutan fruit quality and greater extend the shelf-life than the control.

Keywords: rambutan, quality, modified atmosphere package

บทคัดย่อ

เปลือกผลเงาะมีโครงสร้างพิเศษที่ประกอบด้วยขนที่ยาวและมีปากใบจำนวนมากทั้งที่ขนและผิวผล จึงทำให้ผลเงาะมีอัตราการคายน้ำสูงส่งผลให้ผลเงาะมีการสูญเสียคุณภาพอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศขนาดขายปลีกที่ใช้หน้าต่างซิลิโคนเมมเบรน (MA_Si-mb box) เพื่อรักษาคุณภาพและลดการสูญเสียของผลเงาะโรงเรียน โดยใช้กล่องบรรจุทำจากพลาสติกชนิด polyethylene terephthalate (PET) ด้านบนเจาะเป็นช่องสี่เหลี่ยมติดด้วยแผ่นซิลิโคนเมมเบรน (Si-mb) 3 ขนาด คือ 1x1 1.5x1.5 และ 2x2 ตร.ซม. เพื่อควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซระหว่างภายในและภายนอกกล่อง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่บรรจุกล่อง) ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 15±3 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90±3% ผลการทดลอง พบว่า เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีการสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่า มีความแน่นเนื้อสูงกว่า และมีปริมาณแอนโทไซยานินที่เปลือกผลสูงกว่าเงาะในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเงาะในชุดควบคุมมีปริมาณสูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลอง เงาะที่เก็บรักษาในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีค่าคะแนนความสดที่สูงกว่า และค่าคะแนนขนดำที่ต่ำกว่าชุดควบคุม และสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 15 วัน ขณะที่เงาะในชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเพียง 9 วัน ผลการทดลองนี้แสดงว่ากล่องบรรจุ MA_Si-mb สามารถรักษาคุณภาพผลและยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ : เงาะ คุณภาพ กล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม กทม 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

³ สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

³ Department of Food Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

คำนำ

เงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่มีศักยภาพในการส่งออกสูง แต่เงาะยังมีปัญหาสำคัญ คือ การมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากผลเงาะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวค่อนข้างรวดเร็ว จากโครงสร้างของเปลือกผลด้านนอกปกคลุมด้วยขนที่ยาว เรียกว่า “spintern” ซึ่งมีปากใบอยู่เป็นจำนวนมากและสูงกว่าส่วนเปลือกผลถึง 5 เท่า จึงทำให้ผลเงาะเกิดการคายน้ำในอัตราที่สูง (Landrigan *et al.*, 1994) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีขนและเปลือกผลเป็นสีน้ำตาลที่เร็วและเกิดอาการดำที่ขึ้นในส่วนของปลายขนลงไปถึงโคนและเปลือกในที่สุด อาการขนดำเกิดขึ้นภายในระยะเวลาไม่กี่วันที่อุณหภูมิห้องและมีผลต่อการตัดสินใจในการซื้อเงาะไปบริโภคของผู้บริโภค ดังนั้น การหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อรักษาสภาพความสดภายนอกโดยเฉพาะการลดการเกิดขนดำในเงาะจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

กล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศร่วมกับหน้าต่างซิลิโคนเมมเบรน ใช้หลักการของการดัดแปลงบรรยากาศที่กำหนดให้ก๊าซผ่านเข้าออกรูพุนของแผ่นเมมเบรนที่เคลือบด้วยซิลิโคน ซึ่งมีคุณสมบัติในการควบคุมการแพร่ผ่านเข้าออกของก๊าซในอัตราค่อนข้างคงที่ โดยพบว่าอัตราการแพร่ของก๊าซผ่านซิลิโคนเมมเบรนขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของและขนาดรูของแผ่นเมมเบรน โดยจากการทดลองในกล้วยหอมทองพันธุ์ Cavendish พบว่าการใช้กล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศร่วมกับหน้าต่างซิลิโคนเมมเบรนสามารถรักษาคุณภาพของกล้วยพันธุ์ดังกล่าวได้ดีกว่าชุดควบคุมและสามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองได้ (Stewart *et al.*, 2005; Chauhan *et al.*, 2006) ขณะที่ เรวดี (2553) ได้พัฒนากล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศต้นแบบที่ติดด้วยแผ่นซิลิโคนเมมเบรนในการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้และเงาะโรงเรียน พบว่า กล่องที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้และเงาะโรงเรียนได้ดี ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของกล่องบรรจุโดยใช้หน้าต่างซิลิโคนเมมเบรนในการควบคุมบรรยากาศขนาดขยายปลีกเงาะโรงเรียน ที่มีต่อคุณภาพผลภายในและภายนอก และอายุการเก็บรักษาของผลเงาะโรงเรียนที่อุณหภูมิ 15 °C

อุปกรณ์และวิธีการ

กล่องดัดแปลงบรรยากาศพัฒนาจากกล่องพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลต (PET) ด้านบนฝาปิดเจาะช่องสี่เหลี่ยมสำหรับวางแผ่นซิลิโคนเมมเบรนที่ผลิตตามวิธีการของเรวดี (2553) ส่วนเงาะโรงเรียนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เก็บเกี่ยวมาจากสวนเกษตรกรในเขตอำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ และขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และใช้ในการทดลองในวันเดียวกัน โดยทำการคัดเลือกผลเงาะที่มีขนาดและสีผิวที่ใกล้เคียงกัน ปราศจากตำหนิ และการปนเปื้อนของโรคหรืออาการผิดปกติอื่นใด ก่อนนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (200 ppm) นาน 3-5 นาทีเพื่อล้างฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวผล ผึ่งให้แห้ง แล้วทำการบรรจุลงในกล่องบรรจุที่ติดด้วยแผ่นซิลิโคนเมมเบรน 3 ขนาด คือ 1x1 1.5x1.5 และ 2x2 cm² ขนาดบรรจุ 200-300 กรัมต่อกล่อง (1 กล่องคือ 1 ข้าง) ทำการปิดกล่องด้วยเทปอลูมิเนียมให้สนิทเพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซผ่านแผ่นเมมเบรนเท่านั้น โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมไม่มีการบรรจุกล่อง (Negative Control) แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่ 15°C ทำการบันทึกผลค่าเริ่มต้น (Initial) และทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 18 วัน โดยบันทึกค่า การสูญเสียน้ำหนัก (%) ความแน่นเนื้อด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Effegi, Japan) ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (%) ด้วยวิธีการไตเตรตและใช้ค่าสมมูลของกรด Citric acid (0.064) ในการคำนวณ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%) ด้วยเครื่อง Hand-held refractometer (Atago, Japan) ปริมาณแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ของเปลือกผลเงาะ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Shimadzu, Japan) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Zheng and Tian (2006) ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 530 620 และ 650 nm ตามลำดับ และคำนวณหาปริมาณสารแอนโทไซยานิน ตามสูตร $\Delta A g^{-1} FW = (A_{530} - A_{620}) - 0.1 (A_{650} - A_{620})$ การประเมินค่าคะแนนความสดของผล 5 ระดับ (5 = สูงที่สุด และ 1 = ต่ำที่สุด) และค่าคะแนนการเกิดขนดำ 5 ระดับ (1 = น้อยที่สุด และ 5 = มากที่สุด) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองพบว่าเงาะในชุดควบคุม (Control) มีการสูญเสียน้ำหนักที่สูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศด้วยหน้าต่างซิลิโคน (MA_Si-mb) ทุกขนาดหน้าต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา (Figure 1a) โดยเงาะในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าประมาณ 10 เท่า ขณะที่เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำ (น้อยกว่า 3%) ตลอดอายุการเก็บรักษา และสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 15 วัน ขณะที่เงาะในชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเพียง 9 วัน ที่อุณหภูมิ 15 ± 3 °C เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่าง 2x2 cm² มีความแน่นเนื้อสูงกว่าเงาะในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างกับเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb อีกทั้งสองขนาด (Figure 1b) ขณะที่

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเงาะในทุกสิ่งทดลองลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา โดยเงาะในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่างต่าง 2x2 cm² อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และสูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่างต่าง 1x1 cm² ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (Figure 1c) ปริมาณกรดที่ไ้เตรทได้ของเงาะในทุกสิ่งทดลองเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษาและไม่มี ความแตกต่างในทางสถิติ ยกเว้นในวันที่ 18 ของการเก็บรักษาปริมาณกรดที่ไ้เตรทได้ของเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่างต่าง 1.1x1.1 cm² สูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่างต่าง 1.5x1.5 และ 2x2 cm cm² อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Figure 1d)

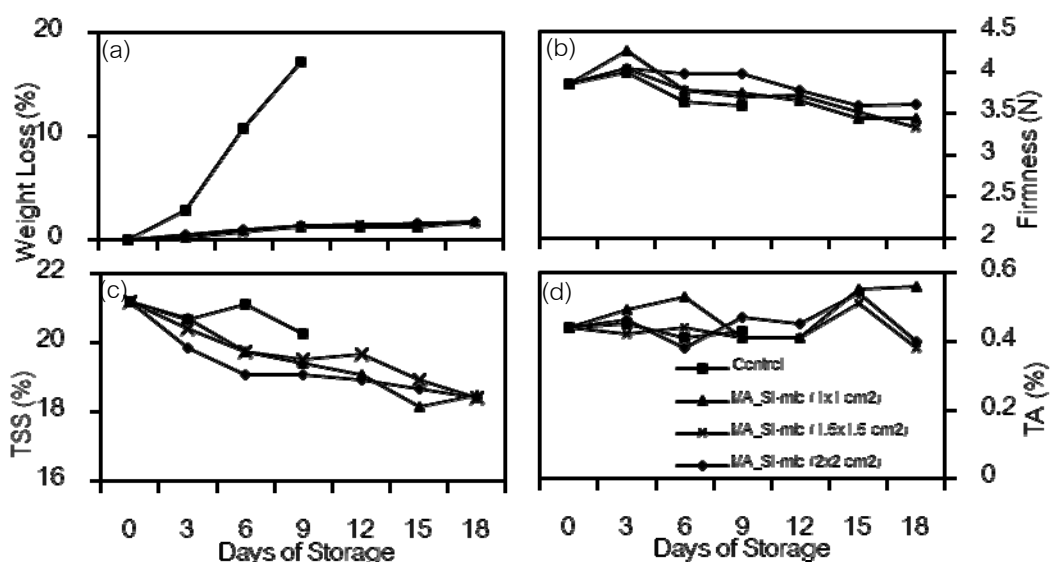


Figure 1 Weight loss (a), firmness (b), total soluble solids (c), and titratable acidity (d) of 'Reong Rean' rambutan fruit after storing in modified atmosphere chambers with different silicone membrane window size (MA_Si-mb) for 15 days at 15°C

ปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกเงาะลดลงจากค่าเริ่มต้นในทุกสิ่งทดลองตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา เงาะในชุดควบคุมและเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่าง มีปริมาณแอนโทไซยานินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เงาะในชุดควบคุมมีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำที่สุด (Table 1) ส่วนค่าคะแนนความสดของเงาะในชุดควบคุมลดลงอย่างรวดเร็วจากค่าเริ่มต้น ในขณะที่เงาะที่เก็บในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีค่าคะแนนความสดสูงกว่าเงาะในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในช่วงระยะเวลา 6-9 วันของการเก็บรักษา (Figure 2a) ขณะที่ค่าคะแนนการเกิดขนดำของเงาะในชุดควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากค่าเริ่มต้นและมีค่าสูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Figure 2b) เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีค่าคะแนนความสดและค่าคะแนนขนไม่แตกต่างกันจนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

Table 1 Changes of anthocyanin content of 'Reong Rean' rambutan fruit peel after storing in modified atmosphere chambers with different silicone membrane window size (MA_Si-mb) for 15 days at 15°C

Treatment	Initial	Anthocyanin Contents ($\Delta A \text{ g}^{-1} \text{ FW}$) ¹					
		Day 3	Day 6	Day 9	Day 12	Day 15	Day 18
Control	0.42	0.48	0.31ab	0.22b	-	-	-
MA_Si-mb (1x1 cm ²)	0.42	0.53	0.33a	0.37a	0.34	0.32	0.25
MA_Si-mb (1.5x1.5 cm ²)	0.42	0.42	0.29ab	0.38a	0.28	0.33	0.31
MA_Si-mb (2x2 cm ²)	0.42	0.37	0.21b	0.28a	0.26	0.31	0.32
F-test	-	ns	*	*	ns	ns	ns
CV (%)	-	25.83	20.57	28.14	15.82	37.69	18.54

¹, ns Significant or non-significant at 95% level

Means within the same column with different letters are significantly different at 95% level

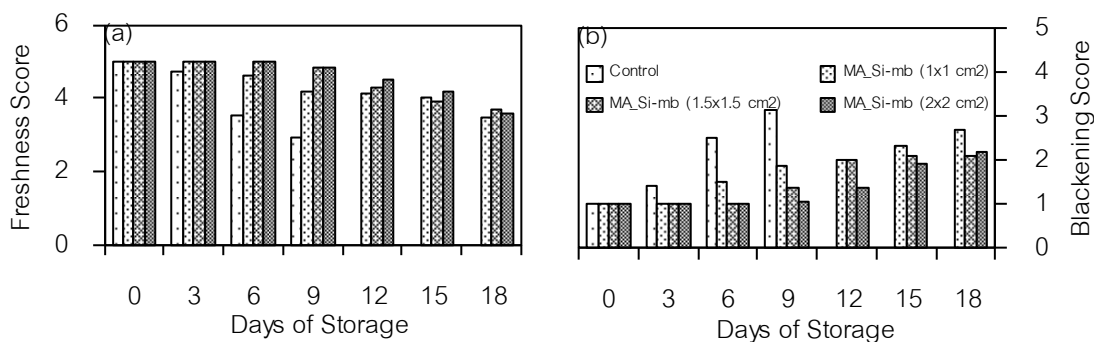


Figure 2 Freshness score (a) and spintern blackening score (b) of 'Reong Rean' rambutan fruit after storing in modified atmosphere chambers with different silicone membrane window size (MA_Si-mb) for 15 days at 15°C

กล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะได้ดีกว่าชุดควบคุม เนื่องจากกล่องดังกล่าวสามารถรักษาระดับความชื้นภายในให้อยู่ในระดับที่สูงเนื่องจากปิดสนิท ทำให้ผลเงาะมีการคายน้ำน้อยกว่าผลที่ไม่ได้บรรจุลงในกล่อง จึงช่วยลดการเกิดขนดำและรักษาสภาพความสดได้ดี ซึ่งจากการศึกษาของ Landrigan *et al.* (1994) พบว่าอัตราการคายน้ำผ่านปากใบที่ขนและเปลือกผลมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสีขนและเปลือกผลเงาะ นอกจากนี้ การเกิดขนดำที่สูงของเงาะในชุดควบคุมน่าจะสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินของเปลือกที่สูงกว่า ดังรายงานการเกิดผลสีน้ำตาลของผิวผลลิ้นจี่ที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินที่ผิวผล (Zheng and Tian, 2006) ดังนั้น ประเด็นดังกล่าวควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินกับการเกิดขนดำในเงาะ อย่างไรก็ตาม ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (18 วัน) พบว่ามีการเข้าทำลายของเชื้อโรคในผลเงาะบางส่วน ดังนั้น จึงควรมีการทดสอบกล่องบรรจุดังกล่าวร่วมกับวิธีการควบคุมโรคที่เหมาะสมหรือการใช้ร่วมกับซองควบคุมที่สามารถควบคุมโรคได้ น่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะโรงเรียนได้นานขึ้นกว่าเดิม

สรุป

เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างสามารถคงคุณภาพด้านต่างๆ ได้ดีกว่าเงาะในชุดควบคุม โดยมีการสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่า มีค่าความแน่นเนื้อที่สูง มีค่าคะแนนความสดที่สูง ขณะที่ค่าคะแนนขนดำที่ต่ำกว่า และมีปริมาณแอนโทไซยานินที่เปลือกผลสูงกว่าเงาะในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 15 วัน ขณะที่เงาะในชุดควบคุมเก็บรักษาได้เพียง 9 วัน ที่อุณหภูมิ 15±3 °C

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2561 จากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- เรวดี ชัยราช. 2553. การพัฒนาและประยุกต์ใช้กล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้น้ำต่างชนิดโคนเมมเบรนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ไทย. รายงานการวิจัยปีงบประมาณ 2552 ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 41 หน้า.
- Chauhan, O.P., P.S. Raju, D.K. Dasgupta and A.S. Bawa. 2006. Passive modified atmosphere packaging of banana (Cv. Cavendish) using silicone membrane. *Am. J. Food Technol.* 1 (2): 129-138.
- Landrigan, M., V. Sarafis, S.C. Morris and W.B. McGlasson. 1994. Structural aspects of rambutan fruits and their relation to postharvest browning. *J. Hort. Sci.* 69:571-579.
- Stewart, O.J., G.S.V. Raghavan, D.G. Kerith and Y. Gariepy. 2005. MA storage of Cavendish bananas using silicone membrane and diffusion channel systems. *Postharvest Biol. Technol.* 35, 309 – 317.
- Zheng, X. and S. Tian. 2006. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. *Food Chem.* 96: 519-523.

การใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดออกซาลิกเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยระหว่างการเก็บรักษา

Applications of Sodium Metabisulfite and Oxalic Acid to Reduce the Pericarp Browning of Longan during Storage

จุฑามาศ พร้อมบุญ¹ กาญจนา วรราช² ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา² สมโภชน์ น้อยจินดา³ และ เฉลิมชัย วงษ์อารี^{1,2}
Juthamard Promboon¹, Kanjana Worad², Pathompong Penchaiya² Sompoch Noichinda³ and Chalermchai Wongs-Aree^{1,2}

Abstract

The development in finding appropriate alternative postharvest technologies to reduce sulfur dioxide fumigation on long browning and decay control is a real challenge. In the present experiment, 'E-dor' longan was trimmed to be individual fruit and then dipped in 1.0% oxalic acid (OA) containing 1.0% (1.0% SMS) or 2.5% sodium metabisulfite (2.5% SMS) for 5 min, compared to SO₂ fumigated and nontreated fruit. All fruit was stored at 5°C, 90-95% RH. After treatments of SO₂ and SMS+OA, fruit peels changed to brighter yellow colour compared to nontreated control. Peel of control turned brown quickly after storage, and SMS+OA fruit peels gradually changed to brown within 9 days, whereas SO₂ treated fruit remained bright yellow with slight changes in the peel colour throughout storage of 15 days. Pulp soluble solid contents were stable in each treatment. Furthermore, disease incidence was 8.0% in control, 5.6% in 1.0% SMS+OA, and 1.3% in 2.5% SMS+OA on day 15, while it was not found in SO₂ treatment. Nevertheless, sulfur-containing compounds were detected in the peel of SO₂ fumigated fruit at 1,200-1,300 ppm throughout storage and in the pulp at 72.8 ppm at the first 6 days. On the other hand, it was less than 10 ppm in the peel and undetectable in the pulp of SMS+OA treated fruit during storage.

Keywords: longan, E-dor, SO₂ fumigation replacement, oxidizing agents, pericarp browning

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคโนโลยีทางเลือกหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อทดแทนการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและการเน่าเสียของผลลำไยเป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับงานวิจัยทางด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ในการทดลองนี้ลำไยพันธุ์อีโดร์มาตัดชำให้เป็นผลเดี่ยวแล้วแช่สารละลาย กรดออกซาลิก (OA) ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ที่มีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ร้อยละ 1.0 (1.0% SMS+OA) หรือ 2.5 (2.5% SMA+OA) นาน 5 นาที เปรียบเทียบกับผลที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ทางการค้า และผลปกติ (nontreated control) แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 หลังการทำทรีทเมนต์เปลือกลำไยที่แช่ SMS+OA และที่รม SO₂ เปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองและสว่างมากขึ้นเมื่อเทียบกับผลสดควบคุม โดยเปลือกผลสดควบคุมเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วหลังการเก็บรักษา ส่วนเปลือกลำไยที่แช่สาร SMS+OA ทั้ง 2 ระดับ ค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลมากขึ้นภายใน 9 วัน ในขณะที่ลำไยที่รม SO₂ สีเปลือกยังคงเหลืองสว่างและมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา 15 วัน ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อในแต่ละชุดการทดลองค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้ผลลำไยในชุดควบคุมการเกิดโรค 8.0%, 1% SMS+OA เกิด 5.6% และ 2.5% SMS+OA พบ 1.3% ในวันที่ 15 ในขณะที่ผลที่รม SO₂ ไม่มีการเกิดโรค อย่างไรก็ตามผลที่รม SO₂ มีสารซัลเฟอร์ตกค้างในเปลือก 1,200-1,300 ppm ตลอดการเก็บรักษา ส่วนในเนื้อพบ 72.8 ppm ในช่วง 6 วันแรก ส่วนผลที่แช่ SMS+OA มีซัลเฟอร์ตกค้างในเปลือกน้อยกว่า 10 ppm และไม่พบสารตกค้างในเนื้อตลอดการเก็บรักษา

คำสำคัญ: ลำไย อีโดร์ การทดแทนการรม SO₂ สารออกซิไดซิง เปลือกสีน้ำตาล

¹ สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150

¹ Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), Bangkok 10150

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

³ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

³ Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

บทนำ

ประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการผลิตและส่งออกลำไยสด ไทยส่งออกลำไยเป็นอันดับ 1 ของโลก ปริมาณการส่งออกลำไยในปี พ.ศ. 2562 (ก่อนเข้าสู่วิกฤตเชื้อโคโรนาไวรัสระบาดในปี 2563) รวมทั้งสิ้น 28,904 ล้านบาท โดยตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ จีน และอินโดนีเซีย เป็นต้น (กรมการค้าต่างประเทศ, 2564)

อย่างไรก็ตาม ลำไยมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2-3 วัน สีผิวเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเน่าเสียง่าย จึงมีการรมลำไยสดด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เพื่อให้เปลือกสวยและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่มักมี SO_2 ตกค้างในลำไยในปริมาณที่มีผลเสียต่อสุขภาพ (Subhadrabandhu and Yapwattanaphun, 2000; Jiang *et al.*, 2002) โดยกฎหมายระหว่างประเทศอนุญาตให้มี SO_2 ตกค้างในอาหารได้ไม่เกิน 50 ppm (FAO/WHO, 2006) ดังนั้นจึงมีการพยายามหาวิธีที่จะนำมาทดแทนการรม SO_2 มีทั้งการใช้กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก ไฮโดรคลอริก และออกซาลิก (OA) หรือสารในกลุ่ม reducing agents เช่น โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ซึ่งยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้ การใช้ OA กับมะพร้าวตัดแต่งช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะพร้าวได้ดี แต่ยังคงดีกว่าการใช้ SMS (ลัดดาวลย์ และคณะ, 2552) การแช่มะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งใน OA เข้มข้นร้อยละ 2.5 ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 4 นาน 5 นาที ก่อนการเก็บรักษาสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเกิดโรคได้ดีไม่แตกต่างจากการแช่ใน SMS เข้มข้นร้อยละ 3 (พินดา และคณะ, 2554) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาแนวทางการใช้สารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ร่วมกับกรดออกซาลิก (OA) กับผลลำไยเพื่อเป็นแนวทางในการยืดอายุผลลำไยทดแทนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในโซลูชันเพื่อการค้าปลีกทั้งในประเทศและการส่งออก

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลลำไยพันธุ์ดอสดที่ไม่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากสวนในจังหวัดจันทบุรี ขนส่งโดยรถห้องเย็นมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร ทำการคัดเลือกลำไยโดยแยกผลลำไยออกจากก้าน จากนั้นนำไปล้างทำความสะอาด และแช่ในสารละลายคลอโรกซ์ (Clorox) เข้มข้น 200 ppm เพื่อทำการฆ่าเชื้อเบื้องต้น และผึ่งให้แห้งด้วยพัดลม จากนั้นนำลำไยที่แห้งแล้วมาแบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

ชุดการทดลองที่	1 ผลปกติที่ไม่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแช่สารใด ๆ (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่	2 ผลที่ผ่านการรม SO_2 จากโรงคัดบรรจุตามระบบการค้า
ชุดการทดลองที่	3 ผลที่แช่ OA เข้มข้นร้อยละ 1 ที่มี SMS ร้อยละ 1 นาน 10 นาที
ชุดการทดลองที่	4 ผลที่แช่ OA เข้มข้นร้อยละ 1 ที่มี SMS ร้อยละ 2.5 นาน 10 นาที

นำผลลำไยทั้งหมดมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 ตรวจเช็คการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (โดยเครื่อง Minolta รุ่น CR-400), อัตราการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (ΔE), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อ (โดยเครื่อง digital refractometer), การสูญเสียคุณภาพของผลลำไยจากการเกิดเชื้อรา (%Fungal incidence = (จำนวนผลลำไยที่เกิดเชื้อรา / จำนวนผลลำไยทั้งหมด) $\times 100$) และปริมาณสารประกอบซัลเฟอร์ตกค้างในผล

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

หลังการทำทรีทเมนต์เปลือกลำไยที่แช่ SMS+OA และที่รม SO_2 เปลี่ยนไปเป็นสีเหลือง และสว่างมากขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเทียบกับผลปกติที่ไม่ได้ใช้สาร โดยมีค่า L^* และ hue angle ที่มากขึ้น (Figure 1 A และ B) โดยเปลือกผลชุดควบคุมเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วหลังการเก็บรักษา ส่วนเปลือกลำไยที่แช่สาร SMS+OA ค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลมากขึ้นภายใน 9 วัน และไม่แตกต่างกันในทั้ง 2 ระดับ แต่ผลที่แช่ 1%SMS+OA มีสีสดและอิมกว่า 2.5%SMS+OA เล็กน้อย (Figure 1 C) ในขณะที่ลำไยที่รม SO_2 สีเปลือกยังคงเหลืองสว่างและมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา 15 วัน (Figure 1 D) SO_2 และ SMS เป็นสารในกลุ่ม reducing agents ที่สูญเสียอิเล็กตรอนในการทำปฏิกิริยา ทั้ง SO_2 และ SMS สามารถใช้ฟอกสีในผัก ผลไม้ และอาหารให้มีสีสดลงหรือสว่างขึ้น โดยสารซัลเฟอร์มีผลลด chromophoric carbonyl group ของเม็ดสี นอกจากนี้สารประกอบซัลเฟอร์นี้ยังลดบทบาทการใช้ออกซิเจนและยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ออกซิเดสในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจาก SO_2 เป็น reducing agents ที่แรงมาก (Castle, 2004) ส่วน OA มีฤทธิ์เป็น acidulate ทำให้ pH ของเซลล์ลดลงซึ่งมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ออกซิเดสได้เช่นกัน (ลัดดาวลย์, 2552) ดังผลการทดลองของพรรณ

ทิพา และคณะ (2549) พบว่าการแช่ผลลำไยสดใน SMS เข้มข้นร้อยละ 7.5 ร่วมกับการแช่ OA เข้มข้นร้อยละ 5 นาน 5 นาที ช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผิวเปลือกลำไยและสีมีความสม่ำเสมอ

ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อในแต่ละชุดทดลองค่อนข้างคงที่โดยมีค่าในช่วง 19-20 %Brix ตลอดการเก็บรักษา (Figure 2A) นอกจากนี้ผลลำไยในชุดควบคุมเกิดโรคร้อยละ 8 ส่วน 1%SMS+OA เกิดร้อยละ 5.6 และ 2.5%SMS+OA พบ ร้อยละ 1.3 ในวันที่ 15 ในขณะที่ผลที่รม SO_2 ไม่มีการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษา เนื่องมาจากฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราที่ดีของสารประกอบซัลเฟอร์ (Nwachukwu *et al.*, 2012)

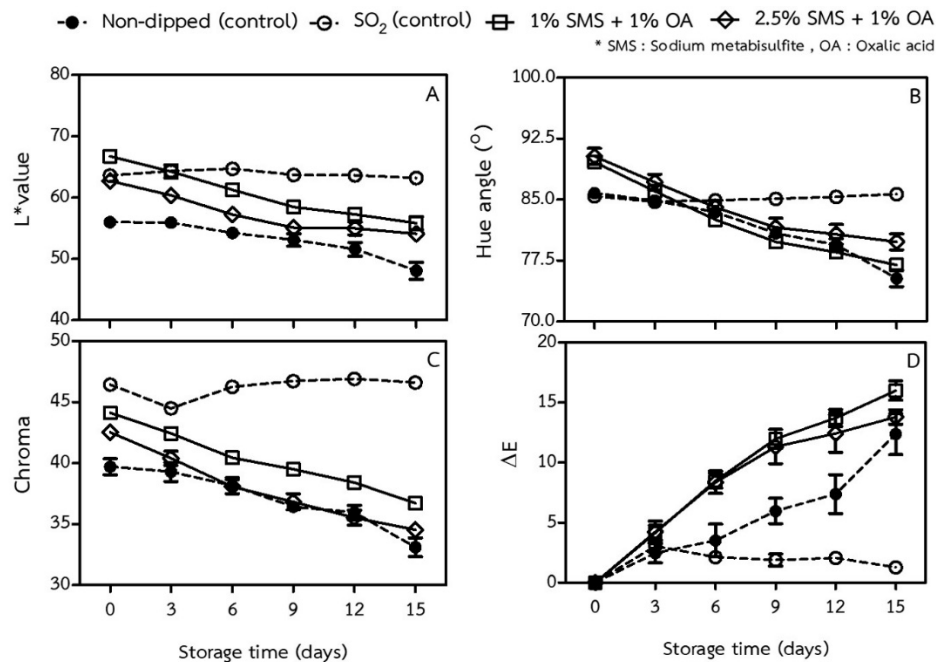


Figure 1 Changes in peel colours in L* values (A), hue angles (B), chroma (C), and ΔE (D) of longan fruit commercially fumigated with SO_2 , or dipped in 1%SMS+1%OA or 2.5%SMS+1%OA compared to non-treated control, and then stored at 5°C, 90-95% RH.

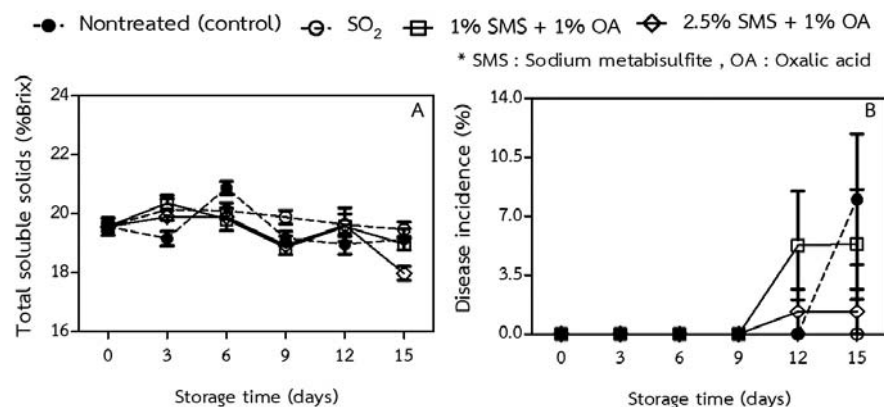


Figure 2 Changes in pulp soluble solids (A), and disease incidence (B) of longan fruit commercially fumigated with SO_2 , or dipped in 1%SMS+1%OA or 2.5%SMS+1%OA compared to non-treated control, and then stored at 5°C, 90-95% RH.

อย่างไรก็ตามผลลำไยที่รม SO_2 มีสารซัลเฟอร์ตกค้างในเปลือก 1,200-1,300 ppm ตลอดการเก็บรักษา ส่วนในเนื้อพบ 72.8 ppm ในช่วง 6 วันแรกแต่ตรวจไม่พบในวันที่ 15 ส่วนผลที่แช่ SMS+OA มีซัลเฟอร์ตกค้างในเปลือกน้อยกว่า 10 ppm และไม่พบสารตกค้างในเนื้อตลอดการเก็บรักษา ยังคงเป็นเรื่องท้าทายอย่างมากในการหาวิธีการอื่นแทนการรมด้วย SO_2 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยสด หากผู้บริโภคยังไม่เป็นเปลี่ยนทัศนคติในการบริโภค อย่างไรก็ตามการแช่ผลลำไยใน 1%SMS+

1%OA ช่วยรักษาคุณภาพผลลำไยหลังเก็บเกี่ยว และเป็นวิธีการทางเลือกหนึ่งเพื่อทดแทนการรมด้วย SO₂ โดยอาจนำไปใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆ ในการเก็บรักษาผลลำไยสดต่อไป

Table 1 Sulfur compounds remaining in fruit parts of longan commercial fumigated with SO₂ or dipped in 1%SMS + 1%OA and stored at 5°C, 90-95% RH

Treatments	Fruit Part	Sulfur compounds (mg/kg·FW)		
		D0	D6	D15
SO ₂	Pericarp	1,247.9±40.4	1,197.5±3.6	1,310.3±14.2
	Pulp	35.6±2.8	110.0±19.0	ND
1%SMS	+			
	Pericarp	<10	<10	<10
1%OA	Pulp	ND	ND	ND

สรุปผลการทดลอง

การแช่ผลลำไยใน 1%SMS+1%OA และ 2.5%SMS+1%OA ชะลอการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียสได้นาน 9 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลปกติที่เปลือกลำไยตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา ขณะที่การรม SO₂ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีตลอดการเก็บรักษา แต่มีสารซัลเฟอร์ตกค้างในผลสูง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (รหัสโครงการ PS.P.8/2561) และขอขอบคุณ UGSAS, Gifu University, Japan สำหรับอุปการณ่วิทยาศาสตร์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ. 2564. สินค้าที่มีมาตรการ นำเข้า-ส่งออก-นำเข้า – ลำไยสด. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.dft.go.th/th-th/Search-Results?search=%E0%B8%A5%E0%B8%B3%E0%B9%84%E0%B8%A2> (27 May 2021).
- พรพนทิพา บุญอินทร์, กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2549. ผลของการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อสีเปลือกและคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ตอระหว่างเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37(5 พิเศษ): 144-147.
- พนิดา พวงพันธ์, ชัยรัตน์ เตชะภูมิพร, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์ และวริช ศรีละออง. 2554. การใช้สารทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3 พิเศษ): 53-56.
- ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ, วาริช ศรีละออง, เฉลิมชัย วงษ์อารี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์ และ ชัยรัตน์ เตชะภูมิพร. 2552. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวอ่อนโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40 (3 พิเศษ) : 315-318.
- Castle, M.S.L. 2004. Chemical Interactions between additives in foodstuffs: A Review. Food Additives and Contaminants 21(2): 93-124.
- FAO/WHO. 2006. Codex Alimentarius. Codex General Standard for Food Additives. CODEX STAN 192-1995, Rev. 7-2006. 120 pp.
- Jiang, Y., Z. Zhang, D.C. Joyce and S. Ketsa. 2002. Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). Postharvest Biology and Technology 26: 241-252.
- Nwachukwu, I.D., A.J. Slusarenko and M.C.H. Gruhke. 2012. Sulfur and sulfur compounds in plant defence. Natural Product Communications 7(3): 395-400.
- Subhadrabandhu, S. and C. Yawwattanaphun. 2000. Lychee and longan production in Thailand. The First International Symposium on Litchi and Longan, Guangzhou, China, 19-23 June, 2000.446 p.

**ผลของแคลเซียมคลอไรด์และบรรจุภัณฑ์สภาพบรรยากาศแบบดัดแปลงต่อคุณภาพ
ของลำไยสดพร้อมบริโภค**

Effects of Calcium Chloride and Modified Atmosphere Packaging on Qualities of Fresh-cut Longan

สิทธิชัย เตชะดิลก¹ กัลย์ กัลยานมิตร^{1,2} อิดารัตน์ แก้วคำ^{1,3} แพรพรรณ จอมงาม^{1,3} และ ดวงใจ น้อยวัน^{1,3*}
Sittichai Techadilok¹, Kal Kalayanamitra^{1,2}, Tidarat Kaewkham^{1,3}, Praewphan Jomngam^{1,3} and Duangjai Noiwan^{1,3*}

Abstract

Effect of calcium chloride on sensory quality and overall acceptability of fresh-cut longan was investigated. The fruit were peeled, and seeds were removed prior to dipping the pulp into calcium chloride (CaCl_2) solution at 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% w/v for 2 min. Pulp firmness and sensory quality were determined and compared with control treatment (without CaCl_2 dipping). Fresh-cut longan dipped in CaCl_2 at 2.0% w/v had the highest pulp firmness compared to those values from dipping at 1.5, 1.0, 0.5% w/v and control, respectively. As for overall acceptability evaluation, longan pulp dipped in CaCl_2 at 1.5% w/v gave the highest acceptability score, while dipping at a higher concentration provided negative effects on odor and sweetness. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on qualities of fresh-cut longan was investigated. Fresh-cut longan (dipped in CaCl_2 solution at 1.5% w/v) was placed on a plastic tray and subsequently over-wrapped by polyethylene (PE) or microperforated polyethylene (MPE) films compared with control. The samples were thereafter stored at 5 °C, RH 95%. Changes of oxygen and carbon dioxide concentrations, weight loss, soluble solid content, and color were daily evaluated. The results showed that packing fresh-cut longan pulp with PE and MPE could reduce O_2 and induce CO_2 concentration in the package headspace. For instance, the packaging treatments could also delay the changes of weight loss, soluble solid content, and color. To sum up, the uses of CaCl_2 and MAP could effectively maintain fresh-cut longan quality.

Keywords: fresh-cut longan, calcium chloride, modified atmosphere packaging

บทคัดย่อ

ผลของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมของลำไยสดพร้อมบริโภค โดยแกะเปลือกลำไย คว้านเมล็ดออกและแช่ด้วยสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% w/v นาน 2 นาที วัดความแน่นเนื้อและประเมินทางด้านประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่า ลำไยสดที่แช่ด้วยสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้น 2.0% w/v มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด รองลงมา คือ ลำไยที่แช่ในสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้น 1.5, 1.0, 0.5% w/v และชุดควบคุม ตามลำดับ สำหรับผลการประเมินด้านประสาทสัมผัส พบว่า การยอมรับคุณภาพโดยรวมของลำไยที่ใช้ CaCl_2 ความเข้มข้น 1.5% w/v ได้รับคะแนนสูงที่สุด ในขณะที่การใช้สารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้น 2.0% w/v ส่งผลให้ลำไยสดพร้อมบริโภคสูญเสียกลิ่นและมีคะแนนการประเมินความหวานลดลง ผลของบรรจุภัณฑ์สภาพบรรยากาศแบบดัดแปลงต่อคุณภาพของลำไยสดพร้อมบริโภค โดยนำเนื้อลำไยที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้น 1.5% w/v บรรจุในถาดพลาสติกและหุ้มด้วย polyethylene (PE) และ microperforated polyethylene (MPE) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 95% บันทึกข้อมูล ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงออกซิเจน (O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ทุก ๆ วัน พบว่า การหุ้มเนื้อลำไยด้วยพลาสติก PE และ MPE ทำให้บรรยากาศในบรรจุภัณฑ์มีความเข้มข้นของ

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Department of Postharvest Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand.

²ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กทม. 10400

²Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand.

³หน่วยวิจัยและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอาหารเพื่ออนาคต มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³Future of Agriculture and Food Research Development Unit, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand.

O₂ ลดลง และมีความเข้มข้นของ CO₂ เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อลำไยได้ ดังนั้น การใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับการบรรจุใน สภาพบรรยากาศแบบดัดแปลงสามารถรักษาคุณภาพของลำไยสดพร้อมบริโภคได้

คำสำคัญ: ลำไยสดพร้อมบริโภค แคลเซียมคลอไรด์ สภาพบรรยากาศแบบดัดแปลง

คำนำ

ปัญหาสำคัญที่มีผลต่อการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยวลำไย คือ การสูญเสีย น้ำ การเปลี่ยนเป็นสีเปลือก และการเข้าทำลายของโรค โดยเฉพาะการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผล ซึ่งทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง แม้ว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะไม่มีผลกระทบต่อรสชาติของเนื้อผลก็ตาม เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว การเพิ่มมูลค่าลำไยสดโดยการแปรรูปขึ้นต้นพร้อมบริโภค (minimally processed) จึงเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับลำไยได้ อย่างไรก็ตามอาหารประเภทนี้มีลักษณะเฉพาะด้วยการมีพื้นผิวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ และเนื้อเยื่อที่เสียหายจากการหั่นตัดซึ่งอาจเกิดการเสื่อมเสียจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ได้ง่าย (Olaimeat and Holley, 2012) หรือแม้แต่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และกายภาพที่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความสูญเสียหลักมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากการจัดการ การจัดเก็บและบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม ระบบการบรรจุด้วยสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging; MAP) จึงได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางเพื่อรักษาคุณภาพของผักและผลไม้รวมถึงของสด แคลเซียมคลอไรด์มักใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อเป็นรักษาเนื้อสัมผัสของผักผลไม้โดยการจุ่ม ผลของแคลเซียมคลอไรด์สามารถชะลอการสุก และกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพ รวมถึงการสูญเสียทางคุณค่าทางอาหารและความไวต่อเชื้อโรค (de Freitas *et al.*, 2012; Saure, 2014) การใช้แคลเซียมคลอไรด์จะให้ผลดียิ่งขึ้นหากใช้ร่วมกับวิธีการหลังการเก็บเกี่ยวอื่น ๆ เช่น การใช้ร่วมกับโคไดซานและนาโนโคไดซานสามารถยืดอายุการเก็บรักษาสตรอว์เบอร์รี่ได้ (Nguyen and Nguyen, 2020) แม้ว่าการใช้แคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยวจะดีต่อคุณภาพของผลไม้ แต่ความเข้มข้นของแคลเซียมที่มากเกินไปอาจทำให้การเปลี่ยนสีและรสชาติทางประสาทสัมผัสที่ไม่พึงปรารถนา จึงต้องใช้แคลเซียมคลอไรด์ในปริมาณที่ไม่ให้ส่งผลกระทบต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของลำไยสดพร้อมบริโภคที่คงสภาพด้านเนื้อสัมผัสโดยการจุ่มด้วยแคลเซียมคลอไรด์ ร่วมกับการบรรจุด้วยฟิล์มที่มีการซึมผ่านของก๊าซสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมของลำไยสดพร้อมบริโภค

ทำการทดลองโดยแกะเปลือกลำไยและคว้านเมล็ดออก (Figure 1) และแช่ลำไยในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% (w/v) เป็นเวลา 2 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยจัดการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ตรวจวัดคุณภาพของลำไยสดพร้อมบริโภค ได้แก่ คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ

2. ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์แบบสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของลำไยพร้อมบริโภคเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 °C

นำเนื้อลำไยที่คว้านเมล็ดออกแล้วแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.5% (w/v) เป็นเวลา 2 นาที เมื่อครบกำหนดนำมาสะเด็ดน้ำและบรรจุด้วยฟิล์มพอลิเอทิลีน (polyethylene; PE) ความหนา 0.65 µm และฟิล์มพอลิเอทิลีนที่มีการซึมผ่านของก๊าซสูง (microperforated polyethylene; MPE) ความหนา 0.45 µm เปรียบเทียบกับชุดควบคุมเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 °C วัดการเปลี่ยนแปลงของก๊าซภายในภาชนะบรรจุ (O₂, CO₂) และคุณภาพของลำไยทุกวัน ดังนี้ การสูญเสีย น้ำหนัก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และการเปลี่ยนแปลงสีทุก ๆ วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยเมื่อผ่านการแช่ด้วยสารละลาย CaCl₂ นาน 2 นาที แสดงใน Figure 1 ซึ่งการแช่ด้วยสารละลาย CaCl₂ ความเข้มข้น 2.0% มีค่าความแน่นเนื้อของลำไยสดสูงที่สุด เท่ากับ 6.43 N รองลงมาคือ 1.5%, 1.0% และ 0.5% มีค่าเท่ากับ 5.43, 4.99 และ 4.18 N ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลาย) มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 2.22 N ค่าที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจาก แคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่ช่วยส่งเสริมการดูดซึมธาตุ

อาหารอื่น ๆ เกี่ยวข้องกับการดูดน้ำเข้าสู่เซลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ช่วยเชื่อมยึดโมเลกุลของเพคติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของชั้น middle lamella ที่ทำหน้าที่เชื่อมยึดผนังเซลล์ที่อยู่ติดกันให้ผนังเซลล์แข็งแรง มีความยืดหยุ่นมากขึ้น และ CaCl_2 เป็นสารช่วยให้ผักและผลไม้เนื้อสัมผัสแข็ง (firming agent) นิยมใช้กับผลไม้ก่อนนำไปบรรจุกระป๋อง เช่น ลิ้นจี่ ลำไย แอปเปิล มะเขือเทศ และมันฝรั่ง ความเข้มข้นไม่เกิน 1.0% การใช้ปริมาณ CaCl_2 มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับปริมาณเพคตินที่มีอยู่ในผักและผลไม้ชนิดนั้น ๆ เนื้อลำไยที่ผ่านการแช่ในสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้น 1.5% มีคะแนนการยอมรับโดยรวมที่สูงที่สุด เนื่องมาจากมีคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และสีที่สูงที่สุด โดยที่คะแนนด้านเนื้อสัมผัสของลำไยจะสูงขึ้นตามความเข้มข้นของ CaCl_2 อย่างไรก็ตาม CaCl_2 ความเข้มข้น 2.0% มีคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสที่น้อยที่สุด เนื่องจากแข็งเกินไป และส่งผลต่อการยอมรับโดยรวมทำให้คะแนนด้านรสชาติ และกลิ่นลดลง (Figure 2) จากการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของ Luna-Guzmán and Barrett (2000) พบว่า ในแคนตาลูปที่แช่ในสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้น 1.0% และ 2.5% มีคะแนนความชอบสูงกว่าชุดที่ไม่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย CaCl_2 และหากเพิ่มความเข้มข้นของ CaCl_2 จาก 1.0 เป็น 2.5% จะทำให้แคนตาลูปมีรสขมขึ้น สำหรับสตรอว์เบอร์รี่ที่แช่ด้วย CaCl_2 ความเข้มข้น 3.0% ร่วมกับ นาโนไคซานไม พบว่าเกิดรสขมเนื่องจากความขมของ CaCl_2 จะถูกยับยั้งด้วยกรดซิตริกซึ่งมีอยู่ในสตรอว์เบอร์รี่ (Nguyen and Nguyen, 2020)

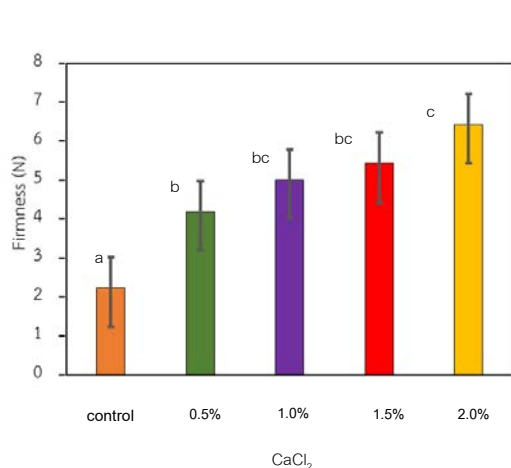


Figure1 Effect of CaCl_2 dipped on firmness of fresh-cut longan

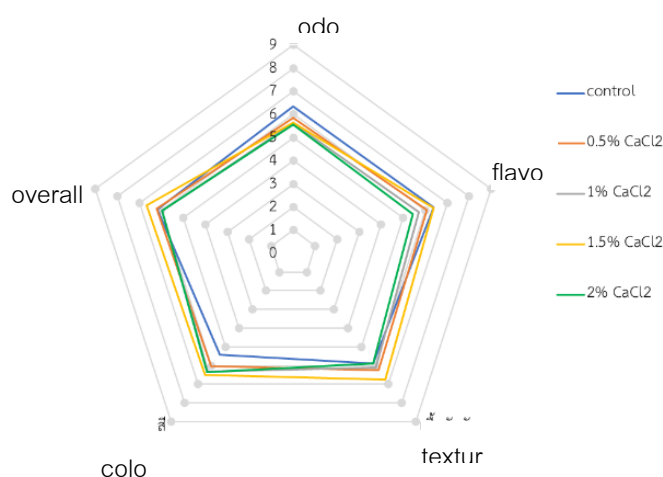


Figure 2 Effect of CaCl_2 dipped on sensory quality of fresh-cut longan

Table 1 แสดงการเปลี่ยนแปลง O_2 , CO_2 และปริมาณ SSC ของลำไยสดพร้อมบริโภคน้ำ ซึ่งพบว่า ในวันเริ่มต้นปริมาณ O_2 และ CO_2 มีค่าเทียบเท่ากับบรรยากาศปกติ ในชุดควบคุม (ไม่ได้บรรจุด้วยฟิล์มพลาสติก) และมีค่าคงที่ตลอดการเก็บรักษา ส่วนการเปลี่ยนแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มชนิด PE และ MPE นั้น พบว่า O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์ม PE ค่าลดลงต่ำกว่าการบรรจุด้วยฟิล์ม MPE ตลอดการเก็บรักษา ในทางตรงกันข้ามก็มีการสะสม CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์ม PE สูงกว่าฟิล์ม MPE ด้วย เนื่องจากฟิล์มชนิด PE มีการแลกเปลี่ยนก๊าซต่ำกว่าชุด MPE จึงมีการแลกเปลี่ยนก๊าซ O_2 กับบรรยากาศภายนอกได้ต่ำกว่าฟิล์ม MPE โดย Khan *et al.*, (2020) รายงานว่าลำไยที่บรรจุในฟิล์มชนิด PE ที่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนก๊าซสูง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5 \pm 2^\circ\text{C}$ สามารถเข้าสู่บรรยากาศแบบสมดุลได้ภายใน 7 วัน ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของ CO_2 ประมาณ 7% ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาลำไย และ O_2 ประมาณ 3% ไม่ให้ลำไยเกิดกลิ่นรสผิดปกติ และหาก O_2 ต่ำกว่า 3% จะทำให้เกิดเอทานอลภายในเนื้อผลลำไย สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SSC นั้น พบว่าชุดควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา 5 วัน อาจเนื่องมาจากการสูญเสีย น้ำ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งมีค่ามากกว่าลำไยที่บรรจุในฟิล์มชนิด MPE และ PE ที่มีแนวโน้มของค่า SSC คงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา 5 วัน (Table 1)

การเปลี่ยนแปลง L^* คือค่าความส่องสว่างของเนื้อลำไย เมื่อบรรจุโดยฟิล์มชนิด PE และ MPE เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่ได้หุ้มฟิล์ม $5 \pm 2^\circ\text{C}$ พบว่า ค่า L^* ของทุกชุดการทดลอง มีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา และไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับค่า a^* ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าค่อนข้างคงที่ สำหรับ ค่า b^* คือ ค่าสีเหลือง ทุกชุดการทดลองมีค่าลดลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่า b^* ของชุดควบคุมมีค่าต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 4.95 สำหรับเนื้อลำไยที่บรรจุในฟิล์มทั้งชนิด PE และ MPE นั้น มีค่าเท่ากับ 3.77 และ 2.05 ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Effect of modified atmosphere packaging on O₂, CO₂ and SSC changes of fresh-cut longan during storage at 5±2°C

treatments		Storage time (day)					
		0	1	2	3	4	5
O ₂ (%)	Control	20.8	20.8b	19.1	19.0a	18.6	19.1b
	MPE	20.8	19.2a	18.6	18.5b	18.6	19.3b
	PE	20.8	18.1a	17.1	17.3b	16.9	17.6a
	P-value	-	*	ns	*	ns	*
	SD	-	1.41	1.04	0.92	0.97	0.93
CO ₂ (%)	Control	0.03	0.05a	0.57a	0.11a	0.07a	0.06a
	MPE	0.03	0.05a	2.07b	0.21a	0.16a	0.15a
	PE	0.03	3.29b	2.21b	2.54b	2.36b	1.89b
	P-value	-	*	*	*	*	*
	SD	-	1.61	0.82	1.13	1.15	0.93
SSC (%)	Control	21.9	22.8b	25.4b	27.3a	28.0b	25.2b
	MPE	20.8	20.2a	18.8a	20.5a	20.5a	19.4a
	PE	21.7	20.1a	19.8a	19.4b	19.9a	19.0a
	P-value	-	*	*	*	*	*
	SD	-	1.52	3.56	4.28	4.51	3.46

Table 2 Effect of modified atmosphere packaging on color changes (L*, a* and b*) of fresh-cut longan during storage at 5±2°C

treatments		Storage time (day)					
		0	1	2	3	4	5
L*	Control	40.14	40.16	41.36	40.56	40.56	39.47
	MPE	40.14	39.89	38.93	41.36	42.06	41.13
	PE	40.14	40.40	40.56	38.93	39.17	42.15
	P-value	-	ns	ns	ns	ns	ns
	SD	-	0.24	1.24	1.24	1.45	1.12
a*	Control	-3.08	-3.08	-3.05	-2.53	-0.53	-0.52
	MPE	-3.08	-3.02	-2.77	-3.05	-0.68	-2.96
	PE	-3.08	-3.13	-2.53	-2.77	-0.62	-3.40
	P-value	-	ns	ns	ns	ns	ns
	SD	-	0.05	0.26	0.26	0.07	0.44
b*	Control	5.06	6.03b	6.47	4.95	4.95b	2.39
	MPE		4.70a	4.62	6.47	3.77a	3.43
	PE		4.43a	4.95	5.09	2.05a	4.88
	P-value	-	*	ns	ns	*	ns
	SD	-	0.86	0.99	0.84	1.46	1.23

สรุปผลการทดลอง

การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.5% สามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัสของลำไยสดพร้อมบริโภคให้ดีขึ้นได้ แต่หากเพิ่มความเข้มข้นมากกว่า 1.5% จะทำให้ลำไยสดพร้อมบริโภคเสียรสชาติ สำหรับการบรรจุแบบสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มพลาสติกชนิด polyethylene (PE) และ microperforated polyethylene (MPE) ไม่ทำให้คุณภาพของลำไยสดพร้อมบริโภคแตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 °C

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- de Freitas, S.T., A.K Handa, Q. Wu, S. Part and E.J. Mitcham. 2012. Role of pectin methylesterases in cellular calcium distribution and blossom-end rot development in tomato fruit. *The Plant Journal* 71: 824–835.
- Khan, M.R., W. Chinsirikul, A. Sane and V. Chonhenchob. 2020. Combined effects of natural substances and modified atmosphere packaging on reducing enzymatic browning and postharvest decay of longan fruit. *International Journal of Food Science and Technology* 55: 500–508.
- Olaimat, N.A. and R.H. Holley. 2012. Factors influencing the microbial safety of fresh produce. *Food Microbiology* 32: 1–19.
- Nguyen, H.V.H. and D.H.H. Nguyen. 2020. Effects of nano-chitosan and chitosan coating on the quality, polyphenol oxidase activity and malondialdehyde content of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Journal of Horticulture and Postharvest Research* 3(1): 11–24.
- Luna-Guzmán, I. and D.M. Bareet. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology* 19: 61–72.
- Saure, C.M. 2014. Why calcium deficiency is not the cause of blossom-end rot in tomato and pepper fruit – a reappraisal. *Scientia Horticulturae* 174: 151–154.

ผลของการเคลือบผิวด้วยเซลแล็กที่มีผงเปลือกมะม่วงแก้วขมิ้นเป็นส่วนประกอบต่อคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของหอมแดงตัดแต่งสด

Effects of Shellac Coating Material Containing Kaew Ka Min Mango Peel Powder on Storage Quality of Fresh-cut Shallots

พนิดา พิมพ์สุวรรณ¹ วีรเวทย์ อุทโท^{1,2} เรวัต ชัยราช^{1,2} วัชรพงษ์ วัฒนกุล³ อุดลย์ อภินันท์⁴ นิตยา พงาม⁵ และ
จินตามณี แสงกาญจนวนิช¹

Panida Pimsuwan¹, Weerawate Utto^{1,2}, Raywat Chairat^{1,2}, Watcharapong Wattanakul³, Adul Apinan⁴, Nittaya Phungam⁵ and
Jindamanee Saengkanjanawanich¹

Abstract

Fresh-cut shallot is popular among consumers because of its convenience for cooking and consumption . However, its qualities become quickly changed during storage particularly visual brown color at cut tissues and weight losses .This study purposely was to test effects of shellac coating material 20% w/v mixed with Kaew Ka Min mango peel powder, either 1% or 3% w/v, on qualities of the fresh-cut shallot kept in clamshell packages averagely weighed 125g. These were stored at 10°C for 14 days and were compared to those which were either coated with only shellac or uncoated (control). Experimental results showed that respiration rates of the shallot coated with both shellac types were lower than those of the control ($p<0.05$). The shallot coated with the shellac containing mango peel powder (SHL-MPP) had lower respiration rate than coated with only shellac .Although the SHL-MPP material reduced losses of vitamin C contents better than other treatments, both coating materials had no significant effects on ethanol contents in tissues, color, and firmness. In addition, the coating reduces weight losses but adding the powder by 3% (w/v) increased weight loss and reduced glossiness. Overall, incorporations of mango peel powder to the shellac coating material delayed quality changes of fresh-cut shallot .

Keywords: fresh-cut shallot, shellac, mango peel powder

บทคัดย่อ

หอมแดงตัดแต่งสดเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเนื่องจากสะดวกในการประกอบอาหารและบริโภค อย่างไรก็ตามตามผลผลิตมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้รวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษาโดยเฉพาะการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดและสูญเสียน้ำหนัก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการใช้สารเคลือบผิวเซลแล็ก (20% w/v) ที่มีส่วนผสมของผงเปลือกมะม่วงแก้วขมิ้น (1% และ 3% w/v) ต่อคุณภาพของหอมแดงตัดแต่งสดในบรรจุภัณฑ์แคลมเชล (น้ำหนักเฉลี่ย 125g) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 14 วัน โดยเปรียบเทียบกับหอมแดงที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวเซลแล็กเพียงอย่างเดียว หรือไม่ได้เคลือบผิว (ชุดควบคุม) ผลการศึกษาพบว่าหอมแดงที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวเซลแล็กทั้งสองประเภทมีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) ทั้งนี้หอมแดงที่เคลือบผิวด้วยเซลแล็กผสมผงเปลือกมะม่วง (SHL-MPP) มีอัตราการหายใจต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารเคลือบผิวด้วยเซลแล็กอย่างเดียว แม้ว่าการเคลือบผิวด้วยสาร SHL-MPP ลดการสูญเสียวิตามินซีได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่สารเคลือบผิวทั้งสองไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณเอทานอลในเนื้อเยื่อ สีและความแน่นเนื้อของหอมแดง นอกจากนี้การเคลือบผิวช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักแต่การเติมผงเปลือกมะม่วงในระดับ 3% (w/v) เพิ่มการสูญเสียน้ำหนักและลดความมันวาว ในภาพรวมการรวมผงเปลือกมะม่วงกับสารเคลือบผิวเซลแล็ก สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอมแดงตัดแต่งสด

คำสำคัญ: หอมแดงตัดแต่งสด เซลแล็ก ผงเปลือกมะม่วง

¹ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

² Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani 34190

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

⁴ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

⁵ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50000

⁶ Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Chiangmai University, Chaingmai 50000

⁷ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

⁸ Research and Development Institute, Rajabhat Buriram University, Buriram 31000

⁹ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

¹⁰ Faculty of Agriculture and Technology, Rajamankala University of Technology Isan, Surin Campus, Surin 32000

คำนำ

หอมแดงเป็นผลิตภัณฑ์สำคัญต่อเศรษฐกิจของจังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกหอมแดงที่สำคัญของประเทศ ไทย การเกิดภาวะหอมแดงล้นตลาดทำให้มูลค่าการตลาดและผลตอบแทนในโซ่อุปทานลดลง (วนัสนันท์ และคณะ, 2562) ดังนั้นการเพิ่มมูลค่ามีความสำคัญ หอมแดงแปรรูปแบบตัดแต่งสดในลักษณะตัดจุกและรากเป็นการเพิ่มมูลค่ารูปแบบหนึ่ง วางจำหน่ายในชั้นวางในซูเปอร์มาร์เก็ตมีราคาเท่ากับ 25-30 บาท ต่อ 5 หัวต่อบรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าการจำหน่ายแบบ พวงมัดที่มีราคา 100-120 บาท ต่อ 3-4 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียง่ายโดยเฉพาะการเกิดสีน้ำตาลคล้ำบริเวณ รอยตัด และสูญเสียน้ำหนักสด ทำให้มีอายุการเก็บรักษาเพียง 7 วัน ที่ 10-12°C (Utto *et al.*, 2018) ผู้ประกอบการนิยมบรรจุ หอมแดงตัดแต่งสดในกล่องพลาสติกใสสีเหลี่ยม (กล่องแคลมเซล) ที่ใช้เทปกาวหรือลวดเย็บเพื่อยึดฝาด้านบนและล่าง ทำให้มี ช่องว่างระหว่างฝาด้านบนและอากาศเกิดการผ่านเข้าออกได้สะดวก การปิดกล่องลักษณะดังกล่าวไม่ได้สร้างสภาวะบรรยากาศดัด แปล (modified atmosphere; MA) ซึ่งความเข้มข้นของแก๊ส O_2 ควรมีค่าต่ำและแก๊ส CO_2 ควรมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นของแก๊ส ทั้งสองชนิดในบรรยากาศปกติ และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมทางชีวเคมีและคุณภาพ ทั้งนี้สภาวะ MA เกิดจาก สมดุลระหว่างอัตราการหายใจและการซึมผ่านวัสดุพลาสติกซึ่งมีสมบัติการเลือกและยอมให้แก๊สผ่าน (selective permeation) (วีรเวทย์, 2562) จากข้อมูลข้างต้น พบว่า การเคลือบผิวหน้าด้วยสารเคลือบผิว เช่น เซลลูลิก ควรใช้เป็นแนวทางร่วมกับการ บรรจุด้วยกล่องพลาสติก เนื่องจากการเคลือบผิวชะลอการแลกเปลี่ยนแก๊สและไอน้ำระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การเคลือบผิวทำได้หลายวิธี เช่น จุ่ม ทา หรือพ่นสเปรย์ (Phungam *et al.*, 2018)

ปัจจุบันมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงหน้าที่ (functional property) ของสารเคลือบผิวโดยการเพิ่มสารเติมแต่งที่มี สมบัติต้านอนุมูลอิสระหรือเชื้อจุลินทรีย์ (วีรเวทย์, 2562) การศึกษาของ Rojas-Bravo *et al.* (2019) ผสมผงเปลือกมะม่วงใน สารเคลือบผิวทำจากแป้งข้าวโพด พบว่า ชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแอปเปิ้ลสดหั่นชิ้นดีกว่าการใช้สารเคลือบผิวที่ไม่ เดิมผงเปลือกมะม่วง เนื่องจากผงเปลือกมะม่วงมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระและเพิ่มการต้านการซึมผ่านในโครงสร้างพอลิเมอร์ ของสารเคลือบผิว ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ซึ่งใช้เปลือกและ/หรือสารสกัดร่วมกับสารเคลือบผิวสำหรับ ผลิตภัณฑ์ เช่น ลูกพีช (Torres-León *et al.*, 2018) จากการค้นคว้ายังไม่พบการศึกษาผงเปลือกมะม่วงแก้วขมิ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยดำเนิน โครงการพัฒนาผลผลิตและผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วขมิ้นสำหรับเกษตรกรในจังหวัดเสียมราฐ ราชอาณาจักรกัมพูชา ระหว่างปี พ.ศ. 2563-2565 ตลอดจนได้ให้คำปรึกษาด้านการแปรรูปแก่เกษตรกรผู้ปลูกหอมแดง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจใช้ผงเปลือก มะม่วงแก้วขมิ้นเป็นสารเติมแต่งในสารเคลือบผิวเซลลูลิก เพื่อใช้ประโยชน์จากของเหลือในภาคการเกษตร และลดการสูญเสีย ของหอมแดงตัดแต่งสดด้วยการเคลือบผิวหน้า โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อทดสอบผลของการใช้สารเคลือบผิวเซลลูลิก ที่มีส่วนผสมของผงเปลือกมะม่วงแก้วขมิ้นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอมแดงตัดแต่งสดในระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมผงเปลือกมะม่วง มะม่วงแก้วขมิ้นที่คัดเลือกสีผิว (สีเขียวอ่อน) ให้มีความสม่ำเสมอ/ไม่มีรอยขีด มี น้ำหนักในช่วง 200-220g ต่อผล นำมาทำความสะอาดและปอกเปลือก ตัดเปลือกให้มีขนาดประมาณ 20×50 mm (กว้าง ×ยาว) จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 150 mg l⁻¹ เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำไปลวกในสารละลาย โซเดียมไบคาร์บอเนต (5% w/v) ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อชะลอการลดลงของสีเขียวในระหว่างการทำแห้ง นำ เปลือกมะม่วงขึ้นจากสารละลายมาผึ่งให้แห้งบนกระดาษทิชชู จากนั้นทำแห้งเปลือกมะม่วงด้วยการประยุกต์วิธีของ Rojars-Bravo *et al.* (2019) อบแห้งที่ 60 °C ในตู้อบลมร้อน จนได้ความชื้นเท่ากับ 14% (w/w) นำเปลือกแห้งมาบดด้วยเครื่องบด ผงละเอียด และร่อนด้วยตะแกรง 80 Mesh ผงที่ได้นำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก LDPE เก็บรักษาในที่มืด **การเตรียมสารเคลือบ ผิว** นำเซลลูลิก (Food grade, บริษัท เอกเซลแลคส์ จำกัด) ละลายในเอทานอล 20% (w/v) จากนั้นเติมกลีเซอรอล 1% (v/v) พร้อมคนให้เข้ากัน แล้วนำผงผสมในสารละลายเซลลูลิก โดยมีระดับการเติมเท่ากับ 1% และ 3% (w/v) ผสมให้เข้ากันด้วย การใช้ hotplate stirrer/500 rpm เป็นเวลา 15 นาที **การเคลือบผิวและการเก็บรักษา** นำหอมแดงมาปอกเปลือกตัดหัวและ บริเวณราก ล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ดังที่ใช้ข้างต้น นำหอมแดงขึ้นมาและผึ่งให้ แห้ง จากนั้นนำไปเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว โดยการจุ่มให้ท่วมผลหอมแดง พร้อมกับทิ้งไว้ให้แห้ง ซึ่งน้ำหนักประมาณ 125 กรัม แล้วจึงบรรจุในกล่องพลาสติก (กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 100×150×40 มิลลิเมตร) กรรมวิธีของการวิจัยประกอบด้วย (1) สารเคลือบผิวผสมผงเปลือกมะม่วง 1% (w/v) (SHL-MPP1) (2) สารเคลือบผิวผสมผงเปลือกมะม่วง 3% (w/v) (SHL-MPP3) (3) สารเคลือบผิว ที่ไม่มีผงเปลือกมะม่วง (SHL-MPP0) และ (4) ไม่มีการเคลือบผิว (ชุดควบคุม หรือ CTRL) โดยเก็บรักษา หอมแดงที่อุณหภูมิ 10°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85% RH เป็นเวลา 14 วัน **การทดสอบคุณภาพ** ประกอบด้วย อัตราการ หายใจ วัดอัตราการผลิตแก๊ส CO_2 ในระบบปิด ด้วยการประยุกต์วิธีของ Phungam *et al.* (2018) **การวิเคราะห์สีผิวบริเวณรอย**

ตัด (วัดความสว่าง หรือค่า L^* ด้วยเครื่อง Hunter Lab Colorflex model 4510) ความแน่นเนื้อ (หน่วย N วัดด้วยเครื่อง LLODY model LR, US) ความเข้มข้นเอทานอลในเนื้อเยื่อ (หน่วย mg kg^{-1} วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FID-GC, GC2014, Shimadzu, Japan) และร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ประยุกต์วิธีที่รายงานใน Utto *et al.* (2018) และปริมาณวิตามินซีโดยวิธีการไทเทรต ซึ่งประยุกต์วิธีที่รายงานโดย วีระเวทย์ และคณะ (2555) จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าหอมแดงตัดแต่งสดในสภาวะการเก็บรักษาไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าอยู่ในมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ($<6 \log \text{CFU g}^{-1}$) ดังนั้นจึงไม่ศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ในการวิจัยนี้ การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ซึ่งใช้โปรแกรมสถิติ SPSS

ผล

อัตราการหายใจของหอมแดงที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าอัตราการหายใจของหอมแดงที่ไม่ได้เคลือบผิวประมาณ 1.5-2 เท่า (Figure 1) หอมแดงที่เคลือบผิวด้วยเซลแล็กซึ่งมีส่วนผสมของผงเปลือกมะม่วงมีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่เคลือบด้วยเซลแล็กอย่างเดียวแม้ว่าจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อัตราการหายใจมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงในสารเคลือบผิว ปริมาณวิตามินซีของหอมแดงที่ไม่เคลือบผิวมีการลดลงในอัตราเร็วกว่าในหอมแดงที่มีการเคลือบผิวทุกกรรมวิธี อย่างไรก็ตามสารเคลือบผิวที่มีส่วนผสมของผงมะม่วงมีแนวโน้มชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซีได้ดีกว่าการเคลือบผิวด้วยเซลแล็กเพียงอย่างเดียว การเคลือบผิวชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการไม่เคลือบผิว แต่การเพิ่มผงมะม่วง 3% (w/v) (SHL-MPP3) ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักได้ในระดับที่สูงกว่าการผสม 1% (w/v) (SHL-MPP1) ทั้งนี้ความแน่นเนื้อไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเก็บรักษาในทุกสิ่งทดลอง (ไม่แสดงข้อมูล)

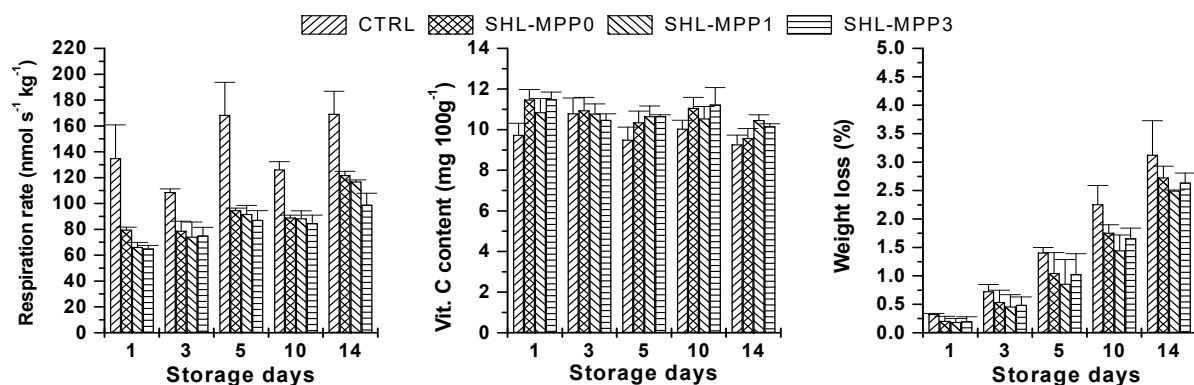


Figure 1 Effects of shellac coating material containing dried mango peel powder (1% and 3% w/v) on respiration rate, vitamin C contents and weight loss of fresh-cut shallots kept at 10°C for 14 days

ค่า L^* บริเวณรอยตัดมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ค่า L^* ของหอมแดงที่ไม่เคลือบผิวมีค่าต่ำกว่าหอมแดงที่เคลือบผิวแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างในค่า L^* ระหว่างหอมแดงที่เคลือบเซลแล็กอย่างเดียวหรือมีส่วนผสมของผงเปลือกมะม่วง (Figure 2) การเคลือบผิวทำให้ปริมาณเอทานอลในเนื้อเยื่อสูงขึ้นถึง 250 mg kg^{-1} ในช่วง 5 วันแรก จากนั้นได้ลดลงอย่างรวดเร็วและเหลืออยู่ในช่วง $25-70 \text{ mg kg}^{-1}$ เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ ในขณะที่ปริมาณเอทานอลในเนื้อเยื่อของหอมแดงที่ไม่เคลือบผิวมีค่าเท่ากับ 0 mg kg^{-1} ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 2)

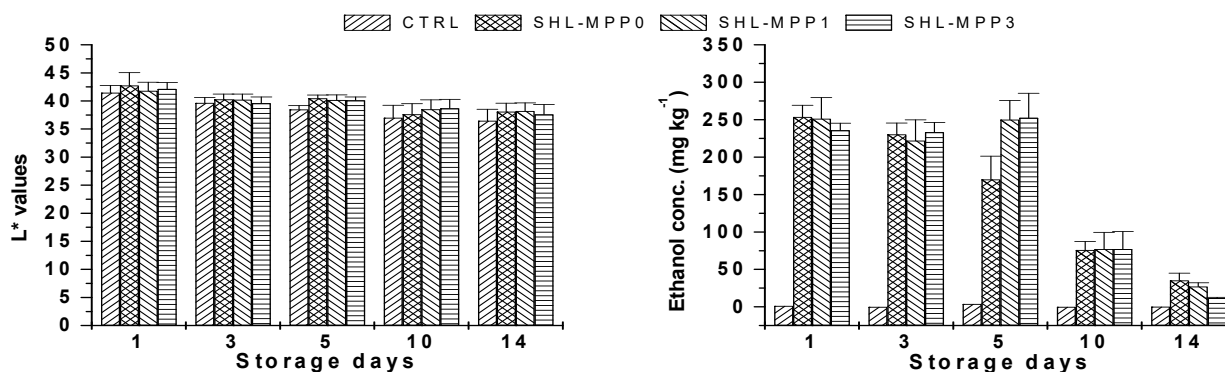


Figure 2 Effects of shellac coating material containing dried mango peel powder (1% and 3% w/v) on L* values and ethanol concentration in tissues of fresh-cut shallots kept at 10°C for 14 days

วิจารณ์ผลการทดลอง

การเคลือบผิวส่งผลให้อัตราการหายใจลดลง (Figure 1) เนื่องจากชั้นฟิล์มที่ก่อตัวขึ้นจากสารเคลือบที่บริเวณผิวหน้าของหอมแดง ส่งผลให้การแพร่ของแก๊ส O_2 จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่เนื้อเยื่อเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจเกิดขึ้นในอัตราเร็วที่ลดลง ปรากฏการณ์ดังกล่าวอธิบายด้วย Fick's law of diffusion กล่าวคือ อัตราเร็วของการแพร่ซึ่งเป็นกลไกสำคัญของการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความหนาของฟิล์ม (วีระเวทย์, 2562) และนำไปสู่การลดลงของอัตราเร็วในการแลกเปลี่ยนทั้งแก๊ส O_2 และ CO_2 (Phungam *et al.* 2018) การเพิ่มผงมะม่วงในสารเคลือบผิวเซลล์ส่งผลให้อัตราการหายใจลดลง อาจเป็นผลจากการเพิ่มความคดโค้ง หรือ tortuosity ในเส้นทางการแพร่ของแก๊สในโครงสร้างพอลิเมอร์ ดังกรณีการเพิ่มวัตถุดิบเซลลูโลสในโครงสร้างของฟิล์มสตาร์ช (Ortega *et al.*, 2017) นอกจากนี้อาจเกิดจากความต้านทานออสโมติกระหว่างผงเปลือกมะม่วงที่เซลล์กระบวนการเมแทบอลิซึมของผลิตภัณฑ์ (Rojars-Bravo *et al.*, 2019) ผลของการเคลือบผิวต่อปริมาณวิตามินซีมีทิศทางเดียวกันกับอัตราการหายใจ (Figure 1) ในขณะที่สารเคลือบผิวลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ดีกว่าชุดควบคุม แต่การเพิ่มผงมะม่วงในระดับ 3% (w/v) ทำให้สูญเสียน้ำหนักสูงกว่า 1% (w/v) หรือการใช้สารเคลือบผิวเซลล์เพียงอย่างเดียว ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าเป็นผลจากการดูดซับไอน้ำที่สูญเสียจากหอมแดงซึ่งอยู่ในชั้นสารเคลือบผิวโดยผงมะม่วงที่มีสมบัติดูดน้ำ การดูดซับทำให้ความดันลดลง จึงทำให้ความแตกต่างของความดันเพิ่มขึ้นและนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของอัตราเร็วของการแพร่ โดยระดับการดูดซับผันแปรตามปริมาณของวัตถุดิบดูดซับ (Adamson and Gast, 1997)

การเคลือบผิวชะลอการลดลงของความสว่างของรอยตัดหอมแดง (Figure 2) เนื่องจากชั้นฟิล์มชะลอการแพร่ของแก๊ส O_2 ซึ่งทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์เกิดขึ้นได้ช้าลง (Robertson, 2012) อย่างไรก็ตามการเพิ่มผงมะม่วงทำให้ความมันวาวของสารเคลือบผิวลดลงบ้าง การเคลือบผิวทำให้ปริมาณเอทานอลในเนื้อเยื่อสูงขึ้นกว่าหอมแดงที่ไม่เคลือบผิวในช่วงเวลา 5 วันแรก ซึ่งเป็นผลจากความเครียดของการเคลือบผิวที่เหนียวการสร้างสารให้กลิ่นรสและเอทานอล (Kato-Noguchi and Watada, 1997) การลดลงของเอทานอลในช่วงท้ายอาจเป็นผลจากการระเหยสู่บรรยากาศและ/หรือการเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ เช่น เอทิลแอสีเตต โดยเอนไซม์ alcohol acyl transferase (AAT) (Jin *et al.* 2013)

สรุปผลการทดลอง

สารเคลือบผิวเซลล์ที่มีส่วนผสมของผงมะม่วงแก้วขมิ้น 1% (w/v) มีศักยภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอมแดงดัดแปลง ในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้ผงเปลือกมะม่วงเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากของเหลือในภาคเกษตรต่อไป ผลการวิจัยนี้สนับสนุนความรู้ด้านการยกระดับสมบัติเชิงหน้าที่ของสารเคลือบผิวด้วยสารเติมแต่ง และควรมีการศึกษาต่อไป เช่น สมบัติด้านออสโมติกระ หรือการประยุกต์ใช้ผงเปลือกมะม่วงกับสารเคลือบผิวประเภทอื่นๆ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานความร่วมมือเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศ กระทรวงต่างประเทศ และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์การวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- วนันันท์ งามชัย, พงศธร ชัยสวัสดิ์, เกษม เปนาละวัด, วิวัฒน์วงศ์ บุญหนุน และกาญจน์เกล้า พลเคน. 2562. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกหอมแดงในพื้นที่ชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ 18(3): 118-123.
- วีรเวทย์ อุทโร. 2562. การบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดีแปรแอคทีฟสำหรับผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 192 หน้า.
- วีรเวทย์ อุทโร, เอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด และเรวัติ ชัยราช. 2555. การพัฒนาของควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลสำหรับมะละกอสุกสด. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30: 39-49.
- Adamson, A.W. and G.A. Gast. 1997. Physical Chemistry of Surfaces. 6th edition. Wiley & Son Ltd. 808 p.
- Jin, Y.Z., D.Q. Lv, W.W. Liu, H.Y. Qi and X.H. Bai. 2013. Ethanol vapor treatment maintains postharvest storage quality and inhibits internal ethylene biosynthesis during storage of oriental sweet melons. Postharvest Biology and Technology 86: 372-380.
- Kato-Noguchi, H. and A.E. Watada. 1997. Effects of low oxygen atmosphere on ethanolic fermentation in fresh-cut carrots. Journal of the American Society of Horticultural Science 122: 107-111.
- Ortega, F., L. Giannuzzi, V.B. Arce, and M.A. Garcia. 2017. Active composite starch films containing green synthesized silver nanoparticles. Food Hydrocolloids 70: 152-162.
- Phungam, N., W. Utto and R. Pruthikul. 2018. Interaction between surface coating using cabbage leaf wax extract and temperature on water vapour and gas exchange properties of fresh okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). International Food Research Journal 25(5): 1885-1892.
- Robertson, G.L. 2012. Food Packaging. Principles and Practice. 3rd edition. CRC Press. 568 p.
- Rojas-Bravo, M., E.G. Rojas-Zenteno, P. Hernandez-Carranza, R. Avila-Sosa, R. Aguilar-Sanchez, I.I. Ruiz-Lopez and C.E. Ochoa-Velasco. 2019. A potential application of mango (*Mangifera indica* L. cv Manila) peel powder to increase the total phenolic compounds and antioxidant capacity of edible films and coatings. Food and Bioprocess Technology 12: 1584-1592.
- Torres-León, C., A.A. Vicente, M.I. Flores-López, R. Rojas, L. Serna-Cock, O.B. Alvarez-Perez and C.N. Aguilar. 2018. Edible films and coatings based on mango (var. Ataulfo) by-products to improve gas transfer rate of peach. LWT-Food Science and Technology 97: 624-631.
- Utto, W., P. Rittirong, P. Malila, A. Noomhorm and J.E. Bronlund. 2018. Delaying microbial proliferation in freshly peeled shallots by active packaging incorporating ethanol vapour-controlled release sachets and low storage temperature. Food Science and Technology International 24(2): 132-144.

ผลของสารเคลือบผิวไขผึ้งต่อคุณภาพของส้มซ่าระหว่างการขนส่งแบบจำลอง
Effect of Bee Wax Coatings on Quality of Sour Orange (*Citrus aurantium*) during
Simulated Transportation

ศรัณยา เพ่งผล¹ ณัฐชา ชื่นเนียม¹ และวิลาววลย์ คำปวน²
Sarunya Pengphol¹, Natcha Chuenniam¹ and Wilawan Kumpoun²

Abstract

Effect of bee wax coating on quality during simulated transportation at 29°C was investigated. The experimental design was a Completely Randomized Design (CRD) with 7 treatments (3 replicates): unwashed, washed, bee wax coating concentration at 4 and 6%, bee wax coating concentration at 4% with antifungal, commercial coating (Teva) and plastic wrap (polyethylene). Then fruit were packed in the cardboard boxes, after that transport qualities were analysis every 3 days. It was found that the sour orange of unwashed and polyethylene plastic wrap treatments had storage time 12 days, while the coating treatments can extend shelf life of the orange up to 15 days. In addition, the 6% bee wax coating was reduced weight loss and slow down the yellowing of the peel. Treatment of 4% bee wax coating with anti-fungal had the highest score of consumer sensory such as color, flavor and freshness, followed by 6% bee wax coating treatment. However, total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TA) in sour orange of all treatments were not significantly throughout transportation time.

Keywords: bee wax coating, sour orange, transportation

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารเคลือบผิวไขผึ้งต่อคุณภาพของส้มซ่าระหว่างการขนส่งแบบจำลองที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design (CRD)) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี (3 ซ้ำ) ได้แก่ ไม่ล้างผล ล้างผล การเคลือบผิวด้วยไขผึ้งความเข้มข้น 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ การเคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 4 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารกันรา การเคลือบผิวทางการค้า (Teva) และการหุ้มผลด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนชนิดยืด จากนั้นบรรจุผลส้มซ่าในกล่องกระดาษ และทำการวิเคราะห์คุณภาพของส้มซ่าระหว่างการขนส่งทางไปรษณีย์ทุก 3 วัน พบว่า กรรมวิธีไม่ล้าง และการใช้พลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดยืดยืดมีอายุการเก็บรักษาเพียง 12 วัน ในขณะที่กรรมวิธีที่เคลือบผิวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มซ่าได้ถึง 15 วัน นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่ากรรมวิธีที่เคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 6 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและการเกิดสีเหลืองของเปลือกได้ ส่วนกรรมวิธีเคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 4 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารกันราจะมีคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคด้านสี กลิ่น และความสดมากที่สุด รองลงมาคือ กรรมวิธีที่เคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 6 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) ของผลส้มซ่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการขนส่ง

คำสำคัญ: สารเคลือบผิวไขผึ้ง ส้มซ่า การขนส่ง

คำนำ

ส้มซ่า (Seville orange) มีผลกลมเส้นผ่านศูนย์กลางผลประมาณ 5-8 เซนติเมตร เปลือกผลหนา ผิวขรุขระมีกลิ่นหอม ผลดิบสีเขียว ผลสุกสีเหลือง เนื้อฉ่ำน้ำ รสเปรี้ยวปนหวาน ในปัจจุบันมีการใช้สารเคลือบผิวกันอย่างแพร่หลายเพื่อยืดอายุผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะส้ม ซึ่งสารเคลือบผิวหรือไข (wax) คือสารในกลุ่มลิพิด (lipid) ไขที่พบในธรรมชาติเป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและเป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเพียงหมู่เดียว (monohydric alcohol) มีจุดหลอมเหลวสูง เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ได้แก่ ไขที่ผลิตจากส่วนผสมจากพืช เช่น

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

¹ Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, 60000

² สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

คาร์นุบา (carnuba) แคนเดิลลิลลา (candelilla) ไขที่ผลิตจากสัตว์ ได้แก่ เชลแล็ก (shellac) และไขผึ้ง (bee wax) โดยไขผึ้งเป็นไขมันธรรมชาติที่ได้จากผึ้ง ไม่เป็นพิษต่อผู้บริโภค ส่วนใหญ่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังมีการนำเอาไขผึ้งมาเป็นส่วนประกอบของสารเคลือบผิวผลไม้ พบว่า สามารถลดอัตราการสูญเสียได้ดี แต่มีความมันวาวน้อยกว่าสารเคลือบผิวที่ทำจากเชลแล็ก และปิโตรเลียมแว็กซ์ การใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้ทำให้ผลผลิตคงความสด เนื่องจากสารเคลือบผิวช่วยลดอัตราการคายน้ำออกจากผล นอกจากนี้ยังทำให้ผลผลิตเกิดความมันวาวสวยงาม และสามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกด้วย แต่การใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้แต่ละชนิดก็มีข้อจำกัด เนื่องจากผลไม้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสรีรวิทยา ซึ่งประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดหรือส่วนผสมของสารเคลือบผิว ความหนาในการเคลือบ ชนิดและขนาดของผลไม้ อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา ระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งผู้ประกอบการจำเป็นต้องพิจารณาเลือกใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้แต่ละชนิด โดย วิลาวัลย์ และจำนงค์ (2553) ได้ศึกษาผลของการนำเอาไขผึ้งมาใช้เพื่อเป็นสารเคลือบผิวสำหรับเคลือบผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ผลิตจาก 2 แหล่งผลิต โดยใช้สารเคลือบผิวที่มีส่วนผสมของไขผึ้งในปริมาณต่าง ๆ มาเคลือบบนผิวมะม่วง เปรียบเทียบกับสารเคลือบผิวที่มีจำหน่ายทางการค้าและชุดควบคุมที่ไม่เคลือบผิว ก่อนนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25°C พบว่า สารเคลือบผิวที่มีส่วนผสมของไขผึ้งเหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ได้ดี และสามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้นานกว่าชุดควบคุมที่มีการสูญเสีย น้ำและมีการเกิดโรคสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำสารเคลือบผิวไขผึ้งความเข้มข้นต่าง ๆ มาเคลือบผิวผลส้มซ่าสด เพื่อวิเคราะห์คุณภาพในระหว่างการขนส่งแบบจำลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาค้นคว้าของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพระหว่างการขนส่งของส้มซ่าที่อุณหภูมิห้อง (29°C) โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบไปด้วย 7 กรรมวิธี (3 ซ้ำ) ดังนี้ 1) ไม่ล้าง 2) ล้าง 3) ล้าง + สารเคลือบผิวไขผึ้ง 4% 4) ล้าง + สารเคลือบผิวไขผึ้ง 6% 5) ล้าง + สารเคลือบผิวไขผึ้ง 4% + สารกันรา 6) ล้าง + สารเคลือบผิวทางการค้า (Teva) และ 7) หุ้มผลด้วยพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดยืด จากนั้นหุ้มผลส้มซ่าแต่ละกรรมวิธีด้วยตาข่ายโพรหม่อนผลไม้แล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษสภาพเหมือนการขนส่งทางไปรษณีย์แบบจำลองที่อุณหภูมิ 29°C และวิเคราะห์ผล การทดลองระหว่างการขนส่ง ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก (%) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) การเกิดสีเหลือง โดยทำการเปรียบเทียบพื้นที่เกิดสีเหลืองจากพื้นที่ทั้งหมดของผล (%) และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านสี กลิ่น และรสชาติ โดยวิเคราะห์คุณภาพทุก 3 วัน เป็นระยะเวลา 15 วัน จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ในโปรแกรม (Statistical Package for the Social Science for Windows, SPSS)

ผล

จากการศึกษาค้นคว้าของสารเคลือบผิวไขผึ้งต่อคุณภาพส้มซ่าระหว่างการขนส่งที่อุณหภูมิ 29°C พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่ง และส้มซ่ากรรมวิธีไม่ล้างและหุ้มด้วยพลาสติกยืดมีอายุการเก็บรักษาเพียง 12 วัน และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน พบว่าผลส้มซ่าในกรรมวิธีที่ผ่านการล้างมีการสูญเสียน้ำหนักของผลมากที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่เคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 6% มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Figure 1A) นอกจากนี้การทดลองยังพบว่าผลส้มซ่าทุกกรรมวิธีมีเปลือกผลเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ผลของส้มซ่าที่ไม่ได้เคลือบผิว 2 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีไม่ล้าง และกรรมวิธีล้าง พบการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของเปลือกมากกว่าผลส้มซ่าที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ผลส้มซ่าที่เคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 6% และที่เคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 4% ร่วมกับสารกันรา มีแนวโน้มการเกิดสีเหลืองน้อยที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Figure 1B และ Figure 2)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของส้มซ่าทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 3) ขณะที่ผลส้มซ่าที่เคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 4% ร่วมกับสารกันรา มีคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคด้านสี กลิ่น และรสชาติมากที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา 15 วัน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 4)

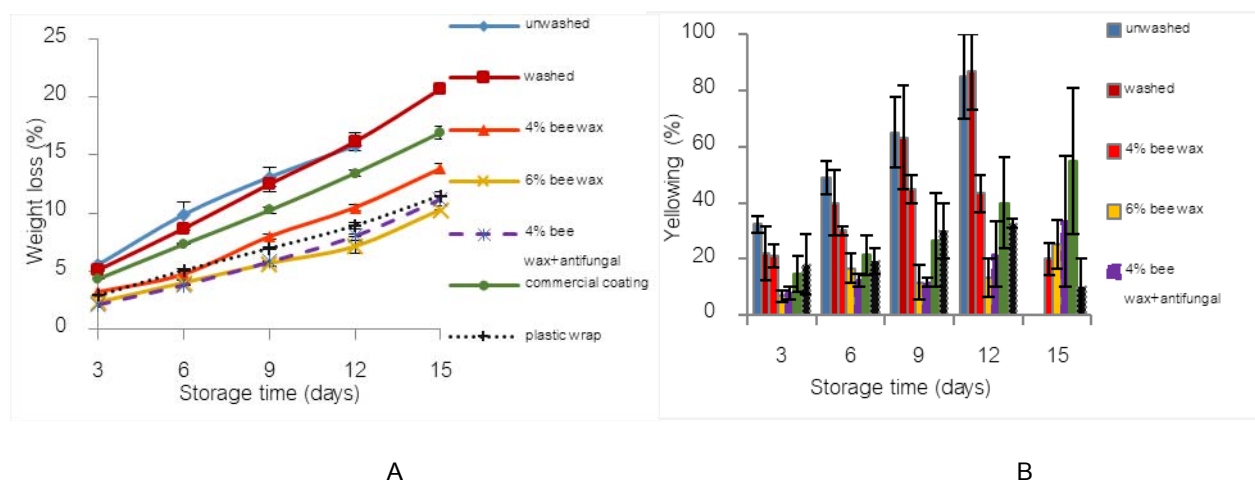


Figure 1 Weight loss (A) and peel yellowing (B) of sour orange with difference coating materials during simulated transportation at 29°C.

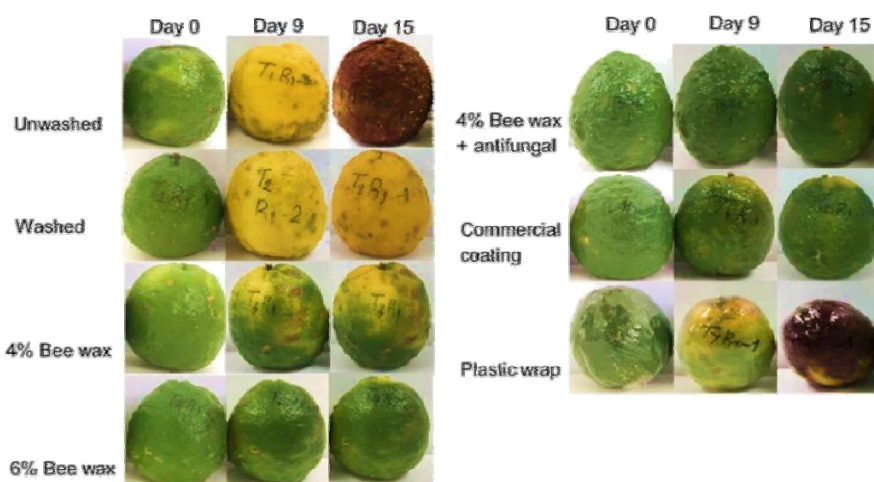


Figure 2 Appearance of sour orange coating with difference materials during simulated transportation at 29°C.

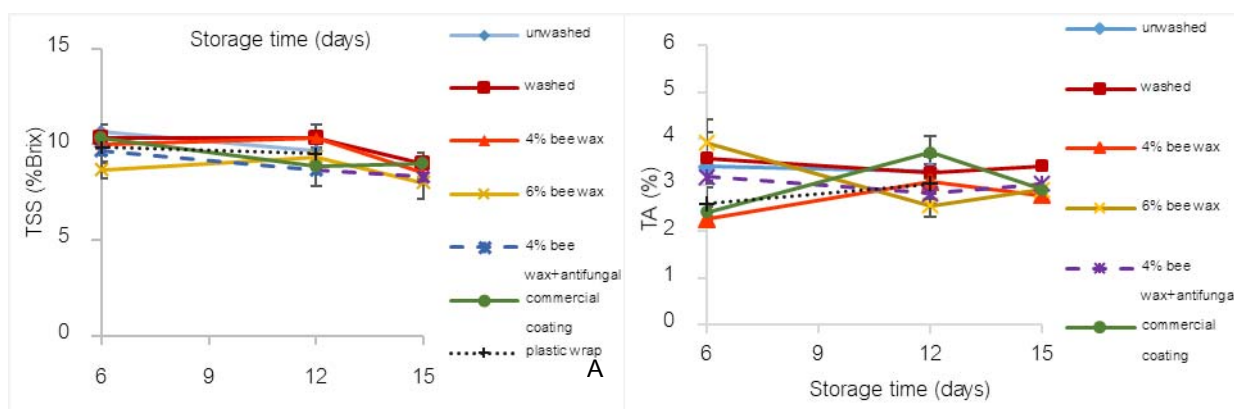


Figure 3 Total soluble solids (A) and titratable acidity (B) of sour orange coated with difference coating materials during simulated transportation at 29°C.

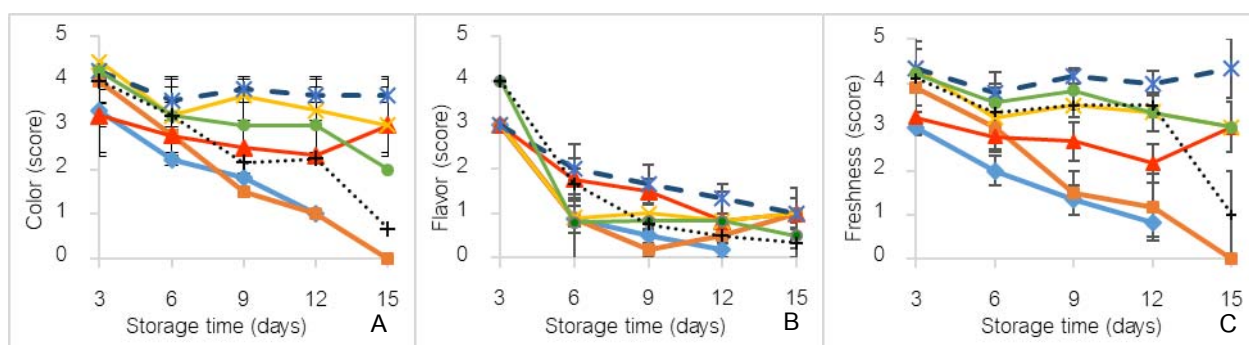


Figure 4 Sensory evaluation of color (A), flavor (B) and freshness (C) of sour orange coated with difference coating materials during simulated transportation at 29°C.

วิจารณ์ผล

การเคลือบผิวผลส้มด้วยไขผึ้งซึ่งเป็นสารเคลือบผิวจากธรรมชาติสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวสามารถปิดช่องเปิดต่างๆ เช่น ปากใบ และเลนติเซล จึงทำให้มีการคายน้ำลดลง (สายชล, 2538) นอกจากนี้สารเคลือบผิวตามธรรมชาติยังช่วยลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ส่งผลให้กระบวนการหายใจช้าลง ผลไม้จึงมีลักษณะปรากฏที่ดี (กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) จากการทดลองพบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 6% มีการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มที่น้อยที่สุด เนื่องจากสารเคลือบผิวมีปริมาณไขผึ้งมากกว่ากรรมวิธีอื่น จึงมีผลทำให้เกิดการคายน้ำออกนอกผลน้อยกว่า โดยปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารเคลือบผิวกับผลส้มแต่ละชนิด ได้แก่ ความแตกต่างของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด และความเข้มข้น เนื่องจากผลไม้มีธรรมชาติเคลือบผิวอยู่แล้ว ซึ่งปริมาณอาจแตกต่างกัน การใช้สารเคลือบผิวกับผลส้มอีกครั้งหนึ่งต้องใช้ในการความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงจะสามารถรักษาคุณภาพ เช่น การสูญเสีย น้ำของผลส้มได้ดี นอกจากนี้การเคลือบผิวมีผลชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ อาจเนื่องมาจากการใช้สารเคลือบผิวมีผลลดหรือชะลอปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ภายในผลส้มได้ สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้วิธีการลดปริมาณออกซิเจนลงเพื่อชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ได้ (จวิฑูรย์, 2541) ทั้งนี้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลส้มที่ไม่ล้างและหุ้มผลด้วยพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดยืดมีอายุการเก็บรักษาเพียง 12 วัน โดยผลส้มที่ไม่ล้างทำความสะอาดอาจมีเชื้อติดมาทำให้เกิดการเน่าเสีย ส่วนผลส้มที่หุ้มผลด้วยพลาสติกชนิดยืดเกิดสภาพดัดแปลงบรรยากาศภายในผลทำให้การคายน้ำ การหายใจ และการแลกเปลี่ยนเข้าออกของแก๊สภายในและภายนอกไม่ปกติ จึงส่งผลทำให้เกิดลักษณะผิดปกติของผลส้ม แต่จากการทดลองใช้สารเคลือบผิวไขผึ้งทุกกรรมวิธี พบว่า มีปริมาณ TSS และ TA ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับ Kumpoun and Uthaibutra (2018) ซึ่งใช้สารเคลือบผิวไขผึ้งเคลือบผิวมะนาวพันธุ์แป้นที่ผลิตจาก 2 แหล่งผลิตในพื้นที่สูง และพื้นที่ลุ่ม พบว่า การเคลือบผิวด้วยไขผึ้งความเข้มข้น 6% สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของมะนาวพันธุ์แป้นทั้ง 2 แหล่งผลิตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับมะนาวที่ไม่ได้เคลือบผิว แต่การเคลือบผิวไม่มีผลต่อปริมาณ TSS และ TA ของมะนาว

สรุป

การเคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 6% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้ม และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นเกิดสีเหลืองได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธี สำหรับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 4% ร่วมกับสารกันราที่มีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด รองลงมาคือกรรมวิธีที่เคลือบผิวด้วยไขผึ้ง 6% โดยการเคลือบผิวไม่มีผลต่อปริมาณ TSS และ TA ตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกลุ่มผู้ผลิตส้มจากจังหวัดอุทัยธานี และขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสารเคลือบผิวไขผึ้งในการทำวิจัยใน และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืชและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557. งานวิจัยสารเคลือบผิวผลไม้ยืดระยะเวลาในการสุกตัวลดการสูญเสียจากการขนส่งสินค้าในระยะเวลานาน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://oldweb.most.go.th/main/index.php/org/40_50.html. (18 กรกฎาคม 2563).
- จรัสแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 396 น.
- วิลาวัลย์ คำปวน และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2553. การใช้ไขผึ้งเป็นสารเคลือบผิวสำหรับผลมะม่วงน้ำดอกไม้จาก 2 แหล่งผลิต. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1): 130-133.
- สายชล เกตุษา. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลัง การเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ. นครปฐม. 364 น.
- Kumpoun, W. and J. Uthaiutra. 2018. Shelf and storage life extension by beeswax coating for 'Pan' lime fruit from two production locations. Acta Horticulturae 1213: 171-176.

ผลจากความไม่ต่อเนื่องของห่วงโซ่ความเย็นต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดคอส

Effect of Breaking the Cold Chain on Postharvest Quality of Cos Lettuce

วรินทร์ มณีวรรณ^{1,2} ดามร บัณฑุรัตน์^{1,2,3} และ วิบูลย์ ช่างเรือ^{1,2,3}Warintorn Maneewan^{1,2} Damorn Bundhurat^{1,2,3} and Viboon Changrue^{1,2,3}

Abstract

The quality changes of trimmed cos lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) packaged in a polyethylene bag were studied. Subsequently, cos lettuce was stored 4 °C, RH >80% . Simulated summer interruptions in Thailand at 35 °C for 15 and 30 minutes, respectively. Quality changes were evaluated everyday until the qualities were unacceptable by trained panelists. The qualities evaluated were percentage of weight loss, change in chlorophyll contents and color changes. The results revealed that in broken cold chain condition resulted in decreasing shelf life of cos lettuce from 5 days to 3 days after harvested with increasing weight loss throughout the storage. Cos lettuce in cold chain condition exhibited increasing in chlorophyll contents during the first 2 days of storage and gradually decreased at a later time. Total chlorophyll content of cos lettuce in broken cold chain at 35 °C for 15 and 30 minutes declined over the shelf life. The color of the leaves had changed from green to brown and began to deteriorate. This study indicated that the lack of cold chain had an effect on reducing in quality of cos lettuce.

Keywords: cos lettuce, quality change, cold chain

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักสลัดคอส (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) ที่ผ่านการตัดแต่งและบรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนโดยเก็บรักษาผักสลัดคอสที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และจำลองการขาดตอนในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 30 นาที ตามลำดับ วัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุกวันจนคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว คุณภาพที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงปริมาณของคลอโรฟิลล์ และการเปลี่ยนแปลงสี พบว่าผักสลัดคอสที่ผ่านการขาดตอนของห่วงโซ่ความเย็นมีอายุการวางจำหน่ายลดลงเหลืออยู่ 3 วัน จากเดิมที่มีอายุการวางจำหน่าย 5 วัน นับตั้งแต่วันเก็บเกี่ยว และมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ผักสลัดคอสที่ไม่ผ่านการขาดตอนของห่วงโซ่ความเย็นมีปริมาณของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษาและค่อยๆลดลงในเวลาต่อมา มีปริมาณของคลอโรฟิลล์ลดลงตลอดอายุการวางจำหน่าย มีการเปลี่ยนแปลงสีของใบในลักษณะคล้ำและซีดจางลง เกิดการเน่าเสียที่บริเวณรอยตัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการขาดตอนของห่วงโซ่ความเย็นมีผลต่อการลดลงของคุณภาพของผักสลัดคอส

คำสำคัญ: สลัดคอส การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ห่วงโซ่ความเย็น

คำนำ

ผักสลัดคอส (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) นิยมนำมาบริโภคเป็นผักสด เป็นผักที่มีปริมาณน้ำเยอะ 70-95% (Noumedem et al., 2017) ทำให้เกิดการบอบช้ำง่าย ส่งผลต่อคุณภาพของผักและอายุการวางจำหน่าย โดยอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผัก ปัจจุบันมีการนำระบบห่วงโซ่ความเย็นเข้ามาควบคุมคุณภาพการเก็บรักษาผลผลิตให้เหมาะสมตั้งแต่กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงมือผู้บริโภค เพื่อให้ผลผลิตคงคุณภาพสูงและช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาในการจัดการห่วงโซ่ความเย็นมักจะมีขั้นตอนที่จัดการรักษาความเย็นได้ยาก เช่น การเคลื่อนย้ายผักจากห้องเย็นไปยังรถขนส่งและการเคลื่อนย้ายผักจากรถขนส่งไปยังชั้นวางจำหน่าย ซึ่งมักมีการตั้งรอผลผลิตที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา

¹ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹ Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, กรุงเทพฯ 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

³ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200

³ Chiang Mai University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

หนึ่ง อย่างไรก็ตาม ยังไม่มี มาตรฐานการทำงานที่แน่นอนที่ระยะเวลาที่อนุญาตให้การวางผลผลิตผักแต่ละชนิดใน อุณหภูมิห้องโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิต ด้วยเหตุนี้การวิจัยผลจากความไม่ต่อเนื่องของห่วงโซ่ความเย็นต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาผลผลิตผักจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาการจัดการกระบวนการขนส่งผลผลิตผักภายใต้ห่วงโซ่ความ เย็นให้มีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่เพื่อให้เกิดความคุ้มค่ากับการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูงและเป็นแนวทาง ปฏิบัติที่ดีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผักสลัดคอสที่ผ่านการตัดแต่งและบรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนจากห้องเย็นโรงคัดบรรจุโครงการหลวงแม่เหิยะ บรรจุใส่กล่องโฟมที่มีสารเก็บความเย็นขนส่งมาที่ห้องทดลอง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ชุด คือ 1.ชุดควบคุม 2. ชุดทดลอง โดยในตัวอย่างชุดทดลองจะทำการขาดตอนของห่วงโซ่ความเย็นที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 30 นาที ตามลำดับ เก็บรักษาตัวอย่างทั้ง 2 ชุด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ วัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุกวันจนคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว คุณภาพที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักตามวิธีของ Tao *et al.* (2006) โดยชั่งน้ำหนักสดของผักสลัดคอสโดยใช้เครื่องชั่งแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วนำมาคำนวณหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงปริมาณของคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ตามวิธีของ Witham *et al.* (1971) และการเปลี่ยนแปลงสี โดยทำการวัดค่าสีบริเวณใบของผักสลัดคอสโดยทำการกำหนดจุดวัดของผักหัวละ 2 จุด ทำการทดลอง 10 ตัวอย่าง/ชุดการทดลอง โดยการวัดค่าสีนี้จะใช้เครื่อง CR-300 ของบริษัท Minolta หัววัด รุ่น CR-310 วัดสีออกมาเป็นค่า L*, Chroma และ Hue angle

ผล

ผักสลัดคอสในชุดควบคุมสามารถเก็บรักษาได้ 5 วัน ส่วนผักสลัดคอสในชุดทดลองสามารถเก็บรักษาได้ 3 วัน มีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผักสลัดคอสที่ผ่านการขาดตอนของห่วงโซ่ความเย็นที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 4.82% รองลงมาคือผักสลัดคอสที่ผ่านการขาดตอนของห่วงโซ่ความเย็นที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 3.91% และผักสลัดคอสในชุดควบคุม มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.92% ตามลำดับ (Figure 1) การเปลี่ยนแปลงปริมาณของคลอโรฟิลล์พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.12-0.30 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด มีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลองตลอดการเก็บรักษาแต่ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา ผักสลัดคอสในชุดควบคุมจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นและค่อยๆ ลดลงในเวลาต่อมาจนหมดอายุการเก็บรักษา (Figure 2) การเปลี่ยนแปลงสีของใบ พบว่าค่า L* ในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก มีค่าอยู่ในช่วง 48.39 – 49.86 ค่า Chroma พบว่าผักสลัดคอสในชุดการทดลองที่ผ่านการขาดตอนของห่วงโซ่ความเย็น มีค่าอยู่ในช่วง 11.92 – 12.98 ต่ำกว่าชุดควบคุมที่มีค่าอยู่ในช่วง 14.71 – 16.93 และค่า Hue angle พบว่าผักสลัดคอสในทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 128 – 137 อยู่ในช่วงของสีเขียว แต่พบว่าผักสลัดคอสที่ผ่านการขาดตอนของห่วงโซ่ความเย็นมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย (Figure 3)

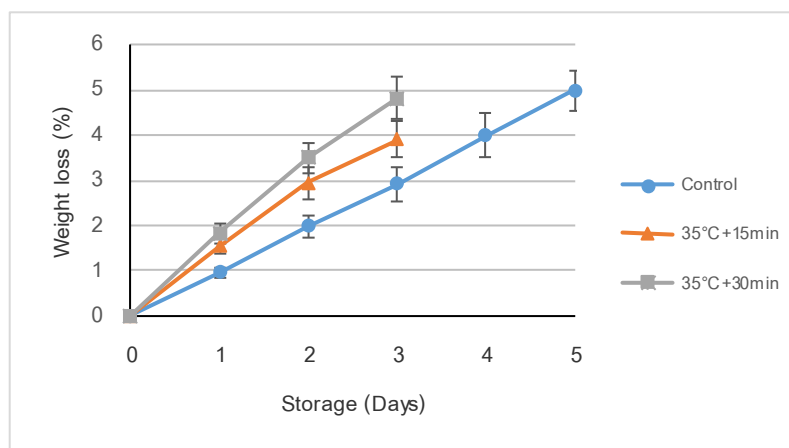


Figure 1 The percentage of weight loss in cos lettuce storage at 4 °C RH>80%

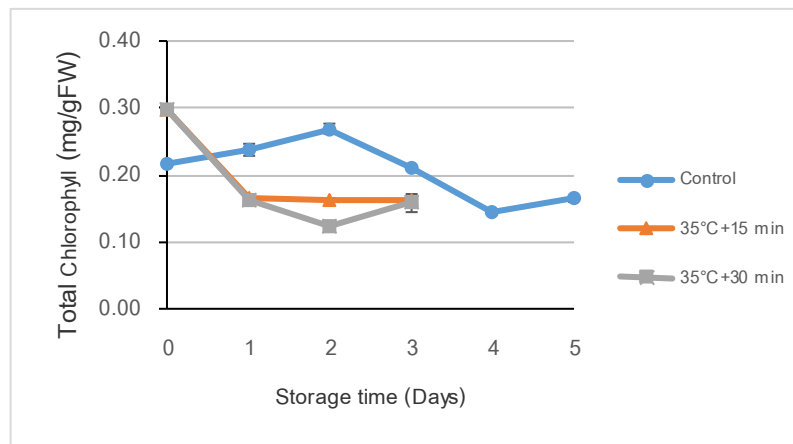


Figure 2 The percentage of total chlorophyll content in cos lettuce storage at 4 °C RH>80%

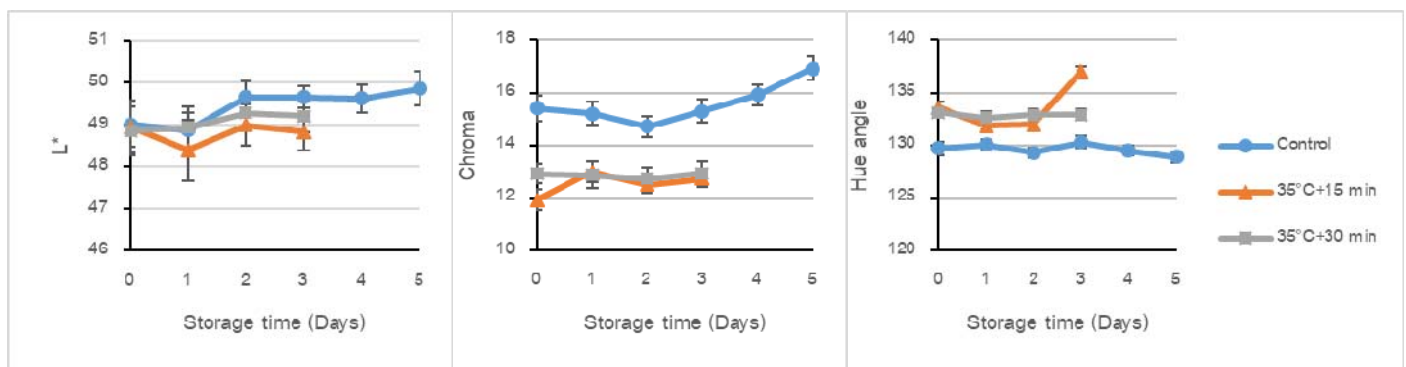


Figure 3 Colour change ($L^* C^* h^\circ$) in cos lettuce storage at 4 °C RH>80%

วิจารณ์ผล

การประเมินอายุการวางจำหน่ายของผักสลัดคอส ได้พิจารณาจากคุณภาพโดยรวมพบว่าสาเหตุหลักมาจากการเหี่ยวของใบสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยจริงแท้ (2538) ได้รายงาน ว่า ผักรับประทานใบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ อ่อนนิ่ม บอบช้ำง่าย มีอัตราการหายใจและการคายความร้อนสูง ส่งผลให้ผักเสื่อมสภาพได้ง่าย โดยผักแสดงอาการ ใบช้ำ เน่า หักม่วง เหี่ยว และเหลืองจึงไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ส่วนการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าสี ($L^* C^* h^\circ$) พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้นส่งผลให้ความสดของผักสลัดคอสลดลง เกิดการซีดจาง และมีการเกิดสีเขียวในลักษณะที่คล้ำขึ้นเนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จึงเกิดการพัฒนาสีเหลืองขึ้น (Mutui *et al.*, 2021)

สรุป

ความไม่ต่อเนื่องของห่วงโซ่ความเย็นมีผลต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดคอส โดยทำให้มีอายุการวางจำหน่ายลดลงเหลือ 3 วัน จาก 5 วัน มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม การเปลี่ยนแปลงสีของใบไม่แตกต่างกันมากโดยจะเกิดในลักษณะการเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำขึ้น และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงตั้งแต่วันที่แรกของการเก็บรักษา

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับการสนับสนุนทุนศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จรัสแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 398 หน้า
- Mutui, T.M., H. Mibus and M. Serek. 2012. Effect of meta-topolin on leaf senescence and rooting in *Pelargonium x hortorum* cuttings. *Postharvest Biology and Technology* 63(1): 107-110.
- Noumedem, J.A.K., D.E. Djeussi, L. Hritcu, M. Mihasan and V. Kuate. 2017. *Lactuca sativa*. pp.437-449. In: K. Victor (Ed.). Medicinal spices and vegetables from Africa. Academic Press, Cameroon.
- Tao, F., M. Zhang, Y. Hangqing and S. Jincan. 2006. Effects of different storage conditions on chemical and physical properties of white mushrooms after vacuum cooling. *Journal of Food Engineering* 77(3): 545-549.
- Whitham, F.H., D.H. Blaydes, R.M. Devin and D. Van. 1971. Experiments in Plant Physiology. Nostrand company, New York. 245 pp.

ผลของการดองชาลิคและเมทิลจัสโมเนตต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของใบโหระพา
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Effect of Oxalic Acid and Methyl Jasmonate on Quality and Storage Life of Sweet Basil During
Low Temperature Storage

อินทิรา ลิจันพอร์¹ นันทชนก นันทะไชย¹ และปาลิดา ตังอนุรัตน์¹

Intira Lichanporn¹, Nanchanok Nantachai¹ and Palida Tunganurat¹

Abstract

This research aimed to study the effect of oxalic acid (OA) and methyl jasmonate (MeJA) on quality and storage life of sweet basil. The herbs were dipped in 6 mM OA or MeJA for 5 min and were compared with the untreated herbs (control). They were air-dried and placed in polyethylene plastic bags and then stored $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 8 days. Greenness ($-a^*$), total chlorophyll, wiltness, chilling injury, weight loss, malondialdehyde (MDA), polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) were monitored. The sweet basil dipped in OA or MeJA showed delaying color change ($-a^*$), wiltness, chilling injury and weight loss, compared to the control herb. The sweet basil dipped in OA or MeJA maintained a higher total chlorophyll than the control after 8 days in storage. The activities of PPO and POD and MDA content of the sweet basil dipped in OA or MeJA were lower than those of the control. Dipping in MeJA had the highest influence on reducing chilling injury, wiltness, weight loss and PPO activity during storage. MeJA treatment was effective in maintaining the quality of sweet basil up to 8 days of low temperature storage. The highest storage life was observed in MeJA treatment (8 days), while they were only 6 and 4 days in OA and control, respectively.

Keywords: chilling injury, oxalic acid, methyl jasmonate, sweet basil

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการดองชาลิค และเมทิลจัสโมเนตต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของใบโหระพา โดยทำการจุ่มใบโหระพาในการดองชาลิคหรือเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 6 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 นาที และเปรียบเทียบกับโหระพาที่ไม่จุ่มสารละลาย (ชุดควบคุม) ปล่อยให้แห้ง บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน ศึกษาค่าสีเขียว ($-a^*$) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ดัชนีการเหี่ยว อาการชะงักหนาว การสูญเสียน้ำหนัก มอลอนไดอัลดีไฮด์ (MDA) เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POD) พบว่าใบโหระพาที่จุ่มด้วยการดองชาลิคหรือเมทิลจัสโมเนตชะลอการเปลี่ยนสีเขียว ($-a^*$) ดัชนีการเหี่ยว อาการชะงักหนาว และการสูญเสียน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โหระพาที่จุ่มด้วยการดองชาลิคหรือเมทิลจัสโมเนตมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าชุดควบคุมในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเพอร์ออกซิเดส และปริมาณมอลอนไดอัลดีไฮด์ของใบโหระพาที่จุ่มด้วยการดองชาลิคหรือเมทิลจัสโมเนตมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม การจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนตให้ผลดีที่สุดในการลดอาการชะงักหนาว ดัชนีการเหี่ยว การสูญเสียน้ำหนัก และกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษา การใช้เมทิลจัสโมเนตมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของใบโหระพาได้นานถึง 8 วันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยชุดที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนตมีอายุการเก็บรักษาสูงสุด 8 วัน ขณะที่ชุดที่จุ่มด้วยการดองชาลิคและชุดควบคุมมีอายุเพียง 6 และ 4 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: อาการชะงักหนาว กรดออกซาลิก เมทิลจัสโมเนต โหระพา

คำนำ

ใบโหระพาเป็นสมุนไพรที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพและมีสรรพคุณทางยา ช่วยป้องกันและรักษาโรคหรืออาการต่าง ๆ เช่น ปวดหัว ไอ ท้องผูก โรคท้องร่วง หูด และความผิดปกติของไต (Giron *et al.*, 1991) ใบสดใช้เป็นเครื่องปรุงหรือเครื่องเทศใน

¹สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

¹ Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Bangkok 12130

ซอสสตูว์ สลัดผักดอง น้ำส้มสายชู และน้ำมันหอม นอกจากนี้ยังนำไปโหระพามาใช้ประดับตกแต่งจานอาหาร (Brown, 1991) ในอาหารไทยใช้ใบอ่อนและยอดอ่อนเป็นผักสดเสิร์ฟพร้อมกับอาหารรสเผ็ด เช่น ลาบ ก๋วยเตี๋ยวเนื้อหรือแกงเผ็ด นอกจากนี้ใบโหระพายังเป็นแหล่งสำคัญของคลอโรฟิลล์ สารต้านอนุมูลอิสระ และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค แต่ใบโหระพามีอายุการเก็บรักษาสั้น ใบเหี่ยว และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เกิดอาการสะท้อนหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ถ้ามีสภาพการเก็บรักษาและการขนส่งที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลเสียต่อคุณภาพและอายุการวางจำหน่าย (Aharoni *et al.*, 2010) มีรายงานการใช้กรดออกซาลิก และเมทิลจัสโมเนตเพื่อลดอาการสะท้อนหนาว การเกิดสีน้ำตาล และการยืดอายุการเก็บรักษาในมะม่วง (Ding *et al.*, 2007) ผลท้อ (Zheng *et al.*, 2007) และฝรั่ง (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2004) โดยกรดออกซาลิก กระตุ้นการทำงานของระบบป้องกันตนเองในสภาวะเครียดและสามารถยับยั้งเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถที่จะทำงานได้ รวมทั้งกรดออกซาลิกยังสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสที่สกัดได้จากเห็ด (Son *et al.*, 2001) และขึ้นฉ่าย (Aydemir and Akkanl, 2006) ส่วนเมทิลจัสโมเนตสามารถกระตุ้นให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในการป้องกันตัวเอง (Cheong and Choi, 2003) และควบคุมการเกิดอาการสะท้อนหนาวในผลมะม่วง (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2004) มีการใช้กรดอินทรีย์นี้ในการรักษาคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและจัดเป็นสารเคมีที่มีความปลอดภัย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดออกซาลิกและเมทิลจัสโมเนตต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาใบโหระพาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวโหระพาจากต้นที่มีอายุ 60 วันนับตั้งแต่ปลูก และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร ตัดแต่งกิ่งให้มีความยาว 15-20 เซนติเมตร และตัดใบที่มีด้านนอก ทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำกิ่งโหระพาลงในสารละลายกรดออกซาลิกหรือเมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้นดังนี้ สิ่งทดลองที่ 1 ไม่จุ่มสาร (ชุดควบคุม) สิ่งทดลองที่ 2 กรดออกซาลิก ความเข้มข้น 6 มิลลิโมลาร์ และสิ่งทดลองที่ 3 กรดเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 6 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 นาที วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ สิ่งทดลองมี 3 ซ้ำต่อถุง ๆ ละ 3 กิ่ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มม. จำนวน 10 รู ต่อถุง แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน วิเคราะห์ผลทุก 2 วัน ดังนี้ ค่าสีเขียว ($-a^*$) ด้วยเครื่องวัดสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Arnon, 1949) ดัชนีการเกิดอาการสะท้อนหนาวและดัชนีการเหี่ยว ตามวิธีการของสุรียนต์ และคณะ (2558) การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์วัดได้จากวิธีการของ Hodges *et al.* (1999) กิจกรรมเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสและเพอร์ออกซิเดส วัดได้จากวิธีการของ Huang *et al.* (1990)

ผลและวิจารณ์

ระหว่างการเก็บรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบโหระพาลดลงเรื่อย ๆ โดยชุดที่จุ่มด้วยกรดออกซาลิกหรือเมทิลจัสโมเนต มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งสัมพันธ์กับค่า a^* ของชุดที่จุ่มด้วยกรดออกซาลิกหรือเมทิลจัสโมเนตมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้ชุดที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนตมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าชุดที่จุ่มด้วยกรดออกซาลิก (Figure 1) ดัชนีการเหี่ยวของใบโหระพาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 4 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นคงที่จนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยดัชนีการเหี่ยวของใบโหระพาที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนตมีค่าน้อยที่สุด สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักของใบโหระพาที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนตที่มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้เมทิลจัสโมเนตมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและช่วยรักษาคุณภาพของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวในหลายด้าน เช่น ด้านองค์ประกอบทางเคมี สี และน้ำหนักสด เป็นต้น โดยพบว่าหัวผักกาดที่ได้รับเมทิลจัสโมเนตมีการสูญเสียน้ำหนักลดลง ซึ่งเป็นผลจากการที่เมทิลจัสโมเนตช่วยลดการคายน้ำ (Wang, 1998) นอกจากนี้การใช้เมทิลจัสโมเนตร่วมกับอุณหภูมิต่ำสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ดีในผลมะม่วง (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2001)

อาการสะท้อนหนาวของทุกชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยในชุดควบคุมและชุดที่จุ่มด้วยกรดออกซาลิกไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ชุดที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนตช่วยลดอาการสะท้อนหนาวน้อยที่สุด การที่เมทิลจัสโมเนตช่วยชะลอการเกิดอาการสะท้อนหนาวได้อาจเป็นผลมาจากเมทิลจัสโมเนตลดการเกิดอนุมูลอิสระ และช่วยส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ในระบบการต้านออกซิเดชัน (สุทธิวัลย์ และมัทธมา, 2552) ส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์และความสามารถในการยอมให้สารซึมผ่านเข้าออกของเยื่อหุ้มเซลล์ส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์ ซึ่งมักเกิดขึ้นในระหว่างที่มีพืชได้รับความเครียดจากอุณหภูมิต่ำ (Chai *et al.*, 2005; Moussa and Abdel-Aziz, 2008) นั้น พบว่าในชุดควบคุมมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นสูงใน 4 วันแรก และ

ค่อนข้างคงที่จนถึงสิ้นสุดการเก็บรักษา ซึ่งสัมพันธ์กับดัชนีการเกิดอาการสะท้อนขาว และการสูญเสียน้ำหนักที่สูงในใบโหระพาของชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากความเครียดจากอุณหภูมิต่ำก่อให้เกิดการสะสมอนุมูลอิสระทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ เช่นเดียวกับที่เกิดกับกล้วยที่ได้รับความเครียดจากการขาดน้ำ (Chai *et al.*, 2005) ส่วนใบโหระพาที่จุ่มด้วยกรดออกซาลิกหรือเมทิลจัสโมเนต มีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์น้อยกว่าชุดควบคุมสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zheng *et al.* (2007) พบว่าการจุ่มผลท่อนในกรดออกซาลิกสามารถชะลอการเสื่อมตามอายุและช่วยรักษาสภาพสมดุลของเยื่อหุ้มเซลล์ ดังนั้นใบโหระพาที่ผ่านการจุ่มในกรดออกซาลิกหรือเมทิลจัสโมเนตอาจส่งเสริมให้เยื่อหุ้มเซลล์ของใบโหระพาแข็งแรง ลดการสูญเสีย น้ำหนัก ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ และการเหี่ยว รวมทั้งรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ทำให้ใบมีสีเขียวได้ดีกว่าชุดควบคุม

กิจกรรมเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสและเพอร์ออกซิเดสของใบโหระพาเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นแนวโน้มลดลงจนถึงวันสุดท้าย ซึ่งเชื่อว่าเกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของใบ โดยชุดที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนตมีกิจกรรมเอนไซม์ทั้งสองต่ำที่สุด รองลงมาคือชุดที่จุ่มด้วยกรดออกซาลิก และชุดควบคุม ตามลำดับ ทั้งกรดเมทิลจัสโมเนต และกรดออกซาลิกสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองได้ แต่ประสิทธิภาพการยับยั้งขึ้นอยู่กับชนิดพืช และสภาพแวดล้อมที่พืชได้รับ (Prenen *et al.*, 1984) โดยพบว่าเมทิลจัสโมเนตสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทั้งโพลิฟีนอลออกซิเดส และเพอร์ออกซิเดสได้ดีในผลส้มปละ (Nilprapuck and Yodmingkhan, 2009)

สรุป

จากการศึกษาผลของกรดออกซาลิกและเมทิลจัสโมเนตต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของใบโหระพาพบว่าการจุ่มใบด้วยเมทิลจัสโมเนต 6 มิลลิโมลาร์ ให้ผลดีที่สุดในการรักษาคุณภาพสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ชะลอการสูญเสีย น้ำหนัก การเหี่ยว และการเกิดอาการสะท้อนขาว รวมทั้งอายุการเก็บรักษาใบโหระพาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน

คำขอบคุณ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง การใช้กรดออกซาลิกและเมทิลจัสโมเนตหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดอาการสะท้อนขาวในใบโหระพา โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริม ววน และหน่วย บพท ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

- สุทธิวัลย์ สีทา และ มัชฌิมา นราดิศร. 2552. บทความปริทัศน์: บทบาทของ methyl jasmonate ต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40(3 พิเศษ): 369-372.
- สุริยัณห์ สุภาพวานิช, รัชดากร พลภักดี, พงษ์เทพ เพื่องสารวาท และ ยูนันท์ เชนไพร. 2558. ผลของการใช้กรดออกซาลิกและเมทิลจัสโมเนตก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของโหระพาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53: สาขาพืช สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ สาขาประมง สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 1595 หน้า.
- Aharoni, N. D. Kenigsbuch, D. Chalupowicz, M. Faura-Mlinski, Z. Aharon, D. Maurer, A. Ovidia and A. Lers. 2010. Reducing chilling injury and decay in stored sweet basil. *Isr. J. Plant Sci* 58: 167-181.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *B. vulgaris*. *Plant Physiol* 24: 1-15.
- Aydemir, T. and G. Akkanl. 2006. Partial purification and characterization of polyphenol celery root (*Apium graveolens* L.) and the investigation of the effects on the enzyme activity of some inhibitors. *Int J Food Sci Tech* 41(9):1090-8.
- Brown, S.H. 1991. Culinary herb use in southern California restaurants. *California Agriculture* 45: 4-6.
- Chai, T.T., N.M. Fadzillah, M. Kusnan and M. Mahmood. 2005. Water stress-induced oxidative damage and antioxidant responses in micropropagated banana plantlets. *Biol. Plantarum* 29:153-156.
- Cheong, J. and Y.D. Choi. 2003. Methyl jasmonate as a vital substance in plants. *Trend in Genetics* 19: 409-413.
- Ding, Z. S., S.P. Tian, X.L. Zheng, Z.W. Zhou and Y. Xu. 2007. Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. *Physiol. Plant* 130: 112-121. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.00893>.
- Giron, L.M., V. Freire, A. Alonzo and A. Vaceres. 1991. Ethnobotanical survey of the medicinal flora used by the cribs of Guatemala. *J. Ethnopharmacol* 34: 173-187.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., J.G. Buta and C.Y. Wang. 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of "Kent" mangoes. *J. Sci. Food. Agric* 81: 1244- 1249.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., M.E. Tiznado-Hernandes, R. Zavaleta-Gatica and M.A. Martinez-Tellez. 2004. Methyl jasmonate treatment reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. *Biochem. Biophys. Res. Commun* 313: 704-711.

- Hodges, D. M., J.M. DeLong, C.F. Forney and R.K. Prange. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*. 207: 604-611. <http://dx.doi.org/10.1007/s004250050524>.
- Huang, S., H. Hart., H. Lee and L. Wicker. 1990. A research note: Enzymatic and color change during postharvest storage of lychee fruit. *J. Food Sci* 55: 1762-1763.
- Moussa, H.R. and S.M. Abdel-Aziz. 2008. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. *Aust. J. Crop Sci* 1: 31-36.
- Nilprapruck, P. and P. Yodmingkwan. 2009. Effect of exogenous methyl jasmonate on the internal browning of pineapple fruit (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia. *KKU. Res. J.* 14 (6): 489-498.
- Prenen, J.A.C., P. Boer and E.J.D. Mees. 1984. Absorption kinetics of oxalate from oxalate-rich food in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 40(5): 1007-10
- Son, S.M., K.D. Moon and C.Y. Lee. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chem.* 73(1): 23-30.
- Wang, C.Y. 1998. Methyl jasmonate inhibits postharvest sprouting and improves storage quality of radishes. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 179-183.
- Yörük, M.A., M. Gül, A. Hayirli and M. Karaoglu. 2004. Laying performance and egg quality of hens supplemented with sodium bicarbonate during the late laying period. *Int J Poult Sci* 3(4):272-8.
- Zheng, X., S. Tian, X. Meng and B. Li. 2007. Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. *Food Chem.* 104(1): 156-62.

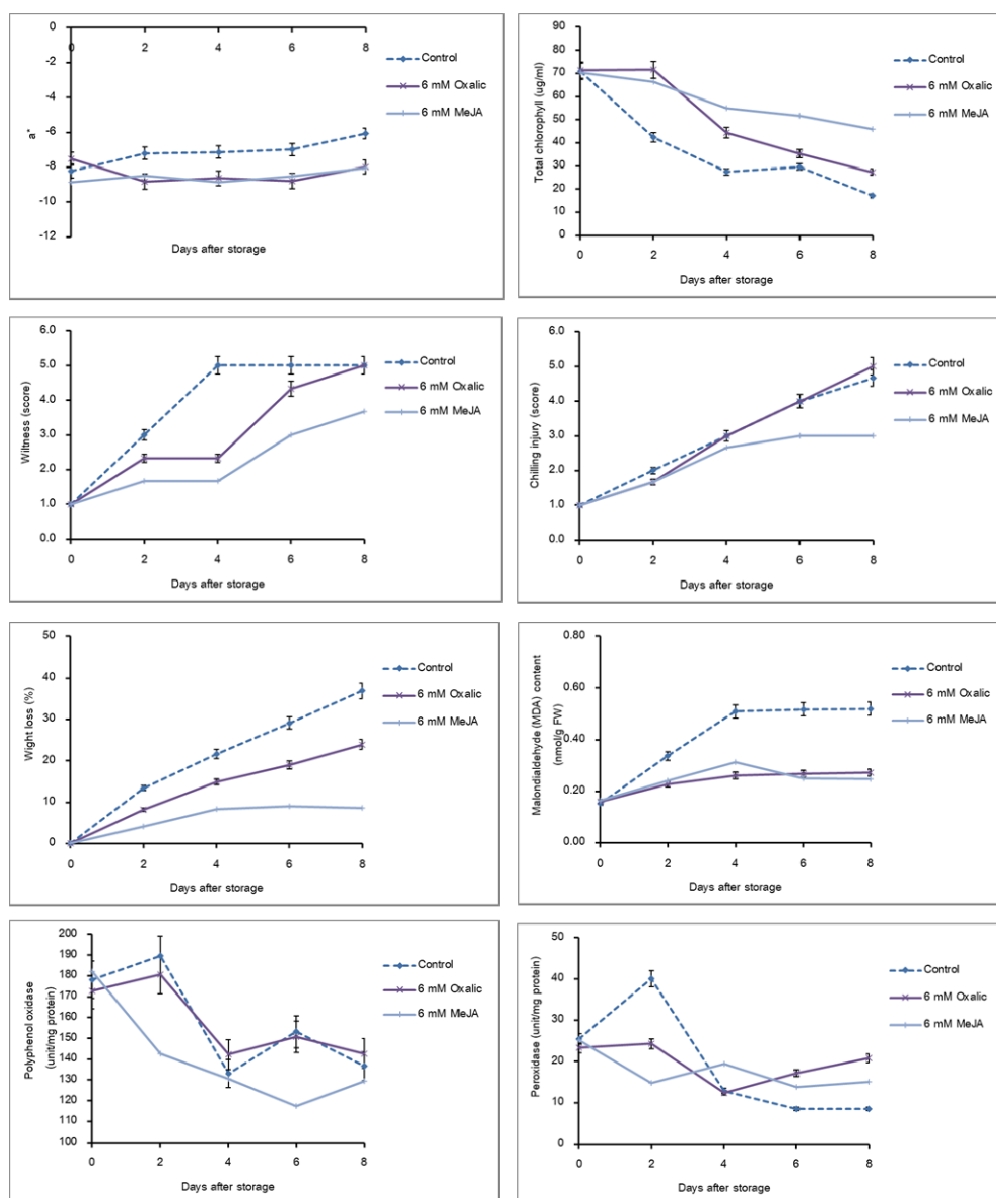


Figure 1 Changes in a^* , total chlorophyll, wiltness, chilling injury, weight loss, malondialdehyde, polyphenol oxidase and peroxidase of sweet Thai basil and then stored at 8±2 °C for 8 days.

ผลของ Indole-3-Acetic Acid จากแบคทีเรีย (*Micrococcus yunnanensis*) ต่ออายุการปักแจกัน
ของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสวน

Effect of Indole-3-Acetic Acid from Bacteria (*Micrococcus yunnanensis*) on Vase Life
of *Dendrobium* cv. Khao Sanan

อัญชิสา อินอิว¹ สวิตร ตระกูลนำเลื่อมใส^{2,3} และ อังณชัญญ์ มงคลชัยพฤกษ์^{1,4}

Unchisa Inoiew¹, Savitr Trakulnaleamsai^{2,3} and Anchaya Mongkolchaiyaphruek^{1,4}

Abstract

Cut *Dendrobium* orchid flowers are popular for the export market. Short vase life caused by inappropriate post-harvest handling is an important problem. Thus, vase solution technology is used to delay and extend the vase life of flowers. Indole-3-Acetic-Acid (IAA) is one of the chemicals used in vase solutions. Now, IAA can produce from bacteria and bacterial IAA are beneficial since it is easy to produce, light-resistant, slowly decay and safe for the environment. Thus, this research aimed to investigate the effects of IAA from *Micrococcus yunnanensis* bacteria on senescence and vase life of cut *Dendrobium* orchid flowers (*Dendrobium* cv. Khao Sanan). Bud and open flowers were separately cut then immersed into vase solutions containing bacterial IAA at 0 (control), 0.05, 0.1, 0.3, 0.5 and 1 ppm. The treated inflorescences were placed under $4 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ fluorescent light intensity at $25 \pm 2^\circ\text{C}$ temperature and 70-80% relative humidity. The percentage of senescence was recorded every two days. The results showed that bacterial IAA at 0.5 ppm was an appropriate concentration for extending the vase life of open flowers. It significantly decreased flower drooping and color changes ($p \leq 0.05$) and extended vase life of open flower up to 24.3 ± 1.0 days, while control treatment (0 ppm IAA) showed the lower vase life for 18.0 ± 1.0 days ($p \leq 0.01$). However, bacterial IAA had no significant effect on extending the vase life of bud flowers.

Keywords: senescence, vase life, bacterial IAA

บทคัดย่อ

กล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายเป็นที่นิยมสำหรับการส่งออก แต่เนื่องด้วยปัญหาสำคัญคือมีอายุการปักแจกันสั้น ซึ่งเกิดจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม จึงมีการใช้เทคโนโลยีสารละลายสำหรับยืดอายุการปักแจกัน สาร Indole-3-Acetic-Acid (IAA) จัดเป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่ใช้ในสารละลายปักแจกัน ปัจจุบัน IAA สามารถผลิตได้จากแบคทีเรียและมีการใช้ประโยชน์จาก IAA ที่ผลิตได้จากแบคทีเรีย เนื่องจากสามารถผลิตได้ง่าย ทนต่อแสง สลายตัวช้า และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของ IAA จากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* ต่อการเสื่อมสภาพและอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายพันธุ์ชาวสวน (*Dendrobium* cv. Khao Sanan) โดยตัดแยกดอกตูมและดอกบาน แช่ลงในสารละลายปักแจกันที่มี IAA จากแบคทีเรีย ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 0.5 และ 1 ppm จากนั้นวางภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง $4 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ บันทึกเปอร์เซ็นต์การเสื่อมสภาพทุก ๆ สองวัน จากผลการศึกษาพบว่า IAA จากแบคทีเรีย ความเข้มข้น 0.5 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการปักแจกันของดอกบาน โดยดอกบานมีอาการคว่ำและการเปลี่ยนแปลงสีลดลงอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกบานได้นาน 24.3 ± 1.0 วัน ขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการปักแจกันน้อยกว่า คือ 18.0 ± 1.0 วัน ($p \leq 0.01$) อย่างไรก็ตาม IAA จากแบคทีเรียไม่มีผลต่อการยืดอายุการปักแจกันของดอกตูม

คำสำคัญ: การเสื่อมสภาพ อายุการปักแจกัน ไอเอเอจากแบคทีเรีย

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

³ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁴ Department of Microbiology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

⁵ วิทยาลัยบูรณาการศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁶ School of Integrated Science (SIS), Kasetsart University, Bangkok 10900

⁷ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กทม. 10400

⁸ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

คำนำ

กล้วยไม้สกุลหวายมีความสำคัญต่อการส่งออกไม้ตัดดอกของประเทศไทย โดยปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือการสูญเสียคุณภาพระหว่างการขนส่งและจำหน่าย เนื่องจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้ผู้ส่งออกนิยมใช้สารละลายเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพและยืดอายุการปักแจกันให้นานยิ่งขึ้น IAA เป็นสารในกลุ่มออกซิน ซึ่งอยู่ในรูปที่พืชสร้างและนำไปใช้ได้ มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการสร้างรอยแยกบริเวณการร่วง (abscission zone) ส่งผลให้เกิดการหลุดร่วงน้อยลง (ทวิศักดิ์, 2559) แต่เนื่องด้วย IAA สังเคราะห์สามารถละลายตัวได้ง่ายและมีราคาจำหน่ายสูง จึงไม่นิยมนำมาใช้ในทางการเกษตร อย่างไรก็ตามมีการศึกษาวิจัยทางด้านแบคทีเรีย พบว่าแบคทีเรียบางกลุ่ม เช่น Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) สามารถผลิต IAA ได้และถูกนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้น (Zahir *et al.*, 2010) ทั้งนี้ IAA ที่ได้จากแบคทีเรียดังกล่าวสามารถผลิตได้ง่าย ทนต่อแสง สลายตัวช้า ราคาถูก และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ดังมีรายงานว่าแบคทีเรีย *M. yunnanensis* สามารถสังเคราะห์ IAA ได้สูงถึง 23.12 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ (จันทร์แรม และคณะ, 2559) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการใช้ IAA จากแบคทีเรียเพื่อยืดอายุการปักแจกันของกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวาย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของ IAA ที่ได้จากแบคทีเรีย *M. yunnanensis* P2-23 ต่อการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายพันธุ์ชาวสวน (Dendrobium cv. Khao Sanan)

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิต IAA โดยเชื้อแบคทีเรีย *M. yunnanensis*

ทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียชนิด *M. yunnanensis* P2-23 ในอาหารเหลว Haloalkaliphile medium (HA) pH 8 ที่เติม L-tryptophan ความเข้มข้น 30 mM ในถังหมักขนาด 1.5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส อัตราการวน 260 รอบต่อนาที โดยให้อากาศ 1 ลิตรต่อนาที ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 96-120 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณ IAA ด้วยวิธีทางเคมี โดยทำปฏิกิริยากับ Salkowski reagent วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่นแสง 530 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน IAA บริสุทธิ์ (จันทร์แรม และคณะ, 2559)

ศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ Indole-3-Acetic Acid (IAA) จากแบคทีเรีย (*M. yunnanensis* P2-23) ต่ออายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสวน

คัดเลือกดอกกล้วยไม้ที่มีคุณภาพดี มีความสม่ำเสมอ ปราศจากโรคและแมลง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ช่อ (ซ้ำละ 1 ช่อ) โดยตัดแยกดอกตูมและดอกบานออกจากกัน จากนั้นแช่ลงในสารละลายปักแจกันที่มี IAA จากแบคทีเรีย *M. yunnanensis* P2-23 ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05, 0.1, 0.3, 0.5 และ 1 ppm นำไปวางที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ บันทึกผลการทดลองทุกสองวัน ดังนี้ เปอร์เซ็นต์น้ำหนัสดูดน้ำ เปอร์เซ็นต์การเสื่อมสภาพของดอกตูมและดอกบาน (อาการดอกตูมเหลืองและดอกบานคว่ำ) การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกรายงานผลเป็นค่า L^* และ b^* และอายุการปักแจกันโดยประเมินจากอาการเสื่อมสภาพเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของช่อดอกถือว่าเป็นช่อดอกที่หมดอายุการใช้งาน

ผล

การศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ IAA ที่ได้จากแบคทีเรียต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการปักแจกันของกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายพันธุ์ชาวสวน พบว่า การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของดอกบานมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยกล้วยไม้ที่ได้รับ IAA จากแบคทีเรีย ความเข้มข้น 0.5 ppm มีน้ำหนักสดลดลงน้อยที่สุด รองลงมาคือ 0.05, 0.3, 1 และ 0.1 ppm ตามลำดับ (Figure 1A) ในขณะที่ดอกตูมมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้นในช่วง 8 วันแรกของการปักแจกัน จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่อง (Figure 1B) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในดอกบานและดอกตูมที่ได้รับ IAA ทุกระดับความเข้มข้น นอกจากนี้การได้รับ IAA ความเข้มข้น 0.5 ppm ส่งผลให้ดอกบานมีอัตราการดูดน้ำมากกว่า (Figure 1C) รวมทั้งเกิดการเสื่อมสภาพของดอกบาน คือ เกิดอาการคว่ำ (Figure 1E) และการเปลี่ยนแปลงสีดอก (Figure 2A) น้อยและช้ากว่าดอกบานกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยดอกบานที่ได้รับ IAA จากแบคทีเรีย ความเข้มข้น 0.5 ppm มีการคว่ำของดอกบานน้อยที่สุด รองลงมาคือ 0 (ชุดควบคุม) 1, 0.3, 0.05 และ 0.1 ppm ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอัตราการดูดน้ำและการเหลืองของดอกตูมที่ได้รับ IAA ทุกระดับความเข้มข้น (Figure 1D,F) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสี (L^*) ในดอกบานจะลดลง

อย่างต่อเนื่องเมื่อดอกกล้วยไม้เกิดการเสื่อมสภาพ โดยในช่วง 14 วันของการศึกษา พบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ IAA จากแบบที่เรีย ความเข้มข้น 0.5 ppm มีค่าความสว่างของสีลดลงช้าที่สุด รองลงมาคือ ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ IAA ความเข้มข้น 1, 0.05, 0.3, 0 (ชุดควบคุม) และ 0.1 ppm ตามลำดับ (Figure 2A) และพบการเปลี่ยนแปลงค่า b^* น้อยที่สุดในดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับ IAA (ชุดควบคุม) รองลงมาคือ ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ IAA ความเข้มข้น 0.05, 0.5, 0.3, 1 และ 0.1 ppm มีการเพิ่มขึ้นของค่า b^* ตามลำดับ (Figure 2B) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L^* และ b^*) ของดอกกล้วยไม้แต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

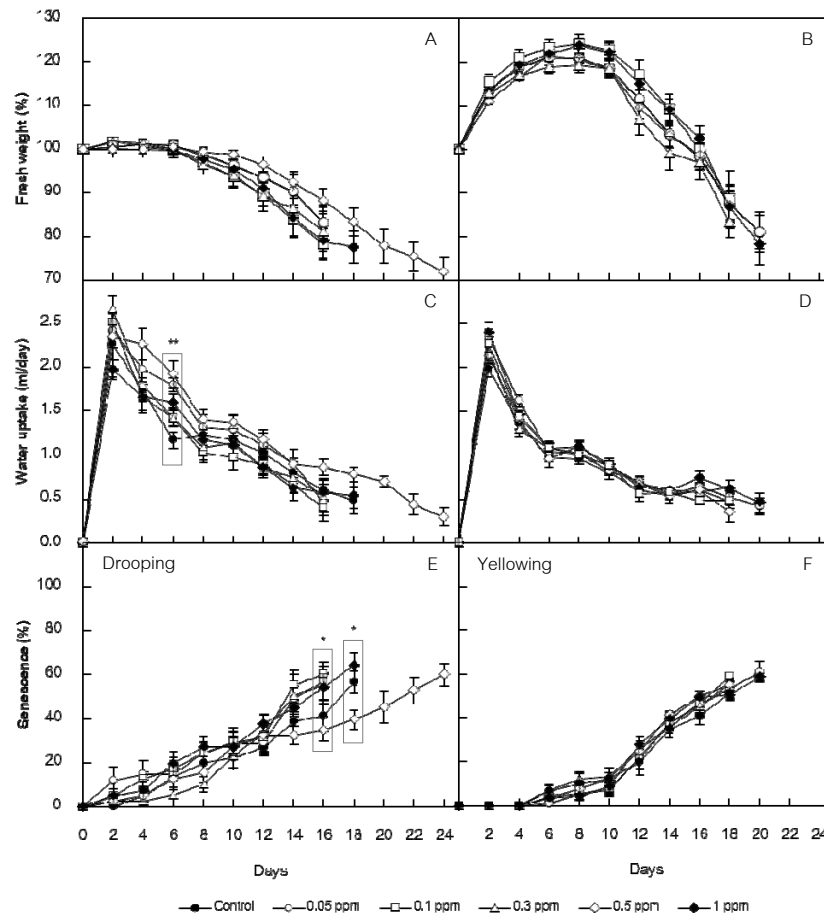


Figure 1 Fresh weight (A,B), water uptake (C,D) and senescence (E,F) of open and bud flowers treated with/without bacterial IAA

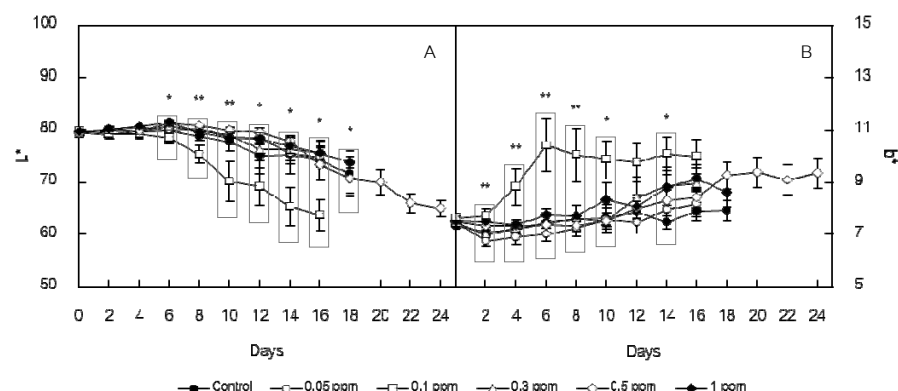


Figure 2 Color change L^* (A) and b^* (B) of open flowers treated with/without bacterial IAA

ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่เกิดขึ้นส่งผลต่ออายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้ โดยพบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ IAA ความเข้มข้น 0.5 ppm มีอายุการปักแจกันเพิ่มขึ้นเป็น 24.3 ± 1.0 วัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ IAA ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 1, 0.3, 0.1 และ 0.05 ppm ที่มีอายุการปักแจกันโดยเฉลี่ย

18.0 ± 1.0, 18.0 ± 0.6, 16.3 ± 1.6, 16.0 ± 1.2 และ 15.7 ± 0.7 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการอายุการปักแจกันของดอกตูมที่ได้รับ IAA ทุกระดับความเข้มข้น (Table 1)

Table 1 Effects of IAA from bacteria (*M. yunnanensis* P2-23) on vase life of *Dendrobium* cv. Khao sanan

Treatment	Vase life (Days)	
	Open flower	Bud flower
Control	18.0 ± 1.0 b	18.2 ± 0.9
0.05 ppm IAA	15.7 ± 0.7 b	19.8 ± 0.8
0.1 ppm IAA	16.0 ± 1.2 b	17.6 ± 0.4
0.3 ppm IAA	16.3 ± 1.6 b	18.8 ± 0.7
0.5 ppm IAA	24.3 ± 1.0 a	17.8 ± 0.6
1 ppm IAA	18.0 ± 0.6 b	19.6 ± 0.5
F-test	**	ns
C.V. (%)	22.0	11.8

วิจารณ์ผล

กล้วยไม้ที่ได้รับ IAA จากแบคทีเรีย ความเข้มข้น 0.5 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำหนักสด อัตราการดูดน้ำ อากาศคว่ำ การเปลี่ยนแปลงสี และเพิ่มอายุการปักแจกันของดอกบานได้ ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำ (0 0.05 0.1 และ 0.3 ppm) และความเข้มข้นสูง (1 ppm) ไม่สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกบานได้ ดังที่มีรายงานในดอกกล้วยไม้สกุลมอศคาร่าพันธุ์หมูแดงที่ใช้ NAA ซึ่งเป็นออกซินสังเคราะห์ความเข้มข้น 200 µM สามารถชะลอการลดลงของอัตราการดูดน้ำ การผลิตเอทิลีน การหลุดร่วง และสามารถยืดอายุการปักแจกันได้ (ชัยภูมิ และคณะ, 2554) และกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์แอนนา มีการใช้ออกซินสังเคราะห์ IBA ความเข้มข้น 50 ppm พบว่า สามารถลดการเกิดเส้นแวนของดอกบานและการเหลืองของดอกตูม ลดการหลุดร่วง และสามารถยืดอายุการปักแจกันได้ (กาญจนา และ อรุณรัตน์, 2553) ทั้งนี้การออกซินความเข้มข้นสูง ส่งผลให้ดอกกล้วยไม้เกิดการเสื่อมสภาพมาก อาจเป็นผลเนื่องมาจากออกซินในปริมาณมากไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ACC synthase ในกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน ส่งผลให้พืชผลิตเอทิลีนและเกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น (จริงแท้, 2553) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า IAA จากแบคทีเรียซึ่งเป็นออกซินจากรธรรมชาติทุกระดับความเข้มข้นไม่สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกตูมได้ ซึ่งอาจเป็นผลจากความเข้มข้นของ IAA ต่ำเกินไป เนื่องจากดอกตูมมีการสร้างเอทิลีนมากกว่าดอกบาน (Ketsa and Thampitakorn, 1995)

สรุป

การให้สารละลาย IAA จากแบคทีเรีย *M. yunnanensis* P2-23 ความเข้มข้น 0.5 ppm สามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกบานของกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายพันธุ์ชาวสวนได้ แต่ไม่มีผลต่อการยืดอายุการปักแจกันของดอกตูม โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำหนักสด อัตราการดูดน้ำ อากาศคว่ำ และการเปลี่ยนแปลงสีของดอกบาน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการเชื้อเพื่อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์การทำวิจัยจากภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา รุ่งรักษานนท์ และอรุณรัตน์ อนันตทัศน์. 2553. ผลของสาร IBA และ BAP ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์แอนนาตัดดอก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 (1 พิเศษ) : 110-113.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2553. ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. 453 น.
- จันทร์แรม รูปข้า, สวัสดิ์ ตรีกุลนำเลื่อมใส, ธนภูมิ มณีบุญ, ศิริวัลย์ สร้อยกล่อม และน้ำผึ้ง อนุกุล. 2559. การศึกษาความสามารถของแบคทีเรียกลุ่มที่ขบเกลื้อและพืชเป็นด่างที่แยกได้จากดินต่างบริเวณสถานีวิจัยกาญจนบุรีในการเป็นเชื้อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 159 น.
- ชัยภูมิ สุขสำราญ, มิ่งพนา บัวหนอง และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2554. ผลของ 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) ต่อการชะลอการหลุดร่วงของดอกกล้วยไม้สกุลมอศคาร่า พันธุ์ 'หมูแดง'. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1 พิเศษ): 183-185.
- ทวีศักดิ์ แสงอุดม. 2559. การแบ่งกลุ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ: สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชและแนวทางการใช้กับไม้ผล. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 42 น.
- Ketsa, S. and F. Thampitakorn. 1995. Characteristics of ethylene production of *Dendrobium* orchid flowers. Acta Horticulture. 405: 253-263.
- Zahir, Z.A., M.K. Shah., M. Naveed and M.J. Akhter. 2010. Substrate-dependent auxin production by *Rhizobium phaseoli* improves the growth and yield of *Vigna radiata* L. under salt stress conditions. Journal of Microbiology and Biotechnology 20: 1288-1294.

การลดความชื้นกาแฟอะราบิกาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ Arabica Parchment Coffee Drying Using Solar Energy with Automatic Temperature Control

พงษ์วี นามวงศ์¹ ปรีชา อานันท์รัตนกุล² สนอง อมฤกษ์¹ มานพ รักญาติ¹ นิตี ผูกจิต¹ สรวิศ จันทร์เจนจบ¹ ปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์²
คชธร อ่างบุญพงษ์² และศรีธัญญา มาปลู³

Pongrawee Namwong¹, Preecha Ananrattanakul², Sanong Omaroek¹, Manop Rakyat¹, Niti Pookjit¹, Sorawit Junjenjob¹, Parinyawat Yoothongin², Kochathorn Angboonpong² and Sarinna Maplook³

Abstract

Arabica parchment coffee drying study was conducted using solar energy equipped in 4 x 6 m² curved-roof drying house. The automated drying system controlled the maximum temperature of 45 °C and 75% relative humidity. Two 30-watt fans were used to provide flow rate of 700 m³/hr for removing heat and moisture from the drying house. There were 8 drying racks inside the unit, holding at least 1.5 ton of coffee parchment. In this study, the test was conducted during January to March. Every hour along the test, 2.5 kg of coffee sample were taken out in order to track the moisture content. The study found that coffee parchment had initial moisture content of 55% . Maximum and minimum temperature in the drying house was 39.4 and 6.1 °C, respectively. Average temperature and relative humidity were 18.73 °C and 57.27%, respectively. The drying process took about 7 to 10 days, making moisture content in coffee parchment declined to 12.0% . The drying rate was 0.2665%/hr. At last, obtained coffee samples from solar energy drying house showed no physical damage; i.e., breaking and bending, compared with ones from conventional drying process which took much longer time (3 times).

Keywords: Arabica coffee, drying, solar drying

บทคัดย่อ

การศึกษาลดความชื้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยโรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สังกะสีระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลากาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม ทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงความชื้น มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลากาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %w.b. ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %w.b. อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %w.b. ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า

คำสำคัญ: กาแฟอะราบิกา อบแห้ง แสงอาทิตย์

คำนำ

กาแฟจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในโลกมีอยู่ 70 ชนิด ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในบริเวณแถบรอยต่อประเทศเอธิโอเปีย อียิปต์ และ อาราบีย ทวีปแอฟริกาเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิระหว่าง 17-22 องศาเซลเซียส จัดเป็นพืชกึ่งเมืองหนาว ถ้าปลูกในเขตร้อนต้องปลูกบนพื้นที่สูง ส่วนใหญ่ที่ปลูกแพร่หลาย มี 4 กลุ่มได้แก่ กาแฟสายพันธุ์อะราบิกา กาแฟพันธุ์โรบัสตา กาแฟ พันธุ์เอ็กเซลซ่า และกาแฟพันธุ์ลิเบอริกา โดยเฉพาะอย่างยิ่งนั้นกาแฟอะราบิกา (Arabica

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร 50100

² Chiangmai Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture 50100

³ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตร 12120

² Post-Harvest Engineering Research Group, Department of Agriculture 12120

³ สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

³ Statistics, Faculty of Science, Maejo University 50290

coffee) ในอดีตใช้เป็น พืชที่ปลูกทดแทนพืชเสพติด เช่น ฝิ่น เพราะเหมาะสมที่ปลูกในภาคเหนือของ ประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่พื้นที่ความสูง 700 เมตร จากระดับน้ำทะเล (พงษ์ศักดิ์, 2542)

กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว นับเป็นจุดสำคัญหนึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์กาแฟ ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัย เพื่อหาวิธีการผลิตที่ได้ผลดีที่สุด ที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิต เผยแพร่ข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตที่สามารถประยุกต์ให้เหมาะสมกับชุมชน ผู้ประกอบการขนาดย่อม สำหรับการแปรรูปกาแฟอาราบิก้า มีกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว วิธีการปฏิบัติ การแปรรูปแตกต่างกัน ทำให้ผลผลิตที่ได้มีความแตกต่างกัน ส่งผลถึงรสชาติของกาแฟ คุณภาพที่ต่างกักัน ทำให้เกิดปัญหาทางการตลาด และเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดราคา

ปัจจุบันการตากแห้งกาแฟกะลา เกษตรกรยังไม่มีเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม ยังต้องใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก และต้องตากบนพื้นดินหรือพื้นคอนกรีต ทำให้กาแฟบางส่วนไม่ได้คุณภาพและต้องใช้เวลาในการตากให้แห้งนาน ใช้พื้นที่ในการตากมากซึ่งล้วนเป็นปัญหาต่อการผลิตกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่ทางภาคเหนือ จากการเก็บข้อมูลโรงอบแสงอาทิตย์ของกระทรวงพลังงาน(แบบ พพ.1) (กระทรวงพลังงาน, 2560) มาทดสอบอบแห้งกาแฟกะลา พบว่า อุณหภูมิในห้องอบแห้งนั้นสูงถึง 62 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกาแฟกะลาขณะอบแห้งสูงถึง 72 องศาเซลเซียส ทำให้กะลากาแฟเสียหาย เช่นการคดงอแห้งเกินไป ซึ่งส่งผลทำให้กาแฟกะลามีคุณภาพต่ำ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และเครื่องมือวัด

- 1.เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น
- 2.เครื่องชั่งแบบบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ



Figure 1 Automatic data logging scales

ศึกษาวิจัยการลดความชื้นเมล็ดกาแฟอาราบิก้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยโรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สังกะสีระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ใช้กาแฟกะลาสดสุ่มตัวอย่างทดสอบ 2.5 กิโลกรัมต่อครั้ง บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุก 1 ชั่วโมง

ผล

การลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ กะลากาแฟ มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 55 มาตรฐานเปียก (w.b.) มีอุณหภูมิตลอดการทดลอง สูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% (Figure 2)

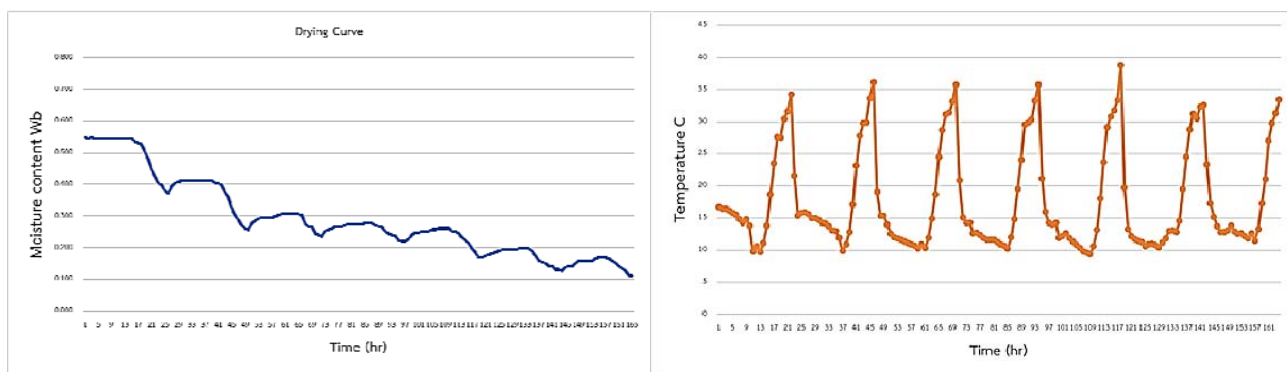


Figure 2 Drying curve and drying temperature



Figure 3 Parchment Arabica coffee after drying

วิจารณ์ผล

การทดสอบตากแห้งกะลากาแฟอาราบิก้า ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของช่วงเวลาที่ตากแห้ง ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้ายร้อยละ 12 w.b. อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %w.b. ต่อชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลอง 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %w.b. ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบดงอ (Figure 3)

สรุปผล

การลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กาแฟกะลาอาราบิก้าสด สุ่มตัวอย่างทดสอบ 2.5 กิโลกรัมต่อครั้ง กะลากาแฟ มีความชื้นเริ่มต้น 55 %w.b. มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %w.b. (เวียงและคณะ, 2549) อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %w.b. ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า

เอกสารอ้างอิง

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์. 2542. การส่งเสริมปลูกกาแฟอาราบิก้าบนที่สูงในระบบเกษตรป่าไม้. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.
เวียง อากรณี, พิมล วุฒิสินธุ์, วิบูลย์ เทเพนทร์, นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล, ปรีชา อาเนนทร์รัตนกุล, ยงยุทธ คงชำน และสุภัท หนูสวัสดิ์. 2549. การพัฒนาเครื่องอบแห้งกาแฟโรบัสต้า. เอกสารรายงานผลการวิจัย สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
สถาบันวิจัยพืชสวน. 2553. การจัดการความรู้ เทคโนโลยีการผลิตกาแฟอบจอร์. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 86 หน้า.
กระทรวงพลังงาน. 2560. โครงการสนับสนุนการลงทุนติดตั้งใช้งานระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (พาราโบลาโดม) ประจำปี 2560. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.solar dryerdede.com/?p=1823>. (19 มีนาคม 2562).

การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายและโครงข่ายประสาทเทียมแบบจดจำรูปแบบ Classification of Marigold Seeds with Image Analysis and Pattern Recognition Artificial Neural Network

พูนพัฒน์ พูนน้อย¹ และ ประพนอม ยังคำมัน²
Poonpat Poonnoy¹ and Pranom Yangkhamman²

Abstract

An air separator is unable to separate some immature marigold seeds from the mature ones because the weight of these seeds can be in the same range. The average seed weight is 0.003 g. In order to separate these seeds, visual inspection is carried out by experts. The experts typically remove the brown seeds from the black ones as they are considered immature. This process is labor-intensive and time-consuming. This study, therefore, aimed to develop an image analysis technique for the classification of immature and mature marigold seeds based on colors. A computer software was created with MATLAB to determine the histogram of 1,428 immature and 1,460 mature marigold seeds in HSV mode. The histogram data was paired with the types of seeds, totaling 2,888 datasets. Consequently, a pattern recognition artificial neural network (ANN) model was created. The inputs of the ANN were the histogram data, and the outputs were the types of seeds. The classification results were compared with the expert. It was found that the results obtained from the ANN model were in good agreement with the expert at the accuracy of 99.2% and 97.2%, respectively. Therefore, image analysis and ANN model were considered promising approaches for the automated classification of marigold seeds.

Keywords: classification, artificial neural network, image analysis, marigold seed

บทคัดย่อ

การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญร่วมกับเครื่องคัดแยกด้วยลมเป่า เนื่องจากเมล็ดอ่อนและเมล็ดแก่มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน น้ำหนักเฉลี่ย 0.003 กรัมต่อเมล็ด โดยทั่วไปแล้วหลังจากคัดด้วยเครื่องคัดแยกลมเป่าผู้เชี่ยวชาญจะแยกเมล็ดอ่อนออกจากเมล็ดแก่โดยพิจารณาจากสีเปลือก ซึ่งเมล็ดแก่มีสีเข้ม (ดำ) กว่าเมล็ดอ่อน (น้ำตาล) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้แรงงานและเวลามาก การศึกษานี้จึงพัฒนาวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายเพื่อคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดอกดาวเรืองอ่อนและแก่ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา MATLAB ซึ่งตรวจวัดฮิสโทแกรมของเมล็ดอ่อน (1,428 ตัวอย่าง) และ เมล็ดแก่ (1,460 ตัวอย่าง) บนปริภูมิของสีแบบ HSV ค่าฮิสโทแกรมจะถูกจับคู่กับประเภทของเมล็ดพันธุ์ รวมชุดข้อมูลทั้งหมด 2,888 คู่ จากนั้นฝึกโครงข่ายประสาทเทียมแบบจดจำรูปแบบเพื่อจำแนกประเภทของเมล็ดพันธุ์ พบว่า วิธีนี้สามารถคัดแยกเมล็ดพันธุ์แก่และเมล็ดพันธุ์อ่อนได้สอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญที่ระดับความถูกต้องเท่ากับ 99.2 และ 97.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นการวิเคราะห์ภาพถ่ายและโครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นวิธีที่สามารถพัฒนาเพื่อการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองโดยอัตโนมัติได้

คำสำคัญ: การคัดแยก การวิเคราะห์ภาพถ่าย โครงข่ายประสาทเทียม เมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

คำนำ

ดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta*) เป็นไม้ดอกที่สร้างรายได้ให้เกษตรกรไทยทั่วทุกภาค ในปี พ.ศ. 2563 มีเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ 2,931.75 ไร่ (ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตร, 2564) ให้ผลผลิตเป็นดอกดาวเรือง 2,413,929.50 กิโลกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) นำไปใช้ทำพวงมาลัยเพื่อไหว้สิ่งศักดิ์สิทธิ์และใช้ประกอบพิธีในงานประเพณีทางศาสนา วันสำคัญ และงานมงคลต่าง ๆ ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย สิงคโปร์ อินเดีย ลาว พม่า เวียดนาม เป็นต้น นอกจากนั้นดาวเรืองยังสามารถนำไปใช้เป็นไม้ประดับได้ด้วย ความต้องการใช้งานดาวเรืองทั้งสองลักษณะส่งผลต่อปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่สูงถึง 320 กิโลกรัมต่อปี (ดลมนัส, 2559) เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผู้เพาะปลูกต้องการนั้นจะต้องตรงตามพันธุ์ มีความบริสุทธิ์ทางกายภาพ สมบูรณ์และสุกแก่เต็มที่ มีอัตราการงอกและความแข็งแรงสูง

¹ หน่วยวิจัยระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อการเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

² คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁴ Faculty of Agricultural production, Maejo University, Chiang Mai, 50290

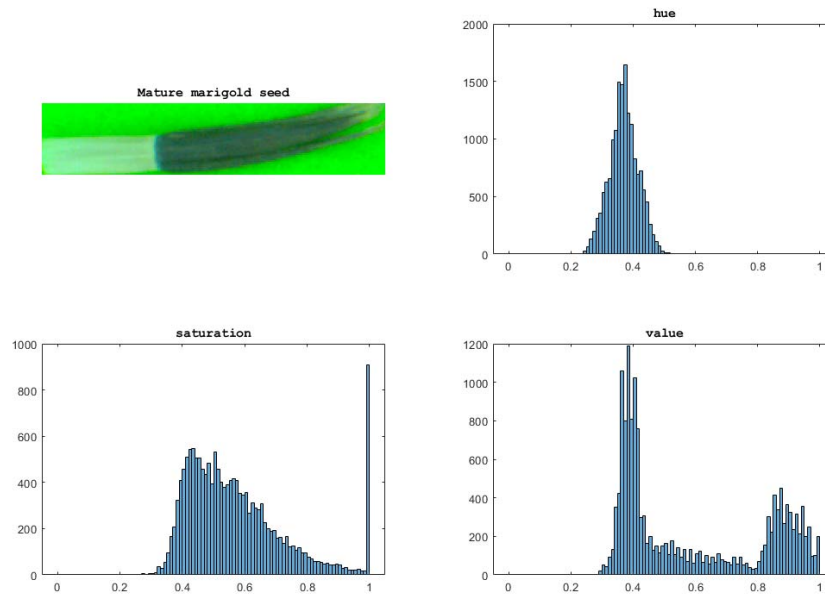
ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์จึงต้องจัดการปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองตั้งแต่แปลงเพาะปลูกต้นแม่พันธุ์ การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึงการเก็บรักษาหว่านรอการจำหน่าย ซึ่งต้องใช้องค์ความรู้และเทคโนโลยีเพื่อควบคุมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้ตรงตามความต้องการของเกษตรกร ทั้งนี้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองยังมีความต้องการเครื่องมือที่มีความแม่นยำเพื่อคัดแยกเมล็ดพันธุ์แก่เต็มทีและมีความสมบูรณ์ออกจาก สิ่งเจือปน เมล็ดอ่อนและเมล็ดแตกหัก

การคัดแยกเมล็ดพันธุ์แก่ออกจากเมล็ดพันธุ์อ่อนสามารถทำได้เพราะเมล็ดพันธุ์แก่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างจากเมล็ดพันธุ์อ่อน คือ เมล็ดพันธุ์แก่เต็มทีและสมบูรณ์นั้นมีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ รูปร่างแบนหนา ส่วนเมล็ดพันธุ์อ่อนและไม่สมบูรณ์มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลและรูปร่างแบนลีบ ดังนั้นการคัดแยกเมล็ดพันธุ์อ่อนออกจะใช้ลมเป่าออกเพราะเมล็ดพันธุ์อ่อนนี้บางส่วนมีน้ำหนักเบาว่าเมล็ดพันธุ์แก่เต็มทีและสมบูรณ์ แต่การใช้ลมเป่าไม่สามารถคัดแยกเมล็ดที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันแต่เป็นเมล็ดอ่อนที่มีสีเปลือกหุ้มสีน้ำตาลออกได้ ซึ่งลักษณะนี้จะมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดที่ต่ำ หรือ เมล็ดจะเก็บรักษาได้ไม่นานเท่ากับเมล็ดที่สูงแก่เต็มที ดังนั้นเพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีสำหรับจำหน่าย ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์จึงต้องใช้แรงงานคนเพื่อคัดแยกเมล็ดพันธุ์ที่มีสีอ่อนออก ซึ่งความสามารถในการคัดแยกเฉลี่ยต่อคนประมาณ 200 กรัมต่อวัน หรือน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกันตามขนาดและพันธุ์ โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.0017 ถึง 0.0031 กรัมต่อเมล็ด (กรรณิการ์, 2541) โดยเฉลี่ยปริมาณการคัดแยกเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 64,000 ถึง 120,000 เมล็ดต่อวันต่อคน ความเร็วและความถูกต้องในการคัดแยกขึ้นอยู่กับความเชี่ยวชาญของแต่ละคน ความเหนื่อยล้าระหว่างการทำงานส่งผลต่อความเร็วและความถูกต้องในการคัดแยก ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองจึงต้องการเครื่องมือสำหรับคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพื่อให้ตรงต่อความต้องการของเกษตรกร

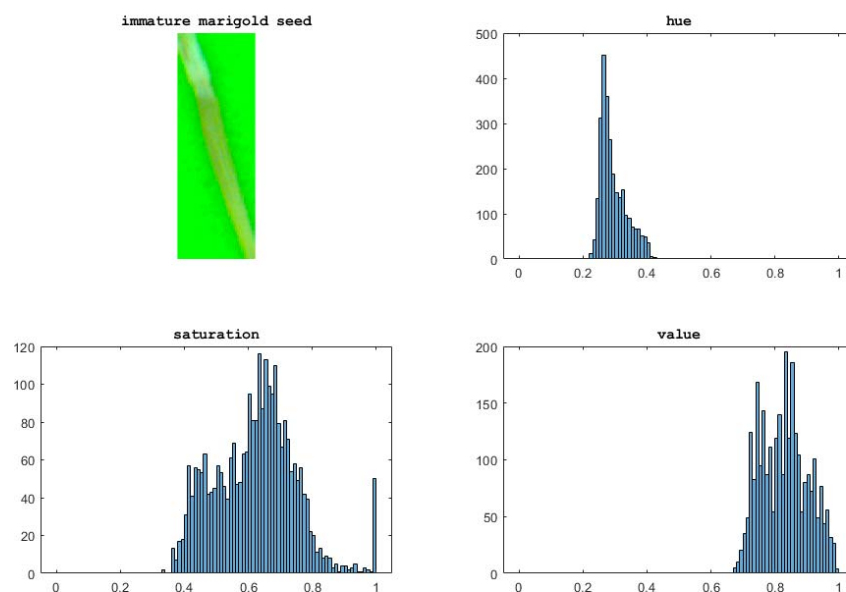
ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ระบบคอมพิวเตอร์วิชันในการคัดแยกผลผลิตทางการเกษตรที่มีลักษณะเป็นเมล็ด เช่น ข้าว ถั่ว งา ข้าวโพด ฯลฯ ซึ่งเครื่องคัดแยกระบบคอมพิวเตอร์วิชันจะตรวจวัดสีของเมล็ดแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมล็ดที่มีสีในช่วงที่กำหนดจะเคลื่อนที่ลงไปในช่องรองรับ ส่วนเมล็ดหรือสิ่งเจือปนซึ่งมีสีแตกต่างจากที่กำหนดไว้จะถูกลมจากหัวฉีดเป่าออก ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาสมรรถนะของระบบคอมพิวเตอร์วิชันในการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ในงานวิจัยนี้จึงทดสอบและประเมินความถูกต้องของการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยการวิเคราะห์ภาพถ่ายและโครงข่ายประสาทเทียม ผลการศึกษาที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางพิจารณานำระบบคอมพิวเตอร์วิชันมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองจำนวน 2,888 ตัวอย่าง ถูกคัดแยกเป็นสองกลุ่มโดยผู้ผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มแรกเป็นเมล็ดแก่จำนวน 1,460 ตัวอย่าง กลุ่มที่สองเป็นเมล็ดอ่อนและสิ่งแปลกปลอมจำนวน 1,428 ตัวอย่าง จากนั้นนำไปถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล (BASLER acA2500-14uc, Germany) ความละเอียด 2590×1942 พิกเซล ภาพดิจิทัลที่ได้ถูกประมวลผลด้วยภาษา MATLAB โดยโปรแกรมจะตรวจจับตำแหน่งของตัวอย่างแล้วตรวจวัดสีบนปริภูมิแบบ HSV ค่าของแต่ละองค์ประกอบที่วัดได้มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โปรแกรมจะสร้างฮิสโทแกรมของแต่ละองค์ประกอบขนาด 100 ช่อง ขนาดช่องละ 0.01 ลักษณะของฮิสโทแกรมของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแสดงใน Figure 1 ดังนั้นลักษณะของเมล็ดพันธุ์แต่ละเมล็ดถูกแปลงเป็นชุดของตัวเลขจำนวนทั้งสิ้น 300 ตัว ชุดตัวเลขนี้จับคู่กับประเภท (class) ของตัวอย่าง รวมชุดข้อมูลทั้งหมด 2,888 คู่ ชุดข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย คือ ชุดข้อมูลสำหรับฝึก (train) จำนวน 1,444 ตัวอย่าง (50 เปอร์เซ็นต์) ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (validate) จำนวน 722 ตัวอย่าง (25 เปอร์เซ็นต์) และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (test) จำนวน 722 ตัวอย่าง (25 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมจะเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตโดยใช้ชุดข้อมูลสำหรับฝึก ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้โครงข่ายประสาทเทียมมีความจำเพาะกับชุดข้อมูลสำหรับฝึก (overfitting) โปรแกรมจะประเมินสมรรถนะของโครงข่ายประสาทเทียมจากค่า cross entropy ของชุดข้อมูลทดสอบ หากค่า cross entropy เพิ่มขึ้นต่อเนื่องกัน 6 ครั้งกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมจะหยุด และโปรแกรมจะเลือกใช้ค่า weight และ bias ที่ให้ค่า cross entropy ต่ำสุด



(a) Mature marigold seed



(b) Immature marigold seed

Figure 1 Characteristics and histogram of marigold seed

โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้จำแนกประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองเป็นแบบจดจำรูปแบบ (pattern recognition network) ที่มีชั้นซ่อน (hidden layer) จำนวน 1 ชั้น ภายในชั้นซ่อนมีมโนประสาทเทียมตั้งแต่ 2 ถึง 100 ปม อินพุตของโครงข่ายประสาทเทียม คือ ฮิสโทแกรมของสีที่ตรวจวัดได้ ส่วนเอาต์พุตคือประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง โครงข่ายประสาทเทียมถูกฝึกด้วยวิธี Scaled Conjugate Gradient เมื่อกระบวนการฝึกสิ้นสุดลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทดสอบความสามารถของโครงข่ายประสาทเทียมในการจำแนกประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองโดยใช้ข้อมูลในชุดทดสอบ โครงข่ายประสาทเทียมที่จำแนกประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองได้สอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญถือว่าเป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมที่สุด ค่าความถูกต้อง (A) ในการจำแนกคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$A = \frac{n_{ANN}}{n_{exp}} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ n_{ANN} คือ จำนวนของเมล็ดพันธุ์ที่คัดได้โดยโครงข่ายประสาทเทียม และ n_{exp} คือจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่คัดโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผล

การคัดแยกประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยโครงข่ายประสาทเทียมโดยพิจารณาค่าสีบนปริภูมิแบบ HSV ให้ผลที่แตกต่างกัน จำนวนปมประสาทในชั้นซ่อนมีผลต่อความถูกต้องในการคัดแยก โครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนปมประสาทในชั้นซ่อน 84 ปม คัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองทั้งหมด 722 ตัวอย่าง ประกอบไปด้วยเมล็ดพันธุ์แก่ จำนวน 365 ตัวอย่าง เมล็ดพันธุ์อ่อน จำนวน 357 ตัวอย่าง โดยโครงข่ายประสาทเทียมคัดแยกเมล็ดพันธุ์แก่ได้ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ 362 ตัวอย่าง (99.2 เปอร์เซ็นต์) คัดแยกเมล็ดพันธุ์อ่อนได้ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ 347 ตัวอย่าง (97.2 เปอร์เซ็นต์)

วิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่ามีเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่โครงข่ายประสาทเทียมคัดแยกได้ไม่ตรงกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 13 เมล็ด สำหรับเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผู้เชี่ยวชาญคัดแยกเป็นเมล็ดพันธุ์แก่แต่โครงข่ายประสาทเทียมคัดแยกเป็นเมล็ดพันธุ์อ่อนจำนวน 3 เมล็ด (0.8 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะปรากฏเป็นสีน้ำตาลเข้มและอ่อนสลับกันโดยมีส่วนที่เป็นสีอ่อนมากกว่าคล้ายกับลักษณะปรากฏของเมล็ดพันธุ์อ่อน ส่วนเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผู้เชี่ยวชาญคัดแยกเป็นเมล็ดพันธุ์อ่อนแต่โครงข่ายประสาทเทียมคัดแยกเป็นเมล็ดพันธุ์แก่จำนวน 10 เมล็ด (2.8 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะปรากฏเป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเมล็ดพันธุ์นี้มีลักษณะแบนลึบ ผู้เชี่ยวชาญจึงคัดออกแต่การคัดแยกด้วยวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายแบบ 2 มิติ และโครงข่ายประสาทเทียมไม่สามารถตรวจจับความหนาของเมล็ดได้ เมื่อนำวิธีการนี้ไปใช้สำหรับคัดแยกเมล็ดพันธุ์จึงควรพิจารณาข้อจำกัดของเทคโนโลยีนี้

สรุป

โครงข่ายประสาทเทียมแบบจุดจํารูปแบบสามารถจําแนกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแก่ออกจากเมล็ดพันธุ์อ่อนได้อย่างถูกต้องโดยพิจารณาฮิสโตแกรมของสีบนปริภูมิแบบ HSV การวิเคราะห์ภาพถ่ายและโครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นวิธีที่สามารถพัฒนาเพื่อการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองโดยอัตโนมัติได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท เอกะ อะโกร จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. รายงานสถิติทางการเกษตร. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://production.doae.go.th> (14 เมษายน 2564)
- กรรณิการ์ ท่ามา. 2541. การปลูกทดสอบดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta*) 14 พันธุ์. ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 21 หน้า.
- ดลมนัส กาเจ. 2559. รวดยด้วย “ดาวเรือง” ปลูก 20 ไร่กำไร 4 ล้าน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.komchadluek.net/news/agricultural/234323>. (14 เมษายน 2564)
- ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตร. 2564. ดาวเรืองตัดดอก. สำนักงานเลขานุการกรม กรมส่งเสริมการเกษตร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2018/11/calendula.pdf> (14 เมษายน 2564)