

การยืดอายุการเก็บรักษากลิ้วหอมทองด้วยใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิล

ชินานาฏ วิทยาประภากร^{1*}, วิษณุ ทองเล็ก² และ นภัสนันท์ ไชยเลิศ³

¹ สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,

³ หน่วยวิจัยวัสดุชีวภาพและสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,

128 ถ.ห้วยแก้ว ต. ข้างเมือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

รับบทความ 30 ตุลาคม 2561 ตอรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 1 กรกฎาคม 2563

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษากลิ้วหอมทองโดยอาศัยเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดเล็กหรือเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิล (Micro/Nano Bubbles technology, MNBs) โดยทำการศึกษาในกระบวนการแช่ล้างกลี้วหอมทอง 5 ประเภท ได้แก่ 1) น้ำประปา(TW) 2) น้ำแอร์ไมโครนาโนบับเบิล (Air MNBs) 3) น้ำแอร์นาโนบับเบิล (Air NBs) 4) น้ำโอโซนไมโครนาโนบับเบิล (O3 MNBs) และ 5) น้ำโอโซนนาโนบับเบิล (O3 NBs) โดยกำหนดระยะเวลาการแช่ล้างนาน 20 นาที จากผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำที่มีฟองอากาศขนาดเล็กที่ผลิตจากเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษากลิ้วหอมทองได้ โดยช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของกลี้วอย่างเห็นได้ชัด รวมทั้งช่วยลดปริมาณเชื้อราอันเป็นสาเหตุของโรคช้ำหวีเน่าได้ โดยพบว่าเมื่อใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลร่วมกับแก๊สโอโซนทำให้ประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อราที่ขั้วกลี้วสูงขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลจัดเป็นวิธีที่ปลอดภัยและปลอดภัยการใช้สารเคมีโดยสิ้นเชิง

คำสำคัญ: กลี้วหอม ,เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิล, โรคช้ำหวีเน่า, การยืดอายุการเก็บรักษา

*ผู้ติดต่อ: chinanatw@hotmail.com, โทร. 0 5392 1444 ต่อ 2830

Extending Shelf Life of Gold Banana by Micro/Nano Bubbles Technology

Chinanat Withayaprapakorn ^{1,*} Vishnu Thonglek ² and Naphatsanan Chailert³

¹ Faculty of Science and Agricultural Technology in Science, Rajamangala University of Technology Lanna

² Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiangmai

³ Biomaterials and Natural Products Research Unit, Rajamangala University of Technology Lanna

128 Huay Kaew Road, T. Changpuak Muang Chiang Mai 50300

Received: 30 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 1 July 2020

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

Abstract

This research aims to extend the shelf life of gold bananas by the Micro/Nano Bubbles technology (MNBs). The 5 types of water were used to soak gold banana for 20 minutes 1) Tap Water (TW) 2) Air Micro/Nano Bubbles water (Air MNBs) 3) Air Nano Bubbles water (Air NBs) 4) Ozone Micro/Nano Bubbles water (O3 MNBs) and 5) Ozone Micro/Nano Bubbles water (O3 NBs). The results showed that the use of water by MNBs technology can extend shelf life of gold banana. By preventing weight loss and slowing the firmness of bananas, obviously. Moreover, it could reduce the amount of fungus causing the Crown Rot disease of gold banana. We also found that when using the MNBs technology with ozone gas, the amount of fungus is reduced effectively. These results can be used as a guideline for further work on gold banana washing process using MNBs as a safe and chemical-free technology.

1. บทนำ

กล้วยหอมทองจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญตามโครงการส่งเสริมการเกษตรอุตสาหกรรมต้นแบบ เกษตรปลอดภัย เกษตรอุตสาหกรรม เกษตรซื้อขายล่วงหน้า เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตให้กับพี่น้องเกษตรกรไทยได้อย่างยั่งยืน ภายใต้ความร่วมมือของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และสภาอุตสาหกรรมจังหวัดตาก ในโครงการ TAK Model อ้างอิงจากข้อมูลการอบรมของ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในวันที่ 25 กันยายน 2560 ซึ่งได้กล่าวถึงการผลิตและการตลาดกล้วยหอมทอง ศักยภาพในการส่งออก โดยเฉพาะตลาดญี่ปุ่นที่มีความต้องการสูง โดยปีพ.ศ. 2559 ไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวทั้งหมด 37,020 ไร่ ผลผลิต 117,427 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 3,172 กิโลกรัม ต้นทุนการผลิต 4,823 บาท/ตัน ราคาที่เกษตรกรขายได้ 12,777 บาท/ตัน ผลตอบแทนสุทธิ 7,954 บาท/ตัน มีจำนวนใช้ในประเทศ 113,703 ตัน ส่งออกกล้วยหอมสด ปริมาณ 3,725 ตัน มูลค่า 81.40 ล้านบาท ราคาส่งออก 21,855 บาท/ตัน คู่ค้าที่สำคัญ คือ ญี่ปุ่น จีน ลาว และคู่แข่งที่สำคัญ คือ ฟิลิปปินส์ เอกวาดอร์ เบลีซ และคอสตาริกา ญี่ปุ่นได้ให้โควตากล้วยหอมทองจากไทยปีละ 8,000 ตัน แต่ส่งออกได้เพียงปีละ 4,000 ตันเท่านั้น ตลาดต่างประเทศยังมีความต้องการผลผลิตกล้วยหอมทองสดในปริมาณมาก ทั้งนี้ในการผลิตและส่งออกพบปัญหาทั้งด้านคุณภาพผลผลิตตามเกณฑ์มาตรฐาน การกระจายการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ ปัจจัยการผลิตทั้งปุ๋ยและสารเคมีในการกำจัดวัชพืช ค่าแรงงานที่สูงขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น อายุการวางจำหน่ายที่สั้น ดังนั้นควรเร่งส่งเสริมและจัดการกับปัญหาเหล่านี้ เพื่อให้การผลิตกล้วยหอมทองเพียงพอต่อผู้บริโภคในประเทศและมีคุณภาพตามเกณฑ์การส่งออกได้ [1]

ด้วยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาได้เล็งเห็นถึงปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชุมชนของไม่สามารถเข้าสู่ช่องทางการตลาดในปัจจุบันได้ จึงได้จัดทำโครงการเกษตรอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก สำหรับเกษตรกรพื้นที่ภาคเหนือ ประกอบด้วยพืชหลักสำคัญ 5 อย่าง ได้แก่ กล้วยหอมทอง มะม่วงน้ำดอกไม้ กระเจี๊ยบ

เขียว สับปะรด MD2 และชิง เพื่อสนับสนุนเกษตรกรตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ตลอดจนเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยจากนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญของ มทร. ล้านนาสู่เกษตรกร ให้เกิด SMART FARMER และเพื่อยกระดับพืชเศรษฐกิจเพื่อการส่งออกที่มีคุณภาพ โดยในวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2561 ได้มีการเปิดโครงการดังกล่าว จึงมีการเสวนาซักถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันระหว่างนักวิจัยของมหาวิทยาลัยกับเกษตรกรผู้ผลิตกล้วยหอมทองจากภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดตากและ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อทราบถึงปัญหาและความต้องการ นำไปสู่การหาแนวทางพัฒนาส่งเสริมและแก้ปัญหาร่วมกัน พบว่านอกจากปัญหาด้านขนาด ลักษณะผล สีของกล้วยหอมทองแล้ว ยังพบปัญหาการเกิดเชื้อราที่ขั้วกล้วยที่เป็นอุปสรรคของการเก็บรักษากล้วยหอมทองสู่ตลาดผู้บริโภค

ปัญหาการเกิดเชื้อราที่ขั้วกล้วย เกิดจากการติดมาจากแปลงปลูกและระหว่างการขนส่ง เชื้อรายังก่อให้เกิดโรคแอนแทรคโนส ซึ่งก่อให้เกิดจุดดำที่ผิวกล้วยที่บริเวณขั้วของกล้วยหอมนั้นมีความชื้นสูงเนื่องจากน้ำยางที่ซึมออกมาจากบาดแผลอันเนื่องจากการตัดแต่งทำให้เกิดการเจริญของเชื้อราที่ขั้วได้ ปัจจุบันมีการใช้สารเคมีในการยับยั้ง อาทิเช่น โพแทสเซียมซอร์เบต (potassium sorbate), กรดออกซาลิก (oxalic acid) และ salicylic acid แต่ยังข้อกังวลถึงผลกระทบต่อผู้บริโภคที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี จึงได้สนใจกระบวนการล้างทำความสะอาดกล้วยหอมทองซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเพราะสามารถกำจัดยางกล้วย สิ่งแปลกปลอม เศษฝุ่นละออง และเชื้อราที่ติดมาจากกระบวนการผลิตในแปลงเพาะปลูกรวมทั้งสารเคมีตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลในกระบวนการยืดอายุกล้วยหอมทอง โดยใช้กระบวนการแช่ล้างกล้วยหอมทองด้วยน้ำไมโครนาโนบับเบิลเพื่อลดการเกิดเชื้อราที่ขั้วกล้วยหอมทองและยืดอายุกล้วยหอมทองเพื่อส่งออก กรณีศึกษา กลุ่ม วิสาหกิจกล้วยหอมเมืองแกน อำเภอมะนัง จังหวัดเชียงใหม่

2.วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลในกระบวนการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง

3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดเล็กไมโครและนาโนมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น การบำบัดน้ำเสีย การเกษตร ด้านสุขภาพ กระบวนการผลิตอาหารและเครื่องดื่มที่ต้องการทำให้เกิดโฟม เป็นต้น ไมโครนาโนบับเบิล (Micro/Nano Bubbles, MNBs) เป็นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10 ถึง 200 นาโนเมตร คุณสมบัติเด่นคือมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และมีความคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของแก๊สในของเหลว Eriksson และ Ljunggren, 1999 [2] รายงานการใช้ฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครและนาโนสามารถช่วยจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในต้นหอม ซึ่งฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่นิยมใช้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้ออโคไลได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kobayashi และคณะ 2009a; Kobayashi, 2009b [3-4] ในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา มีรายงานวิจัยที่มีการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดเล็กระดับไมโครและนาโนเมตรประยุกต์ใช้ในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีสะอาด ปลอดภัยจากการใช้สารเคมี จึงทำให้นักวิจัยและหน่วยงานต่างๆ สนใจที่จะนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดเล็กนี้มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย[5-17]

4.วิธีการวิจัย

4.1. การเตรียมน้ำตัวอย่าง

เครื่องกำเนิดฟองแก๊สขนาดเล็กไมโครนาโนบับเบิล รุ่น KVM10 ออกแบบและผลิตโดยนักวิจัยศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านการประยุกต์ใช้ไฟฟ้าแรงสูงพลาสมาและไมโคร/นาโนบับเบิลเพื่อการเกษตรและการประมงชั้นสูง มทร.ล้านนา ใช้อัตราการ

ไหลของน้ำ 1.7 ลิตรต่อนาที การไหลของฟองอากาศ 0.5 ลิตรต่อนาที กำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ อัตราการไหลของอากาศ 0.5 ลิตรต่อนาที ขนาดของไมโครบับเบิลที่เกิดขึ้นมีขนาด 40-50 ไมโครเมตร ความเข้มข้นของไมโครบับเบิลมีค่า 60,000 บับเบิล ต่อมิลลิลิตร และขนาดของนาโนบับเบิลที่เกิดขึ้นมีขนาด 200-1,000 นาโนเมตร ความเข้มข้นของนาโนบับเบิลมีค่า 108-1,011 บับเบิลต่อมิลลิลิตร

สำหรับการผลิตน้ำไอโซนไมโครนาโนบับเบิลและไอโซนนาโนบับเบิล ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าฟองอากาศขนาดเล็ก (RMUTL-KVM15) และเป็นแก๊สออกซิเจนเชิงพาณิชย์ (O₂, บริสุทธิ์ 99.5%, บริษัท แพรเซ็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด)

4.2. การเตรียมและศึกษาเชื้อราบนข้าวหิวกล้วยหอมทอง

เก็บตัวอย่างกล้วยหอมทองดิบมีความแก่ประมาณร้อยละ 80 หลังการตัด 1 วันจากเกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจกล้วยหอมเมืองแกน

4.2.1 กล้วยหอมทองดิบ

ใช้ Loop เฉาะไฟแลวรอให้เย็นแล้วแตะบนกล้วยหอมทองดิบข้าวหิวยังไม่เน่า B1 ขีดบนจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง

4.2.2 กล้วยหอมทองหลังการบ่ม

นำกล้วยหอมทองดิบมาบ่ม ณ อุณหภูมิห้องในกล่องให้ความชื้น เป็นเวลา 7 วัน หลังการบ่มนำมาแยกเชื้อที่ข้าวหิวด้วยวิธี tissue transplanting โดยการตัดเนื้อเยื่อข้าวหิวที่เป็นโรคบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อเยื่อปกติและเนื้อเยื่อที่แสดงอาการเน่า ขนาด 5x5 มิลลิเมตร แخذในสารละลายคลอโรกซ์เข้มข้นร้อยละ 10 นาน 5 นาที นำมาวางในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน จำแนกชนิดของเชื้อราศึกษารูปร่างลักษณะของเชื้อและบันทึกภาพสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาชนิดของเชื้อที่พบในกล้วยหอมตัวอย่าง

4.3. การศึกษาประสิทธิภาพเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลในการยืดอายุกล้วยหอมทองดิบ

นำตัวอย่างกล้วยหอมทองดิบที่เตรียมไว้มาผ่านการล้างด้วยน้ำตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด ด้วยอัตราส่วนกล้วยหอมทองน้ำหนัก 50 กรัมต่อน้ำตัวอย่าง 200 มิลลิลิตร แช่เป็นเวลา 20 นาที ตามวิธีการของ กรมวิชาการเกษตร. [18] ซึ่งแบ่งเป็น 5 ตัวอย่าง ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 ถัง บรรจุถุง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ได้แก่

ตัวอย่างที่ 1 น้ำประปา(ชุดควบคุม) (TW)

ตัวอย่างที่ 2 น้ำแอร์ไมโครนาโนบับเบิล (Air MNBs)

ตัวอย่างที่ 3 น้ำแอร์นาโนบับเบิล (Air NBs)

ตัวอย่างที่ 4 น้ำโอโซนไมโครนาโนบับเบิล (O₃ MNBs)

ตัวอย่างที่ 5 น้ำโอโซนนาโนบับเบิล (O₃ NBs)

หลังจากแช่ทิ้งไว้ 20 นาที จึงนำตัวอย่างกล้วยหอมทองดิบมาวิเคราะห์หาเชื้อราที่คงอยู่ด้วยวิธีการขีดเชื้อในจานเพาะเชื้อ (Streak-Plate Technique)

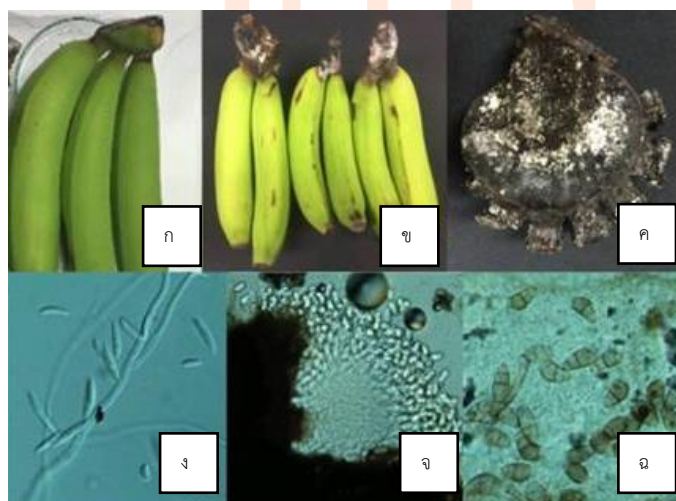
4.4 การศึกษาการยืดอายุของกล้วยหอมทองหลังใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิล

นำตัวอย่างกล้วยหอมทองที่ผ่านกระบวนการแช่ล้างไปศึกษาอายุการเก็บรักษาของกล้วยหอม โดยศึกษาที่อุณหภูมิ 14°C ระยะเวลา 30 วัน เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษากล้วย โดยทั่วไปคือ 12-14°C [19] จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวโดยการวัดค่าการสูญเสียน้ำหนัก ค่าความแน่นเนื้อ

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการศึกษาเชื้อราบนกล้วยหอมทอง

จากผลการศึกษากล้วยหอมทองก่อนเข้าสู่กระบวนการแช่ล้าง ได้ผลดังนี้



รูปที่ 1 แสดงการเกิดเชื้อบนขั้วกล้วยหอม

- (ก) พบเชื้อราหลายจำแนกบริเวณแผลที่ขั้ว
- (ข) อาการเริ่มแรกของโรคขั้วหวีเน่าบนกล้วยดิบ
- (ค) เมื่อบ่มหวีกล้วยในกล่องความชื้นกล้วยเริ่มสุกพบว่าโรคเริ่มรุนแรงพบเส้นใยสีขาวของเชื้อราปากคลุมบริเวณขั้วหวี
- (ง) พบเชื้อราหลายจำแนกบริเวณแผลที่ขั้ว
- (จ) ลักษณะของเชื้อรา *Curvularia* sp.
- (ฉ) ลักษณะของเชื้อรา *Fusarium* sp.
- (ช) ลักษณะของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp.

กล้วยหอมทองดิบพบเชื้อหัวกล้วยแสดงอาการเริ่มเน่าดำแต่ยังไม่พบเส้นใยสีขาวชัดเจนมากนัก พบเชื้อ *Fusarium* sp.เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก)

กล้วยหอมทองหลังจากบ่ม ณ อุณหภูมิห้องในกล่องให้ความชื้น เป็นเวลา 7 วัน พบว่าหัวกล้วยแสดงอาการเน่าดำ มีเส้นใยสีขาวของเชื้อราขึ้นปกคลุม โดยพบเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ *Fusarium* sp.และ *Lasiodiplodia* sp และ *Curvularia* sp. ดังแสดงในรูปที่ 1 (ข-ฉ)

5.2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลในการยืดอายุกล้วยหอมทองดิบ

จากการนำตัวอย่างทั้ง 5 ชนิดแช่ล้างกล้วยหอมทองดิบที่ควบคุมน้ำหนักขนาดและปริมาณน้ำที่แช่ล้าง นาน 20 นาที พบว่าการแช่ล้างกล้วยหอมทองในน้ำที่มีฟองอากาศขนาดเล็กจากเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลสามารถลดการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราบนหัวกล้วยหอมได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำประปา โดยพบว่าน้ำ O_3 MNBs และน้ำ O_3 NBs มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อราใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับน้ำ air MNBs และ น้ำ air NBs แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลสามารถลดการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราบนหัวกล้วยหอมได้ ในขณะที่เดียวกันพบว่าขนาดของฟองอากาศทั้งระดับไมโครและนาโนเมตรไม่มีผลต่อการลดการเจริญเติบโตของเชื้อราแต่อย่างใด แสดงในรูปที่ 2

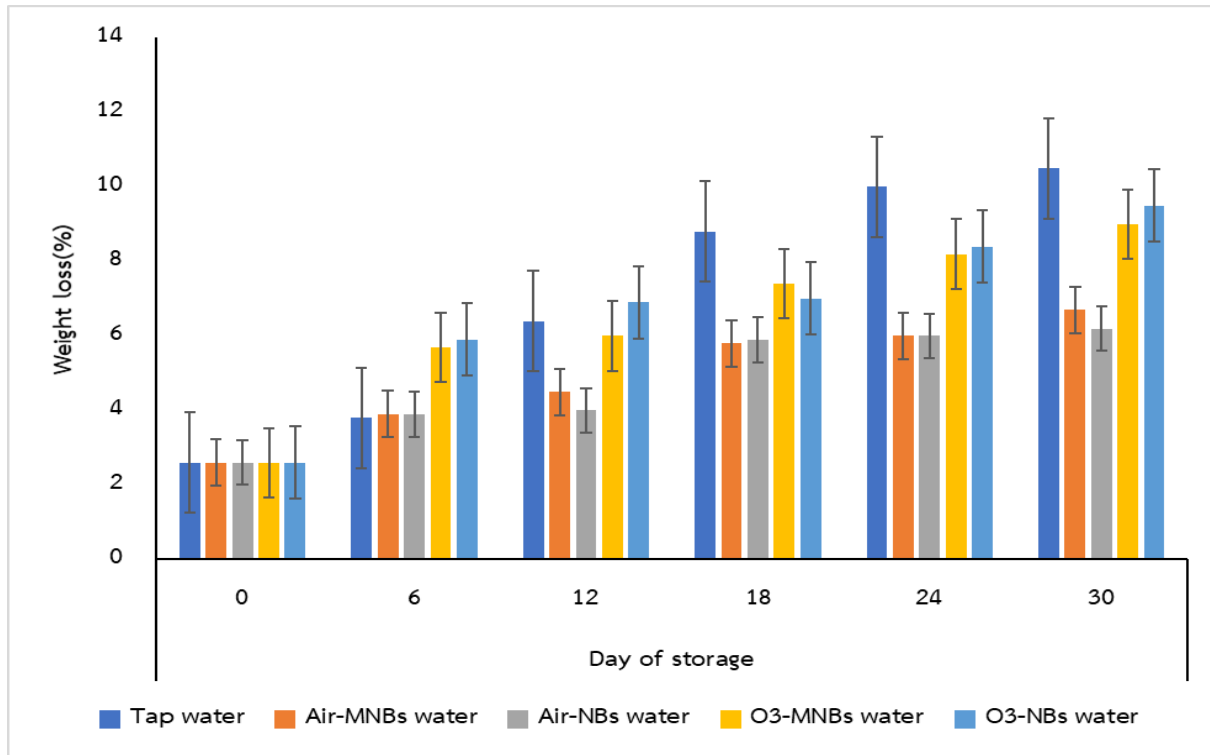
ผลการศึกษาการเจริญของเชื้อราบนหัวกล้วยหอมทองเมื่อทิ้งไว้ 7 วันหลังจากการแช่ล้าง 20 นาที ดัง

แสดงในกราฟรูปที่ 2 พบว่า กล้วยหอมทองที่แช่ล้างในน้ำ O_3 MNBs น้ำ O_3 NBs มีปริมาณการเจริญเติบโตของเชื้อราน้อยที่สุดร้อยละ 11 และ 11.3 ตามลำดับ รองลงมาคือ กล้วยหอมทองที่ล้างโดยใช้น้ำ air MNBs และน้ำ air NBs ร้อยละ 58 เท่ากัน ในขณะที่น้ำประปาพบการเจริญเติบโตของเชื้อรามากที่สุดเท่ากับร้อยละ 95

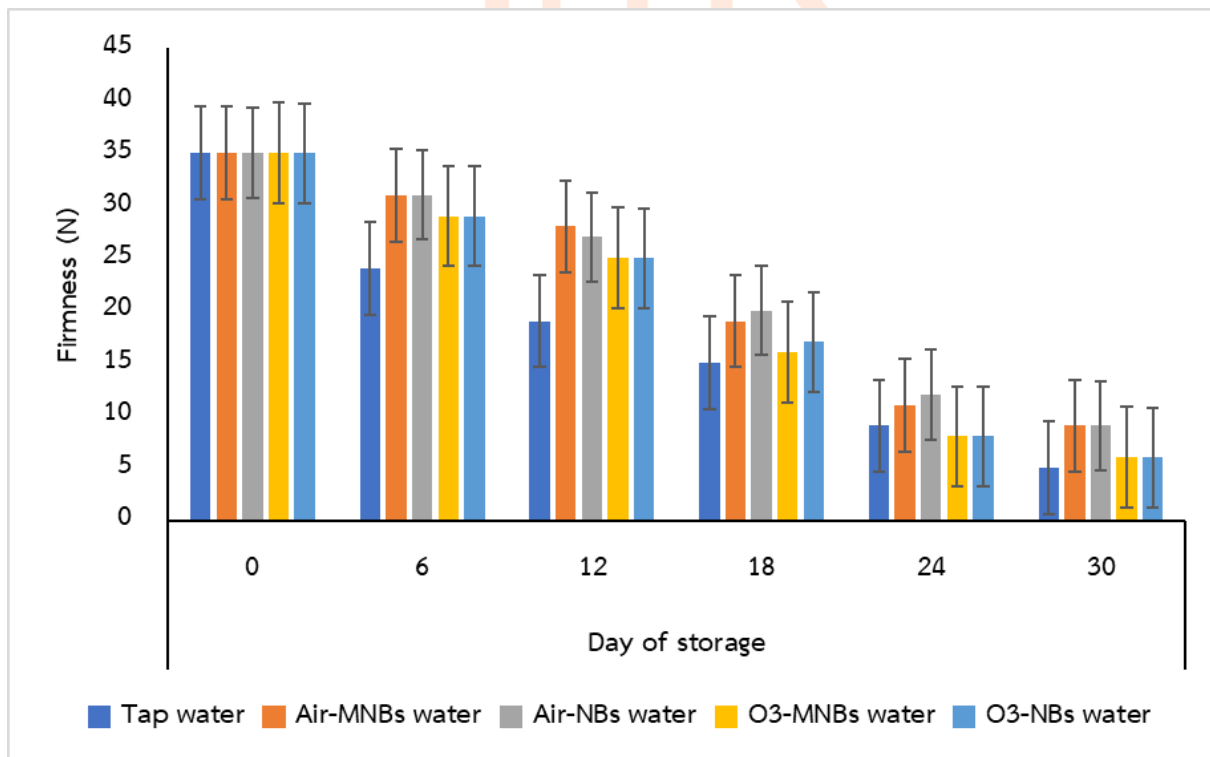
5.3 ผลการศึกษาการยืดอายุของกล้วยหอมทองหลังใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิล

หลังจากนำตัวอย่างกล้วยหอมทองที่ถูกล้างไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ $14^\circ C$ เป็นระยะเวลา 30 วัน จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวโดยการวัดค่าการสูญเสียน้ำหนัก ค่าความแน่นเนื้อ พบว่า

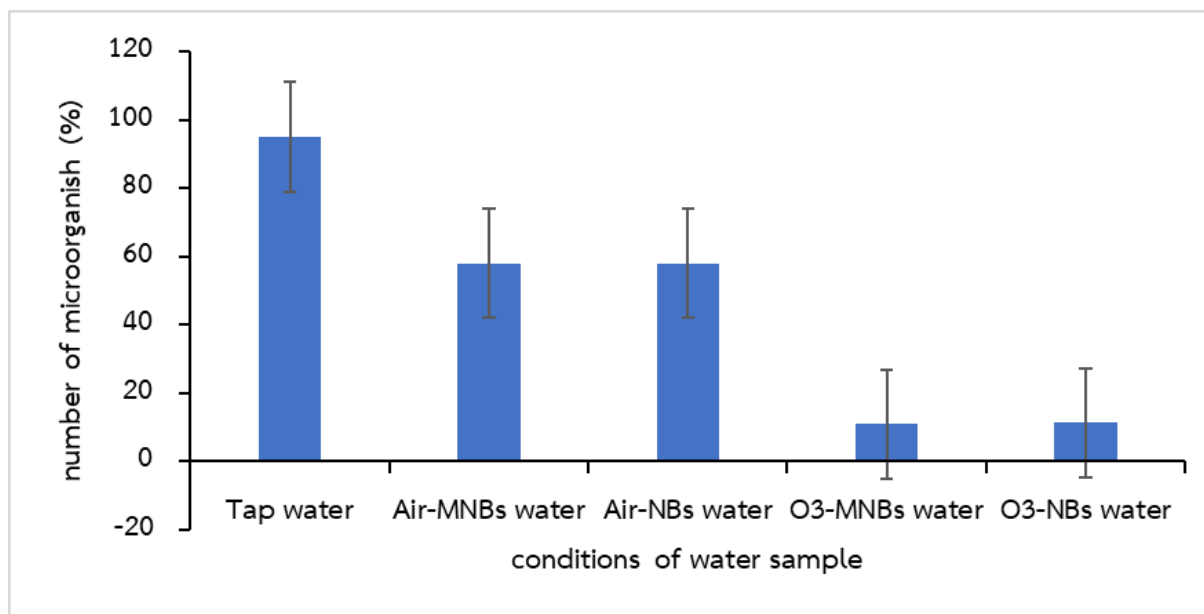
น้ำ air MNBs และ น้ำ air NBs สามารถยืดอายุการเก็บกล้วยหอมได้มากที่สุด พิจารณาจากค่าการสูญเสียน้ำหนักลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ ร้อยละ 6.2 และ 6.7 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3 เมื่อเทียบกับการแช่ล้างในน้ำ O_3 MNBs และ น้ำ O_3 NBs มีค่าการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 9 และ 9.5 ส่วนน้ำประปามีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดร้อยละ 10.5 ณ วันที่ 30 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีผิวกล้วย พบว่าการแช่ล้างกล้วยหอมทองในน้ำตัวอย่างไมโครนาโนบับเบิลสามารถชะลอการสุกของกล้วยหอมทองได้



รูปที่ 2 กราฟแสดงการเจริญของเชื้อราบนข้าวกล้องหอมทอง



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าการสูญเสียน้ำหนักของกล้วยหอมทอง ณ อุณหภูมิ 14 °C ระยะเวลา 30 วัน



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทอง ณ อุณหภูมิ 14 °C ระยะเวลา 30 วัน

ผลการศึกษการยืดอายุกล้วยหอมทองจากค่าความแน่นเนื้อแสดงในรูปที่ 4 พบว่าในวันที่ 30 กล้วยหอมทองที่แช่ล้างในน้ำ O_3 MNBs น้ำ O_3 NBs นาน 20 นาทีและนำมาเก็บบ่ม 14 °C เป็นเวลานาน 7 วัน มีค่าความแน่นเนื้อค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 6.57 และ 6.66 ตามลำดับ รองลงมาคือกล้วยหอมทองที่ล้างโดยใช้น้ำประปามีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 5.67 ในขณะที่น้ำ air MNBs และน้ำ air NBs มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดเท่ากับ 9.54 และ 9.60

6. อภิปรายผลการวิจัย

การแช่ล้างทำความสะอาดกล้วยหอมทองในน้ำที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นฟองอากาศขนาดเล็กด้วยเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดฟองอากาศขนาดเล็ก มทร.ล้านนา ด้วยระยะเวลา 20 นาที มีประสิทธิภาพสามารถลดปริมาณของเชื้อราที่ขึ้นที่กล้วยหอมทองได้ โดยอาศัยกลไกของฟองอากาศขนาดเล็กไมโครและนาโนในการเข้าทำลายเชื้อราบนผิวกล้วยหอมทอง การเกิดไฮดรอกไซด์ไอออน รวมทั้งเมื่อเกิดการยุบตัวของฟองก่อให้เกิดความร้อนที่สูงขึ้นส่งผลต่อการสภาวะการที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากระบบและ

กระบวนการสลายตัวทางความร้อนภายในของเชื้อราทำให้เชื้อราเกิดการเสถียรภาพ (Kimura และ Ando, 2002) [20].

จากการศึกษาพบว่าน้ำไอโซนไมโครนาโนบับเบิลและน้ำไอโซนนาโนบับเบิล สามารถลดการเจริญของเส้นใยเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุโรคช้ำหวีเน่าได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับ น้ำประปา น้ำแอร์ไมโครนาโนบับเบิล และน้ำแอร์นาโนบับเบิล

นอกจากการใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลสามารถลดการเจริญของเชื้อราได้แล้วยังมีส่วนช่วยรักษาคุณภาพของกล้วยหอมในระหว่างการเก็บรักษา ดังแสดงในผลการทดลองในรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 พบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักและค่าความแน่นเนื้อของกล้วยหอมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการล้างโดยน้ำประปาเนื่องมาจากการใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลช่วยสมานการเกิดบาดแผลที่ผิวกล้วยหอมทำให้แผลที่ผิวกล้วยหอมหายได้เร็วส่งผลต่ออัตราการหายใจของกล้วยที่ลดลงทำให้รักษาคุณภาพของกล้วยหอม สอดคล้องกับงานของจริงแท้ ศิริพานิชและคณะ [21]. นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณแก๊สออกซิเจนและเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำล้างซึ่งเป็นการยับยั้งการทำงาน

ของเอทิลีนที่กล้วยหอมส่งผลต่อการสุกของกล้วยที่น้อยลง ดังผลการศึกษาของเกริก ปิ่นหนึ่งเพชรและคณะ [22].

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลเป็นวิธีที่ปลอดภัยในการลดปริมาณเชื้อราหรืออาจใช้ร่วมกับการใช้แก๊สโอโซน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้สารเคมีในกระบวนการและสามารถช่วยรักษาคุณภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและระยะเวลาในการวางจำหน่ายของกล้วยหอมทองได้

7. สรุป

การใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลมีประสิทธิภาพในการลดเชื้อราที่ขั้วกล้วยและส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บกล้วยหอม ส่วนการแช่กล้วยหอมทองด้วยน้ำแอโรไมโครนาโนบับเบิลและน้ำแอโรนาโนบับเบิลสามารถยืดอายุการเก็บกล้วยหอมได้ดีที่สุด โดยมีค่าความแน่นเนื้อและค่าความสูญเสียน้ำหนักในระดับที่ดีรองลงมาคือ น้ำประปา ส่วนการแช่โดยใช้น้ำโอโซนไมโครนาโนบับเบิลและน้ำโอโซนนาโนบับเบิล มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บกล้วยหอมได้น้อย แต่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อราที่สูงกว่าน้ำแช่ล้างประเภทอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภายใต้โครงการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการระหว่างการเรียนรู้ในสถานศึกษากับการนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมไปพัฒนาและยกระดับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือ 6 จังหวัด ประเภททุนพัฒนาเกษตรอุตสาหกรรม (Agro-Industry: AG) กลุ่มทุนเกษตรอุตสาหกรรมปลายทาง : AG3 และขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนกล้วยเมืองแกนที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบในการทดลอง

ขอขอบคุณความอนุเคราะห์จากศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านการประยุกต์ใช้ ไฟฟ้าแรงสูงพลาสมา และไมโคร/นาโนบับเบิล เพื่อการเกษตรและการประมง

ชั้นสูง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร หลักสูตรวิศวกรรมสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] <https://www.kasetkaoklai.com/home/2017/09/ต้นกล้วยไทยบุกตลาดโลก ค้นคว้าวันที่ 19 มีนาคม 2561>
- [2] Eriksson, J.C. and Ljunggren, S., 1999, On the Mechanically Unstable Free Energy Minimum of a Gas Bubble which is Submerged in Water and Adheres to a Hydrophobic Wall, Colloid and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects, 159: 159–163.
- [3] Kobayashi, F., Ikeura, H., Tamaki, M. and Hayata, Y., 2009a, Application of CO₂ Micro- and Nano-Bubbles at Lower Pressure and Room Temperature to Inactivate Microorganisms in Cut Wakegi (*Allium wakegi* Araki), Acta Horticulturae, 875: 417-424.
- [4] Kobayashi, F., Hayata, Y., Ikeura, Y., Tamaki, M., Muto, N. and Osajima, Y., 2009b, Inactivation of *Escherichia coli* by CO₂ Microbubbles at a Lower Pressure and Near Room Temperature, American Society of Agricultural Engineers, 52: 1621-1626.
- [5] Kimura, T. and Ando, T., 2002, Physical Control of Chemical Reaction by Ultrasonic Waves, Ultrasonic Technology, 14: 7–8.
- [6] Martinez, M.V. and Whitaker, R.J., 1995, The Biochemistry and Control of Enzymatic Browning, Trends in Food Science and Technology, 6: 195-200

- [7] C. Wilasini, C.Chanokpim and T.Kanokporn "Opportunity and Value Development for Thai Bananas," *International Conference on Economics and Business*, IPEDR vol. 9, 2011.
- [8] M. Warapa, K. Pitirat, and T. Sasitorn "Using Sanitizer and Fine bubble Technologies to Enhance Food Safety," *Food security and safety*, 2015.
- [9] N. Pongprasert, N. Tatmala, and V. Srilaong "The Application of Air Micro-and Nano-bubbles in Combination with Sodium Hypochlorite to Inactivate Total Bacteria and Improve the Quality of Fresh – cut Lettuce," *Agricultural Sci J.*, 42(2)(Suppl.) , pp. 61-64, 2012.
- [10] K. Pitirat, T. Sasitorn, and C. Wanee "Effect Micro Bubbles in Washing Process for Microbial Reduction on Fresh Vegetables," *Food Science & Technology* , 2015.
- [11] P.J. Cullen, B.K. Tiwari and C.P.O'Donnell "Modelling approaches to ozone processing of liquid foods," *Trends in Food Science & Technology*, 20(2009) , 125-136 , 2009.
- [12] B.G. Yershov, P.V. MoroZov and A.V.Gordeev "Kinetic Regularities of Ozone Decomposition in Water," *Journal of Water Chemistry and Technology*, vol. 31, No. 6, 381-388 , 2009
- [13] H. Sae, A. Shinichi and T. Masayoshi "Effects of ozone nano-bubble water on periodontopathic bacteria and oral cells-in vitro studies," *Science and Technology of Advanced Materials*, 2014
- [14] F. Akiko., A. Shinichi and M. Yoshihiro "Comparative Analysis of Effects of Ozone Nano-Bubble Water (NBW₃) with Established Antimicrobials Bactericidal Efficacy and Cellular Response An In vitro Study," *J Oral Tissue English*, 10(3):131-141, 2013
- [15] N. Chaitara., S. Acharya. and S. Sittisuntorn "Reduction of Carbendazim in Chinese Chives and Re-absorption from Washing Solution Using Methods of Department of Agriculture," *Journal of Science and Technology*, 2016
- [16] T. Sukanya., V. Srisamai. and D. Nongyao "Comparison of the International Standards Organization Reference Method and Lactose Peptone, 2003
- [17] Broth for the Detection of Coliform Bacteria and Escherichia coli in Water from the Animal Farms," *Journal of Science and Technology*, 2014
- [18] ห้องสมุดความรู้การเกษตร. การล้างผัก. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร; [เข้าถึงเมื่อ 12 ตุลาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.doae.go.th/library/>.
- [19] Marriot, J., 1980, Bananas Physiology and Biochemistry of Storage and Ripening for Optimum Quality, CRC Critical Review of Food Science and Nutrition, 13: 41-88.
- [20] Kimura, T. and Ando, T., 2002, Physical Control of Chemical Reaction by Ultrasonic Waves, Ultrasonic Technology, 14: 7-8.
- [21] จริ่งแท้ ศิริพานิช. 2537. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวทางพืชสวน ตอนที่ 1 สรีรวิทยาของผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวเอกสารประกอบการอบรม เรื่อง วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวทางพืช. หน้า 86

- [22] เกริก ปันแห่งเพชร. 2533. สรีรวิทยาเบื้องต้น (ตอนที่ 1). ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 77
- [23] สุเทพ นิยมญาติ, 2553.ผลของโอโซนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอตัดแต่งพร้อม บริโภค ในระหว่างการเก็บรักษา. ปริญญาวิทยา ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัย ศิลปากร
- [24] ดวงธิดา ชุมทอง และคณะ, 2549. ผลของการใช้ โอโซนในการควบคุมโรงหลังการเก็บเกี่ยวของ เงาะ พุเรียน.หน่วยวิจัยไม้ผลเขตร้อน สำนักวิชา เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

