

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากวัสดุเหลือจากภาคการเกษตรและวัชพืชแบบเยื่อกระดาษขึ้นรูปสำหรับผลไม้ ประทุมทอง ไตรรัตน์^{1*}

Packaging Development from Agricultural Debris and Weeds as Molded Pulp for fruit Pratoomtong Tirat^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

¹Technology, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

*Corresponding author E-mail address: pratoomtong_t@mutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยการพัฒนาการใช้วัสดุเหลือใช้จากการเก็บในภาคการเกษตรและวัชพืชเพื่อเป็นเยื่อในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ลดการเกิดเชื้อราและยืดอายุผลไม้ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อออกแบบผลิตชุดเตรียมเยื่อในการผลิตบรรจุภัณฑ์แบบกระดาษขึ้นรูป 2) เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์จากเยื่อกระดาษขึ้นรูปสำหรับผลไม้ 2 ชนิด ได้แก่ มะม่วง มะละกอ 3) เพื่อทดสอบสารสกัดจากใบขี้เหล็ก ใบมะกูด ข่าและใบพลูเปรียบเทียบการลดการเกิดเชื้อราและยืดอายุของมะม่วงและมะละกอ เป็นส่วนผสมในเยื่อที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์และส่วนของสารปนโดยมี 4 ขั้นตอน ดังนี้คือ คือ 1) การสร้างชุดเตรียมเยื่อกระดาษ ได้แก่ เครื่องบดและเครื่องปั่นเยื่อ 2) การออกแบบแม่พิมพ์บรรจุภัณฑ์ 3) การเตรียมเยื่อจากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเพื่อในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ และ 4) การทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ในการลดและป้องกันโรคเชื้อราของมะม่วงและมะละกอ ผลการศึกษาสรุปดังนี้ เครื่องบดสามารถบดส่วนของพืชได้ดีในพืชสดที่มีลำต้นอ่อนและมีการหั่นหรือสับและทำการแช่ก่อนนำมาทำการบดและเครื่องตีก็สามารถตีออกเป็นเยื่อสำหรับการขึ้นรูปเป็นกระดาษได้ ในส่วนพืชที่มีความแข็งก็จะสับก่อนที่จะนำเข้ามาบด การออกแบบรูปแบบบรรจุภัณฑ์จะทำแบบเป็นรูปของผลไม้ตามขนาดและรูปแบบของผลไม้ในการส่งออกซึ่งจะมี 3 ขนาด พบว่า ผู้จำหน่ายเห็นว่ามีความน่าสนใจว่าสามารถใส่ผลไม้ลงไปแต่ละลูกและนำจัดวางลงกล่องและยึดด้วยกระดาษเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งและเวลานำมาจัดวางก็สามารถเปิดออกได้ด้านใดด้านหนึ่งที่ทำให้ลดการสัมผัสโดยตรงที่ผลไม้ที่อาจทำให้เกิดความเสียหายได้ ในการทดสอบในการขนส่งพบว่าผลไม้ยังคงสภาพดีไม่เกิดการเสียหายระหว่างการขนส่ง และการยืดอายุและป้องกันการเกิดโรคจากสารสกัด ใบขี้เหล็ก ใบมะกูด ข่า และสารสกัดใบพลู ที่ผสมลงในเยื่อและฉีดยามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคที่เกิดได้ดีที่สุดคือ ใบขี้เหล็กและรองลงมาคือใบพลู ข่าและใบมะกูด ตามลำดับ

คำสำคัญ : บรรจุภัณฑ์เยื่อกระดาษขึ้นรูป, วัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตร การยืดอายุผลไม้

ABSTRACT

This research on packaging development from agricultural debris and weeds as molded pulp for fruit was aimed to 1) design and produce a pulp blender kit for fruit packaging production; 2) design packaging for 2 kinds of fruit, i.e. mango and papaya; 3) explore the betel leaf being mixed into packaging pulps and spray for their fungus reduction and extension of shelf life of mango and papaya. The research involved 4 steps: 1) producing pulp grinder and blender; 2) designing packaging molds; 3) preparing pulps from agricultural debris for molded packaging; and 4) testing the packaging's efficacy in reducing and preventing the anthracnose disease in mango and papaya. The summary results were as follows. The grinder effectively grinded plant pieces particularly the fresh plant with soft stem and pre-cutting, chopping, and water-soaking before grinding. The blender worked well to mash up plants into pulps for molded paper. Hard plants were planed with planer before grinding. The packaging was molded in fruit shape according to the size and types of fruits for export which included 3 sizes. Distributors viewed that the packaging is interesting as each fruit is put into individual package to be placed in the box and secured with

cardboards to provide protection during transport. The fruits can be displayed by opening up either side of the packaging which helps reduce direct contact with the fruit and its damage. The test with transportation suggested that the fruits remain in good shape without any damage during transport. The plant extract with best efficacy in extending the shelf life and preventing anthracnose disease of mango and papaya was copper pod leaf, followed by betel leaf, galangal, and kaffir lime leaf.

Keywords: Packaging molded, Pulp, Agricultural wastes, Extension of shelf-life of fruit,

บทนำ

ผักและผลไม้ เป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย ในการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก ผัก ผลไม้สามารถทำรายได้ให้แก่ประเทศปีหนึ่งหลายพันล้านบาทและยังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี ลักษณะความรุนแรงทางกายภาพที่พบระหว่างการขนส่ง ผัก ผลไม้ คือ การกดทับ การกระแทกและการสั่นสะเทือนที่เกิดจากบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีความแข็งแรงหรือเหมาะสมกับการขนส่ง (Phtiv perdo, 2548) การยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ ผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยอาศัยกรรมวิธีการผลิตที่หลากหลาย มีทั้งการนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปเพียงเล็กน้อย หรือเพียงแค่ล้างทำความสะอาด และตัดแต่งเพื่อจำหน่ายแบบสด หรือนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อนสูง แล้วบรรจุในภาชนะเปิดสนิท เช่น กระป๋อง ขวดแก้ว และภาชนะพลาสติก การยืดอายุด้วยบรรจุภัณฑ์ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งในการรักษาผลผลิตจากการเกษตร โดยต้องเลือกใช้หรือกำหนดปัจจัยต่างๆ เช่น การใช้ก๊าซเอทิลีน (C_2H_4) ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น อุณหภูมิ ที่จะนำไปตัดคุณสมบัติ เช่น บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาวะบรรยากาศเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ ภายในบรรจุภัณฑ์ต่างจากบรรยากาศปกติ ซึ่งสัดส่วนของก๊าซต่างๆ เกิดจากการที่บรรจุภัณฑ์เข้าไปโดยตรง หรือเกิดจากสมบัติการยอมให้ก๊าซผ่านได้ของฟิล์มพลาสติกและอัตราการหายใจของผลผลิตที่บรรจุ และจากการวิจัยของรังสินี โสธรวิทย์. (2557).จากการพัฒนาสารเคลือบผิวชนิดใหม่ที่มีสมบัติในการต้านจุลินทรีย์สำหรับผลไม้ โดยการนำน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย ได้แก่ ขิง ไพลและกระชายเมื่อนำสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมาใช้รวมในฟิล์ม HPMC-based composite และทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียโดยวิธี agar disc diffusion method พบว่าน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวก *Staphylococcus aureus* ในขณะที่มีเฉพาะฟิล์ม HPMC-based composite ร่วมกับกระชายที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมลบ *Escherichia coli* ได้ (<http://www.smeservicecenter.net>) เป็นการนำพืชสมุนไพรไทยมาช่วยในการลดการเกิดโรคของผลไม้ ในการใช้สมุนไพรไทยจะมีการนำไปใช้ผสมในอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำความสะดวกหรือการอาบน้ำที่ช่วยลดเชื้อแบคทีเรียได้ ซึ่งเป็นแนวคิดที่นำมาใช้เพื่อลดการเกิดโรคในผลไม้สดหลังจากการเก็บเกี่ยวเพื่อที่มีการใช้สารเคลือบต่างๆ จะเป็นในรูปของแว็กซ์ที่เป็นธรรมชาติและเป็นสารสังเคราะห์ซึ่งมีผู้นำมาใช้อาจะด้วยเหตุใดก็ตามการใช้สารจากสารสังเคราะห์เป็นสารต้องห้ามของหลายประเทศในการนำเข้าผลไม้หรือผักที่ส่งผลเสียได้ตั้งการศึกษากการใช้สมุนไพรไทยจากธรรมชาติจะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดทางเลือกเพื่อการรักษาคุณภาพของผลไม้ในการส่งออกได้

การใช้เยื่อกระดาษขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ถูกนำมาเพื่อทำภาชนะในรูปแบบถาดหรือบรรจุภัณฑ์อื่นๆ และบรรจุภัณฑ์ในรูปของเยื่อกระดาษอัดดัดลงเมื่อมีการผลิตบรรจุภัณฑ์จากโพลีเอทิลีนพลาสติก ในปี 2513 และมีการนำมาใช้มากจนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม บรรจุภัณฑ์จากเยื่อกระดาษจึงเป็นสิ่งที่มาทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์จากโพลีเอทิลีนในการบรรจุสินค้า ที่สามารถใช้เยื่อจากกระดาษเก่าหรือจากเศษวัสดุที่เหลือทิ้งในการเกษตรหรือพืชที่สามารถขึ้นได้งานและไม่มีอายุในการปลูก ซึ่งจะนำมาทำเยื่อในการทำบรรจุภัณฑ์ได้ เช่น จากการวิจัยของ กมลพร จอมพันธ์และนัฐดี จินาพันธ์และคณะ. (2552) ได้ผลิตฟิล์มจากเยื่อฟางข้าวสำหรับเคลือบผิวผลไม้ และ (Stratasys .2015) การผลิตบรรจุภัณฑ์ด้วยการใช้วิธีการขึ้นรูปจากเยื่อนั้นไม่ใช่เหมาะสำหรับบรรจุภัณฑ์ใช้เท่านั้น แต่ปัจจุบันได้มีการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อื่นที่มีบริษัทเยื่อกระดาษพัฒนาขึ้นมา ซึ่งจะมีคุณภาพและมีความยั่งยืนเพราะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก (Twede and Selke,2005) และได้มีผลิตภัณฑ์อื่นใช้บรรจุภัณฑ์ในรูปแบบการใช้เยื่อมากขึ้นรูป เช่น ผลิตภัณฑ์สบู่ ที่ใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม บรรจุภัณฑ์รองเท้า ในขณะที่เยื่อกระดาษหล่อขึ้นรูปอาจไม่ใช่วัสดุใหม่ๆ การใช้ใหม่สำหรับนวัตกรรมและพัฒนาต่อไป ได้มีการแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสำหรับเป็นบรรจุภัณฑ์ ในการผลิตอาจเติมสารเติมแต่งให้มีสีกลิ่นที่สวยงามได้หรือใช้วัสดุจากพืชหลากหลายชนิดได้ (Emily Howe.2015)

ดังนั้นในการผลิตบรรจุภัณฑ์จากเยื่อวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากเศษของการตัดทิ้งของภาคการเกษตรในการจำหน่ายหรือจากวัชพืช ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำเยื่อ เช่น ต้นกุหลาบ ฟางข้าว ต้นกล้วย ฯลฯ โดยมาผ่านกรรมวิธีในการขึ้นรูปเป็น

บรรจุภัณฑ์แบบเยื่อกระดาษขึ้นรูป (Molded Pulp) เพื่อใช้ในการบรรจุผลไม้โดยผลไม้ที่ใช้จะเป็นมะม่วง มะละกอหรือผลไม้ อื่นๆ เพราะในปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกมะม่วงและผลไม้เป็นลำดับต้นๆ และมะม่วงเป็นผลไม้ที่เมื่อสุกแล้วจะทน ต่อแรงกระแทกได้น้อย ดังนั้นบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่ผลไม้ในการส่งจำหน่ายควรจะป้องกันแรงกระแทกระหว่างการขนส่ง และไม่ให้สารตกค้างหรือเป็นขยะที่กำจัดได้จากยากจากซากของบรรจุภัณฑ์เช่นการใช้โฟมหุ้มที่ก่อให้เกิดการเหลือเศษทิ้งและทำ การย่อยสลายได้ยาก และผลไม้อาจเกิดแรงกระแทกระหว่างผลทำให้เกิดการเสียหายได้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงสนใจในการทำบรรจุ ภัณฑ์จากแบบเยื่อกระดาษขึ้นรูป (Molded Pulp) และขึ้นรูปมะม่วงในลักษณะของรูปทรงของผลไม้ เพื่อป้องกันการเกิดการ กระแทกระหว่างลูกและสามารถเปิดฝาทิ้งได้ทั้งด้านที่จะลดการสัมผัสโดยตรงที่ผลเวลาต้องการวางจำหน่าย และเติมสารสกัด จากสมุนไพรไทยเพื่อลดการเกิดเชื้อราและการห่อหุ้มที่ปิดช่องเพียงเล็กน้อยในการลดการสุกเร็ว และสามารถประยุกต์ไปใช้กับ ผลไม้อื่นได้และเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์และลดการเสียหายในการขนส่ง ลดการใช้สารเคมีหรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่มี ราคาสูงซึ่งจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของประเทศได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์เตรียมเยื่อในการผลิตบรรจุภัณฑ์แบบเยื่อกระดาษขึ้นรูป (Molded Pulp)
2. เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์จากเยื่อกระดาษสำหรับผลไม้ 2 ชนิด ได้แก่ มะม่วง มะละกอ
3. เพื่อทดสอบการลดการเกิดเชื้อราและยืดอายุของมะม่วงและมะละกอของสารสกัดใบขี้เหล็ก ใบมะกูด ข่าและใบพลู

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ จะทำการออกแบบและสร้างชุดเตรียมเยื่อประกอบด้วยเครื่องบดและตีเยื่อ ขนาดกลางที่สามารถผลิต เยื่อได้ในระดับชุมชน ในการผลิตเยื่อ จะใช้เยื่อผสมระหว่างของเหลือทิ้งในกลุ่มเกษตร ไม้ตัดดอกชนิดต่างๆ เช่น กุหลาบ เฮลิโค เนีย และต้นกระถิน ผสมกับสารเติมแต่งจากธรรมชาติ จำพวก พืชสมุนไพร น้ำคั้นจากพืชสมุนไพร สารสกัดสมุนไพร น้ำมันหอม ระเหย เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา และขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ผลไม้ และเป็นภาชนะในการรองรับผลไม้ 2 ชนิด ได้แก่ มะม่วง มะละกอ ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์จะใช้วิธีการขึ้นรูปทรงของผลไม้ ซึ่งขนาดของผลไม้ในการส่งออกจะมีขนาดที่คึกคักมาขนาด และน้ำหนักที่ใกล้เคียงหรือเท่ากัน

ข้อจำกัดในการวิจัย

1. ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้มีเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์แบบกระดาษขึ้นรูป ดังนั้นความเรียบและความสม่ำเสมอของการ กระจายตัวของเยื่ออาจจะไม่มีความสม่ำเสมอของตัวบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการขนส่งจึงเป็นการวัดค่าแบบของเยื่อก่อนการขึ้นรูป จากการใช้มือและการขึ้นรูปจะเป็นเฉพาะหน่วยของผลไม้
2. ในการสกัดสารและการทดสอบการเกิดเชื้อราโดยความร่วมมือของสาขาวิชาที่เกี่ยวกับสารสกัดและโรคของพืช

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ชุดทดสอบที่ออกแบบจะเป็นต้นแบบของชุดในการเตรียมเยื่อที่ได้จากพืชที่เป็นพวกวัชพืชหรือที่เหลือทิ้งในภาค การเกษตรที่จะทำให้อุตสาหกรรมสามารถนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในการลดการเหลือทิ้งของเศษวัสดุเพื่อนำมาใช้เป็นเยื่อในการผลิต กระดาษที่จะนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้
2. ได้ทางเลือกใช้สมุนไพรในการลดการเกิดเชื้อราของผลไม้จากการใช้ พืชที่มีอยู่ตามท้องถิ่นนำมาเพื่อเป็นสารที่ช่วยใน การลดการเกิดเชื้อราที่จะทำให้ลดการใช้สารเคมีในการเคลือบผิวผลไม้ที่ป้องกันการเน่าเสียได้อีกทางหนึ่ง
3. ได้หลักการพัฒนามลพิษจากวัสดุเหลือทิ้งและนำมาให้เกิดประโยชน์กับชุมชนในการลดขยะและสร้างรายได้ให้กับ ชุมชนได้

วิธีการดำเนินงานการวิจัย

- ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้
- ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่องเตรียมเยื่อจากวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตร ประกอบด้วยเครื่องต่อไปนี้
- 1) เครื่องบดเยื่อ

ส่วนประกอบ เหล็กฉาก 1.5 นิ้ว หนา 2.5 มิลลิเมตร ยาว 6 เมตร เหล็กฉาก 1.2 นิ้ว หนา 2.5 มิลลิเมตร ยาว 6 เมตร แกนเพลลา
ขับเคลื่อน 6 ฟัน ยาว 0.5 เมตร ล้อพลาสติก 3 นิ้ว ลูกปืน เบอร์ 204 ชุดละ 4 นิ้ว ร่องคู่ รู 6 ฟัน ชุดละ 3.5 นิ้ว ร่องเดี่ยว รู 24
มิลลิเมตร สายพาน แผ่นสแตนเลส 4X8 ฟุต หนา 1.2 มิลลิเมตร มอเตอร์ ขนาด 3 แรงม้า 380 โวลต์



ภาพ 1 ลักษณะเครื่องบดส่วนของพืช

การทำงานของเครื่อง

เครื่องบดประกอบด้วยใบมีดหยาบทำหน้าที่สับบดชิ้นส่วนของพืชที่ต้องการ นำมาแยกเยื่อ โดยส่วนของพืชจะถูกหมุน
ด้วยแกนกลางที่มีส่วนของใบมีดหมุนด้วย ส่วนของพืชจะถูกหมุนทำให้ใบมีดที่ยึดติดด้านข้างสับส่วนของพืช พืชจะตกลงบนถาดที่
เชื่อมติดกับตัวเครื่องและไปรวมกับภาชนะที่รองรับ



ภาพ 2 ลักษณะใบมีดที่บดส่วนของพืช

2) เครื่องปั่นเยื่อและแยกสิ่งเจือปน

ส่วนประกอบ เหล็กฉาก 1.5 นิ้ว หนา 2.5 มิลลิเมตร ยาว 6 เมตร เหล็กฉาก 1.2 นิ้ว หนา 2.5 มิลลิเมตร ยาว 6 เมตร
แกนเพลลาขับเคลื่อน 1 นิ้ว ยาว 0.5 เมตร ลูกปืน เบอร์ 204 ชุดละ 4 นิ้ว ร่องเดี่ยว รู 1 นิ้ว ชุดละ 2.5 นิ้ว ร่องเดี่ยว รู 24
มิลลิเมตร สายพาน แผ่นสแตนเลส 4X8 ฟุต หนา 1.5 มิลลิเมตร มอเตอร์ ขนาด 3 แรงม้า 380 โวลต์



ภาพ 3 เครื่องปั่นเยื่อและแยกสิ่งเจือปน

การทำงานของเครื่อง

เยื่อที่ผ่านการต้มจะนำมาปั่นในเครื่องปั่น โดยนำเยื่อใส่ลงในเครื่องปั่นและเติมน้ำให้ท่วมเยื่อ ปิดฝาเครื่อง เมื่อทำการเปิดเครื่อง แกนกลางเครื่องซึ่งมีชุดใบมีดอยู่จะหมุนทำให้เกิดการสับและตีเยื่อ ด้วยแรงเหวี่ยงสิ่งเจือปนจะแยกออกจากเยื่อ เยื่อมีการกระจายตัว และทำให้สิ่งเจือปนที่หนักกว่าหลุดลงส่วนก้นถึงปั่น

ทำการปั่นเยื่อประมาณ 20-30 นาที แล้วทำการเทเยื่อออกจากถัง และเทเยื่อส่วนบนผ่านตะแกรง



ภาพ 4 ลักษณะชุดใบมีดที่ติดอยู่ที่กลางตัวถัง และด้านข้างของตัวถังที่ทำหน้าที่ในการสับบดเยื่อที่ปั่นอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมเยื่อจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ดังนี้

1) การเตรียมเยื่อ

- เยื่อจากต้นกุหลาบ

กุหลาบที่จะนำมาทำคือส่วนก้าน โดยใช้ก้านส่วนที่ตัดทิ้งหรือก้านที่เหลือทิ้งและนำมาตากแดดจนแห้ง นำก้านกุหลาบมาตัดใบและหนามออกและตัดก้านเป็นท่อนขนาด 5-8 ซม. แช่น้ำประมาณ 2 วันเพื่อให้ก้านกุหลาบที่แข็งนั้นนุ่มและนำไปล้างน้ำเพื่อนำไปต้มในหม้อต้ม



ภาพ 5 การเตรียมต้นเฮลิโคเนีย ก้านกุหลาบ และต้นกระถิน

- เยื่อจากต้นเฮลิโคเนีย

นำต้นเฮลิโคเนียมาหั่นเป็นท่อน ๆ ยาวประมาณ 3-5 นิ้วล้างน้ำทำความสะอาด แล้วนำไปสับบดด้วยเครื่องสับและนำไปปั่นและกรองเพื่อนำไปต้มในหม้อต้ม

- เยื่อจากต้นกระถิน

นำต้นกระถินตัดและตากแดดให้แห้งและลอกส่วนเปลือกออกทั้งทำการไสด้วยกบไสไม้และนำไปสับในเครื่องสับและนำไปปั่นล้างให้สะอาดเพื่อนำไปต้มในหม้อต้ม

2) การต้มเยื่อ

ด้วยหม้อแรงดันเพื่อให้ระยะเวลาการต้มสั้นลงและรักษาคุณภาพของเยื่อได้

1. ใส่เยื่อและน้ำลงในหม้อต้มความดันอัตราส่วนเยื่อต่อน้ำ 1:10
2. ต้มเยื่อโดยใช้อุณหภูมิในการต้มเยื่อที่ 120 องศาเซลเซียส ประมาณ 1-2 ชั่วโมง



ภาพ 6 การต้มเยื่อและล้างเยื่อหลังจากการต้ม

3) การปั่นตีเยื่อ

1. ทำการปั่นเยื่อที่ได้จากการต้มด้วยหมอนึ่งความดัน โดยใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที แล้วนำเยื่อออกจากเครื่องปั่นเยื่อโดยใช้ตะแกรงกรองน้ำแยกออกจากเยื่อ
2. เยื่อที่ผ่านการปั่นเยื่อแล้วเมื่อทำการเอาน้ำออกจากเยื่อจะมีลักษณะการจับตัวเป็นก้อนในการเก็บไว้ถ้าเป็นเยื่อเปียกควรเก็บไว้ในตู้เย็นป้องกันการเกิดเชื้อรา ถ้าต้องการเก็บแห้งก็โดยนำไปตากให้แห้งสนิทเมื่อนำออกมาใช้ก็ทำการต้มเยื่อก่อนนำมาใช้ประมาณ 20-30 นาที)



ภาพ 7 การกรองเยื่อและการเอาน้ำออกจากเยื่อเพื่อเก็บเยื่อไว้ใช้

- 4) การเตรียมสารเติมแต่งเพื่อผสมในเยื่อในการลดการเกิดเชื้อราและยืดอายุผลไม้ จากพืช 4 ชนิดดังนี้
 1. ใบขี้เหล็ก นำใบขี้เหล็กมารูดเอาแต่ใบทั้งใบอ่อนและใบแก่จำนวน 300 กรัม มาปั่นให้ละเอียด จากนั้นตวงน้ำ 1 ลิตร ลงไปผสมกับใบขี้เหล็กที่ปั่น คั้นน้ำออกมา จากนั้นนำผ้าขาวบางมารองให้ได้แต่น้ำนำไปผสมกับเยื่อ 300 กรัม และแช่ไว้ 1 คืน
 2. ใบมะกรูด นำใบขี้เหล็กมารูดเอาแต่ใบออกจำนวน 300 กรัม มาปั่นให้ละเอียด จากนั้นตวงน้ำ 1 ลิตร ลงไปผสมกับใบมะกรูดแล้วคั้นน้ำออกมา จากนั้นนำมารองด้วยผ้าขาวให้แต่น้ำ นำไปผสมกับเยื่อ 300 กรัม และแช่ไว้ 1 คืน
 3. ข่า นำข่ามาหั่นเป็นชิ้นเล็กจำนวน 300 กรัม มาปั่นให้ละเอียด จากนั้นตวงน้ำ 1 ลิตร ลงไปผสมกับข่าแล้วคั้นน้ำออกมา จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางให้แต่น้ำนำไปผสมกับเยื่อ 300 กรัม และแช่ไว้ 1 คืน
 4. ใบพลู นำใบพลูมาหั่นเป็นชิ้นเล็กจำนวน 300 กรัม มาปั่นให้ละเอียด จากนั้นตวงน้ำ 1 ลิตร ลงไปผสมกับข่าแล้วคั้นน้ำออกมา จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางให้แต่น้ำนำไปผสมกับเยื่อ 300 กรัม และแช่ไว้ 1 คืน
 5. ในส่วนที่ 5 นำพืชทั้ง 4 ชนิด มาทำการสกัดเพื่อใช้ในรูปของสารพ่น โดยใช้พ่นบนบรรจุภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบและขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

1) การสร้างแบบบรรจุภัณฑ์

1. นำมะม่วง และมะละกอ มาเพื่อหล่อแบบแม่พิมพ์ โดยใช้ความกว้างยาวตามขนาดเฉลี่ยของผลจากผลมะม่วงสุก และผลมะละกอ แล้วนำไปตัดเพื่อเป็นกรอบการหล่อแม่พิมพ์
2. หล่อแบบแม่พิมพ์ให้เป็นแม่พิมพ์ตัวเมียแม่พิมพ์ตัวผู้ ด้วยปูนขาวและทำการเจาะรูเพื่อให้ระบายน้ำไหลออก



ภาพ 8 เจาะรูแม่แบบผลไม้สำหรับใช้ขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์แบบเยื่อกระดาษ (Molded Pulp)

การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ มี 2 แบบดังนี้คือ

1. การขึ้นรูปแบบแผ่น โดยทำการเทเยื่อลงในกะละมังและทำการซ้อนเยื่อขึ้นมาในกรอบผ้าสีเหลืองและกระจายเยื่อให้ทั่วแผ่นแล้วนำเยื่อมาวางลงในแบบที่สร้างขึ้นทิ้งให้แห้งและทำการแกะออก ในการใช้ผ้าขาวบางเป็นวางลงในกรอบสีเหลืองเพื่อสะดวกในการยกมาวางลงในแบบและนำไปตากให้แห้ง วิธีนี้ต้องใช้ความระมัดระวังต้องค่อยๆ ยกขึ้นจากน้ำ เพื่อให้เยื่อติดได้สม่ำเสมอ



ภาพ 9 การขึ้นรูปโดยการซ้อนเยื่อสำหรับบรรจุภัณฑ์แบบเยื่อกระดาษ (Molded Pulp)

2. การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์แบบตะแกรง นำเยื่อที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว 1 คืบ มากรองเอาให้ได้แต่เยื่อโดยไม่ต้องบีบน้ำออกจากเยื่อ จากนั้นนำเยื่อมาตะแกรงในแม่แบบให้ทั่วทั้ง 2 แม่แบบ โดยใช้นิ้วตะแกรงให้เต็มแม่พิมพ์แล้วเกลี่ยให้ได้ความหนาที่สม่ำเสมอ นำแม่พิมพ์ตัวผู้มากดทับลงที่แม่พิมพ์ตัวเมียที่ทำการตะแกรงเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง



ภาพ 10 ลักษณะเยื่อที่ได้ (ซ้าย) การตะแกรงบนแม่พิมพ์ตัวเมีย (ขวา)



ภาพ 11 นำแม่พิมพ์ตัวผู้กดทับลงบนแม่พิมพ์ที่ทำการตะเยื่อแล้ว (ซ้าย) บรรจุภัณฑ์ที่ได้ (ขวา)

การทดสอบคุณสมบัติของเยื่อแต่ละชนิดที่ผสมเข้าไปในเยื่อ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกมะม่วงพันธุ์และมะละกอจากการตัดโดยตรงจากสวน โดยขนาดและน้ำหนักของมะม่วงและมะละกอที่จะมีขนาดใกล้เคียงกันและเป็นขนาดมาตรฐานการส่งออก

2) ทำการปลูกเชื้อราแอนแทรคโนสลงบนผลมะม่วงและมะละกอ

3) นำมะม่วงที่ผ่านการปลูกเชื้อแล้วมาบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ที่ทำขึ้นไว้ได้ดังนี้

3.1 เยื่อผสมน้ำคั้นขี้เหล็ก

3.2 เยื่อผสมน้ำคั้นใบมะกรูด

3.3 เยื่อผสมน้ำคั้นข่า

3.4 เยื่อผสมน้ำคั้นใบพลู

3.4 บรรจุภัณฑ์จากเยื่อผสมน้ำคั้นและฉีดยาด้วยสารสกัด 4 ชนิดของสารสกัด

3.5 บรรจุภัณฑ์จากเยื่อไม่ผสมน้ำคั้น (ตัวควบคุม)

4) ปิดบรรจุภัณฑ์ให้สนิท ใส่กล่องที่เตรียมไว้ โดยไม่ให้แสงแดดเข้าถึงหรืออุณหภูมิเย็นเกินไป

5) สังเกตผลการทดลอง โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 3 วัน 7 วัน และ 10 วันตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์ในการลดและควบคุมโรคโรคราแอนแทรคโนส

1) นำแอลกอฮอล์มาเช็ดผลมะม่วงให้สะอาด

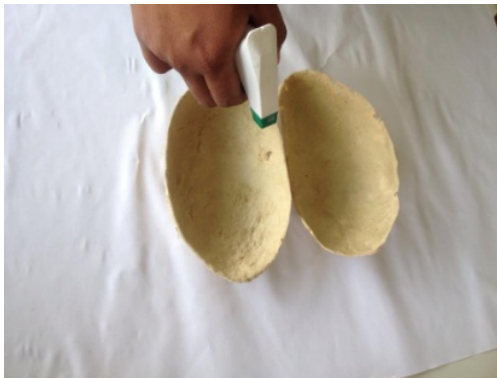
2) นำผลมะม่วงมาทำแผลโดยใช้เข็มเย็บเจาะเป็นรูเบาๆ ที่ผิวมะม่วงและมะละกอ แผลละ 5 รู จำนวน 5 แผล โดย 1 แผลเจาะเดี่ยว อีก 4 แผลเจาะคู่ขนานกันบนผลมะม่วงและมะละกอ

3) นำเชื้อราแอนแทรคโนสมาปลูกลงบนผลมะม่วงและมะละกอที่ทำแผลไว้ จำนวน 4 แผลที่เจาะเป็นคู่ขนานกัน แผลที่เจาะเดี่ยวไม่ปลูกเชื้อ (แผลควบคุม)



ภาพ 12 ปลูกเชื้อราแอนแทรคโนสลงบนผลมะม่วง

4) นำมะม่วงที่ปลุกเชื้อแล้วลงบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เตรียมไว้ ได้แก่ เยื่อผสมน้ำคั้นใบขี้เหล็ก เยื่อผสมน้ำคั้นใบมะกรูด เยื่อผสมน้ำคั้นข่า และใบคั้นจากใบพลู บรรจุภัณฑ์จากเยื่อที่ไม่มีการผสมสมุนไพรแต่ฉีดยาน้ำมันสกัดโพล 10% (ดังแสดงในภาพที่ 12) และบรรจุภัณฑ์จากเยื่อที่ไม่มีการผสมเป็นตัวควบคุม



ภาพ 13 นำสารสกัดโพลความเข้มข้น 10% มาฉีดด้านในบรรจุภัณฑ์กระดาษให้ทั่ว ก่อนนำไปบรรจุผลมะม่วงที่ปลุกเชื้อแล้ว

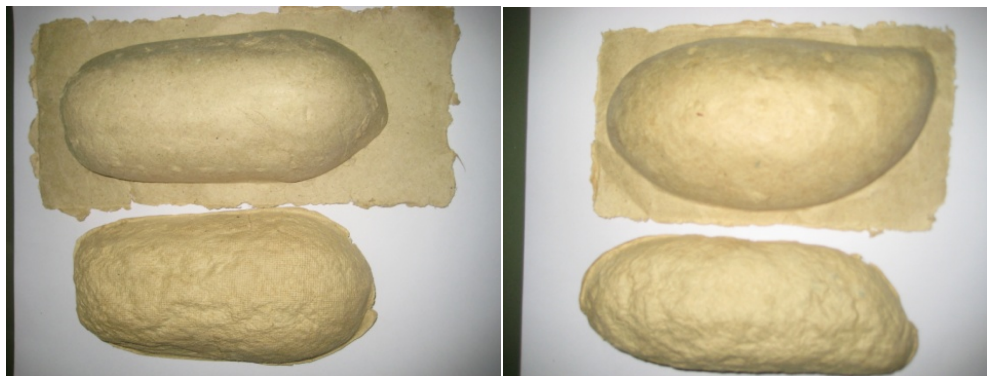


ภาพ 14 การทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อควบคุมโรคแอนแทรกซ์ของมะละกอ

สรุปผลการศึกษา

เครื่องบดและตีเยื่อสามารถช่วยลดเวลาของการต้มเยื่อ ในการบดด้วยเครื่องบดจะต้องผ่านการทำความสะอาดและหั่นและแช่ไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ เป็นการทำให้เยื่อบดได้ง่ายขึ้นและการนำไปตีที่ช่วยทำให้เวลาการต้มเยื่อลดลง และการต้มด้วยหม้อแรงดันช่วยลดเวลาการต้มเยื่อลดลง

การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์แบบถุงพลาสติกขาวบางบนแม่พิมพ์ พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่ได้ไม่มีความสม่ำเสมอของความหนาของแผ่นบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้เกิดจากการกระจายของเยื่อตามแรงกดของแม่พิมพ์ตัวผู้ ดังนั้นในการใช้วิธีตอนกระจายเยื่อต้องให้เยื่อกระจายไปเท่า ๆ กันเพื่อเวลายกขึ้นความหนาของเยื่อจะเท่ากันและควรทิ้งให้พอหมาด ๆ เมื่อยกขึ้นเยื่อจะได้ไม่ไหลมารวมตัวกัน ในส่วนการขึ้นรูปแบบตะกั่วด้วยมือจะใช้ระยะเวลาในการทำผู้ทำต้องมีความละเอียดอ่อนประณีตจึงจะทำให้ได้ความหนาของบรรจุภัณฑ์ที่สม่ำเสมอ บรรจุภัณฑ์ที่ได้มีความหนาที่สม่ำเสมอกว่าแบบเทเยื่อแต่ใช้เวลาในการทำนานกว่า และการแห้งตัวของแบบเทเยื่อเมื่อแห้งตัวแล้วมีการหดตัวของบรรจุภัณฑ์มากกว่าแบบตะกั่ว ในส่วนของรูปทรงจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบจำนวน 5 ท่านและการสอบถามผู้จำหน่ายผลไม้พบว่ารูปทรงมีความเหมาะสมในระดับมากแต่ให้ข้อเสนอแนะว่าควรทำเป็นแบบที่สามารถบรรจุได้จำนวนหลายผลเช่น 24 ผล หรือ 12 ผลตามรูปแบบของบรรจุภัณฑ์สัมผัสที่ใช้บรรจุเป็นถาดหลุมและหากเป็นแต่ละผลก็มีการออกแบบสายรัดที่จะบ่งบอกรายละเอียดได้มากขึ้น



ภาพ 15 เปรียบเทียบลักษณะบรรจุภัณฑ์มะละกอ และมะม่วง (บน)
การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์แบบตะ (ล่าง) การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์แบบเทเยื่อ



ภาพ 16 การบรรจุมะละกอฮอลแลนด์และมะม่วงน้ำดอกไม้ในบรรจุภัณฑ์

การทดสอบประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์ในการลดและป้องกันโรคแอนแทรกโนส

ผลการทดลองการชะลอและรักษามะม่วงและมะละกอจากโรคแอนแทรกโนส ขจรศักดิ์ ภสกุล (2529) และ ปิมมาลา สุขมาก.(2520). ของบรรจุภัณฑ์เยื่อพืชที่แช่น้ำคั้นใบขี้เหล็ก น้ำคั้นข่า น้ำคั้นใบมะกรูด และน้ำมันหอมระเหยไพล พบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์บรรจุมะม่วงและมะละกอที่ผ่านการปลูกเชื้อด้วยบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรและบรรจุภัณฑ์ควบคุม โดยการตรวจวัดการเกิดโรคและขนาดของแผลที่เกิด 3 วันหลังปลูกเชื้อ ผลการตรวจสอบมะม่วงและมะละกอ 3 วันหลังปลูกเชื้อแอนแทรกโนส ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์เยื่อผสมน้ำใบคั้นใบขี้เหล็ก ใบมะกรูด ข่า และใบพลู 10% พบว่าผลมะม่วงแสดงอาการโรคโดยแผลที่ปลูกมีขนาดใหญ่กว่าจุดทำแผล เมื่อเทียบกับแผลควบคุมที่ไม่เกิดการขยายบริเวณ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5 0.4 0.3 และ 0.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวีรวัฒน์ เตียมขันธ์มณี.(2546) และบรรจุภัณฑ์ควบคุมที่ไม่ได้ผสมสารสมุนไพรลงในเยื่อพบว่าแผลที่ปลูกเชื้อแอนแทรกโนสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร ในขณะที่มะละกามีเส้นผ่านศูนย์กลางแผลเฉลี่ย 0.9 0.8 0.7 และ 0.8 มิลลิเมตรตามลำดับ และบรรจุภัณฑ์ควบคุมมีขนาดแผลเฉลี่ย 0.8 มิลลิเมตร แต่พบว่าการปนเปื้อนของราชนิดอื่นจำนวนมากบนผลมะละกอ แผลที่ปลูกโรคแอนแทรกโนสของมะละกามีขนาดกว้างกว่าแผลควบคุมเล็กน้อย แผลมีลักษณะบวมสีลงผลมะละกอทั้งนี้อาจเกิดจากการที่มะละกอสุกและมีผิวและเนื้อที่อ่อนนุ่มทำให้เกิดการบอบช้ำได้ง่าย ในขณะที่มะม่วงไม่พบการปนเปื้อนของราอื่น ในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสจากบรรจุภัณฑ์เยื่อกระดาษที่ผสมน้ำคั้นจากสมุนไพร บรรจุภัณฑ์ทำจากเยื่อที่แช่น้ำคั้นจากข่าเกิดแผลขนาดที่เล็กกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เล็กน้อยทั้งในมะม่วงและมะละกอ แสดงให้เห็นว่าการผสมสารสมุนไพรลงในเยื่อเพื่อทำบรรจุภัณฑ์สามารถลดและควบคุมการเกิดโรคแอนแทรกโนสของมะม่วงและมะละกอได้แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการสุกแก่ของมะม่วงและมะละกอ และระยะเวลาในการเก็บรักษา และสอดคล้องกับงานวิจัยของวัชร ชัยชมภู และ กัลทิมา พิษขัย. (2553) ดังแสดงในภาพที่ 17-20 เป็นการใช้นำบรรจุภัณฑ์ที่ผสมน้ำคั้นจากสมุนไพรและจากสารสกัดดินพ่นและภาพที่ 21 คือบรรจุภัณฑ์ควบคุม



ภาพ 17 บรรจุภัณฑ์เยื่อที่ผสมน้ำคั้นจากใบขี้เหล็ก



ภาพ 18 บรรจุภัณฑ์เยื่อที่ผสมน้ำคั้นจากใบมะกรูด



ภาพที่ 19 บรรจุภัณฑ์เยื่อที่ผสมน้ำคั้นจากข่า



ภาพ 20 บรรจุภัณฑ์ที่ฉีดยาด้วยสารสกัดไพล 10 %



ภาพ 21 บรรจุภัณฑ์ควบคุม

สรุปและอภิปรายผล

เครื่องบดสามารถบดส่วนของพืชได้ดีในพืชสดที่มีลำต้นอ่อนและมีการหันให้เป็นท่อนขนาดประมาณ 2-3 นิ้วก่อนนำเข้าเครื่อง เนื่องจากการบดเป็นการใช้ใบมีดในการตีไม่สามารถหันบดพืชที่มีลำต้นแข็ง เหนียว และแห้งจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาบด การต้มด้วยหม้อต้มความดันสามารถต้มส่วนของพืชที่ผ่านการบดและได้เยื่อที่อ่อนนุ่ม โดยไม่ต้องใช้สารเคมีในการต้ม ใช้เวลาการต้มเฉลี่ย 1-2 ชั่วโมง พืชแต่ละชนิดจะมีระยะเวลาต้มที่ต่างกัน โดยพืชที่มีลำต้น ที่นุ่มจะใช้ระยะเวลาในการต้มน้อยกว่าพืชที่มีลำต้นแข็ง เช่น กุหลาบจะใช้เวลาในการต้มมากกว่าต้นกุหลาบ และต้นเฮลิโคเนีย เครื่องปั่นเยื่อสามารถช่วยให้เยื่อนุ่มฟูและแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากเยื่อได้ดี โดยใช้ระยะเวลาการปั่นเยื่อประมาณ 10-20 นาที เยื่อมีการกระจายตัวดี แต่ถ้าปั่นในระยะเวลาที่นานเยื่อจะพันกันเป็นก้อน ในส่วนของแม่พิมพ์บรรจุภัณฑ์จากปูนซีเมนต์ขาวสามารถขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ด้วยมือได้ดี ทั้งแบบเทเยื่อและแบบตะกร้อ บรรจุภัณฑ์มีรูปทรงรองรับผลมะม่วงและมะละกอได้ดี มีลักษณะที่เป็นธรรมชาติและมีเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยมือ มีความแข็งแรงและสามารถปรับระดับความหนา ความแข็งได้ตามปริมาณเยื่อในการขึ้นรูป ต้องให้ความเรียบเสมของเยื่อเพื่อความสามารถในการกันกระแทกและรูปทรงที่ขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Herbert H. Schueneman, et al ซึ่งจากการทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยเยื่อกระดาษซึ่งสรุปว่ารูปทรงที่สามารถออกแบบให้มีความโค้งได้ ความหนา ความเรียบมีผลต่อแรงกระแทกกับบรรจุภัณฑ์ และในการผลิตใช้เยื่อจากกระดาษที่ใช้แล้วที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และในการใช้บรรจุภัณฑ์แบบขึ้นรูปที่ปิดสนิทจะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้มะม่วงและมะละกอยุ่ในสภาพที่อากาศภายนอกมีผลต่อผลมะม่วงได้น้อยลงซึ่งสอดคล้องกับ วิลาวรรย์ คำปวน (2557) จากการวิจัย การใช้การบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ และการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่า การเก็บรักษามะม่วงในกล่องพลาสติกเจาะรูในระดับที่เหมาะสมจะสามารถเก็บรักษามะม่วงไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นาน 32 วัน โดยที่ผลมะม่วงไม่เกิดอาการสัท้านหนาว และเมื่อนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วันมะม่วงมีการสุกปกติ ถ้าเก็บรักษามะม่วงในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 39 วัน ผลมะม่วงจะแสดงอาการสัท้านหนาว การเก็บรักษามะม่วงในสภาพที่ไม่มีรูระบายอากาศเลย หรือมีรูระบายอากาศที่น้อยเกินไปจะทำให้เกิดผลมะม่วงเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ถ้ามีรูระบายอากาศมากเกินไปจะทำให้ผลมะม่วงเกิดอาการสัท้านหนาว และสอดคล้องกับภานุมาศ, 2530; ณรงค์ศักดิ์, 2537 อ้างในวิลาวรรย์ คำปวน การใช้พลาสติกฟิล์มในการห่อผลมะม่วงจะทำให้เกิดสภาพดัดแปลงบรรยากาศภายในห่อทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตให้นานขึ้นนอกจากนี้ยังพบว่าห่อผลมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยพลาสติกที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ สามารถชะลอการเกิดอาการสัท้านหนาวเมื่อเก็บรักษามะม่วงไว้ที่อุณหภูมิต่ำได้และมานอญ และคณะ, 2536; Pesis et al. , 2000 อ้างในวิลาวรรย์ คำปวน, 2557 ได้หาสภาพการดัดแปลงบรรยากาศในภาชนะบรรจุเพื่อเหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ในสภาพอุณหภูมิต่ำให้ได้นานกว่า 30 วัน เพื่อขนส่งไปยังสหภาพยุโรปโดยทางเรือ โดยการบรรจุมะม่วงในภาชนะบรรจุพลาสติกที่ปิดสนิท และเจาะรูเพื่อให้เกิดการดัดแปลงบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุในสภาพบรรยากาศต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 25, 32, และ 39 วัน แล้วนำออกมาวางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 3 องศาเซลเซียส) และผลการทดสอบการลดและควบคุมโรคแอนแทรกคโนสของมะม่วงและมะละกอโดยบรรจุภัณฑ์จากเยื่อวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่แช่น้ำคั้นสมุนไพรจาก ใบขี้เหล็ก ใบมะกรูด ข่า และสารสกัดไพโล พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคที่เกิดได้ดี โดยผลของโรคแอนแทรกคโนสของมะม่วงแสดงอาการน้อยกว่ามะละกอและในส่วนของสมุนไพรไทยโดยใช้

สารสกัดในการผสมลงในตัวบรรจุภัณฑ์ และการฉีดพ่นสามารถช่วยลดการเกิดเชื้อราลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวรารณ สุทธิสา ภาณุวัฒน์ และคณะ 2557. และจากงานวิจัยของรังสิณี โสธรวิทย์, 2557 จากการพัฒนาสารเคลือบผิวชนิดใหม่ที่มีสมบัติในการต้านจุลินทรีย์สำหรับผลไม้ โดยการนำน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย ได้แก่ ขิง พริกและกระชายเมื่อนำสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมาใช้ร่วมในฟิล์ม HPMC-based composite และทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียโดยวิธี agar disc diffusion method พบว่าน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวก *Staphylococcus aureus* ในขณะที่มีเฉพาะฟิล์ม HPMC-based composite ร่วมกับกระชายที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมลบ *Escherichia coli* ได้

ข้อเสนอแนะในนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการศึกษาครั้งนี้ชุมชนสามารถนำไปปฏิบัติหรือผลิตได้ชุมชนที่มีเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรที่แตกต่างสามารถที่จะประยุกต์วิธีการผลิตเยื่อจากวัสดุที่หลากหลายได้
2. ผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการทำแม่แบบบรรจุภัณฑ์ของผลไม้ชนิดอื่นๆ เพื่อกันการกระแทกหรือการบอบช้ำ ได้เช่นเดียวกัน เช่น บรรจุภัณฑ์ ส้มโอ แคนตาลูป แก้วมังกร หรือกล้วยหอม
3. ในส่วนการใช้สารสกัดจากสมุนไพรช่วยป้องกันการเกิดโรคในผลไม้ได้สามารถนำวิธีการไปผลิตหรือถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกรที่ทำสวนผลไม้เพื่อการจำหน่ายได้นำไปประยุกต์ใช้งาน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จะทำให้เกิดการกระจายเยื่อที่ไม่สม่ำเสมอเป็นสาเหตุให้การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์มีความหนาของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สม่ำเสมอควรมีการสร้างเพื่อออกแบบเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ร่วมกับสถานประกอบการเพื่อนำมาทดลองการใช้งานที่เป็นต้นแบบในการผลิต
2. ควรมีการทดลองกับผลไม้ชนิดอื่นที่มีการปลูกและจำหน่ายแต่ประสบปัญหาด้านการป้องกันโรคหรือการใช้สารเคมีในการป้องกันเพื่อจะได้นำผลการทดลองไปผลิตหรือถ่ายทอดให้กับผู้เกี่ยวข้องนำไปใช้
3. ควรมีการศึกษารูปแบบของบรรจุภัณฑ์โดยใช้เยื่อจากพืชในรูปแบบอื่นๆ สำหรับผลไม้ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากบรรจุภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สามารถดำเนินการและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เจนคุณา นุวัฒน์ ที่ช่วยเหลือในการทดสอบการเกิดโรคและนักศึกษาการพิมพ์ได้ช่วยดำเนินการในครั้งนี้ และผู้บริหารมหาวิทยาลัยที่เปิดโอกาสให้นำผลงานไปประกวด ซึ่งได้รับรางวัลสิ่งประดิษฐ์เหรียญทอง จากงาน INOVA 2016 Brussels ประเทศเบลเยียม

เอกสารอ้างอิง

- กมลพร จอมพันธ์และนัฐวดี จินาพันธ์และคณะ. (2552). **ฟิล์มจากเยื่อฟางข้าวสำหรับเคลือบผิวผลไม้**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ขจรศักดิ์ ฤสกุล **โรคผลไม้ของไทย**. (2529) : กลุ่มงานวิจัยโรคไม้ผล กองโรคพืชและจุลชีววิทยา, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ
- ปิมมาลา สุขมาก.(2520).**การศึกษาโรคแอนแทรกคโนสของมะม่วง**.กรุงเทพฯ:วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รวิวรรณ เต็มขันธ์.2546 **การควบคุมโรคแอนแทรกคโนสของมะม่วงระยะหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยน้ำมัน- หอมระเหยจากพืชบางชนิด**. รายงานโครงการวิจัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา,
- วัชร ชัยชมภู และ กัลทิมา พิชัย. 2553. **ผลของสารสกัดจากพืชต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราคอลเลทโททริคัม**. วารสารวิจัย ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2553. น 18-25.
- วรารณ สุทธิสา ภานุวัฒน์ เทพคำราม วัชร กาญจนรัช และพินดา อริมตลี. 2557. **ประสิทธิภาพของสารสกัดจากสมุนไพรรักษาโรคแอนแทรกคโนสของมะม่วง**. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1. น 665-670.
- รังสิณี ไสรวรวิทย์.(2557).**มหัศจรรย์ สารเคลือบผิวผลไม้จากสมุนไพรรักษาโรคแอนแทรกคโนสของมะม่วง**. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ <http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=14399> เข้าถึงวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2558
- วิลาวัลย์ คำปวน. (2557) **การใช้การบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศและการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้** http://stri.cmu.ac.th/article_detail.php?id=9
- ณรงค์ศักดิ์ คำนธธรรม. 2537. **การหาวิธีการหุ้มห่อผลไม้ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้ฟิล์ม โพลีเอทิลีน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่.
- ภานุมาศ อัสตร. 2530. **การยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์เขียวเสวย(Mangifera indica L. cv. Keaw Sawoe)** โดยใช้พลาสติกฟิล์มและสภาพความดันต่ำ. การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสวนชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่.
- มานิชย์ กุลพฤกษ์ สายชล เกตุษา และสุนันต์ สุภัทรพันธ์. 2536. **ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลง ที่มีต่อคุณภาพและการเกิดความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำของผลมะม่วงน้ำดอกไม้**. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย) 27 : 115-124.
- Butler, P. 2001. **Smart Packaging-Intelligent Packaging for Food, Beverages, Pharmaceuticals and Household Products**. Materials World. Vol.9. No. 3. Pp 11-13 March 2001. เข้าถึงวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2558
- Valero Daniel and Serrano Maria. 2010. **Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality**. CRC Press Taylor & Francis Group, USA. Pp 191-209. <http://www.ditp.go.th/> เข้าถึงวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2558
- Twede, Diana, and Susan E.M. Selke. Cartons, Crates, and Corrugated Boards: Handbook of Paper and Wood Packaging Technology. Lancaster: DETech Publications Inc, 2005. Print.
- Emily Howe The Re-invention of Molded Pulp Rochester Institute of Technology Eah3057@gmail.com <http://www.iopp.org/files/public/HoweEmilyRIT.pdf> เข้าถึงวันที่ 15 มีนาคม 2558
- Stratasys 2015 Molded Fiber, Paper Pulp Packaging www.stratasys.com/solutions/additive-manufacturing/.../molded-fiber เข้าถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2558
- HERBERT H. SCHUENEMAN, CP-P/MH and GREG SCHWINGHAMMER CUSHION DYNAMICS OF MOLDED PULP WESTPAK, INC. 83 Great Oaks Blvd., San Jose, CA 95119 (408) 224-1300 FAX (408) 224-5113 www.westpak.com เข้าถึงวันที่ 20 เมษายน 2558
- Pesis, E., Aharoni, D, Aharon, Z., Ben-Arie, R. Aharoni, N. and Fuch, Y. 2000. Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviates chilling injury symptoms in mango fruit. Postharvest Biol. Technol. 19: 93-101 . Retrieved March 12, 2016, from