

การพัฒนาเครื่องมือที่มีน้ำหนักเบาสำหรับการห่อและสอยผลไม้

DEVELOPMENT OF LIGHTWEIGHT TOOLS FOR FRUIT WRAPPING AND HARVESTING

กอบกิจ ชูเมฆ¹, ภูริณัฐ รัตนไพบูลย์¹, ทศนีย์ ทองก้านเหลือง¹, สายนที จากถิ่น¹, ภัทราวรรณ คหะวงศ์^{1*}Kobkit Chumek¹, Purinutt Rattanapaiboon¹, Thadsanee Thongkanluang¹, Sainatee Chakthin¹,Patarawan Kahawong^{1*}¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี¹ Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: patarawan.kah@sru.ac.th

วันที่รับบทความ: 11 กันยายน 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 10 ธันวาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 16 ธันวาคม 2568;

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 29 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่มีน้ำหนักเบา ใช้งานได้สะดวก สำหรับไม้ผลทรงพุ่มที่ไม่สูงมากนัก ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาไม้ห่อและสอยผลไม้โดยใช้ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว น้ำหนัก 400 กรัม และสามารถเลื่อนออกให้ยาวได้สูงสุด 3 เมตร ในการใช้งานห่อผลไม้ เครื่องมือห่อจะถูกติดตั้งที่ปลายไม้ ซึ่งจะสวมถุงพลาสติกครอบผลไม้ เมื่อป้อนที่ด้ามมือจับซึ่งต่ออยู่กับเส้นลวดภายในท่อ เส้นลวดจะไปปลดยางและติดไปที่ตำแหน่งขั้วผลไม้เพื่อรัดปากถุงพลาสติกทำให้ถุงห่อหุ้มผลไม้เพื่อป้องกันแมลงได้ สำหรับเครื่องมือสอยได้ออกแบบให้มีใบมีดคว่ำเป็นมุมแหลมเพื่อตัดขั้วผลไม้ และมีตาข่ายเพื่อรองรับผลไม้ไว้ จากการทดสอบห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยและกระท้อน 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่าสำหรับผลมะม่วงขนาดเส้นรอบวงประมาณ 20-21 เซนติเมตร ความยาวผล 10-11 เซนติเมตร ใช้เวลาห่อโดยเฉลี่ย 20.26 วินาที/ผล และสอย 30.37 วินาที/รอบ ตามลำดับ ในการห่อและสอยมะม่วง 1 รอบ โดยสอยไม่เกิน 2-3 ผลในแต่ละครั้ง มีน้ำหนักรวมไม่เกิน 1,800 กรัม สำหรับผลกระท้อนขนาดเส้นรอบวงประมาณ 28-30 เซนติเมตร การห่อและสอยกระท้อน 1 ครั้ง ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 11.64 วินาที/ผล และ 5.31 วินาที/รอบ ตามลำดับ โดยสอยไม่เกิน 3 ผลต่อรอบ น้ำหนักรวมประมาณ 1,000 กรัม การห่อและสอยผลไม้ที่มีรูปร่างกลมใช้เวลาน้อยกว่าผลไม้ที่มีรูปร่างยาว การทดสอบสมรรถนะของเครื่องมือในงานวิจัยนี้ให้ผลเชิงปฏิบัติที่ชัดเจนว่าเวลาเฉลี่ยในการห่อและสอยมะม่วงและกระท้อนต่ำกว่าเกณฑ์เปรียบเทียบกับชาวสวนทุกค่า และผลการทดสอบด้วยสถิติ t-test พบว่า เครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาในการห่อและสอยมะม่วงและกระท้อน น้อยกว่าค่ามาตรฐานเปรียบเทียบกับชาวสวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: เครื่องมือห่อและสอยผลไม้

Abstract: This research presents the development of a lightweight and user-friendly fruit wrapping and harvesting tool suitable for fruit trees with low-to-medium height canopies. The developed tool utilizes a 1 inch diameter aluminum tube weighing 400 g, extendable up to 3 m in length, featuring an internal wire mechanism connected to a grip handle. For fruit wrapping, the mechanism releases a rubber band to secure a plastic bag around the fruit stem, thereby protecting it from insects. For fruit harvesting, the device is

equipped with a downward-facing acute-angled blade to cut the fruit stem and a net to collect the fruit. Performance tests were conducted with three trials on mangoes (Khieo Sawoei variety) and santols, and the average operation times were recorded. For mangoes with a circumference of approximately 20–21 cm and a length of 10–11 cm, the average times for wrapping and harvesting were 20.26 s/fruit and 30.37 s/cycle, respectively. In each harvesting cycle, no more than 2–3 fruits were collected, with a total weight not exceeding 1,800 g. For santols with a circumference of about 28–30 cm, wrapping and harvesting took an average of 11.64 s/fruit and 5.31 s/cycle, respectively, with a capacity of up to three fruits per cycle and a total weight of approximately 1,000 g. The results indicated that round fruits required less operation time than elongated fruits. The performance evaluation demonstrated that the average time for fruit wrapping and harvesting of mango and santol was consistently lower than the benchmark values obtained from farmers. The t-test results further confirmed that the developed wrapping and harvesting tool significantly reduced the time required for mango and santol compared with the standard reference values, with significance at the 0.01 level.

Key word: Wrapping and Harvesting Tool

1. บทนำ

ผลไม้เป็นสินค้าเกษตรที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคการส่งออก ซึ่งช่วยสร้างรายได้มหาศาลให้กับประเทศในแต่ละปี ข้อมูลจากปี 2566 ระบุว่าประเทศไทยมีผลผลิตมะม่วงเชิงพาณิชย์รวมกว่า 1.34 ล้านตัน แบ่งเป็นการผลิตในภาคเหนือ 50%, ภาคกลาง 35% และภาคตะวันออก 15% สำหรับการส่งออกมะม่วงสดและมะม่วงแปรรูป พบว่ามียอดส่งออกทั่วโลกถึง 112,047 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 3,236.16 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2565 ถึง 219.92 ล้านบาท [1] มะม่วงเป็นหนึ่งในผลไม้ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะในสหภาพยุโรป (EU) ซึ่งเป็นตลาดหลักสำหรับมะม่วงไทย ในปี 2566 มียอดส่งออกมะม่วงสดไปยัง EU จำนวน 129 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 22.52 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2565 ถึง 10.96 ล้านบาท ส่วนมะม่วงกระป๋องมียอดส่งออก 2,693 ตัน คิดเป็นมูลค่า 185.96 ล้านบาท [1] แม้ยอดขายจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปีก่อน แต่ยังคงเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมในตลาดต่างประเทศ สำหรับในประเทศไทย เทรนด์การบริโภคผลไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับ

สุขภาพและความปลอดภัยของอาหาร ผู้บริโภคชาวไทย โดยเฉพาะในเขตเมืองและคนรุ่นใหม่มีความตระหนักถึงประโยชน์ของผลไม้มากขึ้น ทั้งในแง่ของสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และบทบาทในการป้องกันโรคเรื้อรังต่าง ๆ นอกจากนี้ การขยายตัวของช่องทางการจำหน่าย เช่น แพลตฟอร์มออนไลน์ ซูเปอร์มาร์เก็ตสมัยใหม่ และตลาดเฉพาะทางที่เน้นผลไม้คุณภาพสูง ก็มีส่วนกระตุ้นให้การบริโภคผลไม้ภายในประเทศเติบโตขึ้น ขณะเดียวกัน ความนิยมในการบริโภค “ผลไม้อินทรีย์” และ “ผลไม้ตามฤดูกาล” ก็เพิ่มมากขึ้นตามกระแสความใส่ใจสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในอาหาร [1–3]

การศึกษาค้นคว้าพัฒนาด้านเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการเก็บเกี่ยวอย่างมีประสิทธิภาพเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น งานวิจัยถ่ายทอดองค์ความรู้การทำอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการเก็บผลไม้ให้แก่เกษตรกรชาวสวนผลไม้ จังหวัดระยอง [4] การพัฒนาและประยุกต์ใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวมังคุด [5] การทดสอบและพัฒนาอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลผลิตมะพร้าวต้นสูง [6] การพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลไม้ [7] จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าไม่มีการพัฒนาเรื่องไม้ห่อผลไม้ สำหรับไม้ห่อผลไม้จากงานวิจัยพบว่าไม้ต้นสูง [4]

และมีน้ำหนักมาก [5, 6, 7] ซึ่งการใช้งานในท่าทางที่ยกสูง และต้องถือเป็นเวลานาน หากมีน้ำหนักมากเกินไป จะส่งผลเสียต่อร่างกายของผู้ปฏิบัติงานอย่างมาก ทำให้เกิดความเมื่อยล้าเร็วขึ้น ลดประสิทธิภาพการทำงาน และเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูกโดยเฉพาะบริเวณไหล่ คอ แขน และหลัง ถือเป็นท่าทางที่มีความเสี่ยงสูง (ตามมาตราฐาน RULA, Rapid Upper Limb Assessment เป็นเครื่องมือประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์) ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของสุขภาพเกษตรกรสวนผลไม้ จึงได้ศึกษาค้นคว้าออกแบบเครื่องมือเพื่อแก้ไขปัญหาด้านน้ำหนักของไม้ห่อและสอยผลไม้ ซึ่งจะช่วยลดการบาดเจ็บและความเมื่อยล้า นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสียหายของผลผลิต และทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้นอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้
- 2.2 เพื่อทดสอบการใช้งานเครื่องมือห่อและสอยผลไม้

3. ขอบเขตการวิจัย

- 3.1 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ เน้นความเบา จึงเลือกวัสดุที่เป็นอลูมิเนียม
- 3.2 ในขั้นตอนการทดสอบการใช้เครื่องมือห่อและสอยผลไม้ แก้ไขตามคำแนะนำของชาวสวนผู้ใช้เครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่ออกแบบในการศึกษานี้เท่านั้น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่มีน้ำหนักเบา สามารถใช้งานได้สะดวก ห่อได้รวดเร็ว ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการพัฒนาตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยการวิจัยนี้ได้พบปัญหาจากชาวสวนผลไม้ที่มีเครื่องมือห่อและสอยผลไม้มีน้ำหนักมาก ทำให้แขนและไหล่เมื่อยล้า ทางผู้วิจัยจึงได้ระดมความคิด ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้

4.1.1 ออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้

กระบวนการออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ดำเนินการ

ตามลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบ เพื่อให้ได้เครื่องมือที่สามารถใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมการเกษตร โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม การสัมภาษณ์ผู้ใช้งาน และการวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) กำหนดวัตถุประสงค์หลักของการออกแบบ วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ คือ การพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการหุ้มผลไม้ด้วยถุงกันแมลง และเก็บเกี่ยวผลไม้จากต้นไม้ที่มีความสูงเพิ่มประสิทธิภาพในการห่อและสอยผลไม้ในพื้นที่เกษตรรองรับการใช้งานกับผลไม้ชนิดต่าง ๆ ที่มีขนาดและลักษณะของกิ่งแตกต่างกัน

2) กำหนดคุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องมือ คุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องมือถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริง คุณสมบัติที่กำหนด ได้แก่ ความยาวของไม้จับ น้ำหนักของเครื่องมือ วัสดุที่ใช้ในการผลิต ความสามารถในการห่อผลไม้ ความสามารถในการสอย

3) ออกแบบรูปแบบเบื้องต้น ในขั้นตอนนี้ มีการจัดทำรูปแบบเบื้องต้นของเครื่องมือ จากคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนดไว้ รูปแบบเบื้องต้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ ด้ามจับแบบยืดหดได้ เพื่อปรับความยาวตามความสูงของต้นไม้ หัวเครื่องมือที่แบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนห่อผลไม้ และส่วนสอยผลไม้ ซึ่งถอดเปลี่ยนได้

4) ออกแบบระบบการห่อ โดยหลักการส่งแรงผ่านเส้นลวดอะลูมิเนียมที่ต่อกับมือบีบตรงด้าม ซึ่งจะไปตามสปริงที่อยู่ด้านในให้เต่ง ทำให้เขี้ยวจากขอบวงนอกไปดันยางให้หลุดเคลื่อนที่ไปรัดกับปากถุงที่บริเวณขั้วผลไม้พอดี ซึ่งยางจะรัดปิดปากถุงกันแมลงได้ สำหรับระบบการสอยผลไม้ออกแบบให้สามารถสอยได้แม่นยำโดยใช้ใบมีดที่เป็นมุมแหลมตัดขั้วผลไม้เป้าหมาย ซึ่งจะไม่กระทบผลไม้ที่อยู่ใกล้เคียง และได้ออกแบบถุงใส่ผลไม้หลังจากตัดขั้วแล้ว ทำด้วยเชือกไนลอน สานติดกับขอบปากของเครื่องมือสอยเพื่อป้องกันผลไม้หล่นเสียหาย

4.1.2 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือทอและสอยผลไม้ ประกอบด้วย

1) เครื่องมือทอผลไม้ ได้แก่

1.1) แผ่นอลูมิเนียม กว้าง 30 ซม. ยาว 50 ซม. จำนวน 2 แผ่น ใช้สำหรับทำส่วนทอผลไม้

1.2) ท่ออลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. ความยาว 2 เมตร จำนวน 2 อัน ใช้สำหรับทำด้ามไม้สอยผลไม้

1.3) ลวดสปริง ความยาว 5 ซม. จำนวน 1 อัน ใช้สำหรับ ดันให้หัวทอผลไม้ทำงาน

1.4) ลวดอลูมิเนียม 2 X 5 มิลลิเมตร จำนวน 1 เส้น ใช้สำหรับในการกระตุกหัวทอ

1.5) อะไหล่กรรไกรเก็บผลไม้ ซึ่งดัดแปลงมาใช้เป็นตัวบีบในการทำให้กลไกหัวทอผลไม้ทำงาน ภาพที่ 1 แสดงวัสดุหลักที่ใช้ทำเครื่องมือทอผลไม้



ก) อะลูมิเนียมชนิดต่างๆ



ข) มือบีบให้หัวทอทำงาน

ภาพที่ 1 วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือทอผลไม้

2) เครื่องมือสอยผลไม้ ได้แก่ เครื่องมือสอยผลไม้ ได้ออกแบบให้ส่วนหัวออกแบบให้สวมประกอบเข้ากับด้ามจับ ถอดเปลี่ยนหัวได้ ทำด้วยเหล็ก มีขนาดปากด้านข้างกว้าง 19 ซม. สูง 25 ซม. ออกแบบให้มีใบมีดเป็นรูปมุมแหลม ลักษณะคว่ำติดอยู่ด้านบน มีฟันเหล็ก 3 ซี่ เพื่อให้ขั้วผลไม้

เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับใบมีดได้ง่ายเวลาดึง นอกจากนี้ยังมีถุงตาข่ายยาว 25 ซม. รองรับผลไม้ที่เก็บเกี่ยวแล้วไม่ให้หล่นเสียหาย เครื่องมือสอยผลไม้แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องมือสอยผลไม้

4.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

1) เครื่องตัดเหล็กตัดเหล็กพร้อมใบตัดเหล็กและใบเจียร ใช้สำหรับตัดแผ่นอลูมิเนียมและท่ออลูมิเนียม

2) ส่วนพร้อมดอกสว่าน ใช้สำหรับเจาะท่ออลูมิเนียม

3) ลวดเชื่อมอลูมิเนียม ใช้สำหรับ เชื่อมแผ่นอลูมิเนียมและท่ออลูมิเนียม

4.1.4 ค่าวัสดุและอุปกรณ์ ประกอบด้วย แผ่นอลูมิเนียม ท่ออลูมิเนียม สปริง เส้นลวด โลหะใช้ทำอุปกรณ์ สอยผลไม้ เชือก ตาข่าย ใบมีด และด้ามจับสปริง รวมค่าวัสดุและอุปกรณ์ทั้งสิ้นเป็นเงิน 1,077 บาท

4.2 ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือทอและสอยผลไม้

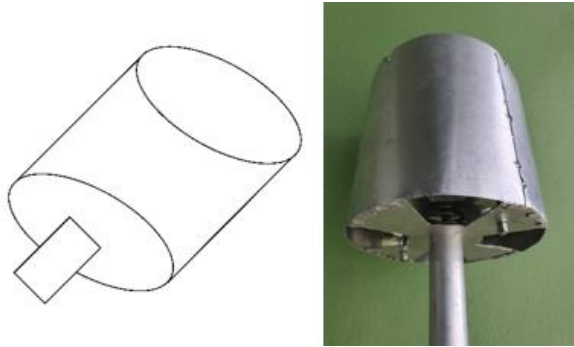
4.2.1 เตรียมแผ่นอลูมิเนียม 2 แผ่น ขนาด 50 x 30 และ 50 x 25 ซม. อย่างละ 1 แผ่น

4.2.2 นำแผ่นอลูมิเนียมขนาด 50 x 30 ซม. มาม้วนให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 ซม. และแผ่นอลูมิเนียมขนาด 50 x 25 ซม. นำม้วนให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร

4.2.3 นำอลูมิเนียมที่ม้วนไว้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 ซม. มาเชื่อมติดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

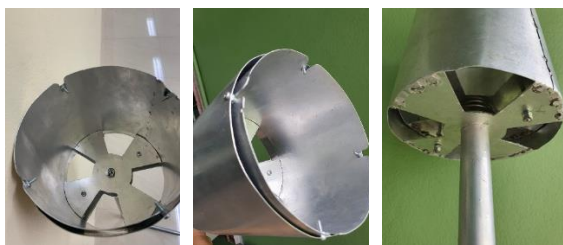
15.0 ซม. จากนั้นเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม.

4.2.4 นำแผ่นอลูมิเนียมที่ม้วนแล้วมาต่อท่อ โดยนำท่ออลูมิเนียมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. เชื่อมติดกับแผ่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 ซม. ตรงที่เจาะรูไว้แสดงดังภาพที่ 3

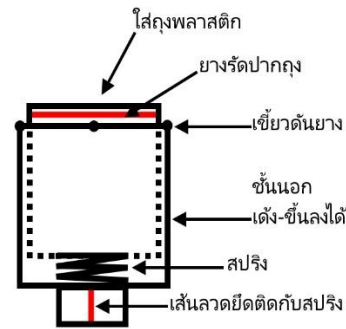


ภาพที่ 3 การนำแผ่นอลูมิเนียมที่ม้วนแล้วมาติดท่อ

4.2.5 นำอลูมิเนียมที่ม้วนไว้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 ซม. มาเชื่อมติดกับแผ่นอลูมิเนียมวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. และเจาะรูตรงกลาง 0.5 เซนติเมตร เพื่อใส่เส้นลวดซึ่งยึดติดกับมือบีบตรงด้ามจับบริเวณขอบปากวงนอกมีซี่ยาวจำนวน 4 จุด สำหรับดันยางให้หลุดรัดปากถุงพลาสติกเวลาห่อ ส่วนขอบปากวงในมีพื้นที่ประมาณ 0.5 ซม. ไว้ใส่ยางที่ละ 1 เส้น เมื่อจะห่อผลไม้จะต้องสวมถุงพลาสติกลงตรงกลางก่อน ผู้ใช้จะต้องถือไม้ห่อไปสวมที่ผลไม้ จากนั้นจึงบีบที่มือ แผ่นอะลูมิเนียมวงนอกจะเต่งขึ้น ทำให้ซี่ยาวทั้ง 4 จุด ดันยางให้หลุดจากขอบวงในไปรัดปากถุงพลาสติกให้ติดกับผิวผลไม้ แสดงดังภาพที่ 4



ก) ส่วนประกอบของอุปกรณ์ห่อผลไม้

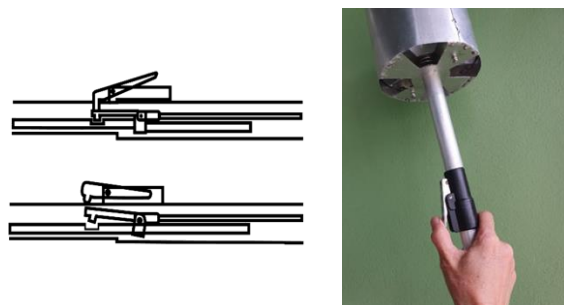


ข) ภาพสเกต องค์ประกอบอุปกรณ์ห่อผลไม้

ภาพที่ 4 ลักษณะของอุปกรณ์ห่อผลไม้

4.2.6 การประกอบเครื่องมือห่อหรือสอยผลไม้กับด้ามจะต้องนำด้ามส่วนปลายสวมกับข้อต่ออุปกรณ์ โดยที่สกรูที่อยู่ส่วนปลายของด้ามต้องสวมเข้ากับรูที่อยู่ตรงกลางด้านในของอุปกรณ์ห่อผลไม้และรูสองรูด้านข้างของข้อต่อต้องตรงกับรูสองรูที่อยู่ด้านข้างส่วนปลายของด้าม และขันสกรูสองตัวให้แน่นเพื่อให้เครื่องมือห่อผลไม้ให้ยึดกับด้ามและหมุนสอดเข้ากับสกรูที่อยู่ตรงกลางด้านในของอุปกรณ์ห่อผลไม้ให้พอดี

4.2.7 การปรับระดับของด้ามเครื่องมือห่อผลไม้จะต้องใช้นิ้วกดส่วนปลายของตัวล็อคด้ามเพื่อให้ส่วนหัวของตัวล็อคกับด้าม จากนั้นส่วนหัวของตัวล็อคจะดีดออกจากลวดที่อยู่ด้านในของด้าม ปรับระดับความยาวของด้ามตามระดับความสูงของผลไม้ การยกนิ้วออกจากปลายของตัวล็อคด้ามเพื่อให้ส่วนหัวของตัวล็อคด้ามกับส่วนหัวของตัวล็อคลวด จากนั้นซี่ยาวที่อยู่ส่วนหัวของตัวล็อคจะเข้าไปอยู่ในร่องของลวดที่อยู่ด้านในของด้าม แสดงดังภาพที่ 5



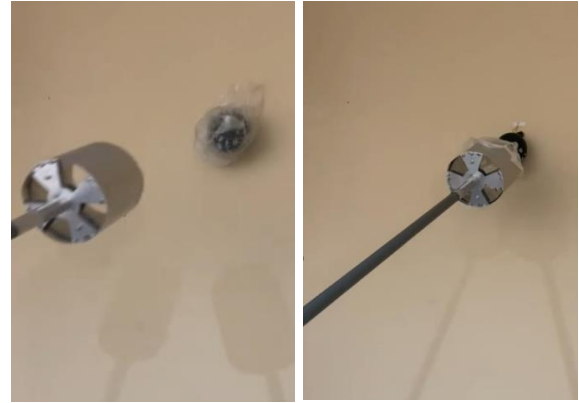
ภาพที่ 5 การปรับระดับของด้ามเครื่องมือห่อผลไม้

4.2.8 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ แข็งแรงและมีน้ำหนักเบา พร้อมใช้งานเพื่อการห่อหรือสอยผลไม้ เครื่องมือสมบูรณ์แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องมือห่อผลไม้เสร็จสมบูรณ์

การพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ได้ทำตามทีออกแบไว้ การประกอบเครื่องมือโดยรวมไม่พบปัญหา หลังจากทีเครื่องมือห่อและสอยผลไม้เสร็จ ผู้วิจัยได้นำมาทดลองเบื้องต้นโดยการสอยและห่อลูกโป่ง จำลองให้ลูกโป่งเป็นผลไม้ ซึ่งได้ผูกลูกโป่งไว้กับเพดานห้อง เพื่อสังเกตการทำงานของเครื่องมือดังกล่าว แล้วจึงทดลองห่อและสอย สังเกตดูว่าเครื่องมือทำงานได้ตามทีออกแบไว้หรือไม่ ผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องมือห่อและสอยผลไม้แสดงดังภาพที่ 7 และ 8 และตารางที่ 1 และ 2



ภาพที่ 7 การจำลองการทดสอบห่อและสอยลูกโป่ง



ภาพที่ 8 ลักษณะของอุปกรณ์สอยผลไม้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการห่อลูกโป่ง

ตัวอย่าง ที่	ขนาดเส้นรอบวง ของลูกโป่ง (ซม.)	ผลการห่อลูกโป่ง	ปัญหา ที่พบ
1	น้อยกว่า 15	ห่อง่าย ถุงสวมปิดผลไม้ ได้มิดชิด	ไม่มี
2	15-25	ถุงสวมปิดผลไม้ได้มิดชิด ยางเข้าปออยู่ที่ตำแหน่ง ซั้วได้ง่าย	ไม่มี
3	25-30	ถุงสวมปิดผลไม้ได้มิดชิด ยางเข้าปออยู่ที่ตำแหน่ง ซั้วได้	ไม่มี
4	มากกว่า 30	ห่อไม่ได้ สอดอุปกรณ์ เข้าผลยาก และยางไม่ เข้าปออยู่ในตำแหน่งซั้ว	ขนาด ใหญ่ เกิน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสอยลูกโป่ง

ตัวอย่าง ที่	ขนาดเส้น รอบวงของ ลูกโป่ง (ซม.)	ผลการทดสอบ สอยลูกโป่ง	ปัญหาที่พบ
1	น้อยกว่า 15	สอยได้ง่าย	ไม่มี
2	15-25	สอยได้ง่าย	ไม่มี
3	25-30	สอยได้ง่าย	ไม่มี
4	มากกว่า 30	สอยยาก/ไม่ได้	ขนาดใหญ่เกินไป

ผลการทดสอบเบื้องต้นพบปัญหาคือการถอดเปลี่ยนอุปกรณ์จากห่อเป็นสอย ใช้เวลานาน เนื่องจากโครงสร้างและอุปกรณ์ยึดยังไม่เหมาะสม นอกจากนี้ยังได้ให้เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการห่อและสอยผลไม้มาทดลองใช้งานเครื่องมือจำนวน 2 คน โดยคัดเลือกจากผู้ที่เคยใช้ไม้สอยแบบเดิม (ที่ทำจากไม้และมีน้ำหนักมาก) ทำให้ได้คุณภาพของข้อมูลเชิงลึก จากผู้ใช้งานจริงที่มีประสบการณ์โดยตรง (Expert Users) ซึ่งจะช่วยให้ได้รับข้อเสนอแนะเชิงลึกและเห็นปัญหาการใช้งาน และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ 2 ข้อ คือ ยึดโครงสร้างให้แข็งแรงมากขึ้นและปรับปรุงวัสดุที่ใช้ทำด้ามซึ่งมีน้ำหนักมากเมื่อยึดออกจนสุด ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงลักษณะการถอดประกอบให้ง่ายขึ้นและลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ามอะลูมิเนียม ซึ่งเดิมมีน้ำหนัก 800 กรัม ปรับปรุงเปลี่ยนวัสดุให้น้ำหนักลดลงเหลือ 400 กรัม

วิธีการประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องมือห่อและสอยผลไม้โดยการจับเวลา ซึ่งกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำการห่อและสอยผลไม้จากการสัมภาษณ์ชาวสวน 7 คน ที่เคยห่อและสอยผลไม้ขนาดผลเท่าที่ผู้วิจัยทดลองได้ค่าเกณฑ์ขั้นต่ำแสดงในตารางที่ 3 และใช้สถิติทดสอบ t-test ตารางที่ 3 เกณฑ์ขั้นต่ำเวลาที่ใช้ในการห่อและสอยผลไม้จากการสัมภาษณ์ชาวสวน

ชาวสวน คนที่	มะม่วงเขียวเสวย		กระท้อน	
	เวลา (วินาที)		เวลา (วินาที)	
	ห่อ	สอย	ห่อ	สอย
1	23.00	35.00	15.00	6.00
2	25.00	34.00	13.00	7.00
3	25.00	35.00	14.00	6.00
4	26.00	37.00	15.00	8.00

ชาวสวน คนที่	มะม่วงเขียวเสวย		กระท้อน	
	เวลา (วินาที)		เวลา (วินาที)	
	ห่อ	สอย	ห่อ	สอย
5	26.00	34.00	14.00	7.00
6	24.00	35.00	13.00	7.00
7	26.00	35.00	14.00	8.00
เฉลี่ย	25.00	35.00	14.00	7.00

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ เมื่อแก้ไขเครื่องมือห่อและสอยผลไม้แล้วจึงได้นำไปทดสอบกับผลไม้ที่อยู่บนต้น จากการดำเนินงานครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำไปทดสอบการห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยและกระท้อนของชาวสวนตำบลขุนทะเล อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีผลการทดสอบ ดังนี้

5.1.1 ผลการทดสอบห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวย ต้นมะม่วงเขียวเสวยที่ผู้วิจัยไปทดสอบมีความสูงประมาณ 7 เมตร ลักษณะเป็นทรงพุ่ม ติดผลสูงพอสมควร ผู้วิจัยจึงต้องสไลด์ไม้สอยให้ยาวออก เพื่อให้อุปกรณ์ห่อและสอยยื่นไปที่ผลได้สะดวก การทดสอบห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยแสดงดังภาพที่ 9 สำหรับผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4 และ 5



ภาพที่ 9 การทดสอบการห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวย

การห่อมะม่วงเขียวเสวยได้ทดสอบห่อในช่วงที่มะม่วงใกล้หมดฤดู เนื่องจากตอนที่พัฒนาเครื่องมือนี้เสร็จเป็นช่วงที่มะม่วงแก่พอดี ลูกใหญ่ผิวสีเขียวเข้ม การทดสอบใช้การจับเวลาในการห่อและสอย 3 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ยผลมะม่วงเขียวเสวยที่สอยมา แสดงดังภาพที่ 10

สอยรอบที่ 1

สอยรอบที่ 2

สอยรอบที่ 3



ภาพที่ 10 ผลมะม่วงเขียวเสวยที่ผ่านการทดสอบการสอย

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการห่อกับเกณฑ์ต่ำกว่า 25.00 วินาที/ผล และเวลาสอยผลมะม่วงเขียวเสวยกับเกณฑ์ต่ำกว่า 35.00 วินาที/รอบ สำหรับตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดของผลการทดสอบการสอยมะม่วงเขียวเสวย

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสอยมะม่วงเขียวเสวย

รอบที่	ผลที่ 1	ผลที่ 2	ผลที่ 3	น้ำหนักรวม(กรัม)
1	น้ำหนัก 900 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.90 ซม. (Ø 6.65 ซม.) ความยาว 20.55 ซม.	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.75 ซม. (Ø 6.60 ซม.) ความยาว 20.37 ซม.	สอยไม่ได้ มะม่วงไม่เข้าตาข่าย (ผลที่ 1-2 ขวางตาข่าย)	1,500
2	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.50 ซม. (Ø 6.52 ซม.) ความยาว 10.80 ซม.	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.45 ซม. (Ø 6.51 ซม.) ความยาว 10.70 ซม.	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.6 ซม. (Ø 6.56 ซม.) ความยาว 10.70 ซม.	1,800
3	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.63 ซม. (Ø 6.56 ซม.) ความยาว 10.85 ซม.	น้ำหนัก 500 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.40 ซม. (Ø 6.50 ซม.) ความยาว 10.90 ซม.	น้ำหนัก 500 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.55 ซม. (Ø 6.54 ซม.) ความยาว 10.60 ซม.	1,600

จากการทดสอบสอยมะม่วงเขียวเสวยพบว่า น้ำหนักผลมะม่วงเขียวเสวยที่สอยได้มากที่สุดในการทดลองรอบที่ 2 คือ 1,800 กรัม และน้อยที่สุดในการทดลองรอบที่ 1 คือ 1,500 กรัม เนื่องจากรูปร่างของผลมะม่วงที่สอยรอบที่ 1 มีลักษณะยาวและใหญ่ ทำให้จำนวนผลที่สอยได้น้อยลงเมื่อเทียบกับครั้งอื่น ๆ ในการสอยรอบที่ 2 ไม่แน่นอนเนื่องจากมะม่วงมีน้ำหนักมาก และการสไลด์ไม้ให้ยาวออกไปทำให้ผู้สอยรู้สึกหนัก จึงสรุปได้ว่า การสอยผลไม้ น้ำหนักไม่ควรเกิน 1,800 กรัม

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการห่อกับเกณฑ์ต่ำกว่า 25.00 วินาที/ผล และเวลาสอยผลมะม่วงเขียวเสวยกับเกณฑ์ต่ำกว่า 35.00 วินาที/รอบ

รอบที่	เวลาที่ใช้ในการห่อผล มะม่วงเขียวเสวย (วินาที/ผล)	เวลาที่ใช้ในการสอยผล มะม่วงเขียวเสวย (วินาที/รอบ)
1	19.43	31.74
2	20.21	30.22
3	21.13	29.16
เฉลี่ย	20.26	30.37
t	9.65**	6.18**

หมายเหตุ ** p<0.01

จากผลการทดลองห่อมะม่วงเขียวเสวยจำนวน 3 รอบ ค่าเวลาที่วัดได้เท่ากับ 19.43, 20.21 และ 21.13 วินาทีต่อผล โดยมีค่าเฉลี่ย 20.26 วินาที ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์

5.1.2 ผลการทดสอบห่อและสอยกระท้อน ผู้วิจัย

ได้ทดสอบห่อและสอยผลไม้แบบผลกลม เช่น ผลกระท้อน ต้นกระท้อนที่ทดสอบมีความสูงประมาณ 8-9 เมตร มีลักษณะเป็นทรงพุ่มใหญ่ มีกิ่งก้านสาขาและขนาดผลใกล้เคียงกันได้แล้ว เนื่องจากการพัฒนาไม้สอยเสร็จเป็นช่วงที่กระท้อนมีผลใหญ่แล้ว ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบห่อและสอยผลในช่วงนี้ การห่อและสอยแสดงดังภาพที่ 11 การทดสอบโดยการจับเวลาที่ใช้ในการห่อและสอยแต่ละรอบทดสอบ 3 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย ภาพที่ 12 แสดงลักษณะ

ผลกระทอนที่สอย และตารางที่ 6 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการห่อกับเกณฑ์ต่ำกว่า 14.00 วินาที/ผล และเวลาสอยผลกระทอนกับเกณฑ์ต่ำกว่า 7.00 วินาที/รอบ สำหรับตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดของผลกระทอนที่สอย



ภาพที่ 11 การทดสอบห่อและสอยกระทอน



ภาพที่ 12 ผลกระทอนที่สอย

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสอยกระทอน

รอบที่	ผลที่ 1	ผลที่ 2	ผลที่ 3	น้ำหนักรวม(กรัม)
1	น้ำหนัก 360 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 29.00 ซม. (Ø 9.23 ซม.)	น้ำหนัก 352 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 28.80 ซม. (Ø 9.17 ซม.)	น้ำหนัก 306 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 27.00 ซม. (Ø 8.60 ซม.)	1,018
2	น้ำหนัก 372 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 29.10 ซม. (Ø 9.26 ซม.)	น้ำหนัก 336 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 28.70 ซม. (Ø 9.14 ซม.)	น้ำหนัก 334 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 28.90 ซม. (Ø 9.20 ซม.)	1,042
3	น้ำหนัก 408 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 30.00 ซม. (Ø 9.55 ซม.)	น้ำหนัก 302 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 27.60 ซม. (Ø 8.78 ซม.)	น้ำหนัก 322 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 28.10 ซม. (Ø 8.95 ซม.)	1,032

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการห่อกับเกณฑ์ต่ำกว่า 14.00 วินาที/ผล และเวลาสอยผลกระทอนกับเกณฑ์ต่ำกว่า 7.00 วินาที/รอบ

รอบที่	เวลาที่ใช้ในการห่อ ผลกระทอน (วินาที/ผล)	จำนวนผลและเวลาที่ใช้ ในการสอยผลกระทอน (วินาที/รอบ)
1	11.36	5.31
2	10.66	5.61
3	12.91	5.03
เฉลี่ย	11.64	5.31
t	3.55**	10.05**

หมายเหตุ ** $p < 0.01$

การทดลองห่อกระทอนจำนวน 3 รอบให้ค่าเวลา 11.36, 10.66 และ 12.91 วินาทีต่อผล โดยมีค่าเฉลี่ย 11.64 วินาที ต่ำกว่าเกณฑ์จากชาวสวน (14 วินาที) ทุกค่า เมื่อจับเวลาที่ใช้สอยวัดได้ 5.31, 5.61 และ 5.03 วินาที ค่าเฉลี่ย 5.31 วินาที ต่ำกว่าเกณฑ์เปรียบเทียบจากชาวสวน (7 วินาที) ทุกค่า ผลการทดสอบ t-test เครื่องมือห่อผลไม้ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาในการห่อมะม่วงเขียวเสวยเฉลี่ย (20.26วินาที) น้อยกว่า 25 วินาที และใช้เวลาในการสอยเฉลี่ย (30.37วินาที) น้อยกว่า 35 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากการทดสอบพบว่า การสอยแบบผลกลมรอบเดียว 3 ผล น้ำหนักรวมประมาณ 1,000 กรัม ไม่สอยไม่หนักเกินไป และผลกระทอนอยู่ในถุงได้แบบไม่เต็ม แต่ไม่สามารถสอยผลที่ 4 ได้ เนื่องจากผลเข้าไปในถุงทั้งผลไม่ได้ จึงทำให้ข้าวไม่เข้าไปในช่องใบมีด ดังนั้นน้ำหนักของการสอยผลกระทอนได้ประมาณ 1,000 กรัม ซึ่งขนาดของผลกระทอนที่ทดสอบเส้นรอบวงประมาณ 28-30 ซม. (เส้นผ่านศูนย์กลาง 8.91-9.55 ซม.)

6. การสรุปผลและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้พัฒนาไม้ห่อและสอยผลไม้โดยใช้ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว มีน้ำหนัก 400 กรัม และสามารถเลื่อนออกให้ยาวได้สูงสุด 3 เมตร ภายในท่อมีเส้นลวดต่อกับด้ามมือบีบ โดยเมื่อออกแรงบีบ เส้นลวดจะไปปลดยางที่อุปกรณ์ห่อ ให้ติดไปยังข้าวผลไม้ซึ่งได้สวมถุงพลาสติกไว้ ดังนั้นถุงก็จะห่อหุ้มผลไม้เพื่อป้องกันแมลงได้สำหรับอุปกรณ์สอยได้ออกแบบให้มีใบมีดคว่ำเป็นมุมแหลมเพื่อตัดข้าวผลไม้ และเป็นตะขายเพื่อรองรับผลไม้ไว้ ได้ทำการทดสอบห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยและกระทอน 3 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่าการห่อมะม่วง 1 รอบ ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 20.26 วินาที/ผล การสอยใช้เวลาเฉลี่ย 30.37 วินาที/รอบ ขนาดของผลมะม่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.37-6.68 เซนติเมตร (เส้นรอบวงประมาณ 20-21 เซนติเมตร) ความยาวผล 10-11 เซนติเมตร การสอยแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 2-3 ผล น้ำหนักรวมไม่เกิน 1,800 กรัม สำหรับการห่อกระทอน 1 ครั้ง ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 11.64 วินาที/ผล การสอยใช้เวลาเฉลี่ย 5.31 วินาที/รอบ ขนาดของผลกระทอนเส้นรอบวงประมาณ 28-30 เซนติเมตร สอยแต่ละรอบไม่เกิน 3 ผล สรุปว่าการห่อและสอยผลไม้ที่มีผลกลมใช้เวลาน้อยกว่าผลไม้ที่มีผลยาวมาก เมื่อคิดต้นทุนของเครื่องมือห่อและสอยผลไม้มีราคา 1,077 บาท

จากการดำเนินการวิจัยและการพัฒนาเครื่องมือห่อผลไม้และสอยผลไม้ พบว่าสามารถออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะผลไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาด

ที่เหมาะสมกับการออกแบบของเครื่องมือนี้ จากการทดลองพบว่าเครื่องมือสามารถห่อผลไม้ได้ดี กันแมลงเจาะผลได้ แต่เมื่อผลไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 10 เซนติเมตร และยาวกว่า 25 เซนติเมตร จะไม่สามารถห่อได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากความสูงของหัวห่อจำกัด จึงทำให้ยางไม่สามารถไปรัดที่ข้าวผลไม้ได้ ส่วนฟังก์ชันการสอยทำงานได้ดีกับผลไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ในขณะที่ผลไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 10 เซนติเมตร สอยได้รอบละ 1 ผล ใช้เวลาสอยนาน

จากการนำเครื่องมือไปทดสอบการใช้งานจริงกับมะม่วงสายพันธุ์เขียวเสวย ณ สวนของ สุวัจักษณ์ เต็มยอดเกษตรกร ตำบลขุนทะเล อ.เมือง จ. สุราษฎร์ธานีพบว่าเครื่องมือมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง โดยเวลารวมเฉลี่ยในการห่อผลมะม่วงและกระทอนคือ 20.26 และ 11.64 วินาที/ผล ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอยผลมะม่วงคือ 30.37 วินาที/รอบ (จากผลการทดสอบ ครั้งที่ 1-3 จำนวน 2, 3 และ 3 ผล ตามลำดับ) ซึ่งถ้าคิดเวลาสอยใช้เวลาประมาณ 10.12-15.18 วินาที/ผล สำหรับกระทอนใช้เวลาสอยประมาณ 1.50 วินาที/ผล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ร่มเกล้า มาไกล (2554) [8] ได้จับเวลาการใช้ตะกร้อสอยมะม่วงแบบเดิมพบว่าใช้เวลา มากกว่า คือ 18.17 วินาที/ผล แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือสอยผลไม้ที่ออกแบบในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพกว่าแบบเดิม ส่วนน้ำหนักของผลมะม่วงที่สอยได้ในแต่ละรอบที่อุปกรณ์รับน้ำหนักได้ประมาณ 1,500-1,800 กรัม สำหรับความสามารถในการสอย พบว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดที่ระดับเส้นผ่านศูนย์กลางผลเฉลี่ยประมาณ 20.46 เซนติเมตร หากขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากผลไม้ที่มีผลยาวและขนาดใหญ่จะขวางปากถุงสอยได้ยาก ทำให้การวางตำแหน่งเครื่องมือไม่เหมาะสม แสดงให้เห็นถึงขอบเขตการใช้งานของเครื่องมือในสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งต้องแก้ไขไปตามลักษณะและขนาดของผลไม้

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องมือในงานวิจัยนี้ให้ผลเชิงปฏิบัติที่ชัดเจนว่าเวลาเฉลี่ยในการห่อและสอยมะม่วงและกระทอนต่ำกว่าเกณฑ์เปรียบเทียบกับชาวสวน

ทุกค่า ยังได้ทดสอบด้วยสถิติ t-test พบว่า เครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาในการห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยและกระท้อน น้อยกว่าค่ามาตรฐานเปรียบเทียบจากชาวสวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในการทดลองนี้ ตัวอย่างมีขนาดเล็ก (จำนวนรอบการทดลอง 3 รอบ) ผลลัพธ์จึงควรถือเป็นหลักฐานเบื้องต้นมากกว่าหลักฐานยืนยันเด็ดขาด ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรเพิ่มจำนวนรอบทดลองให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มพลังทางสถิติ (statistical power) และอาจพิจารณาทดสอบกับผู้ใช้หลายกลุ่ม หลายพื้นที่ รวมถึงสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น ขนาดผล น้ำหนัก ตำแหน่งของผลบนต้น และผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้ผลลัพธ์ครอบคลุมและมีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น เพื่อลดความแปรปรวนของข้อมูล

7. ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้มีข้อเสนอแนะดังนี้

7.1 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย การพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้พบว่าเครื่องมือสามารถห่อผลไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5–10 เซนติเมตร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ใช้เวลาในการใส่ยางมาก เนื่องจากขอบสำหรับใส่ยางแคบเกินไป การพัฒนาต่อไปจึงควรเพิ่มขอบใส่ยางให้มากกว่า 0.5 เซนติเมตร ในขณะที่เครื่องมือสอยผลไม้ หากผลที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 10 เซนติเมตรจะสอยรอบละ 1 ผล และใช้เวลามากขึ้นหากผลไม้มีลักษณะยาว ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือสอยครั้งต่อไป จึงควรให้มีขนาดถุงยาวขึ้น แต่ปากถุงไม่ควรใหญ่เกินไป ทำให้สอดเข้าไประหว่างพวงมะม่วงที่กิ่งแน่น ๆ ได้ยาก

7.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต

7.2.1 การพัฒนาด้ามไม้สอยให้มีน้ำหนักเบามากขึ้น อาจใช้วัสดุคาร์บอนไฟเบอร์หรือวัสดุเชิงประกอบร่วมด้วย

7.2.2 สำหรับบริเวณด้ามจับสั้นเล็กน้อยเมื่อมือเปียกเหงื่อ ควรมีส่วนที่ช่วยให้จับกระชับมือมากขึ้น

7.2.3 ควรทดลองกับผลไม้หลายชนิดรวมถึงสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น ขนาดผล น้ำหนัก ตำแหน่งของ

ผลบนต้น สภาพผู้ปฏิบัติงาน และการเก็บข้อมูลให้มากขึ้น เพื่อที่จะใช้วิเคราะห์ทางสถิติ

7.2.4 ควรประเมินด้านการยศาสตร์เพิ่มเติม

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of Agricultural Affairs (Brussels). 2024. "OAE Journal European Union Issue 27 (January - March 2024)," [Online]. Available: <https://agrithai.be/wp-content/uploads/2024/03/วารสาร-สพช.-สหภาพยุโรป-ฉ.27-เดือน-ม.ค.-มี.ค.-2567.pdf>. Accessed 14 March 2024. (in Thai)
- [2] Bank of Thailand. 2018. "Summary of Thai Fruit Export Situation," [Online]. Available: https://www.bot.or.th/content/dam/bot/documents/th/news-and-media/media-gallery/infographic/190920_thai-fruit-export.pdf. Accessed 24 May 2024. (in Thai)
- [3] Mango Growers Club. 1998. "Techniques for Mango Wrapping," [Online]. Available: http://kmcenter.rid.go.th/kmc08/km_55/km_book55/KP3/5.pdf. Accessed 24 May 2024. (in Thai)
- [4] Pratumchat, B. 2020. "Knowledge transfer of fruit harvesting equipment to fruit farmers in Rayong province," Project report. Chonburi, Burapha University. (in Thai)
- [5] Limhengha, S. and et al. 2021. "Development and application of a mangosteen fruit harvester," *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49(suppl. 1): pp. 1089-1093. [Online]. Available: https://agkb.lib.ku.ac.th/kku/search_detail/result/409429agkb.lib.ku.ac.th. (in Thai)

- [6] Parnthon, S. and et al. 2024. "Testing and development of pipe-type coconut harvesting equipment for tall coconut trees," in *Proceedings of the 3rd National and 1st International Conference on Agricultural Innovation and Natural Resources*, 14-15 August 2024. Songkhla, Thailand, pp. 349-357. (in Thai)
- [7] Thai Agricultural Research Repository. 1989. "Development of fruit harvesting equipment," [Online]. Available: <https://hectortarr.arda.or.th/>. Accessed 24 May 2024. (in Thai)
- [8] Maklai, R. 2011. "Development of a mango harvesting device with an anti-gravity mechanism," B.S. thesis, Dept. Eng., Rajamangala Univ. of Technology Lanna, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)