

ความเร็วรอบ 4.51 รอบต่อนาที ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.25 แรงม้าและเกียร์ทดอัตราทด 1:60 และพัดลมชนิดหอยโข่งขนาดกว้าง 0.43 เมตร ยาว 0.43 เมตรหนา 0.12 เมตร ความเร็วรอบ 2,900 รอบต่อนาที ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ซึ่งถูกติดตั้งที่ส่วนท้ายของชุดลูกกลิ้งม้งคุดสำหรับเป่าน้ำใต้กลิ้งม้งคุดให้ออกมาที่ผิวชุดที่ 2 คือ ชุดเป่าแห้งม้งคุดแบบอุโมงค์ลม ประกอบด้วยห้องเป่าแห้งมีขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 7.5 เมตร ชุดพัดลมเป็นชนิดไหลตัดแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ยาว 1.2 เมตร ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ความเร็วรอบพัดลม 733 รอบต่อนาที และชุดลำเลียงม้งคุดเข้าห้องเป่าแห้งถูกขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.25 แรงม้าและเกียร์ทดอัตราทด 1:60 ชุดลำเลียงสามารถเคลื่อนที่ได้ 2 ทิศทาง คือเคลื่อนที่ตามลมและเคลื่อนที่สวนลม ที่ได้จากชุดพัดลมบริเวณหัวเครื่อง ความเร็วในการลำเลียง 1 เมตรต่อนาที ผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถลดระยะเวลาการเป่าแห้งม้งคุดสดได้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิมคือการใช้พัดลมเป่าม้งคุดบนโต๊ะ ทำให้มีความสามารถในการเป่าแห้งม้งคุดสดต่อวันได้มากกว่า โดยคุณภาพของม้งคุดมีสภาพความสดไม่แตกต่างกันและลดการใช้พื้นที่สำหรับตั้งโต๊ะลดความชื้นได้ ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า การเป่าแห้งม้งคุดสดด้วยการใช้เครื่องต้นแบบมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 35.37 บาทต่อกิโลกรัม ที่ราคาซื้อซื้อม้งคุดสด 35 บาทต่อกิโลกรัม มีจุดคุ้มทุนเมื่อทำการเป่าแห้งม้งคุดสด 648,000 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.09 ปี ที่ราคาขายม้งคุดสู่ตลาดต่างประเทศเฉลี่ย 40 บาทต่อกิโลกรัม

Abstract

Research on air blow dryer type for exported mangos teen packing house using purposed on time and labor reducing in the process of pre-exporting. Before exporting, the mangos teen required the insect and disease controlling, it must pass the process of cleaning by soaked in the chemical solution then packed. The designed machine can replace the traditional dehumidification method for packing house of fresh fruit which is operated by fan in opened air. The prototype consists of two part of a small prototype. The first part is a wind blower that will blow the water under the mangos teen calyx. It components of 0.3 m length, 1.3 m width front conveyor that works with 2.56 rpm, 3 rows of mangos teen roller which 1 m length of each row work with 4.51 rpm. This part was 0.25 horsepower of electrical motor driven with the gear ratio of 1:60. And the blower was centrifugal type specific 0.43 m width, 0.12 m length and 0.12 m thickness. It was driven at 2,900 rpm by 1 horsepower electrical motor. The second part is the unit of mangos teen tunnel dryer type specific 1.2 m width, 7.5 m length. The cross flow fan was functional and driven at 733 rpm by 3 horsepower electric motor. The mangos teen

was 1 m/sec conveyed in two way direction (forward-backward). The conveyer was 0.25 horsepower electrical motor driven with the gear ratio of 1:60. The result showed the benefit of time reduction, it was over than 70% when comparing with the traditional drying method. It increased daily working capacity, reducing working area requirement and the mangos teen quality is not different from the traditional dryer type. Considering of the economic returns analysis, the operation machine costs was 35.37 THB/kg and mangos teen costs 35 THB/kg. The break-even point was 648 ton per year of mangos teen production and returns period was 0.09 year in the price of exported mangos teen 40 THB/kg condition.

6. คำนำ

มังคุดเป็นผลไม้ที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นราชาผลไม้เมืองร้อน เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดี ลักษณะรูปทรงและสีสันทนของผลสวยงาม แปลกตาชวนให้รับประทาน มังคุดจึงเป็นหนึ่งในผลไม้ที่สร้างชื่อเสียงให้แก่ประเทศไทยและเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ เนื่องจากมังคุดเป็นไม้ผลที่มีศักยภาพในการส่งออก พื้นที่ปลูกมังคุดจึงเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จากพื้นที่ปลูก 236,000 ไร่ ในปี 2538 เพิ่มขึ้นเป็น 454,000 ไร่ ในปี 2550 และมีพื้นที่ปลูกให้ผลผลิตแล้วกว่า 360,000 ไร่ ผลผลิตรวมประมาณ 298,000 ตัน พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ในเขตจังหวัดชุมพร นครศรีธรรมราช นราธิวาส สุราษฎร์ธานี ระนอง และพังงา ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด และภาคตะวันออกในเขตจังหวัด ระยอง จันทบุรี และตราด ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด โดยประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกมังคุดรายใหญ่ของโลก โดยในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยมีการส่งออกมังคุดในรูปมังคุดสดแช่เย็นจำนวน 46,920 ตัน มูลค่า 728.5 ล้านบาท ส่งออกในรูปมังคุดสดแช่แข็งจำนวน 312 ตัน มูลค่า 27.15 ล้านบาท และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต (หฤทัย, 2551) ปัญหาการส่งออกมังคุดที่สำคัญคือ การเสื่อมคุณภาพและมีอายุวางขายในตลาดสั้น โดยเฉลี่ยเพียง 5-6 วัน ทำให้คุณภาพของมังคุดต่ำลง ส่งผลถึงราคา เนื่องจากต้องใช้เวลายาวนานในการขนส่งทางเรือ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสดของมังคุดโดยเฉพาะการขนส่งไปยุโรปซึ่งเป็นระยะทางที่ไกลและใช้เวลานาน ซึ่งหากขนส่งทางเครื่องบินจะมีต้นทุนที่สูงมาก การจัดการด้านการขนส่งมังคุดไปยังตลาดยุโรปโดยเฉพาะสหรัฐอเมริกาในอดีตที่ผ่านมา เป็นการขนส่งเฉพาะทางอากาศเท่านั้น เพราะจำเป็นด้วยสาเหตุของระยะทางไกล และยังไม่มียุทธศาสตร์ในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดให้ยาวนาน เพียงพอต่อการขนส่งทางเรือเข้าสู่สหรัฐอเมริกา ซึ่งต้องใช้เวลาการเดินทางอย่างน้อย 30 วัน บนเรือและเวลาสำหรับการจำหน่ายผลผลิตอีกอย่างน้อย 15-20 วัน รวมระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมดในกระบวนการขนส่งผลผลิตทางเรือสู่ตลาดสหรัฐอเมริกาจะต้องใช้เวลาประมาณ 45-50 วัน (อนุวัตรและคณะ 2544) การศึกษาอิทธิพลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของ

มั่งคุดในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่าสารเคลือบผิวสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมั่งคุดได้ โดยที่สารเคลือบ sta-fresh 7055, สารเคลือบคอร์นซัน, สารเคลือบกลูโคแมนแนน, สารเคลือบไคโตแซน และสารเคลือบเมทิวเซลลูโลส สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของความแน่นเนื้อของเปลือก และช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลในระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับมั่งคุดที่ไม่เคลือบผิว (อนุวัตรและคณะ, 2544) โดยอุณหภูมิในการเก็บรักษามั่งคุด อยู่ระหว่าง 13-15 องศาเซลเซียสและมีอายุการเก็บรักษา 2-3 สัปดาห์ (เบญจมาศและคณะ, 2551) สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้วิจัยและพัฒนาเครื่องลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมทดแทนการใช้พัดลมธรรมดา ช่วยลดระยะเวลาในการลดความชื้นกล้วยไม้ที่ตัดดอกจากสวนเพื่อทำการบรรจุส่งออกสู่ต่างประเทศ โดยเฉพาะในฤดูฝนซึ่งดอกกล้วยไม้มีความชื้นสูง เครื่องต้นแบบประกอบไปด้วยห้องลดความชื้นมีขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 7.5 เมตร ชุดพัดลมเป็นชนิดไหลตัดแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ยาว 1.2 เมตร ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า ความเร็วรอบพัดลม 733 รอบต่อนาที ชุดลำเลียงกล้วยไม้เข้าห้องลดความชื้นถูกขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้าและเกียร์ทดอัตราทด 1:60 ความเร็วในการลำเลียง 1 เมตรต่อนาที เครื่องต้นแบบสามารถควบคุมอุณหภูมิลมผ่านตู้ควบคุมซึ่งติดตั้งบริเวณด้านข้างของเครื่อง ผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถลดระยะเวลาการลดความชื้นกล้วยไม้ได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใช้พัดลม และมีความสามารถในการลดความชื้นกล้วยไม้มากกว่า โดยคุณภาพของดอกกล้วยไม้มีสภาพความสดไม่แตกต่างกัน มีอายุการปักแจกันได้นาน 12-14 วัน (พุทธิจันทร์และคณะ, 2553)

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวตั้งแต่เก็บผลผลิตจากสวน การขนส่งสู่โรงคัดบรรจุ การจัดการในโรงคัดบรรจุ การบรรจุภัณฑ์ และการขนส่งสู่ผู้บริโภคในต่างประเทศ เป็นเรื่องที่สำคัญ ที่จำเป็นต้องมีการศึกษาและพัฒนาวิธีการจัดการให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่าย สามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษาคุณภาพของผลผลิตให้ยาวนานขึ้น ทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าและปริมาณการส่งออกผลผลิตสู่ผู้บริโภคต่างประเทศ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับมั่งคุดในโรงคัดบรรจุสำหรับการส่งออกมีหลายขั้นตอน ตั้งแต่การคัดขนาดและคุณภาพของผลผลิต การล้างทำความสะอาด และการแช่สารละลายเคมีเพื่อควบคุมโรคและแมลงศัตรู การลดความชื้นก่อนขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ และการจัดการบรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่งออกไปยังต่างประเทศ เป็นต้น ปัจจุบันการลดความชื้นมั่งคุดใช้วิธีการวางวัสดุบนโต๊ะและใช้พัดลมเป่าให้แห้งในสภาพบรรยากาศปกติ ซึ่งจะใช้เวลานานและเกิดปัญหาไม่สามารถลดความชื้นผลผลิตได้หมด รวมถึงพื้นที่ตั้งโต๊ะสำหรับวางผลผลิตและปริมาณพัดลมที่ใช้จำเป็นต้องมีเพิ่มมากขึ้น ตามปริมาณการผลิตและการส่งออก จึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้มั่งคุดที่มีคุณภาพดี ลดการสูญเสียคุณภาพอันเกิดจากความชื้นที่เกินมาตรฐานในโรงคัดบรรจุก่อนการส่งออกสู่ผู้บริโภค โดยในการศึกษานี้จะใช้เครื่องต้นแบบลด

ความขึ้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบในการศึกษาเบื้องต้นและนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบลดความชื้นมัจจุคสำหรับการส่งออก

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลพิกัด 100 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลพิกัด 2 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า
5. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
6. เครื่องวัดความเร็วลม
7. นาฬิกาจับเวลา

วิธีดำเนินการ

1. ทำการสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการจัดการมัจจุคในโรงคัดบรรจุของผู้ประกอบการส่งออก และศึกษาทดสอบวิธีการลดความชื้นมัจจุคที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน อุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้น โดยร่วมมือกับเกษตรกรผู้ผลิตและผู้ประกอบการส่งออกเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดความชื้น โดยประยุกต์ใช้เครื่องต้นแบบลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม เช่น ระยะเวลาการลดความชื้นและปริมาณลมที่เหมาะสม เป็นต้น และศึกษาวิธีการจัดการลดความชื้นเพื่อใช้สำหรับการลดความชื้นมัจจุค โดยการทดสอบลดความชื้นมัจจุคด้วยเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมที่ได้มีการวิจัยก่อนหน้านี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้น

3. ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบให้มีความเหมาะสมใช้งานลดความชื้นกับมัจจุค ในการทดสอบเครื่องต้นแบบที่พัฒนาแล้ว จะเก็บข้อมูลเพื่อเป็นตัวชี้วัดการทำงานของเครื่องมือ คือ ความเร็วลมในการลดความชื้น (เมตร/วินาที) ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นในฤดูกาลต่างๆ และปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ชั่วโมง) การใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง) เป็นต้น

4. ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเปรียบเทียบการลดความชื้นด้วยเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการเดิมคือการใช้พัดลม

5. จัดทำรายงานผลการวิจัย วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
6. เผยแพร่ผลงานวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด)

ตุลาคม 2556- กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี อ.เมือง จ.จันทบุรี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการจัดการมังคุดในโรงคัดบรรจุของผู้ประกอบการส่งออก และศึกษาทดสอบวิธีการลดความชื้นมังคุดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน อุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้น โดยร่วมมือกับเกษตรกรผู้ผลิตและผู้ประกอบการส่งออกเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง พบว่าการจัดการในโรงคัดบรรจุสำหรับการส่งออกมีหลายขั้นตอน ได้แก่ การคัดขนาดและคุณภาพของผลผลิต การล้างทำความสะอาด การแช่สารละลายเคมีเพื่อควบคุมโรคและแมลงศัตรู การลดความชื้น การจัดการบรรจุภัณฑ์สำหรับขนส่งต่างประเทศ อุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้นคือการลดความชื้นปัจจุบันใช้วิธีวางบนโต๊ะ ผึ่งลมหรือเป่าลมด้วยพัดลมให้แห้งในสภาพอากาศปกติ ซึ่งใช้เวลานาน และเกิดปัญหาไม่สามารถลดความชื้นได้หมดโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ เน่าเสียจากเชื้อราและโรคพืชอื่นๆ รวมถึงพื้นที่ตั้งโต๊ะและจำนวนพัดลมจำเป็นต้องมีมากขึ้นตามปริมาณผลผลิตที่เข้าโรงคัดบรรจุและ



ปริมาณการส่งออก กระบวนการจัดการทั้งหมดแสดงไว้ในรูปที่ 1.

รูปที่ 1. กระบวนการในโรงคัดบรรจุ

2. ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดความชื้น เช่น ระยะเวลาการลดความชื้นและปริมาณลมที่เหมาะสม เป็นต้น และศึกษาวิธีการจัดการลดความชื้นเพื่อใช้สำหรับการลดความชื้นมังคุด โดยจากการเก็บข้อมูล

กระบวนการจัดการผลมัจจุสดในโรงคัดบรรจุทำให้ทราบว่า ความชื้นสัมพัทธ์อากาศและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดความชื้นในมัจจุสด พบว่าวิธีการเดิมคือการใช้พัดลมเป่าลดความชื้นมัจจุสดที่วางบนโต๊ะ จะใช้เวลาประมาณ 40 นาที สภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ซึ่งใช้เวลานาน และทำให้เกิดปัญหาในช่วงที่ปริมาณผลผลิตมัจจุสดในโรงคัดบรรจุมีมาก จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการวางโต๊ะเพื่อลดความชื้นมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงทำการศึกษาหาวิธีการใหม่เพื่อลดความชื้นมัจจุสดทดแทนวิธีการเดิม เพื่อลดระยะเวลาการลดความชื้นทำให้เพิ่มความสามารถในการทำงาน และลดการใช้พื้นที่ในโรงคัดบรรจุ โดยการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจะใช้หลักการใช้ลมเป่าไปที่ผลมัจจุสดเพื่อดึงความชื้นออก ศึกษาความเร็วลมที่ใช้และออกแบบให้ทิศทางของลมเป่าตรงไปที่ผลมัจจุสดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้น

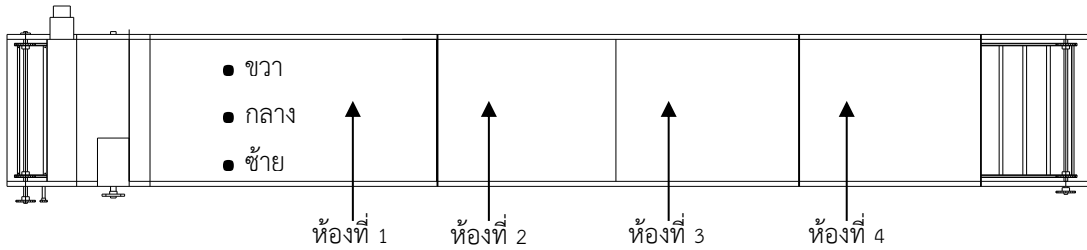
3. ทดสอบเครื่องลดความชื้นแบบอุโมงค์ลมที่ได้มีการวิจัยก่อนหน้านี้กับการลดความชื้นมัจจุสดเบื้องต้น โดยทำการทดสอบเก็บข้อมูลรายละเอียดส่วนต่างๆ ของเครื่องต้นแบบลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม (พุทธินันท์และคณะ, 2553) ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบลดความชื้นมัจจุสดสำหรับการส่งออก



รูปที่ 2 เครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมต้นแบบ

ทำการทดสอบความเร็วลมเพื่อตรวจสอบว่าภายในห้องของเครื่อง ลมเคลื่อนที่สม่ำเสมอหรือไม่ โดยจะทำการวัดลม 3 ตำแหน่ง คือตำแหน่งซ้าย ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งขวาในละห้องของเครื่องลดความชื้นแบบ

อุโมงค์ลมต้นแบบ ซึ่งแบ่งวัดความเร็วลมทั้งหมด 4 ห้อง (รูปที่ 3) ผลการทดสอบพบว่าความเร็วลมที่เหมาะสมคือ 3 เมตรต่อวินาที และจากการทดสอบวัดความเร็วลมแต่ละจุดในห้องลดความชื้นบริเวณเหนือโซ่ลำเลียง พบว่ามีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน ผลการทดสอบวัดลมแสดงไว้ในตารางที่ 1



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งที่วัดลมในแต่ละห้องของเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมต้นแบบ

ตารางที่ 1 แสดงความเร็วลม (เมตร/วินาที) ภายในห้องลดความชื้นตรงตำแหน่งที่วัดในแต่ละห้อง

ห้องลดความชื้นที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)		
	ตำแหน่งซ้าย	ตำแหน่งกลาง	ตำแหน่งขวา
1	2.9	3.0	3.3
2	3.2	3.1	3.0
3	3.0	3.2	3.1
4	3.0	2.9	3.0
S.D.	0.13	0.10	0.14

จากนั้นทำการทดสอบเป่าแห้งมังคุดสดด้วยเครื่องต้นแบบลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม (พุทธอินทร์และคณะ, 2553) ครั้งที่ 1 โดยนำมังคุดเรียงบนถาดรองแล้วยกถาดรองไปวางบนรางลำเลียงของเครื่องเป่าแห้ง และทดสอบที่ลมร้อน 40 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4 และ 5) ผลที่ได้คือบริเวณผิวข้างของผลมังคุดแห้ง แต่ยังมีหยดน้ำอยู่ที่ใต้ผลมังคุด ที่จุดวางมังคุดกับถาดรองและบริเวณก้นถ้วยผลมังคุด (รูปที่ 6 และ 7) ซึ่งที่มาของการใช้ลมร้อนที่ 40 องศาเซลเซียสเป็นจุดเริ่มต้นนั้น มาจากการลดความชื้นกล้วยไม้ของคุณพุทธอินทร์ จารุวัฒน์ ที่กล้วยไม้สามารถทนลมร้อนได้ 40 องศาเซลเซียสแล้วไม่ทำให้กล้วยไม้เสื่อมคุณภาพ



รูปที่ 4 การวางมังคุดบนถาดรอง



รูปที่ 5 เป่าแห้งมังคุดสดด้วยเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 6 หลังการทดลองหยดน้ำเกาะที่ก้นถ้วย

รูปที่ 7 หลังการทดลองหยดน้ำเกาะที่ใต้ผลมังคุด

4. หลังจากการทดสอบเบื้องต้น พบว่าบริเวณผิวข้างของผลมังคุดแห้งแต่ยังมีหยดน้ำอยู่ที่ใต้ผลมังคุด ที่จุดวางมังคุดกับถาดรองและบริเวณกลีบเลี้ยงผลมังคุด จึงต้องปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบให้เหมาะสมกับมังคุด เก็บข้อมูลการเป่าแห้งมังคุดสด ดังนี้

4.1 ติดตั้งพัดลม ครีบบังคับทิศทางลม ติดตั้งตะแกรงโซ่ลำเลียงและติดตั้งชุดพลิกผลมังคุด โดยได้ทำการเพิ่มชุดพัดลมขนาด 24 นิ้วได้เครื่องจำนวน 3 ตัว และครีบบังคับทิศทางลม เพื่อเป่าใต้ผลมังคุด (รูปที่ 8 และ รูปที่ 9) และทำการทดลองโดยนำมังคุดเรียงบนถาดรอง แล้วยกถาดรองไปวางบนรางลำเลียงของเครื่องเป่าแห้งและทดลองที่ลมร้อน 40 องศาเซลเซียส ผลที่ได้ยังมีหยดน้ำอยู่ที่ใต้ผลมังคุด ที่จุดวางมังคุดกับถาดรองและบริเวณกลีบเลี้ยงผลมังคุดเหมือนกับการทดลองครั้งที่ 1

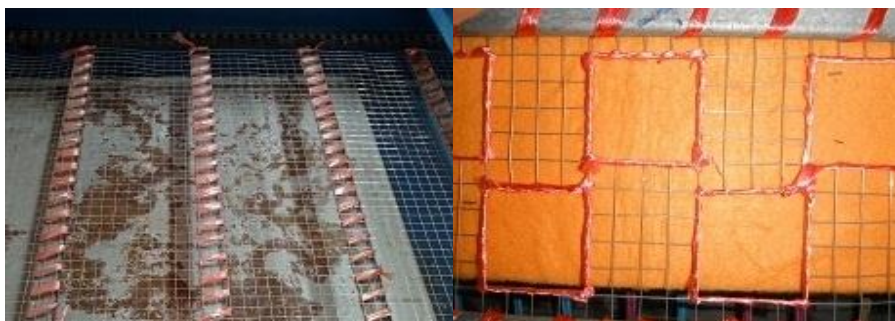


รูปที่ 8 พัดลมติดใต้เครื่อง



รูปที่ 9 ครีบบังคับทิศทางลมจากพัดลมใต้เครื่อง

เมื่อผลการทดลองพบว่าใต้ผลมังคุดไม่แห้งและมีน้ำเกาะอยู่ จึงทำการถอดพัดลมและครีบบังคับทิศทางลม ใต้เครื่องออกแล้ว และทำการแก้ไขปัญหาเพิ่มเติมโดยทำการติดตั้งตระแกรงเจาะรูตลอดโซ่ลำเลียงและหุ้มรูเจาะ เพื่อลดการเสียดสีระหว่างผิวมังคุดกับรูตระแกรงที่เจาะรูไว้ เพื่อป้องกันผิวมังคุดเป็นรอยขณะลดความชื้น (รูปที่ 10) และทำการติดตั้งชุดพลิกผลมังคุดเพื่อให้การเป่าแห้งบริเวณใต้ผลมังคุดสดแห้งสม่ำเสมอดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 ติดตั้งตะแกรงตลอดโซ่ลำเลียง เจาะรูและหุ้มรูเจาะ



รูปที่ 11 ชุดพลิกผลมังคุด

หลังจากทำการติดตั้งชุดพลิกผลมังคุด และได้ทำการทดลองเป่าแห้งมังคุดสดที่อุณหภูมิร้อน 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส โดยขั้นตอนการทดสอบเริ่มตั้งแต่ซึ่งน้ำหนักเก็บข้อมูลผลมังคุดสด จุ่มน้ำและเก็บข้อมูลน้ำหนักหลังล้างทำความสะอาด จากนั้นนำผลมังคุดหลังจุ่มน้ำเข้าเครื่องเป่าแห้งมังคุดสดแบบอุโมงค์ลม เมื่อมังคุดผ่านการเป่าแห้งแล้ว นำมังคุดซึ่งน้ำหนักเก็บข้อมูลอีกครั้ง ดังรูปที่ 12-13 ข้อมูลการทดสอบที่อุณหภูมิร้อน 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียสแสดงไว้ในตารางที่ 2-4 ภาคผนวก ค. ผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเป่าแห้งผลมังคุดสดคือ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยน้ำหนักของผลมังคุดสดหลังเป่าแห้งใกล้เคียงกับน้ำหนักผลมังคุดสดก่อนเป่าแห้ง นั้นหมายความว่าความชื้นที่หายไปเป็นเฉพาะความชื้นที่เกาะที่ผิวมังคุดแต่ไม่ได้ดึงความชื้นออกจากผลมังคุด ทำให้ผลมังคุดไม่สูญเสียคุณภาพ ดังแสดงเปรียบเทียบการทดลองเป่าแห้งที่อุณหภูมิต่างๆในตารางที่ 5 โดยสภาวะของการทดสอบคือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 33 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 46 %, ระยะเวลาเป่าแห้ง 7.5 นาที, ความเร็วลมภายในห้องเป่าแห้งเฉลี่ย 3 เมตรต่อวินาที จากการทดลองเป่าแห้งมังคุดสดพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเป่าแห้งผลมังคุดสดคือ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสนั้น ซึ่งเป็นต้นทุนที่จะต้องเพิ่มขึ้นจึงเห็นว่าจะต้องมีการพัฒนาเครื่องต้นแบบให้สามารถเป่าแห้งมังคุดสด โดยใช้ลมที่อุณหภูมิลดลงเท่านั้น



รูปที่ 12 ผลมังคุดสดพร้อมทำการทดสอบ



รูปที่ 13 เก็บข้อมูลผลการทดสอบ

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักของมังคุดที่ผ่านการทดลองเป่าแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	น้ำหนักผลสด ก่อนเป่าแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังจุ่มน้ำ (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผล สดก่อนเป่าแห้งกับผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)
40	107	110	109	2
45	107	110	107.5	0.5
50	107	110	105.5	-1.5

4.2 ลดความสูงของห้องเป่าแห้ง ติดตั้งชุดพลิกผลม้งคุดเพิ่มและติดตั้งชุดลมเป่าน้ำไต้กليبเลี้ยง โดยได้ทำการลดความสูงของห้องเป่าแห้งเพื่อเพิ่มความเร็วลมภายในห้องเป่าแห้งโดยลดความสูงจาก 26 เซนติเมตร เหลือ 15 เซนติเมตร ทำให้ได้ความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 3 เมตรต่อวินาทีเป็น 7.5 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 14-15

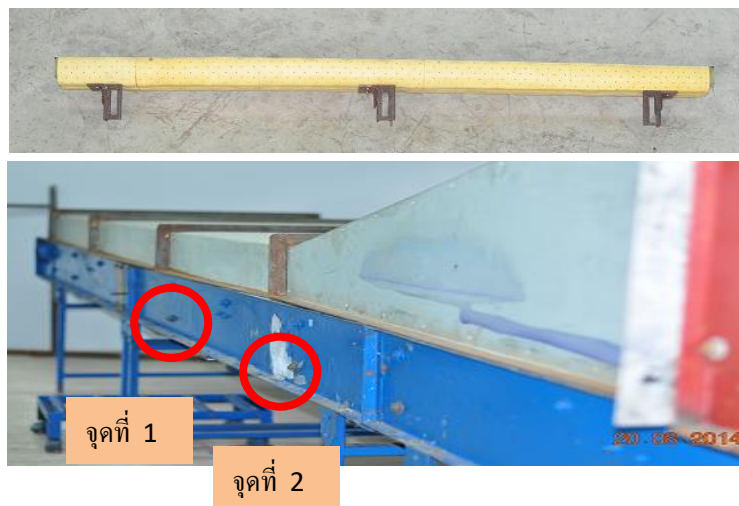


รูปที่ 14 ความสูงของห้องเป่าแห้งเดิม



รูปที่ 15 การลดความสูงของห้องเป่าแห้ง

ติดตั้งชุดพลิกผลม้งคุดเพิ่มเป็น 2 ชุดเพื่อให้การเป่าแห้งบริเวณใต้ผลม้งคุดมีประสิทธิภาพมากขึ้น (รูปที่ 16) และ ติดตั้งชุดลมเป่าน้ำไต้กลิปเลี้ยงผลม้งคุดจำนวน 2 แบบ โดย **แบบที่ 1** มีลักษณะแบบเป่าผลม้งคุดบนชุดลำเลียงขณะเคลื่อนที่ มีการเป่าลมได้สองทิศทาง คือ ชุดท่อลมเป่าน้ำไต้กลิปเลี้ยงและ ติดตั้งชุดเป่าน้ำด้านบนชุดลำเลียง (รูปที่ 17) และ **แบบที่ 2** แบบใช้แรงงานคนจับผลม้งคุดเป่าหน้าเครื่องเป่าแห้งเพื่อจัดการน้ำไต้กลิปเลี้ยงผลม้งคุดก่อนนำผลม้งคุดเข้าต้นแบบเครื่องเป่าแห้งม้งคุดสดแบบอูโมงค์ลม (รูปที่ 18)



รูปที่ 16 จุดที่ติดตั้งชุดพลิกผลม้งคุดจำนวน 2 ชุด

แบบที่ 1

รูปที่ 17 ชุดท่อลมเป่าน้ำใต้ก๊อบลี้อย่างและติดตั้งชุดเป่าน้ำด้านบนชุดลำเลียง

แบบที่ 2

รูปที่ 18 ชุดหัวลมเป่าน้ำและติดตั้งชุดหัวลมเป่าน้ำด้านหน้าเครื่อง

เมื่อปรับปรุงต้นแบบจากปัจจัยที่ได้ศึกษามาเรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดสอบเก็บข้อมูลตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือ ต้นแบบเครื่องเป่าแห้งม้งคุดสดแบบอุโมงค์ลมที่ปรับปรุงแล้วแสดงลักษณะดังรูปที่ 19 โดยทำการทดสอบที่ สภาวะ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 29 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 65 %, ระยะเวลาลดความชื้น 7.5 นาที, ความเร็วลมภายในห้องลดความชื้นเฉลี่ย 7.5 เมตรต่อวินาที, ใช้ชุดลมเป่าน้ำใต้ก๊อบลี้อย่างผลม้งคุด 2 หัวและมีชุดพลิกผลม้งคุดจำนวน 2 ชุด รายละเอียดผลการทดสอบดังตารางผนวก ค ที่ 6-7



รูปที่ 19 ต้นแบบเครื่องเป่าแห้งมังคุดสดหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 8 สรุปผลการทดสอบเป่าแห้งผลมังคุดสดเบื้องต้น

ครั้งที่	น้ำหนักผลสด ก่อนเป่าแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังจุ่มน้ำ (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผลสดก่อน เป่าแห้งกับผลสดหลังเป่าแห้ง (กรัม)
1	97	100	97.20	0.20
2	107	110	107.50	0.50
เฉลี่ย	102	105	102.35	0.35
S.D.	7.07	7.07	7.28	0.21

จากตารางที่ 8 สามารถอธิบายได้ว่าการใช้ลมเป่าไล่ไอน้ำไต่กลีบเลี้ยงที่ผลมังคุดสด การเพิ่มความเร็วลมภายในห้องลดความชื้นและมีชุดพลิกผลมังคุดจำนวน 2 ชุด ทำให้สามารถเป่าแห้งมังคุดสดด้วยเครื่องต้นแบบอุโมงค์ลมได้ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ โดยไม่ต้องใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงเพื่อเป่าแห้ง ซึ่งเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ และมังคุดสดที่ผ่านการเป่าแห้งจะไม่มีหยดน้ำเกาะอยู่ไต่กลีบเลี้ยงและผิวผล แต่ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่พัฒนาได้ยังมีข้อจำกัดในส่วนของชุดพัดลมที่เป่าไล่ไอน้ำไต่กลีบเลี้ยงผลมังคุดคือต้อง

ใช้แรงงานคน 1 คนต่อหัวเป่า 1 หัวและทำให้ความสามารถในการทำงานลดลงเนื่องจากความสามารถในการป้อน มังคุดเข้าเครื่องด้วยแรงงานคนยังช้ากว่าความเร็วของโซ่ลำเลียง

4.3 ทำการสร้างเครื่องต้นแบบเป่าแห้งมังคุดสดเพื่อการส่งออกแบบอุโมงค์ลมที่ได้รับการ ปรับปรุงแก้ไข และทดสอบเบื้องต้นเรียบร้อยแล้วดังแสดงในรูปที่ 20 และรูปที่ 21

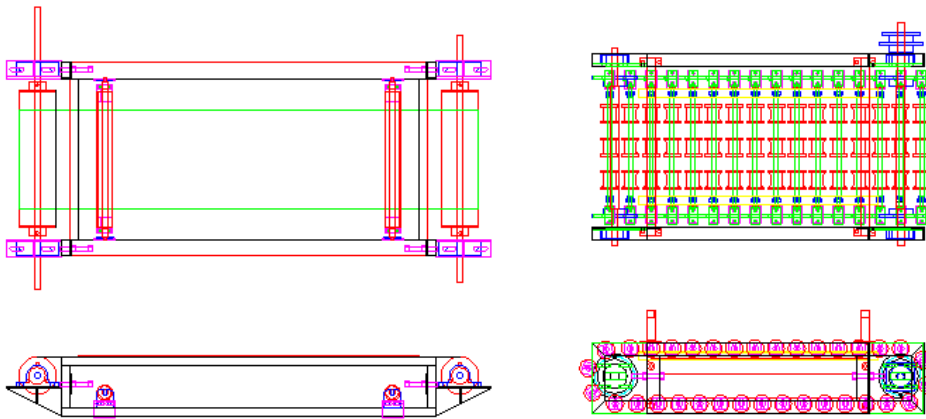


รูปที่ 20 ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบเป่าแห้งมังคุดสดแบบอุโมงค์ลม



รูปที่ 21 เครื่องต้นแบบเป่าแห้งมังคุดสดแบบอุโมงค์ลมเสร็จแล้ว 90 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากการในการทดสอบเบื้องต้นของปัจจัยเรื่องวิธีการเป่าลมพบว่า การเป่าลมใต้ก๊ลิบเลี้ยงแบบใช้แรงงานคน ทำให้ความสามารถในการทำงานลดลง จึงได้ทำการออกแบบชุดเป่าน้ำใต้ก๊ลิบเลี้ยงใหม่เพิ่มเติม โดยออกแบบให้เป็นแบบต่อเนื่องซึ่งสามารถทำงานเร็วกว่าการใช้แรงงานคนเป่าทีละผล จึงออกแบบต้นแบบที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยส่วนหลัก 2 ส่วนคือ ส่วนสายพานลำเลียงผลมังคุดและส่วนกลิ้งผลมังคุดเป่าน้ำใต้ก๊ลิบเลี้ยง แบบวาดของต้นแบบตัวที่ 2 (รูปที่ 22) และการสร้างต้นแบบตัวที่ 2 แสดงดังรูปที่ 23 ต้นแบบที่พัฒนาชุดเป่าลมใหม่ แสดงดังรูปที่ 24



รูปที่ 22 แบบชุดสายพานลำเลียงผลมังคุดและชุดกลิ้งผลมังคุดเป่าน้ำใต้ก๊ลิบเลี้ยง



รูปที่ 23 ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบเป่าน้ำใต้ก๊ลิบเลี้ยงมังคุด



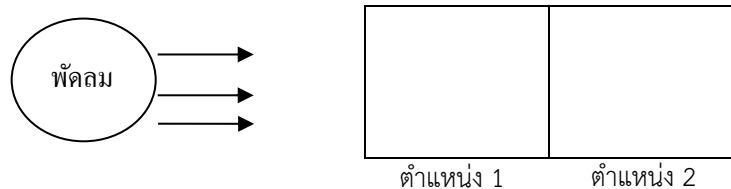
รูปที่ 24 เครื่องต้นแบบเป่าน้ำไต้กลีบเลี้ยงมั่งคุด

5. ต้นแบบของเครื่องเป่าแห้งมั่งคุดสำหรับการส่งออกตัวที่ 2 ที่พัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบดังนี้

1. สายพานลำเลียง หน้ากว้างสายพาน 0.3 เมตร ยาว 1.5 เมตร ความเร็วลำเลียง 1 เมตรต่อนาที
2. เครื่องเป่าหยดน้ำไต้กลีบเลี้ยงมั่งคุด ยาว 1 เมตร, ความเร็วลำเลียง 2.14 เมตรต่อนาทีและความเร็วลมเฉลี่ย 15.6 เมตรต่อวินาที

จึงนำเครื่องต้นแบบทั้งสองชุดไปทำการทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บรักษามั่งคุดที่ลดความชื้นกับวิธีการเดิม

ผลการทดสอบเป่าแห้งมั่งคุดสดด้วยวิธีการเดิมคือการใช้พัดลมอุตสาหกรรมขนาด 24 นิ้วและทำการวัดความเร็วลมบริเวณมั่งคุดที่วางบนโต๊ะ พบว่า ความเร็วลมที่วัดอยู่ในช่วง 2.47-5.34 เมตรต่อนาที ตามตำแหน่งที่วัดลม ดังรูปที่ 25



รูปที่ 25 แสดงตำแหน่งที่วัดความเร็วลมจากพัดลม

ตารางที่ 9. แสดงความเร็วลมที่วัดได้ที่ตำแหน่งต่างๆจากพัดลม

ตำแหน่งที่วัดลมนับจากระยะห่างจากพัดลม (เมตร)	ความเร็วลมที่วัดได้ (เมตรต่อนาที)
ตำแหน่งที่ 1 ระยะ 1 เมตร	5.34
ตำแหน่งที่ 2 ระยะ 3 เมตร	2.47

จากผลการทดสอบในตารางที่ 9 จะเห็นว่าความเร็วลมที่วัดได้ไม่สม่ำเสมอ ทำให้มังคุดสดถูกดึงความชื้นออกไม่เท่ากัน มังคุดที่อยู่บริเวณใกล้พัดลมจะแห้งเร็วกว่า มังคุดที่อยู่ไกลออกไป ในทางปฏิบัติจะต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญในการพิจารณาความชื้นที่อยู่ใต้กลับเลี้ยงกับใต้ผลมังคุดที่ผ่านการลดความชื้นแล้วและจะคัดออกจากโต๊ะเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อไป ในการคัดแยกด้วยสายตา ทำให้เกิดปัญหามังคุดสดที่มีความชื้นอยู่ปะปนไปกับมังคุดคุณภาพดี ซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้เกิดเชื้อรากับผลมังคุดสดในระหว่างการขนส่งและเกิดความเสียหาย

ตารางที่ 10 การทดสอบการเป่าแห้งผลมังคุดสดแบบใช้พัดลม (วิธีที่สถานประกอบการใช้อยู่)

ครั้งที่	น้ำหนักผลสด ก่อนเป่าแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังจุ่มน้ำ (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่าง ผลสดก่อนเป่าแห้งกับ ผลสดหลังเป่าแห้ง (กรัม)	ระยะเวลาการ เป่าแห้ง (นาที)
1	99	100.5	99.50	0.50	40
2	99	101	99.50	0.50	41
3	99	100	99	0.00	40
เฉลี่ย	99	100.50	99.33	0.33	40.33
S.D.	0	0.71	0.29	0.29	0.58

ตารางที่ 11 ผลทดสอบการเป่าแห้งผลมังคุดสดแบบใช้พัดลม (วิธีที่สถานประกอบการใช้อยู่)

รายละเอียด	ผลการทดสอบ
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	0.45
กำลังการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	75
ระยะเวลาการเป่าแห้ง (นาที)	40
ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที)	3.9
ราคาพัดลม 2 เครื่อง (บาท)	5,000
การใช้แรงงาน (คน)	2

หมายเหตุ : ใช้พัดลมอุตสาหกรรม 2 ตัว

จากนั้นทำการทดสอบระยะเวลาในการเป่าแห้งมังคุดสด ดังรูปที่ 26 แสดงผลการทดสอบเป่าแห้งมังคุดด้วยวิธีการเดิมคือการใช้พัดลมโดยการเป่าแห้งมังคุดสดจะดึงน้ำที่เกาะอยู่ที่บริเวณใต้ก้านเลี้ยงและผิวมังคุดออก โดยความชื้นที่อยู่ในผลมังคุดไม่ลดลง เพื่อไม่ให้ผลมังคุดเสื่อมสภาพ โดยสามารถวัดได้จากน้ำหนักของมังคุดสด หลังการเป่าแห้งเปรียบเทียบกับก่อนเป่าแห้ง โดยทดสอบที่อุณหภูมิของอากาศสิ่งแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบพบว่าใช้ระยะเวลาในการเป่าแห้งเฉลี่ย 40 นาที สามารถเป่าน้ำที่ผลออกไปได้เฉลี่ย 0.33 กรัม ดังตารางที่ 10 และจากตารางที่ 11 พบว่าการใช้พัดลมเป่าแห้งมังคุดสดมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 0.45 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 75 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พัดลม 2 ตัว และจำนวนคน 2 คน

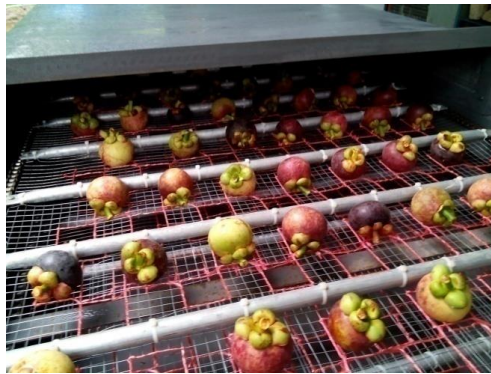


ผลการทดสอบเป่าแห้งมังคุดสดโดยใช้เครื่องต้นแบบทั้งสองส่วน คือเครื่องเป่าหยดน้ำใต้กลีบเลี้ยงมังคุด และเครื่องเป่าแห้งมังคุดสดแบบอุโมงค์ลม และใช้มังคุดขนาดส่งออก (น้ำหนักผลมังคุด \geq 100 กรัมต่อผล) ทำสุ่ม



ผลมังคุดเพื่อทดสอบจำนวน 15 ผล พบว่าเครื่องต้นแบบทั้งสองส่วนมีความสามารถในการทำงาน 540 กิโลกรัมต่อ ชั่วโมง สำหรับผลมังคุดสดขนาดส่งออก (น้ำหนักผลมังคุด \geq 100 กรัมต่อผล) การทดสอบแสดงในรูปที่ 27-28 โดยผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 12-14 ภาคผนวก ค.

รูปที่ 27 ทดสอบเป่าน้ำใต้กลีบเลี้ยงมังคุด



รูปที่ 28 ผลมังคุดหลังผ่านเครื่องเป่าแห้งอุโมงค์ลม

ตารางที่ 15 สรุปผลการทดสอบการเป่าแห้งมังคุดสดโดยใช้เครื่องต้นแบบ

ครั้งที่	น้ำหนักผลสด	น้ำหนักผลสด	น้ำหนักผลสด	ผลต่างน้ำหนัก	ระยะเวลาการ
	ก่อนเป่าแห้ง (กรัม)	หลังจุ่มน้ำ (กรัม)	หลังเป่าแห้ง (กรัม)	ระหว่างผลสด ก่อนเป่าแห้งกับ ผลสดหลังเป่า แห้ง (กรัม)	เป่าแห้ง (นาที)
1	114.3	117.28	114.6	0.30	10
2	114.3	117.28	114.7	0.40	10
3	114.3	117.28	114.5	0.20	11
เฉลี่ย	114.3	117.28	99.33	0.30	10.33
S.D.	0	0	0.10	0.10	0.58

จากตารางสรุปผลการทดสอบที่ 15 จะเห็นว่าผลต่างน้ำหนักระหว่างผลสดก่อนเป่าแห้งกับผลสดหลังเป่าแห้งมีน้ำหนักไม่ต่ำกว่าผลมังคุดสดก่อนเป่าแห้งแสดงว่าความสดของผลมังคุดไม่ได้สูญเสียจากกระบวนการเป่าแห้งมังคุดสดและมังคุดสดหลังการเป่าแห้งไม่มีหยดน้ำเกาะอยู่ใต้ก้านและผิวผลมังคุดสด

ตารางที่ 16 ผลทดสอบการเป่าแห้งผลมังคุดสดด้วยเครื่องต้นแบบ

หัวข้อ	ผลการทดสอบ
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	1.87
กำลังการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	540
ระยะเวลาการเป่าแห้ง (นาที)	10
ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที)	15.6 (เครื่องเป่าก้านกล้วย) 7.5 (เครื่องเป่าแห้งแบบอุโมงค์ลม)
ราคาเครื่องต้นแบบ (บาท)	253,633
การใช้แรงงาน (คน)	4

จากตารางที่ 16 พบว่าเครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสดมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1.87 กิโลวัตต์ต่อ ชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 540 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ระยะเวลาใช้เป่าแห้งประมาณ 10 นาที ราคาเครื่อง รวมทั้งหมด 253,633 บาท และจำนวนคนประจำเครื่อง 4 คน

จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของการเป่าแห้งมังคุดสดด้วยวิธีการใช้พัดลม และเครื่องต้นแบบ ผลการวิเคราะห์ที่ได้ว่า การเป่าแห้งมังคุดสดด้วยวิธีใช้พัดลมมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 36.11 บาทต่อ กิโลกรัม ที่ราคาซื้อมังคุดสด 35 บาทต่อกิโลกรัม กำหนดราคาพัดลม 2,500 บาทต่อเครื่อง อายุการใช้งาน 10 ปี อัตราดอกเบี้ยเงินลงทุน 7 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ค่าซ่อมบำรุงคงที่ 500 บาทต่อปี ค่าจ้างแรงงาน 300 บาทต่อวัน ค่า ไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย โดยพัดลมสามารถเป่าแห้งมังคุดสดได้ 600 กิโลกรัมต่อวัน ในขณะที่การใช้เครื่องต้นแบบ สำหรับเป่าแห้งมังคุดสดมีต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำกว่า 0.74 บาทต่อกิโลกรัม ที่ราคาซื้อมังคุดสด 35 บาทต่อกิโลกรัม กำหนดให้เครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสดมีราคา 253,633 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี อัตราดอกเบี้ยเงิน ลงทุน 7 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ค่าซ่อมบำรุงเครื่องคงที่ 2,500 บาทต่อปี ค่าจ้างแรงงาน 300 บาทต่อวัน ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย และใช้เครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสด 4,320 กิโลกรัมต่อวัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนเครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสดพบว่าเครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนเมื่อทำการ เป่าแห้งมังคุดสด 648,000 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.09 ปี โดยกำหนดราคาขายมังคุดสด สู่ ตลาดต่างประเทศ 40 บาทต่อกิโลกรัม รายละเอียดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมแสดงไว้ในภาคผนวก ก. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดคุ้มทุนกับราคาขายมังคุดสดที่เป่าแห้งด้วยเครื่องต้นแบบและแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างระยะเวลาคืนทุนกับราคาขายมังคุดสดที่เป่าแห้งด้วยเครื่องต้นแบบ

6. จัดทำรายงานผลการวิจัย และเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย

ปัจจุบันได้ทำการเผยแพร่งานวิจัยเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2558 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี และ จัดทำเอกสารแผ่นพับ เพื่อให้ เกษตรกร ผู้ประกอบการส่งออกมังคุดสด เจ้าหน้าที่ภาครัฐ และนักวิชาการ นำไปใช้ ประโยชน์และพัฒนาต่อยอดต่อไป (รูปที่ 29-30) และวันที่ 21-24 มกราคม 2559 งานพืชสวนมังคั้ง การค้าสอง ฝั่งชายแดน ครั้งที่ 1 ณ สนามบินผู้งบิน 207 จังหวัดตราด (รูปที่ 31-32)



รูปที่ 29 เผยแพร่งานวิจัยที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี

เครื่องป่าแห้งมังคุดสดในโรงคัดบรรจุสำหรับการส่งออก

ความเป็นมา

มังคุดเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ปี 2555 ประเทศไทยส่งออกมังคุด 149,398 ตัน มูลค่าการส่งออกรวม 2,919 ล้านบาท และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต ปัญหาการส่งออกมังคุดที่สำคัญคือ การเสื่อมคุณภาพและมีอายุขายในตลาดสั้น โดยเฉลี่ยเพียง 5-6 วัน ทำให้คุณภาพของมังคุดต่ำลง ส่งผลถึงราคา ได้มีการจัดการห้การเก็บเกี่ยวตั้งแต่เก็บผลผลิตจากสวนจนถึงผู้บริโภคในต่างประเทศ มีหลายขั้นตอน ตั้งแต่การคัดขนาดและคุณภาพของผลผลิต การล้างทำความสะอาด และนึ่งสารละลายเคมีเพื่อควบคุมโรคและแมลงศัตรู การลดความชื้น และการจัดการบรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่งไปยังต่างประเทศ นอกจากนี้ได้มีการวิจัยในส่วนของเครื่องสำหรับป่าแห้งมังคุดสดน้กแทนการลดความชื้นด้วยพัดลม ซึ่งสามารถลดการใช้พื้นที่และเวลาในการลดความชื้นมังคุดสด

คุณลักษณะเครื่องป่าแห้งมังคุดสดในโรงคัดบรรจุสำหรับการส่งออก

- เครื่องมี 2 ชุดดังนี้
 - 1.1 มอเตอร์ขับชุดลำเลียง 0.25 แรงม้า และมอเตอร์พัดลม 1 แรงม้า
 - 1.2 ขนาดเครื่อง (กว้างยาวสูง) 0.6x2.5 x0.5 เมตร
 2. เครื่องป่าแห้งมังคุดสดด้วยลมเป่าแห้งแบบอุโมงค์ลม
 - 2.1 มอเตอร์พัดลม 3 แรงม้า , มอเตอร์ขับลำเลียง 0.25 แรงม้า
 - 2.2 ขนาดเครื่อง (กว้างยาวสูง) 1x8.5x2 เมตร
- ความยาวรวมในการวางเครื่อง 12 เมตร
- ความสามารถของเครื่องในการป่าแห้งมังคุดสด 540 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- ราคาเครื่องทั้งหมด 260,000 บาท







ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร โทรศัพท์/แฟกซ์ 039-451222



รูปที่ 30 เอกสารแผ่นพับเผยแพร่

รูปที่ 31 กำหนดการจัดงานจังหวัดตราด



รูปที่ 32 เผยแพร่งานวิจัยที่จังหวัดตราด

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสดในโรงคัดบรรจุสำหรับการส่งออกสามารถนำมาทดแทนการใช้พัดลมในการเป่าแห้งมังคุดสด โดยสามารถลดระยะเวลาการทำงาน และทำให้สามารถเพิ่มความสามารถในการลดความชื้นมังคุดสดต่อวันได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถลดพื้นที่ตั้งโต๊ะสำหรับวางผลผลิตในการเป่าแห้งในปัจจุบันได้ เครื่องต้นแบบประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือชุดเป่าน้ำใต้กลีบเลี้ยงมังคุด มี สายพานลำเลียงขนาดหน้ากว้าง 0.3 เมตร ยาว 1.3 เมตร ความเร็วรอบ 2.56 รอบต่อนาที ชุดลูกกลิ้งมังคุด 3 แถว ยาว 1 เมตร ความเร็วรอบ 4.51 รอบต่อนาที โดยขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.25 แรงม้าและเกียร์ทดอัตราทด 1:60 พัดลมเป่าติดตั้งส่วนท้ายของชุดลูกกลิ้งมังคุดเป็นชนิดหอยโข่งขนาดกว้าง 0.43 เมตร ยาว 0.43 เมตร หนา 0.12 เมตร ความเร็วรอบ 2,900 รอบต่อนาที ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ส่วนที่ 2 คือชุดเป่าแห้งมังคุดแบบอุโมงค์ลม ห้องเป่าแห้งมีขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 7.5 เมตร ชุดพัดลมเป็นชนิดไหลตัดแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ยาว 1.2 เมตร ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ความเร็วรอบพัดลม 733 รอบต่อนาที และชุดลำเลียงมังคุดเข้าห้องเป่าแห้งถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.25 แรงม้าและเกียร์ทดอัตราทด 1:60 ชุดลำเลียงสามารถเคลื่อนที่ได้ 2 ทิศทาง คือเคลื่อนที่ตามลมและเคลื่อนที่สวนลม ที่ได้จากชุดพัดลมบริเวณหัวเครื่อง ความเร็วในการลำเลียง 1 เมตรต่อนาที ในการทดลองทำการทดสอบเปรียบเทียบระยะเวลาและความสามารถในการเป่าแห้งมังคุดสดระหว่างการใช้พัดลมและการใช้เครื่องต้นแบบ และตรวจสอบคุณภาพของมังคุดหลังการเป่าแห้ง ผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถลดระยะเวลาการเป่าแห้งมังคุดสดได้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใช้พัดลม ทำให้มีความสามารถในการเป่าแห้งมังคุดสดต่อวันได้มากกว่า โดยคุณภาพของมังคุดมีสภาพความสดไม่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า การเป่าแห้งมังคุดสดด้วยการใช้เครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสดมีต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการใช้พัดลม คือ 35.37 บาทต่อกิโลกรัม ที่ราคาซื้อมังคุดสด 35 บาทต่อกิโลกรัม เครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนเมื่อทำการเป่าแห้งมังคุดสด 648,000 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.09 ปี ที่ราคาขายมังคุดสุตตลาดต่างประเทศเฉลี่ย 40 บาทต่อกิโลกรัม

สำหรับงานวิจัยในอนาคตควรมีการทดลองและศึกษาหาความเร็วลมและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเป่าแห้งมังคุดสดขนาดเกรดอื่นๆที่มีการส่งออกด้วยเครื่องเป่าแห้งมังคุดสด เนื่องจากมังคุดสดแต่ละขนาดจะมีคุณสมบัติต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคและปริมาณผลผลิตที่สามารถส่งออกได้ เพื่อพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มคุณภาพของสินค้าเกษตรที่ส่งออกสู่ผู้บริโภค

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

☒ เผยแพร่ วารสารวิชาการเกษตร, การประชุมวิชาการระดับชาติ, คู่มือสำหรับเกษตรกร และจัดนิทรรศการเผยแพร่สู่กลุ่มเกษตรกร ผู้ประกอบการส่งออก และผู้สนใจทั่วไป

11. คำขอขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม สำหรับการสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมต้นแบบจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

เบญจมาศ รัตนชินกร และคณะ, 2551. อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลไม้. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

พุทธธินันท์ จารุวัฒน์ และคณะ. 2553. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม “การวิจัยและพัฒนาเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม”. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จตุจักร ก.ท.ม. 42 หน้า.

หฤทัย แก่นลา. 2551. การผลิตมังคุดคุณภาพจังหวัดระยอง. จดหมายข่าวผลิใบ กรมวิชาการเกษตร ฉบับที่ 1 ประจำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551.

อนุวัตร แจ่มชัด และฐิติยา รัตนไตรภาพ. 2544. การศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามังคุด. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การเป่าแห้งมังคุดสดด้วยวิธีใช้พัดลม

1. การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ราคาชุดพัดลม	5,000 บาท
- อายุการใช้งาน	10 ปี
- มูลค่าซาก 1% ของราคาเครื่อง	50 บาท
- ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง	500 บาท/ปี
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	7 เปอร์เซ็นต์/ปี
- ค่าจ้างแรงงาน	300 บาท/วัน
- ค่าไฟฟ้า	3 บาท/หน่วย
- ค่าน้ำ	50 บาท/วัน

ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคาของพัดลม

สมการค่าเสื่อมราคาเครื่องแบบเส้นตรง (P-L)/N

โดย

P = ราคาซื้อเครื่องจักร, บาท

L = ราคาซากเครื่องจักร, บาท

N = อายุการใช้งาน, ปี

ค่าเสื่อมราคาของพัดลม

= $(5,000-50)/10$ บาท/ปี

= 495 บาท/ปี

- ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

สมการค่าดอกเบี้ย

$$[(P+L)/2] \times (i/100)$$

โดย

i = อัตราดอกเบี้ย/ปี, เปอร์เซ็นต์

ค่าดอกเบี้ยลงทุนพัดลม

= $[(5,000+50)/2] \times (7/100)$ บาท/ปี

= 176.75 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม

= ค่าเสื่อมราคาเครื่อง + ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

= 495 + 176.75 บาท/ปี

= 671.75 บาท/ปี

ต้นทุนผันแปร

- ค่ามั่งคุดสด 35 บาท/กิโลกรัม

พัสดมสามารถเป่าแห้งมั่งคุดสดประมาณ 37.5 กิโลกรัม/พัสดม

สามารถเป่าแห้งมั่งคุดสดได้ประมาณ 600 กิโลกรัม/วัน

ดังนั้นพัสดมสามารถเป่าแห้งมั่งคุดสดได้ 600 กิโลกรัม/วัน

เนื่องจากมั่งคุดสดที่จะเข้าสู่โรงคัดบรรจุช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม 150 วัน คิดเป็นวันทำงานสำหรับการเป่า

แห้งมั่งคุดสดในโรงคัดบรรจุก่อนเข้าสู่กระบวนการต่อไป 150 วันต่อปี

ดังนั้นพัสดมสามารถเป่าแห้งได้

$$= 600 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 150 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 90,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

ดังนั้นต้นทุนค่าวัตถุดิบต่อปี

$$= 90,000 \text{ กิโลกรัม/ปี} \times 35 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

$$= 3,150,000 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าแรงงานปฏิบัติงาน 2 คน/วัน คนละ 300 บาท/คน

ดังนั้นต้นทุนค่าแรงงาน

$$= 2 \text{ คน/วัน} \times 150 \text{ วัน/ปี} \times 300 \text{ บาท/คน}$$

$$= 90,000 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าไฟฟ้า

จากความสัมพันธ์ $P = I \times V$

โดย $P =$ กำลังไฟฟ้า, วัตต์

$I =$ กระแสไฟฟ้า, แอมแปร์

$V =$ ความต่างศักย์ไฟฟ้า, โวลต์

พัสดมใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 1.78 แอมแปร์

ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้า

$$P = 1.78 \times 220 \text{ วัตต์}$$

$$= 0.391 \text{ กิโลวัตต์}$$

ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง

$$= 0.391 \times 8 \text{ กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน}$$

$$= 3.128 \text{ กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน}$$

$$= 3.128 \text{ หน่วย/วัน}$$

คิดค่าไฟฟ้า หน่วยละ 3 บาท

ดังนั้น ต้นทุนค่าไฟฟ้า

$$= 3.128 \text{ หน่วย/วัน} \times 3 \text{ บาท/หน่วย} \times 150 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 1,407.60 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าน้ำประปา

$$\begin{aligned} \text{ใช้น้ำประปา} &= 50 \text{ บาท/วัน} \times 150 \text{ วัน/ปี} \\ &= 7,500 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าซ่อมบำรุง

$$\text{คิดคงที่} = 500 \text{ บาท/ปี} \quad \text{ตลอดอายุการใช้งาน}$$

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม

$$\begin{aligned} &= (3,150,000 + 90,000 + 1,407.60 + 7,500 + 500) \quad \text{บาท/ปี} \\ &= 3,249,407.60 \quad \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด

$$\begin{aligned} &= 671.75 + 3,249,407.60 \quad \text{บาท/ปี} \\ &= 3,250,079.35 \quad \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

ระยะเวลา 1 ปี สามารถเป่าแห้งมังคุดสดด้วยพัดลมได้ = 90,000 กิโลกรัม/ปี

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้พัดลม} &= (3,250,079.35 \text{ บาท/ปี}) / (90,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}) \\ &= 36.11 \text{ บาท/กิโลกรัม} \end{aligned}$$

จากต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมด สามารถกระจายต้นทุนการเป่าแห้งมังคุดสดด้วยพัดลมได้ดังนี้

ต้นทุนคงที่ (ค่าเสื่อมราคาเครื่อง, ค่าดอกเบี้ย)	0.021 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าวัตถุดิบ	96.92 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าแรงงาน	2.77 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าไฟฟ้า	0.043 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าน้ำประปา	0.23 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าซ่อมบำรุง	0.016 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต

การเป่าแห้งมังกุสตัดด้วยเครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังกุสตัด

1. การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ราคาเครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังกุสตัด	253,633 บาท
- อายุการใช้งาน	10 ปี
- มูลค่าซาก 1% ของราคาเครื่อง	2,537 บาท
- ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง	2,500 บาท/ปี
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	7 เปอร์เซ็นต์/ปี
- ค่าจ้างแรงงาน	300 บาท/วัน
- ค่าไฟฟ้า	3 บาท/หน่วย
- ค่าน้ำ	50 บาท/วัน

ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคาเครื่อง

สมการค่าเสื่อมราคาเครื่องแบบเส้นตรง	(P-L)/N
โดย	P = ราคาซื้อเครื่องจักร, บาท
	L = ราคาซากเครื่องจักร, บาท
	N = อายุการใช้งาน, ปี

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคาของเครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังกุสตัด} &= (253,633 - 2,537) / 10 \text{ บาท/ปี} \\ &= 25,109.60 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

สมการค่าดอกเบี้ย	$[(P+L)/2] \times (i/100)$
โดย	i = อัตราดอกเบี้ย/ปี, เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned} \text{ค่าดอกเบี้ยลงทุนเครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังกุสตัด} &= [(253,633 - 2,537) / 2] \times (7 / 100) \text{ บาท/ปี} \\ &= 8,788.36 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม} &= \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง} + \text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน} \\ &= 25,109.60 + 8,788.36 \text{ บาท/ปี} \\ &= 33,897.96 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

ต้นทุนผันแปร

- ค่ามังกุสตัด 35 บาท/กิโลกรัม

เครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังกุสตัดสามารถเป่าแห้งมังกุสตัดได้ 4,320 กิโลกรัม/วัน

เนื่องจากมั่งคุดสดที่จะเข้าสู่โรงคัดบรรจุช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม 150 วัน คิดเป็นวันทำงานสำหรับการเป่าแห้งมั่งคุดสดในโรงคัดบรรจุก่อนเข้าสู่กระบวนการต่อไป 150 วันต่อปี ดังนั้นเครื่องต้นแบบสามารถเป่าแห้งได้

$$= 4,320 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 150 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 648,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

ดังนั้นต้นทุนค่าวัตถุดิบต่อปี

$$= 648,000 \text{ กิโลกรัม/ปี} \times 35 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

$$= 22,680,000 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าแรงงานปฏิบัติงานเครื่องต้นแบบ

$$4 \text{ คน/วัน} \text{ คนละ } 300 \text{ บาท/คน}$$

ดังนั้นต้นทุนค่าแรงงาน

$$= 4 \text{ คน/วัน} \times 150 \text{ วัน/ปี} \times 300 \text{ บาท/คน}$$

$$= 180,000 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าไฟฟ้า

$$\text{จากความสัมพันธ์ } P = I \times V$$

โดย

$$P = \text{กำลังไฟฟ้า, วัตต์}$$

$$I = \text{กระแสไฟฟ้า, แอมแปร์}$$

$$V = \text{ความต่างศักย์ไฟฟ้า, โวลต์}$$

เครื่องต้นแบบใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 19.7 แอมแปร์

ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้า

$$P = 19.7 \times 220 \text{ วัตต์}$$

$$= 4.334 \text{ กิโลวัตต์}$$

ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง

$$= 4.334 \times 8 \text{ กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน}$$

$$= 34.672 \text{ กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน}$$

$$= 34.672 \text{ หน่วย/วัน}$$

คิดค่าไฟฟ้า หน่วยละ 3 บาท

ดังนั้น ต้นทุนค่าไฟฟ้า

$$= 34.672 \text{ หน่วย/วัน} \times 3 \text{ บาท/หน่วย} \times 150 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 15,602.40 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าน้ำประปา

ใช้น้ำประปา

$$= 50 \text{ บาท/วัน} \times 150 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 7,500 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าซ่อมบำรุง
คิดคงที่ = 2,500 บาท/ปี ตลอดอายุการใช้งาน

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม

$$= (22,680,000 + 180,000 + 15,602.40 + 7,500 + 2,500) \text{ บาท/ปี}$$

$$= 22,885,602.40 \text{ บาท/ปี}$$

ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด = 33,897.96 + 22,885,602.40 บาท/ปี

$$= 22,919,500.36 \text{ บาท/ปี}$$

ระยะเวลา 1 ปี เครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสดสามารถทำงานได้ = 648,000 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้นต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องต้นแบบ = $(22,919,500.36 \text{ บาท/ปี}) / (648,000 \text{ กิโลกรัม/ปี})$

$$= 35.37 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

จากต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมด สามารถกระจายต้นทุนการเป่าแห้งมังคุดสดด้วยเครื่องต้นแบบได้ดังนี้

ต้นทุนคงที่ (ค่าเสื่อมราคาเครื่อง, ค่าดอกเบี้ย)	0.15	เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าวัสดุดิบ	98.96	เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าแรงงาน	0.78	เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าไฟฟ้า	0.07	เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าน้ำประปา	0.03	เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าซ่อมบำรุง	0.01	เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต

2 การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสด

- ราคาขายมังคุดสดเกรดส่งออก 40 บาท/กิโลกรัม

- เครื่องต้นแบบสามารถเป่าแห้งมังคุดสดได้ 648,000 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้นผู้ประกอบการส่งออกมังคุดสดมีรายได้ = 40 บาท/กิโลกรัม × 648,000 กิโลกรัม/ปี

$$= 25,920,000 \text{ บาท/ปี}$$

ผู้ประกอบการมีกำไรจากการเป่าด้วยเครื่องต้นแบบและจำหน่ายสู่ลูกค้า

$$= 25,920,000 - 22,919,500.36 \text{ บาท/ปี}$$

$$= 3,000,499.64 \text{ บาท/ปี}$$

หาจุดคุ้มทุนจากการเป่าแห้งด้วยเครื่องต้นแบบ, รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย

ดังนั้นได้ว่า $40 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times N \text{ กิโลกรัม/ปี} = 35.37 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 648,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}$

$N =$ ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน, กิโลกรัม/ปี

$$= (35.37 \times 648,000) / 40 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

$$= 572,994 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

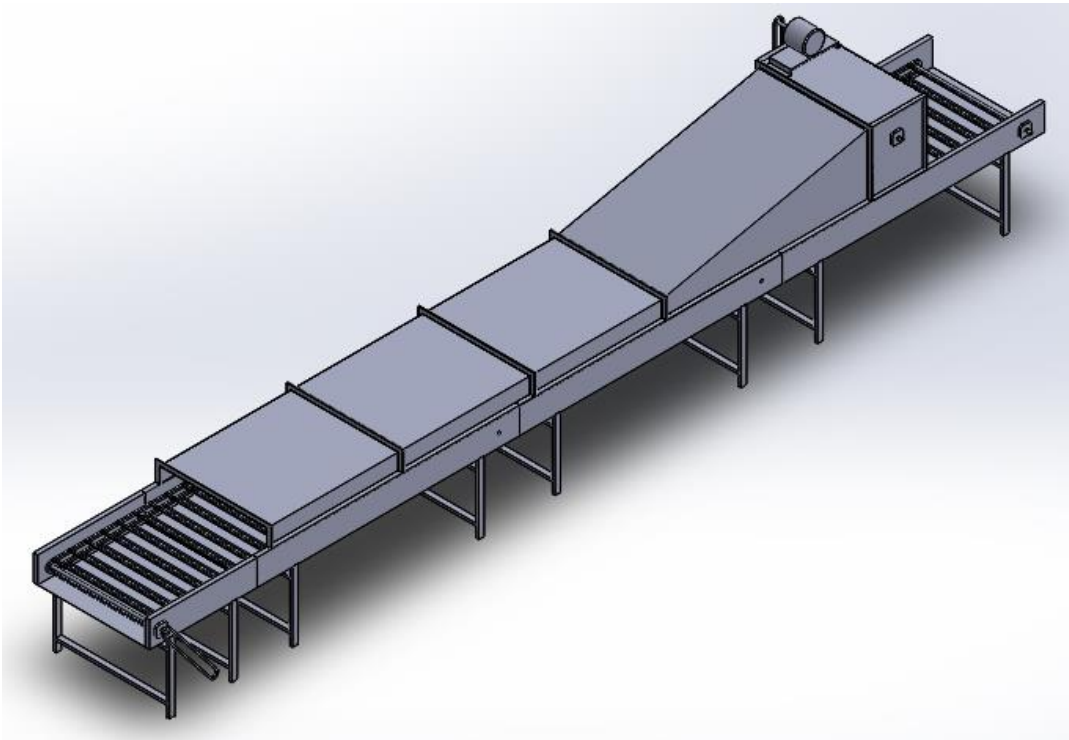
ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสด = 572,994 กิโลกรัม/ปี

3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสด

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, } \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม} \\ &= (253,633 \text{ บาท}) / (3,000,499.64 \text{ บาท/ปี}) \\ &= 0.09 \text{ ปี} \end{aligned}$$

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องต้นแบบสำหรับเป่าแห้งมังคุดสด = 0.09 ปี

ชุดที่ 2 คือ ชุดเป้าแห้งม้งคุดแบบอุโมงค์ลม



ภาคผนวก ค.

ข้อมูลต่างๆ

ข้อมูลการทดสอบที่อุณหภูมิร้อน 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 ทดลองเป่าแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ผลที่	น้ำหนักผลสดก่อน เป่าแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง จุ่มน้ำ (กรัม)	น้ำหนักผลสดหลังเป่า แห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่าง น้ำหนักผลสดก่อนเป่าแห้ง กับน้ำหนักผลสดหลังเป่า แห้ง (กรัม)
1	107	109.5	109	2
2	115	118	117	2
3	99.5	102	101	1.5
4	130	133.5	133	3
5	97	100	99	2
6	96	98.5	97.5	1.5
7	86	90	87.5	1.5
8	115	118	117	2
9	105	107.5	106.5	1.5
10	99	102	101	2
11	102	104.5	103.5	1.5
12	128	131.5	130.5	2.5
13	109	112	111	2
14	91	93	92	1
15	126	130.5	129	3

ตารางที่ 3 ทดลองเป่าแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ผลที่	น้ำหนักผลสดก่อน เป่าแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง จุ่มน้ำ (กรัม)	น้ำหนักผลสดหลังเป่า แห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผล สดก่อนเป่าแห้งกับผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)
1	107	109.5	107.5	0.5
2	115	118	115.5	0.5
3	99.5	102	100	0.5
4	130	133.5	131	1
5	97	100	97.5	0.5
6	96	98.5	96	0
7	86	90	87	1
8	115	118	115.5	0.5
9	105	107.5	105.5	0.5
10	99	102	99	0
11	102	104.5	102.5	0.5
12	128	131.5	128.5	0.5
13	109	112	109.5	0.5
14	91	93	91	0
15	126	130.5	127	1

ตารางที่ 4 ทดลองเป่าแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ผลที่	น้ำหนักผลสดก่อน เป่าแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง จุ่มน้ำ (กรัม)	น้ำหนักผลสดหลังเป่า แห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผล สดก่อนเป่าแห้งกับผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)
1	107	109.5	105.5	-1.5
2	115	118	113	-2
3	99.5	102	98.5	-1
4	130	133.5	128	-2
5	97	100	95.5	-1.5
6	96	98.5	94.5	-1.5
7	86	90	85	-1
8	115	118	113.5	-1.5
9	105	107.5	103.5	-1.5
10	99	102	98	-1
11	102	104.5	100.5	-1.5
12	128	131.5	126	-2
13	109	112	107.5	-1.5
14	91	93	89.5	-1.5
15	126	130.5	124	-2

ข้อมูลการทดสอบเป่าแห้งมังกุคสดด้วยเครื่องต้นแบบอุโมงค์ลมอุณหภูมิล้อมปกติ

ตารางที่ 6 ทดสอบครั้งที่ 1 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 29 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 65 %

ผลที่	น้ำหนักผลสดก่อน เป่าแห้ง(กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง จุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง เป่าแห้ง(กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผลสดก่อนเป่า แห้งกับผลสดหลังเป่าแห้ง (กรัม)
1	101	104	101	0
2	98	101	99.5	1.5
3	101.5	104.5	101.5	0
4	101	104	101	0
5	91.5	94	92	0.5
6	101.5	105	101.5	0
7	96	98.5	96.5	0.5
8	118.5	121.5	118.5	0
9	96.5	100	96.5	0
10	105	108.5	105	0
11	106	109	106	0
12	102	105	103	1
13	100.5	103.5	100.5	0
14	92.5	95.5	92.5	0
15	97	99.5	97	0
16	105	108	105.5	0.5
17	95	98	95	0
18	101.5	104.5	102	0.5
19	95	97.5	95	0

ผลที่	น้ำหนักผลสดก่อน เป่าแห้ง(กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง จุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง เป่าแห้ง(กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผลสดก่อนเป่า แห้งกับผลสดหลังเป่าแห้ง (กรัม)
20	98	101	98	0
21	86	88.5	86	0
22	99	102	99	0
23	84.5	87	84.5	0
24	101	104.5	101.5	0.5
25	84.5	87.5	84.5	0
26	77	79	77	0
27	100	103	100.5	0.5
28	87.5	90	87.5	0
29	92.5	96	93	0.5
30	96	98.5	96	0
เฉลี่ย	97.0	100	97.2	0.2

ตารางที่ 7 ทดสอบครั้งที่ 2 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 29 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 65 %

ผลที่	น้ำหนักผลสดก่อน เป่าแห้ง(กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง จุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง เป่าแห้ง(กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผลสดก่อนเป่า แห้งกับผลสดหลังเป่าแห้ง (กรัม)
1	101	103.5	101	0
2	107	110	107	0
3	108.5	112	108.5	0
4	104.5	107.5	105	0.5
5	102	104.5	102	0
6	103	105	103	0
7	115	118.5	116	1
8	112	115.5	113	1
9	105.5	108.5	105.5	0
10	112	115.5	112.5	0.5
11	107.5	110	108	0.5
12	114.5	118	115	0.5
13	116.5	120	117.5	1
14	101	103	102	1
15	100	102	100.5	0.5
16	110	113.5	111	1
17	103	105.5	103	0
18	116.5	120	117.5	1
19	100.5	102.5	102	1
20	103	105	103.5	0.5

ผลที่	น้ำหนักผลสดก่อน เป่าแห้ง(กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง จุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสดหลัง เป่าแห้ง(กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผลสดก่อนเป่า แห้งกับผลสดหลังเป่าแห้ง (กรัม)
21	107.5	111	107.5	0
22	108.5	111.5	109.5	1
23	103.5	105.5	103.5	0
24	113	116.5	113	0
25	108.5	111	109.5	1
26	109.5	113	110	0.5
27	107.5	110.5	108	0.5
28	102	104	102	0
29	103	105.5	104	1
30	106	109	106	0
เฉลี่ย	107	110	107.5	0.5

ข้อมูลการทดสอบเครื่องต้นแบบประกอบด้วยเครื่องเป่าหยดน้ำใต้กลีบเลี้ยงมังกุดและเครื่องเป่าแห้งมังกุดสดแบบ
อุโมงค์ลม

ตารางที่ 12 ทดสอบการเป่าแห้งมังกุดสดโดยใช้เครื่องต้นแบบครั้งที่ 1

ผลที่	น้ำหนักผลสด ก่อนเป่าแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังจุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผล สดก่อนเป่าแห้งกับผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)
1	112	114.5	112	0
2	119.5	122.5	120.5	1
3	104	107.5	104.5	0.50
4	100	103.5	101	1
5	131.5	134.5	131	0.50
6	118	121	118.5	0.50
7	113	115.5	113.5	0.50
8	120.5	123.5	120.5	0
9	114	117.5	114.5	0.50
10	125	128	125	0
11	112	114	112.5	0.50
12	103	106.5	102.5	0.50
13	115	118	115	0
14	102.5	105.5	102.5	0
15	105	108	105.5	0.50
16	104	106	104.5	0.50
17	118	121.5	118.5	0.50
18	102.5	105.5	103	0.50
19	115	118	115	0

ผลที่	น้ำหนักผลสด ก่อนแปาแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังจุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังแปาแห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผล สดก่อนแปาแห้งกับผลสด หลังแปาแห้ง (กรัม)
20	151.5	154.5	152	0.50
เฉลี่ย	114.3	117.28	114.6	0.30

ตารางที่ 13 ทดสอบการแปาแห้งมังคุดสดโดยใช้เครื่องต้นแบบครั้งที่ 2

ผลที่	น้ำหนักผลสด ก่อนแปาแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังจุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังแปาแห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผล สดก่อนแปาแห้งกับผลสด หลังแปาแห้ง (กรัม)
1	112	114.5	112	0
2	119.5	122.5	120.5	1
3	104	107.5	105	1
4	100	103.5	100.5	0.50
5	131.5	134.5	131.5	0
6	118	121	118.5	0.50
7	113	115.5	113	0
8	120.5	123.5	121	0.50
9	114	117.5	114.5	0.50
10	125	128	124.5	-0.50
11	112	114	112.5	0.50
12	103	106.5	103.5	0.50
13	115	118	115.5	0.50
14	102.5	105.5	103	0.50
15	105	108	105	0

ผลที่	น้ำหนักผลสด ก่อนเป่าแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังจุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผล สดก่อนเป่าแห้งกับผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)
16	104	106	104.5	0.50
17	118	121.5	119	1
18	102.5	105.5	103	0.50
19	115	118	115	0
20	151.5	154.5	152	0.50
เฉลี่ย	114.3	117.28	114.7	0.40

ตารางที่ 14 ทดสอบการเป่าแห้งมังคุดสดโดยใช้เครื่องต้นแบบครั้งที่ 3

ผลที่	น้ำหนักผลสด ก่อนเป่าแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังจุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผล สดก่อนเป่าแห้งกับผลสด หลังเป่าแห้ง (กรัม)
1	112	114.5	112	0
2	119.5	122.5	120	0.50
3	104	107.5	104.5	0.50
4	100	103.5	100	0
5	131.5	134.5	131.5	0
6	118	121	118	0
7	113	115.5	113	0
8	120.5	123.5	120.5	0
9	114	117.5	114.5	0.50
10	125	128	125	-0
11	112	114	112.5	0.50

ผลที่	น้ำหนักผลสด ก่อนแปาแห้ง (กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังจุ่มน้ำ(กรัม)	น้ำหนักผลสด หลังแปาแห้ง (กรัม)	ผลต่างน้ำหนักระหว่างผล สดก่อนแปาแห้งกับผลสด หลังแปาแห้ง (กรัม)
12	103	106.5	103	0
13	115	118	115	0
14	102.5	105.5	102.5	0
15	105	108	105	0
16	104	106	104	0
17	118	121.5	119	1
18	102.5	105.5	103	0.50
19	115	118	115	0
20	151.5	154.5	152	0.50
เฉลี่ย	114.3	117.28	114.5	0.20