การวิจัยและพัฒนาเครื่องลดความชื้นดอกกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมก่อนการบรรจุหีบห่อ

Research and Development on Wind Tunnel Type Orchid Moisture Removal Machine before Package

พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์[1/] จงวัฒนา พุ่มหิรัญ[2/] ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์[3/] คุรุวรรณ ภามาตย์[1/]
ยงยุทธ คงซ่าน[3/] สากล วีริยานันท์[1/] นิวัติ อาระวิล[1/]

บทคัดย่อ

วิจัยและพัฒนาระบบลดความชื้นกล้วยไม้ต้นแบบ สำหรับนำมาใช้ร่วมกับเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม เพื่อช่วยลดระยะเวลาการลดความชื้นกล้วยไม้ ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณการลดความชื้นกล้วยไม้ได้ ระบบลดความชื้นกล้วยไม้ต้นแบบเป็นระบบแบบปั๊มความร้อนประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือ คอมเพรสเซอร์ อีแวปพอเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ และเอ็กแพลนชั่นวาล์ว โดยมีตู้ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ เพื่อควบคุมการอัดสารความเย็นของคอมเพรสเซอร์จากอีแวปพอเรเตอร์ไปที่คอนเดนเซอร์ ความชื้นของอากาศภายนอกจะควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำเมื่ออากาศไหลผ่านแผงคอยล์ของอีแวปพอเรเตอร์ และอากาศความชื้นต่ำจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ 38-40 องศาเซลเซียส เมื่อไหลผ่านแผงคอยล์ของคอนเดนเซอร์ สำหรับนำไปลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ต่อไป ผลการทดสอบพบว่าระบบลดความชื้นต้นแบบใช้เวลาในการลดความชื้นกล้วยไม้นอกฤดูฝนประมาณ 5 นาที ที่อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 56% มีความสามารถในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ 2,400 ช่อต่อชั่วโมง และใช้เวลาในการลดความชื้นกล้วยไม้ในฤดูฝนประมาณ 10 นาที ที่อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% มีความสามารถในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ 1,200 ช่อต่อชั่วโมง ช่อดอกกล้วยไม้ที่ผ่านการลดความชื้นแล้วนำไปบรรจุในกล่องบรรจุภัณฑ์ และทำการเก็บรักษาที่สภาพเดียวกับการส่งออกสู่ผู้บริโภค ผลการศึกษาพบว่ากล้วยไม้มีอายุการปักแจกันได้นาน 12-14 วัน ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมที่มีระบบลดความชื้นแบบปั๊มความร้อนต้นแบบมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 21.09 บาทต่อช่อ ที่ราคารับซื้อกล้วยไม้ 10 บาทต่อช่อ เครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนเมื่อทำการลดความชื้นกล้วยไม้ 993,914 ช่อต่อปี และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.13 ปี ที่ราคาขายกล้วยไม้สู่ตลาดต่างประเทศ 22 บาทต่อช่อ

รหัสการทดลองที่ 01-15-52-01-01-03-01-52

[1/] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
[2/] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร
[3/] กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตกล้วยไม้เมืองร้อนที่สำคัญ โดยเฉพาะกล้วยไม้สกุลหวายและแวนดา โดยมีการส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายเป็นอันดับหนึ่งของโลก มีประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์เป็นประเทศผู้ผลิตอันดับรองลงมา นอกจากกล้วยไม้สกุลหวายและแวนดาแล้วไทยยังเป็นฐานการผลิตกล้วยไม้ต้นชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิดเป็นการค้าส่งออก ประเทศคู่ค้าที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐประชาชนจีน ไต้หวัน และประเทศในสหภาพยุโรป เช่น อิตาลี เป็นต้น กล้วยไม้จึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ (สุภา, 2547) ปัจจุบันสามารถนำรายได้เข้าประเทศมูลค่าไม่น้อยกว่าปีละ 2,000 ล้านบาท มีพื้นที่ปลูกประมาณ 20,266 ไร่ มีเกษตรกรกว่า 2,500 ราย และผู้ส่งออกกว่า 300 ราย โดยเป็นการผลิตกล้วยไม้สกุลหวายเพื่อตัดดอกประมาณร้อยละ 90 ของกล้วยไม้ทั้งหมด แต่ผลผลิตดอกกล้วยไม้ที่มีคุณภาพสามารถส่งออกได้มีเพียงร้อยละ 42 ของผลผลิตทั้งหมด และกล้วยไม้ต้นมีปริมาณส่งออกร้อยละ 63 ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานส่งออกจะจำหน่ายในประเทศ หากสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพดี และมีความปลอดภัยสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค จะเป็นวิธีช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการส่งออกได้มากขึ้น สำหรับการจัดการกล้วยไม้ตัดดอกในโรงคัดบรรจุของผู้ประกอบการส่งออกในปัจจุบันพบว่า ในขั้นตอนของการลดความชื้นกล้วยไม้ก่อนทำการบรรจุลงกล่องเพื่อส่งออกจะใช้พัดลมเป่าลมเพื่อลดความชื้นกล้วยไม้ ซึ่งใช้เวลานานและเกิดปัญหาไม่สามารถลดความชื้นกล้วยไม้ได้หมดโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ เน่าเสียจากเชื้อราและโรคพืชอื่นๆ อันเกิดระหว่างการขนส่งรวมถึงพื้นที่ตั้งโต๊ะสำหรับวางกล้วยไม้และปริมาณพัดลมที่ใช้จำเป็นต้องมีเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณกล้วยไม้ที่ผลิตได้และส่งออก สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้มีงานวิจัยและพัฒนาเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมเพื่อนำมาทดแทนการใช้พัดลมเพื่อลดความชื้นที่ติดมากับกล้วยไม้ ช่วยลดระยะเวลาการลดความชื้นทำให้สามารถเพิ่มความสามารถในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ได้มากโดยกล้วยไม้ไม่สูญเสียคุณภาพ และมีอายุการใช้งานไม่แตกต่างจากการลดความชื้นด้วยพัดลม โดยงานวิจัยได้ทำการปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นและประหยัดพลังงาน รวมถึงได้ทำการทดสอบประยุกต์ใช้เครื่องต้นแบบกับการลดความชื้นดอกดาวเรือง ซึ่งเกษตรกรมีปัญหาในการลดความชื้นก่อนทำการขนส่งสู่ผู้บริโภคเช่นกัน นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยและพัฒนาระบบปั๊มความร้อนต้นแบบเพื่อดึงความชื้นออกจากอากาศก่อนนำมาลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ทดแทนการใช้ระบบลมร้อนความชื้นปกติจากสิ่งแวดล้อม ทำให้ได้ลมร้อนความชื้นต่ำมาใช้ในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ ซึ่งสามารถช่วยในการลดระยะเวลาทำให้เพิ่มความสามารถในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ในโรงคัดบรรจุได้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในฤดูฝนซึ่งสภาพอากาศสิ่งแวดล้อมมีความชื้นสูง

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบวิธีการลดความชื้นกล้วยไม้ร่วมกับเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมต้นแบบที่ได้พัฒนาแล้วให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สามารถลดระยะเวลาและเพิ่มความสามารถในการลดความชื้นกล้วยไม้ได้มากขึ้น

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

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

วิธีการ

1. ทดสอบปรับปรุงเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมต้นแบบ
2. ออกแบบและสร้างต้นแบบระบบลดความชื้นกล้วยไม้แบบปั๊มความร้อน
3. ปรับปรุงแก้ไขต้นแบบให้สมบูรณ์และทดสอบเก็บข้อมูล
4. สรุปรายงานผลการทดลองและจัดทำรายงานผลการวิจัย

เวลาและสถานที่

เวลา เริ่มต้นตุลาคม 2553 สิ้นสุดกันยายน 2554

สถานที่ดำเนินการ

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ต.พลับพลา อ.เมือง จ.จันทบุรี

กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การทดสอบปรับปรุงเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม

ได้ทำการทดสอบและปรับปรุงเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมต้นแบบให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยทำการเปลี่ยนรูปแบบการป้อนช่อดอกกล้วยไม้เข้าเครื่องต้นแบบ จากเดิมที่ทำการเรียงดอกกล้วยไม้บนถาดเหล็กและนำไปวางเรียงบนชุดลำเลียงของเครื่องต้นแบบเพื่อทำการลดความชื้น (รูปที่ 1.) ทำการเปลี่ยนรูปแบบโดยใช้แรงงานวางเรียงช่อดอกกล้วยไม้บนชุดลำเลียงได้เลย ซึ่งจะเป็นการลดขั้นตอนการทำงาน ลดแรงงานเรียงดอกกล้วยไม้วางบนถาดเหล็ก ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้เครื่องต้นแบบในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ดีขึ้น สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยนำวัสดุตาข่ายพลาสติกขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มาติดตั้งบนชุดลำเลียงของเครื่องต้นแบบให้สามารถวางกล้วยไม้บนวัสดุตาข่ายได้ (รูปที่ 2) ตรวจสอบความตึงของตาข่ายพลาสติกและศึกษาความคงทนของการใช้งาน

รูปที่ 1. ถาดเหล็กวางกล้วยไม้บนชุดลำเลียงของเครื่อง

รูปที่ 2. ติดตั้งตาข่ายพลาสติกบนชุดลำเลียง

ได้ทำการปรับปรุงเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมเพิ่มเติมในส่วนของชุดกำเนิดความร้อนที่ถ่ายเทให้กับอากาศจากสิ่งแวดล้อมที่นำเข้ามาเพื่อใช้ลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ในฤดูฝน ซึ่งสภาพอากาศมีความชื้นสูง การเพิ่มอุณหภูมิอากาศที่ใช้ลดความชื้นจะช่วยลดระยะเวลาการลดความชื้นลงทำให้เพิ่มความสามารถในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ได้มากขึ้น ซึ่งจากการศึกษาในงานวิจัยที่ผ่านมาอุณหภูมิที่เหมาะสมของอากาศร้อนที่ไม่ทำให้ช่อดอกกล้วยไม้เสื่อมสภาพคืออยู่ในช่วง 38- 40 องศาเซลเซียสโดยเริ่มต้นจากการเปลี่ยนชุดหัวพ่นแก๊สซึ่งเป็นอุปกรณ์กำเนิดความร้อนที่ใช้อยู่เดิม (รูปที่ 3) เป็นฮีทเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3,000 วัตต์ (รูปที่ 4) โดยสมมุติฐานที่สามารถลดกลิ่นเหม็นจากก๊าซหุงต้มซึ่งเป็นแหล่งเชื้อเพลิงของอุปกรณ์หัวพ่นแก๊ส

รูปที่ 3. ชุดให้ความร้อนแบบหัวพ่นแก๊สหุงต้ม **รูปที่ 4.** ชุดฮีทเตอร์ไฟฟ้า

ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าฮีทเตอร์ไฟฟ้าที่นำมาทดสอบติดตั้งไม่สามารถนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนได้เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ให้กับอากาศไม่เพียงพอ ทำให้อากาศที่ผ่านฮีทเตอร์รับการถ่ายเทความร้อนจากฮีทเตอร์ได้ต่ำและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือช่วงอุณหภูมิ 38- 40 องศาเซลเซียส จากนั้นได้ทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ให้ความร้อนใหม่เป็นแบบชุดหัวให้ความร้อนแบบอินฟราเรด (รูปที่ 5.)ซึ่งมีหลักการใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มไปเผาหัวเซรามิค ซึ่งหัวเซรามิคจะให้พลังงานในรูปของรังสีอินฟราเรดความร้อนสูง ซึ่งสามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศได้ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้มโดยจากการทดสอบพบว่า สามารถประหยัดพลังงานแก๊สหุงต้มได้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อุปกรณ์หัวพ่นแก๊ส โดยการใช้หัวพ่นแก๊สเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนในการทำงานจะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานแก๊สหุงต้ม 0.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่การใช้อุปกรณ์ชุดหัวให้ความร้อนแบบอินฟราเรดจะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานแก๊สหุงต้ม 0.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากนั้นได้ทำการทดสอบลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ และดอกดาวเรือง(รูปที่ 6.และรูปที่ 7.) ซึ่งเกษตรกรมีปัญหาในการลดความชื้นก่อนขนส่งสู่ผู้บริโภคเช่นกัน ผลการทดสอบพบว่าเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมต้นแบบที่ได้ปรับปรุงแก้ไขสามารถลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้และดอกดาวเรืองได้ดีและประหยัดพลังงาน แต่การลดความชื้นดอกดาวเรืองจะใช้ระยะเวลามากกว่าการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้เพราะลักษณะของกลีบใบมีความซับซ้อนการดึงความชื้นออกทำได้ยากกว่า ทำให้ความสามารถในการลดความชื้นต่อชั่วโมงน้อยลง แต่ดีกว่าการลดความชื้นด้วยพัดลมซึ่งเกษตรกรประสบปัญหาใช้เวลาการลดความชื้นนาน 2-3 วัน ในช่วงฤดูฝน ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 1

รูปที่ 5. อุปกรณ์ชุดให้ความร้อนแบบอินฟราเรด

รูปที่ 6. ทดสอบลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้

รูปที่ 7. ทดสอบลดความชื้นดอกดาวเรือง

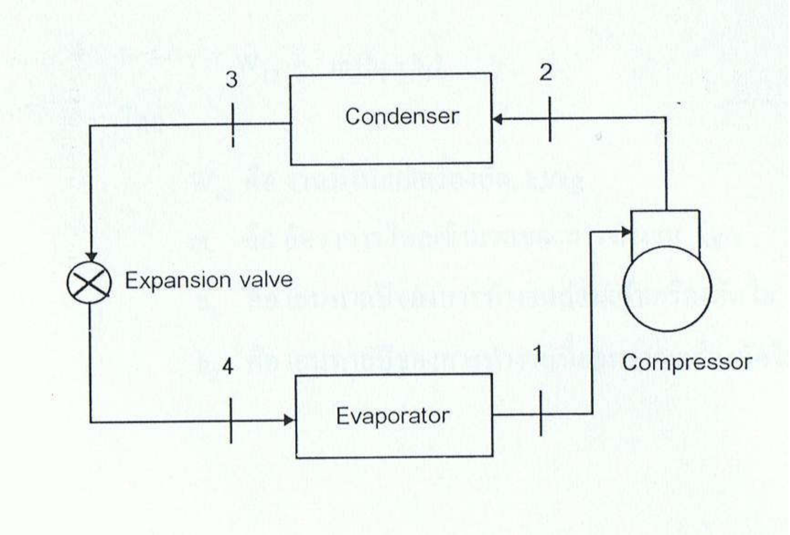
ตารางที่ 1.ผลการทดสอบลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้และดอกดาวเรืองด้วยเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมต้นแบบ

หัวข้อ		**ผลการทดสอบ นอกฤดูฝน**				**ผลการทดสอบ ในฤดูฝน**			
		ช่อดอกกล้วยไม้		**ดอกดาวเรือง**		**ช่อดอกกล้วยไม้**		**ดอกดาวเรือง**	
อุณหภูมิแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	35	56	35	56	28	80	28	80
อุณหภูมิที่ใช้ในการลดความชื้น (องศาเซลเซียส)		35		35		40		40	
ความเร็วลมที่ใช้ในการลดความชื้น (เมตรต่อนาที)		3		3		3		3	
ระยะเวลาในการลดความชื้น (นาที)		7.5		37.5		15		75	
ความสามารถในการลดความชื้น (ช่อต่อชั่วโมง)		1,600		928		800		464	
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์)		3.34		3.34		3.34		3.34	
อัตราการใช้เชื้อเพลิงให้ความร้อนอากาศ		-		-		0.4		0.4	

(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)				
ระยะเวลาในการทำงาน (ชั่วโมงต่อวัน)	8	8	8	8
การใช้แรงงาน (คน)	2	2	2	2

2. ออกแบบและสร้างต้นแบบระบบลดความชื้นกล้วยไม้แบบปั๊มความร้อน

ได้ทำการออกแบบและสร้างต้นแบบระบบลดความชื้นกล้วยไม้แบบปั๊มความร้อน เพื่อให้ได้ลมร้อนความชื้นต่ำ สำหรับนำไปลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนซึ่งอากาศมีความชื้นสูงแทนการใช้ลมร้อนความชื้นอากาศปกติ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลดความชื้นได้มากขึ้น โดยสมมุติฐานว่าระบบใหม่จะช่วยลดระยะเวลาในการลดความชื้นได้มากขึ้นทำให้สามารถเพิ่มปริมาณการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ต่อวันได้มากขึ้น ระบบปั๊มความร้อนที่พัฒนาขึ้นจะใช้วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอมาประยุกต์เพื่อให้ได้ลมร้อนความชื้นต่ำนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ คอมเพรสเซอร์ อีแวปพอเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ และเอ็กแพลนชั่นวาล์ว ดังแสดงในรูปที่ 8.



รูปที่ 8. วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ระบบปั๊มความร้อนสำหรับนำมาลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้มีหลักการทำงานคือ อากาศจากภายนอกจะถูกดูดเข้าไปผ่านอีแวปพอเรเตอร์เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารความเย็นที่เคลื่อนที่อยู่ในท่อที่ขดในอีแวปพอเรเตอร์ ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศเย็นลงส่งผลให้เกิดการควบแน่นของความชื้นในอากาศกลายเป็นหยดน้ำแยกออกมาจากอากาศ ทำให้อากาศที่ถูกดูดเข้าระบบกลายเป็นลมเย็นแห้ง จากนั้นอากาศจะเคลื่อนตัวผ่านคอนเดนเซอร์เพื่อรับความร้อนจากผิวท่อที่ขดในคอนเดนเซอร์ซึ่งภายในมีสารความเย็นอุณหภูมิสูงขึ้นจากผลของการรับความร้อนจากอากาศภายนอกที่เคลื่อนผ่านบริเวณอีแวปพอเรเตอร์ อากาศที่เย็นแห้งเมื่อผ่านผิวท่อที่คอนเดนเซอร์จะกลายเป็นลมร้อนแห้งและถูกดูดโดยพัดลมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยระบบใหม่นี้ในการใช้ทำงานจะนำมาต่อเข้าที่ทางด้านหน้าของเครื่องเพื่อให้พัดลมชนิดกรงกระรอกของเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมดูดลมร้อนแห้งจากระบบเพื่อใช้ในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ต่อไป ในการวิจัยได้เริ่มจากการ

ออกแบบระบบลดความชื้นลมร้อนความชื้นต่ำสำหรับนำมาลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ โดยประยุกต์ใช้ระบบปรับอากาศทำความเย็นขนาด 12,000 Btu ซึ่งเป็นระบบปรับอากาศขนาดใช้ทั่วไป ระบบลดความชื้นต้นแบบประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆดังนี้

1.อีแวปพอเรเตอร์ ประกอบด้วยแผงคอยล์เย็นมีขนาดกว้าง 26 เซนติเมตร ยาว 64 เซนติเมตร สารความเย็นจากเอ็กแพลนชั่นวาล์ว จะเคลื่อนเข้าแผงคอยล์ในอีแวปพอเรเตอร์ก่อนที่สารความเย็นจะแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับอากาศจากสิ่งแวดล้อมที่ถูกพัดลมดูดผ่านภายนอกแผงคอยล์ทำให้อากาศจากสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำลงและความชื้นบางส่วนเกิดการควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำไหลออกจากระบบต้นแบบที่ช่องทางออกสายยางที่ต่อไว้ ส่วนประกอบของอีแวปพอเรเตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 9. และรูปที่ 10.

รูปที่ 9. แผงคอยล์เย็น

รูปที่ 10. ความชื้นในอากาศควบแน่นเป็นน้ำ

2. คอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่อัดสารความเย็นที่มาจากอีแวปพอเรเตอร์ก่อนเข้าสู่คอนเดนเซอร์ต่อไป โดยไอสารความเย็นที่ถูกอัดโดยคอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิและความดันสูงกว่าอุณหภูมิรอบๆคอนเดนเซอร์ เพื่อที่สารความเย็นจะได้ถ่ายเทความร้อนสู่อากาศรอบๆแผงคอยล์ของคอนเดนเซอร์ต่อไป รูปที่ 11. แสดงคอมเพรสเซอร์ของระบบต้นแบบ

รูปที่ 11. คอมเพรสเซอร์

3. คอนเดนเซอร์ ประกอบด้วยแผงคอยล์ร้อนมีขนาดกว้าง 47 เซนติเมตร ยาว 57 เซนติเมตร ไอสารความเย็นความดันสูง อุณหภูมิสูงที่ถูกอัดโดยคอมเพรสเซอร์เมื่อเคลื่อนเข้าสู่แผงคอยล์ของคอนเดนเซอร์จะถ่ายเท

ความร้อนให้กับอากาศรอบแผงคอยล์ ก่อนเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว รูปที่ 11. แสดงแผงคอยล์คอนเดนเซอร์ของระบบ

รูปที่ 12. แผงคอยล์คอนเดนเซอร์

4. เอ็กแพลนชั่นวาล์ว (Expansion valve) ทำหน้าที่ลดความดันของสารความเย็นที่เคลื่อนมาจากคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะส่งผลให้สารความเย็นมีอุณหภูมิและความดันที่ลดลง ก่อนเคลื่อนกลับเข้าสู่อีแวปพอเรเตอร์เพื่อรับความร้อนจากอากาศภายนอกที่ผ่านแผงคอยล์ต่อไป รูปที่ 13 แสดงเอ็กแพลนชั่นวาล์วของระบบต้นแบบ

รูปที่ 13. เอ็กแพลนชั่นวาล์ว

5. ชุดพัดลม ทำหน้าที่ดูดลมจากภายนอกผ่านแผงคอยล์ของอีแวปพอเรเตอร์และแผงคอยล์ของคอนเดนเซอร์ เพื่อนำไปลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ต่อไป ชุดพัดลมเป็นชนิดกรงกระรอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ยาว 1.2 เมตร รูปที่ 14. แสดงพัดลมของระบบต้นแบบ

รูปที่ 14. ชุดพัดลม

3. ปรับปรุงแก้ไขต้นแบบให้สมบูรณ์และทดสอบเก็บข้อมูล

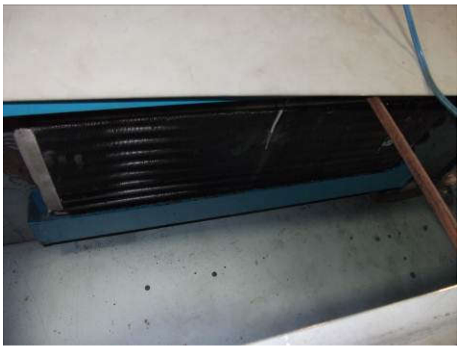
ได้ทำการทดสอบระบบต้นแบบเบื้องต้นพบว่ายังมีจุดที่ต้องปรับปรุงแก้ไขระบบให้สมบูรณ์ขึ้นดังนี้

- เพิ่มการติดตั้งชุดบังคับทิศทางลมระหว่างแผงคอยล์ของคอนเดนเซอร์กับชุดพัดลม เพื่อให้ชุดพัดลมสามารถดูดอากาศร้อนความชื้นต่ำได้เต็มหน้าแผงคอยล์โดยไม่มีอากาศภายนอกส่วนอื่นปะปน เพื่อให้อุณหภูมิลมร้อนที่ได้จากชุดพัดลมถึงเกณฑ์ที่จะนำมาลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ได้ รูปที่ 15. แสดงชุดบังคับทิศทางลมของระบบ

รูปที่ 15. ชุดบังคับทิศทางลม

- เพิ่มการติดตั้งตู้ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ เพื่อควบคุมการอัดสารความเย็นของคอมเพรสเซอร์จากอีแวปพอเรเตอร์ไปที่คอนเดนเซอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้อากาศจากภายนอกที่แลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับแผงคอยล์เย็นของอีแวปพอเรเตอร์มีอุณหภูมิคงที่และสามารถควบแน่นความชื้นกลายเป็นหยดน้ำออกจากอากาศได้ ก่อนที่อากาศเย็นแห้งจะไหลไปรับความร้อนที่แผงคอยล์ของคอนเดนเซอร์ต่อไป หลักการทำงานของตู้ควบคุมจะมีหัววัดอุณหภูมิติดตั้งที่แผงคอยล์เย็นของอีแวปพอเรเตอร์ และส่งสัญญาณมาที่ตู้ควบคุมเพื่อที่จะทำการตัดต่อการทำงานของคอมเพรส ซึ่งตู้ควบคุมสามารถปรับตั้งอุณหภูมิที่จะตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ได้ จากการทดสอบพบว่า อุณหภูมิแผงคอยล์เย็นของอีแวปพอเรเตอร์ที่เหมาะสมในการตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์อยู่ในช่วง 20 - 22 องศาเซลเซียส ทั้งอากาศในฤดูฝนและนอกฤดูฝน

รูปที่ 16. แสดงตู้ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ และรูปที่ 17. แสดงตำแหน่งติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ



รูปที่ 16. ตู้ควบคุม **รูปที่ 17**. ตำแหน่งติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ

เมื่อได้ทำการทดสอบระบบและปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์แล้ว ได้ทำการทดสอบระบบลดความชื้นกล้วยไม้แบบปั๊มความร้อนต้นแบบ (รูปที่ 18.) ทดสอบวัดอุณหภูมิและความเร็วอากาศที่ผ่านระบบ (รูปที่ 19.) ในการทดสอบเลือกใช้ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายซึ่งมีการส่งออกมากที่สุดเป็นวัสดุทดสอบ ผลการทดสอบพบว่า ระบบต้นแบบสามารถลดระยะเวลาการลดความชื้นกล้วยไม้ได้ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการลดความชื้นกล้วยไม้ด้วยเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมที่ไม่มีระบบลดความชื้นกล้วยไม้แบบปั๊มความร้อนที่พัฒนาขึ้น โดยใช้เวลาในการลดความชื้นกล้วยไม้นอกฤดูฝนประมาณ 5 นาที ที่อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 56% และใช้เวลาในการลดความชื้นกล้วยไม้ในฤดูฝนประมาณ 10 นาที อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% จากนั้นได้นำกล้วยไม้ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยระบบลดความชื้นแบบปั๊มความร้อนต้นแบบไปทำการศึกษาอายุการใช้งานหรืออายุการปักแจกัน โดยบรรจุในกล่องบรรจุภัณฑ์และทำการเก็บรักษาที่สภาพเดียวกันสำหรับการส่งออกสู่ผู้บริโภค อุณหภูมิอากาศที่เก็บรักษากล้วยไม้ 15 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกล้วยไม้มาปักในขวดที่บรรจุน้ำสะอาด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 72 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่ากล้วยไม้มีอายุการปักแจกันได้นาน 12-14 วัน การทดสอบแสดงไว้ในรูปที่ 20.-รูปที่ 22. และผลการทดสอบแสดงไว้ตารางที่ 2. และรูปที่ 23-รูปที่ 26.

รูปที่ 18. ระบบลดความชื้นกล้วยไม้แบบปั๊มความร้อนต้นแบบ

รูปที่ 19. วัดอุณหภูมิและความเร็วลมของอากาศ **รูปที่ 20.** ทดสอบระบบลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ต้นแบบ

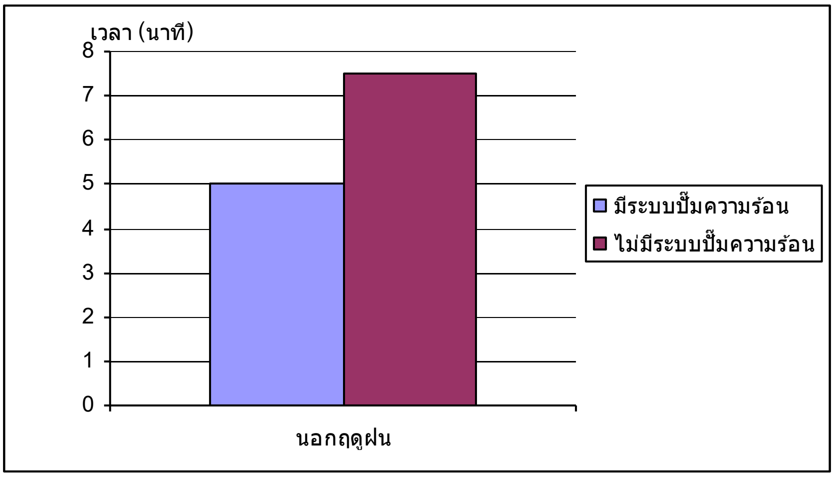
รูปที่ 21. บรรจุกล้วยไม้หลังลดความชื้นลงบรรจุภัณฑ์

รูปที่ 22. ศึกษาอายุการใช้งานกล้วยไม้

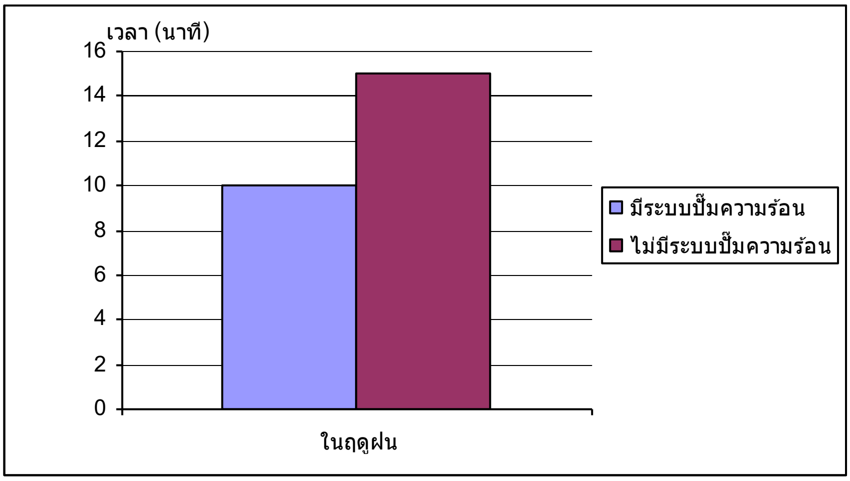
ตารางที่ 2. ผลการทดสอบการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้

หัวข้อ		**ผลการทดสอบ นอกฤดูฝน**				**ผลการทดสอบ ในฤดูฝน**			
		ไม่มีระบบปั๊มความร้อน		**มีระบบปั๊มความร้อน**		**ไม่มีระบบปั๊มความร้อน**		**มีระบบปั๊มความร้อน**	
อุณหภูมิแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	35	56	35	56	28	80	28	80
อุณหภูมิที่ใช้ในการลดความชื้นกล้วยไม้ (องศาเซลเซียส)		35		40		40		38	
ความเร็วลมที่ใช้ในการลดความชื้นกล้วยไม้ (เมตรต่อนาที)		3		3		3		3	
ระยะเวลาในการลดความชื้นกล้วยไม้ (นาที)		7.5		5		15		10	
ความสามารถในการลดความชื้นกล้วยไม้ (ช่อต่อชั่วโมง)		1,600		2,400		800		1,200	

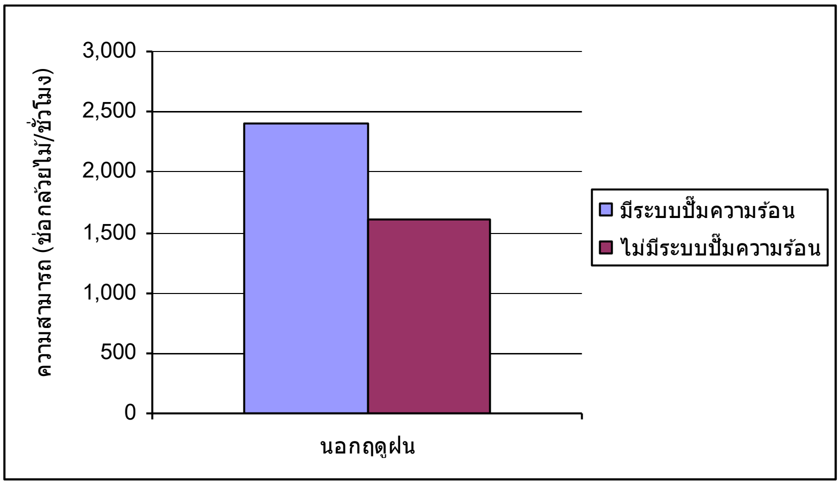
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์)	3.34	4.11	3.34	4.09
อัตราการใช้เชื้อเพลิงให้ความร้อนอากาศ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	-	-	0.4	-
ระยะเวลาในการทำงาน (ชั่วโมงต่อวัน)	4	4	4	4
การใช้แรงงาน (คน)	2	2	2	2



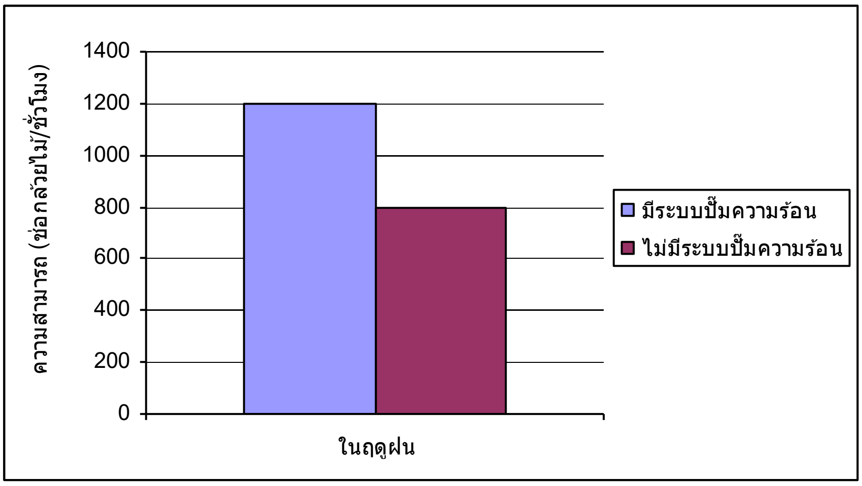
รูปที่ 23. แผนภูมิแท่งแสดงระยะเวลาการลดความชื้นกล้วยไม้นอกฤดูฝน



รูปที่ 24. แผนภูมิแท่งแสดงระยะเวลาการลดความชื้นกล้วยไม้ในฤดูฝน



รูปที่ 25. แผนภูมิแท่งแสดงความสามารถในการลดความชื้นกล้วยไม้นอกฤดูฝน

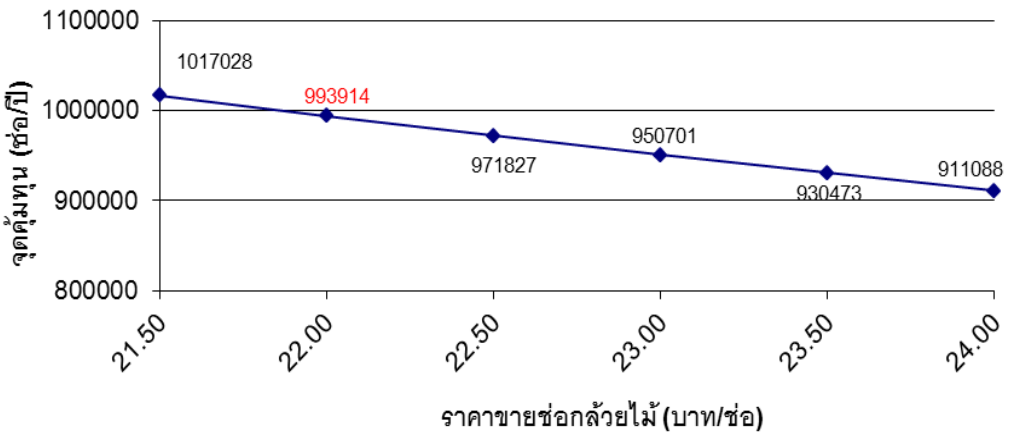


รูปที่ 26. แผนภูมิแท่งแสดงความสามารถในการลดความชื้นกล้วยไม้ในฤดูฝน

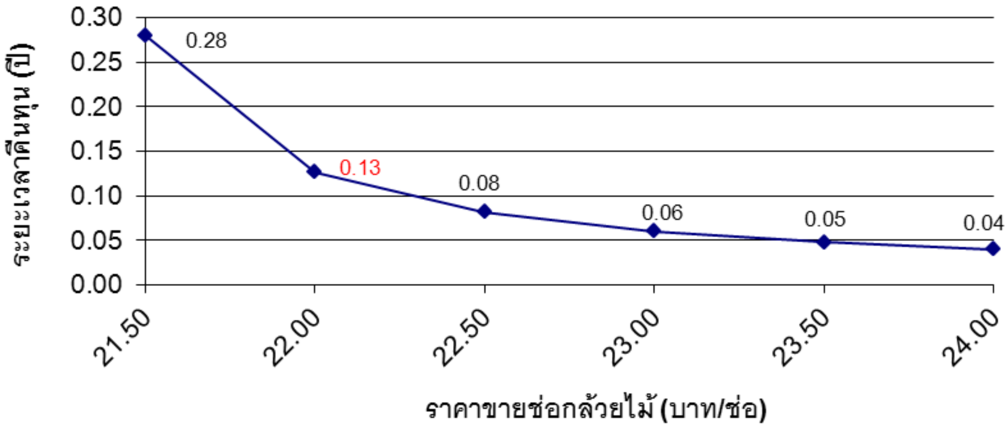
ได้ทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของการลดความชื้นกล้วยไม้ด้วยเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมที่มีระบบลดความชื้นแบบปั๊มความร้อนต้นแบบ (รูปที่ 27.) พบว่ามีต้นทุนค่าใช้จ่าย 21.09 บาทต่อช่อ ที่ราคารับซื้อกล้วยไม้ 10 บาทต่อช่อ กำหนดราคาเครื่องต้นแบบ 120,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี อัตราดอกเบี้ยเงินลงทุน 8 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ค่าซ่อมบำรุงคงที่ 2,000 บาทต่อปี ค่าจ้างแรงงาน 200 บาทต่อวัน ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย โดยเครื่องต้นแบบสามารถลดความชื้นกล้วยไม้ได้เฉลี่ย 7,200 ช่อต่อวัน เมื่อทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมที่มีระบบลดความชื้นแบบปั๊มความร้อนต้นแบบพบว่าเครื่องต้นแบบมีจุดคุ้มทุนเมื่อทำการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ 993,914 ช่อต่อปี และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.13 ปี โดยกำหนดราคาขายกล้วยไม้สู่ตลาดต่างประเทศ 22 บาทต่อช่อ รายละเอียดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมแสดงไว้ในภาคผนวก ก. รูปที่ 28. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดคุ้มทุน

กับราคาขายช่อกล้วยไม้ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องต้นแบบ และรูปที่ 29. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาคืนทุนกับราคาขายช่อกล้วยไม้ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 27. เครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมมีระบบลดความชื้นแบบปั๊มความร้อนต้นแบบ



รูปที่ 28. ความสัมพันธ์ระหว่างจุดคุ้มทุนกับราคาขายช่อกล้วยไม้ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 29. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาคืนทุนกับราคาขายช่อกล้วยไม้ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องต้นแบบ

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

ได้ทำการวิจัยและพัฒนาระบบลดความชื้นกล้วยไม้ต้นแบบ สำหรับนำมาใช้ร่วมกับเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม เพื่อช่วยลดระยะเวลาการลดความชื้นกล้วยไม้ ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณการลดความชื้นกล้วยไม้ได้ โดยกล้วยไม้ที่ผ่านเครื่องไม่เสียคุณภาพ ระบบลดความชื้นกล้วยไม้ต้นแบบเป็นระบบแบบปั๊มความร้อน ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือ คอมเพรสเซอร์ อีแวปพอเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ และเอ็กแพลนชั่นวาล์ว โดยมีตู้ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ เพื่อควบคุมการอัดสารความเย็นของคอมเพรสเซอร์จากอีแวปพอเรเตอร์ไปที่คอนเดนเซอร์ ให้อากาศจากภายนอกที่แลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับแผงคอยล์เย็นของอีแวปพอเรเตอร์มีอุณหภูมิคงที่และสามารถควบแน่นความชื้นกลายเป็นหยดน้ำออกจากอากาศได้ โดยอากาศแห้งอุณหภูมิต่ำจะไหลไปรับความร้อนที่แผงคอยล์ของคอนเดนเซอร์ ได้อากาศแห้งอุณหภูมิประมาณ 38-40 องศาเซลเซียส สำหรับนำไปลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ต่อไป ผลการทดสอบพบว่าระบบลดความชื้นต้นแบบใช้เวลาในการลดความชื้นกล้วยไม้นอกฤดูฝนประมาณ 5 นาที ที่อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 56% มีความสามารถในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ 2,400 ช่อต่อชั่วโมง และใช้เวลาในการลดความชื้นกล้วยไม้ในฤดูฝนประมาณ 10 นาที อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% มีความสามารถในการลดความชื้นช่อดอกกล้วยไม้ 1,200 ช่อต่อชั่วโมง ช่อดอกกล้วยไม้ที่ผ่านการลดความชื้นกล้วยไม้แล้วนำไปบรรจุในกล่องบรรจุภัณฑ์และทำการเก็บรักษาที่สภาพเดียวกัน สำหรับการส่งออกสู่ผู้บริโภค อุณหภูมิอากาศที่เก็บรักษากล้วยไม้ 15 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกล้วยไม้มาปักในขวดที่บรรจุน้ำสะอาด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 72 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่ากล้วยไม้มีอายุการปักแจกันได้นาน 12-14 วัน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว, ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม สำหรับการสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมต้นแบบจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

สุภา สุขเกษม. 2547. เอกสารวิชาการกล้วยไม้. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 152

หน้า.

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมที่มีระบบลดความชื้นแบบปั๊มความร้อน

1.การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ราคาเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม	120,000 บาท
- อายุการใช้งาน	10 ปี
- มูลค่าซาก 1% ของราคาเครื่อง	1,200 บาท
- ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง	2,000 บาท/ปี
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	8 เปอร์เซ็นต์/ปี
- ค่าจ้างแรงงาน	200 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

ค่าเสื่อมราคาของเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม = (120,000-1,200)/10 บาท/ปี

= 11,880 บาท/ปี

- ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

สมการค่าดอกเบี้ย [(P+L)/2] x (i/100)

โดย i = อัตราดอกเบี้ย/ปี, เปอร์เซ็นต์

ค่าดอกเบี้ยลงทุนเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม = [(120,000+1,200)/2] x (8/100) บาท/ปี

= 4,848 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม = ค่าเสื่อมราคาเครื่อง + ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

= 11,880 + 4,848 บาท/ปี

= 16,728 บาท/ปี

<u>ต้นทุนผันแปร</u>

- ค่าช่อกล้วยไม้สด 10 บาท/ช่อ

เครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมสามารถลดความชื้นกล้วยไม้นอกฤดูฝนได้ 9,600 ช่อ/วัน

เครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมสามารถลดความชื้นกล้วยไม้ในฤดูฝนได้ 4,800 ช่อ/วัน

เครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลมสามารถลดความชื้นกล้วยไม้ได้เฉลี่ย

(9,600+4,800)/2 = 7,200 ช่อ/วัน

เนื่องจากกล้วยไม้ที่ตัดดอกจากสวนจะเข้าสู่โรงคัดบรรจุ 3 วันต่อสัปดาห์ตลอดทั้งปี คิดเป็นวันทำงานสำหรับการลดความชื้นกล้วยไม้ในโรงคัดบรรจุก่อนเข้าสู่กระบวนการต่อไป 144 วันต่อปี

ดังนั้นเครื่องต้นแบบสามารถลดความชื้นได้

= 7,200 ช่อ/วัน * 144 วัน/ปี

= 1,036,800 ช่อ/ปี

ดังนั้นต้นทุนค่าวัตถุดิบต่อปี = 1,036,800 ช่อ/ปี x 10 บาท/ช่อ

= 10,368,000 บาท/ปี

- ค่าแรงงานปฏิบัติงานเครื่องต้นแบบ 2 คน/วัน คนละ 200 บาท/คน

ดังนั้นต้นทุนค่าแรงงาน = 2 คน/วัน x 144 วัน/ปี x200 บาท/คน

= 57,600 บาท/ปี

- ค่าไฟฟ้า

จากความสัมพันธ์P = IxV

โดย P = กำลังไฟฟ้า ,วัตต์

I = กระแสไฟฟ้า, แอมแปร์

V = ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า, โวลต์

เครื่องต้นแบบใช้พลังงานไฟฟ้านอกฤดูฝนและในฤดูฝนเฉลี่ย 4.10 กิโลวัตต์ และทำงานวันละ 4 ชั่วโมง

ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้า

ทำงานวันละ 4 ชั่วโมง . = 4.10 x 4 กิโลวัตต์ x ชั่วโมง/วัน

= 16.40 กิโลวัตต์ x ชั่วโมง/วัน

= 16.40 หน่วย/วัน

คิดค่าไฟฟ้า หน่วยละ 3 บาท

ดังนั้น ต้นทุนค่าไฟฟ้า = 16.40 หน่วย/วัน x 3 บาท/หน่วย x 144 วัน/ปี

= 7,084.80 บาท/ปี

- ค่าน้ำประปา

ใช้น้ำประปา = 50 บาท/วัน x 144 วัน/ปี

= 7,200 บาท/ปี

- ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่ = 2,000 บาท/ปี ตลอดอายุการใช้งาน

- ค่าวัสดุกล่องบรรจุกล้วยไม้สำหรับส่งออกและอุปกรณ์อื่นๆ คิดที่ 1 บาท/ช่อ

ดังนั้นคิดเป็นค่าใช้จ่าย 1 บาท/ช่อ x 1,036,800 ช่อ/ปี = 1,036,800 บาท/ปี

- ค่าขนส่ง คิดที่ 10 บาท/ช่อ

ดังนั้นคิดเป็นค่าใช้จ่าย 10 บาท/ช่อ x 1,368,000 ช่อ/ปี = 10,368,000 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม

= (10,368,000+57,600+7,084.80+7,200+2,000+1,036,800 +10,368,000) บาท/ปี

= 21,846,684.80 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด = 16,728 + 21,846,684.80 บาท/ปี

= 21,863,412.80 บาท/ปี

ระยะเวลา 1 ปี เครื่องลดความชื้นกล้วยไม้สามารถทำงานได้ = 1,036,800 ช่อ/ปี

ดังนั้นต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องต้นแบบ = (21,863,412.80 บาท/ปี)/(1,036,800 ช่อ/ปี)

= 21.09 บาท/ช่อ

จากต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมด สามารถกระจายต้นทุนการลดความชื้นกล้วยไม้ด้วยเครื่องต้นแบบได้ดังนี้

ต้นทุนคงที่ (ค่าเสื่อมราคาเครื่อง, ค่าดอกเบี้ย)	0.08 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าวัตถุดิบ	47.43 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าแรงงาน	0.26 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าไฟฟ้า	0.03 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าน้ำประปา	0.03 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าซ่อมบำรุง	0.009 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าวัสดุกล่องบรรจุกล้วยไม้และอุปกรณ์อื่นๆ	4.74 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต
ค่าขนส่ง	47.43 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนการผลิต

<u>2 การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>

- ราคาขายช่อกล้วยไม้ส่งออกสู่ตลาดญี่ปุ่นซึ่งเป็นตลาดใหญ่ในการส่งออก 22 บาท/ช่อ
- เครื่องต้นแบบสามารถลดความชื้นกล้วยไม้ได้ 1,036,800 ช่อ/ปี

ดังนั้นผู้ประกอบการส่งออกกล้วยไม้มีรายได้ = 22 บาท/ช่อ x 1,036,800 ช่อ/ปี

= 22,809,600 บาท/ปี

ผู้ประกอบการมีกำไรจากการลดความชื้นด้วยเครื่องต้นแบบและจำหน่ายสู่ลูกค้า

= 22,809,600 - 21,863,412.80 บาท/ปี

= 946,187.20 บาท/ปี

หาจุดคุ้มทุนจากการลดความชื้นด้วยเครื่องต้นแบบ, รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย

ดังนั้นได้ว่า 22 บาท/ช่อ x N ช่อ/ปี = 21.09 บาท/ช่อ x 1,036,800 ช่อ/ปี

N = ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน , ช่อ/ปี

= (21.09 x 1,036,800)/22 ช่อ/ปี

= 993,914 ช่อ/ปี

ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม = 993,914 ช่อ/ปี

3. การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม

= (120,000 บาท) / (946,187.20 บาท/ปี)

= 0.13 ปี

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้ = 0.13 ปี