

การใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนสำหรับอบแห้งดอกเก๊กฮวย

HEAT PUMP OVEN FOR DRYING CHRYSANTHEMUM FLOWER

ธนพล แสงสุวรรณ

Thanapon Saengsuwan

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Faculty of Industrial Technology Chiang Rai Rajabhat University

Received : 03 February 2021

Revised : 23 May 2021

Accepted : 15 June 2021

* Corresponding author E-mail : thanapons@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนสำหรับอบแห้งดอกเก๊กฮวย วิธีการศึกษาคือ (1) ทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้พลังงาน เวลาการอบแห้ง ความชื้น และ (2) วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเช่น อัตราคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน ผลการวิจัยพบว่าเครื่องอบแห้งดอกเก๊กฮวยด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนสามารถอบแห้งดอกเก๊กฮวยให้มีความชื้นให้ต่ำกว่าร้อยละ 5 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ผู้ประกอบการต้องการ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นช่วงอุณหภูมิที่ดีที่สุดที่สามารถลดความชื้นของการอบแห้งดอกเก๊กฮวยให้ได้ตามมาตรฐานโดยใช้เวลา 8 ชั่วโมงใช้พลังงานในการอบแห้งเท่ากับ 1.09 kWh และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่ออัตราการคืนทุนที่คิดอัตราคิดลดที่ร้อยละ 3.00 เท่ากับ 3 เดือน 21 วัน และถ้าคิดอัตราคิดลดที่ร้อยละ 6.76 เท่ากับ 3 เดือน 27 วัน และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายในมากกว่าอัตราดอกเบี้ยธนาคาร ค่าอัตราผลตอบแทนต่อผลลงทุนอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการลงทุนใช้ตู้อบแห้งแบบปั๊มความร้อนในการอบแห้งดอกเก๊กฮวยนั้นมีความเหมาะสมในการลงทุน และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในการลงทุนในกรณีต้นทุนเพิ่มร้อยละ 30 และผลตอบแทนลดลงร้อยละ 30 พบว่าการลงทุนยังเหมาะสม ผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อประกอบการพิจารณาในการลงทุนในการใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน และเสนอแนะเป็นนโยบายในการส่งเสริมให้ใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน, การอบแห้ง, ดอกเก๊กฮวย

ABSTRACT

This search aims to studies used heat pump drying oven for dried chrysanthemum flowers. Research method were (1) experiment of dried chrysanthemum flowers for measurement energy consumption, drying time, moisture and (2) analyze engineering economic value such as the payback period, net present value, internal rate of return. The result show that dried chrysanthemum flowers by heat pump drying oven can reduced product moisture lower than 5 % follow entrepreneur requirement. The optimum temperature was 65 °C while 8 hours and consume energy about 1.091 kWh/hr for drying process. The economic analysis found that ROI was 3 months 21 days counted by 3.00% of discount rate and 3 months 27 days was 6.76% of discount rate. Net present value was shown positively, IRR was more than present interest rate and benefit

<http://jeet.siamtechu.net>

cost analysis have more value than 1 point which shows that the investment of heat pump drying oven is reasonable for investment and sensitivity analysis for investment in case of a 30% cost increased and a 30% return on investment decreased, it is found that the investment is also suitable and worth. Therefore, all data from analysis can be used for making decision to investment in heat pump drying oven for dried chrysanthemums.

Keywords: Heat Pump Drying Oven, Drying, Chrysanthemum flower

1. บทนำ

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชที่มีสถิติอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์เป็นอันดับสองของจังหวัดเชียงราย รองจากการปลูกข้าว และจากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่า ตั้งแต่ปี 2553-2556 จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่การปลูกข้าวโพด จำนวน 456,731 ไร่, 482,469 ไร่, 482,089 ไร่ และ 457,990 ไร่ ตามลำดับ การเพาะปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียวในพื้นที่เดิม ทำให้เกิดผลกระทบในหลายๆ ด้าน ได้แก่ การพังทลายของหน้าดิน ปัญหาหมอกควันจากการเผา การย้ายถิ่นฐานจากการทำไร่เลื่อนลอย เกิดภาระหนี้สินเนื่องจากการเพาะปลูกโดยไม่รู้ต้นทุนที่แท้จริง [1]

พืชที่จะนำมาปลูกทดแทนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะต้องสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้ และวิธีการปลูก การดูแลรักษา การขยายพันธุ์ไม่ซับซ้อน พบว่าต้นเก๊กฮวยมีเหมาะสมที่สุดในระยะแรกที่จะนำไปปลูกเนื่องจาก ต้นเก๊กฮวยเป็นพืชที่ปลูกง่าย และขยายพันธุ์ได้ง่ายตามธรรมชาติ ต้นเก๊กฮวยสามารถปรับตัวได้ดี ทนต่อโรคและแมลงศัตรูพืช ไม่ต้องใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และให้ผลผลิตเร็ว (6 เดือน) และมีผลตอบแทนสูง (กิโลกรัมละ 500-1,000 บาท) [2]

จากการส่งเสริมการปลูกเก๊กฮวยในพื้นที่จังหวัดเชียงราย ซึ่งผลผลิตจะออกช่วงปลายปีและใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตนาน 4 เดือน ทำให้มีผลผลิตดอกเก๊กฮวยสดออกมาจำนวนมากในรอบปี จึงได้มีการส่งเสริมการแปรรูปเก๊กฮวยดอกสดด้วยการอบแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุของผลผลิต วิธีการอบแห้งส่วนมากใช้วิธีการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบใช้แก๊ส (LPG) แต่ปัญหาการอบแห้งด้วยแก๊สจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นของแก๊สที่ติดมากับผลิตภัณฑ์ และการบริหารจัดการเรื่องต้นทุนในการขนส่งและจัดเก็บแก๊สทำให้มีต้นทุนที่สูงขึ้น จึงได้มีการเฝ้าระวังแนวคิดการทำเครื่องอบแห้งแบบบี้มความร้อนมาใช้ในการอบแห้งดอกเก๊กฮวย โดยใช้หลักการไล่ความชื้นในผลิตภัณฑ์และให้อัตราการประหยัดพลังงานที่ค่อนข้างดี ดังนั้นจึงนำเอาหลักการมาอบแห้งแบบบี้มความร้อนมาใช้แทนการอบแห้งแบบแก๊ส

เครื่องอบแห้งแบบบี้มความร้อนจะใช้ประโยชน์จากความร้อนที่แหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำเช่น ความร้อนในอากาศหรือแหล่งความร้อนสูญเสียซึ่งไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนตามปกติ มาทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนสามารถนำกลับมาใช้ได้ ระบบบี้มความร้อนทั่วไปมีค่า COP (Heating) เท่ากับ 3 โดยที่ใช้พลังงานไฟฟ้าป้อนเข้าไปที่คอมเพรสเซอร์เพียง 1 ส่วน สามารถสร้างความร้อนได้ถึง 3 ส่วน ซึ่งเป็นการดึงพลังงานความร้อนอีก 2 ส่วนมาจากอากาศภายนอกหรือความร้อนสูญเสียจากกระบวนการอื่น ดังนั้นบี้มความร้อนจึงเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูงสำหรับการทำความร้อน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกระบวนการทำงานต่างๆ ได้แก่ การอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งประหยัดพลังงานอย่างมาก [3,4]

การนำเครื่องอบแห้งแบบบี้มความร้อนมาใช้ในการอบแห้งเก๊กฮวยมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน เนื่องจากการอบแห้งดอกเก๊กฮวยต้องการความร้อนในการอบแห้งที่ 50 - 70 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของบี้มความร้อนที่เป็นการดูดความชื้นในผลิตภัณฑ์ด้วยอุณหภูมิที่ไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส แต่การลงทุนเครื่องอบแห้งบี้มความร้อนมีการลงทุนที่สูงกว่าการใช้เครื่องอบแห้งแบบแก๊สถึงสองเท่าจึงต้องมีการพิจารณาความเป็นไปได้ใน

<http://jeet.siamtechu.net>

การอบแห้งดอกเก๊กฮวยที่ใช้เครื่องอบแห้งแบบบั้งความร้อน [2] จากเหตุผลข้างต้นจึงได้มีแนวคิดในการศึกษาการนำเครื่องอบแห้งแบบบั้งความร้อนมาใช้ในการอบแห้งดอกเก๊กฮวยเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจใช้งานเครื่องอบแห้งแบบบั้งความร้อนในการอบดอกเก๊กฮวย

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งแบบบั้งความร้อนสำหรับอบแห้งดอกเก๊กฮวย
2. วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้เครื่องอบแห้งแบบบั้งความร้อนสำหรับอบแห้งดอกเก๊กฮวย

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

- 1 ศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งแบบบั้งความร้อนในการอบแห้งดอกเก๊กฮวยร่วมกับกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ

- 1.1 ทำการทดลองเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบบั้งความร้อนในการอบแห้งดอกเก๊กฮวย ร่วมกับกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ



รูปที่ 1 เก๊กฮวยที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบบั้งความร้อน

- 1.2 ทำการอบแห้งดอกเก๊กฮวยที่อุณหภูมิ 60, 65, 70 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ดอกเก๊กฮวยอบแห้งที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5

- 1.3 เก็บข้อมูลการใช้พลังงาน ความชื้น และระยะเวลาอบแห้งดอกเก๊กฮวย

- 2 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

- 2.1 เก็บข้อมูลพื้นฐานที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (ต้นทุน, ผลตอบแทน, อัตราดอกเบี้ย) จากกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ

<http://jeet.siamtechu.net>

2.2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value: NPV) คือ การนำค่าใช้จ่ายมาหักออกจากผลประโยชน์ เพื่อให้ได้ผลตอบแทนในแต่ละปี แล้วปรับค่าเวลาด้วยค่า Preset worth factor ได้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ เมื่อนำมาหักรวมกันทุกปีจะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ [5]

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลตามตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ที่เก็บข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ

$$NPV = \sum_{n=1}^N CF_n / (1+d)^n \quad (1)$$

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)

2.2.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return: IRR) คือการทำการหักผลตอบแทนของโครงการด้วยค่าใช้จ่ายเป็นปี ๆ ไปจนตลอดอายุโครงการเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสุทธิแต่ละปี หรือกระแสเงินสด (cash flow) ในแต่ละปี [5]

$$NPV = \sum_{n=1}^N CF_n / (1+IRR)^n = 0 \quad (2)$$

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน

2.2.3 อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (benefit cost ratio: BCR) คือการหาอัตราส่วนของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุโครงการ [5]

$$BCR = \sum_{n=1}^N B_n / (1+d)^n / \sum_{n=1}^N C_n / (1+d)^n \quad (3)$$

BCR = อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน, B_n = รายได้ในปี n (บาท), C_n = ต้นทุน/รายจ่ายในปี n (บาท)

2.2.4 ระยะเวลาคืนทุนปกติ (simple payback period: PB) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (net inflow) มีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการ (investment costs) พอดี โดยไม่คำนึงถึงมูลค่าของเงินที่เปลี่ยนตามระยะเวลา [6]

$$PP = PLNCF + (CCFLNCF / CFLNCF+1) \quad (4)$$

PP = ระยะเวลาคืนทุน, PLNCF = จำนวนปีก่อนที่จะได้คืนทุนครบ, PLNCF = เงินส่วนที่ยังไม่คืนทุน, CFLNCF+1 = กระแสเงินสดรับสุทธิในปีที่คืนทุน

2.2.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (sensitivity analysis) คือการวิเคราะห์มูลค่าของโครงการอีกครั้งโดยการศึกษาจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อโครงการในเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามสมภาวะการณ์ที่คาดหมาย เช่น ต้นทุนโครงการที่เพิ่มขึ้น รายได้จากโครงการที่ลดลง [6,7,8]

4. ผลการวิจัย

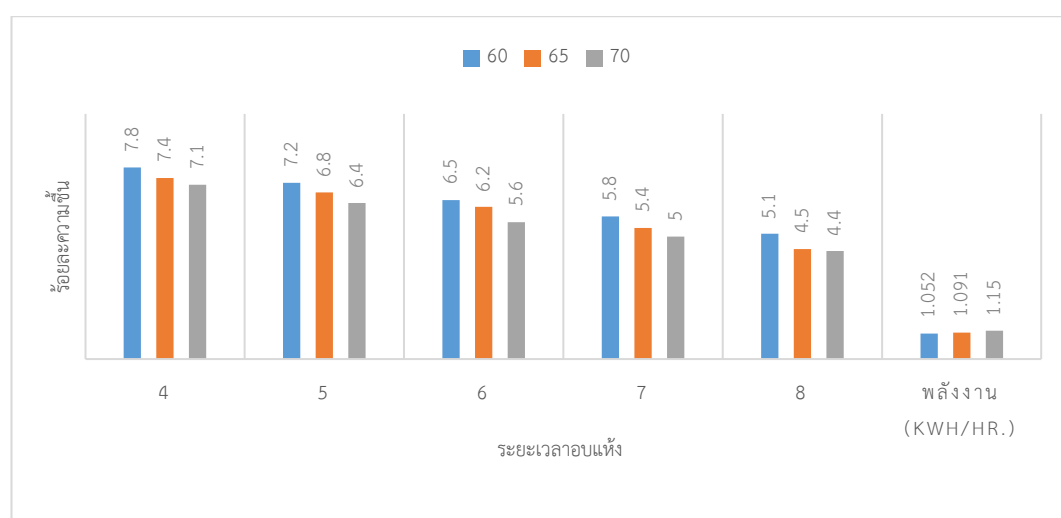
1. ผลการศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งแบบมีความร้อนในการอบแห้งดอกเก๊กฮวย

ตารางที่ 1 แสดงค่าร้อยละความชื้น ระยะเวลา และการใช้พลังงานจากการทดลองอบแห้งดอกเก๊กฮวย

ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°C)		
	60	65	70
4	7.80	7.40	7.10
5	7.20	6.80	6.40
6	6.50	6.20	5.60
7	5.80	5.40	5.00
8	5.10	4.5	4.40
การใช้พลังงานเฉลี่ย (kWh/hr.)	1.05	1.09	1.15



รูปที่ 2 ผลการศึกษากระบวนการอบแห้งเก๊กฮวยที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 3 แสดงร้อยละความชื้นต่อระยะเวลาอบแห้ง

<http://jeet.siamtechu.net>

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 3 พบว่า การอบแห้งดอกเก๊กฮวยด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนสามารถอบแห้งดอกเก๊กฮวยโดยการลดความชื้นให้ต่ำกว่าร้อยละ 5 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการต้องการ โดยที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นช่วงอุณหภูมิที่ดีที่สุดที่สามารถลดความชื้นของการอบแห้งดอกเก๊กฮวยให้ได้ตามมาตรฐานโดยใช้เวลา 8 ชั่วโมง ใช้พลังงานในการอบแห้งเท่ากับ 1.09 kWh/hr. และคิดค่าไฟฟ้าได้เท่ากับ 37.62 บาท ต่อการอบแห้ง 68 กิโลกรัมดอกสด

2. ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของการใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนในการอบแห้งดอกเก๊กฮวย สามารถวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดังนี้

2.1 ต้นทุน และผลตอบแทน

ตารางที่ 2 ข้อมูลการใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนในการอบแห้งดอกเก๊กฮวย

อุณหภูมิในการอบแห้ง	65°C
เวลาในการอบแห้ง	8 ชั่วโมง โดยเฉลี่ย
ปริมาณดอกเก๊กฮวยสด	68 กิโลกรัม/1 ครั้งการอบแห้ง
ปริมาณดอกเก๊กฮวยแห้งความชื้นร้อยละ 5	9.00 กิโลกรัม/ 1 ครั้งการอบแห้ง
ราคาดอกเก๊กฮวยแห้ง	500 บาท/กิโลกรัม
การอบดอกเก๊กฮวย 1 ชั่วโมงใช้ไฟฟ้าประมาณ	1.09 kWh
ค่าไฟฟ้า	4.31 บาท/หน่วย
ต้นทุนเครื่องแห้งแบบปั๊มความร้อน	150,000 บาท
ค่าบำรุงรักษา	3,000 บาท/ปี
ราคาดอกเก๊กฮวยสด	30 บาท/กิโลกรัม
การอบแห้ง	2 รอบ/วัน (ครั้งละ 8 ชั่วโมง เวลา 6 เดือน)

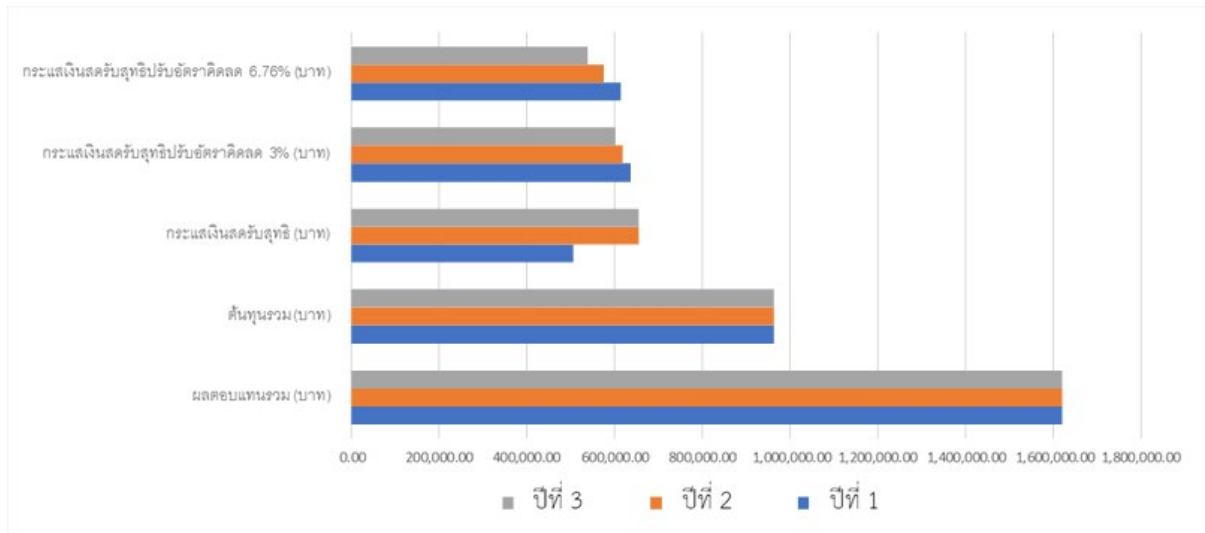
ตารางที่ 3 แสดงต้นทุน และผลตอบแทนของการอบแห้งดอกเก๊กฮวยด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

รายการ	ราคา (บาท)
ต้นทุนเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน	150,000.00
รวม	150,000.00
รายจ่ายในการผลิตเก๊กฮวยอบแห้ง	
ต้นทุนเก๊กฮวยสด (ต่อปี)	734,400.00
ต้นทุนค่าไฟฟ้า คัดจากการอบแห้ง 6 เดือน 2 รอบ/วัน (ต่อปี)	1,692
ต้นทุนแรงงาน (รวมเจ้าของ) (2 คน x 300 บาท x 30 วัน x 6 เดือน)	108,000.00
ค่าบำรุงรักษาและค่าใช้จ่ายอื่นๆ	120,000.00
รวม	964,092.80
รายรับในการขายเก๊กฮวยอบแห้ง	
เก๊กฮวยอบแห้ง (ต่อปี)	1,620,000.00
รวม	1,620,000.00

<http://jeet.siamtechu.net>

2.2 วิเคราะห์อัตราการลงทุน

ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทน ต้นทุน และอัตราต้นทุน โดยใช้อัตราผลตอบแทน 2 กรณีคือ (1) กรณีเอกชนสูญเสียโอกาสโดยคิดจากการอัตราดอกเบี้ยพันธบัตรออมทรัพย์ของกระทรวงการคลังประกาศเมื่อ 14 พฤษภาคม 2563 เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 3 [9] และ (2) กรณีกู้ยืมเงินตามอัตราดอกเบี้ยเงินกู้เรียกเก็บดอกเบี้ยลูกค้าชั้นดีของธนาคารพาณิชย์ (MRR) เท่ากับร้อยละ 6.76 [9] พบว่า อัตราการลงทุนถ้าไม่คิดอัตราดอกเบี้ยเครื่องอบแห้งแบบมีความร้อนจะมีการลงทุนอยู่ที่ 3 เดือน 17 วัน ถ้าคิดอัตราดอกเบี้ยที่ร้อยละ 3.00 อยู่ที่ 3 เดือน 21 วัน และถ้าคิดอัตราดอกเบี้ยที่ร้อยละ 6.76 อยู่ที่ 3 เดือน 27 วัน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผลตอบแทนรวม ต้นทุนรวม และกระแสเงินสด

2.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุน

ตารางที่ 4 แสดงผลมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน

		มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) (ร้อยละ)	อัตราผลตอบแทนจาก การลงทุน (BCR)
การวิเคราะห์สถานการณ์ ปกติ	อัตราคิดลด	1,707,333.21	419	1.59
	ร้อยละ 3.00			
	อัตราคิดลด	1,578,883.51	401	1.59
	ร้อยละ 6.76			
การวิเคราะห์ ความ อ่อนไหว	ต้นทุนเพิ่ม	1,038,326.39	228	1.29
	ร้อยละ 30			
	อัตราคิดลด	966,517.67	217	1.29
	ร้อยละ 6.76			
	ผลตอบแทน	331,126.42	93	1.11
	อัตราคิดลด			
	ร้อยละ 30	297,852.62	86	1.11
	ร้อยละ 6.76			

ต้นทุนเพิ่ม	อัตราคิดลด	-487,880.40	< 0	0.87
และ	ร้อยละ 3.00			
ผลตอบแทน	อัตราคิดลด	-464,513.22	< 0	0.87
ลดร้อยละ 30	ร้อยละ 6.76			

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุนใช้เครื่องอบแห้งแบบบีบความร้อนในการอบแห้งดอกเก๊กฮวย โดยคิดกรณีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3 จากการที่เกษตรกรและผู้ประกอบการลงทุนเอง และอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 6.76 จากการที่ต้องกู้ยืมเงินจากธนาคารพาณิชย์พบว่า ถ้าใช้อัตราคิดลดร้อยละ 3 โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงถึง 1,707,333.21 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 419 และค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 1.59 และถ้าใช้อัตราคิดลดร้อยละ 6.76 โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงถึง 1,578,883.51 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 401 และค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 1.59 และผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในงานวิจัยนี้จะใช้ 3 กรณีคือ กรณีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 กรณีผลตอบแทนรวมลดลงร้อยละ 30 และกรณีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีเพิ่มขึ้นและผลตอบแทนรวมลดลงร้อยละ 30 ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลทั้ง 3 กรณีในอัตราคิดลดร้อยละ 3 พบว่า ถ้าต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 จะทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 1,038,326.39 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 228 และค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 1.29 และถ้าผลตอบแทนรวมลดลงร้อยละ 30 จะทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 331,126.42 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 93 และค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 1.11 และถ้าต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีเพิ่มขึ้นและผลตอบแทนรวมลดลงร้อยละ 30 จะทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 487,880.40 บาท อัตราผลตอบแทนภายในน้อยกว่าร้อยละ 0 และค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 0.87 และอัตราคิดลดร้อยละ 6.76 พบว่าถ้าต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 จะทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 966,517.67 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 217 และค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 1.29 และถ้าผลตอบแทนรวมลดลงร้อยละ 30 จะทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 297,852.62 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 86 และค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 1.11 และถ้าต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีเพิ่มขึ้นและผลตอบแทนรวมลดลงร้อยละ 30 จะทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 464,513.22 บาท อัตราผลตอบแทนภายในน้อยกว่าร้อยละ 0 และค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 0.87

5. บทสรุปและอภิปรายผล

การใช้เครื่องอบแห้งแบบบีบความร้อนในการอบแห้งดอกเก๊กฮวยพบว่า การทำงานของเครื่องนั้นสามารถทำงานได้ดี ผลการอบแห้งนั้นทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามความต้องการมีความชื้นที่ดีตรงตามเกณฑ์มาตรฐาน และผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อการใช้งานอย่างมากจากการใช้งานที่ง่าย และมีความต้องการใช้เครื่องอบแห้งที่ได้มาตรฐานปลอดภัย และประหยัดพลังงานมากกว่าการใช้เครื่องอบแบบแก๊สที่ใช้เดิมที่ต้องมีการดูแลกระบวนการอบแห้งตลอดเวลา และในส่วนของ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมนั้นมีผลการตอบแทนที่สูง สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาที่เร็วเนื่องจากต้นทุนรวมของกระบวนการผลิตที่ต่ำ ทำให้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายในที่มีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ย และอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนพบว่ามีความมากกว่า 1 ซึ่งทั้งหมดผ่านเกณฑ์ที่มีความคุ้มค่าในการลงทุนใช้เครื่องอบแห้ง ส่วนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการลงทุนทั้ง 3 กรณี ที่ส่งผลต่อการลงทุนคือ พบว่าการลงทุนยังมีความคุ้มค่าในกรณีของต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 และกรณีผลตอบแทนรวมลดลงร้อยละ 30 แต่ในกรณีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีเพิ่มขึ้นและผลตอบแทนรวมลดลง

<http://jeet.siamtechu.net>

ร้อยละ 30 นั้นจะทำให้การลงทุนไม่คุ้มค่า ดังนั้นการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนมีความคุ้มค่าในการลงทุนโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งผ่านมาตรฐานและมีคุณภาพมากกว่าการอบแห้งด้วยแก๊สทำให้มูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าที่สูงขึ้น ซึ่งคล้องกับงานของ เทวรัตน์ ทิพย์วิมล (2553) ที่ทำการศึกษาคงคุณภาพผักอบแห้งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบปั๊มความร้อน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี การศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนในการอบแห้งดอกเก๊กฮวยเพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุของผลิตภัณฑ์ ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าสามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่ผู้ประกอบการต้องการ และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีความเหมาะสมมาก มีต้นทุนทางพลังงานที่ต่ำสามารถลดต้นทุนการอบแห้งได้ดี และทำการอบแห้งได้วันละ 2 รอบ มีความคุ้มค่าในการลงทุนและมีความเสี่ยงน้อย เนื่องจากมีอัตราการคืนทุนที่เร็วประมาณ 3-4 เดือน และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมาก เมื่อทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากการเปลี่ยนแปลงต้นทุนที่เพิ่มและผลตอบแทนที่ลดก็ยังคุ้มค่าในการลงทุน ยกเว้นกรณีที่ดินทุนเพิ่มและผลตอบแทนลดพร้อมกันที่ 30 ที่จะทำให้การลงทุนไม่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะตัวเครื่องอบแห้งสามารถนำไปใช้อบผลิตภัณฑ์อื่นๆ นอกฤดูการปลูกดอกเก๊กฮวยจะยิ่งทำให้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเองสามารถให้ผลตอบแทนและอัตราการคืนทุนที่เร็วยิ่งขึ้น และผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อประกอบการพิจารณาในการลงทุนได้ทั้งการกู้ยืมเงิน และลงทุนด้วยตนเองในการเลือกใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนของหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน และนำไปเป็นนโยบายในการส่งเสริมการใช้งานของหน่วยงานภาครัฐ และเอกชนเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิต แต่ควรระมัดระวังในกรณีที่ต้นทุนเพิ่มและผลตอบแทนลดในเวลาเดียวกันซึ่งจะทำให้ขาดทุนได้ ในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มการเก็บข้อมูลการใช้งานกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ และเพิ่มการทดลองในเงื่อนไขที่แตกต่างออกไป และการใช้งานร่วมกับพลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และการใช้งานร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทีมงานวิจัยจากสถาบันพัฒนาเศรษฐกิจ พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เกษตรกร และผู้ประกอบการที่ร่วมในโครงการวิจัยเรื่อง การขับเคลื่อนการพัฒนาเกษตรยั่งยืนเพื่อทดแทนการปลูกข้าวโพดในพื้นที่จังหวัดเชียงราย ที่อำนวยความสะดวกและสนับสนุนข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2556). ข้อมูลการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดเชียงราย ปี2553-2556.
- [2] สุทธิพร ธเนศสกุลวัฒนา และคนอื่น ๆ. (2561). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์การขับเคลื่อนการพัฒนาเกษตรยั่งยืนเพื่อทดแทนการปลูกข้าวโพด ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย. สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- [3] Hafidz R. (2011). Review of heat pump systems for drying application. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15, 4788-4796.
- [4] ไกรสิงห์ อุดมญาติ. (2548). การพัฒนาเครื่องอบแห้งโดยใช้ปั๊มความร้อน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] Phongsakorn D. & Nipon K. (2019). Analysis of investment models for megawatt scale photovoltaic power plant in Thailand. *Journal of Renewable Energy and Smart Grid Technology*. 14(1).
- [6] สุวิทย์ สายสุรนาวิชัย และ นิวิธ เจริญใจ. (2561). การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของโรงงานต้นแบบการผลิตบล็อกประสานจากเถ้าหมักโรงไฟฟ้าแม่เมาะ. *Naresuan University Engineering Journal*. 13(2), 80-98.

<http://jeet.siamtechu.net>

- [7] เฉลิมขวัญ ทรัพย์บุญยงค์. (2554). การวิเคราะห์รายงานทางการเงิน. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [8] เฉลิมขวัญ ทรัพย์บุญยงค์. (2554). การบัญชีเพื่อการจัดการ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [9] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2563). สถิติ. สืบค้น 20 สิงหาคม 2563 จาก https://www.bot.or.th/thai/statistics/_layouts/application/interest_rate/IN_Historical.aspx
- [9] ทนุ โตทรายมูล. (2549). การเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อนสำหรับใช้ในการอบแห้งมะม่วงแผ่นโดยวิธีการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าฮีตปั๊มปอเรเตอร์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [10] เทวรัตน์ ทิพย์มิล. (2553). รายงานการวิจัย การคงคุณภาพผักอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบปั๊มความร้อน. ทนุอดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [12] ปองพล สุริยะกันทร และคนอื่น ๆ. (2557). ผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกและแบบจำลองการอบแห้งด้วยดอกเก๊กฮวย. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, 20(2), 43-51.
- [13] มนตรี เดชมา. (2544). การประหยัดพลังงานในเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนโดยใช้เทอร์โมไซฟอนแบบรอบ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [14] เอกกฤษ แก้วเจริญ และ เอกภูมิ บุญธรรม. (2561). ผลของความเร็วมต่อประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 3(ฉบับพิเศษ), 158-166.
- [15] Adonis A. C., & Eliseo P. V. (2014). An Experimental Investigation of the Fruit Drying Performance of a Heat Pump Dryer. International Conference on Agriculture, Biology and Environmental Sciences (ICABES'14). Bali Indonesia.
- [16] Akhilesh S., et al. (2020). Experimental performance analysis of novel indirect-expansion solar-infrared assisted heat pump dryer for agricultural products. Solar Energy. 206, 907-917.
- [17] Faisal A., et al. (2019). Techno-economic analysis of ground and air source heat pumps in hot dry climates. Journal of Building Engineering. 26.
- [18] Yahya M., et al. (2018). Performance and economic analyses on solar-assisted heat pump fluidized bed dryer integrated with biomass furnace for rice drying. Solar Energy. 174, 1058-1067.
- [19] Thomas K., et al. (2013). Heat pump drying - A review. South African Journal of Science. 110(5/6).
- [20] Vasile M. (2011). INDUSTRIAL DRYING HEAT PUMPS. Theory, Technology and Applications. Nova Science Publishers, Inc., 1-70.