สรุป

จากการศึกษาการอบแห้งขมิ้นชันโดยใช้ปั๊มความร้อนเป็นแหล่งให้ความร้อน เครื่องอบแห้งประกอบด้วยห้องอบแห้งขนาด $0.82 \times 0.74 \times 0.65$ m^3 ภายในบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ 8 ถาด มีพื้นที่ใช้งาน 2.5 m^2 ใช้ระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอขนาดหนึ่งตันความเย็น (12000 BTU) การทำงานของเครื่องเป็นแบบระบบปิด มีอุณหภูมิอบแห้งเฉลี่ย 59^0C อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศและอัตราส่วนอากาศ Bypass ที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 0.316 kg/s และ 69.15 ตามลำดับ จากการทดลองอบแห้งขมิ้นชันจำนวน 6 kg ที่ช่วงความชื้นเริ่มต้นระหว่าง 89.33 – 95.25 %wb จนถึงความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 8.27 %wb ใช้เวลาอบแห้ง 9 – 14 h จากการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. อัตราการอบแห้งเฉลี่ยสูงสุดของขมิ้นชันที่ไม่ผ่านการต้มที่เครื่องสามารถทำได้เท่ากับ 68.262 %db/h แต่หากคิดในเชิงของอัตราการระเหยน้ำจะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.381 kg/h ประสิทธิภาพของเครื่องทำระเหยสามารถควบแน่นน้ำได้ค่า MER เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.283 kg/h ที่อัตราการไหลอากาศผ่านชุดลดความชื้นเท่ากับ 0.101 kg/s ความสิ้นเปลืองพลังงานต่อชั่วโมงเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.42 kWh ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยจะได้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เท่ากับ 14.404 MJ/kg และในส่วนกลับกันจะได้ค่า SMER เท่ากับ 0.251 kg/kWh ใช้เวลาในการอบแห้ง 14 ชั่วโมง ระบบปั๊มความร้อนมีค่า COP_{used} ที่เครื่องควบแน่นตัวให้ความร้อนกับระบบอบแห้งอยู่ระหว่าง 1.215 – 1.678 ในขณะที่ COP_{sys} ของระบบปั๊มความร้อนรวมมีค่าอยู่ระหว่าง 3.173 – 7.307 เนื่องจากมีการระบายความร้อนส่วนเกินออกสู่เครื่องควบแน่นตัวนอก

2. อัตราการอบแห้งเฉลี่ยสูงสุดของขมิ้นชันที่ผ่านการต้มเป็นเวลา 30 นาที ที่เครื่องสามารถทำได้เท่ากับ 181.446 %db/h แต่หากคิดในเชิงของอัตราการระเหยน้ำจะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.595 kg/h ประสิทธิภาพของเครื่องทำระเหยสามารถควบแน่นน้ำได้ค่า MER เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.401 kg/h ที่อัตราการไหลอากาศผ่านชุดลดความชื้นเท่ากับ 0.094 kg/s ความสิ้นเปลืองพลังงานต่อชั่วโมงเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.41 kWh ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยจะได้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เท่ากับ 9.498 MJ/kg และในส่วนกลับกันจะได้ค่า SMER เท่ากับ 0.379 kg/kWh ใช้เวลาในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง ระบบปั๊มความร้อนมีค่า COP_{used} ที่เครื่องควบแน่นตัวให้ความร้อนกับระบบอบแห้งอยู่ระหว่าง 1.458 – 1.805 ในขณะที่ COP_{sys} ของระบบปั๊มความร้อนรวมมีค่าอยู่ระหว่าง 3.156 – 7.085

3. อัตราการอบแห้งเฉลี่ยสูงสุดของขมิ้นชันที่ผ่านการต้มเป็นเวลา 60 นาที ที่เครื่องสามารถทำได้เท่ากับ 156.329 %db/h แต่หากคิดในเชิงของอัตราการระเหยน้ำจะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.585 kg/h ประสิทธิภาพของเครื่องทำระเหยสามารถควบแน่นน้ำได้ค่า MER เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.421 kg/h ที่อัตราการไหลอากาศผ่านชุดลดความชื้นเท่ากับ 0.094 kg/s ความสิ้นเปลืองพลังงานต่อชั่วโมงเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.45 kWh ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยจะได้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เท่ากับ 9.915 MJ/kg และในส่วนกลับกันจะได้ค่า SMER เท่ากับ 0.364 kg/kWh ใช้เวลาในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง ระบบปั๊มความร้อนมีค่า COP_{used} ที่เครื่องควบแน่นตัวให้ความร้อนกับระบบอบแห้งอยู่ระหว่าง 0.874 – 1.952 ในขณะที่ COP_{sys} ของระบบปั๊มความร้อนรวมมีค่าอยู่ระหว่าง 3.108 – 3.160

4. อัตราการอบแห้งเฉลี่ยสูงสุดของขมิ้นชันที่ผ่านการต้มเป็นเวลา 90 นาที ที่เครื่องสามารถทำได้เท่ากับ 148.517 %db/h แต่หากคิดในเชิงของอัตราการระเหยน้ำจะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.613 kg/h ประสิทธิภาพของเครื่องทำระเหยสามารถควบแน่นน้ำได้ค่า MER เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.418 kg/h ที่อัตราการไหลอากาศผ่านชุดลดความชื้นเท่ากับ 0.104 kg/s ความสิ้นเปลืองพลังงานต่อชั่วโมงเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.39 kWh ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยจะได้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เท่ากับ 9.076 MJ/kg และในส่วนกลับกันจะได้ค่า SMER เท่ากับ 0.397 kg/kWh ใช้เวลาในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง ระบบปั๊มความร้อนมีค่า COP_{used} ที่เครื่องควบแน่นตัวให้ความร้อนกับระบบอบแห้งอยู่ระหว่าง 1.231 – 2.391 ในขณะที่ COP_{sys} ของระบบปั๊มความร้อนรวมมีค่าอยู่ระหว่าง 3.206 – 5.529

5. เวลาในการต้มขมิ้นชันในน้ำเดือดที่เหมาะสมคืออยู่ในช่วง 30-60 นาที เนื่องจากช่วยลดเวลาการทำแห้งได้เมื่อเปรียบเทียบกับขมิ้นที่ไม่ผ่านการต้ม โดยใช้เวลาในการทำแห้ง 9 ชั่วโมง ทำให้ประหยัดพลังงานในการต้มและการทำแห้ง ขมิ้นผงที่ได้มีค่าสีปรากฏ L (ความสว่าง) 36.31 a (สีแดง) 20.46 b (สีเหลือง) 23.47 และมีปริมาณเคอร์คิวมินร้อยละ 5.34 ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดให้มีปริมาณไม่ต่ำกว่าร้อยละ 4 มล./100 กรัม

6. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าการอบแห้งมีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 3.35 บาทต่อกิโลกรัมน้ำระเหย โดยแบ่งออกเป็นค่าใช้จ่ายจากการสร้างเครื่อง 1.27 บาทต่อกิโลกรัมน้ำระเหย ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า 1.66 บาทต่อกิโลกรัมน้ำระเหย และค่าใช้จ่ายด้านบำรุงรักษา 0.42 บาทต่อกิโลกรัมน้ำระเหย โดยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 0.95 ปี มีอัตราดอกเบี้ยผลตอบแทนเท่ากับ 1 %

ข้อเสนอแนะ

1. ควรออกแบบขนาดห้องอบแห้งและตะแกรงอบให้มีปริมาตรบรรจุมากขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากระบบปั๊มความร้อนขนาด 1 ตันความเย็น ที่อัตราการไหลอากาศ 0.32 kg/s ยังคงให้ความร้อนได้ถึงอุณหภูมิทำงาน 60 ^{0}C

2. อุณหภูมิที่เครื่องทำได้ไม่สูง เนื่องจากถูกจำกัดด้วยอุณหภูมิของสารทำความเย็น R-22 ดังนั้นควรมีการนำสารทำความเย็นที่ให้ค่าอุณหภูมิเครื่องควบแน่นสูงมากกว่านี้ เช่น สารทำความเย็น R-134a

3. ควรทดสอบอบขมิ้นชันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 ^{0}C เนื่องจากอาจได้คุณภาพของขมิ้นชันที่ดีขึ้น