บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การอบแห้งเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการถนอมรักษาอาหาร และผลิตผลทางการเกษตร ซึ่งกระบวนการอบแห้งได้มีการพัฒนา และนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย การอบแห้งเป็นกระบวนการไล่ความชื้นออกจากวัสดุโดยการระเหย ซึ่งอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยความร้อนที่ใช้ได้มาจากแหล่งพลังงานต่าง ๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดีเซล หรือ ไฟฟ้า เป็นต้น อัตราการอบแห้งจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง การอบแห้งจะช่วยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน และป้องกันการเน่าเสียโดยทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีน้อย ดังนั้นความชื้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญ เช่น ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาข้าวเปลือกมีค่าประมาณ 13 – 14% มาตรฐานเปียก [บัญชา ยาทิพย์ และคณะ, 2538]

การเลือกกระบวนการอบแห้งที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาถึงชนิดของวัสดุ คุณสมบัติของวัสดุ ชนิดของเครื่องอบแห้ง และแหล่งพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง ปั๊มความร้อน เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สามารถให้ความร้อน และรับความร้อนภายในเครื่องเดียวกัน เมื่อประยุกต์ใช้งานกับระบบอบแห้งแบบปิดแล้วความร้อนที่ระบายออกจากส่วนควบแน่น (Condenser) ของปั๊มความร้อนสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนให้กับอากาศที่ใช้ในการอบแห้งได้ สำหรับส่วนทำระเหย (Evaporator) ของปั๊มความร้อนก็มีความสามารถในการดึงพลังงานความร้อนกลับในรูปความร้อนแฝง จากอากาศร้อนชื้นที่ออกมาจากการอบแห้ง ซึ่งอาจจะทำให้ได้ผลิตผลจากน้ำที่กลั่นตัวที่ส่วนทำระเหยนี้ในกรณีอบผลิตผลที่มีกลิ่นหอม การอบแห้งโดยใช้ระบบปั๊มความร้อนเป็นเทคโนโลยีใหม่ มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง นอกจากนี้ระบบปั๊มความร้อนยังมีกระบวนการควบแน่นน้ำออกจากอากาศชื้นทำให้ได้อากาศแห้ง สามารถนำมาอบแห้งผลิตผลที่ต้องการลดความชื้นที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ได้ เช่น เมล็ดพันธุ์ เป็นต้น [ธานินทร์ การภักดี, 2540]

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าการนำปั๊มความร้อนมาประยุกต์ใช้ในการอบแห้งในระบบปิด เป็นการใช้งานได้ทั้งส่วนควบแน่น และส่วนทำระเหย จึงเป็นการประหยัดพลังงาน และถ้าสามารถนำเอาเทอร์โมไซฟอน (Thermosyphon) ซึ่งเป็นท่อความร้อนชนิดหนึ่ง และเป็นอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่มีค่าการนำความร้อนสูงมาประยุกต์ใช้งานกับระบบปั๊มความร้อน โดยจะทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าส่วนทำระเหยให้ต่ำลง แล้วส่วนทำระเหยของปั๊มความร้อนสามารถทำให้อากาศชื้นกลั่นตัวได้ปริมาณมากขึ้น [ธานินทร์ การภักดี, 2540; Beckwith, 1996; Terdtoon et al., 1996] ทำให้การใช้งานปั๊มความร้อนได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น มีผลทำให้เครื่องทำความร้อนทำงานน้อยลง ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงาน ที่ใช้ในระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อนได้อีกวิธีการหนึ่ง

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 การอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน

บัญชา ยาทิพย์ และคณะ (2538) ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำปั๊มความร้อนมาใช้ในการอบแห้ง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบใกล้สมดุล ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานเพื่อหาแนวทางการอบแห้งที่เหมาะสม ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ อัตราการไหลจำเพาะ อุณหภูมิของอากาศอบแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกและความสูงของชั้นข้าวเปลือก โดยศึกษาอยู่ในช่วงอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 10 – 20 m^3/min-m^3 ข้าวเปลือก อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 36 – 50 ^{0}C อากาศแวดล้อม 30 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงค่าที่ 70% และ 80% ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 18 – 24% มาตรฐานเปียก และความสูงของชั้นข้าวเปลือกเปลี่ยนแปลงค่าที่ 0.5 m และ 1 m ตามลำดับ พบว่าอัตราการอบแห้งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ และอุณหภูมิของอากาศ ที่อัตราการไหลจำเพาะของอากาศต่ำ อุณหภูมิสูงจะสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ และที่ความสูงของชั้นข้าวเปลือกสูงจะสิ้นเปลืองพลังงานสูง จุดที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ ที่อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 12 m^3/min-m^3 ข้าวเปลือก อุณหภูมิ 49 ^{0}C ความสูงของชั้นข้าวเปลือก 0.5 m อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมเท่ากับ 30 ^{0}C และ 70% ใช้งาน 2,160 ชั่วโมงต่อปี ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งโดยลดความชื้นจาก 24% เหลือ 14% มาตรฐานเปียกเท่ากับ 61.50 บาท/ตัน

ธานินทร์ การภักดี (2540) ได้ออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งโดยใช้ระบบปั๊มความร้อนร่วมกับตู้อบแห้งแบบเมล็ดไหลคลุกเคล้า โดยอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกแบบระบบเปิด จากความชื้นเริ่มต้น 13.50-22.15% มาตรฐานเปียก เหลือประมาณ 12% มาตรฐานเปียก อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 43 ^{0}C อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 9 m^3/min-m^3ข้าวเปลือก และปรับเปลี่ยนอัตราส่วนอากาศที่ไม่ผ่านส่วนทำระเหยหรือ BAR (Bypass air ratio) 3 ค่า คือ 0% 30% และ 50% เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลที่มีต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปั๊มความร้อน (COP_{HP}) และอัตราการระเหยน้ำจำเพาะหรือ SMER (Specific moisture extraction rate) พบว่า COP_{HP} และ SMER มีค่าสูงสุดเมื่อปรับ BAR เป็น 0% ซึ่งเป็นจุดที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งแบบระบบเปิด เนื่องจากเมื่อปรับ BAR เป็น 0% นี้ อัตราการไหลของอากาศที่ผ่านส่วนทำระเหยจะเพิ่มขึ้นทำให้วาล์วลดความดันเปิดให้สารทำงานไหลผ่านส่วนทำระเหยมากขึ้น สารทำงานจึงสามารถรับความร้อนไประบายที่ส่วนควบแน่นได้มากขึ้น ซึ่งเป็นการลดพลังงานที่ต้องให้กับเครื่องทำความร้อน ส่วนอัตราการควบแน่นของน้ำที่ส่วนทำระเหยหรือ MER (Moisture extraction rate) มีค่าลดลงเมื่อปรับ BAR เป็น 0% และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปรับ BAR เพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านส่วนทำระเหยในกรณีหลังมีค่าต่ำกว่า จึงทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่นได้มากขึ้น

Pendyala et al. (1990) ได้ศึกษาถึงสมรรถนะของการทดลองใช้ปั๊มความร้อนช่วยในการอบแห้งโดยระบบนี้จะใช้ R11 และ R12 เป็นสารทำงาน ใช้ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (COP) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะหรือ SEC (Specific Energy Consumption) ในการประเมินสมรรถนะของระบบ พบว่าความเร็วของอากาศที่จะเข้าส่วนทำระเหย และที่ออกจากส่วนทำระเหย หรือตำแหน่งที่สารทำงานอยู่ในสภาวะไอยิ่งยวด

(Superheat) นี้ เป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับการหาจุดที่เหมาะสม ในกรณีที่ใช้ R11 เป็นสารทำงานจะได้ค่า COP 3.5 และ SEC 3,500 kJ/$kg_{moisture}$ และ ในกรณีที่ใช้ R12 เป็นสารทำงานจะได้ค่า COP 2.5 และ SEC 1,800 kJ/$kg_{moisture}$ ในกรณีที่ใช้ R12 แม้ว่าจะได้ค่า COP ต่ำกว่าแต่ก็ได้ค่า SEC ที่ดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากในกรณีนี้ระบบจะทำงานโดยไม่มีการใส่พลังงานความร้อนจากไฟฟ้าเพิ่ม

Poduval and Srinivasa (1992) ศึกษาถึงสมรรถนะของปั๊มความร้อนแบบอัดไอที่ใช้ในการลดความชื้นเมื่อมีการใส่ความร้อนเพิ่ม (Auxiliary heat input) โดยทดลองกับปั๊มความร้อนแบบอัดไอที่ใช้ R114 เป็นสารทำงาน คือติดตั้งปั๊มความร้อนเข้าในวงจรการอบแห้งแบบอุโมงค์และเป็นวงจรปิด ติดตั้งพัดลมหมุนเวียน (Centrifugal blower) เพื่อควบคุมการไหลของอากาศในวงจร จำลองการอบแห้งโดยใช้น้ำทำให้ผ้าฝ้ายเปียกชื้นและรักษาการเปียกชื้นโดยการไหลของน้ำ มีพื้นผิวที่เปียกชื้นทั้งหมด 3 m^2 และจะศึกษาถึงอิทธิพลของการใส่ความร้อนเพิ่มที่ตำแหน่งก่อนเข้าส่วนควบแน่นและก่อนเข้าส่วนทำระเหย โดยมีการใช้เครื่องทำความร้อนไฟฟ้าขนาด 5 kW ที่ตำแหน่งทั้งสองนี้ ขณะทำการทดสอบจะรักษาอุณหภูมิของส่วนทำระเหยไว้ให้คงที่ตลอดคือ สมรรถนะของการใช้ปั๊มความร้อนช่วยในการอบแห้งสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยการเพิ่มความร้อนเข้าไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้ คือ ตำแหน่งระหว่างพัดลมหมุนเวียน กับส่วนควบแน่น ตำแหน่งระหว่างส่วนควบแน่นกับตู้อบแห้ง และตำแหน่งระหว่างตู้อบแห้งกับส่วนทำระเหย ผลที่ได้ คือเมื่อมีการเพิ่มความร้อนเข้าไปที่ตำแหน่งทั้งสองนี้ทำให้อุณหภูมิส่วนควบแน่นเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการเพิ่มในกรณีที่ตำแหน่งก่อนส่วนควบแน่นจะมีความชันมากกว่า และค่า COP ลดลงเมื่อมีการเพิ่มความร้อนเข้าไปในทั้งสองกรณี ในกรณีที่ตำแหน่งก่อนเข้าส่วนควบแน่นนี้ค่าอัตราการลดความชื้น (M) จะเพิ่มขึ้นในตอนแรกและต่อมาก็จะลดลงเมื่อเพิ่มความร้อนเข้าไป ส่วนของกรณีที่ตำแหน่งก่อนเข้าส่วนทำระเหยค่าอัตราการลดความชื้น (M) จะลดลงตลอดเมื่อเพิ่มความร้อนเข้าไป เนื่องจากเป็นการใช้พื้นที่ของส่วนทำระเหยอย่างไม่มีประสิทธิภาพ เพราะการเป็นไออุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นของไอน้ำยาที่ออกมาจากส่วนทำระเหย ผลลัพธ์ที่สำคัญของการศึกษาครั้งนี้คือ การเพิ่มอุณหภูมิของส่วนควบแน่นให้สูงขึ้นหรือเป็นการควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งให้อยู่ในค่าที่แน่นอนได้โดยใส่ความร้อนจาก Heater ไฟฟ้าเพิ่มที่ตำแหน่งก่อนส่วนทำระเหยหรือส่วนควบแน่นซึ่งสามารถที่จะมาแทนแบบเดิมที่ใส่ในตำแหน่งหลังส่วนทำระเหย โดยที่ค่า COP จะลดลงไม่มาก ซึ่งจะมีความสำคัญถ้ามีการใช้เตาอบเพียงตัวเดียวนี้สำหรับใช้อบวัสดุต่าง ๆ ที่ต้องการอุณหภูมิการอบแห้งที่แตกต่างกัน

Prasertsan et al. (1996) ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยทำแบบจำลองทั้งของวงจรอากาศและวงจรสารทำความเย็น และเน้นที่แบบจำลองแต่ละส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งชนิดปั๊มความร้อนอย่างละเอียดโดยใช้วิธี Finite-difference และ Prasertsan et al. (1997) ได้นำแบบจำลองนี้ไปทำการจำลองสภาวะการอบแห้งเพื่อศึกษาถึงสมรรถนะของระบบการอบแห้ง โดยเน้นการศึกษาอิทธิพลสภาวะอากาศแวดล้อม สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ และสัดส่วนอากาศที่ไม่ผ่านส่วนทำระเหย โดยใช้อัตราการลดความชื้นจำเพาะ (SMER) อัตราการดึงน้ำออก (MER) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ประเมินสมรรถนะของระบบ ซึ่งพบว่า สภาวะอากาศแวดล้อมและประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งมีบทบาทสำคัญของระบบการอบแห้ง สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่มีผลอย่างมากต่อสมรรถนะของระบบ แต่สัดส่วนอากาศที่ไม่ผ่านเครื่องทำระเหยมีผลน้อย ต่อมา Prasertsan et. al. (1997) ได้ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ โดยจะทำการทดลองกับเครื่องอบแห้งชนิดปั๊มความร้อนสองรูปแบบในระบบเปิดและอีกสองรูปแบบเป็นระบบปิดบางส่วน

ตัวแปรของการทดลองคือ อัตราการไหลของอากาศ ภาระการอบแห้ง ภาวะแวดล้อม สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ และสัดส่วนอากาศที่ไม่ผ่านส่วนทำระเหย โดยใช้ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ คุณสมบัติของอากาศที่จะเข้าเครื่องอบแห้ง อัตราการลดความชื้นจำเพาะ อัตราการดึงน้ำออก และสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการประเมินสมรรถนะของระบบ ได้พบว่าผลของการทดลองจะเข้ากันได้ดีกับผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้

Hawlader et al. (1998) ได้ศึกษาถึงแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่องอบแห้งชนิดปั๊มความร้อนวงจรปิดที่ทำงานในลักษณะการอบแห้งแบบถาดสำหรับการประยุกต์ใช้งานในอุณหภูมิต่ำ และมีการจำลองระบบโดยใช้เครื่องอัดไอ (Compressor) แบบปรับเปลี่ยนความเร็วรอบได้ โดยเน้นพิจารณาที่การรวมกันของแบบจำลองการอบแห้งกับแบบจำลองของปั๊มความร้อน โดยใช้ประสิทธิภาพพลังงานของระบบซึ่งแสดงอยู่ในรูปค่าอัตราการดึงความชื้นออกจำเพาะ (SMER) ซึ่งวิเคราะห์มาจากพื้นฐานของขบวนการทาง Psychometric ในการประเมินสมรรถนะของระบบ พบว่าทั้งคุณลักษณะของขบวนการอบแห้ง และของปั๊มความร้อนจะมีอิทธิพลต่อสมรรถนะของระบบรวม

1.2.2 การประยุกต์ใช้งานของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ (Loop Thermosyphon)

Beckwith (1996) ศึกษาถึงการนำเอาท่อความร้อนแบบ Wrap-around heat pipe มาประยุกต์ใช้งานในระบบปรับอากาศ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการลดความชื้นและช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องลงได้อย่างรวดเร็ว มีการประหยัดพลังงานโดยการดึงความร้อนกลับระหว่างอากาศทิ้งและอากาศเติมของอาคารและมีการใช้สำหรับเพื่อควบคุมความสุขสบายโดยการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศหลังผ่านส่วนทำระเหย โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม (ใช้ Free reheat) ในแต่ละส่วนภายในอาคาร คือใช้ Wrap-around heat pipe วางอยู่รอบ ๆ ส่วนทำระเหยของเครื่องปรับอากาศแล้วจะมีการถ่ายเทความร้อนออกจากอากาศอุ่นก่อนเข้าส่วนทำระเหยเพื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลง (Precool) ประมาณ 2.8 – 8.3 ^{o}C ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบ แล้วส่วนทำระเหยจะใช้พลังงานน้อยลงในการทำให้อากาศเย็นและดึงความชื้นส่วนเกินออกจากอากาศ ความชื้นที่ดึงออกจะเพิ่มขึ้น 50 – 100% จากนั้นความร้อนนี้ถูกถ่ายเทไปให้กับอากาศที่ออกจากส่วนทำระเหยเพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิ (Reheat) ของอากาศให้อุ่นขึ้นโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มสำหรับความสุขสบาย ยิ่งไปกว่านั้นจะทำให้อากาศอิ่มตัวก่อนเข้าช่องลงจ่าย (Supply duct) แห้งขึ้น ท่อความร้อนนี้ใช้ได้ดีทั้งกับระบบขยายตัวโดยตรง (Direct expansion) หรือระบบทำน้ำเย็น (Chilled water) ในทุก ๆ ขนาด ซึ่งสามารถใช้งานได้อย่างง่าย ในการที่จะรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในสภาวะของห้องปรับอากาศให้อยู่ระหว่าง 40–50 %

Terdtoon et al. (1996) ศึกษาถึงการใช้เทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ (Loop thermosyphon)ในระบบควบคุมสภาวะอากาศห้อง คือใช้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศก่อนเข้าและหลังออกส่วนทำระเหยของเครื่องปรับอากาศในระบบควบคุมสภาวะอากาศห้องเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยติดตั้งในลักษณะประกบเข้ากับส่วนทำระเหยของเครื่องปรับอากาศโดยให้ส่วนระเหยอยู่ด้านล่างสุดเพื่อดูดรับความร้อนจากอากาศก่อนเข้าส่วนทำระเหยให้มีอุณหภูมิต่ำลงแล้วส่วนทำระเหยก็จะสามารถลดปริมาณน้ำแฝงในอากาศได้มากขึ้น และความร้อนนี้ก็จะถูกส่งไปยังส่วนควบแน่นแล้วคายความร้อนให้แก่อากาศหลังออกมาจากส่วนทำระเหยหรือ

ก่อนเข้าเครื่องทำความร้อนทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เครื่องทำความร้อนทำงานน้อยลง จึงเป็นการประหยัดพลังงานได้

Lee et al. (1998) ศึกษาถึงการใช้เทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบสองสถานะ (Two-phase loop thremosyphon) ดึงความร้อนออกจากพื้นที่แคบ ๆ มีการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลที่ได้จากแบบจำลองทางตัวเลข (Numerical method) 2 วิธี คือ วิธี lumped and sectorial thermal resistance มีการสร้างเทอร์โมไซฟอนแบบลูปสองสถานะขึ้นมาสองชุดสำหรับทดสอบในสองกรณี คือ ที่ส่วนระเหยมีพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนได้จริงด้านนอกเท่ากับ 1.53 และ 0.89 m^2 ในกรณีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ พื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนได้จริงภายในเท่ากับ 0.158 และ 0.105 m^2 ในกรณีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ส่วนควบแน่นมีพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนได้จริงเท่ากับ 0.0114 m^2 เท่ากันในทั้งสองกรณี และใช้ R-134a เป็นสารทำงาน อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศแวดล้อมบริเวณพื้นที่แคบ ๆ คือ $-17\ ^0$ C และ $3\ ^0$C ในกรณีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ผลที่ได้คือ ได้อัตราการดึงความร้อนออก 7 และ 21 W/C-m^2 การถ่ายเทความร้อนด้านนอกของส่วนทำระเหย ในกรณีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ผลที่ได้นี้เกิดขึ้นภายใต้การถ่ายเทความร้อนแบบการพาอิสระที่ครีบของส่วนทำระเหย และพบว่ายังไม่มีแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาสำหรับระบบการถ่ายเทความร้อนแบบสองสถานะโดยปราศจากการชี้นำของข้อพิสูจน์ที่ได้จากการทดลอง

จากสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมานั้น จะเห็นได้ว่ายังขาดการศึกษาวิจัยในเรื่องการอบแห้งชนิดปั๊มความร้อนที่เป็นวงจรปิด และเรื่องการประยุกต์เทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบกับระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้จะทำการศึกษาในทั้งสองเรื่องนี้

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษา ออกแบบ และสร้างเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ ที่สามารถประยุกต์เข้ากับระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน

1.3.2 เพื่อหาความสามารถในการประหยัดพลังงาน ของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบในระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน

1.3.3 เพื่อหาสมรรถนะของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบที่ใช้กับระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย

1.4.1 สามารถออกแบบและประยุกต์ใช้งานเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ ที่เหมาะสมกับระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน

1.4.2 ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยการคำนวณหาสมรรถนะของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ ที่ใช้ในระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน

1.4.3 เป็นแนวทางในการศึกษา และพัฒนาระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อนให้มีสมรรถนะดียิ่งขึ้น โดยการประยุกต์ใช้เทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ

1.4.4 สามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีทางวิศวกรรมในการปฏิบัติงานจริงได้

1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1.5.1 ออกแบบ สร้าง และทดสอบเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน โดยจะใช้อบแห้งข้าวเปลือกน้ำหนัก 500 kg ซึ่งเมื่อใส่ในถังอบแล้วจะมีความสูงชั้นข้าวเปลือกที่เหมาะสมกับการอบแห้งคือ 0.5 เมตร [บัญชา ยาทิพย์ และคณะ, 2538] และจะอบจากความชื้น 11-13% มาตรฐานเปียก ให้เหลือ 5-7% มาตรฐานเปียก

1.5.2 ระบบปั๊มความร้อนประยุกต์มาจากเครื่องทำความเย็นสำหรับห้องเย็นที่มี ชุดส่วนทำระเหยขนาด 4000 Btu/h ชุดส่วนควบแน่น (Condensing Unit) ซึ่งมี เครื่องอัดไอ 1.5 HP และวาล์วลดความดัน (Thermostatic Exp. Valve) รุ่น FF-1 โดยมี พัดลมหมุนเวียนอากาศ (Blower) แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Axial Flow) ที่ขับด้วยมอเตอร์ 1 HP, 1430 rpm ที่มีลมหมุนเวียน(จากการวัดจริง) 0.4 kg / s

1.5.3 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับช่วยการคำนวณหาสมรรถนะของเทอร์โมไซฟอน ที่ใช้ในระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน

1.5.4 ศึกษาการประหยัดพลังงาน จากการใช้เทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบในระบบอบแห้งชนิดปั๊มความร้อน และทำการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ โดยจะทำการทดสอบใน 2 เงื่อนไข คือ ก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งเทอร์โมไซฟอน และ 3 เงื่อนไขสำหรับการปรับเปลี่ยนอากาศที่ไม่ผ่านส่วนทำระเหย (%BAR) ซึ่งจะมีการพิจารณาถึงค่า การใช้พลังงานไฟฟ้า (Power consumption) ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (COP) ค่าอัตราปริมาณน้ำกลั่นตัวจำเพาะที่ส่วนทำระเหย (SMCR) และ ค่าอัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) และประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง (DE) โดยจะทดสอบ 3 ซ้ำในแต่ละเงื่อนไข

1.5.5 ศึกษาถึงสมรรถนะทางความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบที่ใช้ คือ ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน ค่าความต้านทานทางความร้อน อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดในทางทฤษฎี อัตราการถ่ายเทความร้อนที่คำนวณได้จริง และประสิทธิผลของเทอร์โมไซฟอน