

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| ใบรับรองโครงการ | ก |
| บทคัดย่อ | ข |
| Abstract | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญรูปภาพ | ซ |
| ลำดับสัญลักษณ์ | ฅ |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของ โครงการงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษา | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| 1.5 วิธีการดำเนินงาน | 3 |
| 1.6 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน (Gantt chart) | 4 |
| 1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน | 4 |
| 1.8 อุปกรณ์ที่ใช้ | 5 |
| 1.9 งบประมาณที่ใช้ | 5 |
| | |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี | |
| 2.1 การเก็บรักษาข้าว | 6 |
| 2.2 เทอร์โมไฮฟอน | 8 |
| 2.3 การทบทวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 16 |
| | |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน | |
| 3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล | 18 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 3.2 แบบจำลองการทำงานของระบบระบายความร้อนในข้าวเปลือก ที่ใช้ชุดเทอร์โมไซฟอน | 18 |
| 3.3 สมมุติฐาน | 19 |
| 3.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการระบายความร้อนในข้าวเปลือก โดยใช้เทอร์โมไซฟอน | 20 |
| 3.5 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม | 25 |
| 3.6 การวิเคราะห์ผล | 29 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล | |
| 4.1 การวิเคราะห์หาจำนวนชั่วโมงการระบายความร้อนในข้าวเปลือก | 31 |
| 4.2 การวิเคราะห์หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและจำนวนของ ท่อเทอร์โมไซฟอน | 33 |
| 4.3 วิเคราะห์หาความยาวส่วนทำระเหยและความยาวส่วนควบแน่น ของท่อเทอร์โมไซฟอน | 34 |
| 4.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ | 35 |
| บทที่ 5 บทสรุป | |
| 5.1 บทสรุป | 38 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 38 |
| บรรณานุกรม | 40 |
| ภาคผนวก | 41 |
| ภาคผนวก ก. ตัวอย่างโปรแกรมจำลอง | 42 |
| ภาคผนวก ข. ตารางคุณสมบัติ | 52 |
| ภาคผนวก ค. อื่น ๆ | 58 |
| ประวัติผู้ทำโครงการ | 63 |

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาและแผนการดำเนิน | 4 |
| ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างการระบายความร้อน จากข้าวเปลือกโดยการใช้พัดลมเป่ากับการระบายความร้อนโดยใช้เทอร์โมไซฟอน | 36 |
| ตารางที่ ข.1 แสดงคุณสมบัติของอากาศ | 53 |
| ตารางที่ ข.2 แสดงคุณสมบัติของ R134 a | 54 |
| ตารางที่ ข.3 แสดงค่าความจุความร้อนจำเพาะ | 56 |
| ตารางที่ ค.1 แสดงราคาท่อทองแดงชนิดเส้นตรง | 59 |
| ตารางที่ ค.2 แสดงช่วงอุณหภูมิการทำงานของสารต่าง ๆ | 60 |
| ตารางที่ ค.3 แสดงปริมาณการทำลายชั้นบรรยากาศของสารทำงานต่าง ๆ | 61 |
| ตารางที่ ค.4 แสดงขนาดของท่อทองแดง | 62 |

สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของเทอร์โมไซโฟน | 8 |
| รูปที่ 2.2 แสดงหลักการทำงานของเทอร์โมไซโฟน | 9 |
| รูปที่ 2.3 วงจรความต้านทานความร้อน | 13 |
| รูปที่ 2.4 การความร้อนตามธรรมชาติบนทรงกระบอกแนวตั้ง | 15 |
| รูปที่ 2.5 ท่อเทอร์โมไซโฟนและถังข้าวเปลือกที่มีเทอร์โมไซโฟน | 17 |
| รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของถังเก็บข้าวที่ติดตั้งชุดเทอร์โมไซโฟนแล้ว | 19 |
| รูปที่ 3.2 แสดงปริมาณควบคุมของถังข้าวเปลือกที่มีเทอร์โมไซโฟน | 21 |
| รูปที่ 3.3 แสดงปริมาณควบคุมการระบายความร้อนของเทอร์โมไซโฟน | 23 |
| รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิข้าวเปลือก | 31 |
| รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปริมาณความร้อนที่สะสมในข้าวเปลือก | 32 |
| รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเทอร์โมไซโฟน กับอุณหภูมิข้าวเปลือก | 33 |
| รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวส่วนทำระเหยของท่อเทอร์โมไซโฟน กับอุณหภูมิข้าวเปลือก | 35 |

ลำดับสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์ | ความหมาย | หน่วย |
|--------------------|--|---------------------|
| Δt | ค่าความแตกต่างของช่วงเวลาที่เก็บข้าว | hr |
| Q_{paddy} | ค่าความร้อนของข้าวเปลือก | kW |
| Q_{ts} | ค่าความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนที่ระบายออก | kW |
| \dot{E}_{in} | พลังงานเข้าสู่สถานะควบคุม | - |
| \dot{E}_{st} | พลังงานที่ข้าวเก็บไว้ | - |
| \dot{E}_g | พลังงานที่ข้าวผลิตขึ้น | - |
| \dot{E}_{out} | พลังงานออกจากสถานะควบคุม | - |
| A | พื้นที่หน้าตัดภายในของเทอร์โมไซฟอน | m ² |
| A _x | พื้นที่หน้าตัดของผนังท่อ | m ² |
| C _p | ค่าความจุความร้อนของข้าวเปลือก | kJ/kg °C |
| D | เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของเทอร์โมไซฟอน | m |
| DML | ฟังก์ชันของเวลา | - |
| D _o | เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อเทอร์โมไซฟอน | m |
| F | อัตราการเติมสารทำงาน | - |
| h _∞ | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพาที่พื้นที่ผิวของส่วนควบคุม | W/m ² .K |
| h _∞ | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพาที่พื้นที่ผิวของส่วนทำระเหย | W/m ² .K |
| l _a | เป็นความยาวในส่วน ที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อน | m |
| l _c | เป็นความยาวในส่วนส่วนควบคุม | m |
| l _c | ความยาวในส่วนทำระเหย | m |
| M _w | ปริมาณความชื้นของข้าวเปลือก | - |
| Q | อัตราการถ่ายเทความร้อนจริง | W |
| S _∞ | พื้นที่ผิวของส่วนควบคุม | m ² |
| S _∞ | พื้นที่ผิวของส่วนทำระเหย | m ² |
| t | ช่วงเวลาในการเก็บข้าวเปลือก | hr |
| t _b | อุณหภูมิในข้าวเปลือก, | °C |
| T _{b,new} | อุณหภูมิข้าวเปลือกในชั่วโมงที่ทำการคำนวณ | °C |
| T _{b,o} | อุณหภูมิข้าวเปลือกในชั่วโมงที่ผ่านมา | °C |

ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

| สัญลักษณ์ | ความหมาย | หน่วย |
|------------|--|--------------------|
| T_{si} | อุณหภูมิแหล่งระบายความร้อน | $^{\circ}\text{C}$ |
| T_{si} | อุณหภูมิแหล่งระบายความร้อน | $^{\circ}\text{C}$ |
| T_{so} | อุณหภูมิแหล่งกำเนิดความร้อน | $^{\circ}\text{C}$ |
| T_{so} | อุณหภูมิแหล่งกำเนิดความร้อน | $^{\circ}\text{C}$ |
| V_Q | ปริมาตรของของเหลวในเทอร์โมไซฟอนที่ขณะยังไม่ได้ทำงาน | m^3 |
| Z | ความต้านทานความร้อนรวม | K/W |
| Z_1 | ความต้านทานความร้อนระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนและผิวข้างนอกของส่วนทำระเหย | K/W |
| Z_{10} | ความต้านทานความร้อนในแนวแกนตามผนังของท่อ | K/W |
| Z_2 | ความต้านทานความร้อนโดยการนำผ่านความหนาของผนังท่อเทอร์โมไซฟอนในส่วนของส่วนทำระเหย | K/W |
| Z_3 | ความต้านทานความร้อนภายในของของไหลที่กำลังเดือด | K/W |
| Z_{3f} | ความต้านทานความร้อนฟิล์มของเหลว | K/W |
| Z_{3p} | ความต้านทานความร้อนในแอ่งเดือด | K/W |
| Z_4 | ความต้านทานความร้อนระหว่างหน้าสัมผัสไอกับผิวของของเหลวในส่วนของส่วนทำระเหย | K/W |
| Z_5 | ค่าความต้านทานความร้อนของ Pressure drop ระหว่างทางจากส่วนทำระเหยไปส่วนควบแน่น | K/W |
| Z_6 | ความต้านทานความร้อนระหว่างหน้าสัมผัสไอกับผิวของของเหลวในส่วนของส่วนควบแน่น | K/W |
| Z_7 | ความต้านทานความร้อนภายในของของไหลที่กำลังควบแน่น | K/W |
| Z_8 | ความต้านทานความร้อนโดยการนำผ่านความหนาของผนังท่อเทอร์โมไซฟอนในส่วนควบแน่น | K/W |
| Z_9 | ความต้านทานความร้อนระหว่างผิวของส่วนควบแน่นกับแหล่งระบายความร้อน | K/W |
| ΔT | ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนกับแหล่งระบายความร้อน | $^{\circ}\text{C}$ |

ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์

ความหมาย

หน่วย

๙ คำการนำความร้อน

W/m.K

