



รายงานโครงการวิจัย

การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับ

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล

A Solar Thermal Water Pump Combined with Biomass Energy

ปองพล รักการงาน และคณะ

มิถุนายน 2562

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญภาพ	ณ
สารบัญตาราง	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์	3
1.6 สถานที่ทำโครงการ	4
1.7 แผนการดำเนินงาน	4
1.8 งบประมาณ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	28

3.1 วิธีการดำเนินการ	28
----------------------	----

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การออกแบบระบบทำอากาศร้อน	29
3.3 การสร้างเครื่องทำอากาศร้อนจากพลังงานชีวมวล	31
3.4 การหาปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์	32
3.5 การหาปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง	33
3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	34
3.7 จุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	39
3.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน	40
บทที่ 4 ผลการทดลอง	42
4.1 ค่ารังสีอาทิตย์	42
4.2 ค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง	47
4.3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับระบบอบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืน	49
4.4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับระบบอบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนโดยใช้ระบบทำอากาศร้อนเสริมจาก การเผาชีวมวลมาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบ	58
4.5 ปริมาณความร้อน	66
4.6 ปริมาณความชื้นที่ลดลงจากระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	72
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	78
5.1 สรุปผลการทดลอง	78

5.2 อภิปรายผล	79
5.3 ข้อเสนอแนะ	79

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	80
ภาคผนวก	83
ก อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวติดกั้นความร้อน	84
ข อุณหภูมิการพาความร้อนมีใส่ผิวติดกั้นความร้อนโดยใช้ระบบทำอากาศ	110
ร้อนเสริมจากการเผาชีวมวลมาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบ	
ค ตัวอย่างการคำนวณ	132
ประวัติผู้วิจัย	139

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนที่แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปี	8
2.2 การไหลแบบราบเรียบ การไหลแบบปั่นป่วน	11
2.3 ตัวอย่างชีวมวลในประเทศไทย	12
2.4 ลักษณะการไหลที่แตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ ท่อสองชั้น (Double-pipe heat exchanger)	16
2.5 การไหลที่แตกต่างกันใน (Cross flow heat exchangers)	16
2.6 Shell and tube heat exchangers 1 shell pass and 1 tube pass (1-1 exchanger)	17
2.7 Multi-pass flow arrangements in shell-and-tube heat exchangers	17
2.8 ฉนวนใยเซรามิก	19
2.9 ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์	19
2.10 ฉนวนใยหิน	20
3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน	28
3.2 ระบบทำอากาศร้อนจากการเผาชีวมวล	30
3.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในระบบ	30
3.4 ลักษณะครีบบางกลม	30
3.5 ระบบเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวล	31

3.6 เครื่องทำอากาศร้อนพลังงานชีวมวลด้านข้าง	31
3.7 เครื่องทำอากาศร้อนพลังงานชีวมวลด้านหน้า	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.8 เครื่องทำอากาศร้อนพลังงานชีวมวลด้านใน	32
3.9 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	34
3.10 เครื่องอบลมร้อน	35
3.11 อุปกรณ์วัดความเร็วลม	35
3.12 ไพรานอมิเตอร์ใช้วัดค่ารังสีอาทิตย์	36
3.13 สายเทอร์โมคัปเปิ้ล (type T)	36
3.14 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 5 ตำแหน่ง	37
3.15 โถดูดความชื้น	37
3.16 อุปกรณ์เก็บข้อมูล	38
3.17 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์	38
3.18 ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง	39
3.19 จุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	39
4.1 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของวันที่ 8 กันยายน 2561	42
4.2 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของวันที่ 9 กันยายน 2561	43
4.3 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของวันที่ 10 กันยายน 2561	44
4.4 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของวันที่ 11 กันยายน 2561	44
4.5 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของวันที่ 23 กันยายน 2561	45

4.6 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของวันที่ 24 กันยายน 2561	46
4.7 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของวันที่ 25 กันยายน 2561	47
4.8 จุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน	48
4.9 ความสัมพันธ์อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืนวันที่ 8 กันยายน 2561	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.10 ความสัมพันธ์อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืนวันที่ 9 กันยายน 2561	50
4.11 ความสัมพันธ์อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืนวันที่ 10 กันยายน 2561	52
4.12 ความสัมพันธ์อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืนวันที่ 11 กันยายน 2561	54
4.13 จุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับ ระบบทำอากาศร้อนเสริมจากการเผาชีวมวลมาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบ	56
4.14 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในระบบทำอากาศร้อนและระบบอบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์ วันที่ 23 กันยายน 2561	58
4.15 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในระบบทำอากาศร้อนและระบบอบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์ วันที่ 24 กันยายน 2561	59
4.16 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในระบบทำอากาศร้อนและระบบอบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์ วันที่ 25 กันยายน 2561	62
4.17 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่ได้เทียบกับเวลาวันที่ 11 กันยายน 2561	64
4.18 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่สูญเสียเทียบกับเวลาวันที่ 11 กันยายน 2561	67
4.19 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่ได้เทียบกับเวลาวันที่ 25 กันยายน 2561	67
4.20 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่สูญเสียเทียบกับเวลาวันที่ 25 กันยายน 2561	68
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับค่ารังสีอาทิตย์ 25 กันยายน 2561	69

4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมี ผิวดูดกลืนความร้อน วันที่ 11 กันยายน 2561	69
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงาน ชีวมวล 25 กันยายน 2561	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.24 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสง อาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อนกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจาก พลังงานชีวมวล ระหว่างวันที่ 11 และ 25 กันยายน 2561	71
4.25 ค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (AOAC)	72
4.26 ตำแหน่งการวางกล้วยน้ำว้า	73
4.27 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นการพาความร้อนโดยมีผิวดูดกลืนร่วมกับระบบ ความร้อนเสริมจากชีวมวล	73
4.28 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่สูญเสียเทียบกับเวลาวันที่ 11 และ 25 กันยายน 2561	74
4.29 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ปริมาณการแผ่ความร้อนของผิวดูดกลืนเทียบกับเวลาวันที่ 11 และ 25 กันยายน 2561	75
4.30 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ปริมาณการสะท้อนรังสีของอลูมิเนียมเทียบกับเวลาวันที่ 11 และ 25 กันยายน 2561	76
4.31 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ปริมาณการสะท้อนรังสีของอลูมิเนียมเทียบกับเวลาวันที่ 11 และ 25 กันยายน 2561	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางค่าความชื้น – ความร้อนของชีวมวล	12
4.1 ค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวกับน้ำหนักร	48
4.2 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 8 กันยายน 2561	50
4.3 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 9 กันยายน 2561	52
4.4 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 10 กันยายน 2561	54
4.5 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 11 กันยายน 2561	56
4.6 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 23 กันยายน 2561	60
4.7 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 24 กันยายน 2561	63
4.8 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 25 กันยายน 2561	65

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	พื้นที่การถ่ายเทความร้อน (m^2)
A_s	พื้นที่ผิวการแผ่รังสีของวัตถุ (m^2)
C_p	ค่าความจุความร้อนร้อนจำเพาะ ($kJ/kg \cdot ^\circ C$)
d	มวลของวัสดุแห้ง (kg)
h	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 \cdot K$)
h_{fg}	ความร้อนแฝงจำเพาะของสาร (kJ/kg)
k	ค่าการนำความร้อน ($W/m \cdot K$)
L	ความยาวท่อ (m)
M_d	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)
M_w	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)
m	มวล (kg)
Q	ค่าความร้อน (W)
$\dot{Q}_{cond}$	อัตราการนำความร้อน (W)
$\dot{Q}_{conv}$	อัตราการพาความร้อน (W)

Q_{in}	ปริมาณความร้อนในผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ก่อนไหลเข้าเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อน (W)
Q_{net}	ความร้อนสุทธิ (W)
Q_{out}	ปริมาณความร้อนในผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เมื่อไหลออกจากเครื่อง แลกเปลี่ยนร้อน (W)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
$Q_{\text{ระบบทำอากาศร้อน}}$	ความร้อนที่ได้จากระบบทำอากาศร้อน (W)
I_T	ค่ารังสีอาทิตย์ (W/m^2)
T_s	อุณหภูมิของวัตถุ (K)
T_w	อุณหภูมิที่ผิววัตถุ (K)
T_∞	อุณหภูมิของไหล (K)
V	ปริมาตรของของไหล (m^3)
W	มวลวัสดุเปียก (kg)
η	ค่าประสิทธิภาพ
ε	ค่าความสามารถในการแผ่รังสี
ρ	ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)
σ	ค่าคงที่สเตฟาน - โบลต์ซมันน์มีค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot K$
ΔT	ความแตกต่างของอุณหภูมิอบแห้งและอุณหภูมิแวดล้อม
Δx	ระยะทางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน (m)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ศิริชัย เทพา จากสายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงาน
สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ปรึกษาโครงการศึกษาวิจัย ที่คอย
ให้คำแนะนำ และให้ความรู้ตลอดจนแนวทางแก้ปัญหาอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยอย่างมาก
ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่อำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ใน
โครงการวิจัย ตลอดจนบุคลากรและนักศึกษาทุกคน และโครงการนี้จะเกิดขึ้นมาได้ต้องขอขอบคุณ
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่อุดหนุนงบประมาณกับโครงการวิจัย ตามมติ
คณะรัฐมนตรี ปีงบประมาณ 2561

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจให้ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ปองพล รักการงาน และคณะ

ชื่อเรื่อง	การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล
หัวหน้าโครงการวิจัย	อาจารย์ปองพล รักการงาน
ผู้ร่วมโครงการวิจัย	อาจารย์ชลิตล อินยาศรี อาจารย์จตุพร อินทะนิน อาจารย์เจิมธง พรารณารักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กังสดาล สกุลพงษ์มาลี
ที่ปรึกษาโครงการ	รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย เทพา สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
งบประมาณ	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ตามมติคณะรัฐมนตรี 556,800 บาท

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้าง และศึกษาประสิทธิภาพระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล โดยโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบหลังคาโค้งพื้นที่ขนาด 2 ตารางเมตร และมีผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากถ่านกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้กล้วยน้ำว้าในการทดลอง จากการศึกษาวิจัยพบว่าการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน มีปริมาณความร้อนสูงในช่วงที่มีค่าความชื้นของพลังงานแสงอาทิตย์สูงอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 68.7 องศาเซลเซียส โดยค่าความชื้นในกล้วยน้ำว้าจากน้ำหนักเริ่มต้น 8.72 กิโลกรัม ลดลงเหลือ 3.50 กิโลกรัม ใช้เวลาในการอบแห้ง 4 วัน และได้ทดลองระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล โดยได้ความร้อนสูงสุด 1.33 กิโลวัตต์ โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 74.22% ขณะที่อุณหภูมิภายในระบบสูงสุด 61.6 องศาเซลเซียส ในการทดลองอบกล้วยน้ำว้า 8.50 กิโลกรัม มีค่าความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นที่ 57.65% ลดลงจนความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 25.29% และน้ำหนักลดลงเหลือ 3.46 กิโลกรัม โดยใช้

เวลาอบ 3 วัน เมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้า ที่ใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อนที่ใช้เวลาในการอบ 4 วัน

คำสำคัญ : ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์/พลังงานชีวมวล/อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมนุษย์ได้นำพลังงานมาใช้อย่างต่อเนื่องในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งดวงอาทิตย์คือแหล่งพลังงานสำคัญเป็นรากฐานแหล่งพลังงานบนโลกและจำเป็นต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายบนโลก พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดและปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม มนุษย์จึงใช้พลังงานแสงอาทิตย์ถนอมอาหารโดยการตากแห้ง เพื่อกำจัดความชื้นที่มีอยู่ในอาหารเพราะเป็นวิธีในการช่วยเก็บรักษาคุณภาพของอาหารให้มีเวลายาวนานขึ้น แต่การตากแห้งโดยตรงจะทำให้อาหารมีการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่นละออง มูลนก และแมลงรบกวน เป็นต้น จึงมีการพัฒนาจากการตากแห้งสู่วิธีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบโรงเรือนอบแห้งที่มีประสิทธิภาพดีกว่า ทั้งยังช่วยป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย ในปัจจุบันมีวิธีการใช้วิธีการผลิตอาหารแห้งทั้งในระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับอุตสาหกรรมขนาดกลาง จึงมองเห็นได้ว่าอาหารแห้งได้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความนิยมในการบริโภคมากขึ้น ซึ่งบางส่วนมีการส่งออกต่างประเทศ แต่ในกระบวนการผลิตผู้ประกอบการยังประสบปัญหาจากการอบแห้งโดยใช้แสงแดดจากธรรมชาติ ซึ่งบางช่วงมีฝนตกทำให้แสงแดดถูกบดบังและเกิดเชื้อรา โดยรอบจากสิ่งแวดล้อมทำให้ในช่วงที่มีแสงแดดมีระยะเวลาไม่เพียงพอในการผลิตที่พอเหมาะและเนื่องจากประเทศไทยมีที่ตั้งในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงทำให้ประเทศไทยได้รับรังสีอาทิตย์ในปริมาณมาก จึงมีความเหมาะสมที่จะนำรังสีอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยการนำมาอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร โดยการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นตัวช่วยในการอบแห้ง แต่ด้วยการอบแห้งจำเป็นต้องใช้ในตอนกลางวันเพราะต้องใช้รังสีอาทิตย์ ทำให้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถดำเนินการทำงานในเวลากลางคืนได้ ประกอบกับปัจจุบันในเขตจังหวัดเพชรบุรีเป็นเขตที่ต้องเจอกับปัญหาเกี่ยวกับลมมรสุม เกิดการแปรปรวนทางภูมิอากาศทำให้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพต่ำลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ไม่ได้มาตรฐานสำหรับการส่งออกไปจำหน่ายให้ผู้บริโภค

จากการกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะศึกษาเกี่ยวกับการใช้ความร้อนเสริมมาช่วยในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากถ่านชีวมวล และใช้พัดลมป้อนความร้อนที่ได้เข้าในระบบอบแห้ง ซึ่งระบบนี้จะให้ความร้อนที่ถูกป้อนเข้าในระบบอบแห้ง จะเป็นตัวพา

ความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ และในระบบนี้จะสามารถดำเนินระบบ ในช่วงที่แสงแดดไม่เพียงพอได้ เพื่อที่จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งและระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในการสร้างความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.2.3 เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ออกแบบและสร้างโรงเรือนอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ 1 เครื่อง
- 1.3.2 ใช้แหล่งพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ และ ความร้อนเสริมจากเชื้อเพลิงจากถ่านชีวมวล
- 1.3.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้เป็นความร้อนร่วมดัดแปลงหม้อน้ำรถยนต์
- 1.3.4 ศึกษาตัวแปรที่มีผลกับการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพของโรงเรือนอบแห้ง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 ผลการศึกษาวิจัยของโครงการสามารถตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับชาติได้และสามารถนำเสนอในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติและระดับชาติได้
- 1.4.2 หน่วยงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แก่ กลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจชุมชนและผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม
- 1.4.3 ได้เทคโนโลยีการใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ร่วมกับความร้อนเสริม
- 1.4.4 แก้ปัญหาช่วงเวลาในการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงที่ไม่มีแดดและเวลากลางคืน
- 1.4.5 สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรให้เป็นที่รู้จักแพร่หลาย
- 1.4.6 เพื่อลดต้นทุนจากการใช้พลังงาน เช่น น้ำมัน ไฟฟ้า
- 1.4.7 มีสื่อที่สามารถอธิบายถึงวิธีการสร้างและใช้งานของเทคโนโลยีฯ สำหรับผู้ที่สนใจให้นำไปใช้งานได้จริง

1.4.8 เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ชุมชนในท้องที่จังหวัดเพชรบุรี ใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1 พลังงานชีวมวล (Biomass) หมายถึง สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ และ สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.5.2 ความเข้มของรังสีอาทิตย์ (The Intensity of sun rays) หมายถึง พลังงานที่ดวงอาทิตย์ส่งมายังชั้นบรรยากาศของโลกโดยเฉลี่ยแล้วความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่เป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18 เมกะจูลต่อตารางเมตร

1.5.3 กระบวนการอบแห้ง (Drying process) หมายถึง การลดความชื้นในอาหารหรือลดค่า Available Water ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์จะสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

1.5.4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchangers) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนจากของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ของไหลไม่จำเป็นต้องผสมกัน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเครื่องมือที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง เพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในระบบต่าง ๆ ทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างกว้างขวาง

1.6 สถานที่ทำโครงการ

คณาจารย์วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

1.7 แผนการดำเนินการ

ระยะเวลา	กิจกรรมตามแผน	ผลการดำเนินงาน
ตุลาคม – พฤศจิกายน 2560	ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	1.ข้อมูลในการวิจัย 2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ตุลาคม – พฤศจิกายน 2560	ออกแบบโครงสร้างและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	1.รูปแบบของระบบอบแห้ง 2.รูปแบบของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

พฤศจิกายน – ธันวาคม 2560	เลือกและจัดหาวัสดุอุปกรณ์	1.วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงการ
ธันวาคม 60 – มกราคม 61	สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	1.เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
มกราคม – กุมภาพันธ์ 2561	ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	1.อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2561	ทำการทดลอง	1.ผลการทดลอง
มิถุนายน – กันยายน 2561	สรุปผล นำเสนอการประชุมวิชาการ และจัดทำรายงาน	1.สรุปผลการทดลองตามเงื่อนไขต่างๆ 2.เผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับประเทศ 3.รูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์

1.8 งบประมาณ

รายการ	ราคา (บาท)
1. หมวดค่าตอบแทน	55,680
2. หมวดค่าจ้าง	171,600
3. หมวดค่าใช้สอย	80,000
4. ค่าวัสดุ	193,840
5. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	55,680
รวม	556,800

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แหล่งความร้อนเสริมจากการทำความร้อนจากการเผาไหม้ชีวมวล จำเป็นต้องเข้าใจทฤษฎีเบื้องต้นเพื่อทำการออกแบบ และเพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพทางความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบ

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของพลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพมหาศาลไม่มีวันหมดเป็นพลังงานสะอาดปราศจากอันตรายและมลพิษสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทุกพื้นที่ พลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เกิดจากกระบวนการนิวเคลียร์ที่เรียกว่า นิวเคลียร์ฟิวชั่น ซึ่งกระบวนการเกิดพลังงานบนดวงอาทิตย์เป็นผลจากการรวมตัวของอะตอมไฮโดรเจนเป็นอะตอมฮีเลียม และจะมีมวลอะตอมไฮโดรเจนส่วนหนึ่ง เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานในรูปแบบคลื่นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าถูกส่งออกไปรอบดวงอาทิตย์ โดยพลังงานที่ดวงอาทิตย์สร้างขึ้นมีค่าประมาณ 3.80×10^{23} กิโลวัตต์ แต่เนื่องจากระยะห่างจากโลกถึง 93 ล้านไมล์ ทำให้พลังงานที่ส่งมายังโลกเหลือประมาณ 1.80×10^{14} กิโลวัตต์ เมื่อถูกดูดซับจากชั้นบรรยากาศจะตกลงบนพื้นโลกประมาณ 1.25×10^{14} กิโลวัตต์ หรือ มีค่าประมาณ 961 - 1,191 วัตต์ต่อตารางเมตร คิดเป็นพลังงานประมาณ 2,000 - 2,500 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี โดยปริมาณความร้อนที่ดวงอาทิตย์ถ่ายเทมาสู่โลกทั้งหมดนั้น กว่าร้อยละ 31.80% ได้ถูกสะท้อนกลับในลักษณะคลื่นสั้นสู่ชั้นบรรยากาศ และมีเพียงร้อยละ 68.20% ที่เหลือเท่านั้นที่ผิวโลกสามารถรับความร้อนได้ ซึ่งโลกได้นำพลังงานที่ได้รับนี้ไปก่อให้เกิดความร้อนในโลกรวมร้อยละ 43.50% นำพลังงานความร้อนไปก่อให้เกิดการระเหยของน้ำและของเหลวบนโลกรวมถึงการเกิดฝนตกต่างๆ รวมร้อยละ 22.70% นำพลังงานนี้ไปก่อกำเนิดคลื่นและลมต่าง ๆ บนโลกอีกร้อยละ 1.90% และเหลือเป็นพลังงานไปใช้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกรวมทั้งมนุษย์ สัตว์ และการเจริญเติบโตของพืช อีกเพียงร้อยละ 0.10% เท่านั้น และหากเทียบกับการใช้พลังงานในโลก พบว่าพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบผิวโลก 1 เดือน หากมนุษย์สามารถมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดจะ

สามารถทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินได้ 8 ล้านล้านตัน ซึ่งเป็นปริมาณของถ่านหินที่คาดการณ์ว่ามีเหลืออยู่ในโลกทั้งหมด

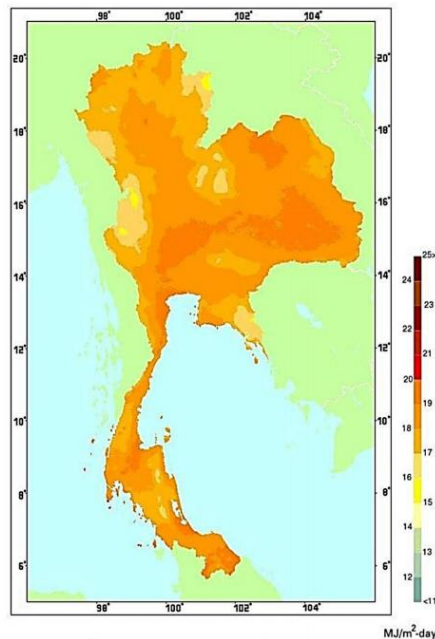
2.1.2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมของประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภาคพื้นดิน พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศไทยได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 - 24 เมกะจูลต่อตารางเมตร และเมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีพบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี อุตรดิตถ์ และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาทอยุธยา และจังหวัดลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีที่ 19 - 20 เมกะจูลต่อตารางเมตร พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 14.30 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทยนอกจากนี้ยังพบว่าร้อยละ 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีในช่วง 18 - 19 เมกะจูลต่อตารางเมตร จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.20 เมกะจูลต่อตารางเมตร จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงและได้จัดทำเป็นแผนที่ เรียกแผนที่ดังกล่าวว่าแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ในแผนที่จะแสดงความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่บริเวณต่าง ๆ ของประเทศไทยได้รับในรูปของค่ารายวันเฉลี่ยต่อปีในหน่วย เมกะจูลต่อตารางเมตร และภายหลังนำผลที่วิเคราะห์ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ภาพถ่ายดาวเทียมไปตรวจสอบกับสถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ที่ได้จัดตั้งไว้ 25 แห่ง

จากผลการเปรียบเทียบพบว่าค่าที่ได้จากแผนที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัด โดยมีความแตกต่างในรูปของ Root Mean Square Difference = 5.30% ซึ่งถือว่าความละเอียดถูกต้องของแผนที่ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ดี

จากแผนที่ความเข้มรังสีอาทิตย์จะทำให้ทราบศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริเวณที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงแผ่เป็นบริเวณกว้างตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ

ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจังหวัดอุดรธานี นอกจากนี้ยังมีบริเวณที่มีศักยภาพสูงในพื้นที่บางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อโยธยา และลพบุรี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)



ภาพที่ 2.1 แผนที่แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปี

ที่มา : (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

2.1.3 การอบแห้ง

การอบแห้ง คือกระบวนการที่ความร้อนจากอากาศถ่ายเทให้กับวัสดุที่มีความชื้น และภายในวัสดุจะ เกิดขบวนการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลจากวัสดุสู่อากาศพร้อมกันทำให้ความชื้นภายในวัสดุลดลง ในขณะที่อากาศร้อนถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุและขณะเดียวกันก็จะพาความชื้นออกจากวัสดุด้วย ขบวนการ อบแห้ง 2 ช่วงคือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เมื่อทำการ อบแห้งไประยะหนึ่ง อัตราการอบแห้งจะลดลงถึงความชื้นค่าหนึ่ง เรียกค่าความชื้นที่จุดนี้ว่าความชื้น วิกฤติ ซึ่งถ้าค่าความชื้นต่ำกว่า ค่าความชื้นวิกฤติ ในการอบแห้งนั้นจะมีแต่ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เท่านั้น ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ผิวของวัสดุ จะมีน้ำมาเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก อัตราการอบแห้งจะถูก ควบคุมโดย ความเร็วลม อุณหภูมิ และ ความชื้นสัมพัทธ์ใน

อากาศ ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงอิทธิพล ของสภาวะอากาศภายนอกจะลดลงด้วย อัตราการอบแห้งจะถูกควบคุมโดยอัตราการแพร่ของน้ำภายใน วัสดุมาที่ผิวเท่านั้น

ในกรณีของผลไม้บางชนิด เช่น กล้วย การอบแห้งนอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแล้วยังช่วยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำตาลและเนื้อสัมผัสของกล้วย ซึ่งทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ต่างจากผลิตภัณฑ์สด สำหรับกรณีประเทศไทยผลไม้ที่มีการแปรรูปโดยการอบแห้งมากที่สุด คือ กล้วยน้ำว้า โดยในปัจจุบันมีผลผลิตกล้วยตากปีละประมาณ 4,000 ตัน

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุความชื้นในวัสดุสามารถ แสดงได้ 2 แบบ คือ

ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis, wb)

$$M_w = \frac{W - d}{w} \times 100 \quad (2.1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis, db)

$$M_d = \frac{W - d}{d} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ W คือ มวลของวัสดุ, kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, kg

M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, % wb

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, % db

2.1.4 การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนแบบบังคับ

การพา คือ วิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่ระหว่างผิวของของแข็งและของไหล ของไหลจะเป็นตัวพาความร้อนมาให้ หรือพาความร้อนออกจากผิวของของแข็ง กลไกที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาได้นั้น เกิดจากผลรวมของการนำความร้อน การสะสมพลังงานและการเคลื่อนที่ของการไหล การพายังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด การพาตามธรรมชาติ (Natural หรือ

Free convection) และการพาโดยการบังคับ (Forced convection) อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน คำนวณได้จากสมการที่ 2.3 ซึ่งเขียนได้ดังนี้

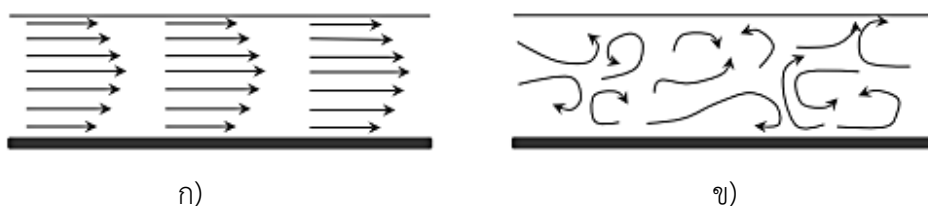
$$q = hA(T_h - T_c)$$

(2.3)

สมการนี้เป็นสมการที่ใช้สำหรับคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ในกรณีทั่ว ๆ ไป ปริมาณที่สำคัญที่สุดในสมการนี้ก็คือ h (สัมประสิทธิ์การพาความร้อน)

2.1.4.1 การพาความร้อนโดยการบังคับ (Forced convection)

เกิดขึ้นเมื่อของไหลจะมีความเร็วอยู่แล้วด้วยกลไกภายนอก เช่น พัดลม เมื่อของไหลมีความเร็ว จะต้องทราบถึงความเร็วของของไหลในกลไกก่อน โดยปกติแล้วเราจะแบ่งการไหลของของไหลเป็นสองแบบคือ การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) (ดังภาพที่ 2.2) โดยการไหลแบบราบเรียบนั้นการไหลจะไหลเป็นชั้นๆ หนาแน่นไปกับความร้อน จะถ่ายเทจากผิวของของแข็ง โดยการนำและถ่ายเทต่อ ๆ กันไปในของไหล การเคลื่อนที่ของความร้อนส่วนใหญ่ จะเกิดจากอนุภาคของของไหลที่ได้รับความร้อนมาแล้วเคลื่อนที่นำไปยังที่อื่น ดังนั้นยังมีการไหลแบบปั่นป่วนมากเท่าใด การเคลื่อนที่ของความร้อนก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น



ภาพที่ 2.2 ก) การไหลแบบราบเรียบ ข) การไหลแบบปั่นป่วน

2.1.4.2 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural or free convection)

คือการเคลื่อนที่ของความร้อน ระหว่างผิวของของแข็งและของไหล โดยที่ของไหลไม่ถูกทำให้เคลื่อนไหวโดยกลไกภายนอกวัตถุ ซึ่งมีผิวเรียบอยู่ในของไหลซึ่งอยู่นิ่ง ถ้าอุณหภูมิของผิวสูงกว่าอุณหภูมิของของไหล ความร้อนจะเริ่มเคลื่อนที่มายังของไหลที่ชิดกับผิวนั้นทำให้ความ

หนาแน่นของของไหลที่อยู่ชิดติดผนังด้านล่างซึ่งทำให้เกิดแรงผลักดันให้ของไหลลอยตัวขึ้นของไหลที่อยู่ต่ำกว่าก็จะเคลื่อนเข้ามาแทนที่และทำให้เกิดการหมุนเวียนของของไหล

2.1.5 ชีวมวล

ชีวมวล หมายถึง สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน และสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้ ส่วนใหญ่จะไดมาจากเศษไม้หรือวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตร เช่น แกลบ ชังข้าวโพด ชานอ้อย กาก ปาล์ม ที่ได้ จากการสกัดน้ำมันดิบออกจากผลปาล์มสด กากมันสำปะหลัง กะลามะพร้าว เป็นต้น ดังแสดงในตัวอย่างของภาพที่ 2.3



แกลบ

ชานอ้อย

ชังข้าวโพด

กากมันสำปะหลัง

ผลปาล์มสด

ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างชีวมวลในประเทศไทย

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าความชื้น – ความร้อนของชีวมวล

ชนิดชีวมวล	ค่าความชื้น (%)	ค่าความร้อน(MJ/kg)
1. ฟางข้าว	10	12.33
2. แกลบ	12	13.52
3. ใบและยอดอ้อย	9.2	15.48
4. ชานอ้อย	50.73	7.37
5. ยอด ใบและลำต้นข้าวโพด	42	9.83
6. ชังข้าวโพด	40	9.62
7. เหง้ามันสำปะหลัง	40	5.49
8. กากมันสำปะหลัง	59.4	1.47
9. เปลือกมันสำปะหลัง	59.4	1.49
10. ลำต้นปาล์มน้ำมัน	48.40	7.54

11. ใบและทางปาล์ม	78	1.76
12. กะลาปาล์ม	12	16.90
13. ถั่วเขียว ถั่วลิสง	10.93	16.23
14. ตอ รากและกิ่งก้านไม้ยางพารา	55	6.57
15. ปีกไม้ยางพารา	55	6.57
16. จั่นและทะลายมะพร้าว	12	15.4
17. เปลือกและกาบมะพร้าว	12	16.23

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าความชื้น – ความร้อนของชีวมวล (ต่อ)

ชนิดชีวมวล	ค่าความชื้น (%)	ค่าความร้อน(MJ/kg)
18. กะลามะพร้าว	12	17.93
19. เปลือกมะม่วงหิมพานต์	6.6	5.49

ที่มา : (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560)

พลังงานที่ได้จากชีวมวล (Biomass heating value) ชีวมวลแต่ละประเภทจะให้พลังงานจากการเผาไหม้ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ของชีวมวลแต่ละชนิด และรวมไปถึงสัดส่วนความชื้นที่สะสมอยู่ในชีวมวลโดยค่าความร้อนหรือพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวลจะแสดงได้เป็น

2.1.5.1 ปริมาณความร้อนของวัตถุ (Heat, Q)

เป็นพลังงานความร้อนที่วัตถุรับเข้ามาหรือคายออกไป จากการศึกษาค้นคว้าของความร้อนต่อสารหรือวัตถุในขั้นนี้จะศึกษาเพียงสองด้าน คือ

1) ความร้อนจำเพาะ (Specific heat) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงโดยสถานะยังคงรูปเดิม

2) ความร้อนแฝง (Latent Heat) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะโดยอุณหภูมิคงที่

3) ความจุความร้อน (Heat capacity, C) คือความร้อนที่ทำให้สารทั้งหมดที่กำลังพิจารณามีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งหน่วย โดยสถานะไม่เปลี่ยน

ถ้าให้ปริมาณความร้อน ΔQ แก่วัตถุ ทำให้อุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป ΔT ดังนั้นถ้าอุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป 1 หน่วย จะใช้ความร้อน C คือ

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (2.4)$$

4) ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat capacity , c) คือความร้อนที่ทำให้สาร(วัตถุ) มวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งองศาเซลวิน คือ

$$c = \frac{\Delta Q}{m\Delta T} \quad (2.5)$$

นั่นคือ เมื่อสารมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มจาก T_1 เป็น T_2 และความจุความร้อนจำเพาะมีค่าคงตัว ความร้อนที่สารได้รับ คือ

$$Q = mC_p \Delta T \quad (2.6)$$

เมื่อ Q = ค่าพลังงาน (KW)

m = mass flow rate (kg/s)

ΔT = temperature difference ($^{\circ}\text{C}$)

5) ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value, LHV) เป็นค่าพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้จริงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งได้หักพลังงานส่วนหนึ่งที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำที่สะสม อยู่ในชีวมวลออกไประหว่างการเผาไหม้ โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น กิโลจูลต่อกิโลกรัม หรือ กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

6) ค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) คือ ค่าความร้อนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ที่สภาวะมาตรฐาน (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ) โดยเชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกเผาไหม้ในภาชนะปิดที่แช่อยู่ในน้ำหลังจากที่เชื้อเพลิงชีวมวลเผาไหม้จะคายความร้อนให้แก่ น้ำทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มสูงขึ้นซึ่ง เราสามารถหาปริมาณค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลได้จากการวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของน้ำ (เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ ไอน้ำที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะควบแน่นเป็นของเหลว)

ถ้ารู้องค์ประกอบธาตุของไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงชีวมวลและค่าความร้อนสูง สามารถ คำนวณค่าความร้อนต่ำได้จากสมการ

$$\text{HHV} = \text{LHV} + 5.72(9H + M) \text{ kcal/kg} \quad (2.7)$$

$$\text{HHV} = \text{LHV} + 23.95(9H + M) \text{ kJ/kg} \quad (2.8)$$

เมื่อ H เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล และ

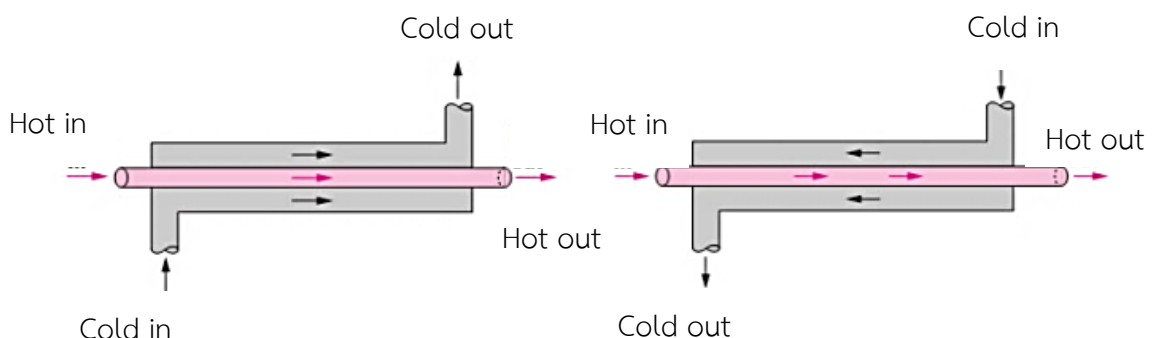
M เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล

2.1.6 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchangers)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนจากของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ของไหลไม่จำเป็นต้องผสมกัน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเครื่องมือที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง เพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในระบบต่าง ๆ ทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างกว้างขวาง หน้าที่หลักของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนก็คือ การนำเอาพลังงานความร้อนมาใช้อย่างถูกหลักการและมีประสิทธิภาพ ดังนั้น วิธีใช้และเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะต้องทำอย่างระมัดระวัง เงื่อนไขที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในการเลือกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรมก็คือ ความมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงและ ราคาถูก

2.1.6.1 ชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Types of Exchangers)

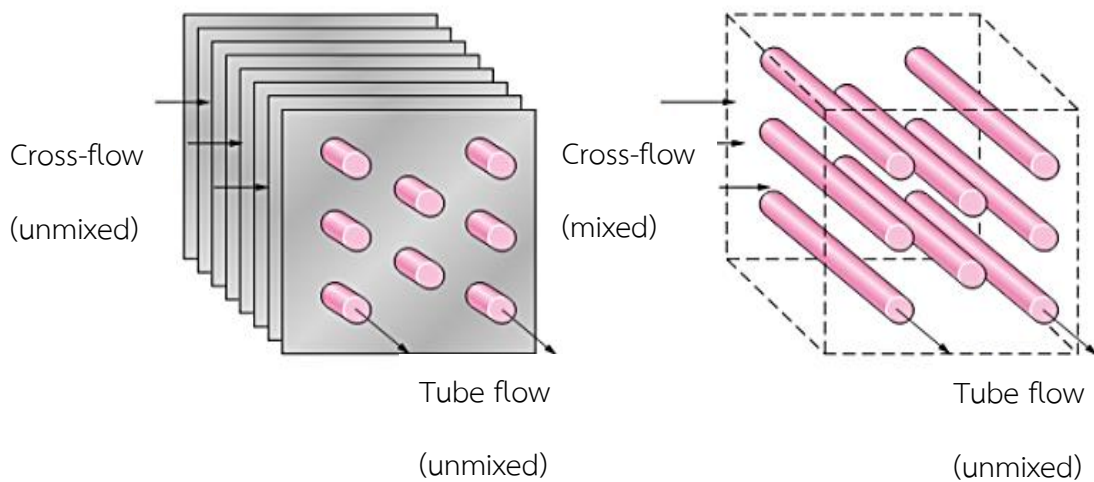
1) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Concentric tube or Double pipe) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้อาจอยู่ในลักษณะที่ท่อสองท่อสวมเข้าด้วยกันดังภาพที่ 2.4 ส่วนการไหลของของไหล อาจไหลสวนทาง กัน เรียกว่า Counter flow หรือไหลขนานกัน เรียกว่า Parallel flow



ภาพที่ 2.4 ลักษณะการไหลที่แตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ ท่อสองชั้น (Concentric tube or Double pipe)

ที่มา : (การถ่ายเทความร้อน Heat Transfer, 2551)

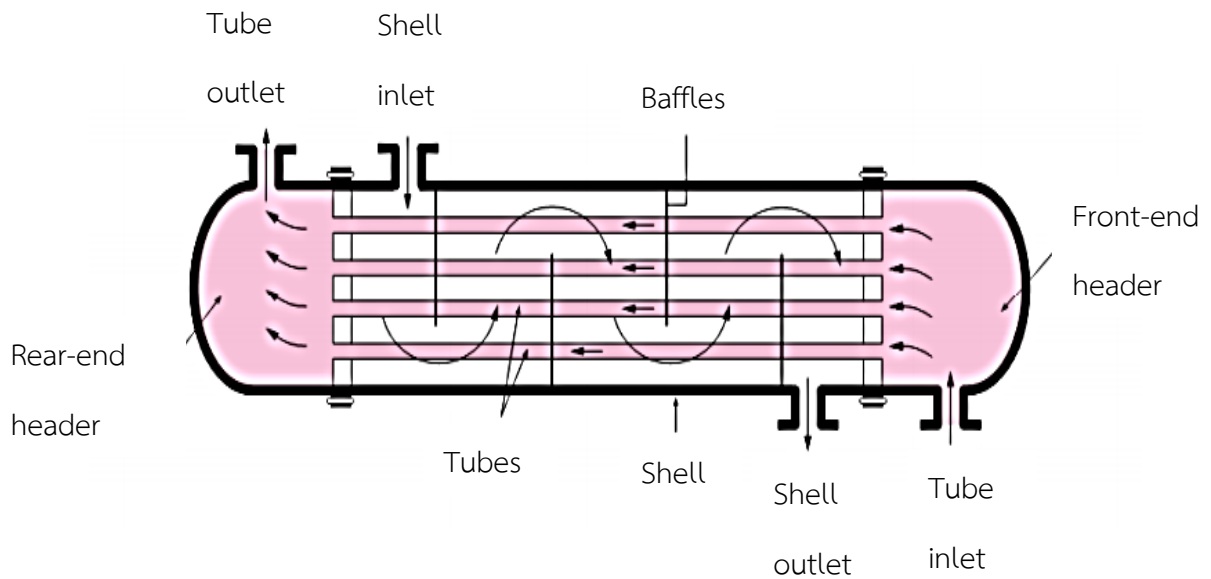
2) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ของไหลมีทิศทางการตั้งฉากกัน (Cross flow) ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบนี้ ของไหลจะไหลในทิศทางการตั้งฉากกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.5 การสร้างนั้นอาจให้อยู่ในลักษณะของไหล เที่ยวเดียว (Single pass) หรือ ไหลสองเที่ยว (Double pass) หรือมากกว่าก็ได้



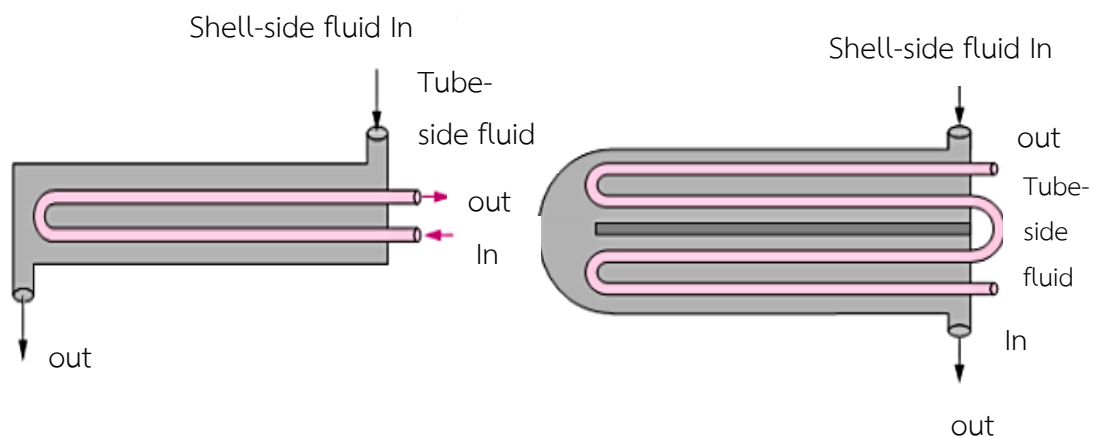
ภาพที่ 2.5 การไหลที่แตกต่างกันใน (cross flow heat exchangers)

ที่มา : (การถ่ายเทความร้อน Heat Transfer, 2551)

3) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ (Shell and tube) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ของไหลอย่างหนึ่งจะอยู่ในเชลล์และอีกอย่างหนึ่งจะอยู่ในท่อ สำหรับการไหลนั้นจะอยู่ในลักษณะไหลสวนทาง หรือไหลขนานก็ได้ หรือทั้งสองอย่างในเครื่องเดียวกันก็ได้ นอกจากนี้อาจออกแบบให้ของไหลมีทิศทางการตั้งฉากกับท่อก็ได้



ภาพที่ 2.6 Shell and tube heat exchangers 1 shell pass and 1 tube pass(1-1 exchanger)
ที่มา : (การถ่ายเทความร้อน Heat Transer, 2551)



ภาพที่ 2.7 Multi-pass flow arrangements in shell-and-tube heat exchangers.

ที่มา : (การถ่ายเทความร้อน Heat Transer, 2551)

2.1.7 การแผ่รังสีของวัตถุดำ (blackbody)

วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0 เคลวิน จะแผ่รังสีออกมา โดยจะขึ้นกับสารที่ประกอบเป็นพื้นผิวของวัตถุและอุณหภูมิของวัตถุนั้น โดยทั่วไปวัตถุแต่ละชนิดจะแผ่รังสีต่อหนึ่งหน่วย พื้นที่ผิวของวัตถุได้ไม่เท่ากัน ถึงแม้จะมีอุณหภูมิเท่ากันก็ตาม เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแผ่รังสีและการดูดกลืนรังสีของวัตถุต่าง ๆ นักวิทยาศาสตร์จึงได้กำหนดวัตถุในอุดมคติที่เรียกว่า “วัตถุดำ” ขึ้นโดยวัตถุดำมีสมบัติในการแผ่รังสีและดูดกลืนรังสีสมบูรณ์ กล่าวคือที่อุณหภูมิค่าหนึ่ง วัตถุดำจะแผ่รังสีได้สูงสุด เมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่น ๆ และรังสีที่ตกกระทบวัตถุดำจะถูกวัตถุดำดูดกลืนหมดโดยไม่มีการ

สะท้อนกลับ ธรรมชาติไม่มีวัตถุดำอยู่จริง แต่มีวัตถุที่มีสมบัติใกล้เคียงกับวัตถุดำ เช่น วัตถุที่เคลือบด้วย “Lampblack Paint” วัตถุอีกชนิดหนึ่งที่มีสมบัติใกล้เคียงกับวัตถุดำ คือ โพรง (Cavity) ที่มีอุณหภูมิ ของผิวในสมำเสมอ T และมีช่องเล็กๆ ที่ให้รังสีเข้าไปภายในโพรง และมีช่องเล็กๆ ให้รังสีแผ่ออก (เสริม จันทรฉาย, 2560: 77 - 78)

2.1.8 ฉนวนความร้อนที่ดี

วัตถุหรือวัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย ฉนวนกันความร้อนที่ดีจะทำหน้าที่ต้านทานหรือป้องกันมิให้พลังงานความร้อนส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้สะดวก

2.1.8.1 การเลือกใช้งานฉนวนกันความร้อนมีดังนี้

1) พิจารณาจากประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อน (ค่า R) มีหน่วยเป็น ตารางเมตร-องศาเคลวินต่อวัตต์ (Thermal resistance – R value, $m^2 K/W$)

2) สภาพการนำความร้อน (ค่า K) มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อเมตร-องศาเคลวิน (Thermal conductivity – K value, $W/m.K$)

2.1.8.2 ลักษณะของวัสดุฉนวนกันความร้อนมีดังนี้

1) อลูมิเนียมฟอยล์ มีความมันวาวของผิวแผ่นฟอยล์ มีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อน

2) แบบโฟม ทนทานต่อกรดและด่าง น้ำหนักเบา แข็งแรง สามารถคงสภาพเดิมได้แม้จะโดนน้ำหรือความชื้น

3) โยแก้ว มีโพรงอากาศเล็ก ๆ จำนวนมาก ซึ่งแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยแก้ว ทำหน้าเก็บกักความร้อนไว้

4) โยหิน จัดเป็นเส้นใยจากธรรมชาติที่ไม่มีสารประกอบของแอสเบสตอส (Asbestos) จึงปลอดภัยต่อสุขภาพ สามารถกันความร้อนและดูดซับเสียง เทียบเท่ากับฉนวนกันความร้อนใยแก้ว และสามารถทนไฟได้ดีกว่า



ภาพที่ 2.8 ฉนวนใยเซรามิก

ที่มา : (beelievesourcing, 2561)



ภาพที่ 2.9 ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์

ที่มา : (beelievesourcing, 2561)



ภาพที่ 2.10 ฉนวนใยหิน

ที่มา : (beelievesourcing, 2561)

2.1.9 การวัดอัตราการไหลของอากาศ

เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์จะต้องมีอากาศไหลเข้าและไหลออกจากเครื่องอบแห้ง เนื่องจากอัตราการไหลของอากาศมีอิทธิพลต่ออัตราการแห้งของวัสดุที่ต้องการอบแห้ง ดังนั้นในการทดลองที่ดีจึงต้องทำการวัดอัตราการไหลของอากาศด้วย โดยทั่วไปจะทำการวัดความเร็วอากาศที่ไหลเข้าและออกด้วยแอนเนโมมิเตอร์ (Anemometer) แล้วนำมาคำนวณอัตราการไหลของอากาศจากสมการ (เสริม จันทร์ฉาย, 2560: 77 - 78)

$$\dot{m} = \rho A \bar{v} \quad (2.9)$$

เมื่อ $\dot{m}$ คืออัตราการไหลของอากาศ (kg/s)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของช่องที่อากาศไหลเข้าหรือออก (m^2)

$\bar{v}$ คือความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ไหลเข้าหรือออก (m/s)

ρ คือความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จารุวัฒน์ เจริญจิต (2555) เป็นบทความวิชาการปริทรรศน์เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งด้วยอาทิตย์ในประเทศไทยพบว่าสามารถแบ่งตามวิธีการรับรังสีอาทิตย์ได้ 3 แบบ คือ รับรังสีอาทิตย์โดยตรง โดยอ้อมและแบบผสมมีลักษณะการ หมุนเวียนอากาศภายใน 2 ลักษณะ คือหมุนเวียนตามธรรมชาติ (Passive system) และหมุนเวียนแบบบังคับ (Active system) โดยปัจจัยหลักของการเพิ่มสมรรถนะการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ คือ อุณหภูมิ ความเร็วและความชื้นของอากาศในระบบ รวมถึงการพัฒนาทำให้มีความสม่ำเสมอ และเพิ่มระยะเวลาการอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากรังสีอาทิตย์เป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้รังสีอาทิตย์มีความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์มากขึ้นตามลำดับ โดยการประยุกต์ใช้ระบบ ทำน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ที่มีถึงสะสมน้ำร้อนทำงานร่วมกับโรงเรือนกระจกเป็นแนวทางที่ควรศึกษาเพื่อพัฒนาการผลิตอากาศร้อนในกระบวนการอบแห้งแบบ Mixed active solar drying และ Mixed passive solar drying ตามลำดับโดยอุณหภูมิที่สามารถผลิตได้แปรผันตาม

สมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละชนิด โดยใช้ความร้อนเป็นตัวกลางสะสมความร้อนหรือทำงานร่วมกับระบบฮีตปั๊ม ตามความเหมาะสมของวัสดุอบแห้งชนิดต่างๆ

ลือพงษ์ ลือนามและคณะ (2556) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง พัฒนาเตาเผาถ่านผลิตความร้อนสำหรับอบแห้งพริก และเพื่อทดสอบเตาเผาถ่านอบแห้งพริกต้นแบบที่พัฒนาขึ้น จึงได้ออกแบบสร้างเตาเผาถ่านผลิตความร้อนสำหรับอบแห้งพริก โดยมีส่วนประกอบ 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนห้องเผาไหม้ เป็นเตาเผาถ่านผลิตความร้อน และส่วนตู้อบแห้งพริก เป็นห้องที่มีชั้นตะแกรงวางพริกสดในการอบแห้ง พบว่าใช้ปริมาณแกลบเชื้อเพลิงเฉลี่ย 56 กิโลกรัม ทำให้อุณหภูมิของเตาเผาถ่านผลิตความร้อนที่เพิ่มขึ้น มีผลให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเพิ่มขึ้นชั้นล่าง กลาง และบนอย่างต่อเนื่อง ตามไปด้วยสูงสุด 55.33 64.00 และ 77.33 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ความชื้นของพริกจาก 78.93 เปอร์เซ็นต์(ฐานเปียก) ที่วางอยู่ชั้นล่าง กลาง และบน ลดลงอย่างต่อเนื่องจนอยู่ในระดับ 48.75 39.71 และ 21.13 เปอร์เซ็นต์(ฐานเปียก) โดยมีอัตราการอบแห้งพริกเฉลี่ยลดลงชั้นล่าง กลาง และบน เท่ากับ 0.05 0.06 และ 0.09 กรัมต่อชั่วโมง ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง และได้ผลผลิตถ่านแกลบ 10.33 กิโลกรัม

พลากร ญาณะ และคณะ (2556) เป็นการพัฒนาตู้อบและกระบวนการอบปลาแห้งโดยใช้พลังงานเชื้อเพลิงชีวมวล โดยทำการแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเตาเผาฟืนทำหน้าที่ให้ความร้อนแบบต่อเนื่อง โดยอยู่ส่วนล่างของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนที่สองอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะทำหน้าที่เปลี่ยนความร้อนของฟืนมาเป็นลมร้อนโดยการส่งความร้อนผ่านท่อเหล็กส่วนสุดท้ายเป็นตู้อบภายในจะประกอบไปด้วยห้องกระจายลมแบบมีครีบริบ สามารถปรับองศาของครีบริบได้ โดยทำการทดสอบการอบปลาครั้งละ 100 กิโลกรัม ที่ความชื้นเริ่มต้น 160.4 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ทำการลดความชื้นเป็นแบบต่อเนื่องจนถึงความชื้นสุดท้าย 12.2 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการอบปลาสด คือที่อุณหภูมิอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบทั้งหมด 15 ชั่วโมง

ชลนัทร ยศบุญเรืองและคณะ (2556) การทำงานของระบบผลิตน้ำร้อนรังสีแสงอาทิตย์จะถูกนำไปเก็บไว้ในถังกักเก็บความร้อน จากนั้นจะส่งผ่านไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนในห้องอบแห้งส่วนขดลวดความร้อนจะทำงานในช่วงที่แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอที่จะทำให้น้ำในถังมีอุณหภูมิมากพอในการทดสอบอบใยผ้าอัดแผ่นจำนวน 10 กิโลกรัม ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 300 % (dry basis) จนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 50 % (dry basis) อุณหภูมิที่ทดสอบคือ 50 55 60 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบที่ใช้แสงทำน้ำร้อนพลังงาน

แสงอาทิตย์ทำอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มต้นและ ทำการทดสอบที่ใช้ขดลวดความร้อนทำอุณหภูมิเริ่มต้นของ น้ำจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด

เทวรัตน์ ตรีอานรรค และคณะ (2556) การวิจัยครั้งนี้เป็นการเพิ่มคุณค่าของกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีการลดความชื้น และมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะลดเวลาและพื้นที่จากวิธีลดความชื้น แบบดั้งเดิม (การตากบนลานปูน) จากการศึกษาพบว่ากากมันสำปะหลัง มีความชื้นเริ่มต้น 81.10% (wb) ในพื้นที่ 1 งาน (400 ตารางเมตร) สามารถตากกากมันสำปะหลังได้ 17,100 กิโลกรัม ได้กากมันสำปะหลังแห้งปริมาณ 3,665 กิโลกรัม ที่ความชื้น 11.82% (wb) หลังจากตากเป็นเวลา 12 วัน โดยแต่ละวันมีการกลับกอง 8 ครั้ง ส่วนการลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารี พบว่ากากมันสำปะหลังที่ผ่านเครื่องเอ็กซ์ ทูร์เดอร์ซึ่งมีความชื้น 68.5 % (wb) จำนวน 40 กิโลกรัม (หรือคิดเป็น 14% ของถังอบ) สามารถถูกลดความชื้นให้เหลือ 13.8 % (wb) ได้ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ปริมาณกากมันสำปะหลังที่ได้นี้คิดเป็น 61.23 % ของปริมาณกากมันสำปะหลังแห้งทั้งหมด ส่วนที่เหลือ (38.77 %) ซึ่งเป็นกากมันสำปะหลังแห้งที่ลอดผ่านรูตะแกรงจะต้องถูกนำไปอบลดความชื้นเพิ่มเติมอีกครั้ง

อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และ สมบัติ ทัพทรัพย์ (2557) บทความนี้มุ่งเปรียบเทียบหลักการทำงานของ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติ คือ อากาศภายในเครื่องอบแห้ง เมื่อได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว จะมีความชื้นสัมพัทธ์และมีความหนาแน่นลดลง และลอยตัวขึ้นสูงผ่านชั้นวางผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง อากาศร้อนนี้จะพาความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์แล้วไหลออกจากเครื่องอบแห้งไปสู่อากาศแวดล้อม ที่ค่าความชื้นรังสีอาทิตย์ 650.5 วัตต์ ต่อตารางเมตร และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 องศาเซลเซียส จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องแห้ง 30-40 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 0.45 เมตรต่อวินาที ส่วนชนิดพาความร้อนแบบบังคับ เป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้มักมี แผงรับรังสีแยกออกจากตัวเครื่องและมีการหุ้มฉนวนที่ตัวเครื่องเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนด้วย ที่ค่าความชื้นรังสีอาทิตย์ 650.5 วัตต์ต่อตารางเมตร และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องแห้ง

ชนะวิทย์ ทองวิเชียร และ กฤษณพงศ์ สังขวาสี (2558) งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเตาอบความร้อนจากวัสดุธรรมชาติโดยใช้แกลบเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนซึ่งเป็น วัสดุธรรมชาติใช้หลักการถ่ายเทความร้อนจากการแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านน้ำเป็นสารตัวกลางและให้

อากาศไหลผ่านจึงได้เป็นลมร้อน จากการสร้างเตาอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสามารถของเตาอบที่สร้างขึ้นโดยการทดลองอบพริกสด ในระยะเวลาในการ อบ 3 ชั่วโมง ที่ความเร็วลม 1.3 เมตรต่อวินาที ทำการวัดอุณหภูมิภายในเตาอบทุกๆ 15 นาที อุณหภูมิที่เตาอบทำได้เฉลี่ยสูงสุดที่ 87.80 องศาเซลเซียส โดยตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบคือ 60 และ 80 องศาเซลเซียส พริกที่ใช้ในการอบจำนวน 1,000 กรัม เมื่อผ่านการอบในเวลา 3 ชั่วโมง เตาอบสามารถทำให้ความชื้นลดลงโดยน้ำหนักของพริกที่ได้หลังจากการอบเฉลี่ยอยู่ที่ 50% และ 70% ของน้ำหนักพริก

ธนศ ไชยชนะ และคณะ (2558) เพื่อออกแบบ สร้าง ทดสอบการทำงาน สมรรถนะการอบแห้ง สำหรับการแปรรูปกล้วย ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.61% และ 30.74% สำหรับกรณีอากาศไหลแบบอิสระ และอากาศไหลแบบบังคับตามลำดับ ประสิทธิภาพการ แลกเปลี่ยนความร้อนของระบบผลิตความร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.22% ประสิทธิภาพการอบแห้งกรณีการอบแห้งกล้วยโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.360% และมีปริมาณการใช้ พลังงานจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 11.674 เมกะจูลต่อกิโลกรัม พบว่าการอบแห้งด้วยพลังงานร่วมแสงอาทิตย์ – ชีวมวล มีค่าอัตราการคืนผลเฉลี่ย (ARR) เท่ากับ 45.27% และสำหรับการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 23.70% การอบแห้งโดยใช้ พลังงานความร้อนร่วม แสงอาทิตย์ – ชีวมวล จะสามารถคืนทุน (PBP) ได้ภายในเวลา 0.65 ปี ส่วนการอบแห้ง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะคืนทุนภายในเวลา 0.58 ปี และค่า BCR และ NBCR ของการอบแห้งด้วยพลังงานร่วมแสงอาทิตย์ – ชีวมวล มีค่าที่ดีกว่าการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 2 เท่า

ยุต เอี่ยมสะอาด และคณะ (2558) ปลาแดดเดียวเป็นหนึ่งในประเภทของอาหารที่นิยมแปรรูป ที่ไม่เพียงแต่ใช้ในการบริโภคในครัวเรือนแต่มีเป้าหมายเพื่อการจำหน่ายเป็นสินค้า OTOP ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนบ้านสาขลา จ.สมุทรปราการได้เป็นอย่างดี หลักการของเครื่องอบปลาแดด เดียวใช้หลักการให้ความร้อนด้วยหลอดอินฟราเรด ซึ่งคล้ายกับการให้พลังงานจากดวงอาทิตย์สภาวะเรือนกระจก และการกระจายความร้อนด้วยพัดลม โดยการทำแห้งในผลิตภัณฑ์เนื้อที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือผลิตภัณฑ์เนื้อที่สุกแล้วมักใช้วิธี การทำให้แห้งด้วยความร้อนโดยใช้ตู้อบขนาดใหญ่ ที่มีลมร้อนเป่าผ่านทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อนโดยทางช่องระบายลมภายในตู้อบ ใช้อุณหภูมิประมาณ 50-70 องศาเซลเซียส

สำรวย ภูบาล และวลัยรัตน์ จันทรวงศ์ (2558) ทำการวิจัยศึกษาการอบแห้งหมึกกระตอยและเปรียบเทียบระหว่างการตากแดดกลางแจ้งกับการตากในตู้อบที่มีอากาศร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์

แบบแผ่นราบไหลผ่านโดยสร้างชุดทดลองประกอบด้วยตู้อบพลาสติกใสปริมาตร 0.125 ลูกบาศก์เมตรและตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบมีท่อลมต่อเชื่อมระหว่างตู้อบและตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบมีรายละเอียดดังนี้แผ่นดูดกลืนรังสีความร้อนทำจากแผ่นทองแดงมีความหนา 2 mm ทาด้วยสีดำพื้นที่รับรังสีประมาณ 0.5 ตารางเมตร จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการอบแห้งลดลงเมื่อค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงขึ้นแสดงว่าอัตราการอบแห้งมีความสม่ำเสมอ

กิตติศักดิ์ ศรีสวัสดิ์ และ วริศ จิตต์ธรรม (2559) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเอาพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์มาใช้กับตู้อบและมีการนำเอาพลังงาน ความร้อนจากขดลวดทำความร้อนไฟฟ้ามาเสริมในช่วงไม่มีแสงอาทิตย์ เพื่อช่วยให้การอบแต่ละครั้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โครงสร้างชุดสร้างอากาศร้อนประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จำนวน 2 แผงพื้นที่รับแสงรวม 2.37 ตารางเมตรและ ขดลวดทำความร้อนไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ปริมาณความจุในการอบ 10 กิโลกรัม การทดลองใช้พลาสติกเป็นวัสดุหุ้ม ภายใต้อุณหภูมิระหว่าง 50– 60 องศาเซลเซียส โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กรณี กรณีที่ 1 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 4,029.96 กิโลจูลต่อกิโลกรัม H_2O_{evap} คิดเป็น 56.1% โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 220 นาที กรณีที่ 2 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดทำความร้อนไฟฟ้า พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 7,071.07 กิโลจูลต่อกิโลกรัม H_2O_{evap} คิดเป็น 37.96% โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 120 นาที กรณีที่ 3 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากขดลวดทำความร้อนไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 4,980 กิโลจูลต่อกิโลกรัม H_2O_{evap} คิดเป็น 45.38% โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 120 นาที จากข้อมูลที่ได้สามารถสรุปได้ว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบสำหรับกรณี ที่ 1 มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ 3 และ 2 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามระยะเวลาในการอบกรณีที่ 1 ใช้เวลามากกว่ากรณีที่ 2 และ 3 จุดคุ้มทุนของการศึกษาทั้ง 3 กรณี มีค่า 0.69, 0.68 และ 0.66 ปีตามลำดับ

นันทิยา ขำใจดี และไพศาล สมชัย (2559) ได้ศึกษาและทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผิวดูดกลืนความร้อน โดยใช้อะลูมิเนียมพ่นสีดำเพื่อสะสมความร้อน ซึ่งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นโรงเรือนหลังคาโค้ง มีพื้นที่ขนาด 2 ตารางเมตร พบว่าการพาแบบธรรมชาติโดยใส่ผิวดูดกลืนจะให้ความร้อนสุทธิอยู่ที่ 1.40 กิโลวัตต์ ประสิทธิภาพทางความร้อนอยู่ที่ 38.30% ซึ่งปริมาณความร้อนส่วนใหญ่มาจากการแผ่รังสีความร้อนของผิวดูดกลืน การแผ่รังสี

สูงสุดอยู่ที่ 1.77 กิโลวัตต์ การทดลองแบบไมใส่พื้นผิวดูดกลืนความร้อนจะให้ความร้อนอยู่ที่ 1.46 วัตต์และมีประสิทธิภาพทางความร้อน 25.41% การพาความร้อนแบบบังคับที่ใส่ผิวดูดกลืนค่าความขึ้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นอยู่ที่ 62.41% ความขึ้นสุดท้ายอยู่ที่ 42.50% ซึ่งในการทดลองบกล้วยน้ำว่า จำนวน 1.50 กิโลกรัม น้ำหนักลดลงเหลือ 0.30 กิโลกรัม ภายในระยะเวลา 4 วัน ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติที่ใช้เวลา 5 - 7 วัน

สุรัชย์ ณรัฐ จันทศรี (2560) การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวลที่มี ตู้อบแห้ง แผงรับรังสี และชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจากเตาชีวมวลในระดับครัวเรือนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งออกแบบและสร้างขึ้นได้นำไปทดสอบการอบพริกที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 66.4 มาตรฐานแห้ง จำนวน 2 กิโลกรัม ให้เหลือความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13.5 มาตรฐานแห้ง ภายใต้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการอบแห้งด้วยความเร็วลม 7.27 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วลมที่เหมาะสมต่อการรักษาอุณหภูมิที่ผลิตได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยมากกว่า 50 องศาเซลเซียส นานถึง 6 ชั่วโมง และการอบแห้งด้วยความเร็วลม 7.63 เมตรต่อวินาที เหมาะสมต่อการทำให้อุณหภูมิของเครื่องอบแห้งสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส ภายใน 2 ชั่วโมง ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจากเตาชีวมวลในระดับครัวเรือนเมื่อทดสอบอบพริก จำนวน 2 กิโลกรัม เป็นเวลา 15 ชั่วโมงพบว่าเครื่องอบแห้งมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะอยู่ที่ 1.25 เมกะจูลต่อกิโลกรัม, และ 1.44 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พริกที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งนี้มีความชื้นต่ำกว่ามาตรฐานพริกแห้งอยู่ประมาณร้อยละ 57.90

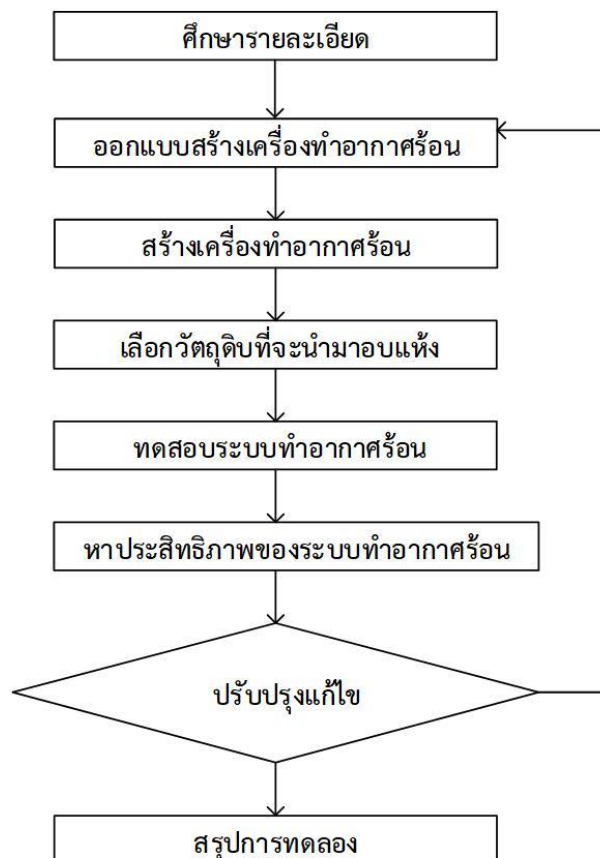
ยุทธภูมิ อาสนะรัตนธรรม และวีรยุทธ สระสีสม (2560) ในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างและทดลองระบบทำอากาศร้อนโดยใช้ขดลวดความร้อน มาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน ซึ่งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโรงเรือนหลังคาโค้งมีพื้นที่ขนาด 2 m² ได้ทำการทดสอบโดยการพาความร้อนแบบบังคับแบบมีผิวดูดกลืนความร้อน และการพาความร้อนแบบบังคับแบบมีผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับระบบทำอากาศร้อน ซึ่งพบว่าการอบแห้งพาความร้อนแบบบังคับแบบมีผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับระบบทำอากาศร้อนจะช่วยควบคุมให้อากาศร้อนภายในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ที่ 50 - 60 องศาเซลเซียส โดยค่าความชื้นของกล้วยน้ำว้าลดลงเหลือ 16 - 20% จากค่าความขึ้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นประมาณ 65 - 68% และได้ทดลองระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อนมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 26.58% ปริมาณความ

ร้อนสูงสุดอยู่ที่ 1.34 กิโลวัตต์ ซึ่งประสิทธิภาพแบบมีผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับระบบทำอากาศร้อนเท่ากับ 63.49% สำหรับประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อนเท่ากับ 32.04% ปริมาณความร้อนสูงสุดเท่ากับ 1.47 กิโลวัตต์ โดยกลัวย่น้ำว่าใช้เวลาอบแห้งของผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับระบบทำอากาศร้อนเหลือ 2 วัน เมื่อเทียบกับกลัวยอบโดยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน ซึ่งใช้เวลา 4 วัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

ในการศึกษาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล ได้มีการศึกษารายละเอียดการออกแบบเครื่อง เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อน จะมีการดำเนินงาน ศึกษาและทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและการสร้างระบบทำอากาศร้อนจากการเผาถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งเพื่อใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้



3.1 วิธีดำเนินการ

ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษารายละเอียดที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องทำอากาศร้อนจากการเผาถ่าน
กะลามะพร้าวอัดแท่ง

2.1.3 ออกแบบโครงสร้างเครื่องทำอากาศร้อนจากการเผาถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง

3.1.3 สร้างเครื่องทำอากาศร้อนจากการเผาถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง

3.1.4 เลือกวัสดุดิบที่จะนำมาอบแห้ง

3.1.5 ทดสอบระบบทำอากาศร้อนจากการเผาถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง

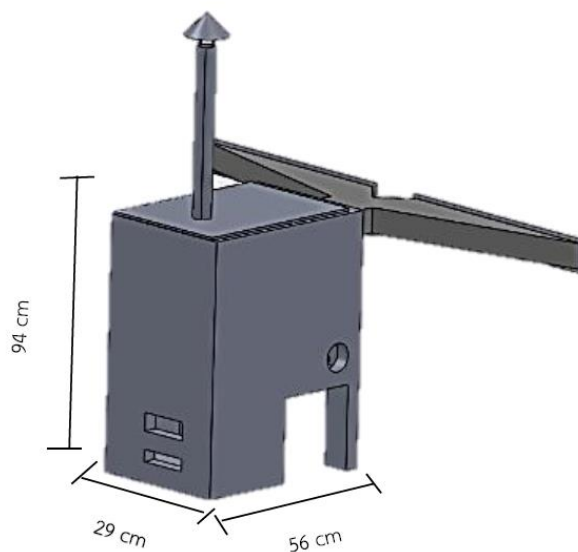
3.1.6 หาประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อนจากการเผาถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง

3.1.7 ปรับปรุงแก้ไข

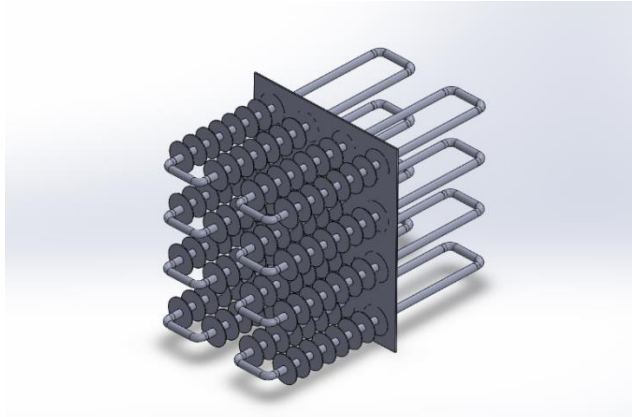
3.1.8 สรุปการทดลอง

3.2 การออกแบบระบบทำอากาศร้อน

การออกแบบระบบทำอากาศร้อนจากการเผาชีวมวลได้ทำระบบทำอากาศร้อนดังภาพที่ 3.2 ขนาด กว้าง 47 เซนติเมตร ยาว 65 เซนติเมตร และสูง 94 เซนติเมตร โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ซึ่ง ส่วนที่ 1 จะเป็นห้องเผาอยู่ในส่วนหน้าของระบบ และส่วนที่ 2 เป็นห้องทำอากาศร้อนอยู่บริเวณอีก ฝั่งที่ต่อเข้ากับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะมีท่อทองแดงที่ติดครีบเพื่อทำอากาศร้อนและมีพัด ลมดูดอากาศจากภายนอกเข้ามายังในห้องทำอากาศร้อนเพื่อพาอากาศร้อนจากท่อทองแดงและครีบ ออกไปยังระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และปล่องควันจะต่ออยู่ในส่วนห้องเผาเพื่อแยกไม่ให้ควัน เข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 3.2 ระบบทำอากาศร้อนจากการเผาชีวมวล



ภาพที่ 3.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในระบบ



ภาพที่ 3.4 ลักษณะครีบบางวงกลม

3.3 การสร้างเครื่องทำอากาศร้อนจากพลังงานชีวมวล



ภาพที่ 3.5 ระบบเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวล

3.3.1 เครื่องทำอากาศร้อนพลังงานชีวมวล



ภาพที่ 3.6 เครื่องทำอากาศร้อนพลังงานชีวมวลด้านข้าง



ภาพที่ 3.7 เครื่องทำอากาศร้อนพลังงานชีวมวลด้านหน้า



ภาพที่ 3.8 เครื่องทำอากาศร้อนพลังงานชีวมวลด้านใน

3.4 การหาปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์

3.4.1 อุปกรณ์

3.4.1.1 ตู้อบไฟฟ้า (Electric oven)

3.4.1.2 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.4.1.3 ภาชนะกระเบื้องเซรามิกสำหรับหาความชื้น (Moisture can)

3.4.1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 5 ตำแหน่ง

3.4.2 วิธีการทดลอง

3.4.2.1 เริ่มอบภาชนะเพื่อหาความชื้นภายในตู้อบไฟฟ้า ที่มีอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบไปใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้จนอุณหภูมิของภาชนะจะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง โดยใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) และสายเทอร์โมคัปเปิล (type T) เป็นตัววัดอุณหภูมิ แล้วทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

3.4.2.2 ทำเช่นเดิมตามข้อ 3.4.2.1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งของแต่ละครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม

3.4.2.3 ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการหาความชื้น ให้น้ำหนักที่แน่นอน 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะไปหาความชื้นที่ทราบน้ำหนัก นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบไฟฟ้าแล้วใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้ทั้งภาชนะทั้งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างผลิตภัณฑ์

3.4.2.4 อบซ้าจนกว่าจะได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม (ยุทธภูมิ อาสนะรัตนธรรม และวีระยุทธ สระสีสม, 2560)

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{ผลต่างของมวลตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ (g)}}{\text{มวลตัวอย่างเริ่มต้น (g)}} \times 100 \quad (3.1)$$

โดยมวลของวัสดุหาจากการนำวัสดุที่ไปชั่งกับเครื่องชั่งมวลแล้วนำค่าที่ได้มาแทนในสูตรดังกล่าว

3.5 การหาปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง

3.5.1 อุปกรณ์

3.5.1.1 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)

3.5.1.2 ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งที่ใช้สำหรับหาค่าความร้อน

3.5.1.3 เครื่องอัดเม็ด

3.5.1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 5 ตำแหน่ง

3.5.1.5 ถ้วยบด

3.5.2 วิธีการทดลอง

3.5.2.1 เตรียมถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งมาบดไม่ต้องละเอียดมากเพื่อชั่งน้ำหนัก เพื่อให้ได้น้ำหนัก 0.6 กรัม

3.5.2.2 นำถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งน้ำหนัก 0.6 กรัม ใส่ลงในเครื่องอัด และนำมาชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 0.5 กรัม น้ำหนักที่สูญเสียไป 0.1 กรัม คือตอนช่วงที่อัดเชื้อเพลิงอาจจะมีตกค้างในเครื่องอัดบ้าง

3.5.2.3 นำเชื้อเพลิงที่อัดเม็ดใส่ลงในถ้วยภายในลูกบอม โดยวางให้ทับเส้นด้ายที่ใช้เฉพาะการทดลองบอมเท่านั้น

3.5.2.4 นำเข้าเครื่องบอมแคลอรีมิเตอร์ และป้อนน้ำหนักสุทธิ

3.5.2.5 บันทึกผล

3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.6.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้ในการทดสอบอบกล้วยน้ำว้าและหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน



ภาพที่ 3.9 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา : (นันทิยา ขำใจดี และไพศาล สมชัย, 2559)

3.6.2 เครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UF110 อบกล้วยน้ำว้า เพื่อหาความชื้นมาตรฐานเปียกของกล้วย



ภาพที่ 3.10 เครื่องอบลมร้อน

3.6.3 เครื่องวัดความเร็วลม (Hot wire) รุ่น TES - 1341 TES ใช้วัดความเร็วลม



ภาพที่ 3.11 อุปกรณ์วัดความเร็วลม

3.6.4 ไพรานอมิเตอร์ ยี่ห้อ Kipp&Zonen รุ่น CMP11 ใช้ในการวัดค่ารังสีอาทิตย์



ภาพที่ 3.12 ไพรานอมิเตอร์ใช้วัดค่ารังสีอาทิตย์

3.6.5 สายเทอร์โมคัปเปิล (type T) ใช้ในการวัดอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.13 สายเทอร์โมคัปเปิล (type T)

3.6.6 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 5 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น DV215CD ใช้ในการชั่งน้ำหนักกล้วยน้ำว้าในการหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียก



ภาพที่ 3.14 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 5 ตำแหน่ง

3.6.7 โถดูดความชื้น (Desiccator) ยี่ห้อ Duran ใช้ในการดูดความชื้นของกล้วยน้ำว้า



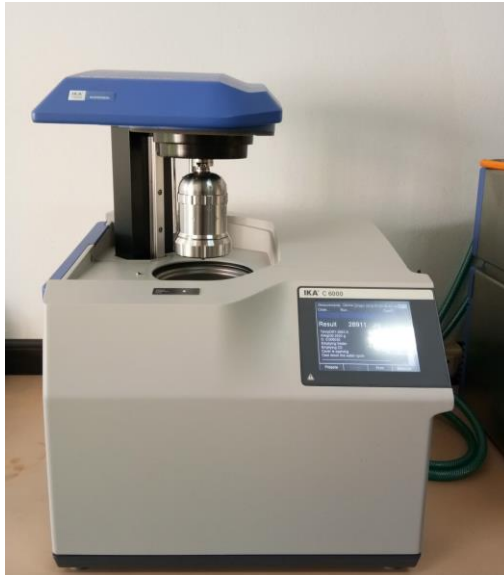
ภาพที่ 3.15 โถดูดความชื้น

3.6.8 อุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) ยี่ห้อ Omron รุ่น ZR-RX25 ใช้ในการเก็บข้อมูล อุณหภูมิภายในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.16 อุปกรณ์เก็บข้อมูล

3.6.9 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)



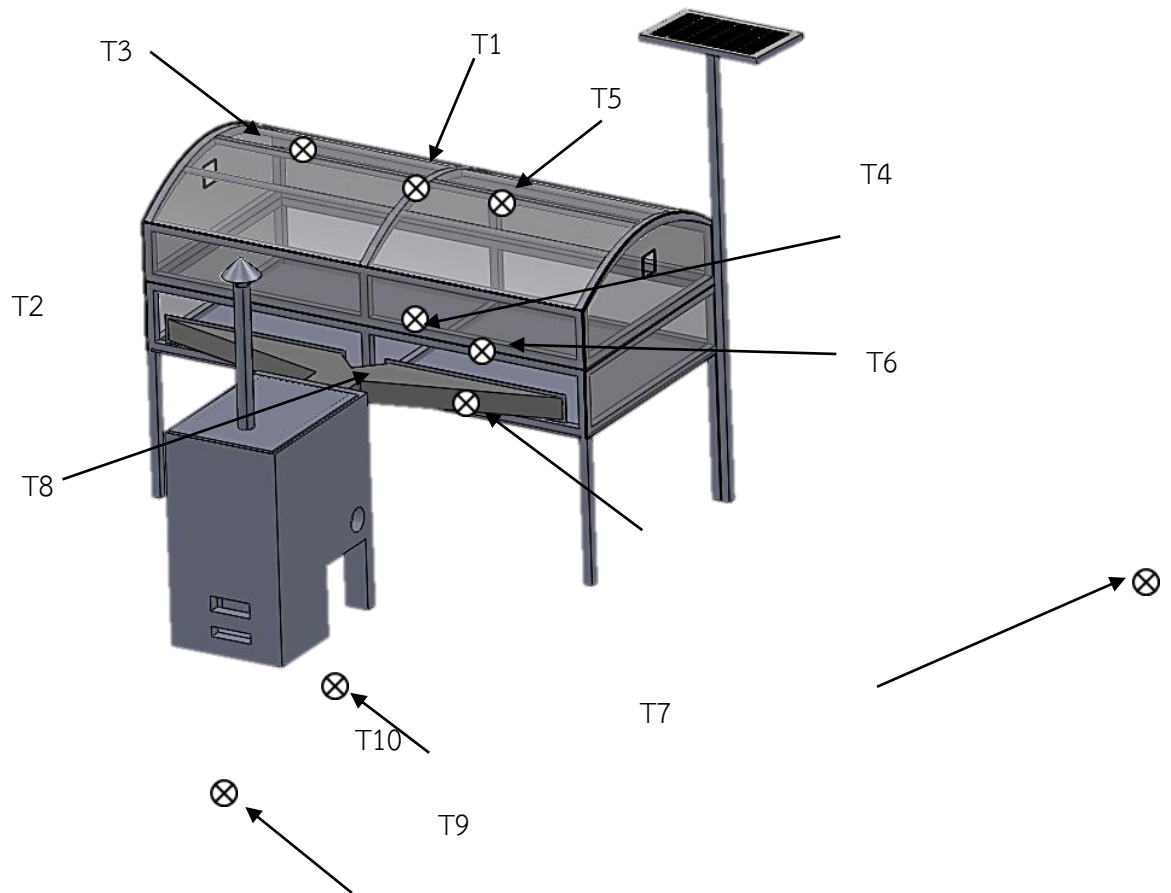
ภาพที่ 3.17 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

3.6.10 ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง



ภาพที่ 3.18 ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง

3.7 จุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.19 จุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากภาพที่ 3.16 แสดงจุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดังนี้

T1 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านนอก	T6 อุณหภูมิเหนือผิวดูดกลืน
T2 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านใน	T7 อุณหภูมิผิวดูดกลืน
T3 อุณหภูมิในระบบทางด้านซ้าย	T8 อุณหภูมิท่อส่งอากาศร้อน
T4 อุณหภูมิในระบบตรงกลาง	T9 อุณหภูมิภายในระบบทำอากาศร้อน
T5 อุณหภูมิในระบบด้านขวา	T10 อุณหภูมิที่ห้องเผาไหม้

ในการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถติดตั้งได้ตามจุดดังต่อไปนี้ โดยมาจากด้านบนของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

3.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน

หลังจากการออกแบบและสร้างระบบทำอากาศร้อนจากการเผาชีวมวลเพื่อใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบทำอากาศร้อน เพื่อใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ เพื่อหาพลังงานความร้อนที่ได้จากระบบทำอากาศร้อน โดยการหาค่าความร้อนจากการพาความร้อน จากสมการที่ (2.3)

$$Q_s = m C_p \Delta T \quad (3.2)$$

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการหาประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อน โดยเตรียมกล้วยน้ำว้าที่ต้องการจะอบแห้งให้พร้อม และทำการเก็บข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

3.8.1 ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ก่อนที่จะอบในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใส่ผิวดูดกลืน โดยยังไม่ใช้ความร้อนเสริมจากระบบทำอากาศร้อนจากการเผาชีวมวล

3.8.2 ปลอ่ยให้กล้วยน้ำว้าที่อยู่ในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งช่วงกลางวันและกลางคืน จนกว่ากล้วยน้ำว้าจะมีความชื้นสุดท้ายตามที่ผู้วิจัยต้องการ โดยหาปริมาณความชื้นสุดท้ายได้จากหัวข้อที่ 3.3 การหาปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์

3.8.3 ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3.7.1 และ 3.7.2 โดยเพิ่มระบบทำอากาศร้อนเพื่อใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

3.8.4 เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้อบแห้งของทั้ง 2 ระบบ

3.8.5 หาประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อนเพื่อรู้ว่าประสิทธิภาพที่ใช้ความร้อนเสริมดีหรือไม่ โดยพลังงานความร้อนในการอบแห้งในวันแรกตั้งแต่ 06.00-18.00 น. สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพได้จากสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อน} = \frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{in}}} \quad (3.3)$$

เมื่อ Q_{out} = ความร้อนที่ได้จากระบบทำอากาศร้อน

Q_{in} = ความร้อนจากเชื้อเพลิง

โดยกำลังความร้อนที่ได้จากระบบทำอากาศร้อนหาได้จากสมการที่ (3.2)

บทที่ 4

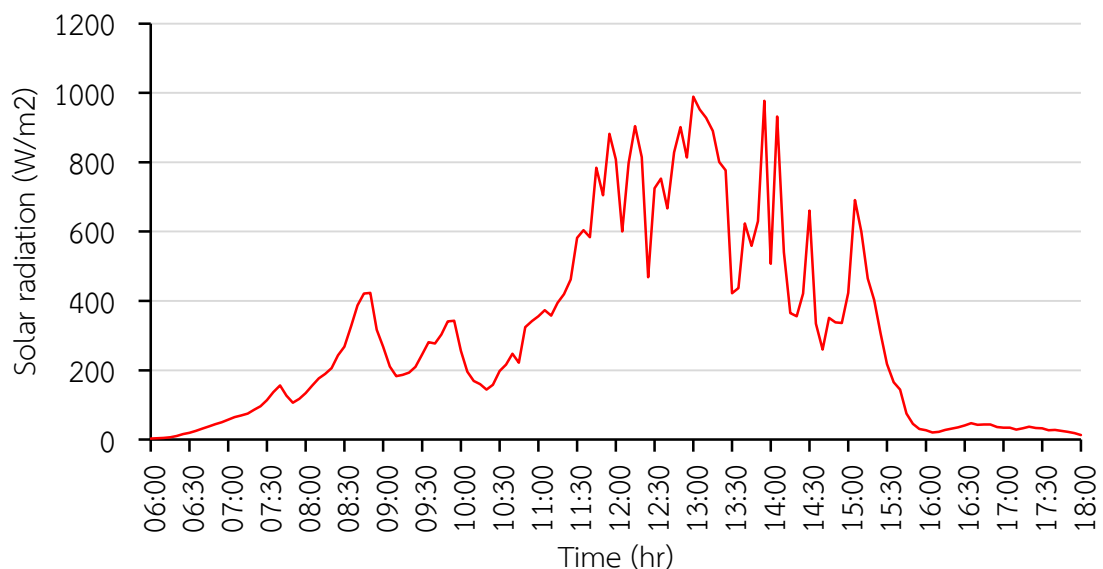
ผลการทดลอง

ผลการศึกษาออกแบบและสร้างระบบเครื่องทำอากาศร้อนเพื่อใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีพินดูดกลืน ได้ทำการทดลองเก็บค่าต่าง ๆ มาเพื่อคำนวณหาค่าความร้อนและประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีพินดูดกลืนโดยใช้ระบบทำอากาศร้อนเสริมจากการเผาชีวมวลมาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบ

4.1 ค่ารังสีอาทิตย์ (Solar radiation)

โดยทำการเก็บค่ารังสีอาทิตย์จากไพรานอมิเตอร์ที่ติดตั้งบนดาดฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งได้รับรังสีอาทิตย์ตลอดเวลา ตั้งแต่เวลา 6:00 - 18:00 น.

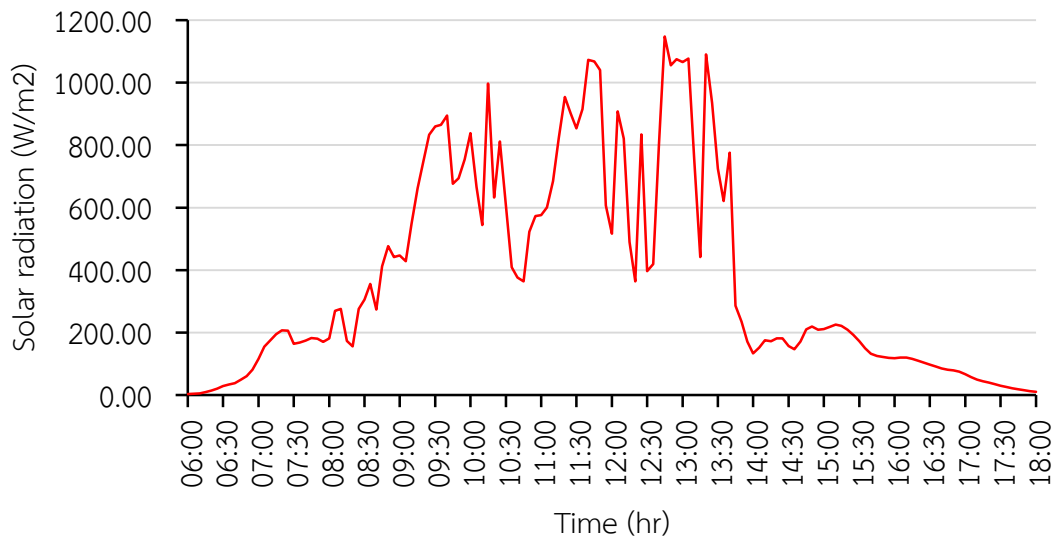
4.1.1 ในวันที่ 8 - 11 กันยายน 2561 ดังภาพที่ 4.1 - 4.4 โดยเก็บค่าทุก ๆ 5 นาที เพื่อนำมาคำนวณและบันทึกผลการทดลองระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีพินดูดกลืนความร้อน



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของ วันที่ 8 ก.ย. 2561

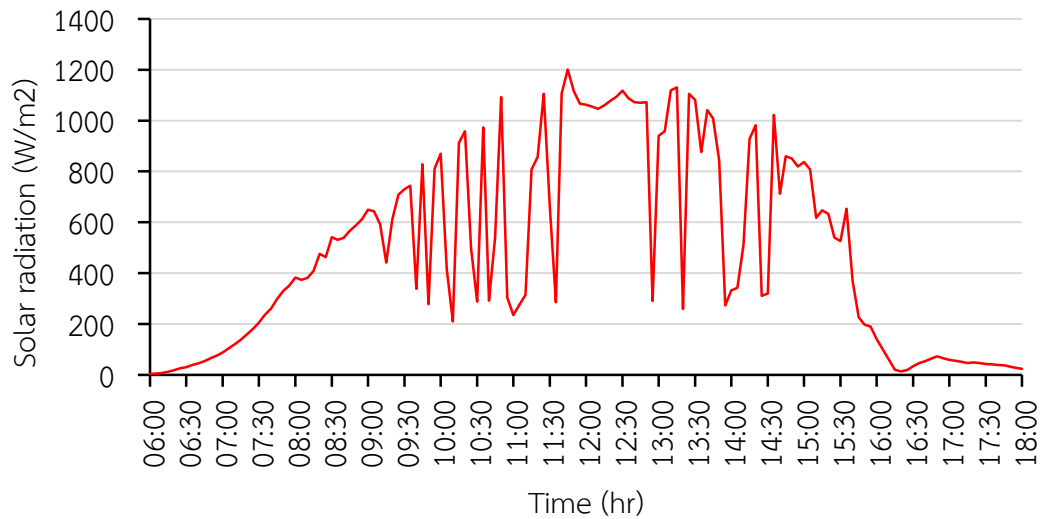
จากภาพที่ 4.1 ค่ารังสีอาทิตย์เทียบกับเวลาตั้งแต่เวลา 6:00 - 18:00 น. จะเห็นได้ว่าช่วง 11:45 - 15:05 น. มีค่ารังสีอาทิตย์ที่ดี และในช่วงเวลา 12:05 - 14:40 น. ท้องฟ้ามีเมฆมาบังเป็นระยะ ๆ ได้ส่งผลกระทบต่อค่ารังสีอาทิตย์ทำให้มีค่ารังสีอาทิตย์ลดลงในช่วง โดยมีค่ารังสีอาทิตย์

เฉลี่ยทั้งวันมีค่าเท่ากับ 308.30 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ที่ 989.65 วัตต์ต่อตารางเมตร



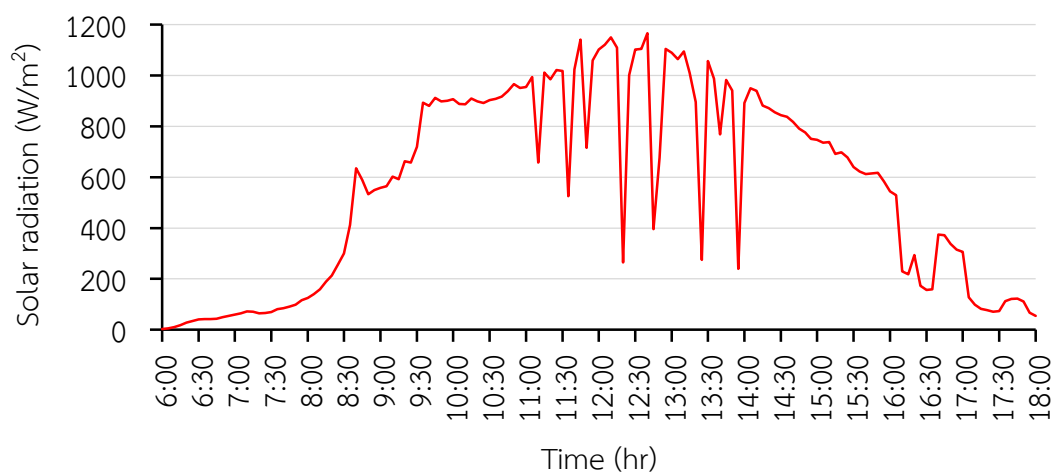
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของ วันที่ 9 ก.ย. 2561

จากภาพที่ 4.2 ค่ารังสีอาทิตย์เทียบกับเวลาตั้งแต่เวลา 6:00 - 18:00 น. จะเห็นได้ว่าช่วง 09:30 - 13:40 น. มีค่ารังสีอาทิตย์ที่ดี และในช่วงเวลา 10:10 - 14:00 น. ท้องฟ้ามีเมฆมาบดบังเป็นระยะ ๆ ได้ส่งผลกระทบต่อค่ารังสีอาทิตย์ทำให้มีค่ารังสีอาทิตย์ลดลงในบางช่วง โดยมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันมีค่าเท่ากับ 447.94 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ที่ 1156.58 วัตต์ต่อตารางเมตร



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของ วันที่ 10 ก.ย. 2561

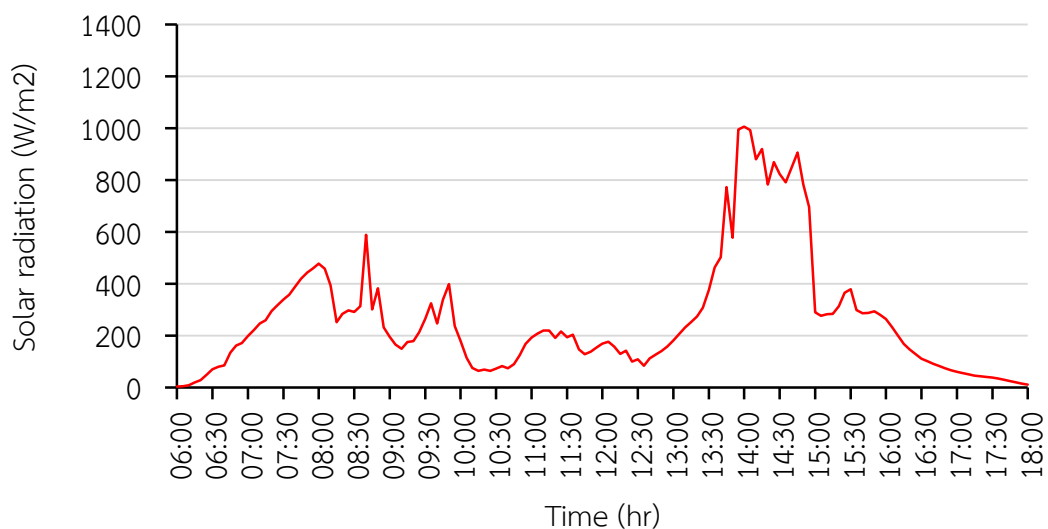
จากภาพที่ 4.3 ค่ารังสีอาทิตย์เทียบกับเวลาตั้งแต่เวลา 6:00 - 18:00 น. จะเห็นได้ว่าช่วง 09:35 - 15:35 น. มีค่ารังสีอาทิตย์ที่ดี และในช่วงเวลา 09:15 - 15:50 น. ท้องฟ้ามีเมฆมาบดบังเป็นระยะ ๆ ได้ส่งผลกระทบต่อค่ารังสีอาทิตย์ทำให้มีค่ารังสีอาทิตย์ลดลงในบางช่วง โดยมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันมีค่าเท่ากับ 491.92 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ที่ 1208.61 วัตต์ต่อตารางเมตร



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของ วันที่ 11 ก.ย. 2561

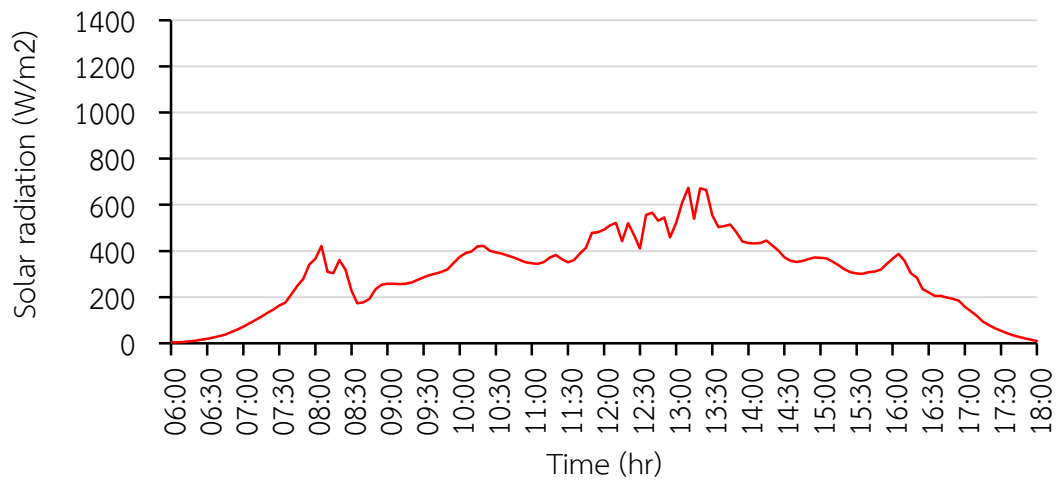
จากภาพที่ 4.4 ค่ารังสีอาทิตย์เทียบกับเวลาตั้งแต่เวลา 6:00 - 18:00 น. จะเห็นได้ว่าช่วง 09:40 - 14:10 น. มีค่ารังสีอาทิตย์ที่ดี และในช่วงเวลา 11:10 - 13:55 น. ท้องฟ้ามีเมฆมาบดบังเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นช่วงหน้าฝนจึงเกิดฝนตกเกือบทุกวันได้ส่งผลกระทบต่อค่ารังสีอาทิตย์ทำให้มีค่ารังสีอาทิตย์ลดลงในบางช่วง โดยมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันมีค่าเท่ากับ 529.47 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ที่ 1,166.18 วัตต์ต่อตารางเมตร

4.1.2 การเก็บค่ารังสีอาทิตย์ วันที่ 23 - 25 กันยายน 2561 ดังภาพที่ 4.5 - 4.7 โดยเก็บค่าทุกๆ 5 นาที เพื่อนำมาคำนวณและบันทึกผลการทดลองระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีวัสดุกลั่นโดยใช้ระบบทำอากาศร้อนเสริมจากการเผาชีวมวลมาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบ



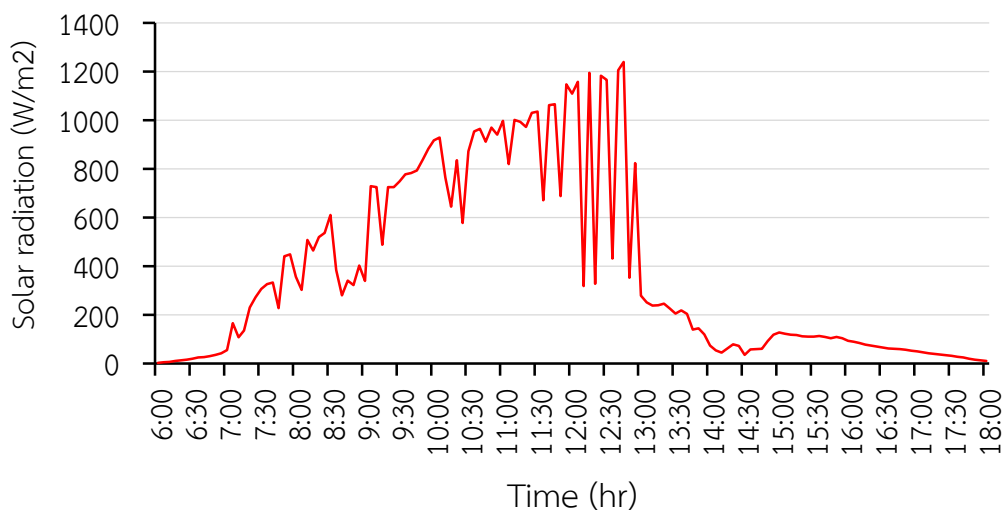
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของ วันที่ 23 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.5 ค่ารังสีอาทิตย์เทียบกับเวลาตั้งแต่เวลา 6:00 - 18:00 น. จะเห็นได้ว่ากราฟในช่วงแรกต่ำลงเกิดจากฝนตกหนักและมีเมฆมาบดบังเป็นจำนวนมาก จึงได้ส่งผลกระทบกับค่ารังสีอาทิตย์ทำให้ค่ารังสีอาทิตย์ต่ำตลอดทั้งวัน แต่มีช่วง 13:45 - 14:45 น. มีค่ารังสีอาทิตย์ที่ดีเพียง 1 ชั่วโมง โดยค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันมีค่าเท่ากับ 244.02 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ที่ 1,005.79 วัตต์ต่อตารางเมตร



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของ วันที่ 24 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.6 ค่ารังสีอาทิตย์เทียบกับเวลาตั้งแต่เวลา 6:00 - 18:00 น. จะเห็นได้ว่ากราฟอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันตลอดทั้งวัน เนื่องจากมีปริมาณฝนตกหนักและมีเมฆมาบดบังตลอดในช่วงที่ทำการทดลอง จึงได้ส่งผลกระทบต่อค่ารังสีอาทิตย์ทำให้ค่ารังสีอาทิตย์ต่ำตลอดทั้งวัน โดยค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันมีค่าเท่ากับ 302.08 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ที่ 674.62 วัตต์ต่อตารางเมตร

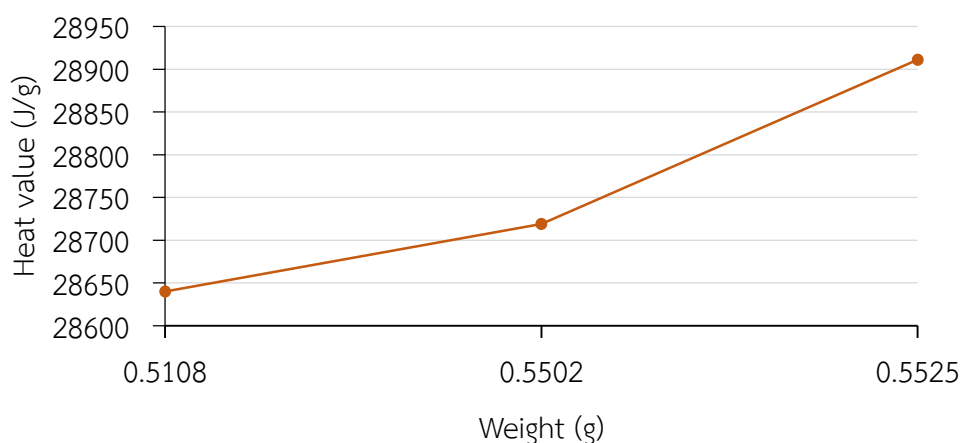


ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์กับเวลาของ วันที่ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.7 ค่ารังสีอาทิตย์เทียบกับเวลาตั้งแต่เวลา 6:00 - 18:00 น. จะเห็นได้ว่าช่วง 10:05 - 12:45 น. มีค่ารังสีอาทิตย์ที่ดีเพียงครึ่งวันในช่วงเช้า และในช่วงเวลา 12:55 - 18:00 น. มีฝนตกหนักและมีเมฆมาบดบังเป็นจำนวนมาก จึงได้ส่งผลกระทบต่อค่ารังสีอาทิตย์ทำให้ค่าลดลงในช่วงบ่าย โดยค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันมีค่าเท่ากับ 379.81 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ที่ 1,239.34 วัตต์ต่อตารางเมตร

4.2 ค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง

โดยในปัจจุบันเกษตรกรได้นิยมปลูกกะลามะพร้าวโดยใช้เครื่องเพื่ออำนวยความสะดวกและรวดเร็ว แต่กะลามะพร้าวจะมีลักษณะเป็นเศษ พอนำมาเผาแล้วจะได้เป็นถ่านกะลามะพร้าวที่มีขนาดเล็กมากซึ่งไม่สะดวกกับการใช้งานจึงนำมาบดเป็นผงและทำการขึ้นรูปอัดแท่งเพื่อสะดวกต่อการใช้งานและเพิ่มประสิทธิภาพของถ่านกะลามะพร้าว ทำการเก็บค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง โดยใช้เครื่องบอมป์แคลอรีมิเตอร์ จากการทดลองจะได้ค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง โดยค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งจะแปรผันตรงกับค่าของน้ำหนัก ซึ่งถ้ามีน้ำหนักมากค่าความร้อนก็จะมากตามขึ้นไป จึงได้กราฟดังนี้



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งกับน้ำหนัก

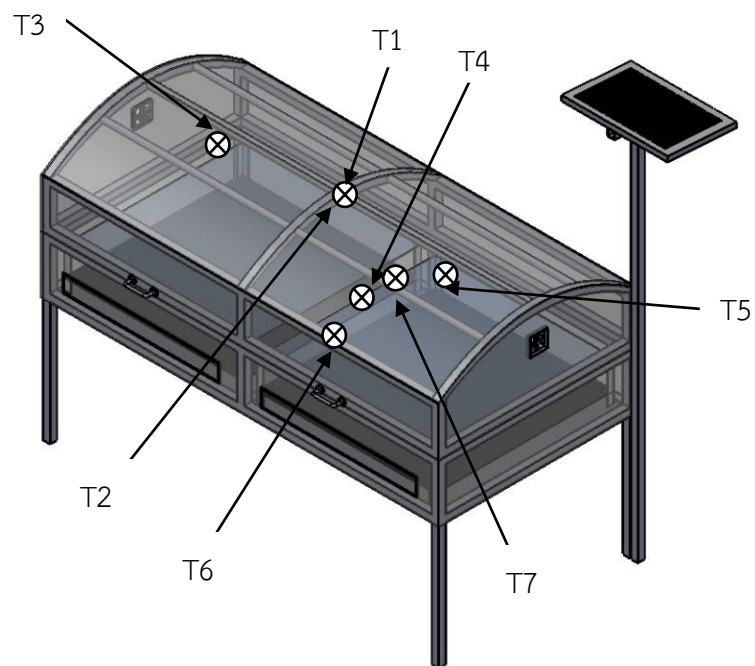
ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งกับน้ำหนัก

น้ำหนัก (g)	ค่าความร้อน (J/g)
-------------	-------------------

0.5108	28,640
0.5502	28,719
0.5525	28,911

4.3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืน

โดยได้ทำการเก็บอุณหภูมิแต่ละจุดของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน ดังนี้



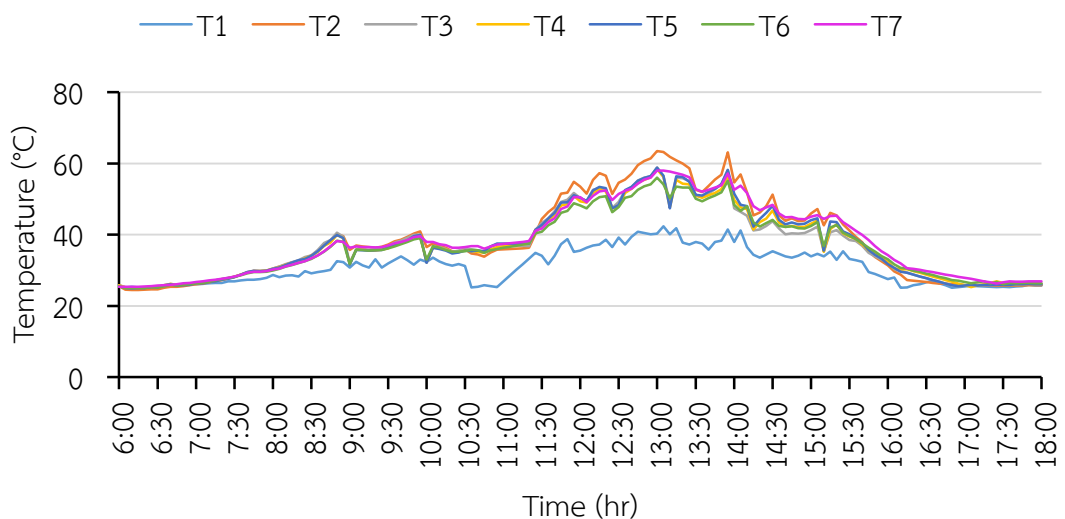
ภาพที่ 4.9 จุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน
ที่มา : (นันทิยา ขำใจดี และไพศาล สมชัย, 2559)

จากภาพที่ 4.9 แสดงจุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| T1 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านนอก | T2 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านใน |
| T3 อุณหภูมิในระบบทางด้านซ้าย | T4 อุณหภูมิในระบบตรงกลาง |
| T5 อุณหภูมิในระบบทางด้านขวา | T6 อุณหภูมิเหนือผิวดูดกลืน |
| T7 อุณหภูมิผิวดูดกลืน | |

การศึกษาโดยการหาประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืน ได้ทำการเก็บค่าอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลถึงการกระจายของอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนซึ่งมีผล ดังนี้

4.3.1 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืน



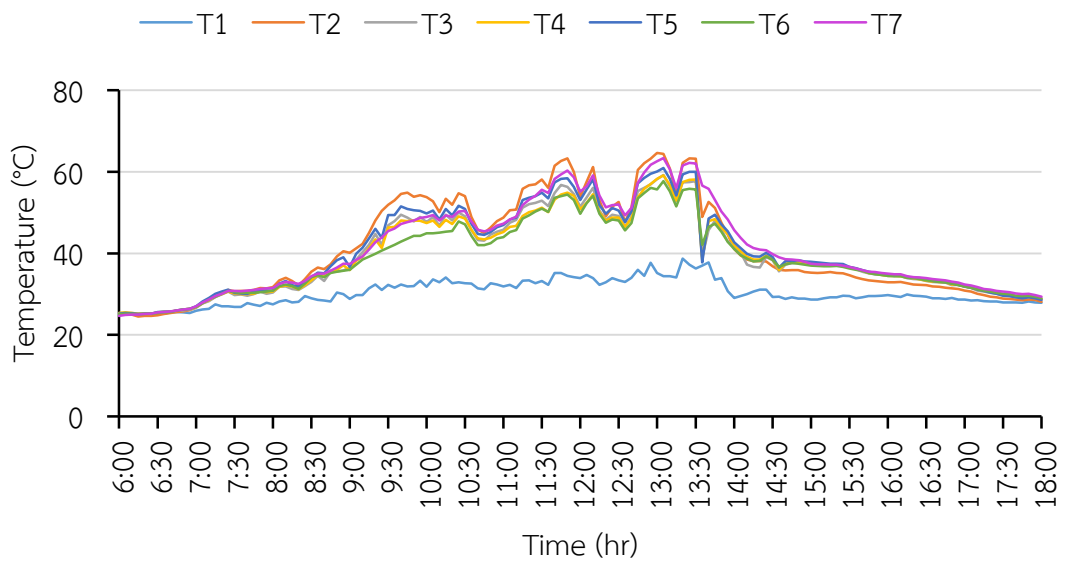
ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืน วันที่ 8 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละจุดต่อช่วงเวลา เส้นกราฟที่ต่ำที่สุดเป็นเส้นของ T1 มีอุณหภูมิต่ำถึง 25.4 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่สูงที่สุดเป็น T7 มีอุณหภูมิสูงถึง 58 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:05 น. ซึ่งอุณหภูมิแต่ละจุด ทุก ๆ 30 นาที แสดงในตาราง 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 8 กันยายน 2561

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
6:00	25.7	25.6	25.8	25.8	25.6	25.6	25.4
6:30	25.5	24.7	25.4	25.4	25.2	25.2	25.7
7:00	26.1	26.1	26.5	26.3	26.4	26.4	26.7
7:30	26.9	28.3	28.2	28.2	28.1	28.2	28.3
8:00	28.7	30.5	30.5	30.3	30.4	30.0	30.2
8:30	29.2	34.2	34.2	34.1	34.1	33.2	33.4
9:00	30.8	35.7	32.1	31.8	31.6	31.8	36.3
9:30	31.9	37.2	36.8	36.2	36.4	36.2	37.0
10:00	32.4	36.5	32.1	32.3	32.1	33.0	38.0
10:30	31.2	35.9	36.2	35.6	35.5	35.4	36.5
11:00	26.9	35.9	37.2	36.7	37.5	36.3	37.4
11:30	34.1	44.4	43.3	42.3	42.7	40.8	41.7
11:35	31.7	46.3	44.6	43.7	44.5	42.6	43.5
12:00	35.5	53.5	50.3	49.4	50.4	48.2	50.5
12:30	39.2	54.6	49.2	48.0	48.3	47.8	51.4
13:00	40.3	63.5	58.9	58.4	58.8	56.0	58.0
13:30	38.0	52.6	51.0	51.0	51.2	50.1	52.8
14:00	38.0	54.7	47.4	49.7	51.5	48.4	52.6
14:30	35.4	51.3	43.8	46.8	48.1	44.2	48.4
15:00	33.9	46.0	41.3	43.1	44.1	42.5	45.1
15:30	33.2	41.2	38.5	39.5	40.1	39.7	42.4
16:00	27.5	31.4	32.1	32.4	31.8	33.1	34.3
16:30	26.6	26.7	27.8	28.8	27.8	29.1	29.8
17:00	25.5	25.8	25.7	25.8	25.7	26.7	27.9

17:30	25.4	25.7	26.0	26.5	25.9	26.1	26.6
18:00	25.7	25.8	26.1	26.2	26.1	26.4	26.9



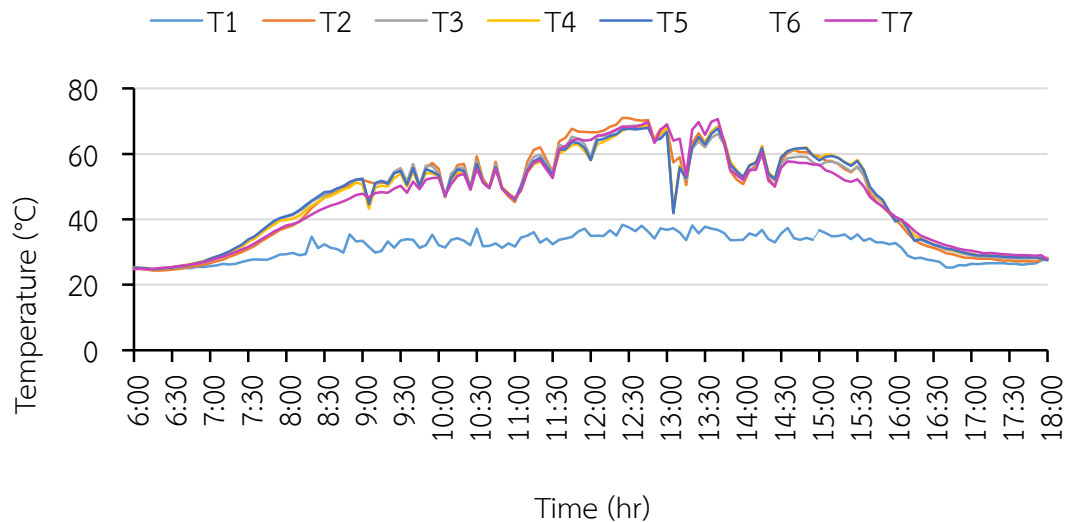
ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืน วันที่ 9 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละจุดต่อช่วงเวลา เส้นกราฟที่ต่ำที่สุดเป็นเส้นของ T1 มีอุณหภูมิต่ำถึง 25 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่สูงที่สุดเป็น T7 มีอุณหภูมิสูงถึง 63.40 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:05 น. ซึ่งอุณหภูมิแต่ละจุด ทุก ๆ 30 นาที แสดงในตาราง 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 9 กันยายน 2561

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
6:00	25.3	25.1	25.4	25.4	25.2	25.1	24.7
6:30	25.2	24.8	25.5	25.5	25.6	25.4	25.5
7:00	25.9	26.7	26.7	26.9	27.0	26.9	27.0

7:30	26.9	30.7	29.8	30.2	30.3	30.5	30.8
8:00	27.5	31.7	30.4	30.6	30.9	30.9	31.5
8:30	29.0	35.5	33.0	33.4	34.2	34.2	34.4
9:00	28.8	40.1	36.5	35.9	36.7	36.0	37.4
9:30	32.3	51.9	46.9	46.3	49.4	41.4	45.5
10:00	31.8	53.8	47.7	47.4	49.8	44.9	48.9
10:30	32.7	54.0	49.1	48.5	50.9	47.1	50.4
11:00	31.9	48.8	45.8	45.2	47.0	44.0	47.3
11:30	33.2	58.1	52.9	51.2	54.9	51.0	55.6
12:00	33.9	53.9	51.4	50.8	53.1	49.7	55.1
12:30	33.4	52.6	49.2	48.8	50.5	48.1	52.0
13:00	35.2	64.6	58.2	58.3	60.1	55.7	62.6
13:30	36.3	63.2	57.7	58.1	60.0	55.7	62.0
14:00	29.1	41.1	41.7	42.0	42.7	41.1	45.7
14:30	29.3	36.8	38.3	38.7	39.1	38.4	39.8
15:00	28.7	35.3	37.4	37.3	37.9	37.0	37.5
15:30	29.5	34.6	36.5	36.6	36.7	36.3	36.7
16:00	29.8	32.9	34.5	34.5	34.6	34.5	35.0
16:30	29.4	32.2	33.2	33.3	33.6	33.4	33.9
17:00	28.7	30.9	31.8	31.9	31.9	31.9	32.4
17:30	28.0	28.9	29.7	30.0	29.6	30.1	30.6
18:00	27.9	28.1	28.6	28.8	28.6	29.0	29.4



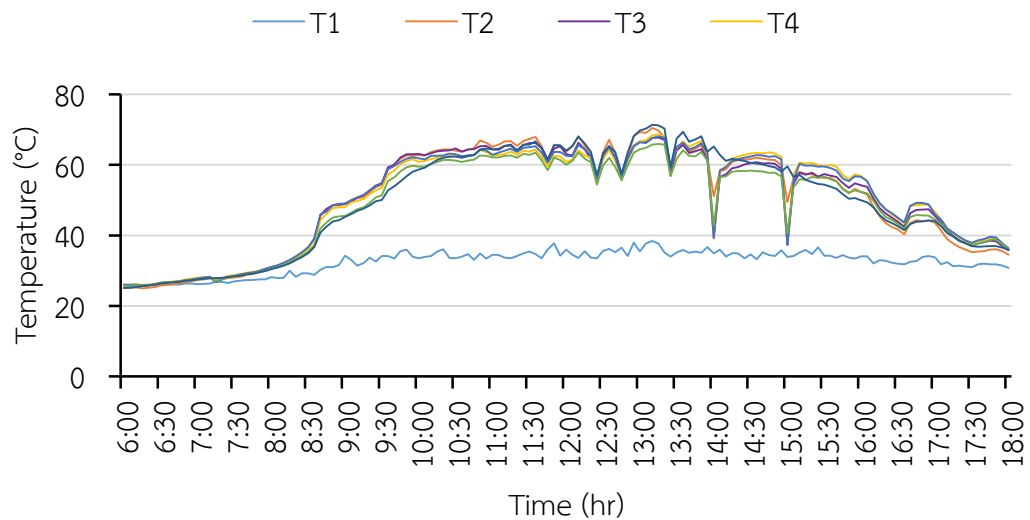
ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืน วันที่ 10 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละจุดต่อช่วงเวลา เส้นกราฟที่ต่ำที่สุดเป็นเส้นของ T1 มีอุณหภูมิต่ำถึง 24.70 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่สูงที่สุดเป็น T7 มีอุณหภูมิสูงถึง 70.6 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:40 น. ซึ่งอุณหภูมิแต่ละจุด ทุก ๆ 30 นาที แสดงในตาราง 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 10 กันยายน 2561

เวลา(นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
6:00	25.2	24.9	25.2	25.3	25.2	25.2	24.7
6:30	24.9	24.6	25.2	25.3	25.2	25.4	25.4
7:00	25.7	26.6	27.7	27.9	27.9	27.5	27.4
7:30	27.5	30.9	33.4	33.1	33.8	31.9	31.6
8:00	29.3	37.4	40.8	39.8	41.0	37.8	38.1
8:30	32.4	46.6	47.4	46.5	48.3	43.4	43.4
9:00	33.4	52.0	52.2	50.7	52.4	47.7	47.8

9:30	33.5	55.5	55.6	53.9	54.8	51.1	50.3
10:00	32.1	55.5	54.0	53.2	53.5	51.5	52.7
10:30	37.1	59.3	57.8	56.1	56.9	54.6	55.5
11:00	31.7	45.3	46.0	46.5	46.0	45.2	46.3
11:30	32.4	54.5	53.6	53.5	53.6	52.0	52.6
12:00	34.9	66.6	59.1	58.0	58.1	58.6	64.3
12:30	37.5	70.9	68.5	67.7	67.7	65.2	68.3
13:00	36.8	68.1	67.8	68.3	66.7	65.1	69.1
13:30	37.7	63.5	62.0	63.5	62.9	61.5	65.8
14:00	33.7	50.8	52.3	52.9	52.9	51.5	52.0
14:30	35.7	57.8	57.0	59.2	59.0	54.5	55.8
15:00	36.7	59.3	56.3	58.8	58.0	55.7	56.7
15:30	35.4	56.1	55.9	58.2	57.8	54.4	52.2
16:00	32.7	39.9	39.3	39.6	39.4	39.5	40.8
16:30	27.4	31.3	32.2	32.4	32.3	32.4	33.4
17:00	26.4	28.2	29.0	29.5	29.3	29.5	30.4
17:30	26.4	27.5	28.2	28.7	28.5	28.7	29.2
18:00	27.9	28.2	28.0	27.9	27.5	27.5	27.8



ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวติดกลืน วันที่ 11 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละจุดต่อช่วงเวลา เส้นกราฟที่ต่ำที่สุดเป็นเส้นของ T1 มีอุณหภูมิต่ำถึง 25.40 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่สูงที่สุดเป็น T7 มีอุณหภูมิสูงถึง 71.4 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:10 น. ซึ่งอุณหภูมิแต่ละจุด ทุก ๆ 30 นาที แสดงในตาราง 4.5 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 11 กันยายน 2561

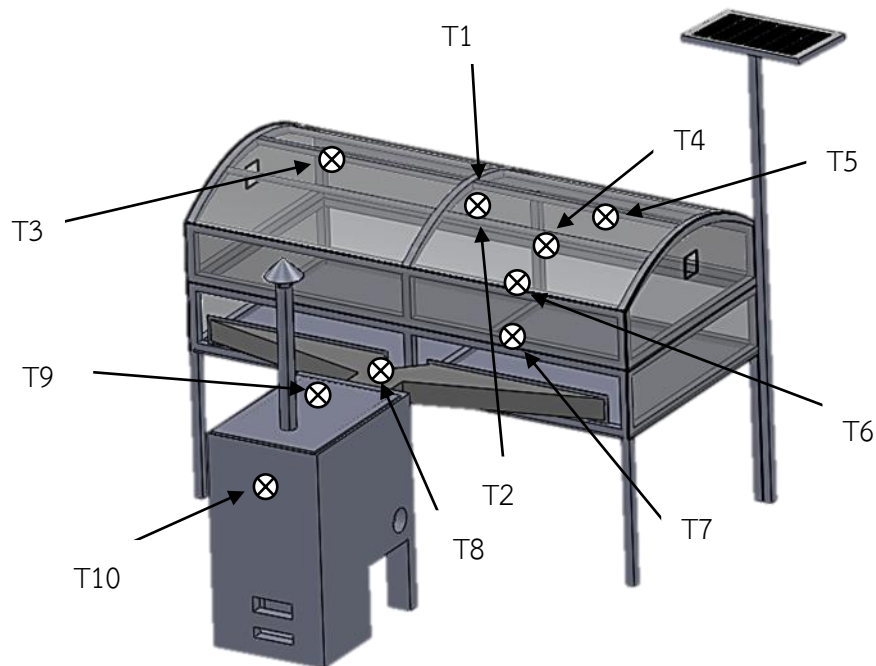
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
6:00	25.9	25.2	26.1	26	25.9	25.7	25.1
6:30	25.9	25.8	26.5	26.6	26.5	26.5	26.4
7:00	26.2	27.4	27.8	28	27.8	27.5	27.5
7:30	27	28.1	28.5	28.7	28.5	28.4	28.4
8:00	28.2	30.6	31	30.9	31.1	30.6	30.4
8:30	29.3	36.3	36.5	36.2	36.7	35.4	35
9:00	34.3	49.1	48.9	48.1	49.1	45.5	45.2

9:30	34.2	54.4	54.9	53.5	54.7	51.4	50.1
10:00	33.5	62.8	63.1	60.9	61.9	59.5	58.7
10:30	33.5	64	64.7	62.4	63	61.2	62.4
11:00	34.5	65.1	64.4	62.6	62.9	62.1	64.4
11:30	35.4	67.4	66.2	63.8	65	62.9	65.8
12:00	36	63.8	63	60.9	62.6	60	64
12:30	35.6	63.6	63	61.6	62.6	59.9	63.2
13:00	35.4	69.3	66.7	66.7	66.4	64.4	69.8
13:30	35.2	64.6	64.1	64.9	65.1	61.8	67.5
14:00	34.9	51.1	39.2	39.3	39.5	42.9	65.2
14:30	34.6	61.7	60.5	63.2	62.4	58.4	60.6
15:00	33.9	49.5	37.3	37.5	37.3	40.7	59.6
15:30	34.3	56.3	57.4	59.5	59.6	56.7	54.4
16:00	34.1	52.3	54.2	56.9	56.6	52.3	50
16:30	32	41.7	43.9	44.7	45.1	43.2	42.6
17:00	33.8	43.6	45.5	46.7	46	44.5	44.1
17:30	31	35.3	37	37.5	37.9	37.2	37
18:00	30.8	34.5	35.8	36.2	36.3	36	35.9

ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีฟิวดูดกลืนจะมีอุณหภูมิสูงในช่วงเวลา 6:00 - 18:00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุด T1 เท่ากับ 36 องศาเซลเซียส T2 เท่ากับ 69.3 องศาเซลเซียส T3 เท่ากับ 66.7 องศาเซลเซียส T4 เท่ากับ 66.7 องศาเซลเซียส T5 เท่ากับ 66.4 องศาเซลเซียส T6 เท่ากับ 64.4 องศาเซลเซียส และ T7 เท่ากับ 69.8 องศาเซลเซียส เป็นช่วงเวลาที่ค่ารังสีอาทิตย์ที่สูงจึงส่งผลให้อุณหภูมิของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีฟิวดูดกลืนสูงตามเช่นเดียวกัน ซึ่งตารางแสดงอุณหภูมิทั้งหมดจะอยู่ในภาคผนวก ก

4.4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีฟิวดูดกลืน
โดยใช้ระบบทำอากาศร้อนเสริมจากการเผาชีวมวลมาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบ

โดยระบบทำอากาศร้อนแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหน้าระบบเป็นห้องเผาชีวมวลจากถ่าน กะลามะพร้าวอัดแท่ง และส่วนที่ 2 คือห้องทำอากาศร้อน ซึ่งจะมีท่อทองแดงที่ติดครีปเพื่อระบาย ความร้อนโดยได้ทำการเก็บอุณหภูมิแต่ละจุดของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืน ร่วมกับระบบทำอากาศร้อนเสริมจากการเผาชีวมวลมาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบ ดังนี้

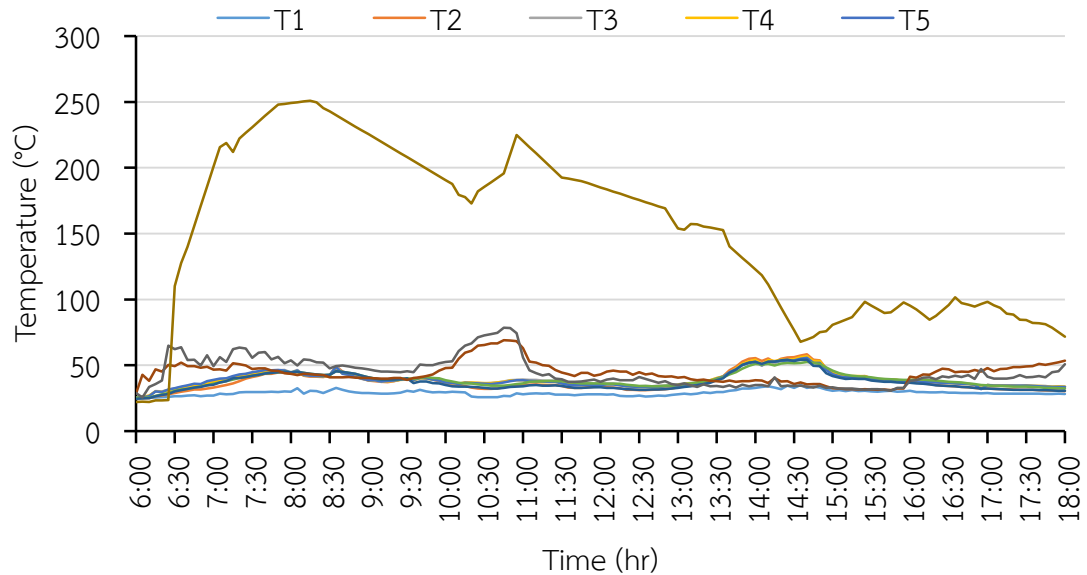


ภาพที่ 4.14 จุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับ ระบบทำอากาศร้อนเสริมจากการเผาชีวมวลมาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบ

จากภาพที่ 4.14 แสดงจุดวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดังนี้

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| T1 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านนอก | T2 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านใน |
| T3 อุณหภูมิในระบบทางด้านซ้าย | T4 อุณหภูมิในระบบตรงกลาง |
| T5 อุณหภูมิในระบบทางด้านขวา | T6 อุณหภูมิเหนือผิวดูดกลืน |
| T7 อุณหภูมิผิวดูดกลืน | T8 อุณหภูมิที่ท่อส่งอากาศร้อน |
| T9 อุณหภูมิที่ห้องทำอากาศร้อน | T10 อุณหภูมิที่ห้องเผาชีวมวล |

4.4.1 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิการพาความร้อนแบบบังคับร่วมกับระบบทำอากาศร้อนเสริมจากการเผาชีวมวล



ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในระบบทำอากาศร้อนและระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ วันที่ 23 กันยายน 2561

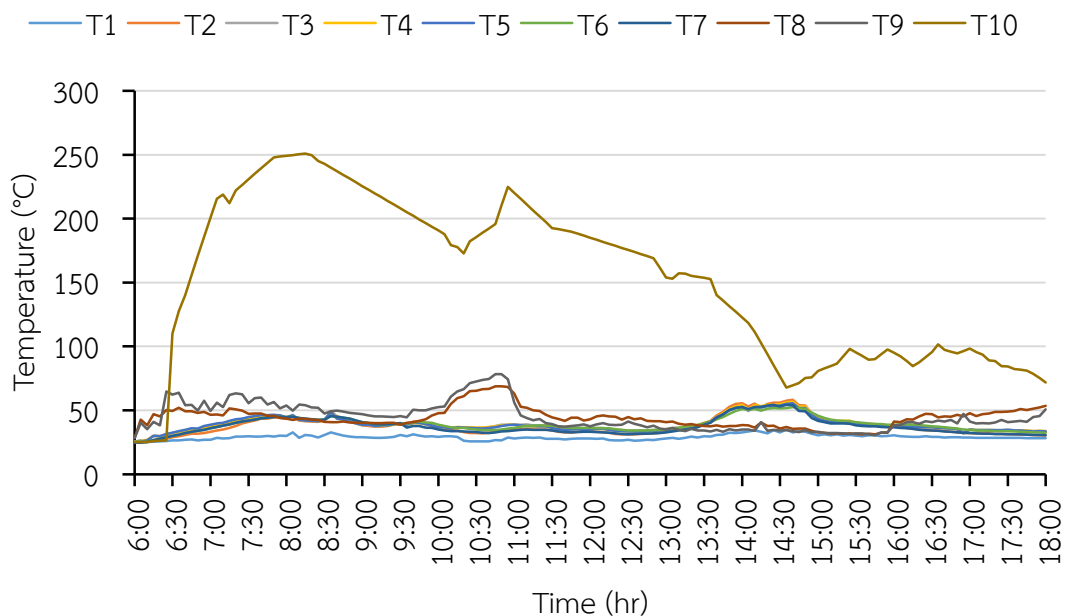
จากภาพที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละจุดต่อช่วงเวลา จะเห็นว่าอุณหภูมิ T10 เส้นกราฟจะมีอุณหภูมิสูงกว่าเส้นกราฟอื่น เนื่องจากว่า T10 เป็นอุณหภูมิที่ห้องเผาไหม้ชีวมวลซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 255 องศาเซลเซียส เพราะมีการเผาไหม้ชีวมวลอย่างต่อเนื่อง และอุณหภูมิที่จุด T9 คืออุณหภูมิที่ห้องทำอาหารร้อน ระบบทำอากาศร้อนจะเริ่มทำงานส่งผลให้ T9 มีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อมีการนำความร้อนจากห้องเผาไหม้ชีวมวลมายังห้องทำอากาศร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 77.4 องศาเซลเซียส ทำให้มีการพาความร้อนไปยัง T8 คืออุณหภูมิที่ท่อส่งอากาศร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 68.6 องศาเซลเซียส เส้นที่ต่ำที่สุดเป็นเส้นของ T1 มีอุณหภูมิต่ำถึง 25.8 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิแต่ละจุด ทุก ๆ 30 นาที แสดงในตาราง 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.6 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 23 กันยายน 2561

เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
------	-------------------------

(นาที)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
6:00	25.5	25.1	25.5	25.6	25.4	25.4	24.6	28.5	28.9	22.2
6:30	26.4	28.9	32.3	32.1	32.5	30.6	30.2	49.4	62.3	110.2
7:00	27.0	33.1	37.6	37.3	38.8	35.9	35.3	46.6	49.4	200.8
7:30	29.6	41.0	44.0	43.3	44.8	42.1	42.1	47.2	55.6	230.8
8:00	29.9	43.5	44.5	44.2	44.3	44.8	44.8	43.4	53.8	249.2
8:30	30.8	42.0	42.4	42.2	42.4	42.7	42.7	40.9	47.5	242.9
9:00	29.0	38.3	38.5	38.7	38.6	40.8	40.8	40.2	46.9	225.5
9:30	30.6	39.4	39.4	39.2	39.3	40.0	40.0	38.8	45.5	208.1
10:00	29.3	35.9	36.5	36.8	36.8	38.6	34.9	47.8	52.4	190.7
10:30	25.7	32.1	36.3	36.5	35.9	35.0	32.9	65.4	72.6	185.6
11:00	27.9	35.1	39.0	38.6	38.6	36.2	34.1	62.9	56.0	220.2
11:30	27.6	34.2	37.2	36.5	36.3	38.0	34.2	44.5	39.3	192.6
12:00	27.9	33.7	36.1	35.4	34.9	36.2	33.2	43.1	37.5	185.1
12:30	26.9	31.1	34.0	33.5	33.4	34.3	31.2	44.8	41.1	175.5
13:00	27.9	33.2	35.5	34.9	34.5	35.0	32.8	40.6	34.9	153.9
13:30	29.7	39.6	40.0	40.2	39.8	39.6	38.6	37.8	34.2	153.7
14:00	32.8	55.5	52.9	54.3	52.8	50.9	52.5	38.5	35.0	122.7
14:30	32.8	56.1	54.4	54.7	53.7	51.5	53.1	35.8	34.2	76.5
15:00	30.5	44.5	43.9	44.1	43.2	45.8	41.8	32.6	33.2	80.8
15:30	30.1	40.1	39.9	40.0	39.7	40.7	38.3	31.5	31.9	95.3
16:00	30.5	37.5	37.8	38.0	38.0	38.8	36.7	41.3	38.2	95.2
16:30	29.2	34.3	37.0	36.7	36.7	37.5	34.2	46.9	40.7	95.7
17:00	28.8	32.3	35.0	34.9	34.9	34.7	32.3	47.8	41.3	98.3
17:30	28.5	31.4	34.7	34.4	34.6	33.7	31.3	49.1	40.8	84.4
18:00	28.1	30.4	33.6	33.8	33.4	32.3	30.5	53.5	50.7	71.8

17:30	28.5	31.4	34.7	34.4	34.6	33.7	31.3	49.1	40.8	84.4
18:00	28.1	30.4	33.6	33.8	33.4	32.3	30.5	53.5	50.7	71.8
17:30	28.5	31.4	34.7	34.4	34.6	33.7	31.3	49.1	40.8	84.4
18:00	28.1	30.4	33.6	33.8	33.4	32.3	30.5	53.5	50.7	71.8



ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในระบบทำอากาศร้อนและระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ วันที่ 24 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละจุดต่อช่วงเวลา จะเห็นว่าอุณหภูมิ T10 เส้นกราฟจะมีอุณหภูมิสูงกว่าเส้นกราฟอื่น เนื่องจากว่า T10 เป็นอุณหภูมิที่ห้องเผาไหม้ชีวมวลซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 251 องศาเซลเซียส เพราะมีการเผาไหม้ชีวมวลอย่างต่อเนื่อง และอุณหภูมิที่จุด T9 คืออุณหภูมิที่ห้องทำอากาศร้อน ระบบทำอากาศร้อนจะเริ่มทำงานส่งผลให้ T9 มีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อมีการนำความร้อนจากห้องเผาไหม้ชีวมวลมายังห้องทำอากาศร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 78.4 องศาเซลเซียส ทำให้มีการพาความร้อนไปยัง T8 คืออุณหภูมิที่ท่อส่งอากาศร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 68.9 องศาเซลเซียส

เส้นที่ต่ำที่สุดเป็นเส้นของ T1 มีอุณหภูมิต่ำถึง 25.3 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิแต่ละจุด ทุก ๆ 30 นาที แสดงในตาราง 4.7 ดังนี้

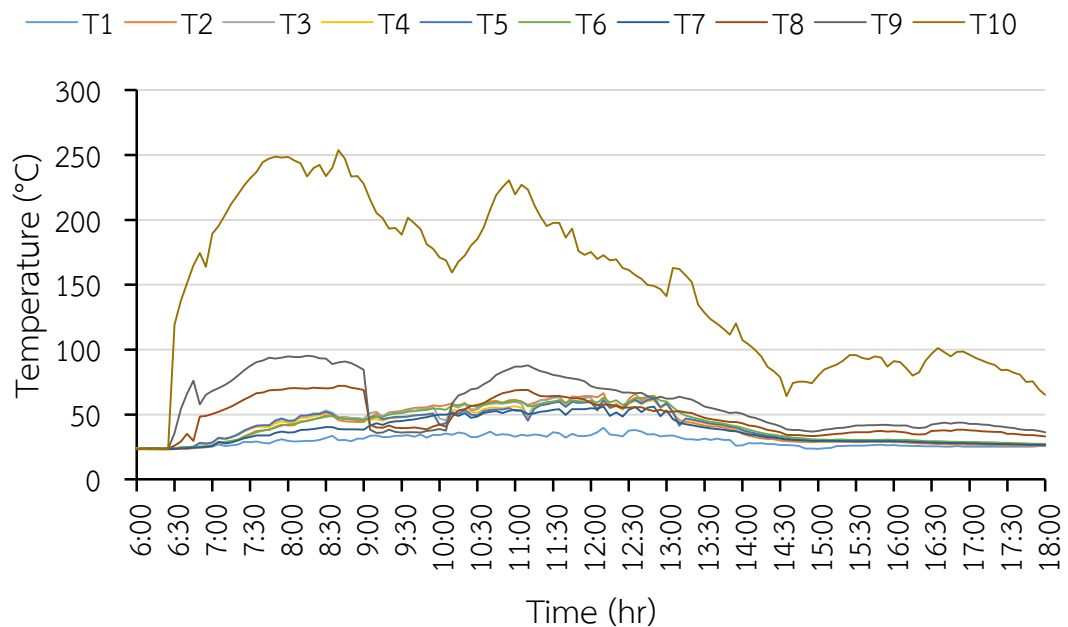
ตารางที่ 4.7 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 24 กันยายน 2561

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
6:00	25.5	25.1	25.5	25.6	25.4	25.4	24.6	28.5	28.2	25.3
6:30	26.4	28.9	32.3	32.1	32.5	30.0	30.0	49.4	62.3	110.2
7:00	27.0	33.1	37.6	37.3	38.8	35.9	35.9	46.6	49.4	200.8
7:30	29.6	41.0	44.0	43.3	44.8	42.1	42.1	47.2	55.6	230.8
8:00	29.9	43.5	44.5	44.2	44.3	44.8	44.8	43.4	53.8	249.2
8:30	30.8	42.0	42.4	42.2	42.4	42.7	42.7	40.9	47.5	242.9
9:00	29.0	38.3	38.5	38.7	38.6	40.8	40.8	40.2	46.9	225.5
9:30	30.6	39.4	39.4	39.2	39.3	40.0	40.0	38.8	45.5	208.1
10:00	29.3	35.9	36.5	36.8	36.8	38.6	34.9	47.8	52.4	190.7
10:30	25.7	32.1	36.3	36.5	35.9	35.0	32.9	65.4	72.6	185.6
11:00	27.9	35.1	39.0	38.6	38.6	36.2	34.1	62.9	56.0	220.2
11:30	27.6	34.2	37.2	36.5	36.3	38.0	34.2	44.5	39.3	192.6
12:00	27.9	33.7	36.1	35.4	34.9	36.2	33.2	43.1	37.5	185.1
12:30	26.9	31.1	34.0	33.5	33.4	34.3	31.2	44.8	41.1	175.5
13:00	27.9	33.2	35.5	34.9	34.5	35.0	32.8	40.6	34.9	153.9
13:30	29.7	39.6	40.0	40.2	39.8	39.6	38.6	37.8	34.2	153.7
14:00	32.8	55.5	52.9	54.3	52.8	50.9	52.5	38.5	35.0	122.7
14:30	32.8	56.1	54.4	54.7	53.7	51.5	53.1	35.8	34.2	76.5

15:00	30.5	44.5	43.9	44.1	43.2	45.8	41.8	32.6	33.2	80.8
15:30	30.1	40.1	39.9	40.0	39.7	40.7	38.3	31.5	31.9	95.3

ตารางที่ 4.7 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 24 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
16:00	30.5	37.5	37.8	38.0	38.0	38.8	36.7	41.3	38.2	95.2
16:30	29.2	34.3	37.0	36.7	36.7	37.5	34.2	46.9	40.7	95.7
17:00	28.8	32.3	35.0	34.9	34.9	34.7	32.3	47.8	41.3	98.3
17:30	28.5	31.4	34.7	34.4	34.6	33.7	31.3	49.1	40.8	84.4
18:00	28.1	30.4	33.6	33.8	33.4	32.3	30.5	53.5	50.7	71.8



ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในระบบทำอากาศร้อนและระบบอบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์ วันที่ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละจุดต่อช่วงเวลา จะเห็นว่าอุณหภูมิ T10 เส้นกราฟจะมีอุณหภูมิสูงกว่าเส้นกราฟอื่น เนื่องจากว่า T10 เป็นอุณหภูมิที่ห้องเผาไหม้ชีวมวล ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 247.3 องศาเซลเซียส เพราะมีการเผาไหม้ชีวมวลอยู่ต่อเนื่อง และอุณหภูมิที่จุด T9 คืออุณหภูมิที่ห้องทำอาหารร้อน ระบบทำอากาศร้อนจะเริ่มทำงานส่งผลให้ T9 มีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อมีการนำความร้อนจากห้องเผาไหม้ชีวมวลมายังห้องทำอาหารร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 95.2 องศาเซลเซียส ทำให้มีการพาความร้อนไปยัง T8 คืออุณหภูมิที่ท่อส่งอากาศร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 72.2 องศาเซลเซียส เส้นที่ต่ำที่สุดเป็นเส้นของ T1 มีอุณหภูมิต่ำถึง 23.6 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิแต่ละจุด ทุก ๆ 30 นาที แสดงในตาราง 4.8 ดังนี้

ตารางที่ 4.8 อุณหภูมิแต่ละจุดทุก ๆ 30 นาที ของวันที่ 25 กันยายน 2561

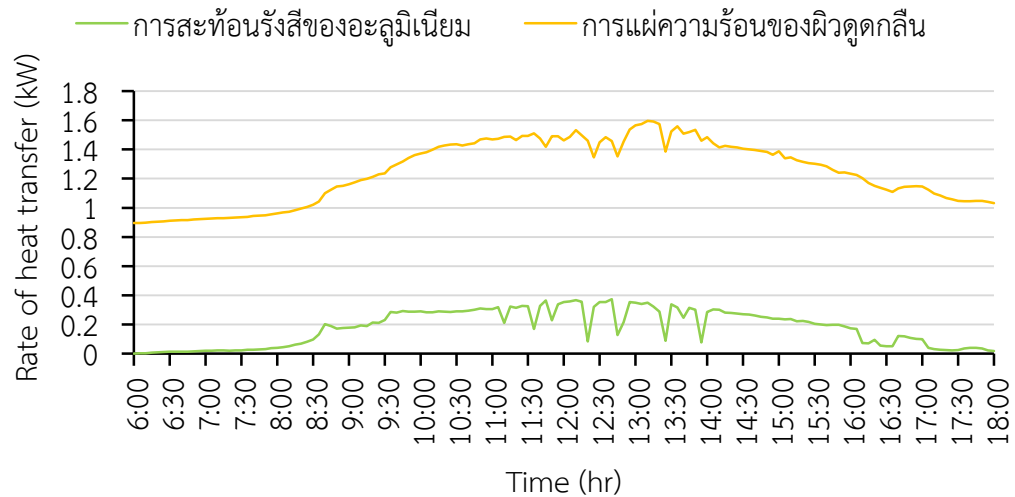
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
6:00	23.9	23.6	24	24	23.8	23.8	23.2	23.5	23.2	23.2
6:30	24.1	23.2	24	23.9	23.8	23.7	23.6	26	35.5	119.2
7:00	25.2	25.6	28.1	28.1	28.5	26.2	25.6	50.5	68.2	189.3
7:30	28.6	35.1	39.5	38.7	39.5	34.4	32.6	63.8	87.3	232
8:00	29.6	41.5	44.6	43.8	45.1	42.2	36	70.1	94.9	248.5
8:30	31.9	49.3	53	51.1	52.1	48.1	40.2	70.2	93	233.7
9:00	31.4	44.1	46.8	46	45.7	45.7	38.3	69	84.5	227.8
9:30	33.6	52.9	52.6	48	48.1	51.2	45	39.4	36.1	188.5
10:00	34.2	56.3	46.9	42.2	42	54.4	50	42.3	38.7	170.9
10:30	32.7	54.1	54.1	51.4	49.3	55.8	48.4	57.3	70.1	185.2
11:00	32.8	61.3	59.8	56.2	52.8	60.3	53.5	68.6	86.9	219.5
11:30	36.2	63.5	62.8	59.5	59.1	60.1	53.5	64.1	80.4	197.6
12:00	34	64.3	63.2	59.6	59.8	60.7	54.8	58.7	71.8	175.2

12:30	37.5	61.8	60	58.2	59.1	59.4	53.7	55.4	66.8	161.3
13:00	33.6	59.5	58.9	57.9	58.6	59.9	53.2	52.1	62.3	141.2
13:30	31.3	41.6	43.6	43.4	44	45.4	40	47.5	56.1	128.4
14:00	26.2	35.2	37.6	37.7	38	39.7	35.8	43.1	50.7	107.4
14:30	26.5	30	32.1	31.9	32	33.7	31.5	36.4	41	78.8
15:00	23.6	28.8	29.8	29.9	29.9	30.6	29.6	33.6	37.3	80
15:30	26	28.7	30	30	29.9	30.4	29.4	36.4	41.4	95.7
16:00	26.4	28.7	30.1	30	30.3	30.4	29.4	37	41.5	91.20
16:30	25.4	27.5	28.7	28.8	28.7	29.4	28.3	37.3	42.2	96.7
17:00	25.1	26.7	28.5	28.5	28.1	28.6	27.6	37.7	42.7	95.9
17:30	25.3	26.3	27.9	27.9	27.5	28.1	27.1	35.2	40.1	84.4
18:00	25.7	25.8	27	27.1	26.8	27.3	26.6	33	36.3	65.2

4.5 ปริมาณความร้อน

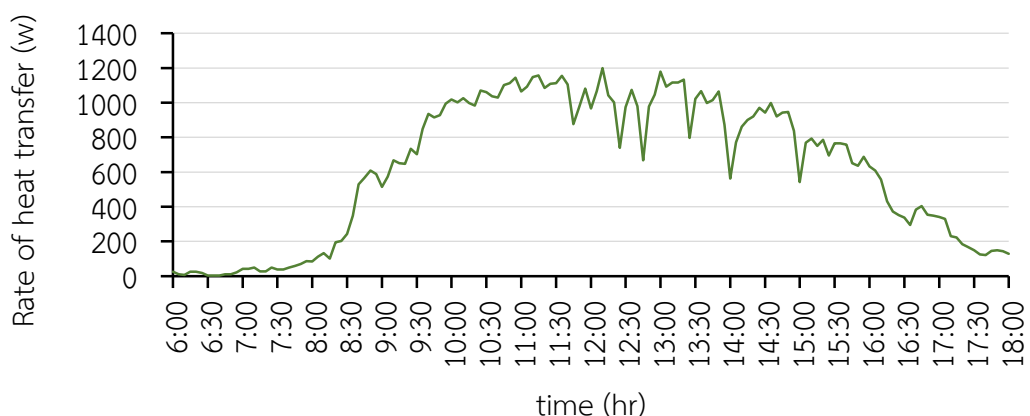
ความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ คือ พลังงานความร้อนที่แผ่รังสีมาจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดและนิยมนำมาใช้ประโยชน์ พลังงานความร้อนที่ได้จากระบบทำอากาศร้อน คือ ความร้อนที่ได้จากการเผาชีวมวลหรือถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งที่เลือกใช้ โดยคำนวณจากสมการของการถ่ายเทความร้อนแต่ละชนิดการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน เพื่อหาปริมาณความร้อนสุทธิของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน

4.5.1 ปริมาณความร้อนการพาความร้อนแบบมีผิวติดกั้นความร้อน



ภาพที่ 4.18 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่ได้เทียบกับเวลา วันที่ 11 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.18 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่ได้เทียบกับเวลา จะเห็นได้ว่าการแผ่รังสีของผิวติดกั้น มีอัตราการแผ่รังสีความร้อนสูงสุด 1.59 กิโลวัตต์ ซึ่งเวลาที่ทำให้ปริมาณความร้อนได้มากที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 12:55 – 13:30 น. ค่าการสะท้อนของอะลูมิเนียมสูงสุด 373.17 วัตต์ จะเห็นได้ว่าช่วงเย็นมีปริมาณความร้อนที่ลดลง อันเนื่องมาจากมีเมฆมากส่งผลกระทบต่อปริมาณความร้อน

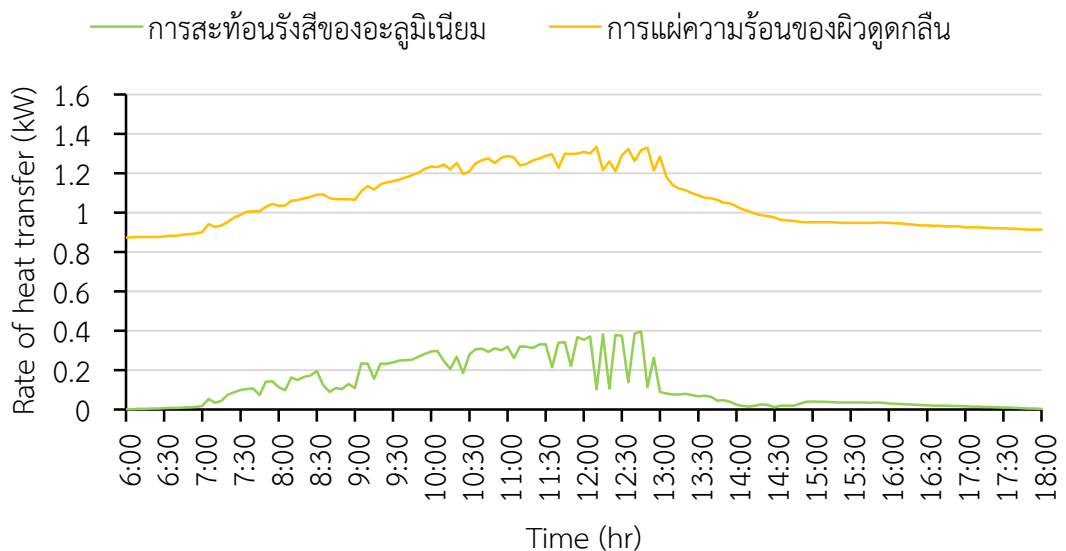


ภาพที่ 4.19 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่สูญเสียเทียบกับเวลา วันที่ 11 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.19 ความสัมพันธ์ของปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปยังบรรยากาศภายนอกเทียบกับเวลา โดยการสูญเสียความร้อนเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระบบ จึงทำให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูง

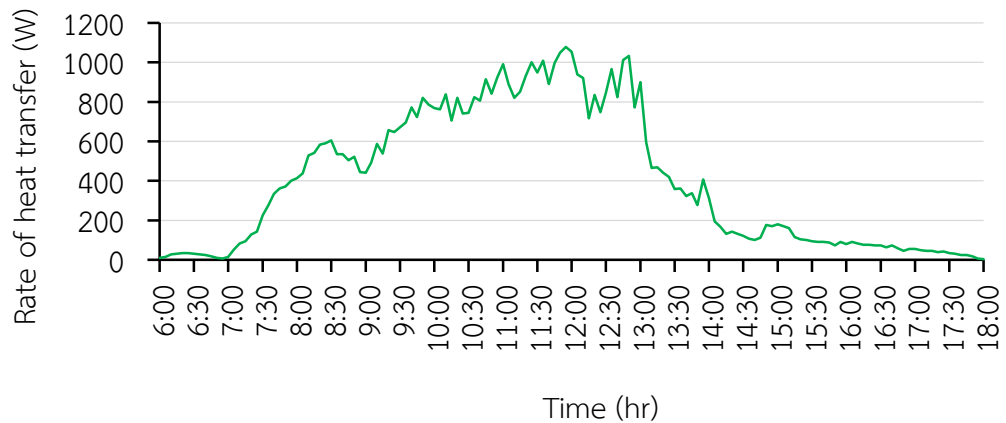
ถ่ายเทไปยังด้านนอกโดยมีการนำความร้อนและการพาความร้อน จากภาพที่ 4.9 เห็นได้ว่าความร้อนที่สูญเสียจากระบบอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากการเปิดพัดลมให้มีอากาศหมุนเวียนภายในระบบนั้น และมาจาก เมฆฝนมีปริมาณมากเพราะขณะทำการทดลองอยู่ในช่วงฤดูฝน ทำให้อุณหภูมิด้านนอกต่ำกว่าอุณหภูมิด้านใน จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับอุณหภูมิด้านนอกซึ่งปริมาณความร้อนที่สูญเสียภายในระบบสูงสุดอยู่ที่ 1,199.46 วัตต์

4.5.2 ปริมาณความร้อนการพาความร้อนแบบมีผิวติดกิ้นร่วมกับระบบทำอากาศร้อน



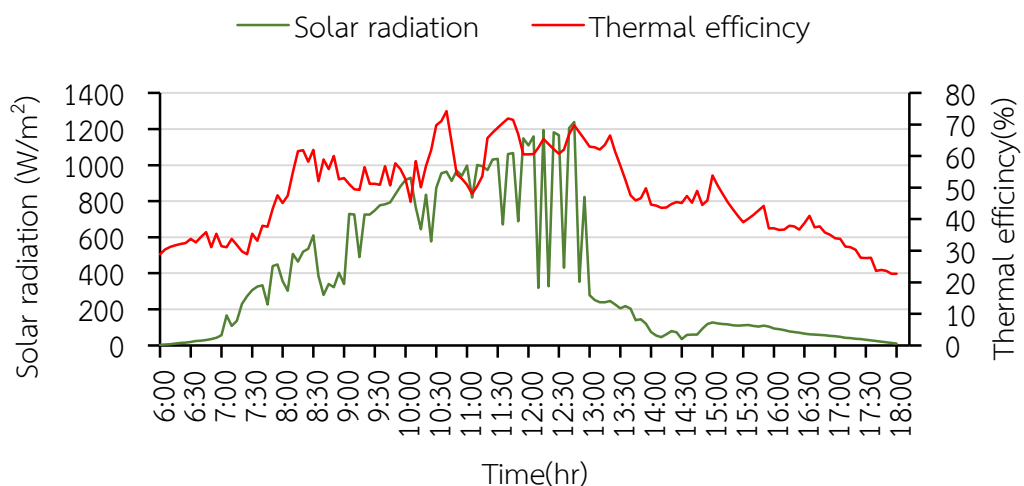
ภาพที่ 4.20 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่ได้เทียบกับเวลา วันที่ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.20 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่ได้เทียบกับเวลาจะเห็นได้ว่า การแผ่รังสีของผิวติดกิ้น มีอัตราการแผ่รังสีความร้อนสูงสุด 1.33 กิโลวัตต์ ซึ่งเวลาที่ให้ปริมาณความร้อนได้มากที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 12:10 - 12:50 น. ค่าการสะท้อนของอะลูมิเนียมสูงสุด 395.58 วัตต์



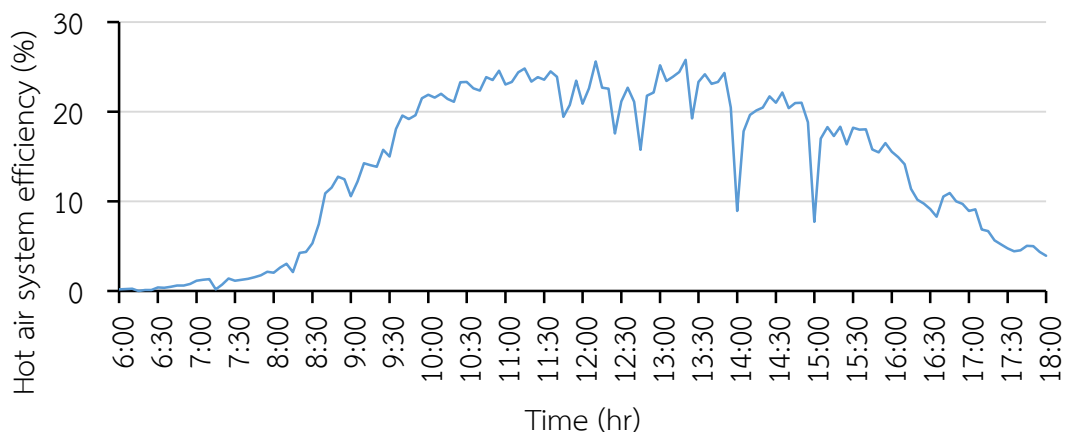
ภาพที่ 4.21 ความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่สูญเสียเทียบกับเวลา วันที่ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปยังบรรยากาศภายนอกเทียบกับเวลา โดยการสูญเสียความร้อนเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระบบ จึงทำให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงถ่ายเทไปยังด้านนอกโดยมีการนำความร้อนและการพาความร้อน จากภาพที่ 4.11 เห็นได้ว่าความร้อนที่สูญเสียจากระบบอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากการเปิดพัดลมให้มีอากาศหมุนเวียนภายในระบบนั้น และมาจากเมฆฝนมีปริมาณมากเพราะขณะทำการทดลองอยู่ในช่วงฤดูฝน ทำให้อุณหภูมิด้านนอกต่ำกว่าอุณหภูมิด้านใน จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับอุณหภูมิด้านนอกซึ่งปริมาณความร้อนที่สูญเสียภายในระบบสูงสุดอยู่ที่ 1,274.70 วัตต์



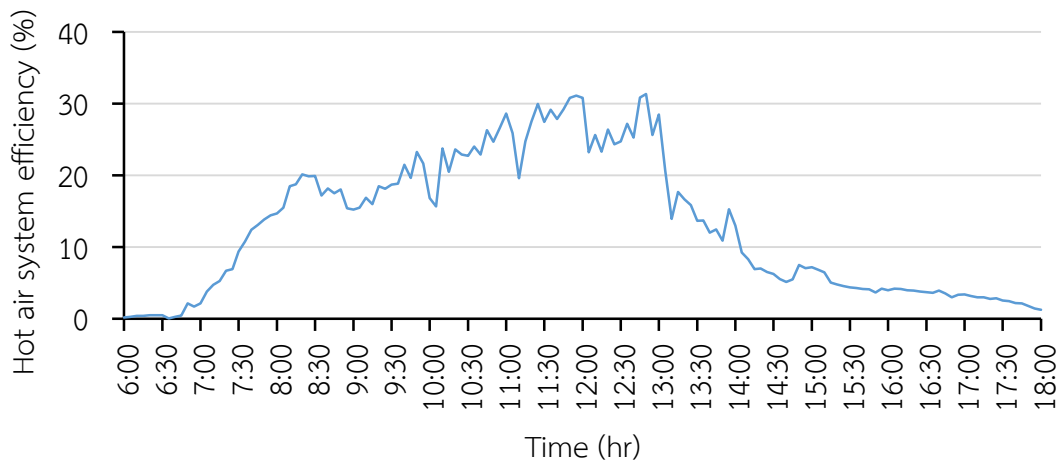
ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับค่ารังสีอาทิตย์
วันที่ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับค่ารังสีอาทิตย์ จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพจะเริ่มสูงขึ้นตามการทำงานของระบบทำอากาศร้อน ประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 74.22 % อยู่ที่เวลา 10:40 น. ทำการทดลองในช่วงที่มีปริมาณเมฆมากและฝนตก จึงมีค่ารังสีอาทิตย์ ต่ำ และต้องเพิ่มถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งเข้าสู่ระบบเผาไหม้ทำให้อุณหภูมิภายในระบบสูงกว่า อุณหภูมิภายนอกเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิให้ถึงเกณฑ์



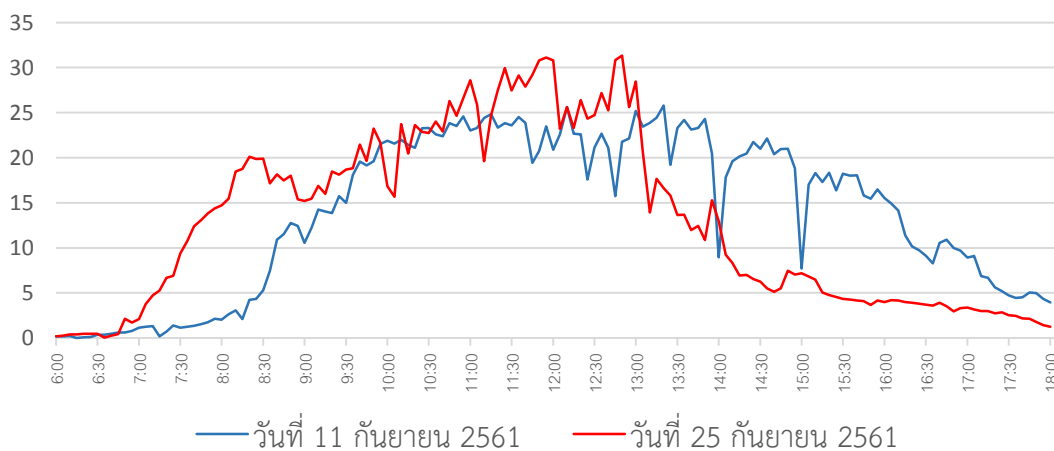
ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน วันที่ 11 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.23 กราฟประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวลนั้น กราฟจะเริ่มด้วยการค่อย ๆ สูงขึ้นไปและค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลาแสงแดด และภายในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 71.4 องศาเซลเซียส โดยที่ค่าประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 25.80%



ภาพที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวล วันที่ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.24 กราฟประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวล จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวลนั้นกราฟจะเริ่มด้วยการค่อย ๆ สูงขึ้นไป เพราะระบบทำอากาศร้อนกำลังเริ่มทำงานและประสิทธิภาพก็จะสูงขึ้น และเนื่องจากฤดูฝนทำให้ภายในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนมีอุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวลทำงานและส่งผลให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยที่ค่าประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวล สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 31.33%



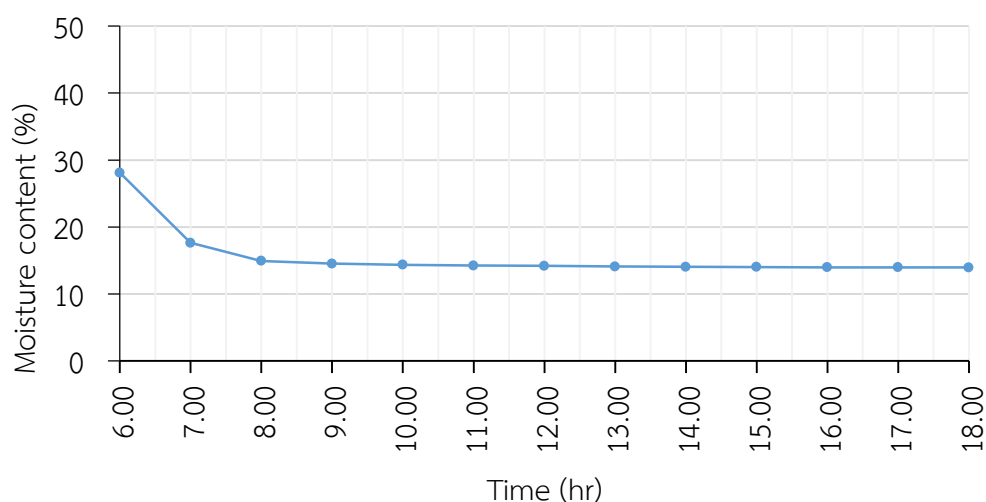
ภาพที่ 4.25 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสง

อาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อนกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจาก
พลังงานชีวมวล ระหว่างวันที่ 11 และ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมี
ผิวดูดกลืนความร้อนกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวล จะเห็นได้ว่า
ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวลนั้นมีค่าประสิทธิภาพของ
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวล สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 31.33% ส่วนของระบบ
อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน มีค่าประสิทธิภาพ สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 25.80%

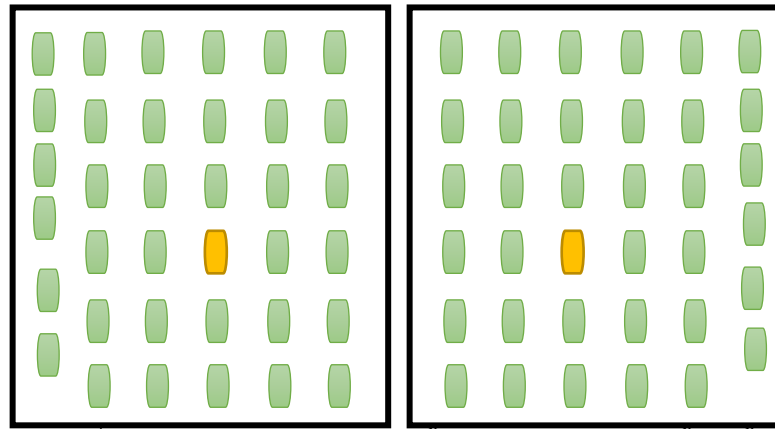
4.6 ปริมาณความชื้นที่ลดลงจากระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืน ซึ่งใช้
กล้วยน้ำว้าในการทดลอง ได้หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานของกล้วยน้ำว้าโดยใช้ตู้อบไฟฟ้า
(Electric oven) ทำการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากมาตรฐาน (AOAC) เพื่อทดสอบและหาแนวโน้ม
ความชื้นของกล้วยน้ำว้า ที่ได้จากระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืน



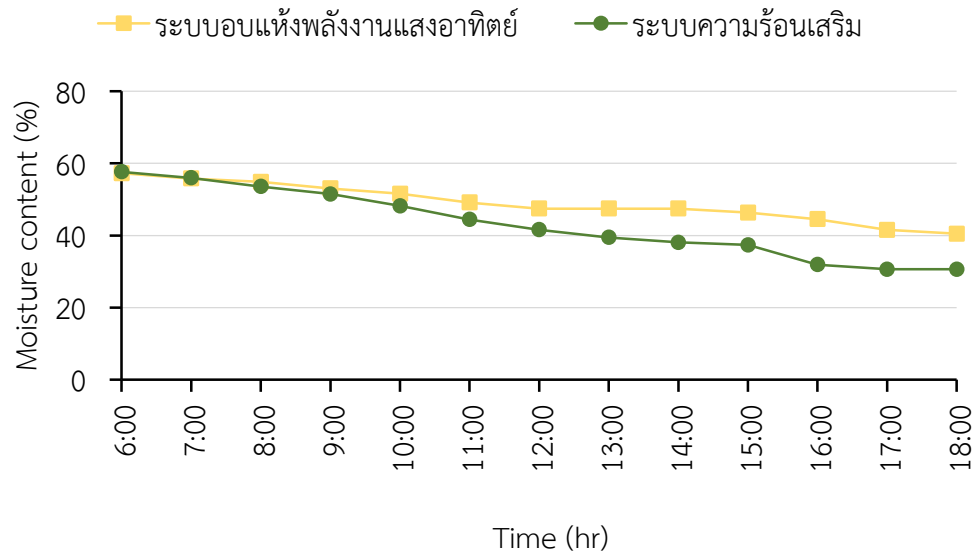
ภาพที่ 4.26 ค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (AOAC)

จากภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (AOAC) โดยมีกล้วยน้ำว้า
ที่ได้นำมาทดสอบหาค่าความชื้นที่ลดลงด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) โดยจะทำการอบตั้งแต่
6:00 - 18:00 น. ทำการชั่งน้ำหนักทุก ๆ ชั่วโมงเพื่อนำมาหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียก
ดังภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.27 ตำแหน่งการวางกล้วยน้ำว้า ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 2 ชั้น

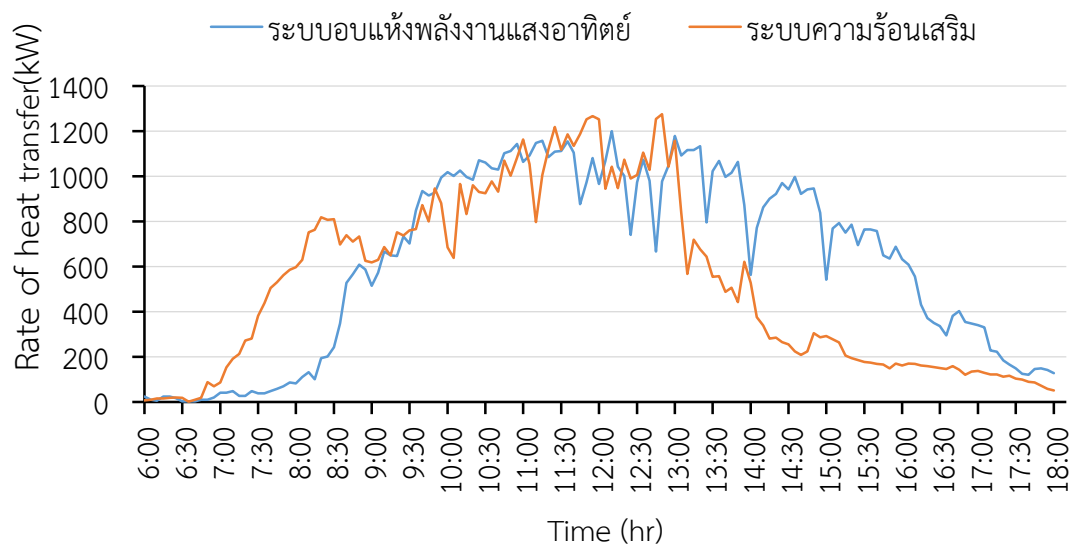
4.6.1 ปริมาณความชื้นการพาความร้อนแบบบังคับโดยมีฝีดูดกลืนเปรียบเทียบกับพาความร้อนแบบบังคับแบบมีฝีดูดกลืนร่วมกับระบบทำอากาศร้อน



ภาพที่ 4.28 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นการพาความร้อนโดยมีฝีดูดกลืนร่วมกับระบบความร้อนเสริมจากชีวมวล

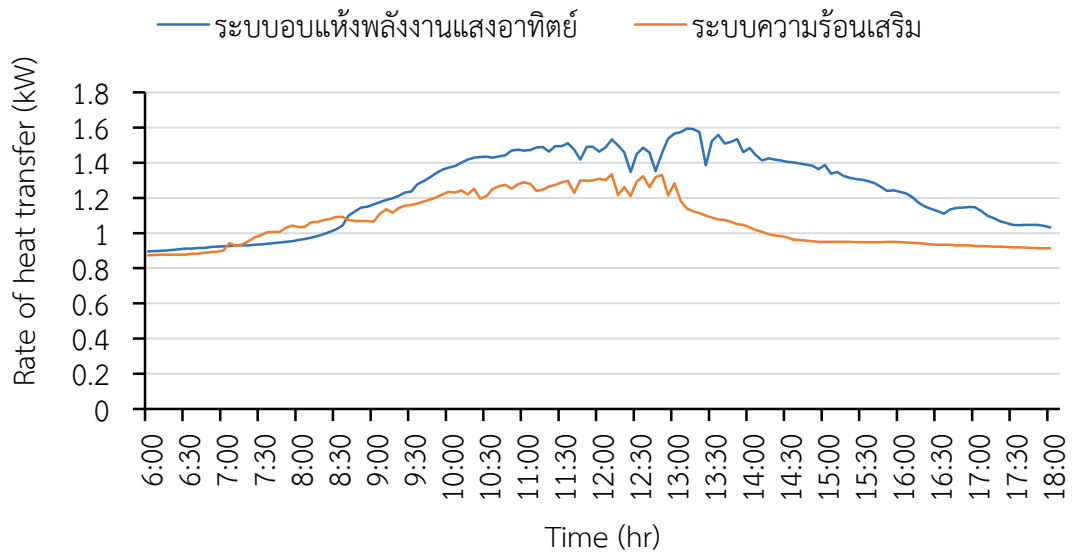
จากภาพที่ 4.28 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นการพาความร้อนโดยมีฝีดูดกลืนร่วมกับระบบความร้อนเสริมจากชีวมวล จะเห็นได้ว่าความชื้นมาตรฐานเปียกของการพาความร้อนแบบมีฝีดูดกลืน

ดูดกลืนความร้อนค่าเริ่มต้นอยู่ที่ร้อยละ 57.26% ความชื้นมาตรฐานเปียกของการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับระบบความร้อนเสริมจากชีวมวลเริ่มต้นอยู่ที่ร้อยละ 57.65% ช่วงเวลา 6:00 - 18:00 น. มีความชื้นของทั้งสองระบบมีความแตกต่างกันมากโดยที่ความชื้นของการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืนความร้อนมีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ร้อยละ 40.48% ส่วนความชื้นของการพาความร้อนแบบมีผิวดูดกลืนความร้อนร่วมกับระบบความร้อนเสริมจากชีวมวลมีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ร้อยละ 30.61% ซึ่งทั้งสองระบบมีความปริมาณความชื้นที่แตกต่างกันในเวลาเท่ากันอยู่ที่ร้อยละ 9.87%



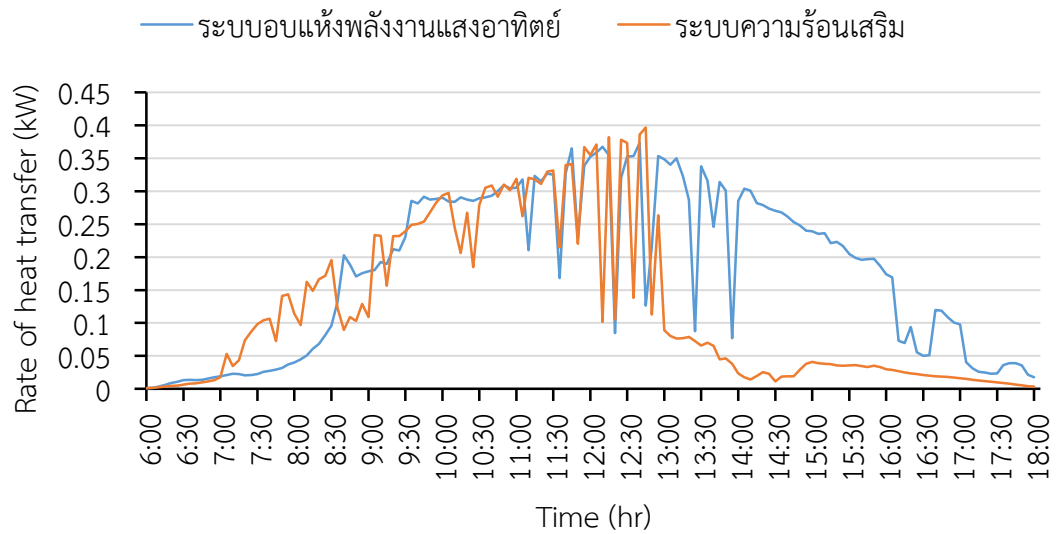
ภาพที่ 4.29 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่สูญเสียเทียบกับเวลา
วันที่ 11 และ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.29 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของปริมาณความร้อนที่สูญเสียเทียบกับเวลาที่ผ่านไปทุก ๆ 30 นาที เทียบกัน 2 วัน ระหว่างของวันที่ 11 กันยายน 2561 และวันที่ 25 กันยายน 2561 เป็นการทดลองระหว่างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน กับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล ซึ่งสังเกตจากกราฟได้ว่า ตั้งแต่เวลา 13:10 น. ของวันที่ 25 กันยายน 2561 นั้นเส้นกราฟได้ตกลงมาตามสภาพอากาศเพราะมีฝนตกจนกระทั่ง 18:00 น. ของวัน



ภาพที่ 4.30 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ปริมาณการแผ่ความร้อนของผิวดูดกลืนเทียบกับเวลา
วันที่ 11 และ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.30 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ปริมาณการแผ่ความร้อนของผิวดูดกลืนเทียบกับเวลาที่ผ่านไปทุก ๆ 30 นาที เทียบกัน 2 วัน ระหว่างของวันที่ 11 กันยายน 2561 และวันที่ 25 กันยายน 2561 เป็นการทดลองระหว่างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน กับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล ซึ่งสังเกตจากกราฟของ วันที่ 25 กันยายน 2561 นั้นมีปริมาณเมฆฝนเป็นจำนวนมาก มาบดบังค่ารังสีที่ตกกระทบกับผิวดูดกลืน จึงทำให้มีปริมาณค่ารังสีที่ตกกระทบแผ่นดูดกลืนในปริมาณน้อย



ภาพที่ 4.31 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ปริมาณการสะท้อนรังสีของอลูมิเนียมเทียบกับเวลา
วันที่ 11 และ 25 กันยายน 2561

จากภาพที่ 4.31 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ปริมาณการสะท้อนรังสีของอลูมิเนียมเทียบกับเวลาที่ผ่านมาทุก ๆ 30 นาที เทียบกัน 2 วัน ระหว่างของวันที่ 11 กันยายน 2561 และ วันที่ 25 กันยายน 2561 เป็นการทดลองระหว่างตู้บัพแท้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน กับระบบบัพแท้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 แบบ คือ 1. ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืน 2. ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งในการทดลองจะหาค่าปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้า หาปริมาณความร้อนในระบบโดยการพาความร้อน การนำความร้อน และการแผ่ความร้อน สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล ที่ใช้ท่อทองแดงขนาด 3 หุน มาขัดและเชื่อมต่อติดกัน และมีครีบริปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 มิลลิเมตร สร้างขึ้นเพื่อไว้รักษาอุณหภูมิในระบบขณะที่อากาศภายนอกระบบมีอุณหภูมิต่ำซึ่งได้ทำการทดลองบริเวณแดดฟ้าดี 28 องศาเซลเซียสและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โดยจะมีระบบควบคุมปริมาณลมทางเข้าและปริมาณลมทางออกของระบบ และการควบคุมเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับผู้วิจัย โดยการเติมเชื้อเพลิงในช่วงที่เริ่มระบบจะใส่ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง 3 แท่ง ในช่วงแรกที่ต้องเติมเข้าถึง 3 แท่ง เพราะต้องการให้ท่อและครีบริปในในระบบร้อนได้ทั่วถึงกัน ซึ่งผู้วิจัยจะคอยเติมถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งครั้งละ 1 แท่ง ทุก ๆ 3 ชั่วโมง เพื่อคงอุณหภูมิในระบบไว้ให้อยู่ที่ 60 – 65 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาและทดลองพบว่า ค่าแสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิอย่างมาก โดยสังเกตได้ชัดจากการอบแห้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 68.7 องศาเซลเซียส เพราะผู้วิจัยเลือกวันที่มีค่าความแสงแดดสูงสุดและมีปริมาณแสงแดดตลอดทั้งวัน เพื่อที่จะได้เห็นความแตกต่างกัน กับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกทดลองในฤดูฝน ช่วงที่มีฝนตกเกือบทั้งวันจึงมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 61.6 องศาเซลเซียส

จากการทดลองพบว่า การอบกล้วยน้ำว้าด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานชีวมวล ซึ่งในการทดลองอบกล้วยน้ำว้าจำนวน 8.50 กิโลกรัม มีค่าความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นที่ 57.65% จนความชื้นสุดท้าย 25.29% จากน้ำหนัก 8.50 กิโลกรัม ลดลงเหลือ 3.46 กิโลกรัม ภายในระยะเวลา 3 วัน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาจากการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนที่ใช้เวลาอบถึง 4 วัน

5.2 อภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยหลักของการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนความร้อน คือ ค่ารังสีอาทิตย์เพราะดวงอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อนที่สำคัญ ซึ่งสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงก็มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อน มีปริมาณฝนและเมฆเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ไม่มีค่ารังสีอาทิตย์ ซึ่งต้องใช้ระบบความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวล เพื่อให้ความร้อนแก่ระบบและช่วยพาความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ได้ดี

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวลมาใช้เสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืนได้พบปัญหา ข้อจำกัด และอุปสรรคในระหว่างทำการทดลอง จึงเสนอแนะแนวทางการพัฒนา ในครั้งต่อไป

1. จากการทดลองตากกล้วยน้ำว้าในเวลากลางคืน ไม่เป็นไม่เป็นผลดี ความชื้นจากกล้วยอาจไม่ลดปริมาณลง เพราะในเวลากลางคืนมีปริมาณความชื้นมากกว่าในเวลากลางวัน
2. ควรมีช่องว่างระหว่างครีบน้อยเพื่อเพิ่มการระบายความร้อนของท่อทองแดง
3. ควรใช้ความร้อนเสริมจากแหล่งอื่น เช่น ความร้อนจากไฟฟ้าที่มีความร้อนที่ความคงที่ และมีเสถียรภาพมากกว่าความร้อนจากชีวมวล แต่จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าแต่เหมาะสำหรับการใช้เชิงพาณิชย์

บรรณานุกรม

- สุนันท์ ศรัญญินิตย์. (2551). การถ่ายเทความร้อน:Heat Transter. กรุงเทพฯ: ทริปเพิ้ล กรุ๊ป.
- จารุวัฒน์ เจริญจิต. (2555). เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ และแนวทางการพัฒนา.
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ศรีวิชัยสงขลา.
- บุษบา พฤษภาพันธุ์รัตน์ และคณะ. (2555). โครงการแนวทางการส่งเสริมมาตรฐานเชื้อเพลิง
ชีวมวลแปรรูปในภาคอุตสาหกรรม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ชลันทร ยศบุญเรือง และคณะ. (2556). เครื่องอบแห้งลมร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- เทวรัตน์ ตรีอานรรค และคณะ. (2556). การศึกษาต้นแบบการลดความชื้นกากมันสำปะหลังโดยใช้
ระบบอบแห้งแบบโรตารี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- พลากร ญานะ และคณะ. (2556). การพัฒนาตู้อบและกระบวนการอบปลาแห้งโดยใช้พลังงาน
เชื้อเพลิงชีวมวล. สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาฟิสิกส์เชียงใหม่.
- ลือพงษ์ ลือนาม และคณะ. (2556). การวิจัยการอบแห้งพริกโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน.
สาขาวิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และ สมบัติ ทิฆัมทรัพย์. (2557). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อน
แบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ. คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย.
- ธเนศ ไชยชนะ. (2557-2558). เครื่องอบแห้งพลังงานรวม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) สำหรับการแปรรูปกล้วย. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- กิตตินาถ วรรณิสสร และคณะ. (2558). **เครื่องอบเนื้อปลาและเนื้อสัตว์แดดเดียว**. วิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และภาควิชาอาชีวศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนะวิทย์ ทองวิเชียร และ กฤษณพงศ์ สังขวาสี. (2558). **เตาอบพลังงานความร้อนจากแสง**. สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร สาขาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- สำรวย ภูบาล และ วลัยรัตน์ จันทรวงศ์. (2558). **การอบแห้งปลาหมึกกะตอยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนร่วม**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กิตติศักดิ์ ศรีสวัสดิ์ และ วริศ จิตต์ธรรม. (2559). **การศึกษาตู้อบปลาสดพลังงานความร้อนจากแผงโซลาร์ร่วมกับขดลวดทำความร้อน**. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก.
- นันทิยา ขำใจดี และไพศาล สมชัย. (2559). **ศึกษาและทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผิวดูดกลืนความร้อน**. สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.
- รอกีเยาะ อาแว และคณะ. (2559). **การศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งของปลาช่อน ด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า**. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สุรัชย์ ณัฐ จันทร์ศรี. (2559). การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ยุทธภูมิ อาสนะรัตนธรรม และวีรยุทธ สระสีสม. (2560). การศึกษาระบบทำอากาศร้อนเพื่อใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

เสริม จันฉาย. (2560). การวัดอัตราการไหลของอากาศ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวตูดกลืนความร้อน

1. การพาความร้อนแบบบังคับโดยไส้ผิวดูดกลืนความร้อนตั้งแต่วันที่ 8-11 กันยายน 2561

ตารางที่ ก1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 8 กันยายน 2561

เวลา (นาทึ่)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
6:00	25.7	25.6	25.8	25.8	25.6	25.6	25.4
6:05	25.2	24.6	25.3	25.2	25.0	25.0	25.4
6:10	25.4	24.5	25.1	25.2	24.9	25.0	25.4
6:15	25.2	24.5	25.1	25.2	25.0	25.0	25.4
6:20	25.0	24.6	25.2	25.2	25.0	25.0	25.5
6:25	25.2	24.7	25.4	25.4	25.3	25.3	25.6
6:30	25.5	24.7	25.4	25.4	25.2	25.2	25.7
6:35	25.4	25.1	25.6	25.8	25.8	25.5	25.8
6:40	25.6	25.4	26.2	26.2	26.1	25.9	25.9
6:45	25.7	25.4	25.9	25.9	25.7	25.7	26.1
6:50	25.9	25.6	26.1	26.1	25.8	25.9	26.4
6:55	26.1	25.8	26.2	26.2	25.9	26.1	26.5
7:00	26.1	26.1	26.5	26.3	26.4	26.4	26.7
7:05	26.2	26.3	26.7	26.6	26.4	26.5	26.9
7:10	26.4	26.6	26.9	26.8	26.7	26.7	27.2
7:15	26.5	27.0	27.2	27.1	26.9	27.2	27.4
7:20	26.5	27.3	27.5	27.4	27.4	27.5	27.6
7:25	26.9	27.7	27.9	27.8	27.6	27.8	27.9
7:30	26.9	28.3	28.2	28.2	28.1	28.2	28.3
7:35	27.2	28.8	28.8	28.8	28.8	28.6	28.7
7:40	27.4	29.4	29.5	29.4	29.5	29.2	29.3
7:45	27.4	29.9	29.7	29.8	29.9	29.5	29.6
7:50	27.5	29.8	29.8	29.8	29.8	29.5	29.6
7:55	27.9	30.0	29.9	29.9	29.9	29.6	29.8
8:00	28.7	30.5	30.5	30.3	30.4	30.0	30.2

ตารางที่ ก1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 8 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
8:05	28.1	31.0	31.0	30.9	30.8	30.4	30.5
8:10	28.5	31.6	31.8	31.6	31.5	31.0	31.1
8:15	28.6	32.2	32.3	32.1	32.2	31.5	31.6
8:20	28.3	32.6	32.8	32.6	32.8	32.0	32.1
8:25	29.8	33.4	33.7	33.4	33.2	32.6	32.6
8:30	29.2	34.2	34.2	34.1	34.1	33.2	33.4
8:35	29.5	35.4	35.7	35.2	35.4	34.2	34.2
8:40	29.8	37.0	37.7	36.9	37.0	35.3	35.4
8:45	30.1	38.0	38.5	37.9	38.5	36.6	36.8
8:50	32.6	40.1	40.6	39.9	39.9	38.3	38.2
8:55	32.3	39.6	39.4	39.0	39.0	38.0	38.0
9:00	30.8	35.7	32.1	31.8	31.6	31.8	36.3
9:05	32.4	37.0	35.9	35.7	35.7	35.8	36.7
9:10	31.4	36.7	36.1	35.8	35.6	35.7	36.5
9:15	30.8	36.5	35.7	35.5	35.5	35.5	36.5
9:20	33.1	36.3	36.0	35.5	35.6	35.7	36.4
9:25	30.8	36.6	36.2	35.8	35.7	35.7	36.5
9:30	31.9	37.2	36.8	36.2	36.4	36.2	37.0
9:35	32.9	38.1	37.8	37.3	37.2	36.7	37.6
9:40	33.9	38.6	38.3	37.8	37.6	37.3	38.0
9:45	32.8	39.4	39.1	38.5	38.4	38.0	38.5
9:50	31.6	40.3	39.9	39.5	39.6	38.7	39.3
9:55	33.0	40.9	40.0	39.6	39.9	39.0	39.6
10:00	32.4	36.5	32.1	32.3	32.1	33.0	38.0
10:05	33.6	37.6	36.6	36.3	36.3	36.8	38.0
10:10	32.5	36.9	36.5	36.2	36.0	36.3	37.3
10:15	31.8	36.3	36.0	35.8	35.5	35.7	37.1

ตารางที่ ก1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 8 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
10:20	31.3	35.4	35.2	35.0	34.7	35.2	36.3
10:25	31.8	35.4	35.5	35.1	35.0	35.3	36.3
10:30	31.2	35.9	36.2	35.6	35.5	35.4	36.5
10:35	25.2	34.7	35.8	35.4	35.4	35.8	36.8
10:40	25.4	34.5	35.6	35.2	35.5	35.6	36.8
10:45	25.8	33.8	35.3	34.9	35.4	34.9	36.1
10:50	25.6	35.0	36.7	35.9	36.7	35.6	36.7
10:55	25.3	35.8	37.3	36.5	37.5	36.0	37.2
11:00	26.9	35.9	37.2	36.7	37.5	36.3	37.4
11:05	28.5	36.0	37.1	36.9	37.5	36.6	37.6
11:10	30.1	36.1	37.0	37.1	37.5	36.9	37.8
11:15	31.7	36.2	36.9	37.3	37.5	37.2	38.0
11:20	33.3	36.3	36.8	37.5	37.5	37.5	38.2
11:25	34.9	40.2	41.4	41.4	41.4	40.4	41.1
11:30	34.1	44.4	43.3	42.3	42.7	40.8	41.7
11:35	31.7	46.3	44.6	43.7	44.5	42.6	43.5
11:40	34.1	47.8	46.6	45.5	46.1	43.6	44.6
11:45	37.3	51.5	49.2	48.2	49.0	46.1	47.2
11:50	38.8	51.8	49.8	48.6	49.1	46.7	47.9
11:55	35.2	54.9	51.7	50.9	51.1	48.8	50.5
12:00	35.5	53.5	50.3	49.4	50.4	48.2	50.5
12:05	36.3	51.5	49.5	49.0	49.5	47.4	49.1
12:10	37.0	55.4	52.6	51.7	52.4	49.4	50.9
12:15	37.2	57.3	53.1	52.9	53.4	50.5	52.2
12:20	38.6	56.6	52.8	52.2	53.1	50.8	52.4
12:25	36.5	51.4	47.5	47.4	47.4	46.3	49.7
12:30	39.2	54.6	49.2	48.0	48.3	47.8	51.4

ตารางที่ ก1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 8 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
12:35	37.2	55.5	52.3	51.7	52.5	50.4	52.3
12:40	39.4	57.1	53.3	52.9	53.4	50.8	52.9
12:45	40.8	59.5	55.2	54.6	55.1	52.6	54.3
12:50	40.5	60.7	56.0	55.4	55.9	53.6	55.5
12:55	40.1	61.4	56.4	56.1	56.5	54.1	56.0
13:00	40.3	63.5	58.9	58.4	58.8	56.0	58.0
13:05	42.4	63.2	56.4	56.2	56.6	54.1	58.0
13:10	40.1	61.9	49.1	47.7	47.4	50.3	57.7
13:15	41.8	60.9	56.0	55.4	56.4	53.5	57.3
13:20	37.8	60.0	55.8	54.3	56.2	53.2	56.8
13:25	37.2	58.6	55.0	54.1	54.9	53.2	56.1
13:30	38.0	52.6	51.0	51.0	51.2	50.1	52.8
13:35	37.5	52.0	50.6	50.4	51.0	49.4	52.1
13:40	35.8	53.7	51.5	51.1	52.1	50.3	52.6
13:45	38.0	55.5	52.8	51.7	52.9	51.0	53.2
13:50	38.3	56.8	54.1	52.8	54.2	51.9	53.9
13:55	41.5	63.1	58.2	56.6	58.2	55.1	57.2
14:00	38.0	54.7	47.4	49.7	51.5	48.4	52.6
14:05	41.2	56.9	46.4	47.7	48.4	46.7	53.8
14:10	36.5	51.9	45.3	47.2	48.0	48.0	51.7
14:15	34.4	45.4	41.2	41.5	42.3	43.4	48.0
14:20	33.6	46.2	41.5	43.5	44.4	42.3	46.9
14:25	34.5	48.0	42.5	44.5	46.1	43.3	47.7
14:30	35.4	51.3	43.8	46.8	48.1	44.2	48.4
14:35	34.6	45.4	41.7	43.4	44.2	42.5	46.0
14:40	33.9	43.9	40.1	42.2	42.9	42.2	44.9
14:45	33.6	44.6	40.4	42.5	43.4	42.4	45.0

ตารางที่ ก1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 8 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
14:50	34.1	43.8	40.3	42.2	42.9	41.8	44.4
14:55	35.0	44.0	40.5	42.2	43.1	41.7	44.3
15:00	33.9	46.0	41.3	43.1	44.1	42.5	45.1
15:05	34.6	47.2	42.3	44.0	44.6	43.5	45.5
15:10	33.9	42.6	35.4	35.2	35.5	36.8	44.4
15:15	35.3	46.1	40.7	41.6	43.7	42.0	45.2
15:20	32.9	45.4	41.3	42.9	43.5	42.7	45.3
15:25	35.4	42.9	39.8	40.4	40.9	40.6	43.5
15:30	33.2	41.2	38.5	39.5	40.1	39.7	42.4
15:35	32.8	39.4	38.2	38.8	38.9	38.8	41.1
15:40	32.4	37.9	36.9	37.2	37.7	37.6	39.9
15:45	29.5	35.4	34.9	35.6	35.7	36.3	38.5
15:50	29.0	33.7	33.9	34.7	34.4	35.3	36.8
15:55	28.3	32.6	33.0	33.4	33.3	34.0	35.4
16:00	27.5	31.4	32.1	32.4	31.8	33.1	34.3
16:05	28.0	29.7	30.3	30.6	30.7	31.7	32.9
16:10	25.1	28.8	29.8	30.2	29.6	30.7	31.9
16:15	25.2	27.3	29.3	30.3	29.3	30.5	30.6
16:20	25.8	27.1	28.8	29.8	28.8	29.9	30.4
16:25	26.1	26.9	28.3	29.3	28.3	29.6	30.1
16:30	26.6	26.7	27.8	28.8	27.8	29.1	29.8
16:35	27.1	26.5	27.3	28.3	27.3	28.7	29.5
16:40	26.4	26.3	26.8	27.8	26.8	28.2	29.2
16:45	25.8	26.3	26.3	27.3	26.3	27.8	28.8
16:50	25.1	26.1	25.8	26.8	25.8	27.3	28.5
16:55	25.3	26.1	25.6	26.3	25.6	27.1	28.2
17:00	25.5	25.8	25.7	25.8	25.7	26.7	27.9

ตารางที่ ก1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 8 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
17:05	25.7	25.9	25.9	25.3	25.9	26.4	27.6
17:10	25.6	25.9	25.7	25.7	25.7	26.6	27.3
17:15	25.5	25.8	25.9	26.1	25.9	26.9	26.9
17:20	25.4	25.8	25.9	26.5	25.9	26.3	26.6
17:25	25.3	25.7	26.0	26.9	26.0	26.7	26.3
17:30	25.4	25.7	26.0	26.5	25.9	26.1	26.6
17:35	25.3	25.7	26.0	26.1	25.9	26.5	26.9
17:40	25.5	25.7	26.1	26.2	26.1	26.4	26.8
17:45	25.6	25.7	26.1	26.2	26.1	26.5	26.8
17:50	25.9	25.8	26.2	26.4	26.2	26.5	26.9
17:55	25.7	25.8	26.1	26.2	26.1	26.4	26.9
18:00	25.7	25.8	26.1	26.2	26.1	26.4	26.9

ตารางที่ ก2 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 9 กันยายน 2561

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
6:00	25.3	25.1	25.4	25.4	25.2	25.1	24.7
6:05	25.4	25.1	25.4	25.5	25.4	25.2	24.9
6:10	25.2	25	25.4	25.4	25.3	25.2	25
6:15	25	24.5	25.2	25.2	25.1	25	25
6:20	25.1	24.7	25.2	25.3	25.2	25.1	25.1
6:25	25	24.7	25.1	25.2	25.2	25.2	25.2
6:30	25.2	24.8	25.5	25.5	25.6	25.4	25.5
6:35	25.2	25.1	25.6	25.7	25.7	25.5	25.6
6:40	25.5	25.4	25.7	25.8	25.7	25.6	25.8
6:45	25.6	25.6	25.9	25.9	26	26	26
6:50	25.5	25.8	26	26.2	26.2	26.2	26.2
6:55	25.4	26.1	26.2	26.4	26.4	26.4	26.4
7:00	25.9	26.7	26.7	26.9	27	26.9	27
7:05	26.2	27.7	27.7	27.9	28.2	27.8	28
7:10	26.4	28.4	28.3	28.5	29.1	28.7	28.7
7:15	27.5	29.3	29.3	29.5	30.1	29.4	29.5
7:20	27	30.1	29.9	30	30.6	30.1	30.1
7:25	27	31	30.6	30.6	31.1	30.8	30.8
7:30	26.9	30.7	29.8	30.2	30.3	30.5	30.8
7:35	26.9	30.8	29.9	30	30.2	30.3	30.7
7:40	27.8	30.8	29.6	30	30.1	30.3	30.9
7:45	27.4	31	30	30.1	30.6	30.3	31
7:50	27.1	31.5	30.6	30.7	30.8	30.5	31.3
7:55	27.9	31.4	30.1	30.5	30.9	30.6	31.4
8:00	27.5	31.7	30.4	30.6	30.9	30.9	31.5
8:05	28.2	33.4	31.8	31.8	32.6	32	32.5
8:10	28.5	34	31.9	32.1	33.2	32.4	33

ตารางที่ ก2 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 9 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
8:15	28	33.2	31.3	31.9	32.2	32	32.8
8:20	28.1	32.1	31	31.2	31.8	31.3	32.5
8:25	29.5	33.7	32	32.2	32.8	32.6	33.2
8:30	29	35.5	33	33.4	34.2	34.2	34.4
8:35	28.6	36.5	34.5	34.6	35.3	34.6	35
8:40	28.4	36.1	33.2	34.5	35.1	34.2	35
8:45	28.2	37.3	35.5	35.7	36.8	35.2	35.7
8:50	30.4	39.3	35.6	36	38.3	35.5	36.5
8:55	30	40.5	35.8	37.1	39	35.7	37.5
9:00	28.8	40.1	36.5	35.9	36.7	36.0	37.4
9:05	29.8	41.2	38.4	38.2	39.9	37.2	38.4
9:10	29.8	42.3	40.3	39.2	41.4	38.5	39.3
9:15	31.4	45	42.1	41.3	43.7	39.2	40.9
9:20	32.4	48.1	44.8	43.4	46	39.9	42.7
9:25	31	50.4	42.1	41.3	43.8	40.7	43.9
9:30	32.3	51.9	46.9	46.3	49.4	41.4	45.5
9:35	31.6	53	47.9	46.5	49.4	42.1	46.1
9:40	32.4	54.6	49.5	48.1	51.5	42.9	47.2
9:45	31.9	54.9	48.8	47.9	50.9	43.6	47.7
9:50	32	53.9	47.8	48.1	50.6	44.3	48.1
9:55	33.3	54.3	48.9	48	50.4	44.3	48.7
10:00	31.8	53.8	47.7	47.4	49.8	44.9	48.9
10:05	33.6	52.8	48.9	48.1	50.5	44.9	49.4
10:10	32.9	50.1	46.8	46.5	48.3	45.1	48.1
10:15	34.1	53.4	49.5	48.2	50.9	45.3	49.3
10:20	32.7	51.9	48.1	47.2	49.3	45.5	48.9
10:25	32.9	54.7	50	49.1	51.7	47.8	50.3

ตารางที่ ก2 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 9 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
10:30	32.7	54	49.1	48.5	50.9	47.1	50.4
10:35	32.6	48.9	45.7	45.8	47.3	44.3	47.8
10:40	31.4	45.8	43.3	43.7	44.8	42	45.8
10:45	31.2	45	43.1	43.4	44.5	42	45.4
10:50	32.7	46.3	44.6	43.8	45.2	42.5	45.8
10:55	32.4	47.9	45.3	44.7	46.4	43.7	46.8
11:00	31.9	48.8	45.8	45.2	47	44	47.3
11:05	32.3	50.6	47.5	46.5	48.3	45.2	48.3
11:10	31.5	50.7	48.2	46.7	48.8	45.7	49
11:15	33.3	55.8	51.2	49.2	53.1	48.5	51.8
11:20	33.4	56.7	52.1	50.1	53.6	49.3	53.2
11:25	32.7	56.9	52.4	50.5	54	50.3	54.1
11:30	33.2	58.1	52.9	51.2	54.9	51	55.6
11:35	32.3	56.1	51.6	50.1	53.5	50.2	54.8
11:40	35.2	61.5	54.8	53.2	57.4	53.6	58.3
11:45	35.2	62.7	56.8	54.4	58.3	54	59.4
11:50	34.5	63.3	56.3	54.9	58.4	54.4	60.3
11:55	34.2	60	54.6	54.1	56.3	53.1	58.7
12:00	33.9	53.9	51.4	50.8	53.1	49.7	55.1
12:05	34.7	57.6	53.7	52.4	55.7	52.3	56.5
12:10	33.9	61.2	56.1	54.5	58.2	54.1	59.1
12:15	32.3	53	50.5	50.1	51.8	49.7	54.2
12:20	32.9	49.1	48.2	48.1	49.7	47.5	51.3
12:25	33.9	51.4	49.5	48.8	51.1	48.3	51.8
12:30	33.4	52.6	49.2	48.8	50.5	48.1	52
12:35	33	47.7	46.6	46.5	47.7	45.6	49.3
12:40	34	51.3	48.9	48.6	50.3	47.4	51.1

ตารางที่ ก2 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 9 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
12:45	36	60.5	55.3	53.7	57.2	53.5	57.3
12:50	34.5	62.1	56.1	55.8	58.5	54.8	59.8
12:55	37.7	63.2	56.9	57	59.5	56.1	61.7
13:00	35.2	64.6	58.2	58.3	60.1	55.7	62.6
13:05	34.4	64.4	59.2	59.1	60.9	57.7	63.4
13:10	34.4	60.8	56.5	56.8	58.3	55.2	60.6
13:15	34.1	54.5	52.8	52.9	54.2	51.5	56
13:20	38.7	62.2	57.4	57.5	59.4	55.5	61.6
13:25	37.2	63.3	57.5	58	60	55.8	62.2
13:30	36.3	63.2	57.7	58.1	60	55.7	62
13:35	37	48.9	39.1	38.5	37.8	42.1	56.6
13:40	37.8	52.6	45.7	47.9	48.5	46.5	55.8
13:45	33.5	51.1	48	48.4	49.5	47.3	53.1
13:50	33.9	47.5	45.9	46.3	47.1	45.3	50.3
13:55	30.7	44.6	42.9	44.7	45.4	42.8	48.3
14:00	29.1	41.1	41.7	42	42.7	41.1	45.7
14:05	29.5	39.5	40.2	40.5	41.3	39.6	43.8
14:10	30	38.5	37.2	39.2	39.9	38.7	42.2
14:15	30.6	38.1	36.7	38.5	39.3	38	41.3
14:20	31.1	38.1	36.5	38.5	39.2	38.2	40.9
14:25	31.1	38	39.1	39.4	40.1	39.3	40.8
14:30	29.3	36.8	38.3	38.7	39.1	38.4	39.8
14:35	29.4	36	35.6	35.9	36.5	36.7	39
14:40	28.8	35.8	37.2	37.5	38.1	37.3	38.6
14:45	29.2	35.9	37.6	37.8	38.1	37.6	38.5
14:50	28.9	35.9	37.8	37.8	38.3	37.5	38.3
14:55	28.9	35.4	37.5	37.6	38	37.2	37.9

ตารางที่ ก2 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 9 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
15:00	28.7	35.3	37.4	37.3	37.9	37	37.5
15:05	28.7	35.2	37.3	37.3	37.8	36.9	37.3
15:10	29	35.3	37.3	37.3	37.6	36.8	37.3
15:15	29.2	35.4	37.3	37.3	37.5	36.8	37.2
15:20	29.2	35.2	37.3	37.2	37.5	36.9	37.2
15:25	29.6	35.1	37	37.1	37.4	36.7	37
15:30	29.5	34.6	36.5	36.6	36.7	36.3	36.7
15:35	29	34.1	36.1	36.3	36.4	36	36.3
15:40	29.2	33.7	35.5	35.8	35.9	35.7	35.9
15:45	29.5	33.4	35.1	35.2	35.5	35.2	35.5
15:50	29.5	33.2	34.9	35.1	35.2	34.9	35.4
15:55	29.6	33.1	34.7	34.7	35	34.7	35.2
16:00	29.8	32.9	34.5	34.5	34.6	34.5	35
16:05	29.5	32.9	34.5	34.5	34.5	34.4	34.9
16:10	29.3	33	34.4	34.4	34.6	34.4	34.9
16:15	29.9	32.7	33.9	34.1	34.2	34	34.4
16:20	29.6	32.4	33.7	33.9	34.1	33.9	34.2
16:25	29.5	32.3	33.6	33.6	33.9	33.7	34.1
16:30	29.4	32.2	33.2	33.3	33.6	33.4	33.9
16:35	29	31.9	33	33.1	33.2	33.2	33.7
16:40	29	31.8	32.9	33	33.1	33	33.5
16:45	28.8	31.6	32.8	32.9	32.9	32.9	33.4
16:50	29.1	31.4	32.2	32.4	32.6	32.6	33.1
16:55	28.7	31.3	32.3	32.4	32.3	32.2	32.8
17:00	28.7	30.9	31.8	31.9	31.9	31.9	32.4
17:05	28.4	30.6	31.5	31.6	31.6	31.6	32.1
17:10	28.5	30.1	30.9	31.1	31.1	31.2	31.7

ตารางที่ ก2 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 9 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
17:15	28.3	29.8	30.6	30.8	30.8	30.9	31.3
17:20	28.2	29.4	30.3	30.6	30.4	30.6	31.1
17:25	28.2	29.2	30.1	30.3	30.1	30.3	30.8
17:30	28	28.9	29.7	30	29.6	30.1	30.6
17:35	28	28.8	29.5	29.8	29.5	30	30.5
17:40	28	28.7	29.2	29.3	29.2	29.6	30.2
17:45	27.9	28.5	29.1	29.2	29	29.5	30
17:50	28.2	28.7	29.2	29.3	29.2	29.6	30.1
17:55	28	28.6	29.2	29.2	29	29.4	29.8
18:00	27.9	28.1	28.6	28.8	28.6	29	29.4

ตารางที่ ก3 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 10 กันยายน 2561

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
6:00	25.2	24.9	25.2	25.3	25.2	25.2	24.7
6:05	25.1	24.8	25.1	25.1	25.1	25.2	24.9
6:10	24.9	24.6	25	25.1	25	25	24.7
6:15	24.7	24.3	24.8	24.8	24.7	24.9	24.8
6:20	24.8	24.3	24.9	25	24.9	25.1	25.1
6:25	24.7	24.4	24.9	25.1	25.1	25.2	25.2
6:30	24.9	24.6	25.2	25.3	25.2	25.4	25.4
6:35	25.1	24.8	25.3	25.6	25.6	25.6	25.7
6:40	25.1	25.1	25.7	26	25.8	25.9	25.9
6:45	25.1	25.5	26.1	26.4	26.2	26.2	26.2
6:50	25.5	25.8	26.5	26.8	26.7	26.5	26.5
6:55	25.4	26.1	27.1	27.3	27.1	26.9	26.9
7:00	25.7	26.6	27.7	27.9	27.9	27.5	27.4
7:05	25.9	27.2	28.3	28.5	28.6	28.2	28
7:10	26.4	27.7	29.2	29	29.3	28.8	28.5
7:15	26.2	28.5	30	30	30.2	29.6	29.3
7:20	26.4	29.2	30.9	30.9	31.3	30.3	30
7:25	27	30	32.1	31.7	32.3	31	30.8
7:30	27.5	30.9	33.4	33.1	33.8	31.9	31.6
7:35	27.8	31.9	34.4	34.1	34.8	32.9	32.6
7:40	27.7	33.2	36.4	35.7	36.4	34.2	33.8
7:45	27.7	34.4	37.7	37.1	37.9	35.2	35
7:50	28.3	35.5	38.9	38.2	39.4	36.2	36.2
7:55	29.2	36.8	39.9	39.6	40.4	37.3	37.1
8:00	29.3	37.4	40.8	39.8	41	37.8	38.1
8:05	29.7	38.1	41.3	40.2	41.6	38.2	38.5
8:10	29	39.3	42.4	41.1	42.7	38.8	39.2

ตารางที่ ก3 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 10 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
8:15	29.3	41.4	43.7	42.6	44.3	40.3	40.4
8:20	34.7	43.4	45.5	44.1	45.7	41.6	41.5
8:25	31.2	45.1	46.4	45.4	46.9	42.5	42.5
8:30	32.4	46.6	47.4	46.5	48.3	43.4	43.4
8:35	31.3	47.7	48.3	47.1	48.5	44.2	44.2
8:40	30.9	48.4	49.1	48.1	49.5	44.8	44.8
8:45	29.8	49.4	50.3	49.1	50.1	45.5	45.5
8:50	35.4	50.6	51.1	49.8	51.4	46.4	46.3
8:55	33.2	52	52.1	51.2	52.1	47.6	47.4
9:00	33.4	52	52.2	50.7	52.4	47.7	47.8
9:05	31.6	51.4	45.2	43.2	44.6	41.9	46.7
9:10	29.8	50.9	50.8	49.7	51.1	47.9	48
9:15	30.3	51.2	51.7	50.3	51.7	48	48.3
9:20	33.2	51	51.3	50.1	50.9	47.8	48.1
9:25	31.3	54.4	54.6	52.6	54.1	50.1	49.4
9:30	33.5	55.5	55.6	53.9	54.8	51.1	50.3
9:35	33.9	51.1	51.3	50	50.6	48	48.1
9:40	33.7	56.8	56.8	54.6	55.6	52.5	51.5
9:45	31.3	50.5	50.1	50	50	48.6	49.2
9:50	32.1	55.8	56.4	54.2	55.4	52.5	52.1
9:55	35.3	57.2	56.2	54	54.6	52	52.6
10:00	32.1	55.5	54	53.2	53.5	51.5	52.7
10:05	31.4	46.7	46.9	47.4	47.1	46.2	47.3
10:10	33.7	52.9	54	51.7	52.6	50.3	50.8
10:15	34.2	56.6	55.7	54.3	55.3	52.6	53.3
10:20	33.4	56.9	55.7	54.3	54.8	53.1	53.9
10:25	32.1	49.5	49.6	49.5	49.4	48	49

ตารางที่ ก3 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 10 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
10:30	37.1	59.3	57.8	56.1	56.9	54.6	55.5
10:35	31.8	52.4	51.2	51.5	51.4	50.2	51.2
10:40	31.9	49.7	49.7	49.7	49.6	48.4	49.5
10:45	32.6	57.6	56.8	55.4	55.8	54.1	55.4
10:50	31.3	49.4	49.7	49.9	49.5	48.3	49.3
10:55	32.6	46.9	47.5	48	47.7	46.6	47.5
11:00	31.7	45.3	46	46.5	46	45.2	46.3
11:05	34.4	49.9	50.5	48.8	50	47.7	48.8
11:10	35	57.6	56	54.3	55	52.9	54.5
11:15	36.1	61.2	59.1	56.8	57.8	55.5	57.3
11:20	32.8	62	59.8	57.6	58.8	56.6	58.1
11:25	34.1	58.2	57.4	55.7	56.1	54.1	55.2
11:30	32.4	54.5	53.6	53.5	53.6	52	52.6
11:35	33.7	63.8	62.8	60.1	61.1	58.6	61.5
11:40	34.1	64.9	62	61.1	61.4	59.6	62.4
11:45	34.6	67.7	65.2	62.6	63.6	61.4	64.1
11:50	36.3	66.8	64.7	62.9	63.4	61.7	64.6
11:55	37.1	66.7	62.9	60.8	61.8	60.3	64.1
12:00	34.9	66.6	59.1	58	58.1	58.6	64.3
12:05	35	66.6	65.4	63	64.2	62.1	65.5
12:10	34.9	67.1	65.5	63.7	64.6	62.7	65.8
12:15	36.7	68.3	66	64.7	65.4	63.3	66.5
12:20	35	69	67.3	65.7	66	64.1	67.4
12:25	38.3	71	68.1	67.2	67.5	64.9	68.4
12:30	37.5	70.9	68.5	67.7	67.7	65.2	68.3
12:35	36.4	70.4	68.7	68	67.5	65.2	68.3
12:40	38	70.1	68.6	68.4	67.7	66.1	68.9

ตารางที่ ก3 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 10 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
12:45	36.3	70.3	69.1	68.6	68	66.5	69.8
12:50	34.1	64.4	63.6	64.7	64.1	63.1	63.4
12:55	37.2	67.6	65.6	65.9	64.7	64	67.3
13:00	36.8	68.1	67.8	68.3	66.7	65.1	69.1
13:05	37.2	57.4	41.7	42.5	42	45.9	64.1
13:10	36	59	55.9	56.4	55.8	55.4	64.7
13:15	33.6	50.5	52	52.5	52.6	52.1	53.4
13:20	38.1	63.3	61.6	62.3	62	60	67.4
13:25	35.7	66.3	63.9	64.6	65.1	63	69.7
13:30	37.7	63.5	62	63.5	62.9	61.5	65.8
13:35	37.1	66.8	64.9	66.7	66.1	64.4	69.8
13:40	36.8	68.4	66.1	68.3	67.8	65.1	70.6
13:45	35.8	63.3	62.8	64.4	63.6	62.1	63.5
13:50	33.6	54.8	56.6	57.7	56.7	55.5	55.1
13:55	33.6	52.1	54.3	55	54.7	53.7	53.5
14:00	33.7	50.8	52.3	52.9	52.9	51.5	52
14:05	35.7	54.9	54.9	56.6	56.4	53.7	55.1
14:10	35	56.4	55.7	57.5	57.3	54.1	55.2
14:15	36.8	62.4	59.7	62.2	61.7	58.1	60.4
14:20	33.9	52.7	53.7	54.5	53.9	52.8	51.8
14:25	32.9	50	51.8	52.4	52.3	50.8	50.1
14:30	35.7	57.8	57	59.2	59	54.5	55.8
14:35	37.3	60.3	58.7	60.9	60.8	57.1	57.7
14:40	34.2	61.1	59	61.2	61.5	56.9	57.5
14:45	33.7	60.5	59.2	61.7	61.7	57.4	57.2
14:50	34.3	60.5	59.1	62	61.7	57.5	57.2
14:55	33.7	59.7	57.4	59.6	59.5	56.4	56.7

ตารางที่ ก3 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 10 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
15:00	36.7	59.3	56.3	58.8	58	55.7	56.7
15:05	35.8	57.9	57.5	59.8	59.1	55.9	55
15:10	34.8	57.8	57.6	59.7	59.4	56.4	54.4
15:15	34.9	56.9	57.1	58.9	58.8	55.9	53.2
15:20	35.4	55.4	55.9	57.5	57.4	54.8	51.9
15:25	33.9	54.4	54.7	56.6	56.3	53.2	51.4
15:30	35.4	56.1	55.9	58.2	57.8	54.4	52.2
15:35	33.4	53.4	53.7	55.2	55	52.3	50.1
15:40	34.1	48	49.5	49.8	50	47.8	46.8
15:45	32.9	45.5	46.9	47.4	47.5	45.7	45.2
15:50	32.9	43.8	45.1	45.5	46	44.2	43.9
15:55	32.4	41.8	42.2	42.5	42.4	41.8	42.2
16:00	32.7	39.9	39.3	39.6	39.4	39.5	40.8
16:05	31.3	38	39.5	39.6	40	39.3	39.8
16:10	28.8	35.6	36.9	37.2	37.1	37.1	38.3
16:15	28	33.7	35	35.1	33.4	35.2	36.5
16:20	28.2	32.5	33.7	34.1	33.9	33.8	35
16:25	27.7	31.8	32.8	33.2	33.1	33.1	34.2
16:30	27.4	31.3	32.2	32.4	32.3	32.4	33.4
16:35	27	30.6	31.5	31.8	31.8	31.8	32.7
16:40	25.3	29.6	30.7	31	31.1	31	32.1
16:45	25.2	29.3	30.4	30.6	30.8	30.5	31.6
16:50	26	28.7	29.8	30	30.2	30.1	31
16:55	25.9	28.2	29.3	29.6	29.7	29.6	30.6
17:00	26.4	28.2	29	29.5	29.3	29.5	30.4
17:05	26.3	27.9	28.5	29	28.9	29.1	30
17:10	26.5	27.9	28.5	29	28.9	29.2	29.6

ตารางที่ ก3 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 10 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
17:15	26.6	27.9	28.6	29	28.8	29.2	29.7
17:20	26.6	27.6	28.3	28.8	28.7	29.2	29.5
17:25	26.6	27.4	28.2	28.7	28.5	29	29.3
17:30	26.4	27.5	28.2	28.7	28.5	28.7	29.2
17:35	26.4	27.2	28	28.5	28.3	28.6	29
17:40	26.1	27.2	28	28.4	28.3	28.4	29
17:45	26.4	27.2	28	28.3	28.3	28.5	29
17:50	26.5	27.1	28	28.2	28.3	28.4	28.8
17:55	27.4	27.7	28.3	28.3	28.1	28.7	29
18:00	27.9	28.2	28	27.9	27.5	27.5	27.8

ตารางที่ ก4 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 11 กันยายน 2561

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
6:00	25.9	25.2	26.1	26	25.9	25.7	25.1
6:05	25.4	25.1	26	25.9	26	25.7	25.2
6:10	25.5	25.3	26.1	26.1	26	25.9	25.4
6:15	25.7	25	25.8	26	25.9	25.8	25.6
6:20	25.9	25.2	25.8	26.1	25.9	25.9	25.8
6:25	25.9	25.4	26.2	26.2	26.2	26.2	26.1
6:30	25.9	25.8	26.5	26.6	26.5	26.5	26.4
6:35	26.1	26	26.8	26.8	26.7	26.6	26.5
6:40	26.1	26.2	26.8	26.9	26.8	26.8	26.7
6:45	26.1	26.4	27	27.1	27	26.9	26.8
6:50	26.4	26.7	27.2	27.5	27.3	27.2	27.2
6:55	26.4	27	27.4	27.7	27.5	27.4	27.3
7:00	26.2	27.4	27.8	28	27.8	27.5	27.5
7:05	26.3	27.5	28	28.2	28.1	27.7	27.7
7:10	26.4	27.8	28.1	28.3	28.3	28	27.9
7:15	26.9	27.7	26.7	26.8	26.7	27	27.9
7:20	26.8	27.6	27.7	27.7	27.5	27.7	28
7:25	26.5	27.9	28.4	28.5	28.3	28.2	28.2
7:30	27	28.1	28.5	28.7	28.5	28.4	28.4
7:35	27.2	28.3	28.9	29.1	29	28.7	28.6
7:40	27.4	28.8	29.1	29.4	29.3	29.1	29
7:45	27.4	29.1	29.4	29.6	29.5	29.3	29.2
7:50	27.5	29.5	29.8	30	29.9	29.6	29.5
7:55	27.5	30	30.3	30.5	30.5	30	29.9
8:00	28.2	30.6	31	30.9	31.1	30.6	30.4
8:05	27.9	31.1	31.4	31.4	31.5	31	30.9
8:10	28	31.8	32.1	32	32.3	31.5	31.4

ตารางที่ ก4 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 11 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
8:15	30	32.9	32.8	32.8	33.1	32.3	32.1
8:20	28.3	33.9	33.8	33.9	34.1	33.2	33
8:25	29.3	35.1	35.3	34.9	35.3	34.3	33.9
8:30	29.3	36.3	36.5	36.2	36.7	35.4	35
8:35	28.8	38.8	39.1	38.5	39.1	37.2	36.7
8:40	30.3	45.5	45.8	44.3	46	42	40.8
8:45	31.1	47.4	47.5	46.1	46.8	43.7	42.5
8:50	31	48.5	48.6	47.8	48.6	45.1	44
8:55	31.6	48.5	48.8	48	49	45.4	44.3
9:00	34.3	49.1	48.9	48.1	49.1	45.5	45.2
9:05	33.1	49.6	49.7	49.3	50.1	46.4	46.1
9:10	31.4	50.6	50.7	49.8	50.8	47.4	47
9:15	32.2	50.9	51.4	50.3	51.5	48	47.6
9:20	33.7	52.3	52.8	51.7	52.8	49.2	48.5
9:25	32.6	53.7	54.1	52.8	53.9	50.8	49.7
9:30	34.2	54.4	54.9	53.5	54.7	51.4	50.1
9:35	34.2	58.6	59.3	57.2	58.9	55.4	52.8
9:40	33.4	60.3	60	58.4	59.7	56.5	54
9:45	35.5	61.8	62.1	60.1	60.9	58.1	55.3
9:50	36	62.7	63	61.1	61.8	59.3	56.8
9:55	34	62.6	63	61.6	62.1	59.8	58
10:00	33.5	62.8	63.1	60.9	61.9	59.5	58.7
10:05	33.9	62.7	62.8	61.1	61.6	59.5	59.2
10:10	34.2	63.7	63.3	61.7	62.6	60.3	60.3
10:15	35.4	64.1	63.9	62	62.6	60.9	61.4
10:20	36.1	64.4	64	62.2	62.7	61.4	62
10:25	33.6	64.4	64.1	62.6	63.2	61.4	62.3

ตารางที่ ก4 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 11 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
10:30	33.5	64	64.7	62.4	63	61.2	62.4
10:35	34	63.8	63.8	62.4	62.5	60.9	62
10:40	34.7	64.3	64.4	62.7	62.7	61.2	62.5
10:45	33.1	64.8	64.5	62.9	62.9	61.5	62.8
10:50	34.9	66.9	65.3	64.2	64.3	62.7	64.4
10:55	33.4	66.3	65.4	63.7	64.1	62.6	64.7
11:00	34.5	65.1	64.4	62.6	62.9	62.1	64.4
11:05	34.4	65.8	64.3	62.9	63.5	62.1	64.6
11:10	33.7	66.7	65.4	63.1	64	62.6	65.4
11:15	33.5	66.8	65.8	63.8	64.6	62.7	65.5
11:20	34.2	65.4	64.1	62.9	63.7	62	64.1
11:25	34.9	66.8	65.6	64	64.9	63.1	65.8
11:30	35.4	67.4	66.2	63.8	65	62.9	65.8
11:35	34.7	67.9	66.2	64.4	65.3	63.5	66.7
11:40	33.5	65.3	64.9	62.3	63.5	61.3	64.7
11:45	36	61.2	61.7	59.7	60.7	58.5	61.4
11:50	37.8	65.8	64.6	62.5	63.7	62	65.6
11:55	34.3	65.4	65.3	62.4	63.7	61.4	65.6
12:00	36	63.8	63	60.9	62.6	60	64
12:05	34.5	65.2	62.7	61.5	62.4	61.1	65.4
12:10	33.6	68.1	66.3	64.1	65.7	63.5	68
12:15	35.5	65.5	64.4	62.7	64.4	61.8	66
12:20	33.7	62.5	61.7	62	62.6	60.8	63.8
12:25	33.5	54.8	55.8	56	56.1	54.4	57.1
12:30	35.6	63.6	63	61.6	62.6	59.9	63.2
12:35	36.2	67.1	65.3	64.3	65	62	65.3
12:40	35.3	63.5	61.9	61.2	62.1	59.4	63.7

ตารางที่ ก4 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 11 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
12:45	36.5	55.7	56.1	56.5	56.8	55.7	57.5
12:50	34.2	62.3	61.8	61.1	61.8	59.8	63.5
12:55	38	68.1	65.5	65.3	65.2	63.5	68.2
13:00	35.4	69.3	66.7	66.7	66.4	64.4	69.8
13:05	37.7	69.1	66.5	66.9	66.2	64.9	70.3
13:10	38.4	70.5	67.7	68.4	67.6	65.8	71.4
13:15	37.7	69.8	67.8	68.7	68.1	65.9	71.2
13:20	35.2	67.8	67.1	68.1	67.7	65.8	70.3
13:25	34	56.9	58.4	59.4	58.8	56.9	59.4
13:30	35.2	64.6	64.1	64.9	65.1	61.8	67.5
13:35	35.9	66.6	65.7	66.7	66.3	64.1	69.4
13:40	35.1	63.8	63.4	65.1	64.4	62.6	66.6
13:45	35.4	64.6	63.9	66	65	62.4	67.2
13:50	35.1	65.7	64.5	66.8	66.1	63.7	68.1
13:55	36.7	61.8	61.7	63.5	63.4	61.2	63.8
14:00	34.9	51.1	39.2	39.3	39.5	42.9	65.2
14:05	36	58.2	56.6	58.6	58.4	56.5	62.9
14:10	34	58.8	57.3	59.4	59.4	56.8	61.1
14:15	35	60.9	59	61.8	61.1	58	61.8
14:20	34.9	61.4	59.4	62.4	61.7	58.3	61.4
14:25	33.5	61.4	60.1	62.9	62	58.2	61.1
14:30	34.6	61.7	60.5	63.2	62.4	58.4	60.6
14:35	33.3	62	60.8	63.4	62.8	58.2	60.4
14:40	35.3	61.8	60.4	63.2	62.7	58.1	60.1
14:45	34.4	61.5	60.5	63.6	62.3	57.8	59.7
14:50	34.2	61.4	60.3	63.2	62.5	57.8	59.3
14:55	35.8	59.9	58.9	62.3	61.6	56.8	58.1

ตารางที่ ก4 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 11 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
15:00	33.9	49.5	37.3	37.5	37.3	40.7	59.6
15:05	34.2	56.3	54.7	57.2	55.7	53.6	56.6
15:10	35.2	58	57.8	60.7	60.3	56	57.1
15:15	35.9	57.5	57.2	60.4	59.8	55.8	55.8
15:20	34.7	57.3	57.8	60.5	59.9	56.6	55.1
15:25	36.6	56.6	56.7	60	59.5	56.3	54.6
15:30	34.3	56.3	57.4	59.5	59.6	56.7	54.4
15:35	34.3	56.3	57	60	59.1	56	53.9
15:40	33.6	55.4	56.6	59.5	58.4	55.3	53.2
15:45	34.4	53.1	54.9	57.1	56.1	53.3	51.7
15:50	33.7	52	53.5	56	55.4	52.1	50.4
15:55	33.4	53.2	54.8	57.3	56.8	52.8	50.6
16:00	34.1	52.3	54.2	56.9	56.6	52.3	50
16:05	34.1	51.6	53.8	55.5	55.4	52	49.4
16:10	32.1	48.1	50.5	51.6	51.9	49.8	48
16:15	33	45.4	47.8	49	49.2	47.1	45.8
16:20	32.8	43.5	46.2	47.3	47.4	45.2	44.3
16:25	32.3	42.4	45.1	46	46.3	44.4	43.5
16:30	32	41.7	43.9	44.7	45.1	43.2	42.6
16:35	31.8	40.3	42.5	43.5	43.7	42	41.5
16:40	32.5	43.5	46.3	48.3	48.4	45.2	43.2
16:45	32.7	44.3	47.2	48.6	49.2	45.8	43.9
16:50	33.9	44.1	47.3	48.8	49.2	45.7	44
16:55	34.2	44.2	47.4	48.7	48.8	45.6	44.2
17:00	33.8	43.6	45.5	46.7	46	44.5	44.1
17:05	31.8	41.3	43.7	44.5	44.5	43.3	42.6
17:10	32.4	39	41.5	42	42	41.2	40.7

ตารางที่ ก4 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 11 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
17:15	31.3	37.7	39.9	40.7	40.8	39.7	39.7
17:20	31.4	36.7	38.6	39.3	39.6	38.5	38.4
17:25	31.2	36	37.9	38.4	38.6	37.8	37.8
17:30	31	35.3	37	37.5	37.9	37.2	37
17:35	31.8	35.4	37.7	38.2	38.6	37.7	36.8
17:40	32	35.5	38.1	38.7	39	38.2	36.9
17:45	31.8	36	38.5	39.3	39.6	38.7	37
17:50	31.8	36.1	38.3	39	39.4	38.9	37
17:55	31.4	35.5	36.9	37.5	37.7	37.3	36.5
18:00	30.8	34.5	35.8	36.2	36.3	36	35.9

ภาคผนวก ข

อุณหภูมิการพาความร้อนแบบมีผิวติดกั้นโดยใช้ระบบทำอากาศร้อนเสริม
จากการเผาชีวมวลมาใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบ

2. การพาความร้อนแบบบังคับโดยมีผิวติดกั้นความร้อนร่วมกับระบบทำอากาศร้อนตั้งแต่วันที่

23 – 25 กันยายน 2561

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 23 กันยายน 2561

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
6:00	25.5	25.1	25.5	25.6	25.4	25.4	24.6	28.5	71.5	22.2
6:05	26.5	25.1	25.7	26	25.5	25.2	24.8	42.8	95.6	22.3
6:10	25.3	25.1	26.6	26.9	26.4	25.4	25.1	38.1	112.6	22.2
6:15	25.5	26.4	30.3	30	30	26.7	26.5	47	41	23.3
6:20	25.7	27	30	29.5	29.6	27.8	27.5	45.2	38.3	23.3
6:25	26	28	31.3	31.1	31.5	28.9	28.2	50.2	64.9	23.5
6:30	26.4	28.9	32.3	32.1	32.5	30.6	30.2	49.4	62.3	110.2
6:35	26.4	29.8	33.3	33	33.7	31.6	31.1	51.9	63.7	127.7
6:40	26.9	30.6	34.3	33.9	34.7	32.1	32.1	49.2	54	140.1
6:45	27.3	31.6	35.2	34.9	35.9	33.1	33.1	49.2	54.3	155.9
6:50	26.4	31.6	34.9	35	35.7	33.9	33.6	48.1	49.8	170.9
6:55	26.9	32.3	36.7	36.2	37.8	34.8	34.7	48.8	57.5	185.8
7:00	27	33.1	37.6	37.3	38.8	35.9	35.3	46.6	49.4	200.8
7:05	28.5	34.1	38.7	38.2	39.8	36.9	36.9	46.8	56.1	215.7
7:10	27.9	34.9	39.5	39.2	40.1	37.9	37.8	45.9	52.5	218.9
7:15	28.2	36.2	41.2	40.3	41.7	39	40.1	51.5	62.1	212.1
7:20	29.4	37.8	42.3	41.8	43.1	40.2	40.2	50.8	63.3	222.2

7:25	29.5	39.8	43.2	42.7	43.4	41.1	41.1	49.7	62.6	226.5
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 23 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
7:30	29.6	41	44	43.3	44.8	42.1	42.1	47.2	55.6	230.8
7:35	29.5	42	45.1	44.2	45.5	42.8	42.8	47.5	59.6	235.1
7:40	29.5	43.4	45.6	44.9	46.3	43.7	43.7	47.6	59.9	239.4
7:45	29.9	43.5	45.7	44.9	46.2	44.3	44.3	45.8	54.5	243.7
7:50	29.5	44.4	46.1	45.2	46.4	44.8	44.8	45.7	56.4	248.0
7:55	30.2	44.3	46.3	45.1	46	44.9	44.9	43.9	51.4	248.6
8:00	29.9	43.5	44.5	44.2	44.3	44.8	44.8	43.4	53.8	249.2
8:05	32.6	44.9	46.4	45.4	45.9	44.9	44.9	42.5	49.7	249.8
8:10	28.4	42	42.6	42.3	42.5	44.1	44.1	43.5	54.4	250.4
8:15	30.6	41.4	41.8	41.9	42	43.4	43.4	43.2	54	251.0
8:20	30.3	41.2	42.1	41.7	41.8	42.9	42.9	42.8	52.3	249.8
8:25	28.8	41	41.5	41.4	41.5	42.6	42.6	42.6	51.9	245.2
8:30	30.8	42	42.4	42.2	42.4	42.7	42.7	40.9	47.5	242.9
8:35	32.8	49.3	49.2	47.4	48.6	45.5	45.5	40.8	49.3	240.0
8:40	31.4	45.2	44.2	43.7	43.6	44.9	44.9	40.8	49.7	237.1
8:45	30.1	43.7	42.9	42.8	42.7	44.3	44.3	41.1	49.1	234.2
8:50	29.4	41.8	41.2	41.4	41.1	43.4	43.4	40.5	48.1	231.3
8:55	28.9	39.8	39.6	40	39.8	42	42	40.2	47.5	228.4
9:00	29	38.3	38.5	38.7	38.6	40.8	40.8	40.2	46.9	225.5

9:05	28.7	37.8	38.4	38.6	38.6	39.9	39.9	40.1	46	222.6
------	------	------	------	------	------	------	------	------	----	-------

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 23 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
9:10	28.5	37.3	37.5	37.8	37.7	39.1	39.1	39.9	45.3	219.7
9:15	28.4	37.2	37.8	38	38.1	39	39	39.9	45.2	216.8
9:20	28.7	37.8	38.2	38.1	38.3	39.1	39.1	40.3	45	213.9
9:25	29.2	39	39	38.8	39.1	39.4	39.4	40.3	44.8	211.0
9:30	30.6	39.4	39.4	39.2	39.3	40	40	38.8	45.5	208.1
9:35	29.8	38.7	38.8	38.5	38.8	39.7	36.5	40.2	44.6	205.2
9:40	31.3	41.1	40.7	40	40.2	40.3	37.7	40.8	50.6	202.3
9:45	30.1	40.9	40.2	39.9	40.1	41.1	37.6	41.8	50.1	199.4
9:50	29.4	39	39.1	39.1	39.1	40.4	36.5	42.9	50.1	196.5
9:55	29.6	37.8	38.5	38.8	38.3	40.1	36.2	45.9	51.5	193.6
10:00	29.3	35.9	36.5	36.8	36.8	38.6	34.9	47.8	52.4	190.7
10:05	29.8	34.9	36.5	36.7	36.7	37.7	34.1	48.1	52.9	187.8
10:10	29.6	34.4	35.9	36	35.7	36.7	33.8	55	60.8	179.4
10:15	29.3	34.2	36.8	37	36.7	36.3	33.7	59.5	64.9	177.8
10:20	26.1	33	36.5	36.8	36.5	36.1	33.5	60.9	66.6	172.8
10:25	25.8	32.2	36.5	36.7	36.2	35.4	33.2	65	71.2	182.2
10:30	25.7	32.1	36.3	36.5	35.9	35	32.9	65.4	72.6	185.6
10:35	25.8	32	36.5	36.5	35.7	34.5	32.4	66.6	73.7	189.0
10:40	25.7	32.4	36.8	36.9	36.2	34.4	32.3	66.7	74.5	192.4

10:45	26.6	33.2	37.6	37.5	36.8	34.5	32.8	68.9	78.4	195.8
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 23 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
10:50	26.4	34.2	38.6	38.3	37.8	35	33.4	68.7	78.3	210.3
10:55	28.6	34.9	38.8	38.6	38.5	35.6	33.7	68.3	74.4	224.8
11:00	27.9	35.1	39	38.6	38.6	36.2	34.1	62.9	56	220.2
11:05	28.5	35.2	38.8	37.8	38.1	37.3	34.7	52.8	46.1	215.6
11:10	28.7	35.5	38.9	37.7	37.8	37.7	34.9	51.9	43.9	211.0
11:15	28.4	35	38.3	37.2	37.7	37.9	34.6	50	42.2	206.4
11:20	28.7	34.9	38.2	37.4	37.5	38.1	34.6	49.5	43.2	201.8
11:25	27.6	34.9	38.4	37.3	37.4	38	34.7	46.5	39.9	197.2
11:30	27.6	34.2	37.2	36.5	36.3	38	34.2	44.5	39.3	192.6
11:35	27.6	33.1	36.2	35.7	35.1	37.2	33.4	43.2	37.4	191.7
11:40	27.3	32.8	35.9	35.4	34.8	36.6	32.9	41.7	37.3	190.8
11:45	27.7	32.8	35.9	35	34.9	36.3	32.8	44.3	37.6	189.9
11:50	28	33.2	36.2	35.4	35.1	36.2	33	44.3	38.3	188.3
11:55	27.9	33.5	35.9	35.3	34.8	36.1	33.2	42	39	186.7
12:00	27.9	33.7	36.1	35.4	34.9	36.2	33.2	43.1	37.5	185.1
12:05	27.6	33.3	36.2	35.4	35.5	36	32.9	45.2	39	183.5
12:10	27.9	33	36.1	35.4	35.5	36	32.7	46	39.9	181.9
12:15	26.6	32.5	35.3	34.9	34.7	35.9	32.4	45.2	38.7	180.3
12:20	26.4	31.4	34.5	34	34	35.1	31.9	45.1	38.5	178.7

12:25	26.4	31.2	34.4	33.8	33.7	34.7	31.5	42.7	38.7	177.1
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 23 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
12:30	26.9	31.1	34	33.5	33.4	34.3	31.2	44.8	41.1	175.5
12:35	26.3	31.1	34.2	33.5	33.4	34.2	31.4	43.1	39.5	173.9
12:40	26.4	31.4	34.1	33.6	33.4	34.1	31.6	43.7	38.1	172.3
12:45	26.9	31.6	34.4	33.6	33.5	34.1	31.6	41.8	36.7	170.7
12:50	26.8	31.9	34.6	33.8	33.9	34.4	31.9	41.4	38	169.1
12:55	27.4	32.4	35	34.2	34.2	34.6	32.3	41.5	35.8	161.5
13:00	27.9	33.2	35.5	34.9	34.5	35	32.8	40.6	34.9	153.9
13:05	28.5	34	36.1	35.7	35	35.7	33.5	41.1	36.3	152.9
13:10	27.8	34.9	36.5	36.3	35.7	36.3	34.1	39.4	34.8	157.2
13:15	28.4	35.4	36.8	36.5	36.1	36.9	34.7	38.7	33.6	157.1
13:20	29.4	36.2	37.5	37.4	37	37.7	35.6	39.1	35.5	155.3
13:25	28.8	37.5	38.5	38.5	37.9	38.4	36.7	38.1	34.1	154.6
13:30	29.7	39.6	40	40.2	39.8	39.6	38.6	37.8	34.2	153.7
13:35	29.5	41.6	41.4	41.5	41.2	40.8	40.1	37.5	33.5	152.7
13:40	30.7	46.1	44.5	44.8	44.6	43.1	44.2	38.3	34.8	140.3
13:45	31	48.8	46.8	47.7	46.9	44.7	46.7	37.3	33.1	135.9
13:50	32.4	52.8	50.6	50.9	50	47.3	50.3	37.8	35.2	131.5
13:55	32.3	55	52.3	53	51.7	49.5	52	37.8	34.1	127.1
14:00	32.8	55.5	52.9	54.3	52.8	50.9	52.5	38.5	35	122.7

14:05	33.4	53.1	49.6	50.8	50.1	50.5	50.9	38.3	34.9	118.3
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 23 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทึ่)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
14:10	34.1	55.2	53	54	52.5	51.1	52.6	36.5	33.9	111.3
14:15	33.1	52.3	51.5	53.2	52.7	49.8	52.6	40.4	40.8	102.6
14:20	31.9	54.9	53.7	54.3	53.2	51.3	53.7	37.7	33.9	93.9
14:25	34.5	56	53.4	54.3	52.8	51.8	54.3	37.9	34.6	85.2
14:30	32.8	56.1	54.4	54.7	53.7	51.5	53.1	35.8	34.2	76.5
14:35	34.9	57.4	55.5	56.1	54.9	51.8	54.3	36.9	34.5	67.8
14:40	32.8	58.3	55.9	56.8	55.6	52.5	54.1	35.5	33.7	69.6
14:45	33.8	54.1	52.8	53.1	51.7	51.7	49.6	35.7	33	71.4
14:50	33.1	53.7	52.6	53.1	51.8	51.1	49.2	35.8	34.5	75.2
14:55	31.6	47.6	46.8	47.4	46.3	48.3	43.9	34	32.8	75.9
15:00	30.5	44.5	43.9	44.1	43.2	45.8	41.8	32.6	33.2	80.8
15:05	31.1	42.6	42.2	42.5	41.6	44	40.6	32.4	32.3	82.7
15:10	30.4	41.5	41.5	41.4	40.9	42.8	39.6	31.7	32.3	84.6
15:15	31.1	41.5	41.3	41.8	41.1	42.1	39.8	31.9	32.3	86.5
15:20	30.3	41.5	41.2	41.7	40.9	41.6	39.6	31.6	31.9	92.3
15:25	30.7	41.7	41.2	41.6	41	41.3	39.5	31.9	31.4	98.1
15:30	30.1	40.1	39.9	40	39.7	40.7	38.3	31.5	31.9	95.3
15:35	29.8	39.4	39.4	39.3	39.1	40.1	37.8	31.3	31.9	92.5
15:40	30.4	39.3	39.1	39.2	39	39.7	37.5	31.6	31.2	89.7

15:45	30.5	39.1	39	39.2	38.6	39.3	37.4	31.1	30.5	90.1
-------	------	------	----	------	------	------	------	------	------	------

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 23 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทึ่)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
15:50	29.8	38.7	38.5	38.8	38.5	39.1	37	32.4	32.8	93.9
15:55	30	38	38	38	37.7	38.8	36.6	32.4	32.8	97.7
16:00	30.5	37.5	37.8	38	38	38.8	36.7	41.3	38.2	95.2
16:05	29.6	36.9	38.2	38	38.1	39	36.2	40.6	38.5	92.4
16:10	29.5	36.2	38	37.9	37.1	39	35.9	42.9	40.6	88.5
16:15	29.3	35.7	37.7	37.8	37.1	38.7	35.4	42.8	40.8	84.6
16:20	29.3	35	37.4	37.2	36.8	38.4	34.8	45.2	39.4	87.5
16:25	29.6	34.5	37.2	36.6	36.7	38	34.5	47.3	41.5	91.6
16:30	29.2	34.3	37	36.7	36.7	37.5	34.2	46.9	40.7	95.7
16:35	29.1	34.1	36.8	36.3	36.1	37.2	33.9	44.6	42	101.6
16:40	28.8	33.6	36.3	36	35.9	36.8	33.4	45.2	41.1	97.3
16:45	28.9	33.2	36	35.7	35.6	36.3	33.2	45	42.5	95.9
16:50	29	32.9	35.5	35.2	35.3	35.8	32.8	46.5	39.6	94.5
16:55	28.6	32.2	32.8	32.4	31.9	35	32.4	45.3	47.2	96.4
17:00	28.8	32.3	35	34.9	34.9	34.7	32.3	47.8	41.3	98.3
17:05	28.5	32	34.8	34.5	34.4	34.3	32	45.5	39.8	95.5
17:10	28.5	31.9	34.7	34.5	34.4	34.2	31.8	47.1	39.9	93.5
17:15	28.4	31.9	34.7	34.5	34.4	33.9	31.6	47.4	39.8	89.2
17:20	28.4	31.5	34.5	34.4	34.5	33.8	31.4	48.7	40.5	88.5

17:25	28.5	31.4	34.4	34.3	34.5	33.7	31.4	48.7	42.6	84.6
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 23 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
17:30	28.5	31.4	34.7	34.4	34.6	33.7	31.3	49.1	40.8	84.4
17:35	28.5	31.3	34.4	34.2	34.3	33.5	31.3	49.4	41.1	82.2
17:40	28.5	31	34.3	34.2	34.1	33.2	31.1	51.1	41.8	81.8
17:45	28.2	30.9	34.2	34.1	33.7	32.9	31	50.3	40.9	81.1
17:50	28.1	30.8	33.6	33.7	33.5	32.8	30.8	51.2	44.7	78.6
17:55	28.3	30.5	33.6	34	33.6	32.6	30.7	52.3	45.5	75.2
18:00	28.1	30.4	33.6	33.8	33.4	32.3	30.5	53.5	50.7	71.8

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 24 กันยายน 2561

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
6:00	25.5	25.1	25.5	25.6	25.4	25.4	24.6	28.5	71.5	22.2
6:05	26.5	25.1	25.7	26	25.5	25.2	24.8	42.8	95.6	22.3
6:10	25.3	25.1	26.6	26.9	26.4	25.4	25.1	38.1	112.6	22.2
6:15	25.5	26.4	30.3	30	30	26.7	26.5	47	41	23.3
6:20	25.7	27	30	29.5	29.6	27.8	27.5	45.2	38.3	23.3
6:25	26	28	31.3	31.1	31.5	28.9	28.2	50.2	64.9	23.5
6:30	26.4	28.9	32.3	32.1	32.5	30.6	30.2	49.4	62.3	110.2
6:35	26.4	29.8	33.3	33	33.7	31.6	31.1	51.9	63.7	127.7
6:40	26.9	30.6	34.3	33.9	34.7	32.1	32.1	49.2	54	140.1
6:45	27.3	31.6	35.2	34.9	35.9	33.1	33.1	49.2	54.3	155.9
6:50	26.4	31.6	34.9	35	35.7	33.9	33.6	48.1	49.8	170.9
6:55	26.9	32.3	36.7	36.2	37.8	34.8	34.7	48.8	57.5	185.8
7:00	27	33.1	37.6	37.3	38.8	35.9	35.3	46.6	49.4	200.8
7:05	28.5	34.1	38.7	38.2	39.8	36.9	36.9	46.8	56.1	215.7
7:10	27.9	34.9	39.5	39.2	40.1	37.9	37.8	45.9	52.5	218.9
7:15	28.2	36.2	41.2	40.3	41.7	39	40.1	51.5	62.1	212.1
7:20	29.4	37.8	42.3	41.8	43.1	40.2	40.2	50.8	63.3	222.2
7:25	29.5	39.8	43.2	42.7	43.4	41.1	41.1	49.7	62.6	226.5
7:30	29.6	41	44	43.3	44.8	42.1	42.1	47.2	55.6	230.8
7:35	29.5	42	45.1	44.2	45.5	42.8	42.8	47.5	59.6	235.1
7:40	29.5	43.4	45.6	44.9	46.3	43.7	43.7	47.6	59.9	239.4
7:45	29.9	43.5	45.7	44.9	46.2	44.3	44.3	45.8	54.5	243.7
7:50	29.5	44.4	46.1	45.2	46.4	44.8	44.8	45.7	56.4	248.0
7:55	30.2	44.3	46.3	45.1	46	44.9	44.9	43.9	51.4	248.6

8:00	29.9	43.5	44.5	44.2	44.3	44.8	44.8	43.4	53.8	249.2
8:05	32.6	44.9	46.4	45.4	45.9	44.9	44.9	42.5	49.7	249.8
8:10	28.4	42	42.6	42.3	42.5	44.1	44.1	43.5	54.4	250.4

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 24 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
8:15	30.6	41.4	41.8	41.9	42	43.4	43.4	43.2	54	251.0
8:20	30.3	41.2	42.1	41.7	41.8	42.9	42.9	42.8	52.3	249.8
8:25	28.8	41	41.5	41.4	41.5	42.6	42.6	42.6	51.9	245.2
8:30	30.8	42	42.4	42.2	42.4	42.7	42.7	40.9	47.5	242.9
8:35	32.8	49.3	49.2	47.4	48.6	45.5	45.5	40.8	49.3	240.0
8:40	31.4	45.2	44.2	43.7	43.6	44.9	44.9	40.8	49.7	237.1
8:45	30.1	43.7	42.9	42.8	42.7	44.3	44.3	41.1	49.1	234.2
8:50	29.4	41.8	41.2	41.4	41.1	43.4	43.4	40.5	48.1	231.3
8:55	28.9	39.8	39.6	40	39.8	42	42	40.2	47.5	228.4
9:00	29	38.3	38.5	38.7	38.6	40.8	40.8	40.2	46.9	225.5
9:05	28.7	37.8	38.4	38.6	38.6	39.9	39.9	40.1	46	222.6
9:10	28.5	37.3	37.5	37.8	37.7	39.1	39.1	39.9	45.3	219.7
9:15	28.4	37.2	37.8	38	38.1	39	39	39.9	45.2	216.8
9:20	28.7	37.8	38.2	38.1	38.3	39.1	39.1	40.3	45	213.9
9:25	29.2	39	39	38.8	39.1	39.4	39.4	40.3	44.8	211.0
9:30	30.6	39.4	39.4	39.2	39.3	40	40	38.8	45.5	208.1
9:35	29.8	38.7	38.8	38.5	38.8	39.7	36.5	40.2	44.6	205.2
9:40	31.3	41.1	40.7	40	40.2	40.3	37.7	40.8	50.6	202.3
9:45	30.1	40.9	40.2	39.9	40.1	41.1	37.6	41.8	50.1	199.4
9:50	29.4	39	39.1	39.1	39.1	40.4	36.5	42.9	50.1	196.5
9:55	29.6	37.8	38.5	38.8	38.3	40.1	36.2	45.9	51.5	193.6
10:00	29.3	35.9	36.5	36.8	36.8	38.6	34.9	47.8	52.4	190.7
10:05	29.8	34.9	36.5	36.7	36.7	37.7	34.1	48.1	52.9	187.8
10:10	29.6	34.4	35.9	36	35.7	36.7	33.8	55	60.8	179.4

10:15	29.3	34.2	36.8	37	36.7	36.3	33.7	59.5	64.9	177.8
10:20	26.1	33	36.5	36.8	36.5	36.1	33.5	60.9	66.6	172.8
10:25	25.8	32.2	36.5	36.7	36.2	35.4	33.2	65	71.2	182.2

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 24 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
10:30	25.7	32.1	36.3	36.5	35.9	35	32.9	65.4	72.6	185.6
10:35	25.8	32	36.5	36.5	35.7	34.5	32.4	66.6	73.7	189.0
10:40	25.7	32.4	36.8	36.9	36.2	34.4	32.3	66.7	74.5	192.4
10:45	26.6	33.2	37.6	37.5	36.8	34.5	32.8	68.9	78.4	195.8
10:50	26.4	34.2	38.6	38.3	37.8	35	33.4	68.7	78.3	210.3
10:55	28.6	34.9	38.8	38.6	38.5	35.6	33.7	68.3	74.4	224.8
11:00	27.9	35.1	39	38.6	38.6	36.2	34.1	62.9	56	220.2
11:05	28.5	35.2	38.8	37.8	38.1	37.3	34.7	52.8	46.1	215.6
11:10	28.7	35.5	38.9	37.7	37.8	37.7	34.9	51.9	43.9	211.0
11:15	28.4	35	38.3	37.2	37.7	37.9	34.6	50	42.2	206.4
11:20	28.7	34.9	38.2	37.4	37.5	38.1	34.6	49.5	43.2	201.8
11:25	27.6	34.9	38.4	37.3	37.4	38	34.7	46.5	39.9	197.2
11:30	27.6	34.2	37.2	36.5	36.3	38	34.2	44.5	39.3	192.6
11:35	27.6	33.1	36.2	35.7	35.1	37.2	33.4	43.2	37.4	191.7
11:40	27.3	32.8	35.9	35.4	34.8	36.6	32.9	41.7	37.3	190.8
11:45	27.7	32.8	35.9	35	34.9	36.3	32.8	44.3	37.6	189.9
11:50	28	33.2	36.2	35.4	35.1	36.2	33	44.3	38.3	188.3
11:55	27.9	33.5	35.9	35.3	34.8	36.1	33.2	42	39	186.7
12:00	27.9	33.7	36.1	35.4	34.9	36.2	33.2	43.1	37.5	185.1
12:05	27.6	33.3	36.2	35.4	35.5	36	32.9	45.2	39	183.5
12:10	27.9	33	36.1	35.4	35.5	36	32.7	46	39.9	181.9
12:15	26.6	32.5	35.3	34.9	34.7	35.9	32.4	45.2	38.7	180.3
12:20	26.4	31.4	34.5	34	34	35.1	31.9	45.1	38.5	178.7
12:25	26.4	31.2	34.4	33.8	33.7	34.7	31.5	42.7	38.7	177.1

12:30	26.9	31.1	34	33.5	33.4	34.3	31.2	44.8	41.1	175.5
12:35	26.3	31.1	34.2	33.5	33.4	34.2	31.4	43.1	39.5	173.9
12:40	26.4	31.4	34.1	33.6	33.4	34.1	31.6	43.7	38.1	172.3

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 24 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
12:45	26.9	31.6	34.4	33.6	33.5	34.1	31.6	41.8	36.7	170.7
12:50	26.8	31.9	34.6	33.8	33.9	34.4	31.9	41.4	38	169.1
12:55	27.4	32.4	35	34.2	34.2	34.6	32.3	41.5	35.8	161.5
13:00	27.9	33.2	35.5	34.9	34.5	35	32.8	40.6	34.9	153.9
13:05	28.5	34	36.1	35.7	35	35.7	33.5	41.1	36.3	152.9
13:10	27.8	34.9	36.5	36.3	35.7	36.3	34.1	39.4	34.8	157.2
13:15	28.4	35.4	36.8	36.5	36.1	36.9	34.7	38.7	33.6	157.1
13:20	29.4	36.2	37.5	37.4	37	37.7	35.6	39.1	35.5	155.3
13:25	28.8	37.5	38.5	38.5	37.9	38.4	36.7	38.1	34.1	154.6
13:30	29.7	39.6	40	40.2	39.8	39.6	38.6	37.8	34.2	153.7
13:35	29.5	41.6	41.4	41.5	41.2	40.8	40.1	37.5	33.5	152.7
13:40	30.7	46.1	44.5	44.8	44.6	43.1	44.2	38.3	34.8	140.3
13:45	31	48.8	46.8	47.7	46.9	44.7	46.7	37.3	33.1	135.9
13:50	32.4	52.8	50.6	50.9	50	47.3	50.3	37.8	35.2	131.5
13:55	32.3	55	52.3	53	51.7	49.5	52	37.8	34.1	127.1
14:00	32.8	55.5	52.9	54.3	52.8	50.9	52.5	38.5	35	122.7
14:05	33.4	53.1	49.6	50.8	50.1	50.5	50.9	38.3	34.9	118.3
14:10	34.1	55.2	53	54	52.5	51.1	52.6	36.5	33.9	111.3
14:15	33.1	52.3	51.5	53.2	52.7	49.8	52.6	40.4	40.8	102.6
14:20	31.9	54.9	53.7	54.3	53.2	51.3	53.7	37.7	33.9	93.9
14:25	34.5	56	53.4	54.3	52.8	51.8	54.3	37.9	34.6	85.2
14:30	32.8	56.1	54.4	54.7	53.7	51.5	53.1	35.8	34.2	76.5
14:35	34.9	57.4	55.5	56.1	54.9	51.8	54.3	36.9	34.5	67.8
14:40	32.8	58.3	55.9	56.8	55.6	52.5	54.1	35.5	33.7	69.6

14:45	33.8	54.1	52.8	53.1	51.7	51.7	49.6	35.7	33	71.4
14:50	33.1	53.7	52.6	53.1	51.8	51.1	49.2	35.8	34.5	75.2
14:55	31.6	47.6	46.8	47.4	46.3	48.3	43.9	34	32.8	75.9

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 24 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
15:00	30.5	44.5	43.9	44.1	43.2	45.8	41.8	32.6	33.2	80.8
15:05	31.1	42.6	42.2	42.5	41.6	44	40.6	32.4	32.3	82.7
15:10	30.4	41.5	41.5	41.4	40.9	42.8	39.6	31.7	32.3	84.6
15:15	31.1	41.5	41.3	41.8	41.1	42.1	39.8	31.9	32.3	86.5
15:20	30.3	41.5	41.2	41.7	40.9	41.6	39.6	31.6	31.9	92.3
15:25	30.7	41.7	41.2	41.6	41	41.3	39.5	31.9	31.4	98.1
15:30	30.1	40.1	39.9	40	39.7	40.7	38.3	31.5	31.9	95.3
15:35	29.8	39.4	39.4	39.3	39.1	40.1	37.8	31.3	31.9	92.5
15:40	30.4	39.3	39.1	39.2	39	39.7	37.5	31.6	31.2	89.7
15:45	30.5	39.1	39	39.2	38.6	39.3	37.4	31.1	30.5	90.1
15:50	29.8	38.7	38.5	38.8	38.5	39.1	37	32.4	32.8	93.9
15:55	30	38	38	38	37.7	38.8	36.6	32.4	32.8	97.7
16:00	30.5	37.5	37.8	38	38	38.8	36.7	41.3	38.2	95.2
16:05	29.6	36.9	38.2	38	38.1	39	36.2	40.6	38.5	92.4
16:10	29.5	36.2	38	37.9	37.1	39	35.9	42.9	40.6	88.5
16:15	29.3	35.7	37.7	37.8	37.1	38.7	35.4	42.8	40.8	84.6
16:20	29.3	35	37.4	37.2	36.8	38.4	34.8	45.2	39.4	87.5
16:25	29.6	34.5	37.2	36.6	36.7	38	34.5	47.3	41.5	91.6
16:30	29.2	34.3	37	36.7	36.7	37.5	34.2	46.9	40.7	95.7
16:35	29.1	34.1	36.8	36.3	36.1	37.2	33.9	44.6	42	101.6
16:40	28.8	33.6	36.3	36	35.9	36.8	33.4	45.2	41.1	97.3
16:45	28.9	33.2	36	35.7	35.6	36.3	33.2	45	42.5	95.9
16:50	29	32.9	35.5	35.2	35.3	35.8	32.8	46.5	39.6	94.5
16:55	28.6	32.2	32.8	32.4	31.9	35	32.4	45.3	47.2	96.4

17:00	28.8	32.3	35	34.9	34.9	34.7	32.3	47.8	41.3	98.3
17:05	28.5	32	34.8	34.5	34.4	34.3	32	45.5	39.8	95.5
17:10	28.5	31.9	34.7	34.5	34.4	34.2	31.8	47.1	39.9	93.5

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 24 กันยายน 2561 (ต่อ)

เวลา (นาทึ่)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
17:15	28.4	31.9	34.7	34.5	34.4	33.9	31.6	47.4	39.8	89.2
17:20	28.4	31.5	34.5	34.4	34.5	33.8	31.4	48.7	40.5	88.5
17:25	28.5	31.4	34.4	34.3	34.5	33.7	31.4	48.7	42.6	84.6
17:30	28.5	31.4	34.7	34.4	34.6	33.7	31.3	49.1	40.8	84.4
17:35	28.5	31.3	34.4	34.2	34.3	33.5	31.3	49.4	41.1	82.2
17:40	28.5	31	34.3	34.2	34.1	33.2	31.1	51.1	41.8	81.8
17:45	28.2	30.9	34.2	34.1	33.7	32.9	31	50.3	40.9	81.1
17:50	28.1	30.8	33.6	33.7	33.5	32.8	30.8	51.2	44.7	78.6
17:55	28.3	30.5	33.6	34	33.6	32.6	30.7	52.3	45.5	75.2
18:00	28.1	30.4	33.6	33.8	33.4	32.3	30.5	53.5	50.7	71.8

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 25 กันยายน 2561

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
6:00	23.9	23.6	24	24	23.8	23.8	23.2	23.5	23.2	23.2
6:05	24	23.6	24	24	23.8	23.9	23.4	23.7	23.5	23.3
6:10	24	23.2	23.8	23.9	23.7	23.8	23.5	23.7	23.5	23.2
6:15	24.1	23.2	24	24	24	23.8	23.5	23.7	23.5	23.3
6:20	24	23	23.8	23.8	23.7	23.8	23.5	23.6	23.5	23.3
6:25	24.1	23.1	23.9	23.9	23.9	23.8	23.5	23.7	23.6	23.5
6:30	24.1	23.2	24	23.9	23.8	23.7	23.6	26	35.5	119.2
6:35	24.3	23.5	24.6	24.6	24.5	24.2	24.1	29.1	54.4	137.7
6:40	24.1	23.4	24.7	24.8	24.7	24.2	24.1	35.1	65.9	151.1
6:45	24.4	23.9	25.3	25.4	25	24.6	24.5	29.7	76	164.9
6:50	24.5	24.8	27.5	27.8	28.1	25.1	24.8	48.5	57.9	174.5
6:55	24.8	25	26.9	27.5	27.6	25.6	25	48.8	65.1	163.8
7:00	25.2	25.6	28.1	28.1	28.5	26.2	25.6	50.5	68.2	189.3
7:05	27	28.5	31.9	31.7	32.2	28.3	28.9	52	70.4	195.4
7:10	25.6	28	30.9	31	31.3	29	27.7	54.2	72.8	203.9
7:15	26.1	28.8	32.1	32.1	32.5	29.7	28.4	56	75.7	212.1
7:20	26.6	30.3	34.8	34.1	34.4	30.6	29.8	58.8	79.7	219.2
7:25	28.9	33	37.8	36.7	37.3	32.5	31.6	61.4	83.9	226.3
7:30	28.6	35.1	39.5	38.7	39.5	34.4	32.6	63.8	87.3	232
7:35	29.2	37.2	41.4	40.5	41.3	36.4	33.8	66.3	90.4	236.9
7:40	28.1	37.7	41.2	40.4	41.7	37.5	33.9	66.8	91.5	244.5
7:45	27.7	38.1	40.7	40.4	41.7	38.6	33.9	68.7	93.8	247.2
7:50	29.7	40.4	44.6	43.3	45.5	39.8	35.7	68.9	93	248.7

7:55	30.8	42.3	46.5	44.8	47	41.6	36.7	69.1	93.7	248.1
8:00	29.6	41.5	44.6	43.8	45.1	42.2	36	70.1	94.9	248.5
8:05	29.2	41.8	44.7	43.9	45.4	42.8	36.2	70.4	94.2	245.8
8:10	29.5	44.7	48.8	47.3	49.2	44	38	70	94.4	243.6

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 25 กันยายน 2561

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
8:15	29.7	45.3	49.5	47.5	49.2	45	38.2	69.8	95.2	233.5
8:20	29.7	46.5	50.9	48.9	50.2	46.3	38.9	70.6	94.7	239.8
8:25	30.4	47.4	50.9	49.4	50.3	47.1	39.4	70.3	93.4	242.2
8:30	31.9	49.3	53	51.1	52.1	48.1	40.2	70.2	93	233.7
8:35	33.7	49.1	51.4	50.5	50.4	48.8	40.3	70.4	88.8	240.2
8:40	30.2	45.6	48	47.5	47.2	47.4	38.9	72.2	90	253.6
8:45	30.3	44.8	48.2	47	46.7	46.4	38.6	72.1	90.8	247.3
8:50	29.4	44.4	47.3	46.4	46.1	46.4	38.5	70.6	89.6	233.4
8:55	31.5	44.3	47.2	46.2	46.1	45.9	38.5	69.8	87.2	233.7
9:00	31.4	44.1	46.8	46	45.7	45.7	38.3	69	84.5	227.8
9:05	33.5	47.7	51.1	46	47.5	46.8	41.5	41.9	38.2	215.7
9:10	33.8	50.7	52.2	46.5	48.6	48.4	43.3	40.1	35.9	205.4
9:15	32.7	48.2	48.4	45.2	46.4	48.2	42	39.7	36.1	201.3
9:20	32.7	51.6	51.6	47	47.3	49.8	43.9	41.6	38.4	193.3
9:25	33.5	52.1	51.1	47.2	48.2	50.9	44.7	39.8	36.6	193.6
9:30	33.6	52.9	52.6	48	48.1	51.2	45	39.4	36.1	188.5
9:35	34	54	52.6	48.3	48.4	52	45.6	39.5	36.4	201.6
9:40	32.9	55.1	54.7	49.9	49.1	52.7	46.3	40	36.4	197.5
9:45	34.5	55.3	53.8	49.3	49.6	53	47.1	39.2	36	192.8
9:50	32	55.6	54.5	49.7	50.1	53.7	48	38.5	37.4	181.2
9:55	34.4	57	55.8	50.4	50.9	54.5	49.2	40.8	37.8	177.6
10:00	34.2	56.3	46.9	42.2	42	54.4	50	42.3	38.7	170.9
10:05	35.4	57.3	45.5	43.5	43.3	53.7	49.8	40.4	37.5	168.7

10:10	34.3	58.4	56.9	53.3	51.7	57	50.6	48.1	58.6	159.4
10:15	36	56.3	55.2	52.9	50.7	57.2	49	53.2	64.7	167.8
10:20	35.4	59	58.3	54.1	53.4	57.9	51.2	54.2	66.5	172.5
10:25	32.5	53.8	52.9	51.8	50	56.7	47.5	56.5	69.3	180.2

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 25 กันยายน 2561

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
10:30	32.7	54.1	54.1	51.4	49.3	55.8	48.4	57.3	70.1	185.2
10:35	34.5	58.2	57.3	54.2	52.5	57.3	51.1	58.7	73.4	194.2
10:40	36.7	59.9	58	55.3	53.7	59	52.1	61.7	76.1	207.7
10:45	34.2	60.5	58.5	55.3	53.8	59.7	52.6	64.1	80.5	219.1
10:50	34.9	59.1	58.2	54.8	53.9	59.1	51.2	66.3	82.9	225.3
10:55	34.4	61	59.1	55.8	54.8	59.8	52.8	67.4	85	230.4
11:00	32.8	61.3	59.8	56.2	52.8	60.3	53.5	68.6	86.9	219.5
11:05	34.4	60	58.3	55.2	53.1	60.1	52.9	68.8	86.8	226.9
11:10	33.7	57.3	48	45.8	45.3	56.3	50.3	69	88	223.2
11:15	34.5	59	58	55.4	54.3	56.6	50.8	66.2	85.3	211.5
11:20	34.2	61	60.7	57.8	57	58.2	52	64.3	83.5	202.7
11:25	32.9	61.7	61.3	58.6	57.9	59.4	52.6	64	82.1	195.2
11:30	36.2	63.5	62.8	59.5	59.1	60.1	53.5	64.1	80.4	197.6
11:35	35.5	64.5	63.2	60.4	59.7	61	54.1	64.1	79.7	197.7
11:40	32.1	57.7	57.3	56.4	55.7	59.3	49.6	63.4	78.4	186.2
11:45	35.2	63.9	63.1	59.8	59.7	60.7	54.2	62.4	77.8	193.1
11:50	33.3	63.5	62.4	59.1	58.9	60.2	54.1	62.5	76.9	176
11:55	33.3	64.3	62.7	59.3	59.3	60.1	54.2	61.5	75.5	173.1
12:00	34	64.3	63.2	59.6	59.8	60.7	54.8	58.7	71.8	175.2
12:05	36.2	63.2	54.1	52.6	53.3	59.1	54.3	57.3	70.4	169.8
12:10	39.8	66.3	62.7	61.6	60.7	62.9	56.4	57.5	69.8	172.8
12:15	34.7	55.3	55	54.5	55.2	59.2	48.8	57.5	69.3	168.8
12:20	34.2	58.2	56.7	56.5	56.9	60.9	51.7	56.6	68.6	169.6

12:25	33	54.5	54.8	53.7	54.5	57.3	48.4	55.4	66.8	163
12:30	37.5	61.8	60	58.2	59.1	59.4	53.7	55.4	66.8	161.3
12:35	38.1	65.9	62.5	60.4	61.3	62.6	55.7	55.6	66.5	157.4
12:40	36.7	60.4	59	58	58.4	62.6	51.8	55.6	66.6	154.6

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 25 กันยายน 2561

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
12:45	34.5	63.6	61.8	60.2	61.3	63.4	55.3	53.9	64.1	149.9
12:50	34.8	64.5	62.2	61	62	64.2	56.1	52.5	62.3	149
12:55	33.1	55.3	55.1	55	55.5	60.8	48.7	53.5	63.7	146.5
13:00	33.6	59.5	58.9	57.9	58.6	59.9	53.2	52.1	62.3	141.2
13:05	33.8	50.9	51.9	51.7	52.2	55.6	46.5	52.1	62.3	162.9
13:10	32.4	45.8	41.3	42.3	41.6	51.5	43.6	52.7	63.8	162.2
13:15	30.8	44.3	46.6	46.3	46.9	49.2	42.4	51.6	62.5	157.1
13:20	30.9	43.6	45.8	45.6	46.3	47.9	41.8	51	61.6	152
13:25	30.5	42.6	44.7	44.5	45.1	46.7	40.8	49.2	58.9	134.5
13:30	31.3	41.6	43.6	43.4	44	45.4	40	47.5	56.1	128.4
13:35	30.3	40.7	42.6	42.5	42.9	44.3	39.2	46.4	55	123.4
13:40	31.4	40.7	42.2	42.1	42.6	43.6	38.9	45.8	53.8	120
13:45	30.4	40.1	41.6	41.5	41.9	43	38.3	45	52.6	115.9
13:50	30.3	38.3	40	40.1	40.4	41.7	37.2	44.2	51.1	111.6
13:55	26	37.7	39.6	39.5	39.9	40.9	37	44.3	51.7	120.1
14:00	26.2	35.2	37.6	37.7	38	39.7	35.8	43.1	50.7	107.4
14:05	27.9	33.5	36	36.1	36.5	38.2	34.7	41.6	48.5	103.9
14:10	27.7	32.5	34.9	35.1	35.5	37	34	40.9	47.3	100
14:15	27.9	31.7	34	34.1	34.4	35.8	33	39.7	45.8	94.7
14:20	27.1	31.2	33.2	33.3	33.6	34.9	32.4	38.1	43.8	86.6
14:25	27.1	30.9	32.9	32.9	33.1	34.3	32.1	37.2	42.6	83.3
14:30	26.5	30	32.1	31.9	32	33.7	31.5	36.4	41	78.8
14:35	26.4	29.5	31.3	31.2	31.4	32.8	30.6	34.3	38.6	64.1

14:40	26.3	29.2	30.9	30.8	30.7	32.2	30.4	34.2	38.1	74.4
14:45	25.8	29	30.7	30.7	30.8	31.8	30.1	34	38.1	75.2
14:50	23.7	28.8	30.3	30.1	30.4	31.3	29.8	33.5	37.4	75.2
14:55	23.7	28.6	29.8	29.7	29.9	30.8	29.6	33.3	36.9	74

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 25 กันยายน 2561

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
15:00	23.6	28.8	29.8	29.9	29.9	30.6	29.6	33.6	37.3	80
15:05	23.9	28.8	29.8	29.8	30	30.6	29.6	34	38.3	84.7
15:10	24.3	28.9	29.9	30	30.2	30.5	29.6	34.5	38.9	86.7
15:15	25.6	28.9	30	30.1	30.4	30.6	29.6	35.2	39.5	88.7
15:20	25.8	28.8	30.1	30.1	30.3	30.6	29.5	35.3	39.8	91.5
15:25	25.9	28.8	29.9	30	30.3	30.5	29.4	36	40.5	95.8
15:30	26	28.7	30	30	29.9	30.4	29.4	36.4	41.4	95.7
15:35	26	28.6	29.9	29.9	29.8	30.4	29.4	36.4	41.4	93.5
15:40	26.2	28.8	30	30	30	30.4	29.4	36.3	41.7	92.5
15:45	26.4	28.9	30.1	30.2	30.3	30.5	29.4	37	41.7	94.9
15:50	26.8	28.9	30.2	30.2	30.4	30.5	29.5	37.3	42.1	93.9
15:55	26.3	28.9	30	30.1	30.2	30.6	29.5	36.8	41.9	86.9
16:00	26.4	28.7	30.1	30	30.3	30.4	29.4	37	41.5	91.2
16:05	26	28.6	29.8	29.8	29.9	30.3	29.2	36.5	41.5	90.4
16:10	25.9	28.3	29.8	29.7	29.6	30.3	29.1	36.1	41.6	85.5
16:15	25.8	28	29.3	29.4	29.6	30.1	28.9	34.8	39.9	80.1
16:20	25.6	27.8	29	29.1	29.3	29.9	28.6	34.5	39.4	82.5
16:25	25.5	27.6	28.9	29	29.2	29.5	28.4	34.9	40	91.4
16:30	25.4	27.5	28.7	28.8	28.7	29.4	28.3	37.3	42.2	96.7
16:35	25.4	27.2	28.9	28.8	28.5	29.3	28.2	37.6	42.9	101.1
16:40	25.2	27.3	28.8	28.9	29	29.1	28.2	37.8	43.8	98.1
16:45	25.3	27	28.8	28.7	28.4	29	28	37.2	42.9	94.9
16:50	25.7	27	28.8	28.6	28.3	28.9	27.9	38.3	43.6	98.2

16:55	25.3	26.9	28.6	28.5	28.2	28.8	27.9	38.4	43.6	98.4
17:00	25.1	26.7	28.5	28.5	28.1	28.6	27.6	37.7	42.7	95.9
17:05	25.3	26.7	28.5	28.3	28.4	28.6	27.6	37.5	42.7	93.5
17:10	25.3	26.6	28.4	28.3	27.9	28.5	27.5	37	42.2	91.5

ตารางที่ ข1 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด วันที่ 25 กันยายน 2561

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (°C)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
17:15	25.2	26.5	28.3	28.2	27.8	28.4	27.4	36.9	41.9	89.6
17:20	25.3	26.4	28.1	28.1	27.7	28.3	27.3	36.6	41.1	88.1
17:25	25.1	26.3	28	27.9	27.7	28.2	27.2	36.5	40.8	84.3
17:30	25.3	26.3	27.9	27.9	27.5	28.1	27.1	35.2	40.1	84.4
17:35	25.2	26.1	27.7	27.6	27.5	27.9	27	35.1	39.5	82.2
17:40	25.3	26	27.5	27.6	27.3	27.7	26.9	34.7	38.6	80.8
17:45	25.2	25.9	27.4	27.3	27.3	27.6	26.7	34.1	38.1	75.1
17:50	25.3	25.8	27.1	27.2	26.8	27.5	26.6	34	38	75.6
17:55	25.6	25.8	27.2	27.2	26.8	27.4	26.6	33.7	37.4	69.2
18:00	25.7	25.8	27	27.1	26.8	27.3	26.6	33	36.3	65.2

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

ค1 ตัวอย่างการคำนวณหาค่ากำลังความร้อนที่ได้จากระบบทำอากาศร้อน

โดยมีค่าเท่ากับ 1.506 kW จากสมการที่ (2.6)

$$Q = mC_p \Delta T$$

เมื่อ Q คือ ค่าความร้อน (W)

m คือ มวล (kg/s)

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg. °C)

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิอบแห้งและอุณหภูมิแวดล้อม

จากการเก็บข้อมูลทำให้ได้ค่าอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย เท่ากับ 35 °C อุณหภูมิที่ออกจากระบบทำอากาศร้อนเท่ากับ 60 °C ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ เป็นค่าคงที่เท่ากับ 1,007 J/kg. °C อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 2 m/s พื้นที่อากาศไหลผ่าน 0.02 m² (ค่าความหนาแน่นที่จุดทางเข้า $\rho = 1.1774 \text{ kg/m}^3$)

$$\begin{aligned} m &= (1.1774) \text{ kg/m}^3 (0.02) \text{ m}^2 (2) \text{ m/s} \\ &= 0.047096 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= mC_p \Delta T \\ &= (0.047096) \text{ kg/s} (1,007) \text{ J/kg.}^\circ\text{C} (67.21-35.40) ^\circ\text{C} \\ &= 1.506 \text{ kW} \end{aligned}$$

ค2 ประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อนและระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผ่น ดูดกลืนร่วมกับระบบทำอากาศร้อน

จากการออกแบบระบบทำอากาศร้อนและทดลองอบกล้วยน้ำว้าในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผ่นดูดกลืนความร้อนร่วมกับระบบทำอากาศร้อน ผู้วิจัยได้นำค่าจากการทดลองมาคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อนและระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผ่นดูดกลืนความร้อนร่วมกับระบบทำอากาศร้อน ดังนี้

ค2.1 การหาประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อน

ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณหาลำดับความร้อนที่ได้จากระบบทำอากาศร้อนโดยมีค่าเท่ากับ 1.506 kW และมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 560 W/m^2 มีพื้นที่ทั้งหมด 10.7 m^2 คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อน} &= \frac{1,506}{(560)10.7} \\ &= 0.2513 \\ &= 25.13 \%\end{aligned}$$

ค2.2 การหาประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผ่นดูดกลืนร่วมกับระบบ ทำอากาศร้อน

ค2.2.1 อัตราการแผ่รังสีของแผ่นดูดกลืนความร้อนเท่ากับ 1565.94 W อัตราการสะท้อนรังสีของอะลูมิเนียมเท่ากับ 348.368W จากนั้นนำค่าที่ได้จากการวัดและการคำนวณแทนลงในสมการ

$$\begin{aligned}\eta &= \left(\frac{Q_{\text{net}} + Q_{\text{ระบบทำอากาศร้อน}}}{(I_T)A} \right) \times 100 \% \\ &= \left(\frac{1,914.3 + 1,508.92}{(560)(10.7)} \right) \times 100 \% \\ &= 0.5712 \text{ หรือเท่ากับ } 57.12 \%\end{aligned}$$

ค3 ตัวอย่างการคำนวณ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสี และการหาประสิทธิภาพ
ของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีผิวดูดกลืน ณ ช่วงเวลาที่มีค่ารังสีอาทิตย์มากที่สุด
 การนำความร้อน (Conduction) ของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

$$Q_{\text{cond}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

เมื่อ k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโพลีคาร์บอเนต มีค่าเท่ากับ 0.19

W/m·K

T_{in} คือ อุณหภูมิผิวด้านนอกของโพลีคาร์บอเนต มีค่าเท่ากับ 35.3 °C

T_{out} คือ อุณหภูมิผิวด้านในของโพลีคาร์บอเนต มีค่าเท่ากับ 63.5 °C

การนำด้านบน

$$Q_{\text{cond}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

$$Q_{\text{cond}} = (-0.19)(2) \left(\frac{-28.2}{4} \right)$$

$$Q_{\text{cond}} = 2.68 \text{ W}$$

เมื่อ A คือ ขนาดแผ่นโพลีคาร์บอเนตด้านบน มีค่าเท่ากับ 2 m²

การนำความร้อนด้านข้าง (ซ้าย)

$$Q_{\text{cond}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

$$Q_{\text{cond}} = (-0.19)(1.25) \left(\frac{-28.2}{4} \right)$$

$$Q_{\text{cond}} = 1.67 \text{ W}$$

เมื่อ A คือ ขนาดแผ่นโพลีคาร์บอเนตด้านข้าง (ซ้าย) มีค่าเท่ากับ 1.25 m^2

การนำความร้อนด้านข้าง (ขวา)

$$Q_{\text{cond}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

$$Q_{\text{cond}} = (-0.19)(1.25) \left(\frac{-28.2}{4} \right)$$

$$Q_{\text{cond}} = 1.67 \text{ W}$$

เมื่อ A คือ ขนาดแผ่นโพลีคาร์บอเนตด้านข้าง (ขวา) มีค่าเท่ากับ 1.25 m^2

การนำความร้อนด้านหน้า

$$Q_{\text{cond}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

$$Q_{\text{cond}} = (-0.19)(1.068) \left(\frac{-28.2}{4} \right)$$

$$Q_{\text{cond}} = 1.43 \text{ W}$$

เมื่อ A คือ ขนาดแผ่นโพลีคาร์บอเนตด้านหน้า มีค่าเท่ากับ 1.068 m^2

การนำความร้อนด้านหลัง

$$Q_{\text{cond}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

$$Q_{\text{cond}} = (-0.19)(1.32) \left(\frac{-28.2}{4} \right)$$

$$Q_{\text{cond}} = 1.76 \text{ W}$$

เมื่อ A คือ ขนาดแผ่นโพลีคาร์บอเนตด้านหลัง มีค่าเท่ากับ 1.32 m^2

การพาความร้อน (Convection) ของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

$$Q_{\text{conv}} = hA (T_w - T_{\infty})$$

เมื่อ h คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศแบบธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ

$$5 \text{ W/m}^2$$

T_w คือ อุณหภูมิผิวด้านนอกของโพลีคาร์บอเนต มีค่าเท่ากับ 35.3°C

T_{∞} คือ อุณหภูมิภายในระบบ มีค่าเท่ากับ 63.5°C

การพาความร้อนด้านบน

$$Q_{\text{conv}} = hA (T_w - T_{\infty})$$

$$Q_{\text{conv}} = (5)(2)(-28.2)$$

$$Q_{\text{conv}} = -282 \text{ W}$$

การพาความร้อนด้านข้าง (ซ้าย)

$$Q_{\text{conv}} = hA (T_w - T_{\infty})$$

$$Q_{\text{conv}} = (5)(1.25)(-28.2)$$

$$Q_{\text{conv}} = -176.25 \text{ W}$$

การพาความร้อนด้านข้าง (ขวา)

$$Q_{\text{conv}} = hA (T_w - T_{\infty})$$

$$Q_{\text{conv}} = (5)(1.25)(-28.2)$$

$$Q_{\text{conv}} = -176.25 \text{ W}$$

การพาความร้อนด้านหน้า

$$Q_{\text{conv}} = hA (T_w - T_{\infty})$$

$$Q_{\text{conv}} = (5)(1.068)(-28.2)$$

$$Q_{\text{conv}} = -150.58 \text{ W}$$

การพาความร้อนด้านหลัง

$$Q_{\text{conv}} = hA (T_w - T_{\infty})$$

$$Q_{\text{conv}} = (5)(1.32)(-28.2)$$

$$Q_{\text{conv}} = -186.12 \text{ W}$$

การคำนวณหาปริมาณความร้อนที่สูญเสีย

ความร้อนสูญเสียได้จากการถ่ายเทความร้อนของผนังทุกด้าน

$$Q_{\text{loss}} = Q_{\text{conv}} + Q_{\text{cond}}$$

$$Q_{\text{loss}} = 130.87 + 1.24$$

$$Q_{\text{loss}} = 132.11 \text{ W}$$

การคำนวณหาพื้นที่แผ่นดูดกลืนความร้อนและอัตราการแผ่รังสี

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนจากอะลูมิเนียมหนา 0.5 mm ขนาด 200 cm x 100 cm

$$A_s = (\text{Wide} \times \text{Length})$$

$$A_s = 1 \times 2$$

$$A_s = 2 \text{ m}^2$$

จากสมการที่ (2.7)

$$Q_{\text{emit,max}} = \sigma A_s T_s^4$$

$$Q_{\text{emit,max}} = 5.67 \times 10^{-8} \times 2 \times (69.1 + 273)^4$$

$$Q_{\text{emit,max}} = 1,565.94 \text{ W}$$

การคำนวณหาอัตราการสะท้อนรังสีของอะลูมิเนียม

จากสมการ

$$Q_{\text{refl}} = \rho A_{\text{refl}} Q_i^n$$

$$Q_{\text{refl}} = 0.16 \times 2 \times 1,088.65$$

$$Q_{\text{refl}} = 348.36 \text{ W}$$

$$Q_{\text{total}} = 348.36 + 1,565.94$$

$$Q_{\text{total}} = 1,914.30 \text{ W}$$

การคำนวณหาความร้อนสุทธิในเครื่องอบแห้ง

$$Q_{\text{net}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{loss}}$$

$$Q_{\text{net}} = 1,914.30 - 132.11$$

$$Q_{\text{net}} = 1,782.19 \text{ W}$$

การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

$$\begin{aligned}\eta &= \left(\frac{Q_{\text{net}}}{I_T A} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{1,782.19}{(560)10.7} \right) \times 100 \\ &= 0.2974 \text{ หรือเท่ากับ } 29.74 \%\end{aligned}$$

การคำนวณครีบ

ท่อทองแดงอุณหภูมิ 141.2 °C ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.525 mm หนา 1 mm มีการติดตั้งครีบอะลูมิเนียม หนา 0.25 mm ช่องว่างระหว่างครีบ 2.53 cm จำนวน 112 ครีบ มีค่า k เท่ากับ 180 W/m°C ค่า h เท่ากับ 60 W/m°C สิ่งแวดล้อม มีอุณหภูมิ 33.6 °C

$$A_{\text{nofin}} = \pi D_1 L$$

$$Q_{\text{nofin}} = h A_{\text{nofin}} (T_0 - T_\infty) = 60 \times (2\pi \times 0.0047 \times 0.0253) \times (141.2 - 33.6) = 4.82 \text{ W}$$

$$r_{2c} = r_2 + \frac{t}{2} = 0.00925 + \frac{0.00025}{2} = 0.00965 \text{ m}$$

$$L_c = L + \frac{t}{2} \times 0.001 + \frac{0.00025}{2} = 0.01125 \text{ m}$$

$$A_p = L_c t = 0.001125 \times 0.00952 = 1.071 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\frac{r_{2c}}{r_1} = \frac{0.00965}{0.0047} = 2.053$$

$$\xi = \frac{\frac{3}{2}}{L_c^2} \sqrt{\frac{h}{k A_p}} = (0.001125)^2 \sqrt{\frac{60}{180 \times 1.071 \times 10^{-5}}} = 5.007 \times 10^{-4}$$

$$\eta_{\text{fin}} = 0.97$$

$$A_{\text{fin}} = 2\pi(0.009525^2 - 0.0047^2) = 0.00043\text{m}^2$$

$$Q_{\text{fin}} = \eta_{\text{fin}} A_{\text{f}} h \theta_0 = 0.97 \times 60 \times 0.00043(141.2 - 33.6) = 2.69\text{W}$$

$$A_{\text{unfin}} = \pi D_2 S = \pi \times 0.0253 \times 0.009525 = 0.000757\text{m}^2$$

$$Q_{\text{unfin}} = h A_{\text{nofin}} (T_0 - T_{\infty}) = 60 \times 0.000757 \times (141.0 - 33.6) = 4.88\text{W}$$

$$Q_{\text{totalfin}} = Q_{\text{fin}} + Q_{\text{unfin}} = 112(2.69 + 4.88) = 847.84\text{W}$$

$$Q_{\text{increase}} = Q_{\text{totalfin}} + Q_{\text{nofin}} = 847.84 - 4.82 = 843.02\text{W}$$