

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการวิจัยการอบแห้งสมุนไพรด้วยเครื่องอบความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอนผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

- 2.1 แสงอาทิตย์
- 2.2 ค่าคงที่แสงอาทิตย์
- 2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง
- 2.4 ระบบหลอดไฟ
- 2.5 ระบบแสงอาทิตย์เทียม
- 2.6 ทฤษฎีการอบแห้ง
- 2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง
- 2.8 ค่าความชื้นของวัสดุ
- 2.9 ประสิทธิภาพทางความร้อนของการอบแห้ง
- 2.10 เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
- 2.11 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้ง
- 2.12 ท่อเทอร์โมไซฟอน
- 2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แสงอาทิตย์

รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลกประกอบด้วยรังสี 2 ประเภท คือ รังสีตรงและรังสีกระจายรังสีตรงเป็นรังสีส่งมาจากดวงอาทิตย์โดยตรงเป็นรังสีขนาน ส่วนรังสีกระจายนั่นเป็นรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ส่งไปกระทบตัวกลางอื่น เช่น เมฆ หมอก ไอน้ำ เป็นต้น แล้วจึงกระจายออกไปทุกทิศทาง ไม่อาจนำมาผสมกันหรือทำให้มีความเข้มของแสงสูง ๆ ได้อย่างรังสีตรง และในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส รังสีดวงอาทิตย์จะประกอบด้วยรังสีตรงเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในวันที่มีเมฆหมอกมากรังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะเป็นรังสีกระจาย เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศโลกเข้ามาในวันที่ท้องฟ้ารังสีจะเกิดการสะท้อนโดยฝุ่นละอองและโมเลกุลของอากาศแห่งประมาณร้อยละ 1.1-1 และจะถูกดูดไว้ด้วยโมเลกุลของอากาศแห่งร้อยละ 8 โดยฝุ่นละออง 45 เปอร์เซ็นต์และโดยไอน้ำ 2-10 เปอร์เซ็นต์ บางส่วนกระจาย

โดยโมเลกุลของอากาศแห้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยฝุ่นละออง 0.1 – 10 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลดังกล่าวจะพบว่ามีความเข้มข้นของรังสีจากดวงอาทิตย์ประมาณร้อยละ 71 – 81 จากข้อจำกัดของชั้นบรรยากาศของโลก การแผ่กระจายของรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงจากการศึกษาของ (ASHRAE STANDARD, 1997 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

### ตารางที่ 2.1 ข้อมูลการแผ่กระจายรังสีของดวงอาทิตย์

ช่วงรังสี	ช่วงความยาวคลื่น	เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมด
รังสีอัลตราไวโอเล็ต	0.29-0.40	9.0
รังสีที่มองเห็นได้	0.40-0.70	38.0
รังสีอินฟราเรด	0.70-3.50	53.0

### 2.2 ค่าคงที่แสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์จะมีการแผ่รังสีกระจายออกไปทุกทิศทาง แต่โลกมีลักษณะเป็นทรงกลมจึงเป็นผลทำให้โลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เพียงบางส่วน ทำให้ค่าเฉลี่ยความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลกมีค่าคงที่ซึ่งเรียกว่า ค่าคงที่แสงอาทิตย์ (Solar Constant) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตรค่าผิดพลาดสูงสุด 11.50 เปอร์เซ็นต์

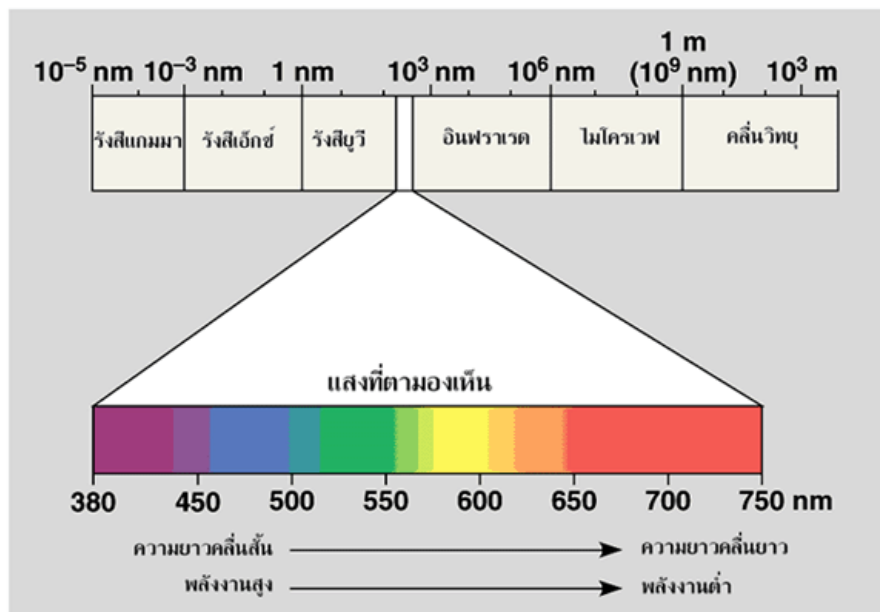
จากการศึกษารังสีดวงอาทิตย์ที่กรุงเทพมหานคร และที่จังหวัดเชียงใหม่ สรุปได้ว่า

1. ค่าเฉลี่ยสูงสุดของรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่า  $20.39 \text{ MJ/m}^2 \text{ -day}^{-1}$
2. ค่าต่ำสุดของรังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่า  $15.32 \text{ MJ/m}^2 \text{ -day}^{-1}$  ในกรณีที่ฝนตกหนักในฤดูฝนค่าเฉลี่ยการแผ่กระจายของรังสีดวงอาทิตย์  $8.37 \text{ MJ/m}^2 \text{ -day}^{-1}$
3. ช่วงความเข้มของแสงเฉลี่ยชั่วโมงเที่ยงวัน  $2.09 \text{ MJ m}^2 \text{ -hr}$  ในช่วงฤดูหนาว

(สถาพร วรรณพฤษ, 2552 : 4 )

## 2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

แสงเป็นการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นในช่วงต่างๆ โดยช่วงรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นในช่วงที่สามารถมองเห็น ซึ่งความยาวคลื่นช่วงต่ำสุดที่มองเห็นได้คือ 380-400 นาโนเมตร และช่วงสูงสุดที่มองเห็นได้คือ 760-780 นาโนเมตร โดยตาของมนุษย์มีความสามารถที่จะรับรู้ช่วงความยาวคลื่นได้ดีที่สุด 555 นาโนเมตร ถ้าให้แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแสงขาวส่องผ่านปริซึมแสงขาวจากดวงอาทิตย์จะแยกออกเป็นแสงสีรุ้งต่อเนื่องกัน เรียกว่า สเปกตรัมของแสงขาว ซึ่งสเปกตรัมของแสงขาวเกิดจากการที่เมื่อแสงซึ่งมีความยาวคลื่นต่างๆกันผ่านไปยังปริซึม แสงจะหักเหได้ไม่เท่ากัน เกิดเป็นแถบสีรุ้งต่อเนื่องกัน โดยมีความยาวคลื่นในช่วงต่างๆดังนี้ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง ดังภาพที่ 2.1 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2018. : ไม่ปรากฏเลขหน้า)



ภาพที่ 2.1 ความยาวคลื่นของแสง

ที่มา : (กฤษฎา คำคง และณรงค์ฤทธิ์ จันทร์พวง, 2561 : 4)

## 2.4 ระบบหลอดไฟ

ซึ่งจะกล่าวถึงคุณสมบัติทางแสงของหลอดไฟฟ้า ที่จะนำมาใช้ในการกำเนิดรังสีอาทิตย์เทียม (ศิริชัย เทพา และคณะ, 2531 : 78) หลอดไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ให้เป็นพลังงานความร้อน แล้วให้แสงสว่างออกมาเป็นพลังงานแสง โดยหลอดไฟฟ้า แต่ละชนิดมีการให้ประสิทธิภาพ ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงไม่เท่ากัน รวมถึงหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิดให้กำลังส่องสว่างต่อวัตต์ไม่เท่ากัน จึงให้แสงสว่างออกมาที่ความถี่ต่างกัน ในส่วนชุดกำเนิดรังสีอาทิตย์เทียม ต้องการหลอดไฟฟ้าที่ทำให้แสงสว่างออกมามาก คือกำลังส่องสว่างต่อวัตต์สูง ซึ่งสิ่งสำคัญคือ ต้องการให้แสงสว่างที่หลอดให้ออกมามีคุณสมบัติใกล้เคียงแสงอาทิตย์ธรรมชาติ ต้องการแสงสว่างที่มีความเข้มและความยาวคลื่นขนาดต่างๆตั้งแต่ประมาณ 300 วัตต์ ถึง 2000 วัตต์

หลอดไฟฟ้าที่ใช้ในชุดกำเนิดรังสีอาทิตย์เทียม ซึ่งต้องการความเข้มของการส่องสว่างต่อวัตต์สูง และมีความเข้มของแสงที่ความยาวคลื่นใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์ธรรมชาติ หลอดไฟฟ้าที่ให้ ความเข้มของแสงสูงเป็นหลอดบรรจุก๊าซ (high intensity discharge lamps) ซึ่งมักจะเรียกตามชนิดของแก๊สที่บรรจุอยู่ภายในดังแสดงต่อไปนี้

2.4.1 หลอดซีนอน (xenon) สามารถให้แสงที่ค่อนข้างคงที่ (uniform) ในช่วงความยาวคลื่นสั้น (ultra-violet) ได้ใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์ แต่ให้แสงในช่วงความยาวคลื่น 800 นาโนเมตร ถึง 1,000 นาโนเมตร ดังภาพที่ 2.2 ซึ่งมีความเข้มมากเกินไปซึ่งสามารถกรองออกได้โดยใช้กระจกมากรองรังสีที่ได้จากหลอดซีนอน ทำให้ได้ความยาวคลื่นแสงโดยประมาณ 250 นาโนเมตร ถึง 1,150 นาโนเมตร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัย

ราฟาเอล



ภาพที่ 2.2 หลอดไฟซีนอน

ที่มา : (กฤษฎา คำคง และณรงค์ฤทธิ์ จันทร์พวง, 2561 : 6)

2.4.2 หลอดแอลอีดี (light emitting diode) เป็นหลอดที่ให้ความสว่างของแสงสม่ำเสมอที่มีความยาวคลื่นแสง 300 นาโนเมตร ถึง 450 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความสว่างใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์ธรรมชาติ แสงสว่างมีการหักเห่น้อยเนื่องจากโครงสร้างที่ทำมีส่วนประกอบของเลนส์และจุดกำเนิดแสงสว่างอยู่รวมกัน หลอดแอลอีดี มีจุดเด่นหลายอย่าง คือ ใช้พลังงานต่ำแต่ให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างที่สูงมาก ไม่มีแสง UV ไม่กระพริบขณะเปล่งแสง การเปิด-ปิดหลอดไฟ แอลอีดี สามารถเปิด-ปิดได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องเสียเวลารอนานเป็นหลอดไฟที่ประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดไฟประเภทอื่นๆ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 หลอดแอลอีดี

ที่มา : (กฤษฎา คำคง และณรงค์ฤทธิ์ จันท์พวง, 2561 : 7)

2.4.3 หลอดทังสเตนฮาโลเจน เป็นหลอดที่อาศัยการกำเนิดแสงจากความร้อนโดยการให้กระแสไฟไหลผ่านไส้หลอดที่ทำด้วยทังสเตนจนร้อนแล้วเปล่งแสงออกมา ภายในบรรจุสารตระกูลฮาโลเจน ได้แก่ ไอโอดีน, คลอรีน, โบรมีน และฟลูออรีน ลงในขวดแก้วที่ทำด้วยควอทซ์ สารที่เติมเข้าไปนี้จะป้องกันการระเหิดตัวของไส้หลอด ซึ่งช่วยให้หลอดมีอายุยาวนานขึ้น สีของลำแสงมีสีขาวและมีอุณหภูมิสีประมาณ 2800 เคลวิน ทำให้มีค่าดัชนีความถูกต้องของสีสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แสงที่ได้จะมีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ถึง 1,200 นาโนเมตร ซึ่งมีแสงที่มีความเข้มสูงที่มีความยาวคลื่นสูง เพราะฉะนั้นสามารถทำการทดลองที่ใช้กรองแสงไม่ว่าจะเป็นกระจก อากาศ ฝุ่นละออง หมอกควัน สามารถกรองแสงได้ ดังภาพที่ 2.4





#### ภาพที่ 2.4 หลอดทั้งสแตน-ฮาโลเจน

ที่มา : (กฤษฎา คำคง และณรงค์ฤทธิ์ จันทร์พวง, 2561 : 8)

#### 2.5 ระบบแสงอาทิตย์เทียม

ระบบแสงอาทิตย์เทียม คือระบบที่กำเนิดแสงซึ่งแสงที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงแสงอาทิตย์ ในธรรมชาติที่สามารถควบคุมความเข้มของแสงให้คงที่ที่ค่าใดใดตามต้องการ ระบบแสงอาทิตย์เทียม ส่วนใหญ่ใช้ทดสอบสมรรถนะ ของอุปกรณ์ที่ใช้กับพลังแสงอาทิตย์ เช่น ตัวรับรังสีแบบแผ่นราบต่างๆ ที่มีน้ำหรืออากาศ เป็นของไหลทำงานแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นต้น (เชี่ยวชาญ โคนสูง, 2550 : 5)

ระบบแสงอาทิตย์เทียม มีส่วนช่วยในการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ให้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วเนื่อง จากการใช้ระบบแสงอาทิตย์เทียมสามารถทดสอบสมรรถนะ ของอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์ได้ง่าย และมีข้อได้เปรียบกว่าการทดสอบด้วยแสงอาทิตย์ธรรมชาติ หลายประการเช่น

2.5.1 ระบบแสงอาทิตย์เทียม สามารถควบคุมระดับความเข้มแสง ให้คงที่ตามต้องการได้ ตลอดระยะเวลาทดลองในขณะที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงเกือบตลอดเวลา

2.5.2 ระบบแสงอาทิตย์เทียม ใช้ทดสอบได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีผลของกลางวันกลางคืน หรือชั้นบรรยากาศเป็นอุปสรรค

2.5.3 โดยทั่วไปในห้องปฏิบัติการของระบบแสงอาทิตย์เทียมจะสามารถควบคุมสภาวะ แวดล้อมภายในห้อง เช่น ความเร็วลมและอุณหภูมิเป็นต้น การทดสอบด้วยระบบแสงอาทิตย์เทียม ภายในห้องปฏิบัติการสามารถเลือกสภาวะแวดล้อมของการทดสอบได้ตามต้องการ ทำให้ได้ชุดข้อมูล การทดลองที่ สภาวะต่างๆ กันหลายสภาวะ จากประโยชน์ของระบบแสงอาทิตย์เทียม ดังกล่าวข้างต้น ทำให้มีการพัฒนาระบบแสงอาทิตย์เทียมขึ้นหลายแห่งในประเทศต่างๆ การพัฒนาระบบแสงอาทิตย์เทียมในประเทศต่าง ๆ มักจะมีหลักการโดยรวมคล้าย ๆ กันแต่ก็มีความ

แตกต่างกันในส่วนขงรายละเอียด เช่น ชนิดของหลอดกำเนิดแสง จำนวนหลอดและรูปแบบการจัดวางหลอด เป็นต้น การที่ระบบแสงอาทิตย์เทียมแต่ละระบบมีความแตกต่างกัน ทำให้เกิดความจำเป็นในการกำหนดมาตรฐานสำหรับระบบแสงอาทิตย์เทียม เพื่อที่จะทำให้กำหนดรูปแบบลักษณะทิศทางเดียวกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM (The American Society for Testing and Material) เป็นหลักข้อกำหนดนี้เป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กำหนดใช้ในมาตรฐานที่มีชื่อว่า Standard Specification for Solar Simulation for Terrestrial Photovoltaic Testing รหัส E927-85 พิจารณาที่ความไม่สม่ำเสมอของแสงอาทิตย์เทียมบนพื้นที่การทดสอบ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความไม่สม่ำเสมอของความเข้มแสงบนพื้นที่ทดสอบสามารถคำนวณได้จากสมการ (เชี่ยวชาญ โตโคสูง, 2550 : 8)

เปอร์เซ็นต์ความไม่สม่ำเสมอของความเข้มแสงบนพื้นที่ทดสอบ (ASTM Standard, 2010 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

$$E = \pm 100 \times \frac{G_{\max} - G_{\min}}{G_{\max} + G_{\min}}$$

โดย  $E$  คือ เปอร์เซ็นต์ความไม่สม่ำเสมอของความเข้มแสงบนพื้นที่ทดสอบ

$G_{\max}$  คือ ความเข้มแสงมากที่สุดที่วัดได้บนพื้นที่ทดสอบ ( $W/m^2$ )

$G_{\min}$  คือ ความเข้มแสงต่ำสุดที่วัดได้บนพื้นที่ทดสอบ ( $W/m^2$ )

โดยที่เปอร์เซ็นต์ความไม่สม่ำเสมอของความเข้มแสงบนพื้นที่ทดสอบไม่ควรเกิน 30 เปอร์เซ็นต์

## 2.6 ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน ความร้อนที่ทำให้น้ำระเหยออกจากวัสดุ ส่วนมากแล้วได้ รับมาจากความร้อนสัมผัสของอากาศ และการถ่ายเทความร้อนจะมีทั้งการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีแต่โดยทั่วไปแล้วจะเป็นการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนเป็นหลัก ซึ่งในการอบแห้งโดยทั่วไปมักอาศัยอากาศร้อนในการอบแห้ง ความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศร้อนไปยังวัสดุ ซึ่งความร้อนส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำ โดยของเหลวที่อยู่ภายในวัสดุจะเคลื่อนที่ออกมา

ผิววัสดุโดย (Capillary Flow) ซึ่งเป็นผลมาจากแรงตึงผิว (Surface Force) ส่วนไอน้ำในวัสดุจะเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้น (Vapor Diffusion) และความดันไอ (Partial Vapor of Pressure) ที่ความแตกต่างระหว่างไอน้ำในวัสดุกับอากาศร้อน ถ้าผิวของวัสดุมีน้ำอยู่จำนวนมาก การลดลงของความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่ ส่งผลให้อัตราการอบแห้งคงที่ด้วย และเมื่อปริมาณน้ำที่ผิวของวัสดุลดลงมาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวย่อมเปลี่ยนไป กล่าวคืออุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของไอน้ำในวัสดุลดลง ส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลงความชื้นที่อยู่ระหว่างอัตราการอบแห้งคงที่และอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤต และอัตราการอบแห้งจะลดลงตลอดระยะเวลาการอบแห้ง จนกระทั่งความดันไอของของเหลวในวัสดุมีค่าไม่แตกต่างกับความดันไอของอากาศแวดล้อมในการอบแห้ง ความชื้นที่จุดสุดท้ายนี้เรียกว่า ความชื้นสมดุล เป็นจุดที่ไม่มีการถ่ายเทความชื้นอีกต่อไป (สมชาติ โสภณธรรมฤทธิ์, 2540)

อัตราการอบแห้งแบ่งได้เป็น 2 ช่วง

1. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การถ่ายเทความร้อนและมวล จะเกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น น้ำจะเกาะอยู่ที่ผิวของวัสดุเป็นจำนวนมาก เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่านวัสดุ จะทำให้ฟิล์มอากาศนี้มีความหนาลดลง เป็นผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนและมวลลดลงด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างที่ผิววัสดุและของกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น เป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น
2. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงการถ่ายเทความร้อนและมวล จะไม่จำกัดอยู่เฉพาะที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น แต่จะเกิดขึ้นภายในผิวและเนื้อวัสดุด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศอบแห้งจะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิมักขึ้นนอกจากนี้ยังมีผลให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งจะเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้นด้วยดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแล้วเป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วจะพบว่าความหนาของฟิล์มอากาศนี้มีค่าลดลง เป็นผลให้ความต้านทานลดลงเนื่องจากความต้านทานที่ฟิล์มอากาศมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความต้านทานตัวอื่น ดังนั้นจึงไม่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลมากนัก



## 2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งมีดังนี้ (วิลโลว์ รังสาตทอง. 2547)

1. ธรรมชาติของวัสดุ วัสดุเนื้อโปรงมีการเคลื่อนของน้ำภายในวัสดุแบบผ่านแคบ ซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในวัสดุเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปรงจึงแห้งเร็วกว่าวัสดุที่มีเนื้อแน่น วัสดุที่มีน้ำตาลสูงจะมีความเหนียวกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า ส่วนวัสดุที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งเร็วกว่า
2. ขนาดและภาพประกอบร่าง ขนาดและภาพประกอบร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักเช่น ภาพประกอบร่างเหมือนกันขนาดเล็กจะมีพื้นที่ต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งเร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่เคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากที่บดกั้นการระเหยเกิดได้เฉพาะพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้ง ๆ ที่พื้นที่ต่อน้ำหนักมาก
3. ตำแหน่งของอาหารในเตา น้ำในวัสดุที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า
4. ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะรับไอน้ำได้น้อยมีผลในช่วงอัตราการทำให้แห้งคงที่
5. อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ จึงมีผลต่ออัตราการทำให้แห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น จึงมีผลต่อช่วงการทำให้แห้งลดลงด้วย
6. ความเร็วของลมร้อน ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น

## 2.8 ความชื้นของวัสดุ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ความชื้นเป็นตัวบอกริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุขึ้นหรือแห้ง ความชื้นสามารถแสดงได้ 2 แบบ คือ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \left( \frac{w-d}{d} \right)$$

เมื่อ  $M_w$  คือความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet Basis)

$w$  คือ มวลของวัสดุ kg

$d$  คือ มวลวัสดุแห้ง kg

## 2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \left( \frac{w - d}{d} \right)$$

เมื่อ

$M_d$  คือความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis)

$w$  คือ มวลของวัสดุ kg

$d$  คือ มวลวัสดุแห้ง kg

การหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศที่ใช้ในการอบ

$$Q = m_a C_{pa} (T_0 - T_i)$$

เมื่อ

$Q$  = ความร้อน (W)

$m_a$  = อัตราการไหลของมวล (kg/s)

$C_{pa}$  = ความร้อนจำเพาะ (J/kg °C)

$T_0$  = อุณหภูมิก่อนเข้าตู้อบ (°C)

$T_i$  = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)

## 2.9 ประสิทธิภาพทางความร้อนของการอบแห้ง

$$\eta = Q_0 / Q_i$$

$\eta$  = ความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำจากวัสดุ/ความร้อนที่ให้แก่เครื่องอบแห้ง

$$Q_0 = m_w h_{fg}$$

$Q_0$  = มวลของน้ำที่ระเหย X ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุ

$Q_i$  = ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ X ระยะเวลาในการอบ

เมื่อ

$\eta$  = ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

$G_T$  = ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ ( $W/m^2$ )

$A_c$  = พื้นที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์

$\eta_c$  = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนชั่วขณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

$t$  = ระยะเวลาในการอบ

$Q_0$  = ความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัสดุ (W)

$Q_i$  = ความร้อนที่ให้แก่เครื่องอบแห้ง (W)

$m_w$  = มวลของน้ำที่ระเหย (kg)

$h_{fg}$  = ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุ (J/kg)

กรณีที่ใช้ความร้อนจาก Solar Dryer เพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

## 2.10 เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มี 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นตัวรับรังสีอาทิตย์เพื่อทำให้อากาศร้อน และส่วนที่เป็นเครื่องอบแห้งที่ใส่วัสดุที่ต้องการอบแห้ง ในการใช้เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้าหรือน้ำมันเชื้อเพลิงจะควบคุมได้ง่ายและรวดเร็วเครื่องอบแห้งจะวางในพื้นที่โล่งซึ่งมีโอกาสที่วัสดุอาจมีสิ่งเจือปนทำให้คุณภาพของวัสดุมีคุณภาพต่ำลง การอบแห้ง

กลางแจ้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย แต่ปัจจุบันอาจมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยการอบแห้งจะแบ่งประเภทของการไหลเวียนอากาศในเครื่องอบแห้งได้ 2 แบบ

#### 1. การพาแบบบังคับ (Force convection)

เครื่องอบแห้งชนิดนี้จะใช้พัดลมเป็นตัวหมุนเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้ง ทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูง เนื่องจากสามารถกำหนดอัตราการไหลของอากาศที่อยู่ภายในเครื่องได้จึงเหมาะกับงานขนาดใหญ่ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

#### 2. การพาแบบอิสระ (Free convection)

เครื่องอบแห้งชนิดนี้ไม่ใช้พัดลมในการหมุนเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้ง แต่อาศัยหลักการขยายตัวทางความร้อนของอากาศที่ทำให้เกิดการลอยตัว เนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศภายในและภายนอกของเครื่องอบแห้ง ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศช่วยในการพาความร้อนขึ้นออกจากชั้นวัสดุที่ทำการอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้มีขนาดเล็กมีต้นทุนไม่สูงมากนัก เพราะไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งได้

เมื่อพิจารณาลักษณะการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งกับลักษณะการออกแบบเครื่องอบแห้ง (Bansal และ Grag 1984 : 9-30) ได้รวบรวมเครื่องอบแห้งและได้มีการจัดสร้างและแบ่งประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้

##### 1. เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Mode Solar Dryers)

เครื่องอบแห้งชนิดนี้จะใช้วัสดุใส เช่น พลาสติกใสหรือกระจก ทำเป็นหลังคาของโรงอบแห้ง รังสีจากดวงอาทิตย์จะทะลุผ่านหลังคาไปยัง วัสดุที่ทำการอบแห้งโดยตรง จึงเกิดการระเหยของน้ำออกจากวัสดุจากความร้อนดังกล่าว

##### 2. เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect Mode Solar Dryers)

ลักษณะเครื่องอบแห้งประกอบด้วยอุปกรณ์รับรังสีอาทิตย์ที่เป็นตัวผลิตอากาศร้อน พัดลม และห้องอบแห้ง โดยรังสีจากดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนก่อนและส่งไปยังวัสดุอบแห้ง โดยมีอากาศเป็นตัวกลาง

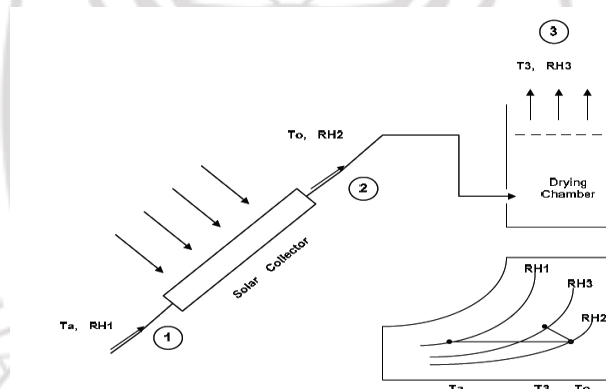
##### 3. เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม (Mixed Mode Solar Dryers)

เครื่องอบแห้งประเภทนี้เกิดจากการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงและเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อมนำมาผสมกัน วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงและจากตัวทำอากาศร้อน

นอกจากนี้ยังมีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด (Hybrid Solar Dryers) ซึ่งเป็นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานอย่างอื่น เช่น ชีวมวลหรือพลังงานไฟฟ้าหรือมีการไหลเวียนโดยใช้พัดลมช่วย

## 2.11 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้ง

เมื่อความชื้นในผลผลิตเริ่มจะระเหยกลายเป็นไอ จะต้องใช้ความร้อนแฝง ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศแห้งและผลผลิตลดลง ซึ่งจุด 1 เป็นจุดอากาศเริ่มเข้าไปในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทำให้ได้รับความร้อนและอุณหภูมิสูงขึ้นและ  $RH_1 > RH_2$  จนอากาศไหลถึงจุดที่ 2 เป็นอากาศเริ่มเข้าห้องอบแห้ง อากาศที่มีอุณหภูมิสูงและสัมผัสกับผลผลิตและรับเอาความชื้นในผลผลิต ทำให้อุณหภูมิต่างออกจากห้องอบแห้งอุณหภูมิต่ำลงและความชื้นสัมพัทธ์มากขึ้น  $RH_3 > RH_2$ ,  $T_2 > T_3$



ภาพที่ 2.5 การทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในลักษณะ Dehydration

## 2.12 ท่อเทอร์โมไซฟอน

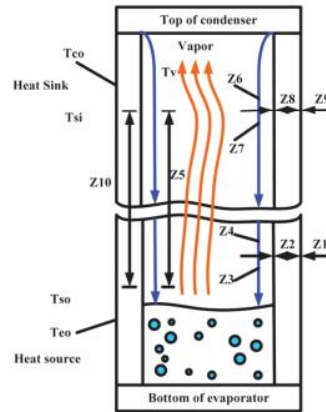
หลักการถ่ายเทความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

หลักการถ่ายเทความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ ซึ่งมีการทำงานทั้งนี้เมื่อความร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้าส่วนทำระเหยจะทำให้สารทำงานที่บรรจุอยู่ในส่วนทำระเหยซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวอิมิตัวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอและลอยขึ้นสู่ด้านบนโดยผ่านส่วนกันความร้อนไปยังส่วนควบแน่นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าทำให้ไอดังกล่าวเกิดการควบแน่น (เนื่องจากสูญเสียความร้อน) และไหลกลับสู่ส่วนทำระเหยด้วยแรงโน้มถ่วงสารทำงานในท่อเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ จึงทำหน้าที่รับเอาความร้อนจากส่วนทำระเหยเพื่อส่งถ่ายความร้อนไปยังส่วนควบแน่นดังนั้นการใช้ท่อ



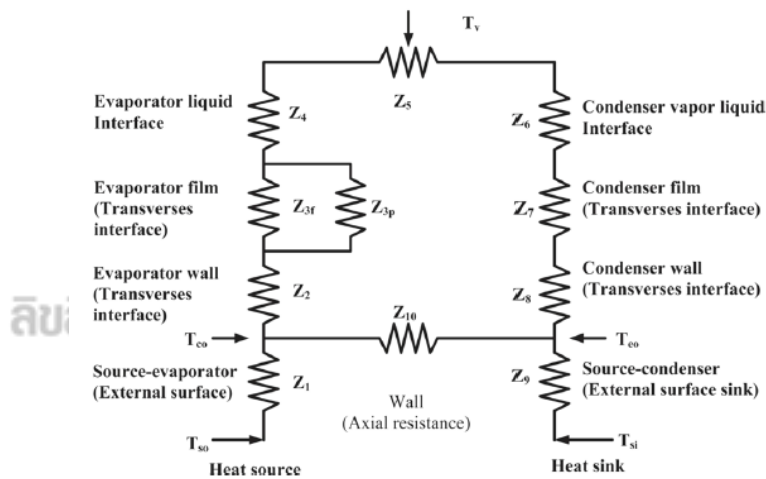
เทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ จะต้องให้ส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่างเสมอสำหรับการถ่ายเทความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ สามารถคำนวณหาได้จากค่าความต้านทานความร้อน ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.6 หลักการถ่ายเทความร้อน

ที่มา : (วสันต์ ศรีเมือง, 2553 : 6)

จากภาพที่ 2.7 สามารถนำมาเขียนแสดงค่าความต้านทานความร้อนสำหรับหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ และคำนวณหาได้จากสมการ



ภาพที่ 2.7 ค่าความต้านทานความร้อน

ที่มา : (วสันต์ ศรีเมือง, 2553 : 7)

$$Q = \frac{\Delta T}{Z_{\text{total}}}$$

กำหนดให้  $Q$  คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดในทางทฤษฎี (W)

$\Delta T$  คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างส่วนระเหยกับส่วนควบแน่น ( $^{\circ}\text{C}$ )

$Z_{\text{total}}$  คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวม ( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )

$\Delta T$  สามารถหาได้จากสมการ

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

กำหนดให้  $T_1$  คือ อุณหภูมิของความร้อนที่ออกแบบ ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_2$  คือ อุณหภูมิของความร้อนที่สะสมที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $^{\circ}\text{C}$ )

และ  $Z_{\text{total}}$  สามารถหาได้จากสมการ

$$Z_{\text{total}} = Z_1 + \left[ Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8^{-1} + (Z_{10})^{-1} \right]^{-1} + Z_9$$

เมื่อ  $Z_1$  คือค่าความต้านทานความร้อนจากการพาความร้อนที่ผิวภายนอกของท่อความร้อน ส่วนระเหย  $Z_2$  คือค่าความต้านทานความร้อนจากการนำความร้อนที่ผนังท่อของท่อความร้อน ส่วนระเหย  $Z_3$  คือค่าความต้านทานความร้อนจากการเดือดของสารทำงานภายในท่อของส่วนระเหย  $Z_4$  คือค่าความต้านทานความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของเหลวและไอสารทำงานภายในของท่อ ส่วนระเหยไปยังส่วนควบแน่น  $Z_5$  คือค่าความต้านทานความร้อนที่เกิดจากความดันตกเนื่องจากการไหลของไอสารทำงานภายในท่อของส่วนระเหยไปยังส่วนควบแน่น  $Z_6$  คือค่าความต้านทานความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของเหลวและไอสารทำงานภายในท่อของส่วนควบแน่น  $Z_7$  คือค่าความต้านทานความร้อนจากการควบแน่นของสารทำงานภายในท่อของส่วนควบแน่น  $Z_8$  คือค่าความต้านทานความร้อนจากการนำความร้อนที่ผนังท่อของท่อส่วนควบแน่น  $Z_9$  คือค่าความต้านทานความร้อนจากการพาความร้อนที่ผิวภายนอกของท่อส่วนควบแน่นและ  $Z_{10}$  คือค่าความ

ต้านทานความร้อนจากการนำความร้อนที่ผนังท่อในแนวตามยาวจากท่อส่วนระเหยถึงท่อส่วนควบแน่น ในทางปฏิบัติค่า  $Z_4$  และ  $Z_6$  มีค่าน้อยมากจะตัดทิ้ง และถ้าค่า  $Z_5$  มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าของ  $Z_3$  และ  $Z_7$  ก็จะตัดทิ้งและถ้า  $Z_{total} > 20$  ความต้านทาน  $Z_{10}$  ก็จะตัดทิ้งได้ดังนั้นจากค่าความต้านทานความร้อนค่า  $z$  ต่างๆสามารถหาได้ดังนี้

$$Z_1 = \frac{1}{h_e A_e}$$

$$Z_9 = \frac{1}{h_c A_c}$$

$$Z_2 = \frac{\ln(D_o / D_i)}{2\pi L_e k}$$

$$Z_8 = \frac{\ln(D_o / D_i)}{2\pi L_c k}$$

กำหนดให้  $h_e$  คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนส่วนทำระเหย (J / kg)

$h_c$  คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนส่วนควบแน่น (J / kg)

$A_e$  คือ พื้นที่หน้าตัดของส่วนทำระเหย ( $m^2$ )

$A_c$  คือ พื้นที่หน้าตัดส่วนควบแน่น ( $m^2$ )

$D_i$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (m)

$D_o$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (m)

$L_e$  คือ ความยาวส่วนทำระเหย (m)

$L_c$  คือ ความยาวส่วนควบแน่น (m)

$k$  คือ ค่าการนำความร้อน ( $W/m \text{ } ^\circ C$ )

สำหรับ  $Z_3$  สามารถหาค่าได้จากสมการ

$$Z_{3f} = \frac{CQ^{1/3}}{(D_i)g^{1/3}L_e\Phi_2^{4/3}}$$

เมื่อค่า  $c$  ของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบ จะได้  $C = (1/4)(3/\pi)^{4/3} = 0.235$  และค่า  $\Phi_2 = (Lk^3\rho_l^2/\mu_l)$

$$Z_{3p} = \frac{1}{\Phi_3^{0.2}Q^{0.3}(\pi D_i L_e)^{0.6}}$$

ในกรณีที่ใช้น้ำเป็นสารทำงานที่เติมในท่อเทอร์โมไซฟอน ค่าของ  $\Phi_2$  สามารถหาได้จาก  $\Phi_3 = 0.32[\rho_l^{0.65}k_l^{0.3}C_{p,l}^{0.7}/\rho_v^{0.25}L^{0.4}\mu_l^{0.1}](P_v/P_a)^{0.23}$  ซึ่งค่าของคุณสมบัติต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณในสมการนี้สามารถเปิดได้จากตาราง โดยใช้คุณสมบัติการหาค่า  $\Phi_2$  และให้ค่า  $P_a = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

สำหรับ  $Z_7$  สามารถหาค่าได้จากสมการ

$$Z_7 = \frac{CQ^{1/3}}{(D_i)^{4/3}g^{1/3}L_c\Phi_2^{4/3}}$$

เมื่อค่า  $C$  ใช้เช่นเดียวกับ  $Z_{3f}$  แต่คุณสมบัตินี้จะใช้ไปเปิดหา  $\Phi_2$  ในตารางนั้นจะใช้คุณสมบัตินี้ของสารทำงานที่ใช้เป็นแหล่งความร้อนสูงที่ไหลเข้าส่วนควบแน่น  
อัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ

เนื่องจากบริเวณภายนอกของส่วนควบแน่นของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ จะสัมผัสอยู่กับแหล่งความร้อนต่ำ ซึ่งในที่นี้แหล่งความร้อนต่ำเป็นน้ำหรืออากาศที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับบรรยากาศรอบ ๆ บริเวณที่ทำการทดสอบ ดังนั้นสารทำงานที่ลอยมาจากส่วนทำระเหยจึงเกิดการ

กลั่นตัวบริเวณนี้ หากใช้แหล่งความร้อนต่ำเป็นน้ำเย็น อัตราความร้อนที่ถ่ายเทออกจากส่วนควบแน่นสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = \dot{m}C_p (T_{out} - T_{in})$$

กำหนดให้  $\dot{m}$  คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำระบายความร้อน (kg / s)

$C_p$  คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำระบายความร้อน (J/kg °C)

$T_{in}$  คือ อุณหภูมิของน้ำที่ระบายความร้อนขาเข้าของส่วนควบแน่น (°C)

$T_{out}$  คือ อุณหภูมิของน้ำที่ระบายความร้อนขาออกของส่วนควบแน่น (°C)

## 2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มลฤดี บุญยาศรี (2554) ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก จลนพลศาสตร์การอบแห้ง และคุณภาพของเนื้อหมูปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่ได้มีการพัฒนาขึ้นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกหลังคาโค้งทรงกระบอก และปกคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต ฐานของเครื่องอบแห้งเป็นพื้นคอนกรีตขนาด 12.6 ตารางเมตร มีพัดลมระบายอากาศจำนวน 4 ตัว ซึ่งใช้พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 30 วัตต์ สำหรับระบายอากาศให้กับเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกติดตั้งไว้ที่จังหวัดกาฬสินธุ์ (16°25'N, 103°30'E) ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องได้ใช้เนื้อหมูหนา 0.3 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร และยาว 12 เซนติเมตร เป็นผลิตภัณฑ์อบแห้งโดยได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 8 รูปแบบมาใช้ในการทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งที่ได้และได้ทดสอบคุณภาพด้านต่างๆ (ค่าสี การหดตัว ความแข็ง ปริมาณน้ำอิสระ) ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกเปรียบเทียบกับ การตากแดด จากผลการศึกษา พบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสามารถลดความชื้นของเนื้อหมูปริมาณ 40 กิโลกรัมจากความชื้นร้อยละ 210 มาตรฐานแห้ง จนเหลือร้อยละ 70 มาตรฐานแห้งโดยใช้เวลา 280 นาที ในขณะที่การตากแดดต้องใช้ระยะถึง 340 นาที ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และประสิทธิภาพการอบแห้งที่สูงสุดของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกมีค่าเท่ากับ



ร้อยละ 23.81 และ 55.71 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจลพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อหมูที่ได้ พบว่า อยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และความเร็วลมมีผลต่อจลพลศาสตร์การอบแห้ง

วสันต์ ศรีเมือง (2553) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอนที่เปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด ได้ทำการลดพื้นที่หน้าตัดของท่อกลม โดยการบีบระยะ  $y$  เป็น 6.6 4.6 และ 2.6 mm กำหนดความยาวส่วนทำระเหย เป็น 330 230 และ 130 mm ใช้สารทำงานเป็น น้ำ เอทานอล และ R123 กำหนดปริมาณการเติมสาร 20 40 60 และ 80 % ของปริมาตรทั้งหมด และกำหนดมุมเอียง 20 40 60 และ 80 องศา พบว่าที่ระยะบีบ 4.6 mm ความยาวส่วนทำระเหย 130 mm สารทำงานคือ R123 เติมสาร 20 % ของปริมาตรทั้งหมด ให้ค่าประสิทธิภาพถ่ายเทความร้อนสูงสุด และการเปลี่ยนแปลงมุมมีผลต่อสมรรถนะเพียงเล็กน้อย

สถาพร วรรณพฤษ (2552) การออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งใบหม่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้อากาศไหลแบบธรรมชาติ เครื่องอบแห้งมีส่วนประกอบสองส่วนหลักคือ ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งมีขนาด  $10 \text{ m}^2$  ทำจากแผ่นสังกะสีลอนลูกฟูกทาสีดำเพื่อดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ และห้องอบแห้งซึ่งมีขนาด กว้าง 1 m ยาว 5 m สูง 0.8 m โดยได้ทำการทดสอบเครื่องที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (พิกัดละติจูดที่  $16^\circ 14.48' 9.0''$  องศาเหนือ; พิกัดลองจิจูดที่  $103^\circ 15' 8.5''$  องศาตะวันออก) และทดลองอบแห้งใบหม่อนในปริมาณที่แตกต่างกัน (10, 15 และ 18 kg ต่อครั้ง) เพื่อเก็บข้อมูลอัตราการอบแห้ง สมรรถนะของเครื่องอบแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองพบว่า ที่ความจุใบหม่อน 18 kg ภายใต้อุณหภูมิรวมเฉลี่ย  $670 \text{ W/m}^2$  สามารถลดความชื้นของใบหม่อนจาก 178.5 % มาตรฐานแห้ง เหลือประมาณ 5.3% มาตรฐานแห้ง ภายในเวลา 8 ชั่วโมง โดยค่าความเป็นสีเขียวและค่าน้ำอิสระของใบหม่อนอบแห้งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการเก็บรักษาส่วนค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีห้องอบแห้ง และระบบโดยรวมมีค่าเท่ากับ 17.9% 62.7% และ 10.4% ตามลำดับ

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นว่า การอบแห้งสมุนไพรด้วยเครื่องอบความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอน จะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งได้เพิ่มขึ้น การเก็บรักษาและการแปรรูปสมุนไพรที่ใช้ในการรักษาโรคสะเก็ดเงิน ที่ศูนย์รักษาโรคสะเก็ดเงิน เทศบาลเมืองท่าช้าง จังหวัดจันทบุรี โดยใช้วิธีการอบแห้งซึ่งมีการใช้เครื่องอบความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอน โดยคำนึงถึงความประหยัด ความสะอาด

ของสมุนไพรร ผลกระทบจากการใช้งานพลังงานที่มีต่อสิ่งแวดล้อม และระยะเวลาที่มีผลต่อการอบแห้ง  
ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเตรียมยารักษาผู้ป่วยได้ต่อไป



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี