# บทที่ 5

## ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากวิธีการดำเนินการทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่ม โดยการวัดค่าอุณหภูมิของอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, ความเร็วลมของอากาศ, พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และระยะเวลาในการอบแห้ง แล้วนำเสนอผลการทดลองในรูปแบบของตาราง และกราฟ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ถึงอิทธิพลที่มีผลต่อการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่ม ซึ่งสามารถแยกกรณีในการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิของอากาศแตกต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้ง

2. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ความเร็วลมของอากาศแตกต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้ง

3. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่มีผลต่อการอบแห้ง

4. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิของอากาศแตกต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้ง

5. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความเร็วลมของอากาศแตกต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้ง

6. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่มีผลต่อการอบแห้ง

7. เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการอบแห้งระหว่าง การอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย กับการอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว

8. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่าง ๆ เพื่อศึกษาสภาวะของอากาศ

9. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่าง ๆ เพื่อศึกษาสภาวะของอากาศ

**เงื่อนไขในการวิเคราะห์ผลคือ**

1. ความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มก่อนอบแห้งเท่ากับ 67 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

2. ความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มหลังอบแห้งจะต้องต่ำกว่า22เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

3. ค่า Water Activity ของสับปะรดแช่อิ่มหลังอบแห้งจะต้องมีค่าต่ำกว่า 0.70

4. ในการอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อน จะทำการทดลองเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ใช้เวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง และช่วงที่ 2 ใช้เวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง รวมทั้งหมดเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อ 1 การทดลอง

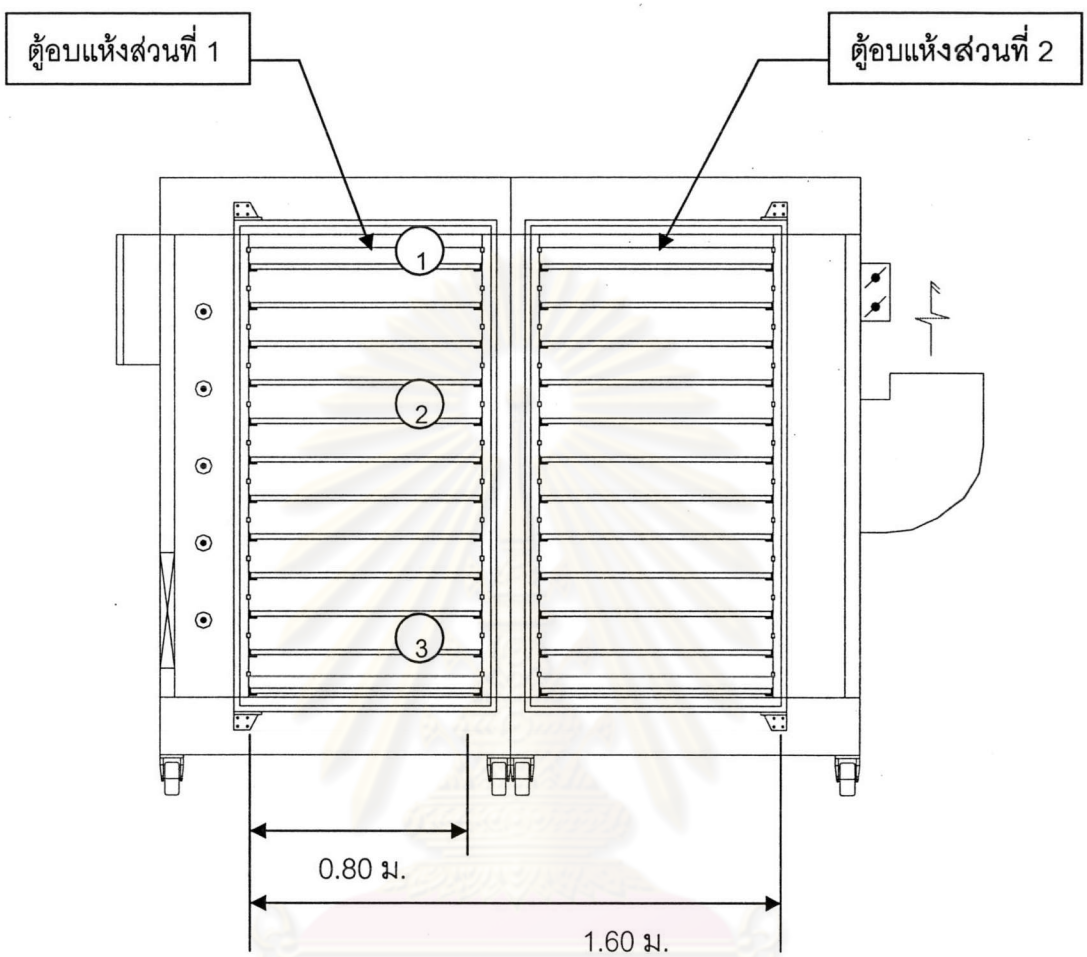
5. สำหรับการอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อน เพื่อหาระยะเวลาที่ใช้อบแห้งจะทำการทดลองเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ใช้เวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง และช่วงที่ 2 ใช้เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง รวมทั้งหมดเป็นเวลา 18 ชั่วโมงต่อ 1 การทดลอง

6. ในการอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว จะทำการทดลองเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ใช้เวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ช่วงที่ 2 ใช้เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง ช่วงที่ 3 ใช้เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง และช่วงที่ 4 ใช้เวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง รวมทั้งหมดเป็นเวลา 36 ชั่วโมงต่อ 1 การทดลอง

7. สำหรับการอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว เพื่อหาระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง จะทำการทดลองเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ใช้เวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ช่วงที่ 2 ใช้เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง ช่วงที่ 3 ใช้เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง และช่วงที่ 4 ใช้เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง รวมทั้งหมดเป็นเวลา 38 ชั่วโมงต่อ 1 การทดลอง

6. ในการทดลองจะอบแห้งโดยใช้เพียงตู้อบแห้งส่วนที่ 1 ดังรูป 5.1 ยกเว้นการทดลองอบแห้งที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่างๆ จะอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งทั้ง 2 ส่วน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.1 แสดงส่วนของตู้อบแห้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ :

(1) คือ ตำแหน่งถาดบน (2) คือ ตำแหน่งถาดกลาง (3) คือ ตำแหน่งถาดล่าง

**5.1 การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิของอากาศแตกต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้ง**

**5.1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าฮีตปั๊มเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นเท่ากับ 48 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 12 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก. 1 และรูปที่ ก.2

**5.1.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าฮีตปั๊มเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก. 3 และรูปที่ ก.4

### 5.1.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลอง

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดลง แล้วเมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด ทำให้อากาศมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นเนื่องจากได้รับความชื้นจากสับปะรดแช่อิ่ม ดังกราฟรูปที่ ก.13 , ก.14 , ก.15 และรูปที่ ก.16

### 5.1.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้งจากการคำนวณ และจากการทดลอง

จากสมการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง และจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่ออกจากตู้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง ดังกราฟรูปที่ ก.25 , ก.26 , ก.27 และรูปที่ ก.28 ซึ่งลักษณะของกราฟมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เข้าตู้อบแห้งลดลง เมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด มีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

### 5.1.5 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่ม

จากการทดลองสามารถที่จะทราบความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาได้ เนื่องจากการอ่านค่าปริมาณน้ำที่ระเหยของสับปะรดแช่อิ่มจากเครื่องชั่ง นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.37 , ก.38 , ก.39 และรูปที่ ก.40 พบว่า ในช่วงแรกความชื้นเฉลี่ยลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความชื้นในสับปะรดแช่อิ่มมีค่ามาก ทำให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดอย่างรวดเร็ว แต่ในช่วงหลังการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มค่อนข้างน้อยจนกระทั่งไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มมีค่าน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ระหว่างการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที ดังกราฟรูปที่ ก.53 พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิ

70 องศาเซลเซียสความชื้นเฉลี่ยลดลงได้ดีกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเปรียบเทียบการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ดังกราฟรูปที่ ก.54 พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ยลดลงได้ดีกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กล่าวได้ว่า อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ความชื้นเฉลี่ยลดลงได้มากขึ้น

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.45 , ก.46 , ก.47 และ ก.48 พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดมากกว่าในช่วงหลัง เนื่องจากในช่วงแรกปริมาณน้ำในสับปะรดแช่อิ่มสูง จึงมีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดได้ดี

เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ระหว่างการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที ดังกราฟรูปที่ ก.63 พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีอัตราการระเหยสูงกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเปรียบเทียบการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ดังกราฟรูปที่ ก.64 พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีอัตราการระเหยสูงกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในชั่วโมงแรก แต่หลังจากนั้นการทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการระเหยสูงกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กล่าวได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อัตราการระเหยสูงขึ้นด้วย

### 5.1.6 การกระจายอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง

จากการทดลองอ่านค่าปริมาณน้ำที่ระเหยจากเครื่องชั่งในแต่ละถาด นำข้อมูลที่ได้ มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.77 , ก.78 , ก.79 และรูปที่ ก.80 พบว่า ความชื้นเฉลี่ยที่ลดลงในแต่ละถาดมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้คาดคะเนได้ว่าอุณหภูมิของอากาศสามารถกระจายได้ดี ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในตู้อบแห้ง

**5.2 การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ความเร็วลมของอากาศแตกต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้ง**

**5.2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่ความเร็วลมของอากาศเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าฮีตปั๊มเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส และเมื่อกำหนดอุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส เครื่องทำความร้อนจะใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก.1 และรูปที่ ก.3

**5.2.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าฮีตปั๊มเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นเท่ากับ 48 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 12 องศาเซลเซียส และเมื่อกำหนดอุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส เครื่องทำความร้อนจะใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 22 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วง

หลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก.2 และรูปที่ ก.4

### 5.2.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลอง

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดลง แล้วเมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด ทำให้อากาศมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นเนื่องจากได้รับความชื้นจากสับปะรดแช่อิ่ม ดังกราฟรูปที่ ก.13 , ก.14 , ก.15 และรูปที่ ก.16

### 5.2.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้งจากการคำนวณ และจากการทดลอง

จากสมการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง และจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่ออกจากตู้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง ดังกราฟรูปที่ ก.25 , ก.26 , ก.27 และรูปที่ ก.28 ซึ่งลักษณะของกราฟมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เข้าตู้อบแห้งลดลง เมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดมีค่าลดลง เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

### 5.2.5 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่ม

จากการทดลองสามารถที่จะทราบความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาได้ เนื่องจากการอ่านค่าปริมาณน้ำที่ระเหยของสับปะรดแช่อิ่มจากเครื่องชั่ง นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.37, ก.38 , ก.39 และรูปที่ ก.40 พบว่า ในช่วงแรกความชื้นเฉลี่ยลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความชื้นในสับปะรดแช่อิ่มมีค่ามาก ทำให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สับปะรดอย่างรวดเร็ว แต่ในช่วงหลังการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มค่อนข้างน้อยจนกระทั่งไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มมีค่าน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ระหว่างการทดลองที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที กับความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังกราฟรูปที่ ก.55 พบว่า การทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที ความชื้นเฉลี่ยลดลงได้ดีกว่าการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที เนื่องจากความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาทีผ่านในส่วนของฮีตปั๊มมีค่าสูงเกินไป ทำให้ไอน้ำในอากาศที่ถูกดึงออกมาโดยเครื่องระเหยได้น้อยกว่าที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที จึงมีผลให้อากาศที่เข้าตู้อบแห้งมีความชื้นสูงกว่า ส่งผลให้สามารถดึงความชื้นจากสับปะรดแช่อิ่มได้น้อยกว่า และเปรียบเทียบการทดลองที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที กับความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังกราฟรูปที่ ก.56 พบว่า การทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที ความชื้นเฉลี่ยลดลงได้ดีกว่าการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที เนื่องจากความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาทีผ่านในส่วนของฮีตปั๊มมีค่าสูงเกินไป ทำให้ไอน้ำในอากาศที่ถูกดึงออกมาโดยเครื่องระเหยได้น้อยกว่าที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที จึงมีผลให้อากาศที่เข้าตู้อบแห้งมีความชื้นสูงกว่า ส่งผลให้สามารถดึงความชื้นจากสับปะรดแช่อิ่มได้น้อยกว่า กล่าวได้ว่า ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยจะทำให้ความชื้นเฉลี่ยลดลงได้ดีที่ความเร็วลมของอากาศเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.45 , ก.46 , ก.47 และ ก.48 พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดมากกว่าในช่วงหลัง เนื่องจากในช่วงแรกปริมาณน้ำในสับปะรดแช่อิ่มสูง จึงมีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดได้ดี

เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ระหว่างการทดลองที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที กับความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังกราฟรูปที่ ก.65 พบว่า การทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที มีอัตราการระเหยสูงกว่าการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาทีในช่วงแรก แต่หลังจากนั้นจะมีอัตราการระเหยที่ใกล้เคียงกัน และเปรียบเทียบการทดลองที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที กับความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังกราฟรูปที่ ก.66 พบว่า การทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที มีอัตราการระเหยสูงกว่าการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาทีในช่วง 3 ชั่วโมงแรก แต่หลังจากนั้นจะมีอัตราการระเหยต่ำกว่า เนื่องจากในช่วง 3 ชั่วโมงแรก ปริมาณ

น้ำที่ระเหยออกมาจากสับปะรดแช่อิ่มที่การทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาทีมีค่าค่อนข้างสูง จึงทำให้ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในสับปะรดแช่อิ่มมีค่าน้อยจึงทำให้หลังจากชั่วโมงที่ 3 มีอัตราการอบแห้งที่ต่ำกว่าการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที กล่าวได้ว่า ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยจะมีอัตราการระเหยสูงที่การทดลองที่ความเร็วลมของอากาศเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที แต่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน อาจกล่าวได้ว่า ความเร็วลมของอากาศมีผลกระทบต่อการอบแห้งเพียงเล็กน้อย

### 5.2.6 การกระจายอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง

จากการทดลองอ่านค่าปริมาณน้ำที่ระเหยจากเครื่องชั่งในแต่ละถาด นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.77 , ก.78 , ก.79 และรูปที่ ก.80 พบว่า ความชื้นเฉลี่ยที่ลดลงในแต่ละถาดมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้คาดคะเนได้ว่าอุณหภูมิของอากาศสามารถกระจายได้ดีภายในตู้อบแห้ง

## 5.3 การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่มีผลต่อการอบแห้ง

### 5.3.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าฮีตปั๊มเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นเท่ากับ 46 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 14 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งใน

ช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก.5

### 5.3.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลอง

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดลง แล้วเมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด ทำให้อากาศมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นเนื่องจากได้รับความชื้นจากสับปะรดแช่อิ่ม ดังกราฟรูปที่ ก.17

### 5.3.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้งจากการคำนวณ และจากการทดลอง

จากสมการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง และจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่ออกจากตู้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง ดังกราฟรูปที่ ก.29 ซึ่งลักษณะของกราฟมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เข้าตู้อบแห้งลดลง เมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด มีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

### 5.3.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มที่ระยะเวลาต่าง ๆ

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.67 พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดมากกว่าในช่วงหลัง เนื่องจากในช่วงแรกปริมาณน้ำในสับปะรดแช่อิ่มสูง จึงมีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดได้ดี ดังกราฟจะพบว่า ชั่วโมงที่ 14 และ 15 ปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มยังคงมีเล็กน้อย แต่ชั่วโมงที่ 16 , 17 และ 18 ไม่มีปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่ม จะได้ว่า ถึงแม้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะนานขึ้น แต่ปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มจะมีค่าน้อยมาก ทำให้ไม่คุ้มต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังนั้น ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยคือ 16 ชั่วโมง

**5.4 การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิของอากาศแตกต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้ง**

**5.4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก.7 และรูปที่ ก.8

**5.4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 41 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก.9 และรูปที่ ก.10

**5.4.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลอง**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังจากผ่านเครื่องทำความร้อนทำให้ความชื้น

สัมพัทธ์ของอากาศลดลง แล้วเมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด ทำให้อากาศมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นเนื่องจากได้รับความชื้นจากสับปะรดแช่อิ่ม ดังกราฟรูปที่ ก.19 , ก.20 , ก.21 และรูปที่ ก.22

### 5.4.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้งจากการคำนวณ และจากการทดลอง

จากสมการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง และจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่ออกจากตู้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง ดังกราฟรูปที่ ก.31 , ก.32 , ก.33 และรูปที่ ก.34 ซึ่งลักษณะของกราฟมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เข้าตู้อบแห้งลดลง เมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดมีค่าลดลง เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

### 5.4.5 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่ม

จากการทดลองสามารถที่จะทราบความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาได้ เนื่องจากการอ่านค่าปริมาณน้ำที่ระเหยของสับปะรดแช่อิ่มจากเครื่องชั่ง นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.41, ก.42 , ก.43 และรูปที่ ก.44 พบว่า ในช่วงแรกความชื้นเฉลี่ยลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความชื้นในสับปะรดแช่อิ่มมีค่ามาก ทำให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดอย่างรวดเร็ว แต่ในช่วงหลังการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มค่อนข้างน้อย จนกระทั่งไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มมีค่าน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ระหว่างการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที ดังกราฟรูปที่ ก.58 พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสความชื้นเฉลี่ยลดลงได้ดีกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเปรียบเทียบการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ดังกราฟรูปที่ ก.59 พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ยลดลงได้ดีกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กล่าวได้ว่า อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ความชื้นเฉลี่ยลดลงได้มากขึ้น

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.49 , ก.50, ก.51 และ ก.52 พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดมากกว่าในช่วงหลัง เนื่องจากในช่วงแรกปริมาณน้ำในสับปะรดแช่อิ่มสูง จึงมีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดได้ดี

เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ระหว่างการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที ดังกราฟรูปที่ ก.69 พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีอัตราการระเหยสูงกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเปรียบเทียบการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ดังกราฟรูปที่ ก.70 พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีอัตราการระเหยสูงกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กล่าวได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อัตราการระเหยสูงขึ้นด้วย

### 5.4.6 การกระจายอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง

จากการทดลองอ่านค่าปริมาณน้ำที่ระเหยจากเครื่องชั่งในแต่ละถาด นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.81 , ก.82 , ก.83 และรูปที่ ก.84 พบว่า ความชื้นเฉลี่ยที่ลดลงในแต่ละถาดมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้คาดคะเนได้ว่าอุณหภูมิของอากาศสามารถกระจายได้ดีภายในตู้อบแห้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**5.5 การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความเร็วลมของอากาศแตกต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้ง**

**5.5.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่ความเร็วลมของอากาศเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส และเมื่อกำหนดอุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส เครื่องทำความร้อนต้องใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 41 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก.7 และรูปที่ ก.9

**5.5.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส และเมื่อกำหนดอุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส เครื่องทำความร้อนต้องใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 41 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก.8 และรูปที่ ก.10

### 5.5.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลอง

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังจากผ่านเครื่องทำความร้อนทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดลง แล้วเมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด ทำให้อากาศมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นเนื่องจากได้รับความชื้นจากสับปะรดแช่อิ่ม ดังกราฟรูปที่ ก.19 , ก.20 , ก.21 และรูปที่ ก.22

### 5.5.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้งจากการคำนวณ และจากการทดลอง

จากสมการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง และจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่ออกจากตู้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง ดังกราฟรูปที่ ก.31 , ก.32 , ก.33 และรูปที่ ก.34 ซึ่งลักษณะของกราฟมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เข้าตู้อบแห้งลดลง เมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดมีค่าลดลง เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

### 5.5.5 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่ม

จากการทดลองสามารถที่จะทราบความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาได้ เนื่องจากการอ่านค่าปริมาณน้ำที่ระเหยของสับปะรดแช่อิ่มจากเครื่องชั่ง นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.41, ก.42 , ก.43 และรูปที่ ก.44 พบว่า ในช่วงแรกความชื้นเฉลี่ยลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความชื้นในสับปะรดแช่อิ่มมีค่ามาก ทำให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดอย่างรวดเร็ว แต่ในช่วงหลังการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มค่อนข้างน้อยจนกระทั่งไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มมีค่าน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ระหว่างการทดลองที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที กับความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังกราฟรูปที่ ก.60 พบว่า การทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที ความชื้นเฉลี่ยลดลงได้ดีกว่าการทดลองที่ความเร็วลม

เท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที แต่จะเห็นว่าความชื้นเฉลี่ยที่ลดลงทั้ง 2 กรณีมีค่าใกล้เคียงกันมาก และเปรียบเทียบการทดลองที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที กับความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังกราฟรูปที่ ก.61 พบว่า การทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที ความชื้นเฉลี่ยลดลงได้ดีกว่าการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที แต่จะเห็นว่าความชื้นเฉลี่ยที่ลดลงทั้ง 2 กรณีมีค่าใกล้เคียงกันมาก กล่าวได้ว่า ความเร็วลมของอากาศมีผลกระทบต่อการอบแห้งเพียงเล็กน้อย

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.49 , ก.50 , ก.51 และ ก.52 พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดมากกว่าในช่วงหลัง เนื่องจากในช่วงแรกปริมาณน้ำในสับปะรดแช่อิ่มสูง จึงมีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดได้ดี

เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ระหว่างการทดลองที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที กับความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังกราฟรูปที่ ก.71 พบว่า การทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที มีอัตราการระเหยสูงกว่าการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาทีเพียงเล็กน้อย และเปรียบเทียบการทดลองที่ความเร็วลม 1.20 เมตรต่อวินาที กับความเร็วลม 1.43 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังกราฟรูปที่ ก.72 พบว่า การทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที มีอัตราการระเหยสูงกว่าการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาทีเพียงเล็กน้อย กล่าวได้ว่า ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว จะมีอัตราการระเหยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันระหว่างการทดลองที่ความเร็วลมของอากาศเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที และที่ความเร็วลมของอากาศเท่ากับ 1.43 เมตรต่อวินาที ดังนั้น ความเร็วลมของอากาศจึงไม่ค่อยมีผลต่อการอบแห้ง

### 5.5.6 การกระจายอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง

จากการทดลองอ่านค่าปริมาณน้ำที่ระเหยจากเครื่องชั่งในแต่ละถาด นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.81 , ก.82 , ก.83 และรูปที่ ก.84 พบว่า ความชื้นเฉลี่ยที่ลดลงในแต่ละถาดมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้คาดคะเนได้ว่าอุณหภูมิของอากาศสามารถกระจายได้ดีภายในตู้อบแห้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**5.6 การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ระยะเวลาต่างๆ เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่มีผลต่อการอบแห้ง**

**5.6.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมากดังกราฟรูปที่ ก.11

**5.6.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศตามจุดต่างๆ ในการทดลอง**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังจากผ่านเครื่องทำความร้อนทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดลง แล้วเมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด ทำให้อากาศมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นเนื่องจากได้รับความชื้นจากสับปะรดแช่อิ่ม ดังกราฟรูปที่ ก.23

**5.6.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้งจากการคำนวณ และจากการทดลอง**

จากสมการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง และจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่ออกจากตู้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง ดังกราฟรูปที่ ก.35 ซึ่งลักษณะของกราฟมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เข้าตู้อบแห้งลดลง เมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด มีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

### 5.6.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มที่ระยะเวลาต่าง ๆ

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.73 พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดมากกว่าในช่วงหลัง เนื่องจากในช่วงแรกปริมาณน้ำในสับปะรดแช่อิ่มสูง จึงมีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดได้ดี ดังกราฟจะพบว่า ชั่วโมงที่ 34 และ 35 ปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มยังคงมีเล็กน้อย แต่ชั่วโมงที่ 36 , 37 และ 38 ไม่มีปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่ม จะได้ว่า ถึงแม้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะนานขึ้น แต่ปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มจะมีค่าน้อยมาก ทำให้ไม่คุ้มต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังนั้น ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว คือ 36 ชั่วโมง

## 5.7 เปรียบเทียบการทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย กับการทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียวที่สภาวะดีที่สุด

จากการวิเคราะห์ผลโดยพิจารณาจากความชื้นเฉลี่ย ปริมาณน้ำที่ระเหย อัตราการระเหยน้ำจากสับปะรดแช่อิ่ม และ การสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้ง ดังตารางที่ ก.1 , ก.2 , ก.3 , ก.4 , ก.5 , ก.6 , ก.7 , ก.8 , ก.21 และตารางที่ ก.22 จะได้ว่าสภาวะที่ดีที่สุดของการทดลองในแต่ละแบบ คือ

1. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลมของอากาศเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที และที่ระยะเวลา 16 ชั่วโมง

2. การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลมของอากาศเท่ากับ 1.20 เมตรต่อวินาที และที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง

### 5.7.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่าง ๆ

จากการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.1 พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าฮีตปั๊มเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิ

ของอากาศเพิ่มขึ้นเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส เครื่องทำความร้อนใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 15 องศาเซลเซียส

จากการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.7 พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส เครื่องทำความร้อนจะต้องใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส

### 5.7.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่ม

จากการเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย กับการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ดังกราฟรูปที่ ก.75 พบว่า การทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยมีค่าความชื้นเฉลี่ยลดลงมากกว่าการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว

จากการเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย กับการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ดังกราฟรูปที่ ก.76 พบว่า การทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยมีอัตราการระเหยในช่วง 3 ชั่วโมงแรกสูงกว่าการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว แต่หลังจากนั้นอัตราการระเหยค่อนข้างใกล้เคียง เนื่องจากการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยทำให้ปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มได้ดีในช่วงแรก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.7.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการอบแห้ง

**5.7.3.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านการอบแห้งของเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย** มีข้อมูลต่างๆ ดังนี้

มวลสับปะรดแช่อิ่มก่อนอบแห้ง = 30.00 กิโลกรัม
มวลสับปะรดแช่อิ่มหลังอบแห้ง = 21.25 กิโลกรัม
มวลน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่ม = 30.00 – 21.25 กิโลกรัม
= 8.75 กิโลกรัมน้ำที่ระเหย
มวลแห้งของสับปะรดแช่อิ่ม = 1.80 กิโลกรัม
ความชื้นเริ่มต้นของสับปะรดแช่อิ่ม = 67.00 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง
ความชื้นสุดท้ายของสับปะรดแช่อิ่ม = 18.29 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง
พลังงานที่ใช้ตลอดการทดลอง = 272 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง = 16 ชั่วโมง

#### 5.7.3.1.1 อัตราการอบแห้ง (Drying Rate)

การหาอัตราการอบแห้งของเครื่องอบแห้ง เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่แสดงถึงค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งลดความชื้นของวัสดุ ซึ่งสามารถเขียนสมการแสดงสัมพันธ์ได้ดังนี้

อัตราการอบแห้ง = (ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ) / (เวลาในการอบแห้ง)

จากข้อมูลการทดลองจะได้ว่า

อัตราการอบแห้ง = 8.75 / 16
= 0.55 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.7.3.1.2 **ความสิ้นเปลืองพลังงาน**

ในการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า สามารถนำเสนอได้ 2 รูปแบบ คือ

1. **ความสิ้นเปลืองของพลังงาน** (Energy Consumption) จะแสดงในรูปของพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น ซึ่งการแสดงค่าแบบนี้นิยมใช้ในด้านการอบแห้ง สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

ความสิ้นเปลืองพลังงาน= (ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้) / (ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ)

= 272x3600 / ($8.75x10^3$)

= 111.91 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

2. **ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ** (Specific Moisture Extraction Rate, SMER) เป็นการแสดงปริมาณความสิ้นเปลืองพลังงาน ที่นิยมแสดงในด้านระบบฮีตปั๊ม สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

SMER = (ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ) / (ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้)

= 8.75 / 272

= 0.032 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

5.7.3.2 **การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านการอบแห้งของเครื่องอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว** มีข้อมูลต่างๆ ดังนี้

| | |
|---|---|
| มวลสับปะรดแช่อิ่มก่อนอบแห้ง | = 30.00 กิโลกรัม |
| มวลสับปะรดแช่อิ่มหลังอบแห้ง | = 21.65 กิโลกรัม |
| มวลน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่ม | = 30.00 - 21.65 กิโลกรัม |
| | = 8.35 กิโลกรัมน้ำที่ระเหย |
| มวลแห้งของสับปะรดแช่อิ่ม | = 1.80 กิโลกรัม |
| ความชื้นเริ่มต้นของสับปะรดแช่อิ่ม | = 67.00 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง |
| ความชื้นสุดท้ายของสับปะรดแช่อิ่ม | = 20.52 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง |
| พลังงานที่ใช้ตลอดการทดลอง | = 900 กิโลวัตต์-ชั่วโมง |
| เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง | = 36 ชั่วโมง |

5.7.3.2.1 **อัตราการอบแห้ง** (Drying Rate)

อัตราการอบแห้ง = (ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ) / (เวลาในการอบแห้ง)

จากข้อมูลการทดลองจะได้ว่า

อัตราการอบแห้ง = 8.35 / 36

= 0.23 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อชั่วโมง

5.7.3.2.2 **ความสิ้นเปลืองพลังงาน**

ในการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า สามารถนำเสนอได้ 2 รูปแบบ คือ

1. **ความสิ้นเปลืองของพลังงาน** (Energy Consumption) สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

ความสิ้นเปลืองพลังงาน= (ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้) / (ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ)

= 900x3600 / ($8.35x10^3$)

= 388.02 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

2. **ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ** (Specific Moisture Extraction Rate, SMER) สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

SMER = (ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ) / (ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้)

= 8.35 / 900

= 0.0093 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

5.7.3.3 **เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการอบแห้งระหว่างการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย กับการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว**

5.7.3.3.1 **อัตราการอบแห้ง** (Drying Rate)

จากการคำนวณจะได้ว่า การทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยมีอัตราการอบแห้งเท่ากับ 0.55 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อชั่วโมง และการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียวมีอัตราการอบแห้ง

เท่ากับ 0.23 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อชั่วโมง พบว่า ในช่วงเวลาเท่ากันการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยสามารถอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มได้ในปริมาณที่สูงกว่ามาก คือ 0.55 - 0.23 = 0.32 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อชั่วโมง

5.7.3.3.2 **ความสิ้นเปลืองพลังงาน**

1. **ความสิ้นเปลืองพลังงาน**

จากการคำนวณจะได้ว่า การทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย จะต้องใช้พลังงานในการทำให้ปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มเท่ากับ 111.91 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย และการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว จะต้องใช้พลังงานในการทำให้ปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มเท่ากับ 388.02 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย พบว่า ในการทำให้ปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มที่ปริมาณเท่ากัน การทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยจะใช้พลังงานน้อยกว่าการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ซึ่งการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียวจะใช้พลังงานมากกว่าถึง 388.02 – 111.91 = 276.11 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

2. **ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ** (SMER)

จากการคำนวณจะได้ว่า การทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย สามารถทำให้ปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มเท่ากับ 0.0322 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง และการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียวสามารถทำให้ปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มเท่ากับ 0.0093 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง พบว่า พลังงานไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงสามารถทำให้ปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดแช่อิ่มจากการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยได้มากกว่าการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว เท่ากับ 0.0322 – 0.0093 = 0.0229 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

**5.7.3.3.3 ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง**

จากการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยใช้เวลาอบแห้งเท่ากับ 16 ชั่วโมง และการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียวใช้เวลาอบแห้งเท่ากับ 36 ชั่วโมง พบว่า การทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ใช้เวลาอบแห้งน้อยกว่าการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว เท่ากับ 36-16 = 20 ชั่วโมง

**5.7.4 การประเมินค่าใช้จ่าย**

**5.7.4.1 การประเมินค่าใช้จ่ายสำหรับการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย** โดยมีเงื่อนไขที่ใช้ในการประเมินผล ดังนี้

- ความชื้นสับปะรดแช่อิ่มเริ่มต้น = 67 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง
- ความชื้นสับปะรดแช่อิ่มสุดท้าย = 22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง
- กำลังผลิต = 100 กิโลกรัมต่องวด
- คิดเป็นเดินเครื่องทำงาน 100% (ตลอด 24 ชั่วโมง)
- จำนวนวันทำงานจริงทั้งหมด 247 วัน
- เวลาอบแห้งทั้งหมด 5928 ชั่วโมงต่อปี
- ในหนึ่งปีเครื่องอบแห้งทำงาน 370.5 งวด
- อบแห้งสับปะรดแช่อิ่มได้ปีละ 37050 กิโลกรัม
- ราคาต้นทุนในการสร้างเครื่องอบแห้ง

| | | |
|---|---|---|
| ราคาเครื่องฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน | = | 384,000 บาท |
| ราคาตู้อบแห้ง | = | 245,000 บาท |
| ค่าติดตั้งระบบ | = | 9,000 บาท |
| รวมราคาต้นทุนทั้งระบบ | = | 638,000 บาท |

- อายุการใช้งานของเครื่องอบแห้ง = 10 ปี
- ค่าบำรุงรักษารายปี คิดเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการสร้างเครื่องอบแห้ง
- มูลค่าซาก คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการสร้างเครื่องอบแห้ง
- ความสามารถในการระเหยน้ำ = 27 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่องวด

- ราคาไฟฟ้าต่อยูนิต = 2.75 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
- ไม่คิดค่าแรงงานในการดำเนินการอบแห้งเนื่องจากมีเครื่องเดียวไม่คุ้มค่าจ้างแรงงาน
- อัตราการใช้ไฟฟ้า

  เครื่องฮีตปั๊ม = 5.0 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

  เครื่องทำความร้อน = 17.1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

  รวมอัตราการใช้ไฟฟ้า = 22.1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ = 7.75 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

5.7.4.1.1 เงินลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งรายปี ( $C_c$ )

$$C_c = 638{,}000\ (CRF, 7.75, 10)$$

$$= 638{,}000 \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$= 638{,}000 \left[ \frac{0.0775\ (1+0.0775)^{10}}{(1+0.0775)^{10} - 1} \right]$$

$$= 94{,}012 \text{ บาทต่อปี}$$

5.7.4.1.2 มูลค่าซากเครื่องอบแห้งรายปี ($C_s$ )

$$C_s = 63{,}800\ (SFF, 7.75, 10)$$

$$= 63{,}800 \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$= 63{,}800 \left[ \frac{0.0775}{(1+0.0775)^{10} - 1} \right]$$

= 4,457 บาทต่อปี

5.7.4.1.3 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารายปี ($C_e$)

$C_e$ = ราคาไฟฟ้าต่อยูนิต x เวลาอบแห้งต่อปี x อัตราการใช้ไฟฟ้า

= $2.75 \times 5928 \times 22.1$

= 360,274.2 บาทต่อปี

5.7.4.1.4 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารายปี ($C_m$)

$C_m$ = $638,000 \times 0.03$

= 19,140 บาทต่อปี

5.7.4.1.5 ค่าใช้จ่ายรายปีรวมทั้งหมด ($C_T$)

$C_T = C_c + C_e + C_m - C_s$

= 94,012 + 360,274.2 + 19,140 – 4,457

= 468,969.2 บาทต่อปี

5.7.4.1.6 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้ง

= (94,012 - 4,457) / (370.5x27)

= 8.96 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.7.4.1.7 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

= (360,274.2+19,140) / (370.5x27)

= 37.93 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

5.7.4.1.8 ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่ม

= 468,969.2 / (370.5x27)

= 46.88 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

5.7.4.1.9 กรณีคิดอายุการใช้งานของเครื่องอบแห้งเป็น 10 ปี จะได้ค่าใช้จ่ายดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| เงินลงทุนเครื่องอบแห้งรายปี | = | 94,012 บาทต่อปี |
| ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารายปี | = | 360,274.2 บาทต่อปี |
| ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารายปี | = | 19,140 บาทต่อปี |
| มูลค่าซากเครื่องอบแห้งรายปี | = | 4,457 บาทต่อปี |

ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่ม = 46.88 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้ง = 8.95 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ = 37.93 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**5.7.4.2 การประเมินค่าใช้จ่ายสำหรับการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว** โดยมีเงื่อนไขที่ใช้ในการประเมินผล ดังนี้

- ความชื้นสับปะรดแช่อิ่มเริ่มต้น = 67 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง
- ความชื้นสับปะรดแช่อิ่มสุดท้าย = 22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง
- กำลังผลิต = 100 กิโลกรัมต่องวด
- คิดเป็นเดินเครื่องทำงาน 100% (ตลอด 24 ชั่วโมง)
- จำนวนวันทำงานจริงทั้งหมด 247 วัน
- เวลาอบแห้งทั้งหมด 5928 ชั่วโมงต่อปี
- ในหนึ่งปีเครื่องอบแห้งทำงาน 164.67 งวด
- อบแห้งสับปะรดแช่อิ่มได้ปีละ 16467 กิโลกรัม
- เวลาอบแห้งโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมงต่องวด
- ราคาต้นทุนในการสร้างเครื่องอบแห้ง

| | | |
|---|---|---|
| ราคาเครื่องทำความร้อนและพัดลม | = | 85,000 บาท |
| ราคาตู้อบแห้ง | = | 245,000 บาท |
| ค่าติดตั้งระบบ | = | 7,500 บาท |
| รวมราคาต้นทุนทั้งระบบ | = | 337,500 บาท |

- อายุการใช้งานของเครื่องอบแห้ง = 10 ปี
- ค่าบำรุงรักษารายปี คิดเป็น 1 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการสร้างเครื่องอบแห้ง
- มูลค่าซาก คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการสร้างเครื่องอบแห้ง
- ความสามารถในการระเหยน้ำ = 27 กิโลกรัมน้ำที่ระเหยต่องวด
- ราคาไฟฟ้าต่อยูนิต = 2.75 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
- ไม่คิดค่าแรงงานในการดำเนินการอบแห้งเนื่องจากมีเครื่องเดียวไม่คุ้มค่าจ้างแรงงาน
- อัตราการใช้ไฟฟ้า
  เครื่องทำความร้อน = 34.2 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ = 7.75 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

5.7.4.2.1 เงินลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งรายปี ( $C_c$ )

$$C_c = 337{,}500\ (CRF, 7.75, 10)$$

$$= 337{,}500 \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$= 337{,}500 \left[ \frac{0.0775\ (1+0.0775)^{10}}{(1+0.0775)^{10} - 1} \right]$$

$$= 49{,}732 \text{ บาทต่อปี}$$

5.7.4.2.2 มูลค่าซากเครื่องอบแห้งรายปี ($C_s$ )

$$C_s = 16{,}875\ (SFF, 7.75, 10)$$

$$= 16{,}875 \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$= 16{,}875 \left[ \frac{0.0775}{(1+0.0775)^{10} - 1} \right]$$

$$= 1{,}179 \text{ บาทต่อปี}$$

5.7.4.2.3 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารายปี ($C_e$ )

$C_e$ = ราคาไฟฟ้าต่อยูนิต x เวลาอบแห้งต่อปี x อัตราการใช้ไฟฟ้า

$$= 2.75 \times 5928 \times 34.2$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

= **557,528.4** บาทต่อปี

5.7.4.2.4 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารายปี ($C_m$)

$C_m$ = $337,500 \times 0.01$

= **3,375** บาทต่อปี

5.7.4.2.5 ค่าใช้จ่ายรายปีรวมทั้งหมด ($C_T$)

$C_T = C_c + C_e + C_m - C_s$

= 49,732 + 557,528.4 + 3,375 – 1,179

= 609,456.4 บาทต่อปี

5.7.4.2.6 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้ง

= (49,732 - 1,179) / (164.67×27)

= 10.92 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

5.7.4.2.7 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

= (557,528.4+3,375) / (164.67x27)

= 126.16 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

5.7.4.2.8 ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งสับปะรดแซ่อิ่ม

= 609,456.4 / (164.67x27)

= 137.08 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.7.4.2.9 กรณีคิดอายุการใช้งานของเครื่องอบแห้งเป็น 10 ปี จะได้ค่าใช้จ่ายดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| เงินลงทุนเครื่องอบแห้งรายปี | = | 49,732 บาทต่อปี |
| ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารายปี | = | 557,528.4 บาทต่อปี |
| ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารายปี | = | 3,375 บาทต่อปี |
| มูลค่าซากเครื่องอบแห้งรายปี | = | 1,179 บาทต่อปี |

ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่ม = 137.08 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้ง = 10.92 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ = 126.16 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการอบแห้งระหว่างการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย กับการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว

| ผลการวิเคราะห์ | การทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย | การทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว |
|---|---|---|
| อัตราการอบแห้ง, Drying Rate(kg water evaporated/hr) | 0.55 | 0.23 |
| ความสิ้นเปลืองพลังงาน , Energy Consumption (MJ / kg water evaporated) | 111.91 | 388.02 |
| ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ , SMER (kg water evaporated / kW-hr) | 0.0322 | 0.0093 |
| เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (hr) | 16 | 36 |
| เงินลงทุนสร้างเครื่องรายปี (บาทต่อปี) | 94,012 | 49,732 |
| ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารายปี (บาทต่อปี) | 360,274.2 | 557,528.4 |
| ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารายปี (บาทต่อปี) | 19,140 | 3,375 |
| มูลค่าซากเครื่องอบแห้งรายปี (บาทต่อปี) | 4,457 | 1,179 |
| ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่ม (บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย) | 46.88 | 137.08 |
| ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้ง (บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย) | 8.95 | 10.92 |
| ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย) | 37.93 | 126.16 |

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย กับการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว

| ค่าใช้จ่าย | การอบแห้งด้วยฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย | การอบแห้งด้วยเครื่องทำความร้อนอย่างเดียว |
|---|---|---|
| เงินลงทุนสร้างเครื่องอบแห้ง (First cost) | $P_1$ = 638,000 | $P_3$ = 337,500 |
| ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Annual operating cost) | $A_1$ = 360,274.2 | $A_3$ = 557,528.4 |
| ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Annual maintenance cost) | $A_2$ = 19,140 | $A_4$ = 3,375 |
| มูลค่าซาก (Salvage value) | $P_2$ = 30,245 | $P_4$ = 8,000 |

หาระยะเวลาคืนทุน

การอบแห้งด้วยฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย = การอบแห้งด้วยเครื่องทำความร้อนอย่างเดียว

$(A_1+A_2) + (P_1-P_2)(a/p,i\%,n) = (A_3+A_4) + (P_3-P_4)(a/p,i\%,n)$

$(360,274.2+19,140) + (638,000-30,245)(a/p,i\%,n) = (557,528.4+3,375) + (337,500-8,000)(a/p,i\%,n)$

$$379,414.2+607,75\left(\frac{0.0775(1+0.0775)^n}{(1+0.0775)^n-1}\right) = 560,903.4+329,500\left(\frac{0.0775(1+0.0775)^n}{(1+0.0775)^n-1}\right)$$

$$n = 1.70$$

ดังนั้น ถ้าลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนจะสามารถคืนทุนในระยะเวลาประมาณ 1 ปี 9 เดือน เนื่องจากในการอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยจะต้องลงทุนสร้างเครื่องในราคาสูงกว่า แต่เมื่อพิจารณาในด้านการดำเนินการ จะเห็นว่า การอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียวจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานสูงมาก จึงทำให้การอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยคุ้มค่ากว่า

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย เมื่อดำเนินการอบแห้ง คิดเป็นร้อยละต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน

| ผลการวิเคราะห์ | การอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย | | | | | | การอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ร้อยละต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน | | | | | | ร้อยละต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน | | | | | |
| | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 |
| จำนวนชั่วโมงทำงานต่อปี | 5928.0 | 5335.2 | 4742.4 | 4149.6 | 3556.8 | 2964.0 | 5928.0 | 5335.2 | 4742.4 | 4149.6 | 3556.8 | 2964.0 |
| จำนวนงวดต่อปี | 370.50 | 333.45 | 296.40 | 259.35 | 222.30 | 185.25 | 164.67 | 148.20 | 131.73 | 115.27 | 98.80 | 82.33 |
| จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน | 24.0 | 21.6 | 19.2 | 16.8 | 14.4 | 12.0 | 24.0 | 21.6 | 19.2 | 16.8 | 14.4 | 12.0 |
| ค่าสร้างเครื่อง (บาทต่อปี) | 94012 | 94012 | 94012 | 94012 | 94012 | 94012 | 49732 | 49732 | 49732 | 49732 | 49732 | 49732 |
| ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อปี) | 360274.2 | 324246.8 | 288219.4 | 252191.9 | 216164.5 | 180137.1 | 557528.4 | 501775.6 | 446022.7 | 390269.9 | 334517.0 | 278764.2 |
| ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อปี) | 19140 | 19140 | 19140 | 19140 | 19140 | 19140 | 3375 | 3375 | 3375 | 3375 | 3375 | 3375 |
| มูลค่าซาก (บาทต่อปี) | 4457 | 4457 | 4457 | 4457 | 4457 | 4457 | 1179 | 1179 | 1179 | 1179 | 1179 | 1179 |
| ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาทต่อปี) | 468969.2 | 432941.8 | 396914.4 | 360886.9 | 324859.5 | 288832.1 | 609456.4 | 553703.6 | 497950.7 | 442197.9 | 386445.0 | 330692.2 |
| ค่าสร้างเครื่อง (บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย) | 8.95 | 9.95 | 11.19 | 12.79 | 14.92 | 17.90 | 10.92 | 12.13 | 13.65 | 15.60 | 18.20 | 21.84 |
| ค่าดำเนินการ (บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย) | 37.93 | 38.14 | 38.41 | 38.75 | 39.20 | 39.84 | 126.16 | 126.24 | 126.35 | 126.48 | 126.67 | 126.92 |
| ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย) | 46.88 | 48.09 | 49.60 | 51.54 | 54.12 | 57.74 | 137.08 | 138.37 | 140.00 | 142.08 | 144.87 | 148.76 |

ในการลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยเมื่อเทียบกับการลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว จะมีระยะเวลาในการคืนทุนดังนี้

1. ร้อยละ 100 ต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน คืนทุนในระยะเวลา 1.70 ปี หรือประมาณ 1 ปี 9 เดือน
2. ร้อยละ 90 ต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน คืนทุนในระยะเวลา 1.92 ปี หรือประมาณ 1 ปี 11 เดือน
3. ร้อยละ 80 ต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน คืนทุนในระยะเวลา 2.21 ปี หรือประมาณ 2 ปี 3 เดือน
4. ร้อยละ 70 ต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน คืนทุนในระยะเวลา 2.60 ปี หรือประมาณ 2 ปี 8 เดือน
5. ร้อยละ 60 ต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน คืนทุนในระยะเวลา 3.16 ปี หรือประมาณ 3 ปี 2 เดือน
6. ร้อยละ 50 ต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน คืนทุนในระยะเวลา 4.04 ปี หรือประมาณ 4 ปี 1 เดือน

จะเห็นว่า ถ้าเดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมง จะทำให้คืนทุนภายในระยะเวลาเพียง 1 ปี 9 เดือน แต่ไม่เป็นผลดีต่อเครื่องอบแห้ง เนื่องจากเครื่องจักรไม่ได้หยุดพัก ดังนั้น จำนวนชั่วโมงในการทำงานจึงขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ดำเนินการ รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**5.8 การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ความยาวของตู้อบแห้งที่ระยะต่างๆ เพื่อศึกษาสภาวะของอากาศ**

**5.8.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ**

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าฮีตปั๊มเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านฮีตปั๊มที่ประกอบด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นเท่ากับ 46 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หลังจากนั้นอากาศผ่านเข้ามายังตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร พบว่า อากาศยังมีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำกว่าสับปะรดแช่อิ่ม จึงยังคงเกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด แต่น้อยกว่าตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร ดังกราฟรูปที่ ก.6

**5.8.2 เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้งจากการคำนวณ และจากการทดลอง**

จากสมการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง และจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่ออกจากตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร และตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร พบว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง ดังกราฟรูปที่ ก.30 ซึ่งลักษณะของกราฟมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เข้าตู้อบแห้งลดลง เมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด มีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

**5.8.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่ม**

จากการทดลองอบแห้งที่ความยาวของตู้อบแห้งที่ระยะต่างๆ นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดัง

กราฟรูปที่ ก.57 พบว่า ความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วกว่าสับปะรดแช่อิ่มในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร เนื่องจากอากาศที่ผ่านเข้ามาในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร มีอุณหภูมิที่สูงกว่าและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า จึงทำให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดได้ดีกว่า

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.68 พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดที่อยู่ในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร มากกว่าสับปะรดที่อยู่ในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร แต่หลังจากชั่วโมงที่ 5 ปริมาณน้ำจากสับปะรดในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร มีอัตราการระเหยสูงกว่าเนื่องจากปริมาณน้ำในสับปะรดมีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำในสับปะรดที่อยู่ในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร

## 5.9 การทดลองอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความยาวของตู้อบแห้งที่ระยะต่างๆ เพื่อศึกษาสภาวะของอากาศ

### 5.9.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่างๆ

จากการทดลองวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของระบบ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ใช้อบแห้ง พบว่า อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่า เมื่ออากาศเข้าไปยังตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าช่วงหลัง เนื่องจากอัตราการอบแห้งในช่วงแรกสูงกว่าอัตราการอบแห้งในช่วงหลัง และในช่วงหลังอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หลังจากนั้นอากาศผ่านเข้ามายังตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร พบว่า อากาศยังมีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำกว่าสับปะรดแช่อิ่ม จึงยังคงเกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดแต่น้อยกว่าตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร ดังกราฟรูปที่ ก.12

### 5.9.2 เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้งจากการคำนวณ และจากการทดลอง

จากสมการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง และจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่ออกจากตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร และตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร พบว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง ดังกราฟรูปที่ ก.36 ซึ่งลักษณะของกราฟมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เข้าตู้อบแห้งลดลง เมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรด มีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

### 5.9.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่ม

จากการทดลองอบแห้งที่ความยาวของตู้อบแห้งที่ระยะต่างๆ นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มกับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.62 พบว่า ความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่มในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วกว่าสับปะรดแช่อิ่มในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร เนื่องจากอากาศที่ผ่านเข้ามาในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร มีอุณหภูมิที่สูงกว่าและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า จึงทำให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศกับสับปะรดได้ดีกว่า

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้อบแห้ง ดังกราฟรูปที่ ก.74 พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำระเหยจากสับปะรดที่อยู่ในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร มากกว่าสับปะรดที่อยู่ในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร แต่หลังจากชั่วโมงที่ 5 ปริมาณน้ำจากสับปะรดในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 1.60 เมตร มีอัตราการระเหยสูงกว่าเนื่องจากปริมาณน้ำในสับปะรดมีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำในสับปะรดที่อยู่ในตู้อบแห้งในส่วนที่มีความยาวของตู้อบแห้งเท่ากับ 0.80 เมตร