# การลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบด
# Air Dehumidification Using Spouted-bed Technique

อาทิตย์ เพียรงาม[1] นเรศ มีโส[1,*] และ ศิริธร ศิริอมรพรรณ[2]

[1] หน่วยวิจัยเทคโนโลยีการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาศาตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

E-mail: peanngam@hotmail.com โทร 088-034-8110 โทรสาร 043-754-316

***บทคัดย่อ***

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคแบบสเปาเต็ดเบด ซึ่งเครื่องลดความชื้นในอากาศดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนดูดซับความชื้นแบบดาวน์คัมเมอร์ ที่ศึกษาประกอบไปด้วย ความหนาของส่วนดูดซับความชื้น 3 6 และ 9 cm และส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นแบบสเปาส์ ที่ศึกษาประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ 60 70 และ 80 °C และความเร็วของอากาศ 18 20 และ 22 m/s ผลการทดลองพบว่าเครื่องลดความชื้นในอากาศแบบสเปาเต็ดเบด สามารถลดความชื้นในอากาศจากช่วง 80-85% RH ลงเหลือ 15-20 %RH เงื่อนไขที่เหมาะของเครื่องลดความชื้นในอากาศแบบสเปาเต็ดเบด คือความหนาส่วนดูดซับความชื้น 6 cm อุณหภูมิของอากาศฟื้นฟู 60 °C และความเร็วอากาศของส่วนฟื้นฟู 20 m/s ซึ่งภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว มีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร โดยเฉพาะการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

***คำหลัก:*** การลดความชื้นในอากาศ, เทคนิคสเปาเต็ดเบด, ส่วนดูดซับความชื้นแบบดาวคัมเมอร์, ส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นแบบสเปาส์

***Abstract***

The Objective of this research was to study the feasibility of air dehumidification using spouted-bed technique. The spouted air dehumidification was divided into two parts; namely, downcomer absorption studied included; absorption thicknesses of 3,6 and 9 cm, and spout regeneration studied included; air temperature of 60, 70 and 80 °C and air velocities of 18, 20 and 22 m/s. The experimental result found that the spouted-bed air dehumidifies could reduced the air humidies ranged 80-85% RH to 15-20%RH. The optimum condition in the spouted-bed air Humidifier was that absorption thickness of 6 cm, regeneration air temperature of 60 °C and regeneration air velocity of 20 m/s. Under these conditions, it is possible to apply the drying of the agricultural and food product, especially the drying at low temperature.

***Keywords:*** Air Dehumidification, Spouted-bed Technique, Downcomer Absorption, Spout Regeneration

## 1. บทนำ

เครื่องลดความชื้นอากาศสำหรับกระบวนการอบแห้งในปัจจุบันมีการพัฒนาหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบหนึ่งที่นิยมกันคือ วงล้อสารดูดความชื้น (Desiccant wheel) แต่วงล้อดังกล่าวมีข้อจำกัดคือ ไม่เหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอาหารที่มีห้องอบแห้งขนาดใหญ่ เช่น เครื่องอบแห้งแบบเมล็ดข้าวไหลขวาง และ เครื่องอบแห้งแบบเมล็ดข้าวคลุกเคล้า หรือเครื่องอบแห้งที่ใช้อัตราการไหลของอากาศอบแห้งสูงๆ เช่น เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด เนื่องจากวงล้อสารดูดความชื้นในการกำเนิดอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มีอัตราการไหลต่ำประสิทธิภาพก็จะต่ำลงด้วย รวมทั้งวงล้อสารดูดความชื้นยังมีราคาแพงมาก ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่แก้ไขข้อจำกัด

ของวงล้อสารดูดความชื้นโดยการนำเอาเครื่องอบแห้งเมล็ดพืชแบบสเปาเต็ดเบดชนิดมีดาว์นคัมเมอร์ด้านเดียว ซึ่งพัฒนาขึ้นที่ หน่วยวิจัยเทคโนโลยีการอบแห้งสำหรับผลิตผลทางการเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม [2]มาพัฒนาเป็นเครื่องลดความชื้นอากาศแบบสเปาเต็ดเบดสำหรับการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร เนื่องจากเครื่องลดความชื้นอากาศแบบสเปาเต็ดเบดมีช่องของส่วนดูดซับความชื้นอากาศ และช่องของส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดความชื้นอยู่กับที่ ซึ่งไม่มีการเคลื่อนที่เหมือนกับวงล้อสารดูดความชื้นจึงทำให้อากาศแวดล้อมที่ไหลเข้าสู่ส่วนดูดซับความชื้นและอากาศร้อนที่ไหลเข้าสู่ส่วนการฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นไม่เกิดการรั่วเข้าหากัน และจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับความชื้นอากาศสูง นอกจากนี้เครื่องลดความชื้นอากาศแบบสเปาเต็ดเบดยังมีอัตราการดูดซับความชื้นอากาศสูงและอัตราการการฟื้นฟูสภาพชื้นสารดูดความชื้นสูงจึงน่าจะประยุกต์ใช้กับการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอาหารที่มีห้องอบแห้งทุกขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ หรือเครื่องอบแห้งที่ใช้อัตราการไหลของอากาศทุกระดับตั้งแต่ระดับต่ำถึงสูงได้ รวมทั้งเครื่องลดความชื้นอากาศแบบสเปาเต็ดเบดดังกล่าวยังมีส่วนประกอบง่ายๆ และมีราคาถูกกว่าวงล้อสารดูดความชื้นมาก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคแบบสเปาเต็ดเบด เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร

## 2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กระบวนการดูดซับ

กระบวนการดูดซับ (Adsorption process) หรือกระบวนการดูดซับติดที่ผิว หมายถึงกระบวนการแยกมวลสาร ซึ่งอาจอยู่ในรูปของโมเลกุลหรือคอลลอยด์ (ทั้งในสถานะของของเหลวและแก๊ส) ที่มีอยู่ในสารละลายหรือก๊าซ ให้เกาะอยู่บนผิวของของแข็ง ซึ่งจัดอยู่ในกระบวนการบำบัดทางกายภาพ - เคมี เพื่อทำให้สารละลาย หรือก๊าซมีความสะอาดมากขึ้น สามารถจำแนกได้ 4 ชนิด คือ การดูดซับทางกายภาพ การดูดซับทางเคมี การดูดซับแบบแลกเปลี่ยน และการดูดซับแบบเจาะจง [4]

2.2 สเปาเต็ดเบด

สเปาเต็ดเบด (Spouted-bed) เป็นเทคนิคที่พัฒนามาจากฟลูอิไดซ์เบดโดยนำไปใช้กับงานที่ขนาดของอนุภาคค่อนข้างใหญ่และหยาบ เนื่องจากเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดเมื่อนำไปใช้งานกับอนุภาคเหล่านี้จะให้ผลได้ไม่ดีนักจากภาพประกอบ 2.5 คือสเปาเต็ดเบดจะมีลักษณะการเคลื่อนที่ของเมล็ดอนุภาคในรูปแบบของการหมุนวน (cycle) ขณะที่ฟลูอิไดซ์เบดจะมีการเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบ สเปาเต็ดเบดเหมาะที่จะใช้อบแห้งวัสดุที่ไวต่อความร้อน เช่น ถั่วเหลือง ข้าว และข้าวโพด เนื่องจากเวลาที่อยู่ในช่องสเปาสั้น ความดันลดระหว่างการเกิดสะเปาจะต่ำกว่า 1/3 เท่าเมื่อเทียบกับ ฟลูอิไดซ์เบด แต่ความดันลดที่ช่วงเริ่มต้นก่อนการเกิดสะเปาจะค่าสูงกว่า อุณหภูมิของอนุภาคที่เพิ่มขึ้นจะขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิทางตอนล่างของสเปาจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากมีอัตราการหมุนเวียนของอนุภาคสูง การควบคุมอัตราการแพร่ความชื้นในการอบแห้งจะเกิดในช่วงวงแหวนรอบสะเปา (annulus) ในขณะที่วัสดุเคลื่อนที่ลงความร้อนจะถูกปล่อยออกมาเพื่อการอบแห้งทำให้อุณหภูมิของอนุภาคลดลง [3]

## 3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

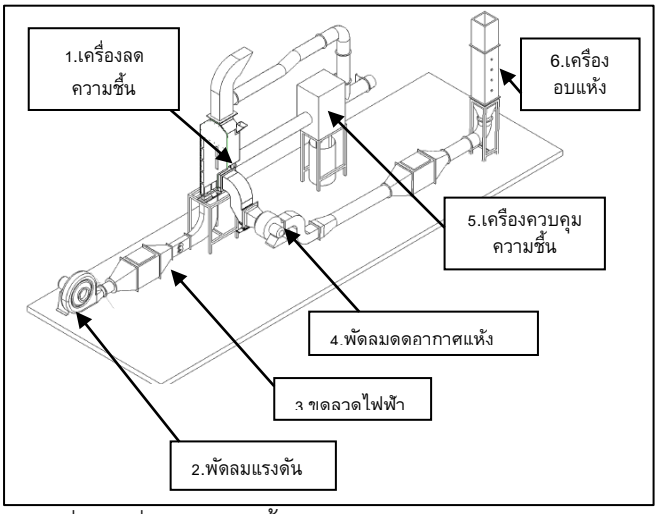
3.1 การเตรียมวัสดุ

การศึกษาความเป็นไปได้ของการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบด ครั้งนี้จะใช้สารดูดซับความชื้นชนิดแข็งที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ซิลิกาเจลชนิดเม็ดสีน้ำเงิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 - 5 มิลลิเมตร (2 – 5 mm blue silica gel) ความชื้นเริ่มต้นของสารดูดซับความชื้น 2-4 % (d.b.) สำหรับนำไปลดความชื้นอากาศด้วยการดูซับและนำไปฟื้นฟูสภาพสารดูดซับด้วยการไล่ความชื้นก่อนนำกลับมาใช้ใหม่

3.2 กระบวนการลดความชื้นอากาศแบบสเปาเต็ดเบด

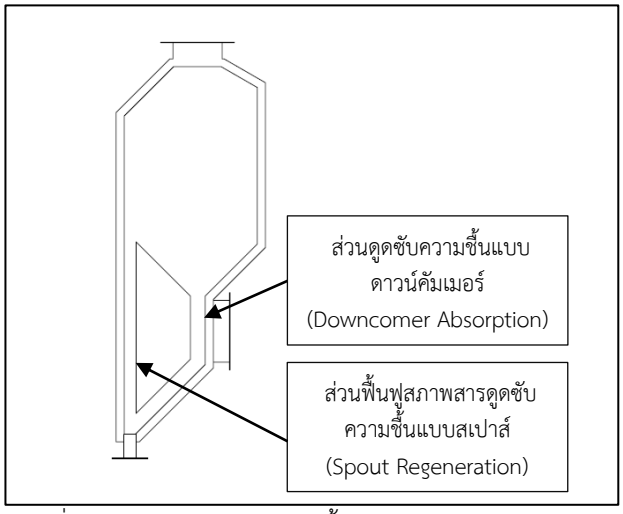
เครื่องลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคแบบสเปาเต็ดเบดที่ใช้ศึกษาความเป็นไปได้ของการลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคแบบสเปาเต็ดเบด เพื่อนำไประยุกต์ใช้

ในการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร มีส่วนประกอบ 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนดูดซับความชื้นแบบดาวน์คัมเมอร์ และส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นแบบสเปาส์ ดังแสดงในรูปที่ 2 อากาศชื้นจะไหลจากเครื่องควบคุมสภาวะอากาศ หมายเลข 5 ไหลเข้าด้านหลังของเครื่องลดความชื้นอากาศหมายเลข 1 เมื่ออากาศไหลผ่านส่วนดูดซับ ด้วยพัดลมหมายเลข 4 ไปยังระบบอบแห้ง ในขณะเดียวกัน อากาศที่ไหลออกจากส่วนดูดซับความชื้นหลังจากการดูดซับความชื้นอากาศแล้วก็ไหลไปยังส่วนของช่องสเปาส์เพื่อฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น โดยใช้การเป่ากระแสอากาศเป็นแบบเจ็ต ด้วยพัดลมแรงดันสูง หมายเลข 2 ผ่านขดลวดให้ความร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิอากาศที่มีความเหมาะสมสำหรับฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น หลังจากอากาศร้อนแห้งไล่ความชื้น โดยการพาแบบบังคับด้วยลำกระแสอากาศออกไปยังด้านนอก ดังแสดงในรูปที่ 1




รูปที่ 1 เครื่องลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบด

ขั้นตอนการทดลอง โดยเริ่มจากใส่สารดูดซับความชื้นชนิดแข็ง (ซิลิก้าเจจล) ในเครื่องลดความชื้นอากาศด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดทำการสอบสอบเปิดเครื่องเป็นเวลา 60 นาที จึงทำการวัดค่า เงื่อนไขที่ทำการศึกษา ได้แก่ ส่วนดูดดูดซับความชื้นแบบดาวน์คัมเมอร์ที่ความหนา 3 6 และ 9 cm และส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น 60 70 และ 80 °C ความเร็วของอากาศฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น 18 20 และ 22 m/s โดยควบคุมชื้นของอากาศก่อนการลดความชื้นในช่วง 80 – 85 %RH บันทึกผลการทดลองเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 3 ซ้ำการทดลอง แล้วนำมาวิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล



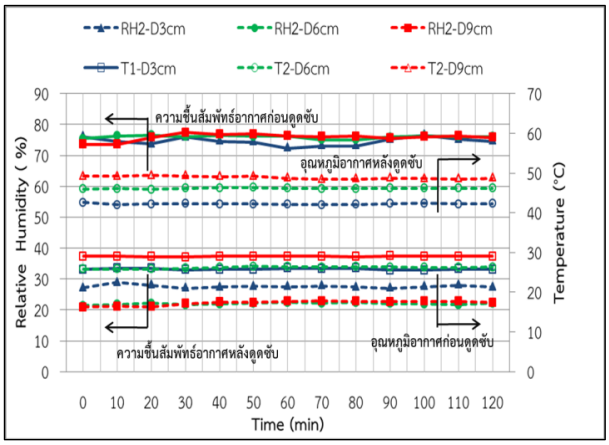

รูปที่ 2 แสดงส่วนดูดซับความชื้นแบบดาวน์คัมเมอร์ และส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นแบบสเปาส์

## 4. ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาอิทธิพลของความหนาของสารดูดซับความชื้นในส่วนดูดซับความชื้น

การทดลองภายใต้ระดับความหนาของสารดูดซับความชื้นในส่วนดูดซับความชื้นแบบดาวน์คัมเมอร์ 3 6 และ 9 cm อัตราการไหลของอากาศด้านดูดซับความชื้นคงที่ 4 $m^3$/min อัตราการไหลเชิงมวล ของสารดูดซับความชื้นอากาศคงที่ 0.2 kg/s ความเร็วอากาศสำหรับฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นอากาศคงที่ 22 m/s อุณหภูมิอากาศฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นอากาศคงที่ 70 °C ความสูงของแผ่น draft plate คงที่ 90 cm ความชื้นสัมพัทธ์อากาศก่อนการดูดซับความชื้นอยู่ระหว่าง 70 - 80 %RH ดังแสดงในรูปที่ 3 จากผลการทดลองพบว่า ระดับความหนาของสารดูดซับความชื้นในส่วนดูดซับความชื้น 3 cm สามารถลดความชื้นอากาศชื้นโดยเฉลี่ยที่ 74.5 %RH ให้ลดลงเหลือ 27.6%RH อุณหภูมิอากาศชื้นก่อนการลดความชื้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 25.8 °C หลังผ่านการลดความชื้นในกระบวนการดูดซับความชื้นจากอากาศควบแน่นไปยังผิวของสารดูดซับความชื้นมีการคายพลังงานความร้อนแฝงออกมาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 42.2°C ระดับความหนาของสารดูดซับ

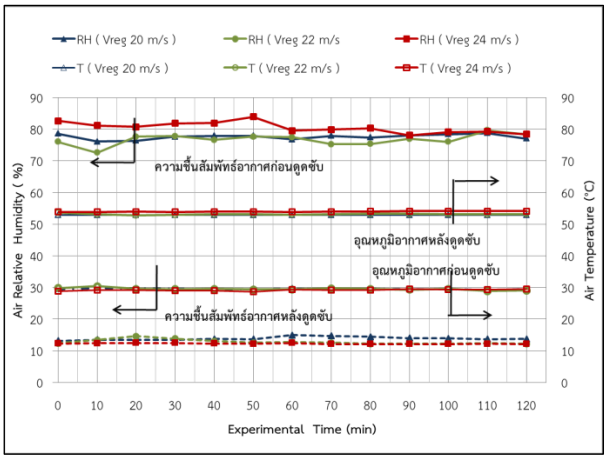
ความชื้นในส่วนดูดซับความชื้น 6 cm สามารถลดความชื้นอากาศชื้นโดยเฉลี่ยที่ 76.0 %RH ให้ลดลงเหลือ 22.0%RH อุณหภูมิอากาศชื้นก่อนการลดความชื้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 26.2 °C หลังผ่านการลดความชื้นในกระบวนการดูดซับความชื้นจากอากาศควบแน่นไปยังผิวของสารดูดซับความชื้นมีการคายพลังงานความร้อนแฝงออกมาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 46.1°C ระดับความหนาของสารดูดซับความชื้นในส่วนดูดซับความชื้น 9 cm สามารถลดความชื้นอากาศชื้นโดยเฉลี่ยที่ 75.8%RH ให้ลดลงเหลือ 22.2%RH อุณหภูมิอากาศชื้นก่อนการลดความชื้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 29.0 °C หลังผ่านการลดความชื้นในกระบวนการดูดซับความชื้นจากอากาศควบแน่นไปยังผิวของสารดูดซับความชื้นมีการคายพลังงานความร้อนแฝงออกมาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 48.9°C ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานรวม เท่ากับ 11.65 11.69 และ 11.84 kW.hr ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%




รูปที่ 3 กราฟแสดงอิทธิพลความหนาของสารดูดซับความชื้นในส่วนดูดซับความชื้น ที่ส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศหลังการดูดซับความชื้น

4.2 การศึกษาอิทธิพลของความเร็วของอากาศในส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น 3

การทดลองภายใต้ระดับ ความเร็วของอากาศในส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น ที่ทำการศึกษา 3 ระดับ ได้แก่ 18 20 และ 22 m/s ระดับความหนาของสารดูดซับความชื้นอากาศ คงที่ 6 cm อัตราไหลเชิงมวลของสารดูดซับความชื้นอากาศ คงที่ 0.3 kg/s อุณหภูมิอากาศฟื้นฟูสภาพสารดูดซับคงที่ 70 °C และความสูงของแผ่น draft plate คงที่ 80 cm อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่ผ่านส่วนดูดซับความชื้นคงที่ 3.0 m3/min ความชื้นสัมพัทธ์อากาศก่อนการดูดซับความชื้นอยู่ระหว่าง 70 - 80 %RH




รูปที่ 4 กราฟแสดงอิทธิพลของความเร็วของอากาศในส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น ที่ส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศหลังการดูดซับความชื้น

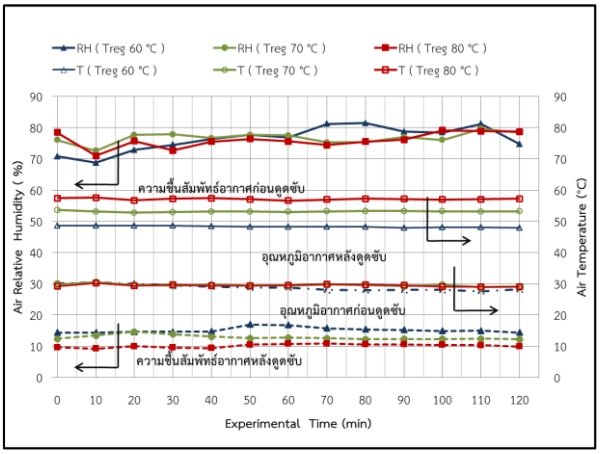
จากผลการทดลองพบว่า ความเร็วของอากาศในส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น 18 m/s สามารถลดความชื้นอากาศชื้นโดยเฉลี่ยที่ 77.62 %RH ให้ลดลงเหลือ 13.88 %RH อุณหภูมิอากาศชื้นก่อนการลดความชื้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 29.51 °C หลังผ่านการลดความชื้นในกระบวนการดูดซับความชื้นจากอากาศควบแน่นไปยังผิวของสารดูดซับความชื้นมีการคายพลังงานความร้อนแฝงออกมาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 52.86°C ความเร็วของอากาศในส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น 20 m/s สามารถลดความชื้นอากาศชื้นโดยเฉลี่ยที่ 76.73 %RH ให้ลดลงเหลือ 12.82 %RH อุณหภูมิอากาศชื้นก่อนการลดความชื้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 29.51 °C หลังผ่านการลดความชื้นในกระบวนการดูดซับความชื้นจากอากาศควบแน่นไปยังผิวของสารดูดซับความชื้นมีการคายพลังงานความร้อนแฝงออกมาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 53.20°C มีปริมาณการใช้พลังงานรวม เทากับ 10.92 12.89 และ 14.38 kW.hr ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมัน 95%

ความเร็วของอากาศในส่วนฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น 22 m/s สามารถลดความชื้นอากาศชื้นโดย

เฉลี่ยที่ 80.54 %RH ให้ลดลงเหลือ 12.26 %RH อุณหภูมิอากาศขึ้นก่อนการลดความชื้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 29.20 °C หลังผ่านการลดความชื้นในกระบวนการดูดซับความชื้นจากอากาศควบแน่นไปยังผิวของสารดูดซับความชื้นมีการคายพลังงานความร้อนแฝงออกมาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 53.98°C ดังแสดงในรูปที่ 4

4.3 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่ใช้ฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น

การทดลองภายใต้ระดับ อุณหภูมิอากาศฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นอากาศ ที่ทำการศึกษา 3 ระดับ ได้แก่ 60 70 และ 80 °C ระดับความหนาของสารดูดซับความชื้นอากาศ คงที่ 6 cm อัตราไหลเชิงมวลของสารดูดซับความชื้นอากาศ คงที่ 0.3 kg/s ความเร็วอากาศสำหรับฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นอากาศ คงที่ 22 m/s และความสูงของแผ่น draft plate คงที่ 80 cm อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่ผ่านส่วนดูดซับความชื้นคงที่ 3.0 m3/min ความชื้นสัมพัทธ์อากาศก่อนการดูดซับความชื้นอยู่ระหว่าง 70 - 80 %RH จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิอากาศฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นอากาศ 60°C สามารถลดความชื้นอากาศชื้นโดยเฉลี่ยที่ 76.39 %RH ให้ลดลงเหลือ 15.14 %RH อุณหภูมิอากาศชื้นก่อนการลดความชื้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 28.8 °C หลังผ่านการลดความชื้นในกระบวนการดูดซับความชื้นจากอากาศควบแน่นไปยังผิวของสารดูดซับความชื้นมีการคายพลังงานความร้อนแฝงออกมาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 48.29°C อุณหภูมิอากาศฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นอากาศ 70°C สามารถลดความชื้นอากาศชื้นโดยเฉลี่ยที่ 76.73 %RH ให้ลดลงเหลือ 12.82 %RH อุณหภูมิอากาศชื้นก่อนการลดความชื้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 29.51 °C หลังผ่านการลดความชื้นในกระบวนการดูดซับความชื้นจากอากาศควบแน่นไปยังผิวของสารดูดซับความชื้นมีการคายพลังงานความร้อนแฝงออกมาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 53.12°C อุณหภูมิอากาศฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้นอากาศ 80°C สามารถลดความชื้นอากาศชื้นโดยเฉลี่ยที่ 75.99 %RH ให้ลดลงเหลือ 10.12 %RH อุณหภูมิอากาศชื้นก่อนการลดความชื้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 29.43 °C หลังผ่านการลดความชื้นในกระบวนการดูดซับความชื้นจากอากาศควบแน่นไปยังผิวของสารดูดซับความชื้นมีการคายพลังงานความร้อนแฝงออกมาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 57.11°C มีปริมาณการใช้พลังงานรวม เทากับ 14.19 14.36 และ 14.79 kW.hr ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมัน 95%




รูปที่ 5 กราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่ใช้ฟื้นฟูสภาพสารดูดซับความชื้น ที่ส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศหลังการดูดซับความชื้น

## 5. สรุปผลการทดลอง

จากการทอลองลดความชื้นในอากาศด้วยเทคนิคแบบสเปาเต็ดเบด มีเงื่อนไขที่เหมาะของเครื่องลดความชื้นในอากาศแบบสเปาเต็ดเบด คือความหนาส่วนดูดซับความชื้น 6 cm อุณหภูมิของอากาศฟื้นฟู 60 °C และความเร็วอากาศของส่วนฟื้นฟู 20 m/s ซึ่งภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว มีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร โดยเฉพาะการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2559ระดับปริญญาเอก โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) พ.ศ 2559

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติคุณ แสงศร และจักรพงศ์ เถื่อนสอน. (2553). การศึกษาตัวแปรของการดูดซับความชื้นโดยใช้สารดูดซับความชื้นชนิดแข็งที่มีผลต่อคุณสมบัติของอากาศ.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
[2] นเรศ มีโส และ ศิริธร ศิริอมรพรรณ. เครื่องอบแห้งเมล็ดพืชแบบสเปาเต็ดเบดชนิดมีดาว์นคัมเมอร์ด้านเดียว. เลขที่อนุสิทธิบัตร 4835
[3] พรศักดิ์ ทองมา. การอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคสเปาเต็ดเบดขนาดอุตสาหกรรม.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต .กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2542.
[4] ภานุมาตย์ พัฒโท(2553).การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการอบแห้งข้าวอินทรีย์สมุนไพรเพื่อการประหยัดพลังงานและการรักษาคุณภาพโดยการดัดแปลงสมบัติของอากาศอบแห้ง,โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.),หน้า 34-42.