หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุป

6.1 ข้อสรุปหลัก

จากงานวิจัยที่ได้ทำไปแล้วนั้น สามารถสรุปได้เป็นหัวข้อดังนี้

1. ได้พัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ที่ปฏิบัติงานเป็นงวด (batch) เพื่อทำนายพฤติกรรมเชิงจลน์ของเครื่องอบแห้ง เป็นผลสำเร็จ

2. เมื่อทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น กับผลของการอบแห้งชั้นวัสดุหนาต่างๆ กัน คือ

2.1 ในกรณีชั้นวัสดุบาง เมื่อเปรียบเทียบผลการชีมูเลตกับตัวอย่าง ดังนี้คือ ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ อัตราการอบแห้งเฉลี่ยที่ทำนายนั้นต่ำกว่าในตัวอย่างเล็กน้อย และเวลาที่ใช้ในช่วงนี้จะผิดพลาดไป -1.96 % และในช่วงอัตราการอบช้าลง อัตราการอบแห้งเฉลี่ยที่ชีมูเลตได้จะสูงกว่าผลจากตัวอย่าง และเวลาในช่วงนี้จะทำนายคลาดเคลื่อนไป -7.94 % เมื่อรวมเวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด จะผิดพลาดเพียง +1.8%

2.2 ในกรณีชั้นวัสดุหนา

2.2.1 กรณีการอบแห้งข้าวโพดหลังในเบดหนา 40 ซม. ปกติ (ไม่มีการผสมวัสดุในเบด) จากการศึกษาพบว่า ความชื้นเฉลี่ยของวัสดุกับเวลานั้น แบบจำลองนี้สามารถทำนายได้ใกล้เคียงกับผลการทดลอง โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานที่เวลาต่างๆกันไม่เกิน 0.0187 (10.9%) หรือเวลาที่ใช้ในการอบแห้งทำนายช้ากว่าผลการทดลองเพียง 0.75% สำหรับลักษณะและแนวโน้มของความชื้นเฉลี่ยกับเวลา และอัตราการอบแห้งเฉลี่ยกับความชื้นเฉลี่ยจะเหมือนกับผลการทดลอง แต่ช้ากว่าเล็กน้อย ส่วนลักษณะการกระจายของความชื้นที่ตำแหน่งต่างๆกับเวลานั้น บริเวณปากทางเข้าจะระเหยได้ดีกว่าผลการทดลอง บริเวณถัดมาจะระเหยได้ช้ากว่าผลการทดลอง และบริเวณตอนกลางแบบจำลองจะระเหยได้เร็วกว่าผลการทดลองอีก (ลักษณะแนวโน้มเหมือนกัน) เมื่อเวลาผ่านไป ผลการชีมูเลตก็จะเข้าใกล้ผลการทดลองมากขึ้น เมื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานที่เวลาใดๆ ไม่เกิน 0.119 อนึ่งพื้นที่ผิวจำเพาะเชิงปริมาตรที่เหมาะสมที่ทำนายมีค่าเท่ากับ 117.2 m^2/m^3 นอกจากนี้ยังพบว่าผลของการชีมูเลตยังทำนายว่าจะเกิดการควบแน่นของความชื้นกลับไปยังวัสดุด้วย

2.2.2 กรณีการอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังในเบดหนา 40 ซม. ที่มีการผสมวัสดุในเบดทุกๆ 150 นาที จะเห็นว่าผลที่ซีมูเลตได้นั้นมีลักษณะและแนวโน้มเหมือนผลการทดลอง คือ ความชื้นเฉลี่ยของเบดกับเวลา และอัตราการอบแห้งเฉลี่ยกับความชื้นเฉลี่ย ในช่วงก่อนการผสมวัสดุในเบด ผลการซีมูเลตจะมีค่าลดลงช้ากว่า และมีค่าต่ำกว่าผลการทดลอง ตามลำดับ แต่หลังการผสมวัสดุ ผลการซีมูเลตกลับมีค่าลดลงเร็วกว่า และสูงกว่าผลการทดลองตามลำดับ โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของการเปรียบเทียบความชื้นเฉลี่ยกับเวลาเป็น 0.0268 ส่วนการกระจายความชื้น ก่อนการผสมวัสดุจะคล้ายกับในหัวข้อ 2.2.1 แต่เมื่อหลังการผสมวัสดุ การกระจายความชื้นจะใกล้เคียงผลการทดลองมากขึ้น อนึ่งเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะทำนายผิดพลาดไปเพียง -0.24 %

3. เมื่อนำแบบจำลองนี้มาใช้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรสำคัญในการอบแห้ง สรุปได้ว่า

3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า อุณหภูมิของลมร้อนนับเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการอบแห้งมาก คือในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา 40, 50, 60 และ 70 °C เมื่ออุณหภูมิลมร้อนเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้น, เวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง และพลังงานความร้อนที่ใช้ก็ลดลง แต่ก็มีขีดจำกัดเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นตัวกำหนด

3.2 อิทธิพลของความชื้นวัสดุเริ่มต้น ความชื้นวัสดุเริ่มต้นเป็นตัวแปรที่สำคัญอันหนึ่งในช่วงที่ศึกษา คือ 0.2, 0.225, 0.25, และ 0.3 d.b. อัตราการอบแห้งเฉลี่ยที่ค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความชื้นเริ่มต้น แต่จะไปมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และพลังงานความร้อนที่ใช้จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นวัสดุเริ่มต้นเพิ่มขึ้น

3.3 อิทธิพลของความเร็วลมร้อน ซึ่งความเร็วลมร้อนนั้นมีความสำคัญมาก คือ เมื่อความเร็วลมร้อนเพิ่มขึ้น มีผลให้อัตราการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจึงลดลง แต่พลังงานความร้อนในการอุ่นลมร้อนก็จะเพิ่มขึ้น แล้วลดลงเมื่อเปรียบเทียบความเร็วลมร้อน 0.4634, 0.6594 และ 0.8792 m/s

3.4 อิทธิพลของช่วงห่างของเวลาผสมวัสดุในเบด เมื่อศึกษาในกรณีนี้ช่วงห่างของเวลาผสมวัสดุในเบดเป็น 8, 15, 30, และ นาทีของความเร็วลมร้อน 3 ค่า สรุปได้ว่า ยิ่งผสมวัสดุในเบดถี่มากขึ้น เวลาในการอบแห้งจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็วลมร้อน โดยที่ช่วงห่างของเวลาผสมวัสดุในเบดเท่ากัน เวลาอบแห้งจะยิ่งลดลง เมื่อความเร็วลมร้อนเพิ่มขึ้น ส่วนพลังงานความร้อนที่ใช้นั้นยังคงมีค่าเพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็วเหมือนกับในหัวข้อ 3.3.3

4. เมื่อวิเคราะห์ผลการซีมูเลตในหัวข้อ 3. เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการปฏิบัติงาน (วิเคราะห์ค่าออบเจคทีฟฟังก์ชั่นของค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องอบแห้ง ดังรูป 5.1) โดยเน้นถึงค่าอัตราส่วนการหมุนเวียนลมทิ้ง r เป็นพารามิเตอร์ของเงื่อนไขต่างๆ ในหัวข้อ 3. สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 อิทธิพลของลมร้อนขาเข้า ทั้งกรณีคำนึง และไม่คำนึงถึงช่วงเวลาผสมวัสดุในเบดจะให้ข้อสรุปตรงกันที่ว่า ยิ่งอุณหภูมิลมร้อนเพิ่มขึ้น ค่าออบเจคทีฟฟังก์ชันจะลดลง และค่า r ที่เหมาะสมจะเพิ่มขึ้นเหมือนกัน อุณหภูมิลมร้อน 70 °C และค่า r เท่ากับ 0.8 นับเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด เมื่อ a_1/a_2 = 1/1 เมื่อ a_1/a_2 = 1/9 ค่า r ที่เหมาะสมจะขยับไปเท่ากับ 0.7 และเมื่อ a_1/a_2 = 9/1 ค่า r ที่เหมาะสมจะเท่ากับ 1.1

4.2 อิทธิพลของความชื้นวัสดุเริ่มต้น ทั้งกรณีคำนึงถึงและไม่คำนึงถึงช่วงเวลาผสมวัสดุในเบด จะให้ข้อสรุปตรงกันว่า ยิ่งความชื้นวัสดุเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ค่าออบเจคทีฟฟังก์ชั่นจะเพิ่มขึ้น และค่า r ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 0.33 - 1 สำหรับเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดคือ ความชื้นเริ่มต้น 0.20 d.b. และค่า r ที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.33, 0.20, 0.40 เมื่อกรณี a_1/a_2 = 1/1,1/9 และ 9/1 ตามลำดับ

4.3 อิทธิพลของความเร็วลมร้อนผ่านเบด ทั้งกรณีคำนึงถึงและไม่คำนึงถึงช่วงห่างของเวลาผสมวัสดุในเบด เมื่อความเร็วลมร้อนต่างกัน 3 ค่า คือ 0.4634, 0.6594 และ 0.8792 m/s จะได้ข้อสรุปตรงกันคือ เมื่อราคาของพลังงานมีค่าต่ำ (a_1/a_2 = 1/1 และ 1/9) การใช้ลมร้อนที่ความเร็วสูง จะทำให้ประหยัดพลังงานได้ดีที่สุด (และไม่จำเป็นต้องหมุนเวียนลมทิ้งกลับมาใช้อีก) ความเร็วลมร้อน 0.8792 m/s และไม่มีการหมุนเวียนลมทิ้ง (r=0) เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด และเมื่อราคาของพลังงานมีค่าแพง (a_1/a_2 = 9/1) การใช้ลมร้อนที่ความเร็วต่ำ และควบคู่กับการหมุนเวียนลมทิ้งกลับมาใช้อีกจึงเป็นการประหยัด ความเร็วลมร้อน 0.4634 m/s ทำให้กราฟออบเจคทีฟฟังก์ชั่นต่ำที่สุด และค่า r ที่เหมาะสมจะเท่ากับ 0.33

4.4 อิทธิพลของช่วงห่างของเวลาผสมวัสดุในเบด (r = 0) ทั้งกรณีคำนึงถึงและไม่คำนึงถึงช่วงห่างของเวลาผสมวัสดุในเบด จะได้ข้อสรุปเหมือนกันว่า เมื่อยิ่งผสมวัสดุในเบดถี่เพิ่มขึ้น ค่าออบเจคทีฟฟังก์ชั่นจะลดลง แล้วเพิ่มขึ้นเมื่อผสมวัสดุถี่มากจนเกินไป ในกรณีที่ราคาพลังงานต่ำและไม่ว่าราคาของแรงงานจะแพงหรือถูก (a_1/a_2 = 1/1, 1/9) ความเร็วลมร้อน 0.8792 m/s จะให้กราฟออบเจคทีฟฟังก์ชั่นต่ำสุด ช่วงห่างของเวลาผสมวัสดุในเบดที่เหมาะสม คือ ผสมทุกๆ 27 นาที ส่วนเมื่อ a_1/a_2 = 9/1 (ราคาของพลังงานแพงมาก) ความเร็วลมร้อน 0.4634 m/s จะให้กราฟออบเจคทีฟฟังก์ชั่นต่ำสุด และช่วงห่างของเวลาผสมวัสดุในเบดที่เหมาะสม คือ ผสมทุกๆ 30 นาที ข้อสรุปในข้อนี้จะเหมือนกับในหัวข้อ 4.3

6.2 แนวทางของงานวิจัยที่น่าสนใจ

งานวิจัยในอนาคตที่น่าสนใจของเรื่องนี้ คือ การศึกษาถึงผลกระทบของการแพร่ของความชื้นในเบดขณะทำการอบแห้ง ซึ่งการแพร่ของความชื้นนี้นับเป็นกลไกที่สำคัญแบบหนึ่งที่ควบคุมการระเหยน้ำในช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง, ผลกระทบของการหดตัวและการเกิดการไหม้เกรียมในวัสดุ เพื่อศึกษาวิธีและเงื่อนไขการอบแห้งที่จะหลีกเลี่ยงปัญหานี้ รวมถึงการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น สี, กลิ่น, และรส ระหว่างการอบแห้ง อันจะนำไปศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน เช่น ด้วยวิธีทำ dynamic programing เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย