บทที่ 2

สรุปผลงานวิจัยในอดีต

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งแบบไหลผ่านด้วยลมร้อนสามารถแบ่งได้เป็นสองส่วน คือ งานวิจัยที่เกี่ยวกับการ อบแห้งและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และงานวิจัยเกี่ยวกับวิธีประเมินสมรรถนะและวิธีประหยัดพลังงาน

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีดังนี้

กมลรัตน์ พันธุ์อารยะ [1] ได้ศึกษาการอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังทั้งชั้นวัสดุบาง และชั้นวัสดุหนา ในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน เพื่อดูอิทธิพลของความเร็วและอุณหภูมิของลมร้อนที่มีต่อเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง และพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณการกระจายความชื้นในวัสดุ และเวลาในการอบแห้ง จากการทดลอง 3 กรณีคือ กรณีการอบแห้งธรรมดา, กรณีการอบแห้งที่มีการผสมวัสดุเป็นครั้งคราว และกรณีการอบแห้งที่มีการสลับทิศทางการไหลของลมร้อนเป็นครั้งคราว พบว่าในกรณีการอบแห้งที่มีการผสมวัสดุเป็นครั้งคราวจะกินเวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับกรณีการอบแห้งธรรมดาเสมอ ส่วนกรณีการอบแห้งที่มีการสลับทิศทางการไหลของลมร้อนเป็นครั้งคราว แทบจะไม่มีผลต่อการประหยัดเวลาในการอบแห้ง และในบางเงื่อนไขกลับใช้เวลานานกว่า

Syarief และคณะ [2] ได้ศึกษาการอบแห้งชั้นวัสดุบางของเมล็ดทานตะวัน โดยทำการทดลองแล้วหาค่าอัตราการอบแห้ง พบว่าอัตราการอบแห้งเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นเริ่มต้นของเมล็ด โดยเฉพาะอุณหภูมิอากาศมีผลกระทบต่ออัตรากาารอบแห้งมาก และพบว่าสมการการทดลองกับสมการกึ่งการทดลองของการอบแห้งชั้นวัสดุบางหลายสมการ ก็สามารถใช้อธิบายผลการทดลองได้

อรระวี รัตนภัณฑ์ และคณะฯ [3] ได้ทำการจำลองการอบแห้งชั้นวัสดุหนาด้วยลมร้อนโดยใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจากสมการดุลมวลสารและดุลพลังงานของชั้นวัสดุบางและของลมร้อน และเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งเชิงจลน์ที่เงื่อนไขของอุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วของลมร้อนต่างๆ กัน เขาใช้แบบจำลองนี้ศึกษาการอบแห้งลูกพลัม (Plum) พบว่าผลการจำลองสอดคล้องกับผลการทดลองเป็นอย่างดี อย่างไรก็ดีก็ยังมีความแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากการกระจายของลมร้อนไม่ดีทั่วถึง

Chirife และ Cachero [4] ได้ศึกษาเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งมันสำปะหลังในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความสูงของชั้นวัสดุ 2-12 เซนติเมตร, อัตราการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไหลเชิงมวลของลมร้อน 2,300-5,200 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง และอุณหภูมิลมร้อน 55-100 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า เมื่อความเร็วและอุณหภูมิลมร้อนเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะลดลง ในกรณีของมันสำปะหลังไม่ควรใช้อุณหภูมิลมร้อนเกิน 84 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้เกิดรอยไหม้เกรียม (Scorch) ขึ้น และพบว่าเวลาที่จะใช้ในการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักของวัสดุต่อพื้นที่ของเครื่องอบแห้งมีค่ามากขึ้น

Shanokprasith และ Bunrungsanor [5] ได้ศึกษาการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน เพื่อหาลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง ในเงื่อนไขต่างๆ โดยมีตัวแปรที่ศึกษา คือ อุณหภูมิลมร้อน 37-60 องศาเซลเซียส, อัตราการไหลเชิงปริมาตรของลมร้อน 440-780 ลิตรต่อนาที และความสูงของชั้นเมล็ดข้าวเปลือก 10-15 เซนติเมตร ผลการทดลองพบว่าอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของลมร้อนเพิ่มขึ้น ส่วนความสูงในช่วง 10-15 เซนติเมตร ของชั้นเมล็ดข้าวเปลือก และอัตราการไหลของลมร้อนนั้นไม่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง

ศักดิ์สิน รัศมิทัต [6] ได้ศึกษาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งมันสำปะหลังในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความสูงของชั้นมัน 5-20 เซนติเมตร, อัตราการไหลเชิงมวลของลมร้อน 1,000-4,000 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง, ความหนาของชิ้นมัน 0.3-0.7 เซนติเมตร และอุณหภูมิลมร้อน 55-100 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง อยู่ในช่วงการอบแห้งที่ความเร็วช้าลง และอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความเร็วลมร้อนเพิ่มขึ้นแต่แปรผันเป็นส่วนกลับกันกับความหนาและความสูงของชิ้นมัน อุณหภูมิลมร้อนนับเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุด และไม่ควรใช้อุณหภูมิเกิน 80 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นได้คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่จากข้อมูลที่ได้ ในช่วงอุณหภูมิต่างๆ กัน จาก 55-85 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง $3x10^{6}$-$8x10^{6}$ ตารางเซนติเมตรต่อวินาที

Chakraverty และ Jain [7] ได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและความเร็วลมร้อนที่มีต่อเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (Cashew nuts) และผลมะม่วงหิมพานต์ (Cashew kernel) และเสนอสมการการทดลองที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของความชื้นกับการอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และเวลาในการอบแห้ง พบว่าผลการคำนวณสอดคล้องกับผลการทดลองเป็นอย่างดี อนึ่งอุณหภูมิของลมร้อนที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และผลมะม่วงหิมพานต์ คือ 75 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และทักษิณา ลอยจิรากุล [8] ได้ศึกษาเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งของผลไม้ 4 ชนิด คือ องุ่น, ละมุด, พุทรา และมะยม เพื่อดูอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ คือ อุณหภูมิของลมร้อน 55-72 องศาเซลเซียส และความเร็วลมร้อน 0.9-1.6 เมตรต่อวินาที ที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง พบว่าการอบแห้งผลิตภัณฑ์เกษตรที่ศึกษาทั้งหมดอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งที่

ช้าลง และอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นขณะที่อุณหภูมิของลมร้อนเพิ่มขึ้น ส่วนความเร็วลมจะมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่ออัตราการอบแห้งพุทรา แต่จะมีอิทธิพลพอประมาณต่ออัตราการอบแห้งของละมุด, องุ่น และมะยม

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีประเมินสมรรถนะและวิธีประหยัดพลังงานมีดังนี้

Young และ Dickens [9] ได้ศึกษาถึงวิธีคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการอบแห้งและผลกระทบของตัวแปรเสริมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยวิธีวิเคราะห์การอบแห้งแบบไหลผ่านกรณีชั้นวัสดุหนา (หรือ การอบแห้งแบบไหลตัด) ของ H.V. Hukill จากนั้นได้ทำนายค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง, ค่าใช้จ่ายของพัดลม, ค่าใช้จ่ายคงที่ และค่าใช้จ่ายทั้งหมดสำหรับการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด

Bakshi และคณะ [10] ได้ศึกษาอัตราที่ใช้พลังงานในการอบแห้งข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งแบบไหลตัด โดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีและไม่มีการหมุนเวียนลมทิ้งกลับมาใช้อีก ในเงื่อนไขต่างๆ กันและระหว่างตำแหน่งการหมุนเวียน (Configuration) ต่างๆ กัน พบว่ากรณีที่มีการหมุนเวียนลมทิ้งกลับมาใช้อีก สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลง และทำให้อบแห้งข้าวเปลือกที่ได้คุณภาพสม่ำเสมอขึ้น โดยไม่มีการสูญเสียคุณภาพของข้าวระหว่างการโม่ด้วย

Poole และ Thygeson [11] ได้ศึกษาพลังงานที่คงที่ และพลังงานที่เป็นตัวแปรซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนในอุตสาหกรรมทั่วไป โดยเน้นผลที่อัตราการปล่อยลมทิ้ง (ซึ่งลมทิ้งที่ความร้อนสัมผัส และมีปริมาณมาก) มีผลต่อพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง นอกจากนี้ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจากดุลของพลังงาน และวิเคราะห์หาจุดที่เหมาะสมที่สุดของอัตราการปล่อยลมทิ้งของระบบโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายต่อกำไร

วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และคณะ [12] ได้เสนอแบบจำลองและศึกษาเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน แบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ สามารถใช้คำนวณการกระจายของความชื้นในวัสดุระหว่างทำการอบแห้งได้ดีพอควร นอกจากนี้ยังศึกษาวิธีการลดปริมาณการใช้พลังงาน (เช่น ลดเวลาในการอบแห้งต่องวด เป็นต้น) โดยทำการผสมวัสดุในเบดหรือสลับทิศทางการไหลของลมร้อนเป็นครั้งคราว โดยอาศัยผลการทดลองอบแห้งชิ้นมันสำปะหลัง (เบดหนา 40 เซนติเมตร) ในเครื่องอบแห้งเป็นข้อมูลอ้างอิง พบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ทำนายเวลาในการอบแห้งได้สอดคล้องกับผลการทดลอง โดยผิดพลาดไม่เกินร้อยละ +5.3, +3.2 และ +7.7 ในกรณีการอบแห้งธรรมดา, กรณีการอบแห้งที่มีการผสมวัสดุเป็นครั้งคราว (ทุกๆ 150 นาที) และกรณีการอบแห้งที่มีการสลับทิศทางการไหลของลมร้อน (ทุกๆ 30 นาที ตามลำดับ)

เมื่อทำนายพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งต่องวด พบว่าในกรณีการอบแห้งที่มีการผสมวัสดุเป็นครั้งคราวจะสามารถประหยัดพลังงานได้ดีเสมอ และช่วงเวลาการผสมวัสดุที่เหมาะสมที่สุดจะ

มีค่าเท่ากับช่วงเวลาที่เมื่อนำไปหารเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งกรณีธรรมดา แล้วได้ค่าลงตัวหรือใกล้เคียงค่าลงตัวที่สุด ในทางตรงข้ามกรณีการอบแห้งที่มีการสลับทิศทางการไหลของลมร้อนเป็นครั้งคราว ไม่ค่อยช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานลงเลย

วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และชาตรี เจียรมิ่งขวัญ [13] ได้ศึกษาผลกระทบของการหมุนเวียนลมทิ้งที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน โดยสร้างแบบจำลองการอบแห้งอย่างง่ายขึ้น และทดสอบความเหมาะสมโดยเปรียบเทียบกับผลการทดลองอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังในเบดหนา (40 เซนติเมตร) วิธีหนึ่งที่จะเพิ่มสมรรถนะของการอบแห้ง คือมีการผสมวัสดุเป็นครั้งคราว ในกรณีที่ไม่มีการหมุนเวียนลมทิ้งกลับมาใช้อีก คือสามารถลดทั้งพลังงานที่ต้องการต่องวดและลดเวลาในการอบแห้ง ส่วนในกรณีที่มีการหมุนเวียนลมทิ้งกลับมาใช้อีกนั้น อัตราส่วนการหมุนเวียนลมทิ้งที่เหมาะสมที่สุดขึ้นอยู่กับนิยามของออบเจคทีฟฟังก์ชัน และความสำคัญสัมพัทธ์ระหว่างความสามารถในการผลิตกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน พบว่าเมื่อความสามารถในการผลิตยิ่งสำคัญมาก ค่าอัตราส่วนการหมุนเวียนที่เหมาะสมจะมีค่าน้อยลง ในทางตรงข้ามเมื่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำคัญมากกว่า (แพงกว่า) อัตราส่วนการหมุนเวียนที่เหมาะสมจะมีค่ามากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย