หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

สรุปผลการวิจัยในอดีต

ผลการวิจัยในอดีตทางด้านการอบแห้งที่ได้รวบรวมไว้ในที่นี้ อาจจะแบ่งออกได้เป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

2.1 การประหยัดพลังงานในการอบแห้ง

2.2 แบบจำลองของการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

2.3 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งวัสดุเกษตรในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

2.1 การประหยัดพลังงานในการอบแห้ง

Thompson และ James (1979) ได้ศึกษาการลดพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งวัสดุเกษตรและได้เสนอเทคนิคการประหยัดพลังงานสำหรับเครื่องอบแห้งแบบไหลกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous flow) และแบบงวด ๆ (Batch) ในกรณีของผลไม้ (Fruit) และผลไม้เปลือกแข็ง (Nut) ตามลำดับ

Hubble และ Prestion (1982) ได้ศึกษาการใช้ไมโครเวฟ, ซึ่งมีความถี่ 2,450 MHz ถึง 915 MHz ในการอบแห้งวัสดุชื้น จากการศึกษาได้พบว่า การอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟมีข้อดีกว่าการอบแห้งโดยใช้สูญญากาศ/ไอน้ำ หรือลมร้อนดังนี้คือ

1. ให้ประสิทธิภาพเชิงพลังงานสูงกว่า ประหยัดพลังงานได้ 1 ใน 3 หรือมากกว่า

2. อุณหภูมิในการอบแห้งต่ำ เวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องอบแห้งน้อย เนื่องจากไมโครเวฟถ่ายเทพลังงานได้อย่างรวดเร็ว

3. ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟได้ประสิทธิภาพเชิงพลังงาน 32.9% ขณะที่การอบแห้งแบบอื่น ๆ ได้เพียง 24.8% นอกจากนั้นการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟสามารถประหยัดค่าจ่าย 40.52% ใน 1 ปี เมื่อเทียบกับระบบการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

Ashworth และ Hill (1980) ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบที่เรียกว่าเครื่องอบแห้งตู้เลื่อนแบบไหลผ่าน 4 ขั้นตอน โดยใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ก๊าซโดยตรง (Direct gas-fired four-stage through-circulation trolley) โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะปรับปรุงอัตราการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพเชิงพลังงาน ข้อมูลต่าง ๆ ทางด้านสมรรถนะของเครื่องอบแห้งและเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งของวัสดุอบแห้งได้ถูกนำมาใช้ในการหาแบบจำลองของสัมพารามิเตอร์ (Lumped parameter model) สำหรับเครื่องอบแห้งโดยอาศัยแบบจำลองข้างต้นเพื่อจะหากลยุทธที่ดีที่สุด (Optimum Strategy) วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้รวมไปถึงการเปลี่ยนหัวเผาก๊าซแบบบรรยากาศ (Atmospheric gas burners) เป็นหัวเผาแบบชุด (Packaged burners) ปรับปรุงภาระ (Laoding) ของตู้เลื่อน (Trolleys) และการนำความร้อนจากก๊าซทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์อีก จากผลการคำนวณพบว่าอัตราการผลิตและประสิทธิภาพเชิงพลังงานจะมีค่ามากขึ้นถ้าทำการปรับปรุงค่าของภาระตู้เลื่อน (Trolley loading) ให้เหมาะสมจากเทคนิคของการจำลองแบบ (Simulation) พบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้สูงสุด £ 88,000/ปี, เพิ่มอัตราการผลิตได้สูงสุด 100% และลดอัตราการใช้พลังงานลงได้สูงสุด 250%

Hochstetler (1981) ได้ศึกษาการใช้ความร้อนที่ปล่อยทิ้งออกมาจากโรงผลิตไฟฟ้าขนาด 750 กิโลวัตต์ มาใช้ในการอบแห้งเมล็ดพืช จากการคำนวณพบว่าในกรณีการอบแห้งเมล็ดพืช ซึ่งใช้พลังงาน 135,000 บีทียู/ชม. โดยอบแห้ง 24 ชม/วัน, 25 วัน ใน 1 เดือน จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 20,250 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อเดือนเมื่อเทียบกับการอบแห้งซึ่งใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติ โดยที่ราคาของก๊าซธรรมชาติเท่ากับ 2.50 ดอลลาร์สหรัฐต่อพลังงาน 10^6 บีทียู ถ้าพลังงานความร้อนที่ได้มาจากโรงไฟฟ้าได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

Svensson (1984) ได้พัฒนาเทคนิคในการอบแห้งแบบที่เรียกว่า การอบแห้งโดยไอน้ำ (Steam drying) โดยใช้เครื่องอบแห้งที่เรียกว่า เครื่องอบแห้งโดยไอน้ำ (Steam dryer) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ โดยใช้ไอน้ำยิ่งยวดที่มีความดัน 2 ถึง 6 บาร์ เป็นตัวถ่ายเทความร้อนให้กับวัสดุที่จะนำมาอบแห้ง วัสดุที่นำมาอบแห้งจะผ่านเข้าไปในเครื่องอบแห้งไอน้ำทางท่อ ส่วนไอน้ำยิ่งยวดจะเข้าไปทางเชลล์ ได้มีการทดลองอบแห้งวัสดุพวกเยื่อกระดาษ และวัสดุเกษตร จากผลการทดลองพบว่าอัตราการอบแห้งเฉลี่ย โดยใช้ไอน้ำยิ่งยวดนี้มีค่าสูงกว่ากรณีของลมร้อน 2-3 เท่า เพราะสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่ามากขึ้น จึงช่วยประหยัดพลังงานในการอบแห้ง และพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 1,188,000 USD ต่อปี (USD = เงินตราของสวีเดน)

McGaw และคณะ (1984) ได้ศึกษาการอบเมล็ดโกโกในเครื่องอบแห้งแบบชั้นวัสดุอยู่กับที่ (Fixed bed) เพื่อหาสภาวะการอบแห้งและพารามิเตอร์ของการออกแบบเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดในแง่การประหยัดพลังงานโดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. กรณีที่มีเครื่องอบแห้งอยู่แล้ว ได้ทำการศึกษาหาสภาวะการเดินเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อที่จะลดการใช้พลังงานให้มีค่าน้อยที่สุด

2. กรณีที่ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งใหม่ ได้ทำการศึกษาหาพารามิเตอร์ของการออกแบบเพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการอบแห้งต่อ 1 กิโลกรัมของวัสดุแห้งให้มีค่าน้อยที่สุด

ในการศึกษาทั้ง 2 กรณีได้ใช้ความเร็วลม 0.02 เมตร/วินาที และความหนาของชั้นวัสดุ 0.025 ถึง 4 เมตร ผลการคำนวณพบว่า ในกรณีที่มีเครื่องอบแห้งอยู่แล้ว พลังงานที่ต้องใช้ในการอบแห้งต่อ 1 กิโลกรัมของวัสดุแห้งจะลดลงจาก 10,156 กิโลจูล เป็น 2,321 กิโลจูล ถ้าเพิ่มปริมาณของวัสดุอบแห้งต่อพื้นที่หน้าตัด 1 ตร.ม. จาก 10 กิโลกรัมเป็น 45 กิโลกรัม ในกรณีที่ทำการออกแบบเครื่องอบแห้งใหม่, ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

ต่อ 1 กิโลกรัมของวัสดุแห้งจะลดลงจาก 0.114 เหรียญสหรัฐ เป็น 0.092 เหรียญสหรัฐ ถ้าพื้นที่ของเครื่องอบแห้งเพิ่มจาก 4.4 ตร.ม. เป็น 22.7 ตร.ม

2.2 แบบจำลองของการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

Chien (1971) ได้ศึกษาและทดลองอบแห้งเมล็ดพืชเพื่อที่จะพัฒนาในการหาสมการทดลอง (Empirical equations) อย่างง่าย ๆ สำหรับทำนายความชื้นของเมล็ดพืชในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน นอกจากนั้นยังได้ศึกษาหาสมการอย่างง่ายสำหรับทำนายการกระจายความชื้นของเมล็ดพืชและตำแหน่งของแนวหน้าที่แห้ง (Drying front) ภายในเครื่องอบแห้งที่เวลาต่างๆ ของการอบแห้ง ได้ทำการออกแบบเครื่องอบแห้งขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองอบแห้งเมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ โดยแปรเปลี่ยนเงื่อนไขของการอบแห้งหลายอย่าง

Roberts และ Brooker (1975) ได้ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้คำนวณการกระจายความชื้นของเมล็ดพืชที่ชั้นความสูงต่าง ๆ ขณะทำการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบหมุนเวียนกลับ (Recirculation dryer)

Ouhabและ Pourhiet (1984) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเมล็ดพืช โดยพิจารณาปัจจัย 2 ประการคือ พลังงาน และเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลตัด (Cross flow) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นสำหรับเครื่องอบแห้งและคำนวณหาคำตอบโดยใช้ไดนามิคโปรแกรมมิง (Dynamic programming) โดยแบ่งการอบแห้งออกเป็น 5 ขั้นตอน ผลการคำนวณพบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้เวลาในการอบแห้งขั้นตอนละ 30 นาทีโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนเท่ากับ 100, 105, 120, 120 และ 105°ซ สำหรับขั้นตอนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

Sabbah และคณะ (1977) ได้ศึกษาวิธีการอบแห้งเมล็ดถั่วเหลือง โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ในการอบแห้งได้ทำการสลับทิศทางของลมร้อนที่ไหลเข้าเครื่องอบแห้งในแต่ละช่วงเวลา โดยกำหนดสภาวะการทดลองไว้ที่ค่าหนึ่ง ในการทดลองได้สร้างเครื่องอบแห้งโดยที่มีระบบที่สามารถสลับทิศทางลมร้อน, สามารถควบคุมอุณหภูมิและอัตราการไหลของลมร้อน

2.3 <u>เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งวัสดุเกษตรในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน</u>

Marshall และ Hougen (1942) ได้ศึกษาการอบแห้งวัสดุหลาย ๆ ชนิดที่สภาวะการทดลองเหมือนกันโดยใช้เครื่องอบแห้งต่อเนื่องแบบไหลผ่าน จากการทดลองพบว่าถ้าทำการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านชนิดไหลตัด (Cross-circulation drying) เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะน้อยกว่าการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านธรรมดามาก

Brown และ Arsdel (1951) ได้ศึกษาการอบแห้งมันฝรั่งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน และแสดงผลการทดลองในรูปของโมโนกราฟ (Monographic form)

Garden และ Mitchell (1953) ได้ศึกษาการอบแห้งสำหร่ายทะเลชนิดต่าง ๆ โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

Chirife และ Cachero (1970) ได้ศึกษาเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งของมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความสูงของชั้นวัสดุ (2-12 ซม.) ความเร็วลม (2,300-5,200 กก/ซม.ตร.ม.) และอุณหภูมิของลมร้อน (55-100°ซ) จากการทดลองได้ผลว่าเมื่อความเร็วและอุณหภูมิของลมร้อนเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะลดลง ในกรณีของมันสำปะหลังไม่ควรใช้อุณหภูมิของลมร้อนเกิน 84°ซ เพราะจะทำให้เกิดรอยไหม้เกรียม (Scorch) ขึ้น ในแง่ความสูงของชั้นวัสดุพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำหนักของวัสดุแห้ง/พื้นที่ของเครื่องอบแห้ง (Bone dry solid/m^2) มีค่ามากขึ้น

Shanokprasith และ Bunrungsanor (1976) ได้ศึกษาการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ได้ทำการทดลองหาเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งโดยแปรเปลี่ยนเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองหลายเงื่อนไข ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิของลมร้อน (37-60°ซ) อัตราการไหลของลมร้อน (440-780 ลิตร/นาที) และความสูงของชั้นเมล็ดข้าวเปลือก (10-15 ซม.) ผลการทดลองพบว่า เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งที่ทุก ๆ เงื่อนไขอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งที่ความเร็วช้าลง อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของลมร้อนเพิ่มขึ้น ความสูงในช่วง 10- 15 ซมของชั้นเมล็ดข้าวเปลือกและอัตราการไหลของลมร้อนไม่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง

Rusmitus (1978) ได้ศึกษาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความสูงของชั้นมัน (5-20 ซม.) ความเร็วของลมร้อน (1,000-4,000 กก/ซม.ตร.ม), ความหนาของชั้นมัน (0.3-0.7 ซม.) และอุณหภูมิของลมร้อน (55-100° ซ) จากผลการทดลองพบว่า เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งอยู่ในช่วงการอบแห้งที่ความเร็วช้าลงและอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความเร็วของลมเพิ่มขึ้น แต่เป็นส่วนกลับกันความหนาของชั้นมันและความสูงของชั้นมัน อุณหภูมิของลมร้อนเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดและไม่ควรใช้อุณหภูมิเกิน 80°ซ นอกจากนั้นได้คำนวณหาค่าสัมประสิทธิการแพร่จากข้อมูลที่ได้ในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ กัน จาก55-85°ซ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 3×10^{6} ถึง 8×10^{6} ตร.ซม./วินาที

Tanthapanichakoon และ Loychirakul (1984) ได้ศึกษาเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งของผลไม้ 4 ชนิด คือ องุ่น ละมุด พุทรา และมะยม โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านเพื่อดูอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ คือ อุณหภูมิ (55-72°ซ) และความเร็วลม (0.9-1.6 ม/วินาที) ที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง พบว่าอัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์เกษตรที่ศึกษาทั้งหมดอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งที่ช้าลงและอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นขณะที่อุณหภูมิของลมร้อนเพิ่มขึ้น ส่วนความเร็วลมจะมีอิทธิพลเล็กน้อยต่ออัตราการอบแห้งของพุทรา แต่จะมีอิทธิพลพอประมาณต่ออัตราการอบแห้งของละมุด องุ่น และมะยม