

บทที่ 8

ผลการทดสอบโปรแกรมการออกแบบ

โปรแกรมการออกแบบประกอบด้วยเครื่องอบแห้ง 5 ชนิด ดังกล่าวมาแล้ว โดยมีเครื่องให้เลือก 8 เครื่องคือเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน เครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย(หัวฉีดด้วยความดัน) เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย(จานหมุนแบบมีใบในแนวรัศมี) เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทรงกระบอกท่อเดียว เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีห้องในแนวระดับหลายห้อง แต่ผลการทดสอบจะขอแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ เครื่องอบแห้งแบบไหลขนาน , เครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง , เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด , และเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

8.1 เครื่องอบแห้งแบบไหลขนาน

เครื่องอบแห้งในโปรแกรมที่เป็นลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบไหลขนานคือ เครื่องอบแห้งแบบหมุน(แบบไหลขนาน) , เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม และเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย จากผลการคำนวณโดยโปรแกรม ดังภาคผนวก ข. เมื่อพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมกับการคำนวณตามสมการดุลมวลสารรวมและสมการดุลพลังงานรวม พบว่า จากสมการดุลมวลสารรวม โปรแกรมคำนวณออกมามีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยกว่า 0.0012 เปอร์เซ็นต์ และจากสมการดุลพลังงานรวม โปรแกรมคำนวณออกมามีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยกว่า 0.001 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดลองโปรแกรมโดยการเปลี่ยนพารามิเตอร์ในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบหมุน (แบบไหลขนาน) พบว่า

8.1.1 เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ (w_1) มีค่าเพิ่มมากขึ้น จะทำให้อุณหภูมิของวัสดุขาออกมีค่าสูงขึ้นตามด้วย (เพิ่มขึ้นเล็กน้อย) ดังรูปที่ 8.3.และลมร้อนขาออกก็ต้องรับความชื้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นในลมร้อนขาออกมีค่าสูงขึ้น และอัตราการไหลของลมร้อนจะมีค่าสูงขึ้นมากดังรูปที่ 8.2 เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ

เพิ่มมากขึ้น วัสดุต้องการพลังงานความร้อนที่ใช้ในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุมากขึ้น ซึ่งพลังงานความร้อนที่วัสดุต้องการจะได้จากลมร้อน โดยลมร้อนต้องใช้อัตราการไหลที่มากขึ้นและปริมาตรของเครื่องอบแห้งก็จะเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของลมร้อน โดยเมื่ออัตราการไหลของลมร้อนสูงขึ้น และใช้ความเร็วของลมร้อนที่คงที่ จะทำให้พื้นที่หน้าตัดของท่ออบแห้งแบบหมุนเพิ่มขึ้น แต่ปริมาตรเครื่องจะเพิ่มเป็นขั้น ๆ เนื่องจากในการหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรของเครื่องอบแบบหมุน (แบบไหลขนาน) จะเกี่ยวกับจำนวนแผ่นยกด้วย ดังสมการภาคผนวก ข. จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรลดลงเป็นช่วง ๆ ตามจำนวนแผ่นยก แม้ว่าขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะเพิ่มขึ้นแล้ว ดังนั้นจากกราฟรูปที่ 8.1 จะพบว่าขนาดของเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลขนาน จะเพิ่มขึ้นเป็นขั้น ๆ และเพิ่มในสัดส่วนที่น้อยกว่าเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลสวนทาง

8.1.2 เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนสูงขึ้น จะพบว่าอุณหภูมิของวัสดุขาออกจะสูงขึ้น ดังรูปที่ 8.6 เมื่อดูปริมาณความชื้นจะพบว่าลมร้อนจะสามารถรับความชื้นได้มากขึ้น การที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าสูงขึ้น ทำให้ลมร้อนสามารถถ่ายเทพลังงานความร้อนให้แก่วัสดุได้มากขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิลมร้อนและวัสดุมากขึ้น ทำให้อัตราการไหลของลมร้อนที่ต้องใช้มีค่าน้อยลงมาก ดังรูปที่ 8.5 แต่ปริมาตรของเครื่องที่คำนวณได้ไม่แตกต่างกันมากดังรูปที่ 8.4 จะแตกต่างกันที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะลดลง

8.1.3 เมื่อความชื้นของลมร้อนขาเข้าสูงขึ้น จะพบว่าอุณหภูมิขาออกของวัสดุมีค่าสูงขึ้นตามแต่น้อยมาก เหตุที่อุณหภูมิของวัสดุขาออกสูงขึ้นเนื่องจาก เมื่อความชื้นขาเข้าของลมร้อนมีค่าสูงขึ้น ทำให้ความชื้นของลมร้อนขาออกมีค่าสูงขึ้นตาม อุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อนจะสูงขึ้นตาม ทำให้ค่าความร้อนแฝงของการระเหยน้ำมีค่าน้อยลง ทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้น และจากรูปที่ 8.7 จะพบว่าปริมาตรของเครื่องจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อความชื้นของลมร้อนเพิ่มมากขึ้น ความแตกต่างของความชื้นระหว่างลมร้อนกับวัสดุน้อยลงทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นในวัสดุต้องใช้เวลาในการระเหยเพิ่มมากขึ้น ปริมาตรจึงเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มในอัตราส่วนที่สูงกว่าการไหลแบบสวนทาง

8.1.4 เมื่ออัตราส่วนความชื้นของวัสดุขาออกมีค่าเพิ่มมากขึ้น จะทำให้อัตราการไหลของลมร้อนมีค่าน้อยลงดังรูปที่ 8.8 ทำให้ปริมาตรของเครื่องที่คำนวณได้มีค่าน้อยลงด้วย ดังรูปที่ 8.9 และอุณหภูมิของวัสดุก็จะมีค่าต่ำลงด้วย

8.1.5 เมื่ออัตราการป้อนวัสดุเปลี่ยนแปลง จะพบว่าไม่มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของลมร้อน และไม่มีผลต่ออุณหภูมิของวัสดุ โดยอัตราการป้อนวัสดุที่เพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการไหลของลมร้อนสูงขึ้นดังรูปที่ 8.10 และปริมาตรของเครื่องก็มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามด้วยดังรูปที่ 8.11 และพบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องจะเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 8.12

8.1.6 เมื่ออุณหภูมิของวัสดุขาเข้ามีค่าสูงขึ้น จะพบว่าอุณหภูมิของวัสดุขาออกไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุขาเข้า แต่อัตราการไหลของลมร้อนจะมีค่าน้อยลง แปรผกผันกับอุณหภูมิวัสดุขาเข้าที่สูงขึ้นดังรูปที่ 8.13 ทำให้ปริมาตรของเครื่องมีค่าน้อยลงตามด้วยดังรูปที่ 8.14 เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิขาเข้าของวัสดุสูง วัสดุจะต้องการพลังงานความร้อนจากลมร้อนน้อยลง ดังนั้นอัตราการไหลของลมร้อนที่ต้องใช้จึงน้อยลงและปริมาตรเครื่องน้อยลง โดยในกรณีนี้จะเห็นว่าเนื่องจากจากการคำนวณจะได้จำนวนของแผ่นยกที่เท่ากันดังนั้นเมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางของท่ออบแห้งมีค่าน้อยลงจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรของเครื่องมีค่าเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ปริมาตรเครื่องมีน้อยลงด้วย

8.1.7 เมื่อทดลองเปลี่ยนความเร็วของลมร้อน (เมตร/วินาที) พบว่าเมื่อความเร็วเพิ่มมากขึ้น เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะเล็กลงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นปริมาตรเครื่องก็จะน้อยลง แต่จากรูปที่ 8.15 จะเห็นว่าปริมาตรของเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลขนานจะลดลงเป็นช่วงขึ้นกับจำนวนแผ่นยกที่ติดตั้งในท่ออบแห้งด้วย

ในกรณีเครื่องอบแห้งแบบไหลขนานของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม จากสมการที่ใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร (ha) ดังภาคผนวก ข.2 สมการที่ ข.2.1 และ ข.2.2 จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรของเครื่อง จะมีค่าสูงมาก ดังตารางที่ 8.1 และจากข้อมูลการทดลองของเรียวไซ โทเอ (2529) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าในกรณีที่อนุภาคมีขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร ค่า ha จริงจะมีค่าประมาณ 1/8 ของค่าที่คำนวณได้ แต่สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร ค่า ha จริงจะมีค่าประมาณ 1/3 ของค่าที่คำนวณได้ แต่สำหรับกรณีที่อนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 3 มิลลิเมตร ค่า ha ที่คำนวณได้จะใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองจริง

ตารางที่ 8.1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร ha ของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม ที่อุณหภูมิลมร้อน 250 องศาเซลเซียส ความชื้น 0.01 ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ความเร็วลมร้อน 20 เมตร/วินาที อัตราส่วนช่องว่างของวัสดุ 0.7

ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	h (กิโลแคลอรี/ชม.ตร.ม. องศาเซลเซียส)	a (ตร.ม./ลบ.ม.)	ha ที่คำนวณได้ (กิโลแคลอรี/ชม.ลบ.ม. องศาเซลเซียส)
0.3	933.2	6,000	699,900
0.5	680.9	3,600	306,405
0.8	514.4	2,250	144,675
1.0	451.5	1,800	270,900
2.0	304.3	900	273,870
3.0	243.1	600	145,860

จากข้อมูลการทดลองของเรียวโซ โทเอ (2529) พบว่าค่า ha ของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมอยู่ในช่วง 2,000-8,000 กิโลแคลอรี/ชม.ลบ.ม.องศาเซลเซียส

และในกรณีของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งขนาดของอนุภาคโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงระหว่าง 50-500 ไมโครเมตร เมื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรตามภาคผนวก ข. สมการ ข.3 และข.2.2 จะได้ว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร (ha) ดังตารางที่ 8.2

จากข้อมูลการทดลอง เรียวโซ โทเอ (2529) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าค่า ha ของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยอยู่ระหว่าง 20 - 80 กิโลแคลอรี/ชม.ลบ.ม.องศาเซลเซียส

ตารางที่ 8.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร ha ของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิลมร้อน 250 องศาเซลเซียส ความชื้น 0.02 ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ความเร็วลมร้อน 0.5 เมตร/วินาที อัตราส่วนช่องว่างของวัสดุ 0.9

ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	h (กิโลแคลอรี/ชม.ตร.ม. องศาเซลเซียส)	a (ตร.ม./ลบ.ม.)	ha ที่คำนวณได้ (กิโลแคลอรี/ชม.ลบ.ม. องศาเซลเซียส)
0.06	1,484.8	10,000	1,856,000
0.08	1,146.2	7,500	1,074,562
0.1	940.0	6,000	705,000
0.2	515.2	3,000	193,200
0.3	366.5	2,000	91,625
0.4	289.5	1,500	54,281
0.5	241.1	1,200	36,165

เหตุที่ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรที่คำนวณจากสมการได้ค่ามากกว่าข้อมูลจากการทดลองมาก เนื่องจากในเครื่องอบแห้งการปฏิบัติงานจริง วัสดุจะไม่อยู่โดดเดี่ยวเป็นทรงกลม กระจายในกระแสมร้อนเท่าๆกัน ทุกพื้นที่หน้าตัดของท่ออบแห้ง แต่จะรวมตัวกันเป็นก้อน แม้เมื่อวัสดุจะเริ่มแห้งก็ยังคงเกาะรวมตัวกันอยู่เพราะเมื่อวัสดุเคลื่อนที่จะเกิดการชนซึ่งกันและกัน วัสดุจะมีแรงดึงดูดกันทำให้สะสมรวมตัวกันเป็นก้อนไม่ใช่ขนาดของวัสดุโดดเดี่ยว ซึ่งทำให้ขนาดของวัสดุจะเปลี่ยนไปตลอดความยาวเครื่อง

เพื่อความถูกต้องของปริมาตรเครื่องอบแห้งที่คำนวณได้ ผู้ใช้โปรแกรมจึงควรใช้ค่าที่ได้จากการทดลอง ซึ่งผู้ทำการวิจัยได้สร้างหน้าต่างไว้หนึ่งหน้าต่างในโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้สามารถป้อนค่า ha ที่ได้จากการทดลอง หรือสามารถกำหนดอุณหภูมิของลมร้อนขาออกได้ด้วยตนเอง

จากข้อมูลของการปฏิบัติงานจริงของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมดังตารางที่ 8.3 พบว่าต้องใช้ค่า ha เท่ากับ 560.2 กิโลแคลอรี/ชม.ลบ.ม.องศาเซลเซียส จึงจะได้ปริมาตรเครื่องเท่ากับปริมาตรเครื่องของการปฏิบัติงานจริง

ตารางที่ 8.3 ตารางแสดงข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงและจากโปรแกรมการออกแบบ
เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

ข้อมูล	การปฏิบัติงานจริง	โปรแกรมการออกแบบ
อัตราส่วนความชื้นวัสดุขาเข้า	0.111	0.111
อัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก	0.053	0.053
อุณหภูมิวัสดุขาเข้า (องศาเซลเซียส)	-	20
อุณหภูมิวัสดุขาออก (องศาเซลเซียส)	85	84.95
อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (องศาเซลเซียส)	250	250
อุณหภูมิลมร้อนขาออก (องศาเซลเซียส)	105	105
ความชื้นลมร้อนขาเข้า	-	0.025
ความชื้นลมร้อนขาออก	-	0.05894
อัตราการป้อนวัสดุไร่ความชื้น (กก./ชม.)	4000	4000
ความเร็วของลมร้อน (เมตร/วินาที)	16	16
ขนาดของวัสดุ (มิลลิเมตร)	0.2	0.2
ปริมาตรเครื่อง (ลบ.ม.)	5.0385	5.038
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (เมตร)	0.54	0.489
ความยาวท่อ (เมตร)	22	26.87

จากข้อมูลของการปฏิบัติงานจริงของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ดังตารางที่ 8.4 พบว่าโปรแกรมสามารถคำนวณเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อได้ขนาดใกล้เคียงกับข้อมูลของการปฏิบัติงานจริง เนื่องจากการคำนวณเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ จะคำนวณจากเส้นโคจรของหยดของเหลวว่ามีระยะทางวิ่งในแนวระดับเท่าใด แต่การคำนวณปริมาตรของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยต้องใช้ค่า h_a ซึ่งเท่ากับ 62 กิโลแคลอรี/ชม.ลบ.ม.องศาเซลเซียส จึงจะได้ความยาวของท่อใกล้เคียงกับข้อมูลการปฏิบัติงานจริง

ตารางที่ 8.4 ตารางแสดงข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงและจากโปรแกรมการออกแบบ
เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ข้อมูล	การปฏิบัติงานจริง	โปรแกรมการออกแบบ
อัตราส่วนความชื้นวัสดุขาเข้า	1.0	1.0
อัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก	0.08	0.08
อุณหภูมิวัสดุขาเข้า (องศาเซลเซียส)	50	50
อุณหภูมิวัสดุขาออก (องศาเซลเซียส)	-	52.2193
อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (องศาเซลเซียส)	190	190
อุณหภูมิลมร้อนขาออก (องศาเซลเซียส)	80	80
ความชื้นลมร้อนขาเข้า	-	0.01
ความชื้นลมร้อนขาออก	-	0.05622
อัตราการป้อนวัสดุไร้ความชื้น (กก./ชม.)	500	500
ขนาดของวัสดุ (ไมโครเมตร)	350	350
เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (เมตร)	4.2	4.186
ความยาวของท่อทรงกระบอก (เมตร)	4.3	4.3817

จากการทดลองโปรแกรมการออกแบบของเครื่องแห้งแบบพ่นฝอยพบว่า

8.1.8 เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ w_1 มีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ ปริมาตรของเครื่องอบแห้งเพิ่มขึ้น เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ w_1

8.1.9 เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนสูงขึ้น จะพบว่าอุณหภูมิของวัสดุขาออกสูงขึ้น อัตราการไหลของลมร้อนมีค่าน้อยลง และปริมาตรของเครื่องอบแห้งก็จะน้อยลงด้วย ดังรูปที่ 8.16

8.1.10 เมื่อความชื้นขาเข้าของลมร้อนสูงขึ้น จะพบว่าอุณหภูมิของวัสดุขาออกสูงขึ้น และปริมาตรของเครื่องอบแห้งจะเพิ่มขึ้นด้วย

8.1.11 เมื่ออุณหภูมิของวัสดุขาเข้ามีค่าสูงขึ้น จะพบว่าอัตราการไหลของลมร้อนมีค่าน้อยลง และปริมาตรของเครื่องอบแห้งก็จะน้อยลงด้วยดังรูปที่ 8.17

8.1.12 เมื่ออัตราการป้อนวัสดุสูงขึ้น จะทำให้อัตราการไหลของลมร้อนสูงขึ้นและปริมาตรของเครื่องอบแห้งจะเพิ่มขึ้นด้วยดังรูปที่ 8.18

8.1.13 เมื่อความเร็วของลมร้อน (เมตร/วินาที) เพิ่มขึ้น จะทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของท่ออบแห้งลดลงและปริมาตรของเครื่องอบแห้งก็จะน้อยลงด้วย แต่ความยาวของท่ออบแห้งจะเพิ่มขึ้น

8.1.14 เมื่อขนาดของวัสดุใหญ่ขึ้น พบว่าต้องใช้ปริมาตรของเครื่องอบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อขนาดของวัสดุใหญ่ขึ้น จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรของเครื่องมีค่าน้อยลง จึงทำให้ขนาดของเครื่องเพิ่มขึ้นแม้ว่าสภาพของลมร้อนและวัสดุที่ทางเข้า-ทางออกจะมีลักษณะเหมือนเดิม

และจากการทดลองโปรแกรมการออกแบบของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของสภาพวัสดุ , ลมร้อนและเครื่อง จะแปรเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกันกับเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม จะแตกต่างกันที่ในเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะมากกว่า เนื่องจากการฉีดออกของของเหลวจากหัวฉีดจะมีระยะทางวิ่งในแนวระดับ ขนาดของท่อจึงใหญ่ตามระยะทางที่วิ่งในแนวระดับของหยดของเหลว

จากการทดลองเปลี่ยนตัวแปรในเครื่องอบแห้งแบบไหลขนานทั้งหมดพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อขนาดของเครื่อง มีดังนี้

ก. อัตราส่วนความชื้นของวัสดุ

ขนาดของเครื่อง แปรผันตามอัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ

ข. อุณหภูมิของลมร้อน

ขนาดของเครื่อง แปรผกผันกับอุณหภูมิของลมร้อน

ค. ความชื้นของลมร้อนขาเข้า

ขนาดของเครื่อง แปรผันตามปริมาณความชื้นของลมร้อนขาเข้า

ง. อุณหภูมิของวัสดุขาเข้า

ขนาดของเครื่อง แปรผกผันกับอุณหภูมิของวัสดุขาเข้า

จ. อัตราการป้อนวัสดุ

ขนาดของเครื่อง แปรผันตามอัตราการป้อนวัสดุ

สรุปแล้วสิ่งที่ทำให้ขนาดของเครื่องมีขนาดเปลี่ยนแปลง ก็คืออัตราการไหลของลมร้อน ขนาดของเครื่องจะแปรผันตามอัตราการไหลของลมร้อน

8.2 เครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง

เครื่องอบแห้งในโปรแกรมการออกแบบที่ใช้ลักษณะของการไหลแบบสวนทาง คือ เครื่องอบแห้งแบบหมุน (แบบไหลสวนทาง) จากผลการคำนวณจากโปรแกรมดังภาคผนวก ข. เมื่อพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมกับการคำนวณตามสมการดุลมวลสารรวมและสมการดุลพลังงานรวม พบว่า จากสมการดุลมวลสารรวม โปรแกรมคำนวณออกมามีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยกว่า 0.007 เปอร์เซ็นต์ และจากสมการดุลพลังงานรวม โปรแกรมคำนวณออกมามีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยกว่า 0.005 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดลองคำนวณโดยการเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่า

8.2.1 เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุเพิ่มมากขึ้น จะทำให้อัตราการไหลของลมร้อนที่ต้องใช้มีค่าสูงขึ้นในลักษณะที่เป็นเชิงเส้นดังรูปที่ 8.2 และพบว่าอัตราการไหลของลมร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งแบบไหลขนาน จะพบว่าต้องใช้อัตราการไหลของลมร้อนที่มากกว่า และจากการที่อัตราการไหลของลมร้อนสูงขึ้นนี้เอง ทำให้พื้นที่หน้าตัดของท่ออบแห้งจะเพิ่มมากขึ้น จากสมการที่ใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร (ha) ของเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลสวนทาง พบว่าค่าของ ha จะลดลงเมื่อพื้นที่หน้าตัดของท่ออบแห้งเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ปริมาตรเครื่องที่คำนวณได้มีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 8.1 และพบว่าอัตราการเพิ่มปริมาตรของเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลสวนทางจะมากกว่าแบบไหลขนาน ส่วนอุณหภูมิของวัสดุขาออกจะไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นขาเข้าของลมร้อน และอัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ

8.2.2 เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนสูงขึ้น พบว่าอุณหภูมิของวัสดุขาออก จะเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ เนื่องจากวัสดุที่กำลังจะออกจากเครื่อง จะสัมผัสกับอุณหภูมิขาเข้าของลมร้อน จึงทำให้อุณหภูมิวัสดุในเครื่องแบบไหลสวนทางจะสูงกว่าแบบไหลขนานมากถึง 20-30 องศาเซลเซียส และการที่เพิ่มอุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนมากขึ้น ในขณะที่ความชื้นของลมร้อนเท่าเดิม จะทำให้ลมร้อนสามารถรับความชื้นได้มากขึ้น ทำให้อัตราการไหล

ของลมร้อนที่ต้องใช้ลดน้อยลง และจะได้พื้นที่หน้าตัดของท่ออบแห้งน้อยลงด้วย ทำให้ค่า h_a เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้ปริมาตรของเครื่องมีค่าน้อยลงอย่างมากดังรูปที่ 8.4 เมื่อเปรียบเทียบกับ การไหลแบบขนาน

8.2.3 เมื่อความชื้นของลมร้อนขาเข้ามีค่าสูงขึ้น พบว่าอุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าสูงขึ้นตามอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อนที่สูงขึ้น และอัตราการไหลของลมร้อนที่ต้องใช้จะมีค่าน้อยลงซึ่งมีผลทำให้ปริมาตรของเครื่องมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยเพิ่มในอัตราส่วนที่น้อยกว่า การไหลแบบขนาน ดังรูปที่ 8.7

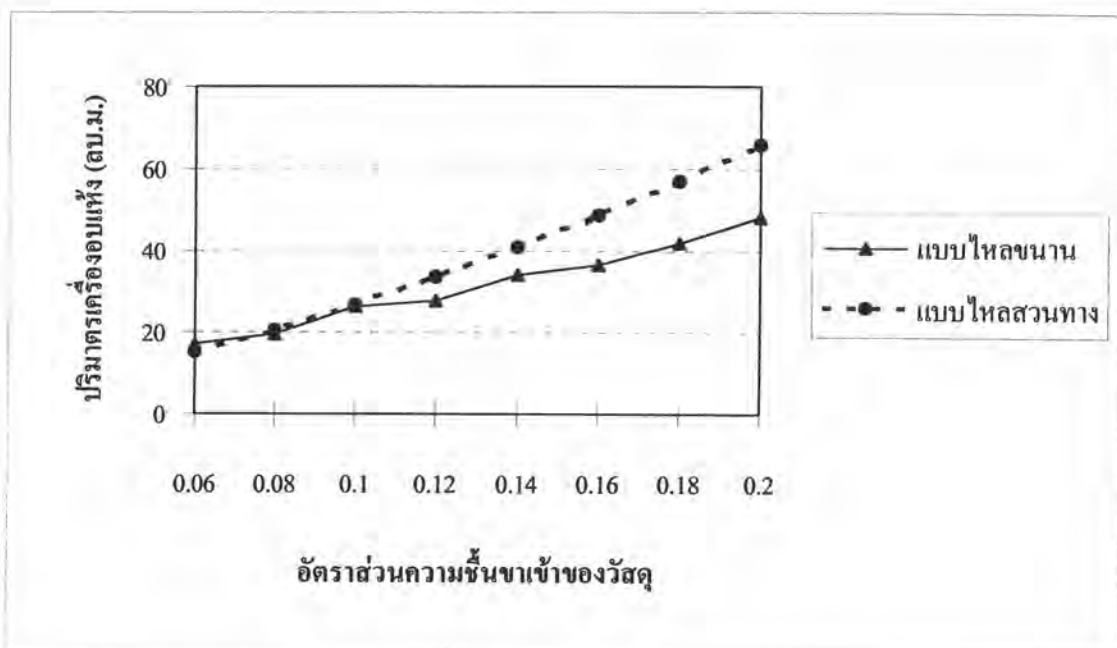
8.2.4 เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุเพิ่มสูงขึ้น จะมีผลทำให้ได้ อัตราการไหลของลมร้อนน้อยลง ดังรูปที่ 8.8 ในช่วงแรกจะเห็นว่าลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับการไหลแบบขนาน เมื่ออัตราการไหลของลมร้อนน้อยลง ทำให้ขนาดของพื้นที่หน้าตัดของท่ออบแห้งลดลงด้วย มีผลทำให้ h_a มีค่าเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาตรของเครื่องที่ต้องใช้จะน้อยลงดังรูปที่ 8.9 และอุณหภูมิของวัสดุขาออกมีค่าน้อยลงด้วย

8.2.5 เมื่ออัตราการป้อนวัสดุเปลี่ยนแปลง พบว่าไม่มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของลมร้อนและวัสดุ โดยพบว่าอัตราการไหลของลมร้อนจะแปรผันตามอัตราการป้อน วัสดุไร้ความชื้น ในลักษณะเดียวกันกับการไหลแบบขนาน ดังรูปที่ 8.10 ทำให้พื้นที่หน้าตัดของท่ออบแห้งเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 8.12 มีผลให้ h_a ลดลง และทำให้ปริมาตรของเครื่องเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 8.11

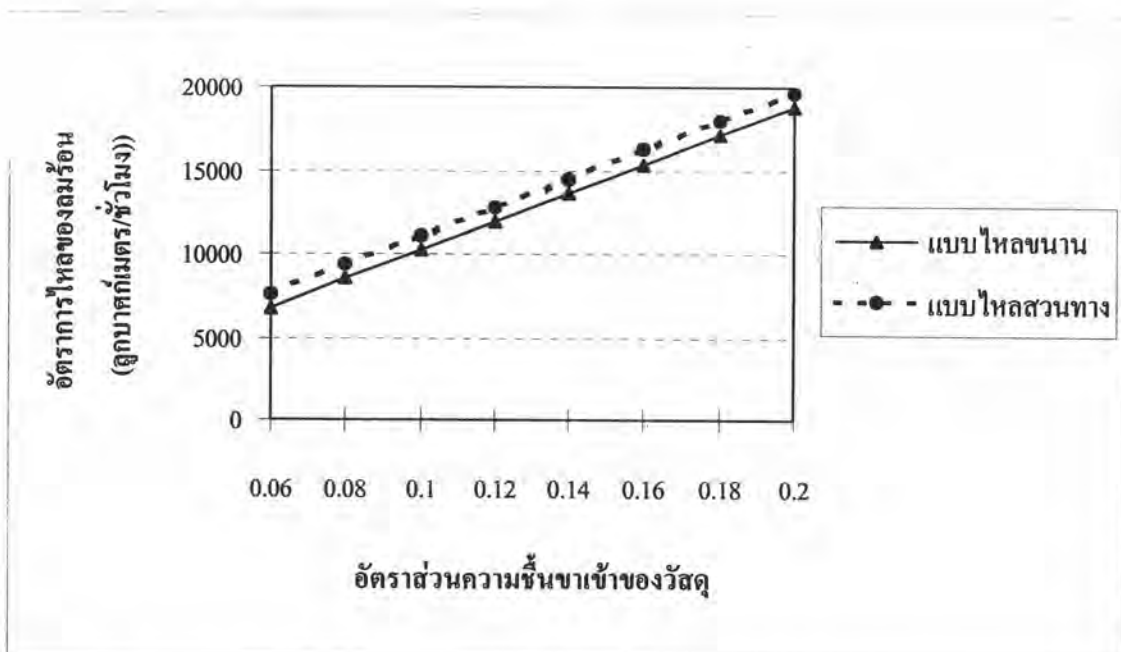
8.2.6 เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของวัสดุเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้อัตราการไหลของลมร้อนมีค่าน้อยลง แปรผกผันกับอุณหภูมิขาเข้าของวัสดุ ดังรูปที่ 8.13 ทำให้ปริมาตรของเครื่อง เล็กลง ดังรูปที่ 8.14

8.2.7 เมื่อเลือกความเร็วของลมร้อนให้สูงขึ้น พบว่ามีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดของท่ออบแห้งเล็กลง ทำให้ค่า h_a มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ปริมาตรของเครื่องน้อยลง ในลักษณะดังรูปที่ 8.15 ลดลงมา ณ จุดที่ความเร็วของลมร้อนเท่ากับ 1.8 และ 2.0 เมตร/วินาที จึงจะได้ ปริมาตรของเครื่องอบแห้งที่ใกล้เคียงกันกับการไหลแบบขนาน

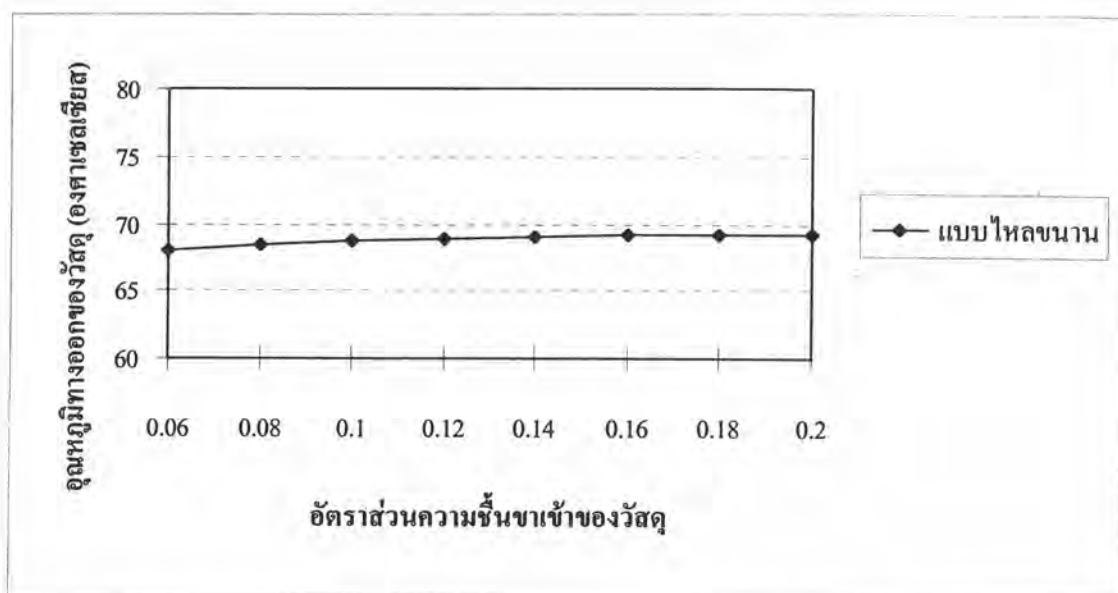
จากการทดลองเปลี่ยนตัวแปรในเครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทางทั้งหมดพบว่าตัวแปร ที่มีผลต่อขนาดของเครื่อง จะเหมือนกับในกรณีของการไหลขนาน



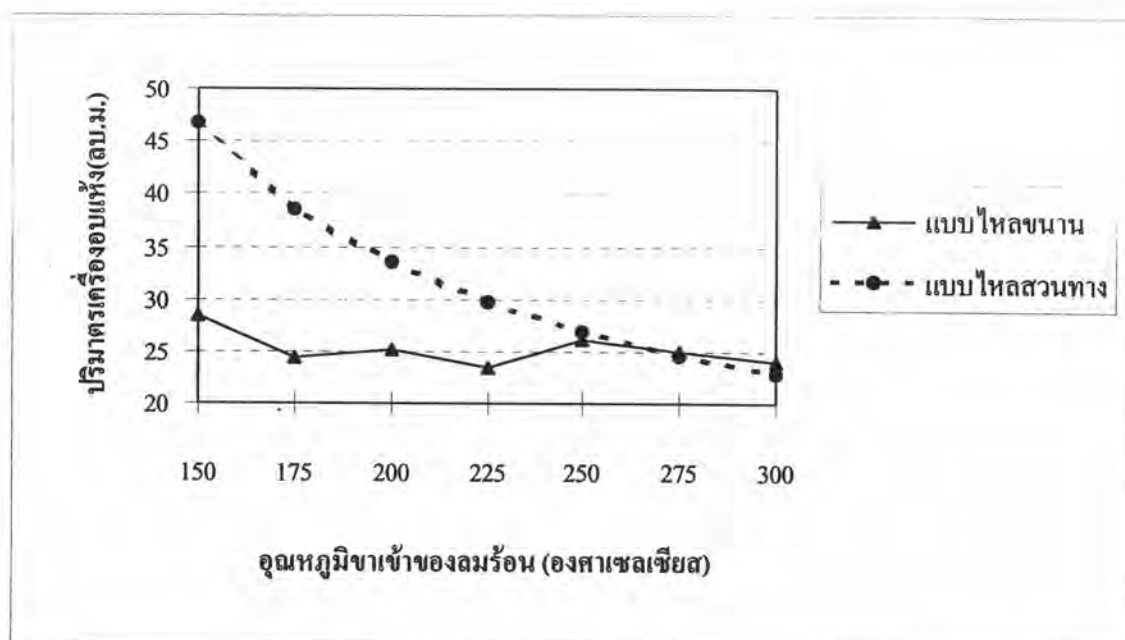
รูปที่ 8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นเข้าของวัสดุกับปริมาตรที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



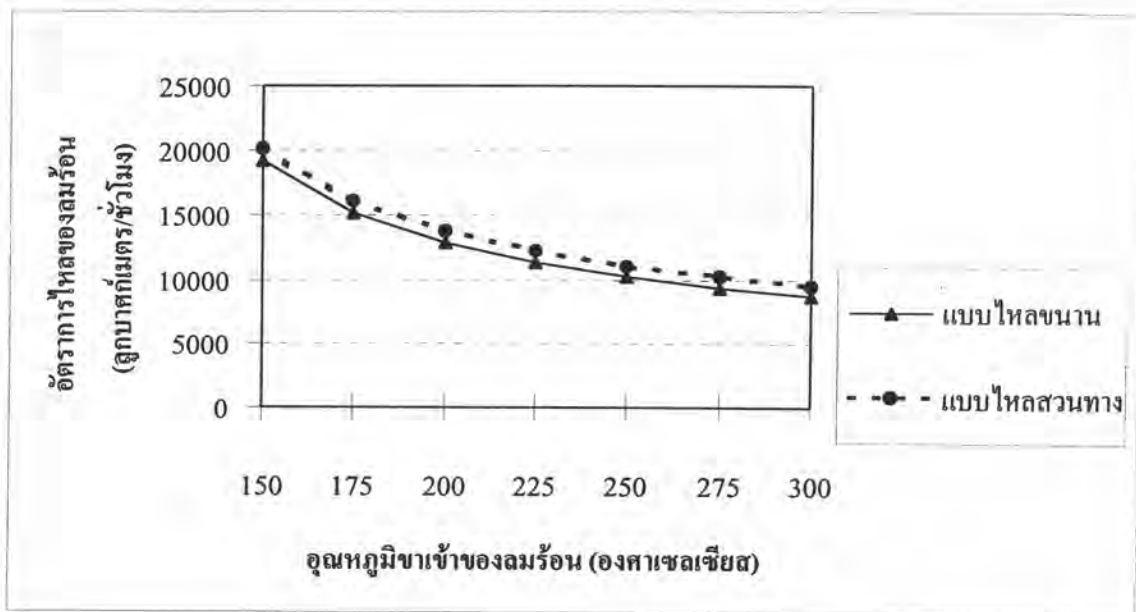
รูปที่ 8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นเข้าของวัสดุกับอัตราการไหลของลมร้อนที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



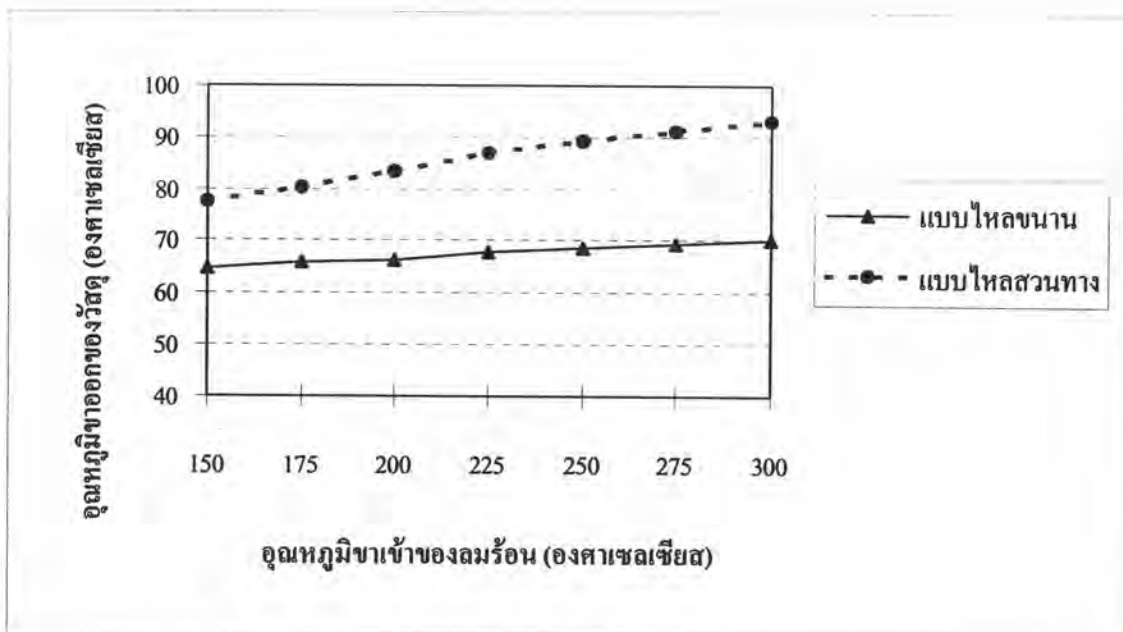
รูปที่ 8.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุกับอุณหภูมิของวัสดุขาออกที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลขนาน



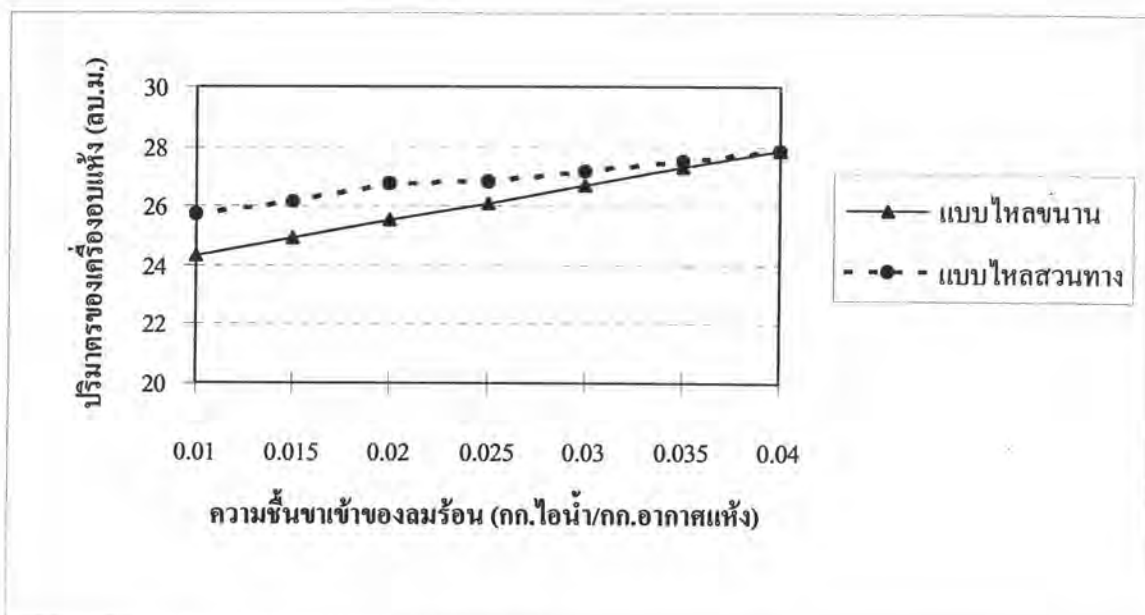
รูปที่ 8.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนกับปริมาณเครื่องที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



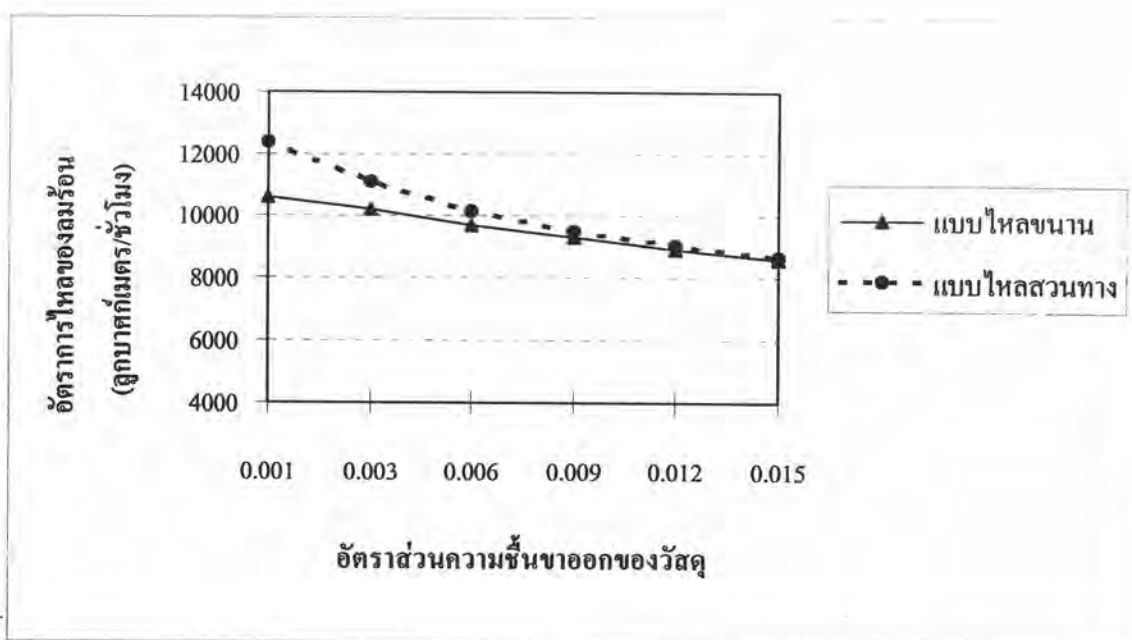
รูปที่ 8.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจำเข้าของลมร้อนกับอัตราการไหลของลมร้อนที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



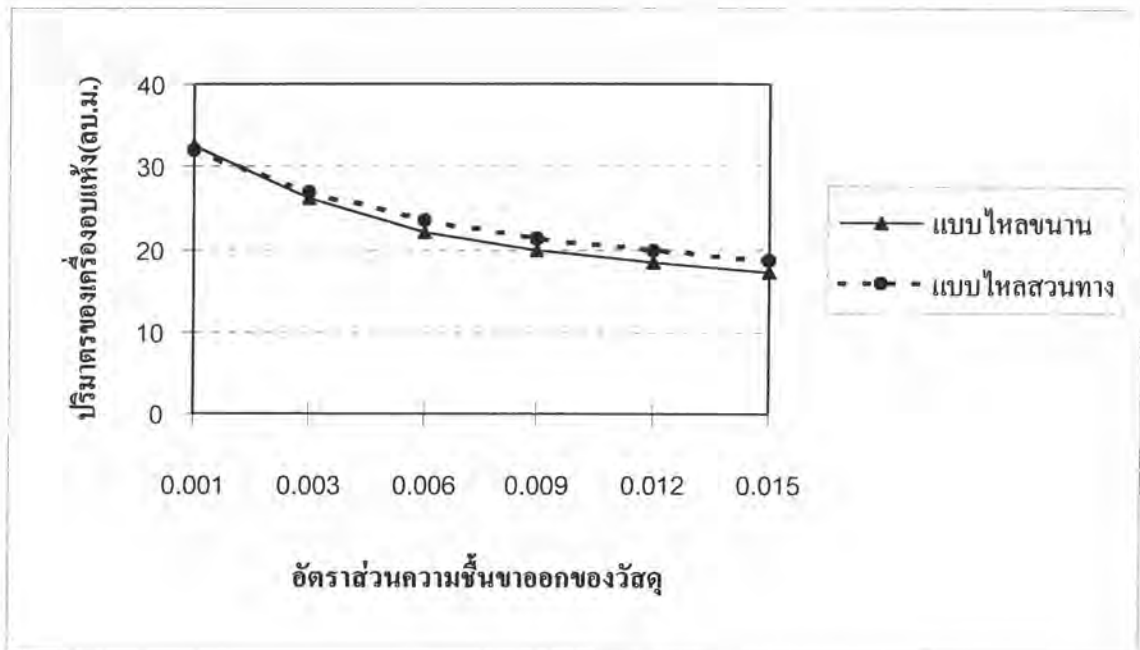
รูปที่ 8.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจำเข้าของลมร้อนกับอุณหภูมิจำออกของวัสดุที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



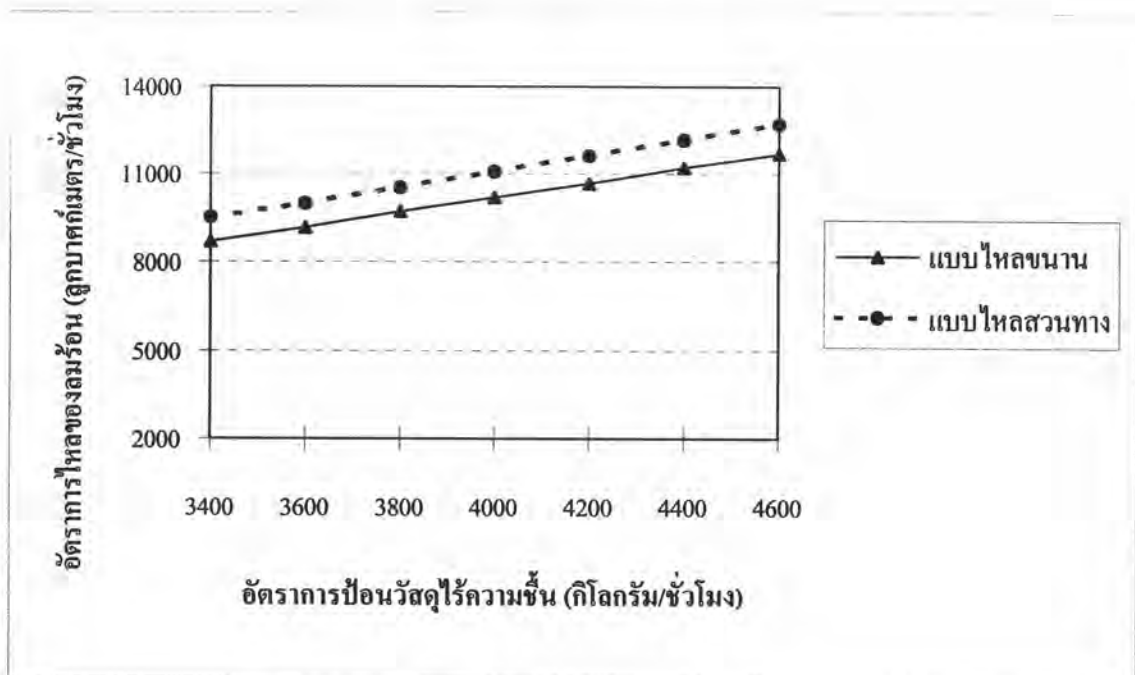
รูปที่ 8.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นขาเข้าของลมร้อนกับปริมาณเครื่องที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



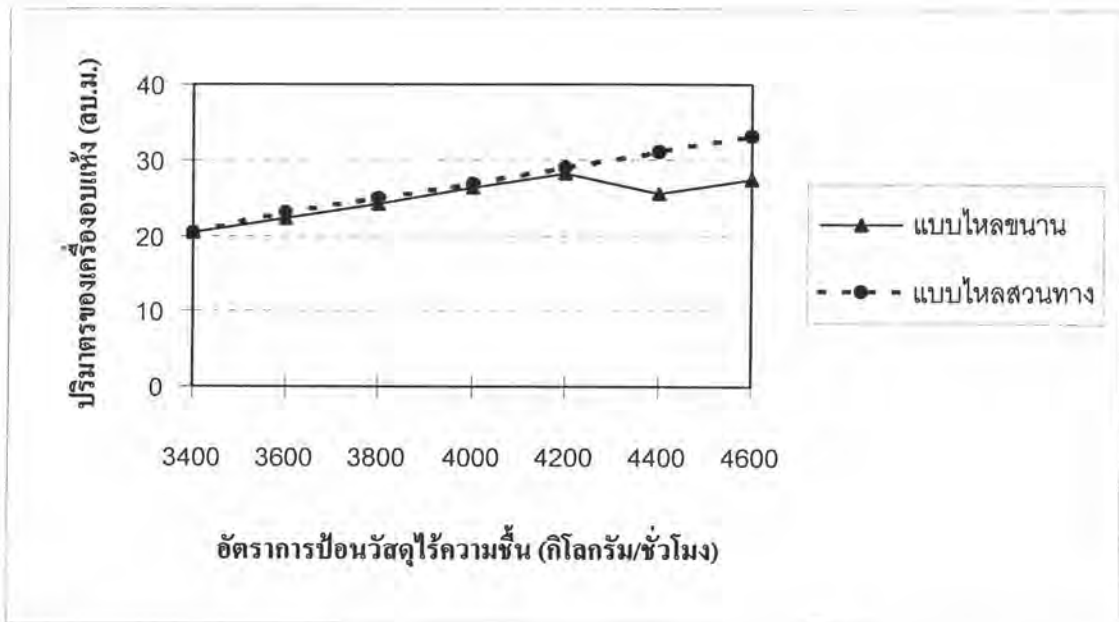
รูปที่ 8.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ กับอัตราการไหลของลมร้อนที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



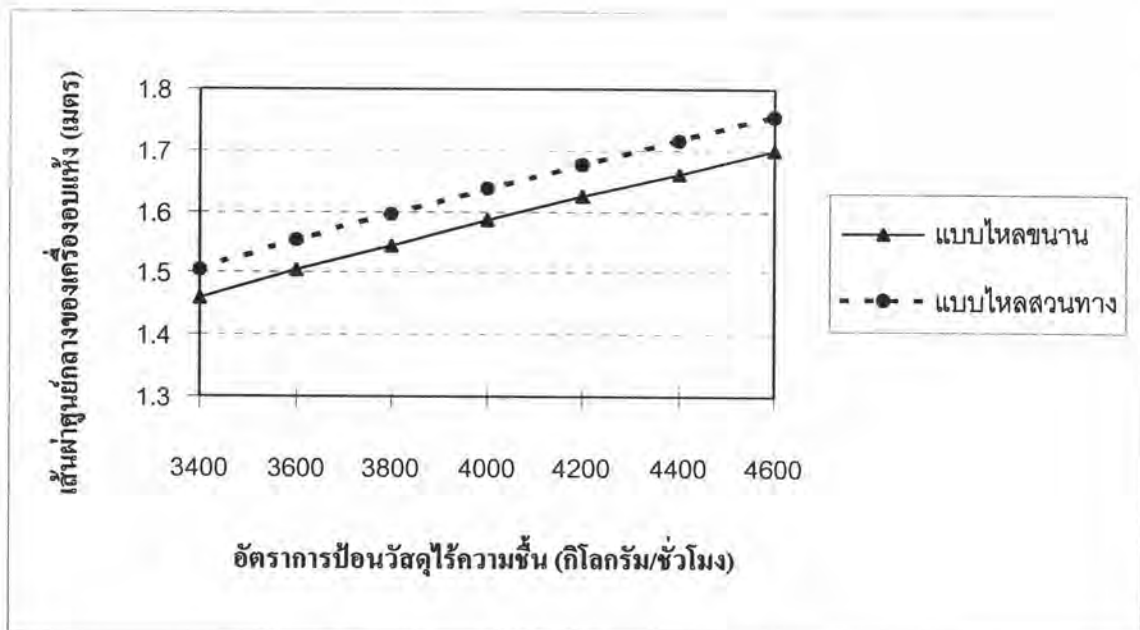
รูปที่ 8.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนความขรุขระของวัสดุ กับปริมาณเครื่องที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



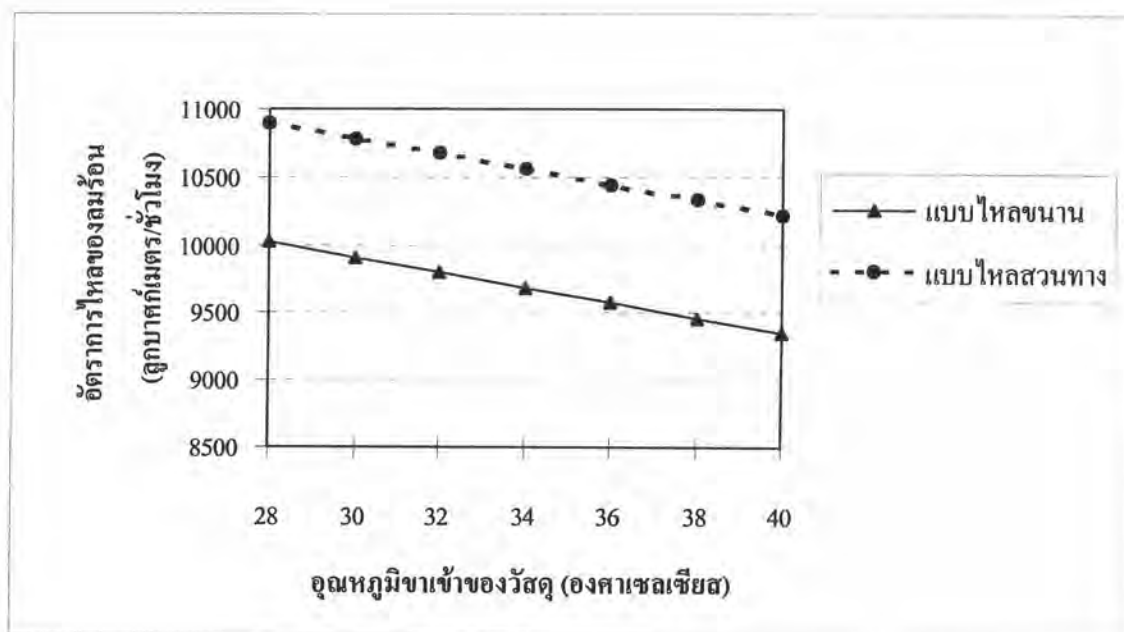
รูปที่ 8.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนวัสดุไร้ความชื้นกับอัตราการไหลของลมร้อนที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



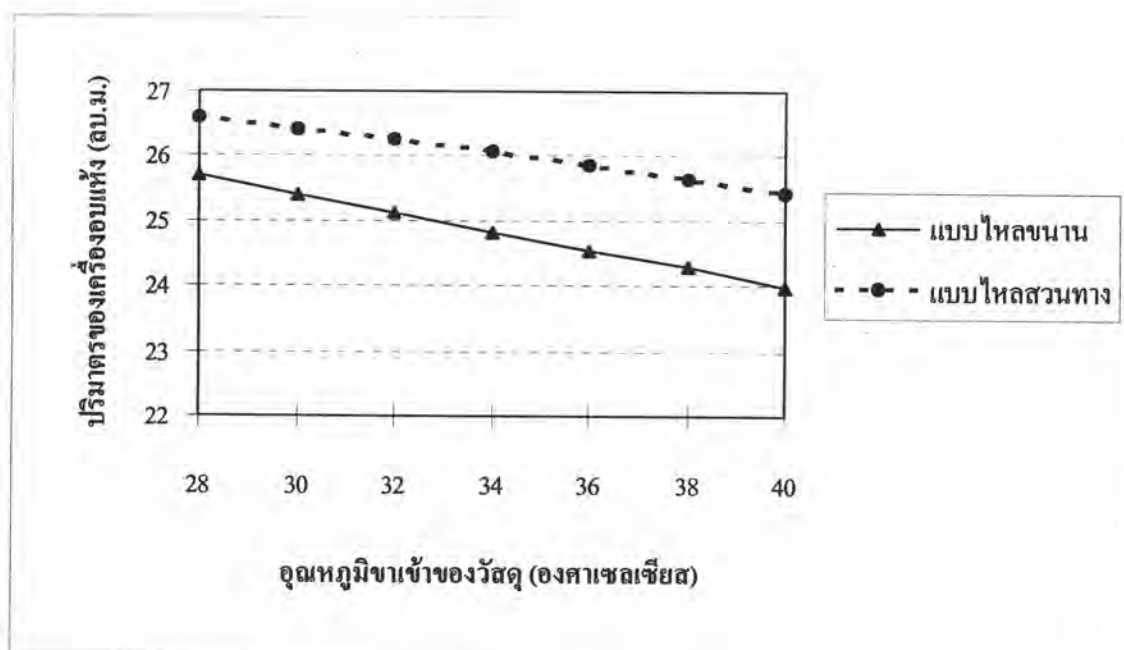
รูปที่ 8.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนวัสดุกับปริมาณเครื่องที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



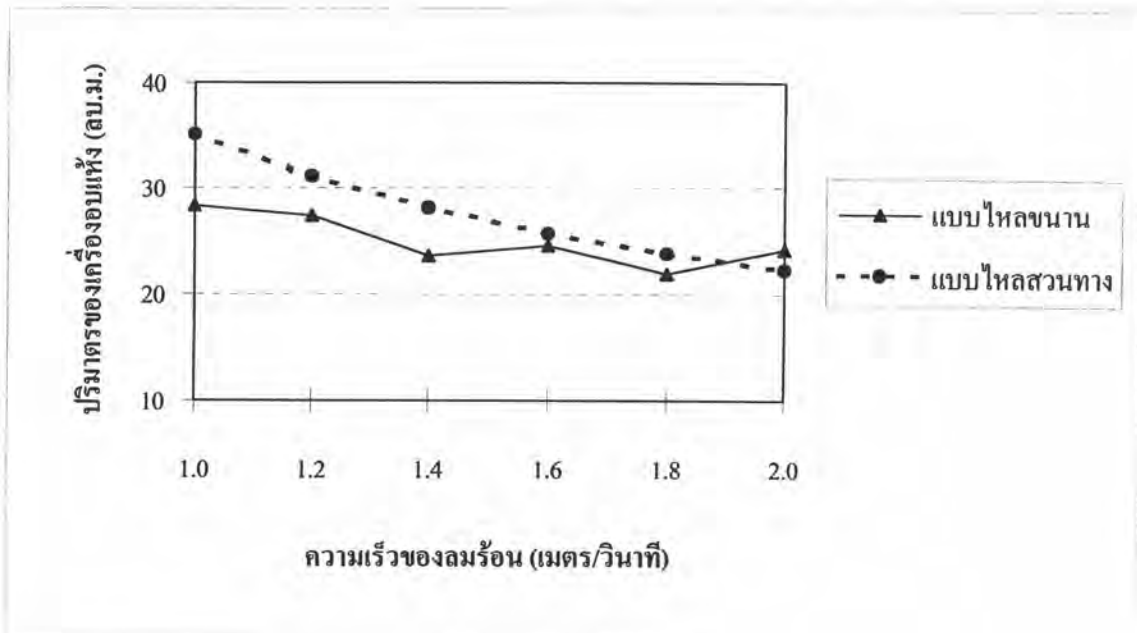
รูปที่ 8.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนวัสดุกับเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



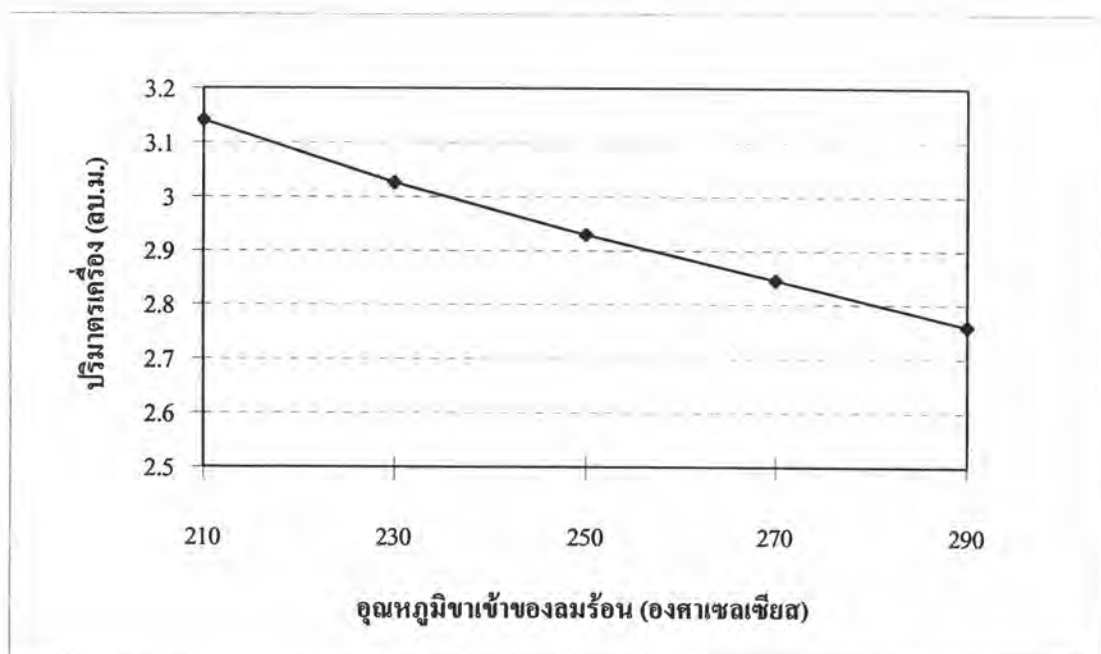
รูปที่ 8.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของวัสดุกับอัตราการไหลของลมร้อนที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



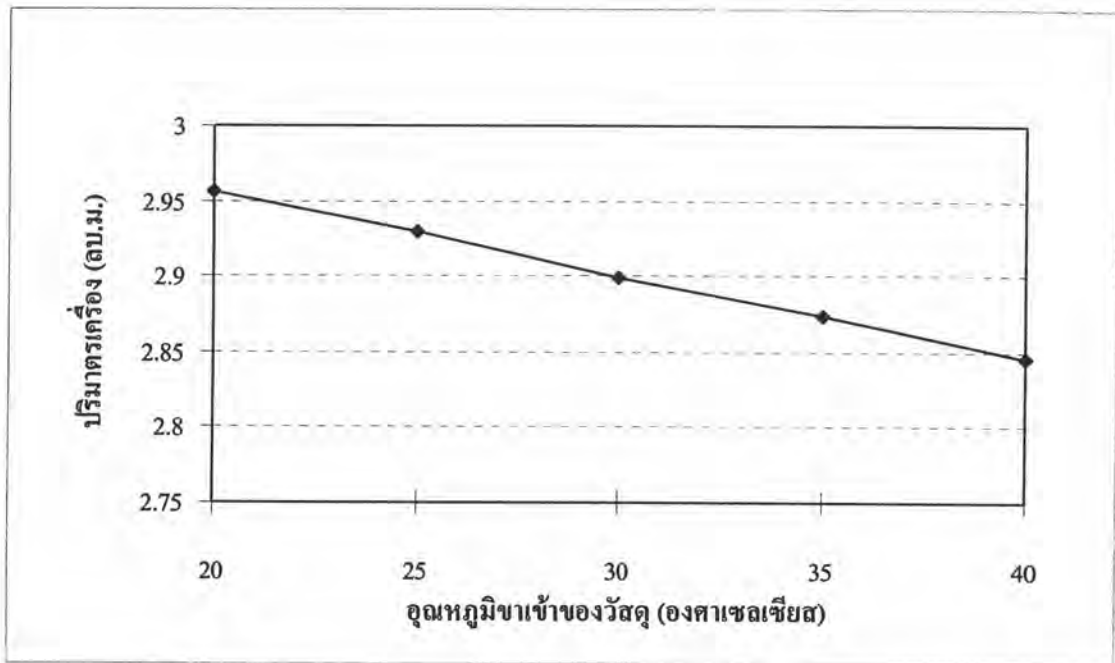
รูปที่ 8.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของวัสดุกับปริมาณที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



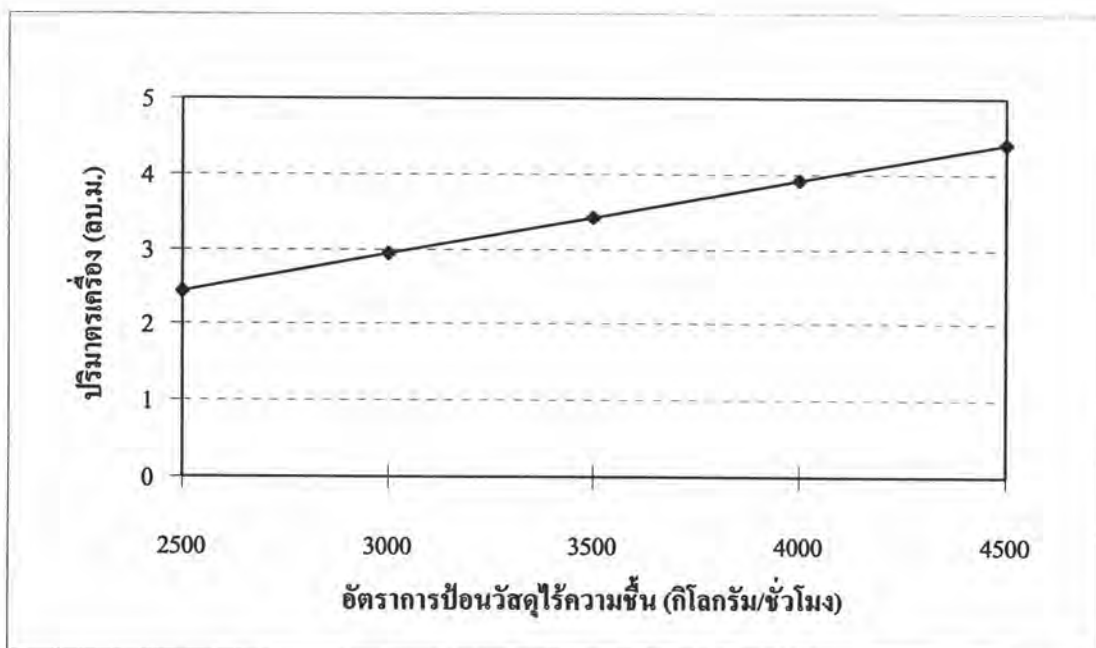
รูปที่ 8.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของลมร่อนกับปริมาณที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน



รูปที่ 8.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศเข้าของลมร่อนกับปริมาณเครื่องที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม



รูปที่ 8.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาของวัสดุกับปริมาณเครื่องที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม



รูปที่ 8.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนวัสดุกับปริมาณเครื่องที่คำนวณได้จากเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

8.3 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ในโปรแกรมการออกแบบมีอยู่ 2 เครื่อง คือเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทรงกระบอกท่อเดียว และแบบที่มีห้องในแนวระดับหลายห้อง จากผลของการคำนวณโดยโปรแกรม ดังภาคผนวก ข. พบว่าเมื่อเทียบผลการคำนวณโดยโปรแกรมกับข้อมูลในหนังสือจะมีความแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 4-10 เปอร์เซ็นต์ และจากข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทั้งสองเครื่อง พบว่า

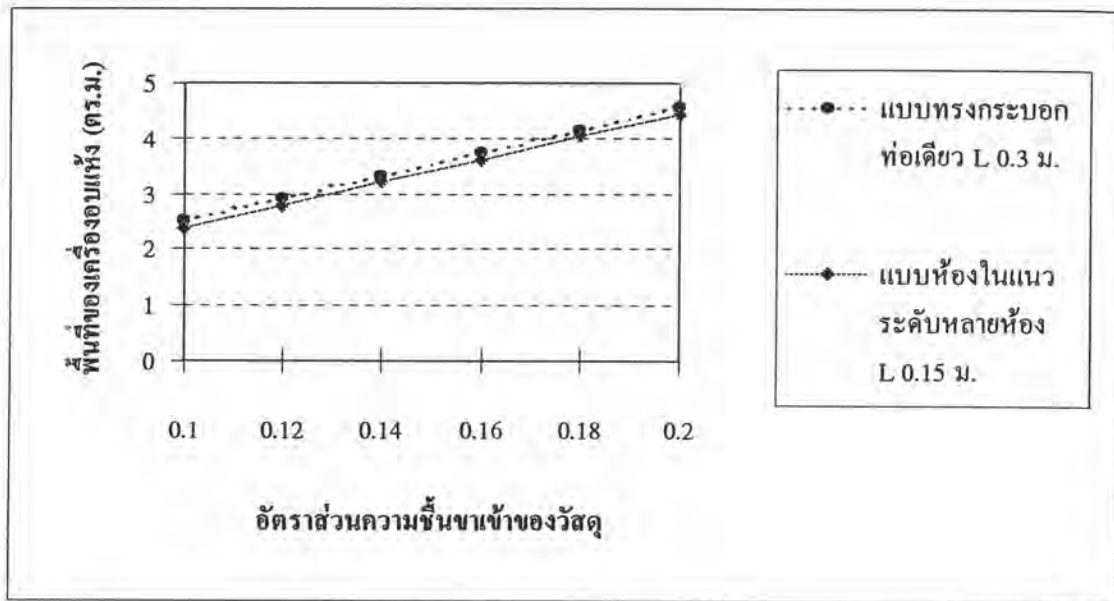
8.3.1 เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุเพิ่มขึ้น ขนาดของพื้นที่เครื่องจะเพิ่มขึ้นตามค่าอัตราส่วนความชื้นที่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 8.19 และพบว่าเครื่องทั้งสองจะใช้ขนาดพื้นที่ที่ใกล้เคียงกัน และเวลาเฉลี่ยที่วัสดุต้องอยู่ในเครื่องจะเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 8.20

8.3.2 เมื่ออุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้สูงขึ้น จะทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้น ขนาดพื้นที่ของเครื่องจะน้อยลง ดังรูปที่ 8.21 และเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องจะน้อยลงดังรูปที่ 8.21

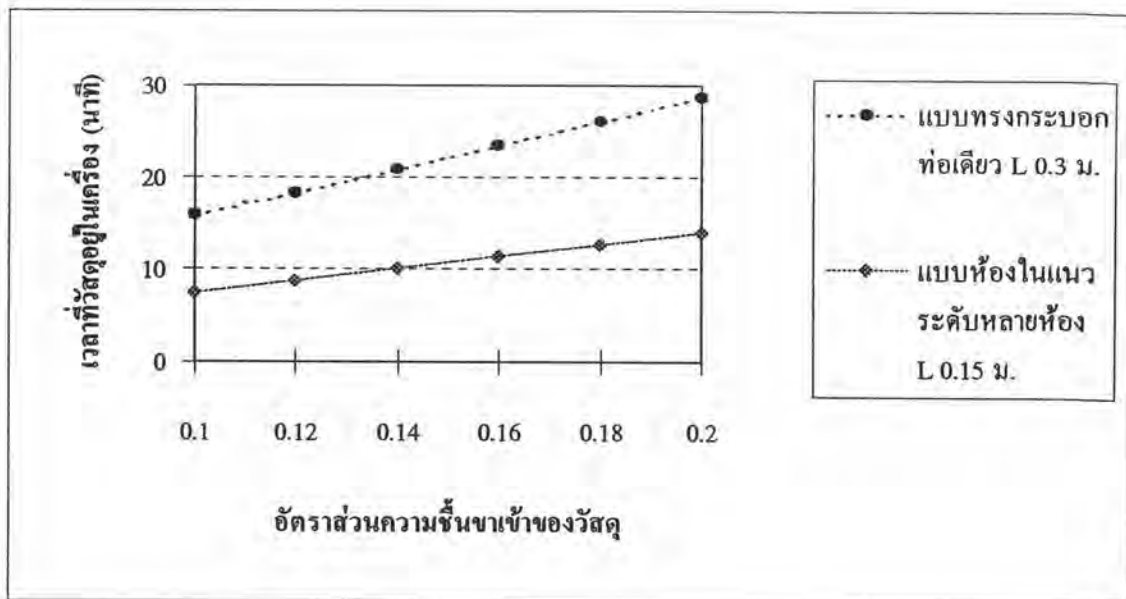
8.3.3 เมื่อปริมาณความชื้นของลมร้อนมีค่าสูงขึ้น อุณหภูมิของวัสดุจะลดลงอย่างมาก และพื้นที่ของเครื่องอบแห้งที่ต้องใช้ในการอบแห้งจะเพิ่มมากขึ้น

8.3.4 เมื่ออัตราการป้อนวัสดุสูงขึ้น พบว่าขนาดของเครื่องจะแปรผันตามอัตราการป้อนวัสดุ ดังรูปที่ 8.23 และเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องจะเท่าเดิม

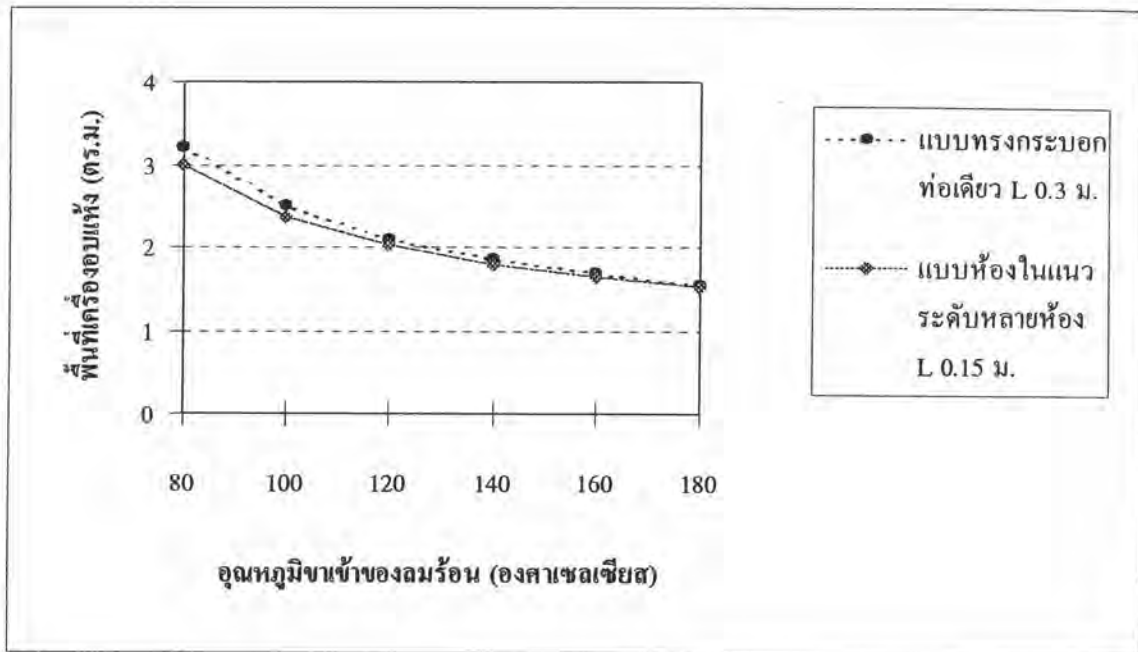
8.3.5 เมื่อขนาดของวัสดุใหญ่ขึ้น พบว่าขนาดของเครื่องจะน้อยลงเนื่องจากเมื่อขนาดของวัสดุใหญ่ขึ้น จะต้องใช้ความเร็วของลมร้อนที่สูงขึ้นในการทำให้เกิดการฟลูอิดไดซ์ จึงทำให้พื้นที่ของเครื่องที่ต้องใช้ในการอบแห้งมีค่าน้อยลง ดังรูปที่ 8.24



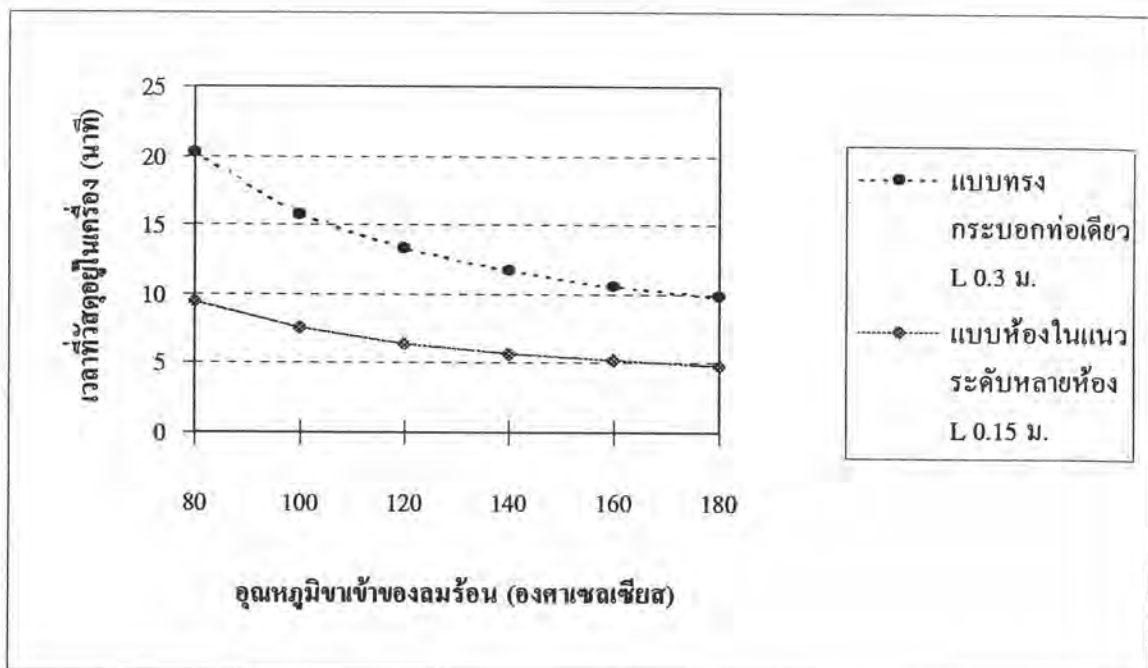
รูปที่ 8.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุกับพื้นที่เครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด



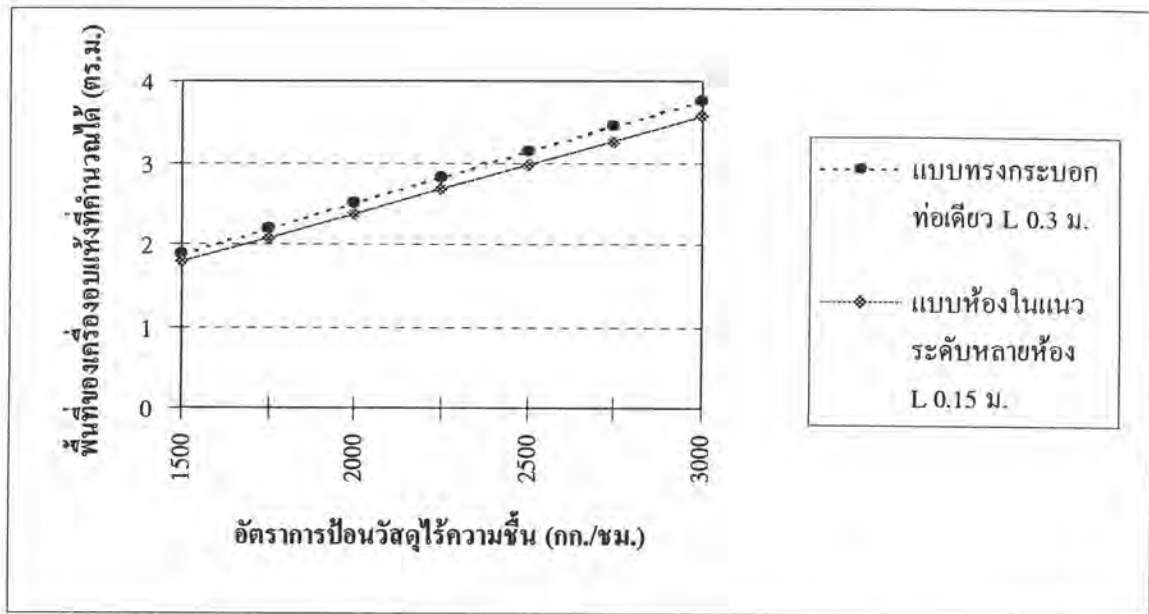
รูปที่ 8.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุกับเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด



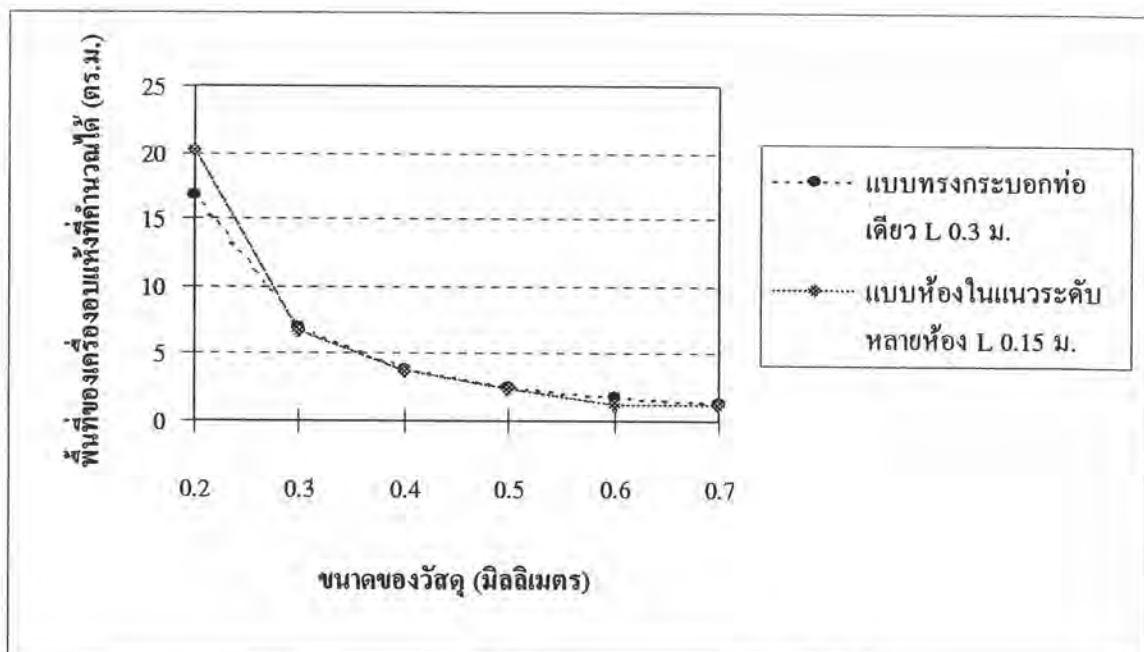
รูปที่ 8.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศเข้าของลมร้อนกับพื้นที่เครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด



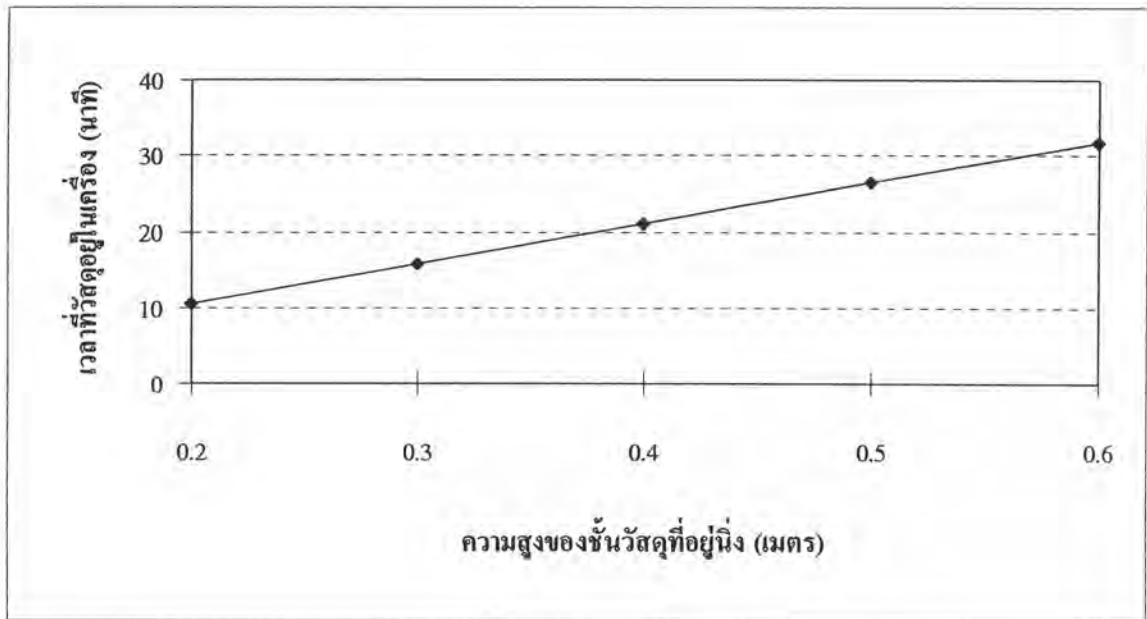
รูปที่ 8.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศเข้าของลมร้อนกับเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด



รูปที่ 8.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนวัสดุกับพื้นที่เครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด



รูปที่ 8.24 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของวัสดุกับพื้นที่เครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด



รูปที่ 8.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของชั้นวัสดุเวลาอยู่นิ่งกับเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่อง
ที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

8.4 เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

ในโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน จะทำการคำนวณค่าพื้นที่ของเครื่องที่ต้องใช้จากเวลาที่วัสดุต้องใช้ในการอบแห้ง และค่าความดันลดสำหรับการไหลผ่าน เมื่อเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมกับข้อมูลในหนังสือ จะมีความแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 3-6 เปอร์เซ็นต์ และจากข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมคำนวณออกมาดังภาคผนวก ข. 7 พบว่า

8.4.1 เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุสูงขึ้น เวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น ขนาดพื้นที่ของเครื่องก็เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 8.26

8.4.2 เมื่ออุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้งร้อนขึ้น เวลาที่วัสดุต้องใช้ในการอบแห้งจะลดลง ดังรูปที่ 8.27

8.4.3 เมื่อความชื้นของลมร้อนสูงขึ้น จะต้องใช้เวลาในการอบแห้งมากขึ้น ดังรูปที่ 8.28

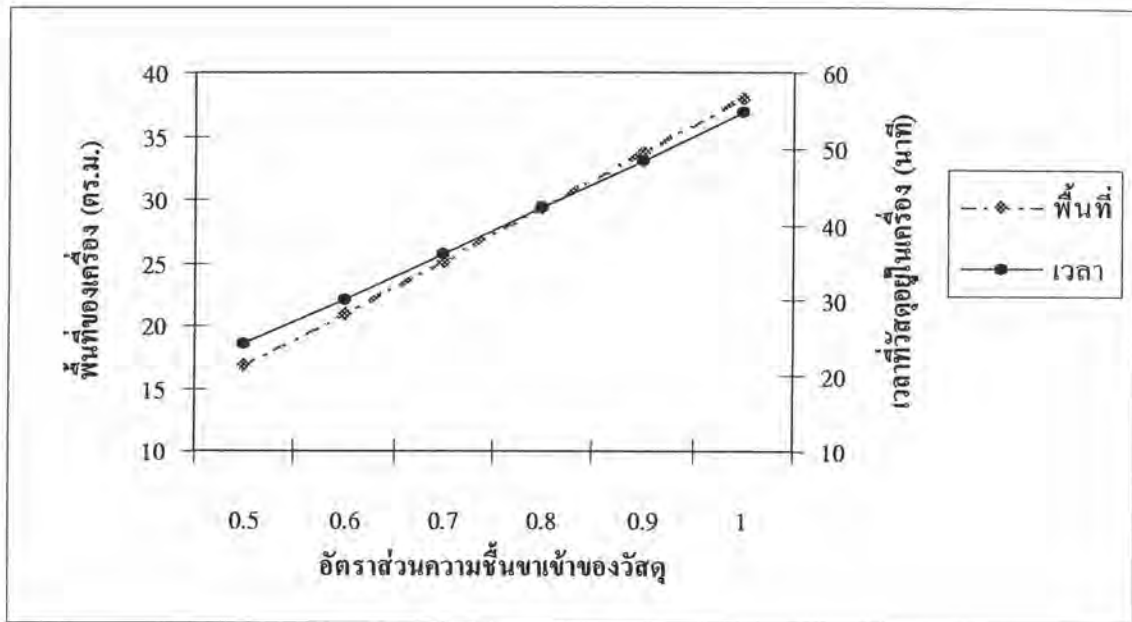
8.4.4 เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุมีค่าเพิ่มขึ้น ขนาดของพื้นที่และเวลาที่ใช้จะน้อยลง ดังรูปที่ 8.29

8.4.5 เมื่ออัตราการป้อนวัสดุเพิ่มมากขึ้น พบว่าเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งจะมีค่าเท่าเดิม แต่ขนาดของพื้นที่เครื่องที่ต้องใช้จะเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 8.30

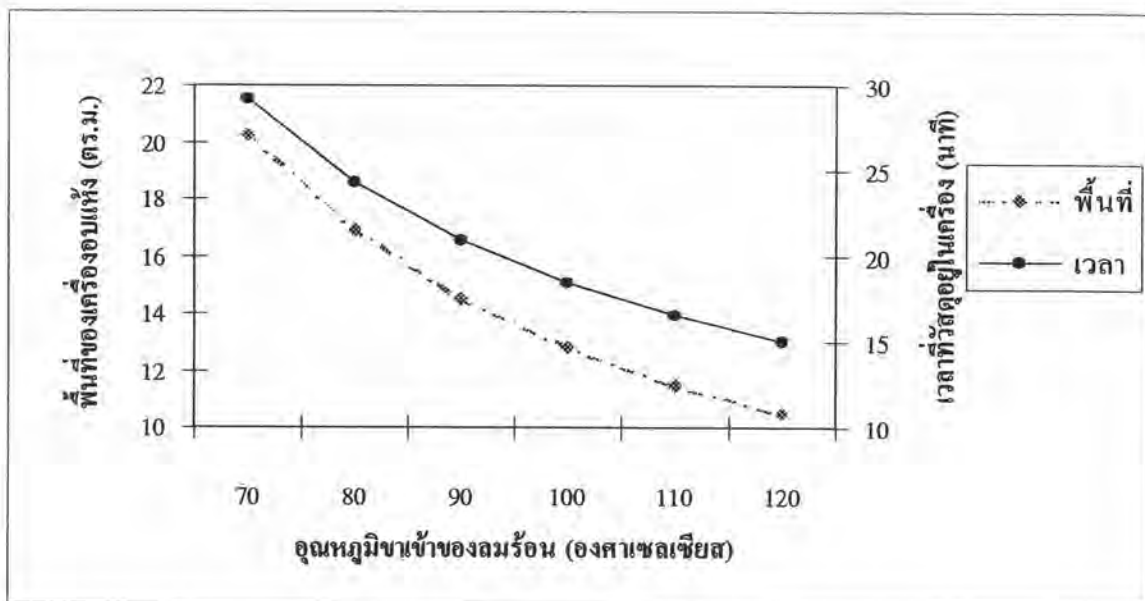
8.4.6 ความเร็วเชิงเส้นของลมร้อน (เมตร/วินาที) เมื่อเพิ่มขึ้นทำให้พื้นที่ใช้ในการอบแห้งและเวลาลดลง ซึ่งโดยปกติจะใช้ความเร็วอยู่ประมาณ 0.3-1.2 เมตร/วินาที

8.4.7 เมื่อความสูงของชั้นวัสดุเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะนานขึ้น

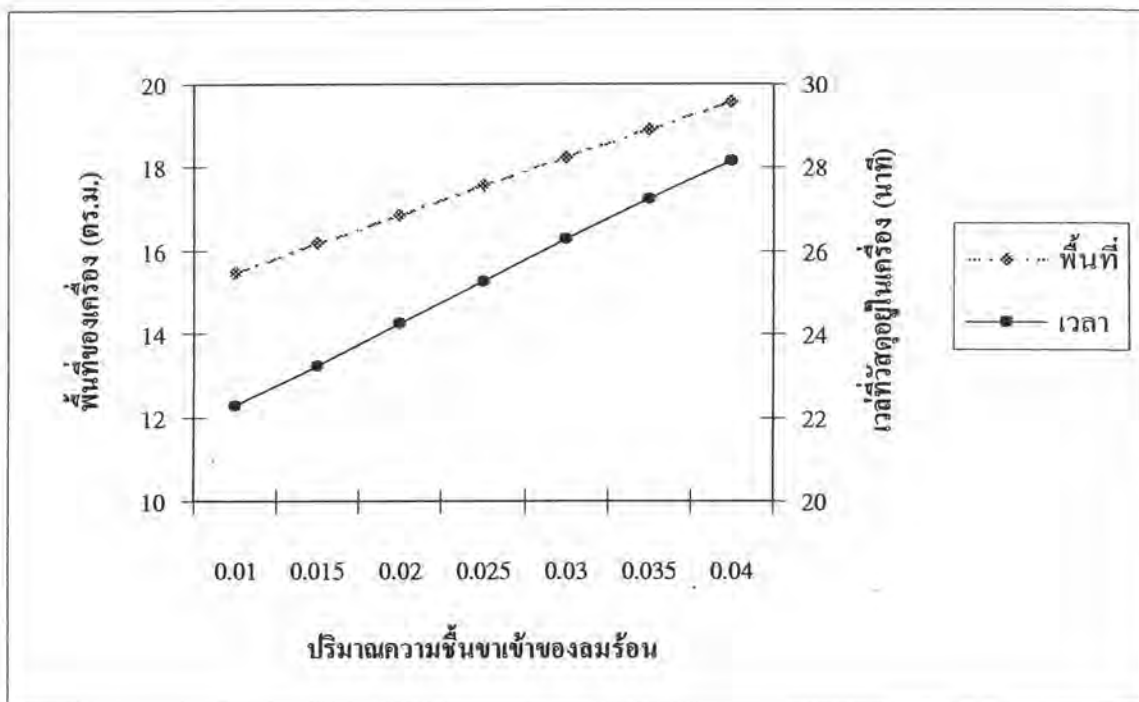
8.4.8 เมื่อขนาดของวัสดุใหญ่ขึ้น เวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งจะนานขึ้น



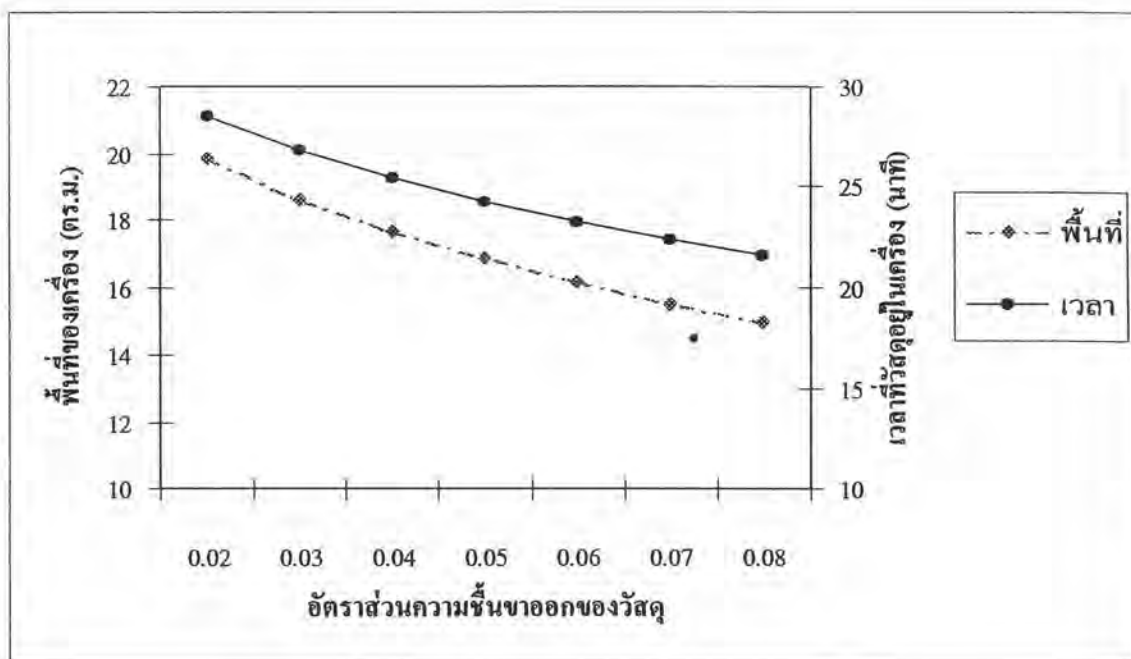
รูปที่ 8.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุกับพื้นที่เครื่องและเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน



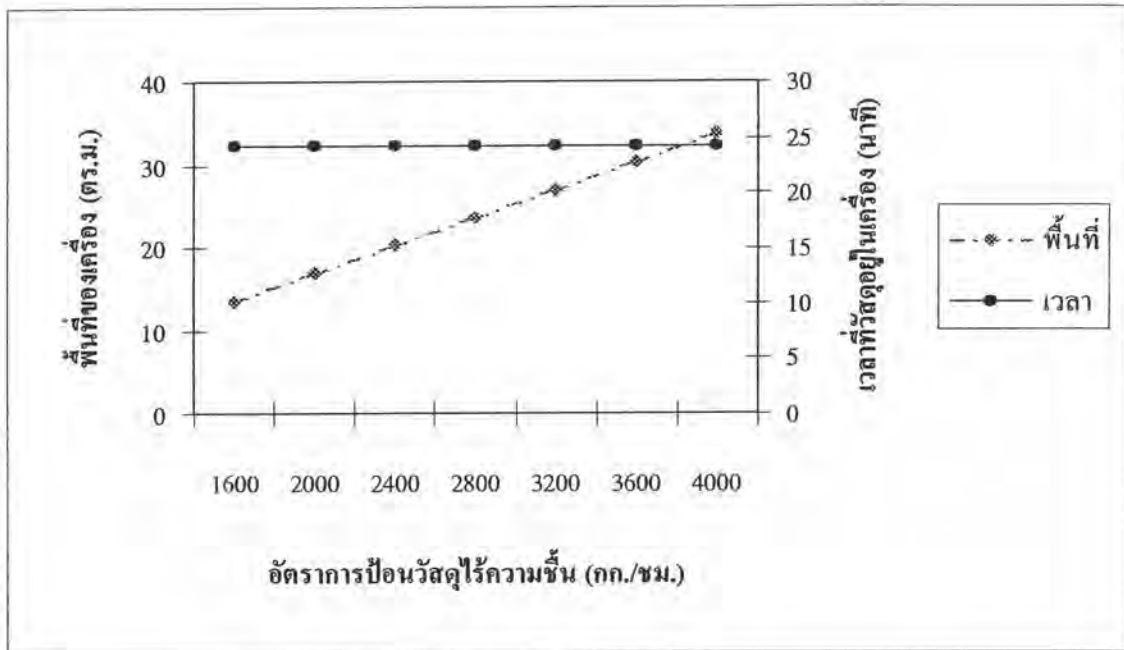
รูปที่ 8.27 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนกับพื้นที่เครื่องและเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน



รูปที่ 8.28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นขาเข้าของลมร้อนกับพื้นที่เครื่องและเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน



รูปที่ 8.29 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุกับพื้นที่เครื่องและเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน



รูปที่ 8.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนวัสดุกับพื้นที่เครื่องและเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน