บทที่ 9

ผลการทดสอบโปรแกรมการจำลองการทำงาน

โปรแกรมการจำลองการทำงานประกอบด้วยเครื่องจำนวน 6 ชนิด คือเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน, เครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง., เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม , เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน และเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ดังที่กล่างถึงในบทที่ 5 ถึงสมการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองจะแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ เครื่องอบแห้งแบบไหลขนาน, เครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง, เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน และเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

9.1 เครื่องอบแห้งแบบไหลขนาน

จากผลของการคำนวณโดยโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบไหลขนาน เมื่อพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมกับการคำนวณโดยการใช้สมการดุลมวลสารรวมและสมการดุลพลังงานรวม พบว่าจากสมการดุลมวลสารรวม โปรแกรมคำนวณออกมามีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยกว่า 0.01เปอร์เซนต์ และจากสมการดุลพลังงานรวม พบว่าโปรแกรมคำนวณออกมามีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยกว่า 0.05 เปอร์เซนต์

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมการออกแบบของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนานมาทดลองกับโปรแกรมการจำลองการทำงาน จะพบว่าค่าอุณหภูมิขาออกของลมร้อนจะใกล้เคียงกัน ส่วนความชื้นขาออกของลมร้อนและอัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ จะต่ำกว่าโปรแกรมการออกแบบเล็กน้อย โดยความชื้นในลมร้อนขาออกต่ำกว่าประมาณ 0.001 - 0.003 กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง และอัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ ต่ำกว่าประมาณ 0.001 - 0.003 กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมวัสดุแห้ง ส่วนอุณหภูมิขาออกของวัสดุ จะสูงกว่าประมาณ 5 - 10 องศาเซลเซียส

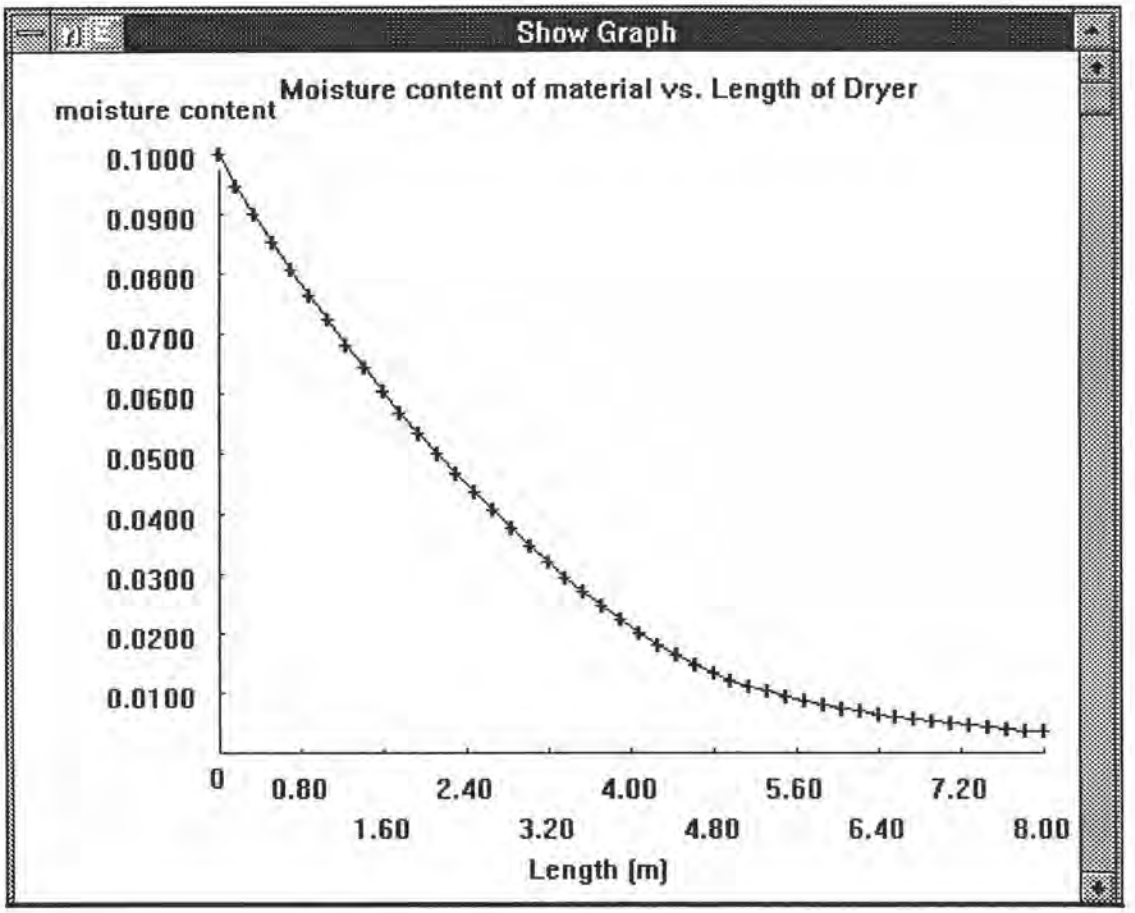
ตารางที่ 9.1 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน

ข้อมูล	ที่ทางเข้าของเครื่อง	ที่ทางออกของเครื่อง
อุณหภูมิของลมร้อน (องศาเซลเซียส)	250	89.94931
ความชื้นของลมร้อน	0.02	0.07418
อุณหภูมิของวัสดุ (องศาเซลเซียส)	28	68.388509
อัตราส่วนความชื้นของวัสดุ	0.1	0.00374
อัตราการป้อนวัสดุไร้ความชื้น (กก/ชม.)	4000	4000

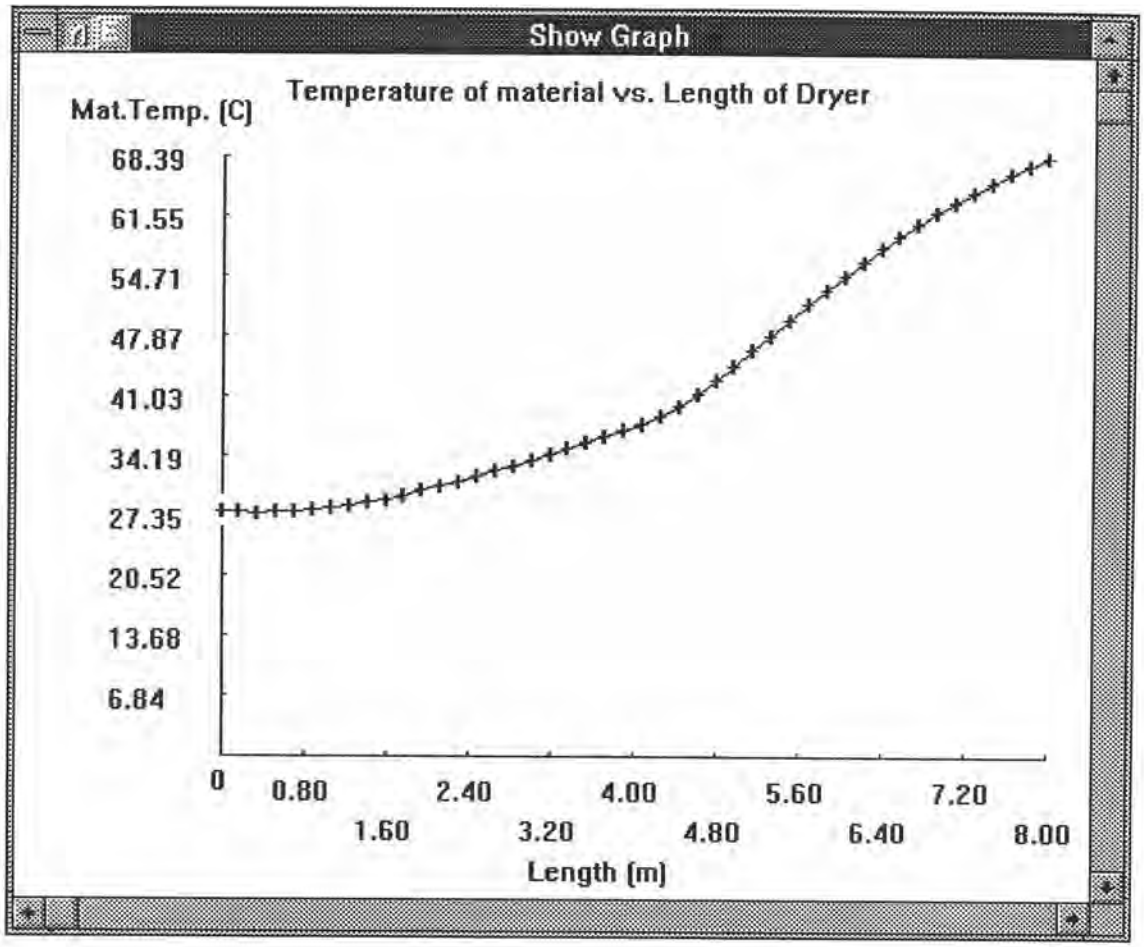
โดยอัตราส่วนความชื้นวิกฤตเท่ากับ 0.02 อัตราส่วนความชื้นสมดุลเท่ากับ 0 ความหนาแน่นของวัสดุ 1500 กก./ลบ.ม. ความหนาแน่นปรากฏของวัสดุเท่ากับ 700 กก./ลบ.ม. ขนาดเครื่องเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 เมตร ความยาว 8 เมตร ความเร็วลมร้อน 1.5 เมตร/วินาที

รูปที่ 9.1 - 9.4 แสดงตัวอย่างผลของการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนานโดยการใช้กราฟจากโปรแกรม ที่ภาวะการป้อนค่าต่างๆ ดังตารางที่ 9.1

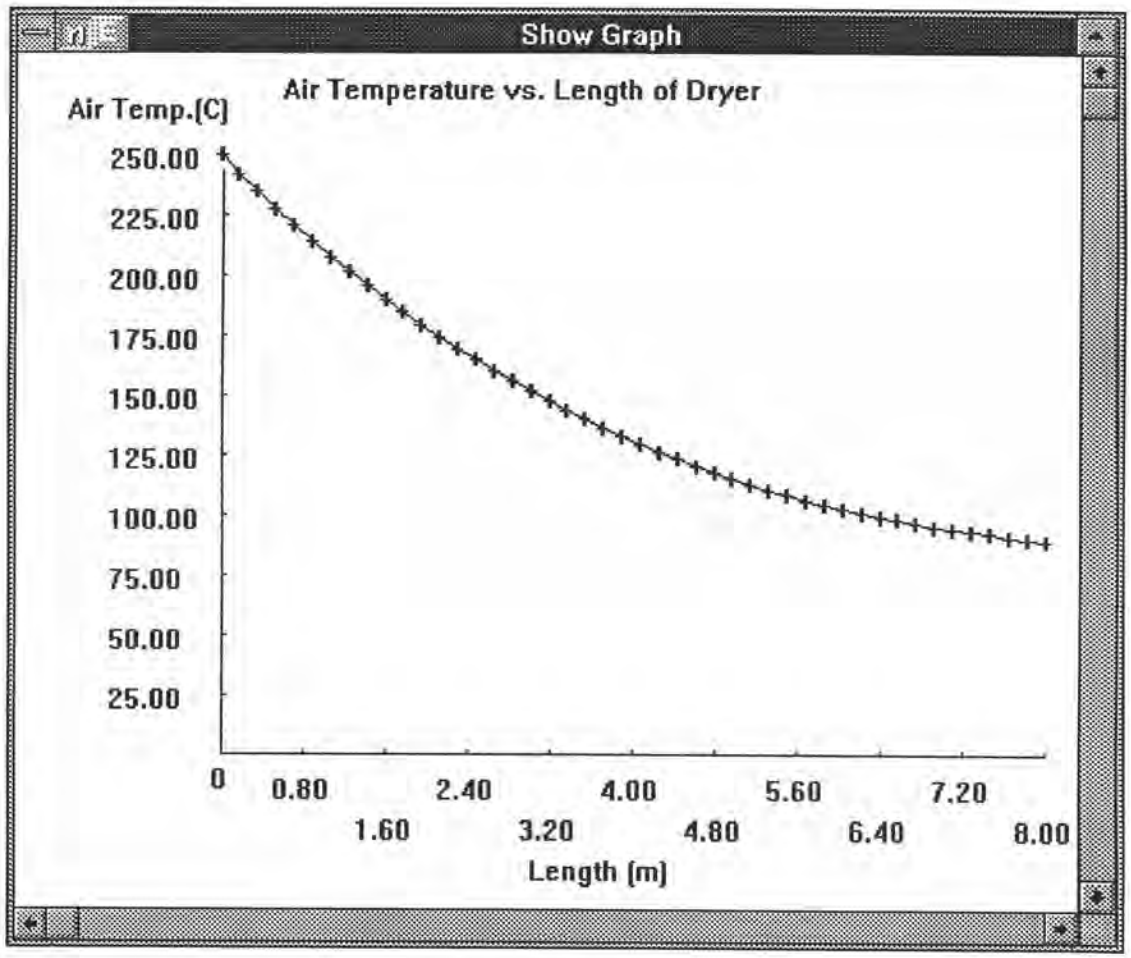
จากลักษณะของกราฟที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน ดังรูปที่ 9.1-9.4 พบว่าอุณหภูมิของลมร้อน, T และอัตราส่วนความชื้นของวัสดุลดลงตามความยาวเครื่อง ในลักษณะกราฟที่คล้ายกัน การที่ลมร้อนมีอุณหภูมิลดลงตามความยาวเครื่องเนื่องจากลมร้อนได้ถ่ายเทพลังงานความร้อนให้แก่วัสดุ เพื่อนำไประเหยความชื้น โดยจากกราฟในช่วงแรกพบว่าอัตราส่วนความชื้นในวัสดุจะลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่อุณหภูมิของวัสดุอยู่ในลักษณะที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเกือบคงที่จนถึงค่าอัตราส่วนความชื้นวิกฤตของวัสดุ แสดงว่าพลังงานที่ลมร้อนถ่ายเทออกมา วัสดุจะนำไปใช้ในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ เมื่อความชื้นในวัสดุเริ่มน้อยลง จะพบว่าอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น เนื่องจากในช่วงนี้อัตราการอบแห้งจะลดลง พลังงานที่ลมร้อนถ่ายเทออกมา จึงทำให้อุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้น จนถึงช่วงท้ายของเครื่องอบแห้ง จะพบว่าอัตราส่วนความชื้นของวัสดุ อุณภูมิของลมร้อนเกือบจะคงที่ แต่อุณหภูมิของวัสดุจะยังสูงขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นในลมร้อนจะเพิ่มตามความยาวของเครื่องอบแห้ง โดยจะเพิ่มในช่วงแรกอย่างรวดเร็ว เนื่องจากลมร้อนได้รับความชื้นที่ระเหยออกมาจากวัสดุและค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายของเครื่องอบแห้ง



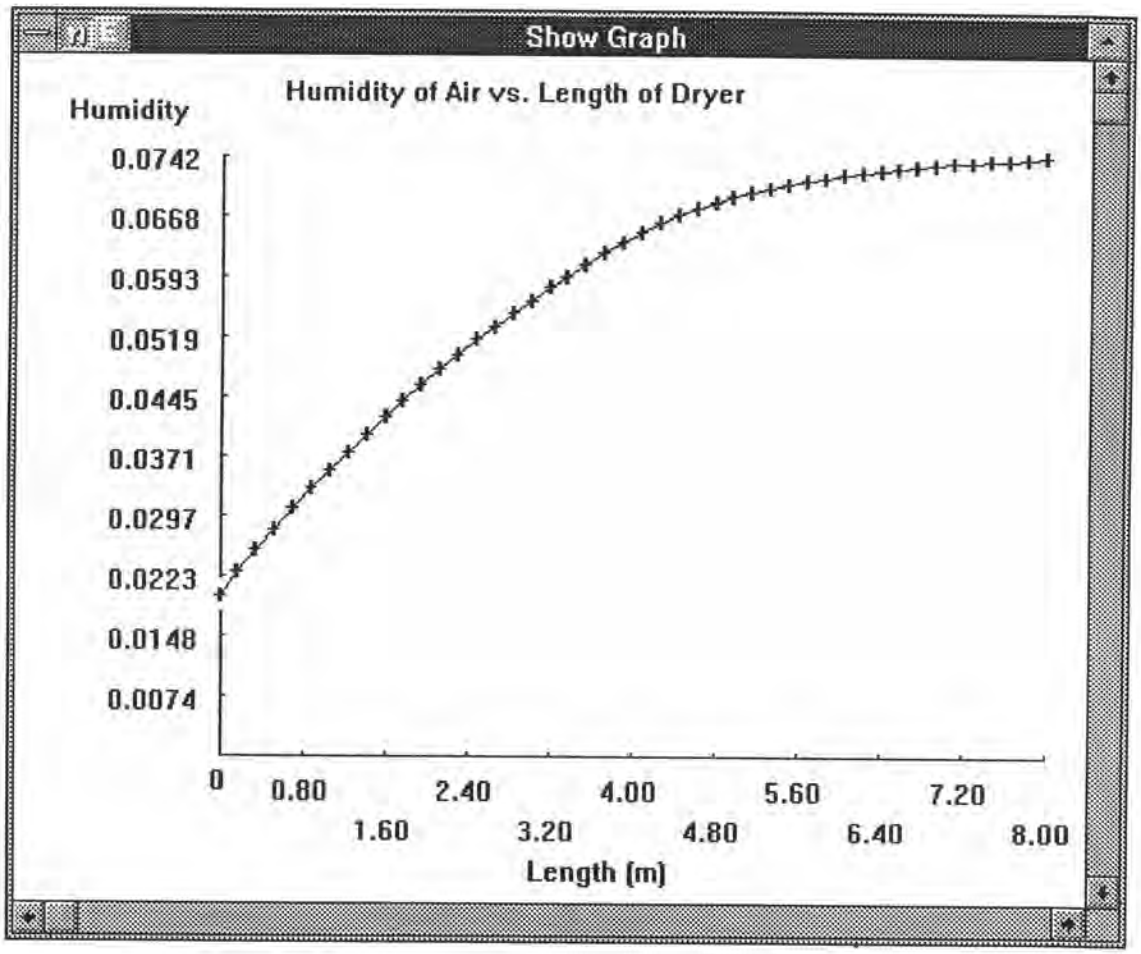
รูปที่ 9.1 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน



รูปที่ 9.2 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องแบบหมุนไหลขนาน



รูปที่ 9.3 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของลมร้อนกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน



รูปที่ 9.4 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในลมร้อนกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องแบบหมุนไหลขนาน

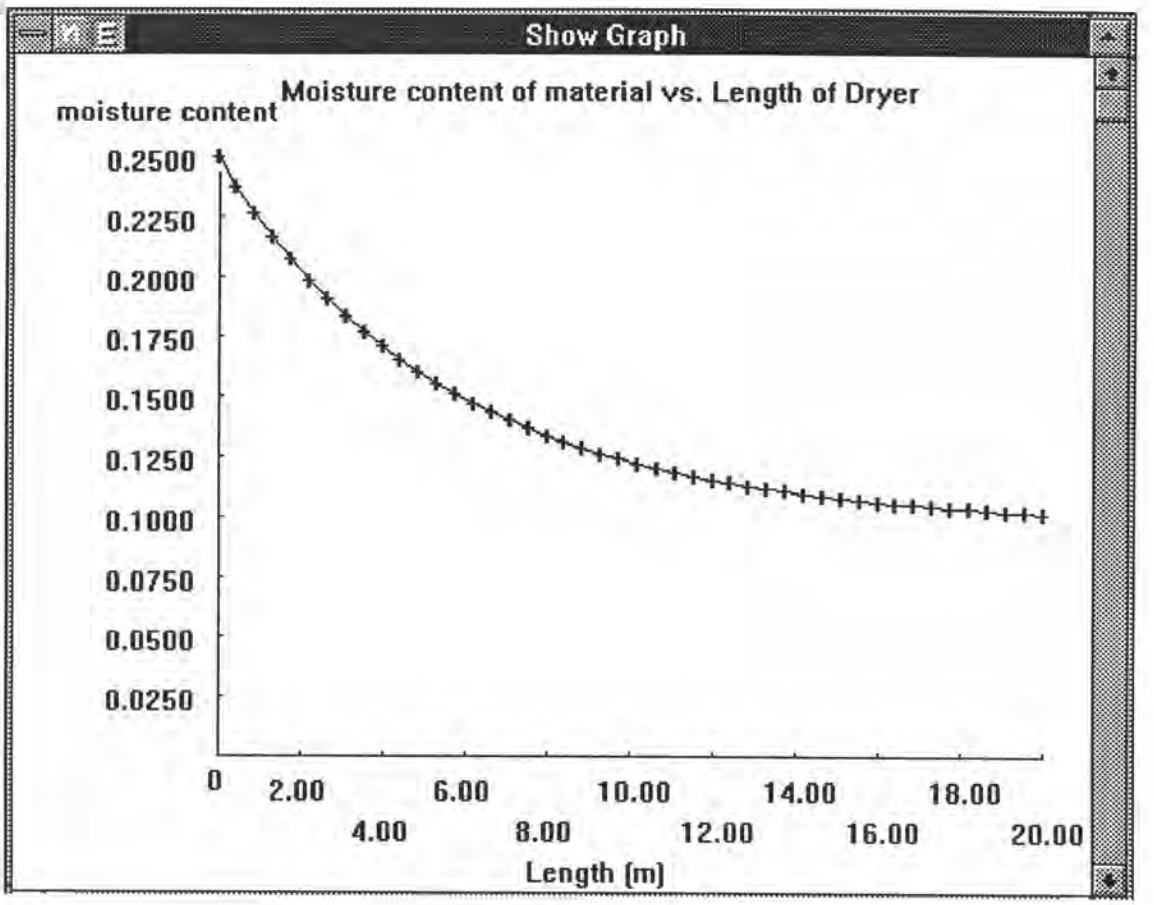
ตารางที่ 9.2 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

ข้อมูล	ที่ทางเข้าของเครื่อง	ที่ทางออกของเครื่อง
อุณหภูมิของลมร้อน (องศาเซลเซียส)	300	61.273
ความชื้นของลมร้อน	0.01	0.09538
อุณหภูมิของวัสดุ (องศาเซลเซียส)	20	49726
อัตราส่วนความชื้นของวัสดุ	0.25	0.10163
อัตราการป้อนวัสดุไร้ความชื้น (กก./ชม.)	4000	4000

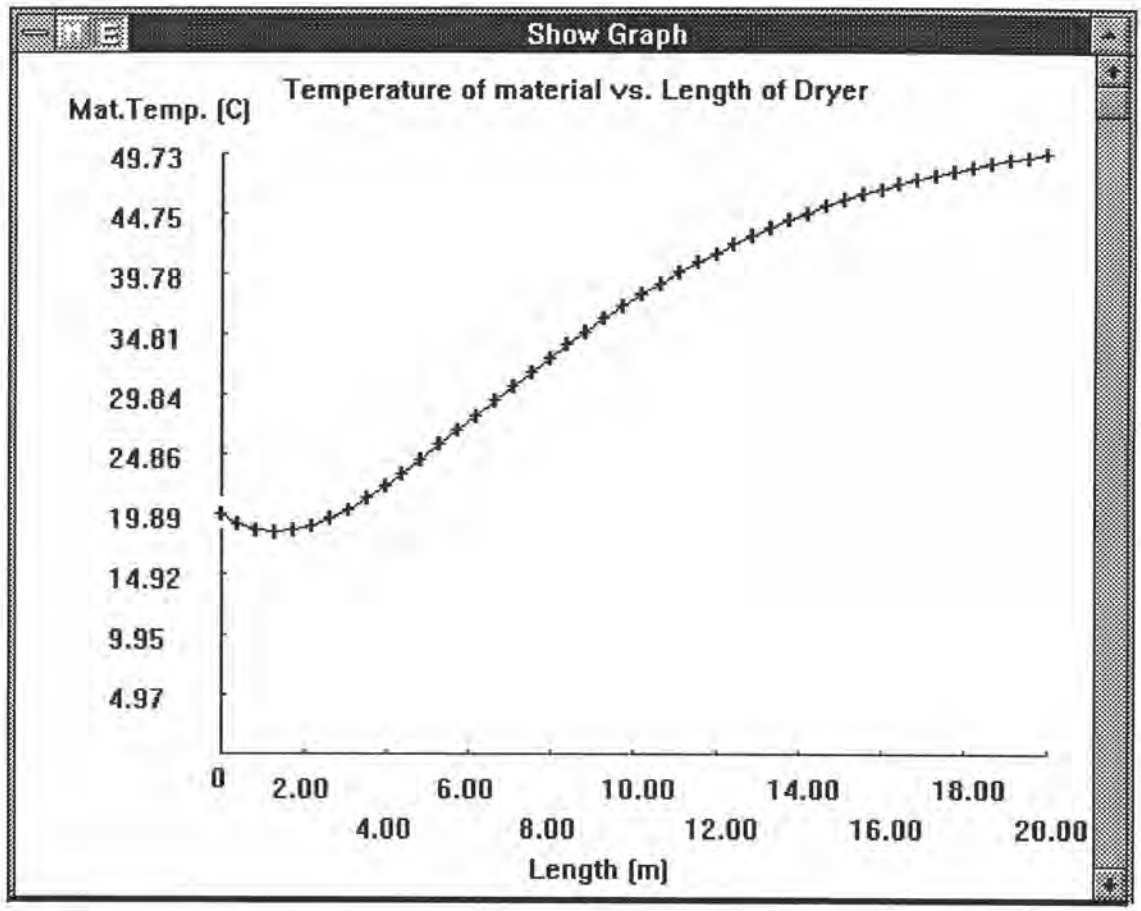
โดยอัตราส่วนความชื้นวิกฤตเท่ากับ 0.05 อัตราส่วนความชื้นสมดุลเท่ากับ 0.001 ความหนาแน่นของวัสดุ 1500 กก./ลบ.ม. ความหนาแน่นปรากฏของวัสดุเท่ากับ 300 กก./ลบ.ม ขนาดวัสดุ 0.3 มิลลิเมตร ขนาดเครื่อง เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.45 เมตร ความยาว 20 เมตร ความเร็วลมร้อน 20 เมตร/วินาที

รูปที่ 9.5-9.8 แสดงตัวอย่างผลของการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม ที่ภาวะการป้อนค่าต่าง ๆ ดังตารางที่ 9.2

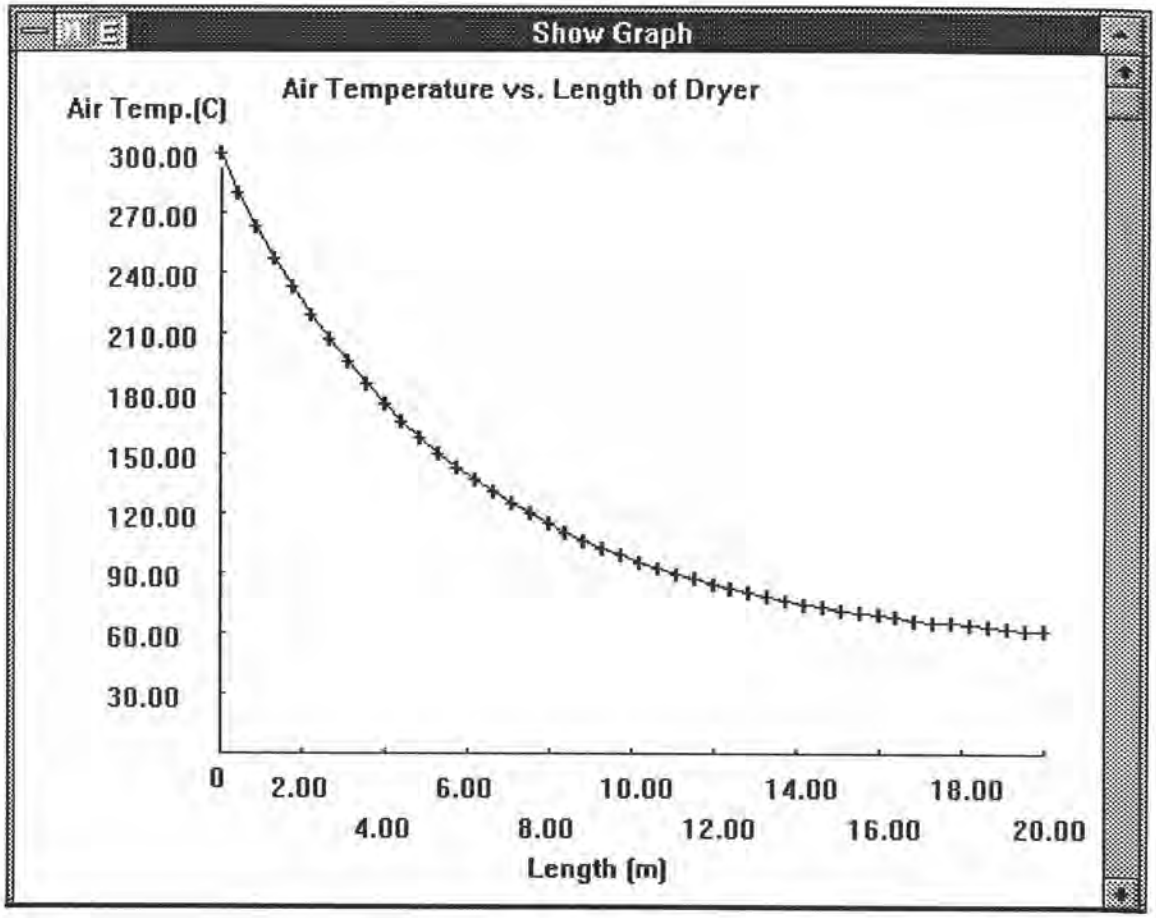
จากลักษณะของกราฟที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม จะคล้ายกับที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุน จะแตกต่างกันที่กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับความยาวท่ออบแห้ง ของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมอุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้นตลอดเวลา แสดงว่าในขณะที่ลมร้อนถ่ายเทพลังงานความร้อนให้แก่วัสดุเพื่อระเหยความชื้นออกจากวัสดุนั้น นอกจากจะระเหยความชื้นออกไปแล้วยังมีเหลือทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้นตลอดเวลา เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมจะสูงกว่าแบบหมุน เมื่อความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของลมร้อนและวัสดุมีมากลมร้อนจะถ่ายเทพลังงานความร้อนออกมาได้มาก ซึ่งเมื่อนำไประเหยความชื้นออกจากวัสดุแล้วจะยังเหลือทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้นตลอดเวลา จนถึงช่วงท้ายของการอบแห้ง เมื่อความชื้นของวัสดุลดลงถึงค่าอัตราส่วนความชื้นวิกฤตแล้ว อุณหภูมิของวัสดุจึงเกือบคงที่



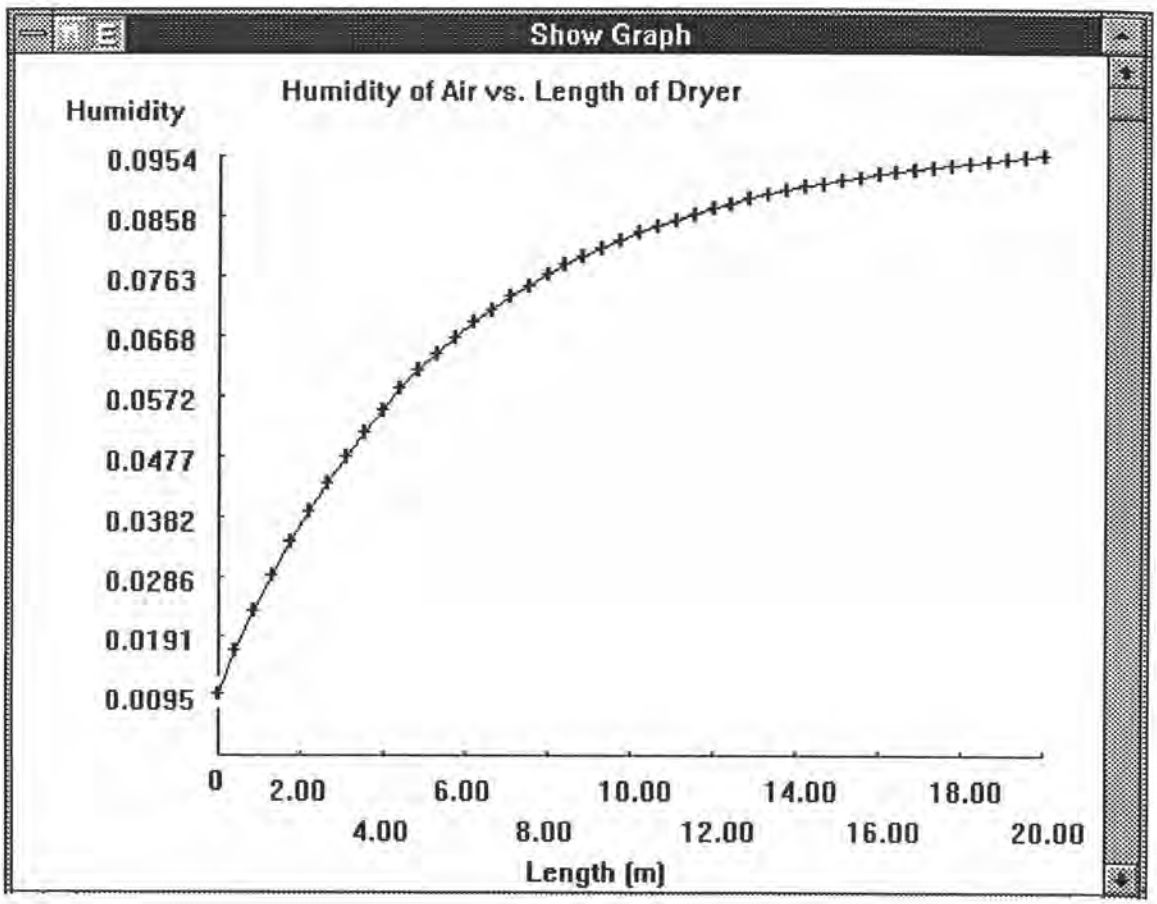
รูปที่ 9.5 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้งที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม



รูปที่ 9.6 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้งที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม



รูปที่ 9.7 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของลมร้อนกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม



รูปที่ 9.8 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในลมร้อนกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

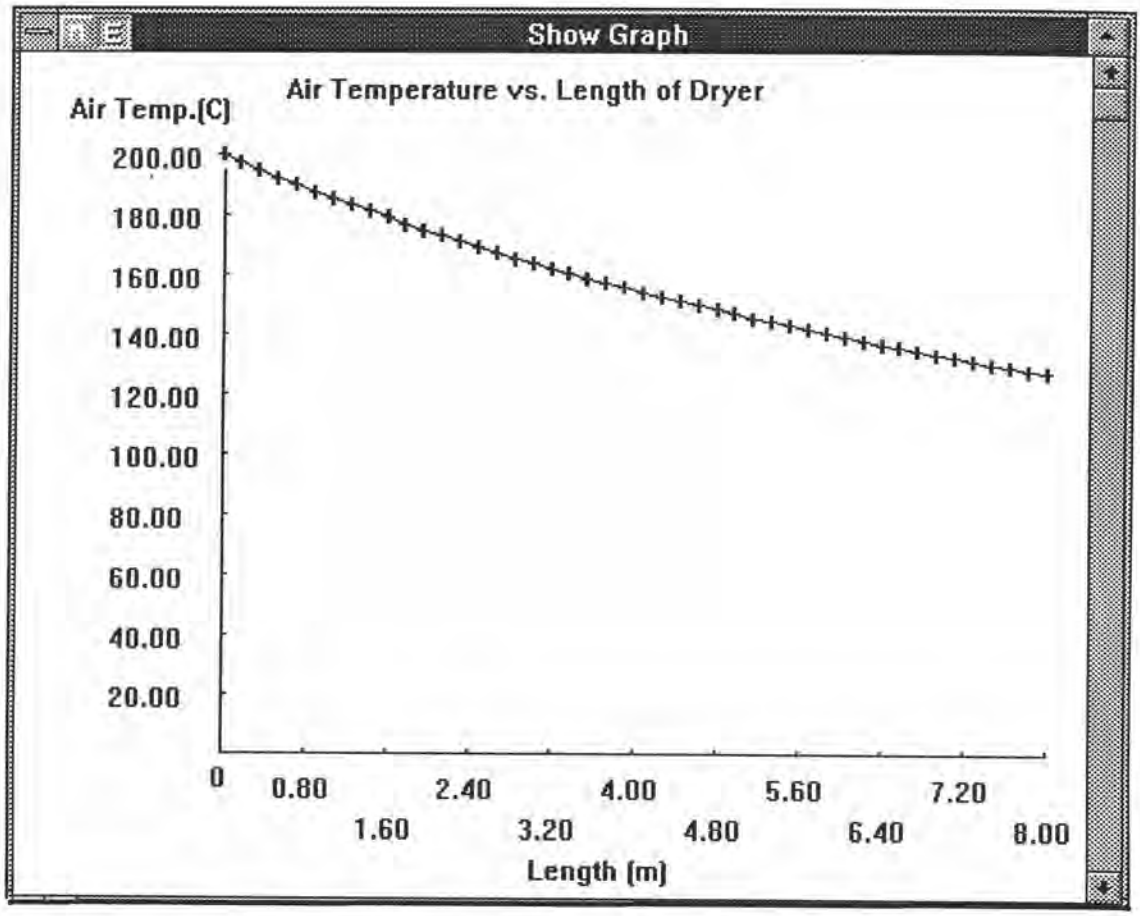
ตารางที่ 9.3 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ข้อมูล	ที่ทางเข้าของเครื่อง	ที่ทางออกของเครื่อง
อุณหภูมิของลมร้อน (องศาเซลเซียส)	200	127.666
ความชื้นของลมร้อน	0.02	0.0485
อุณหภูมิของวัสดุ (องศาเซลเซียส)	30	58.890
อัตราส่วนความชื้นของวัสดุ	1.5	0.07092
อัตราการป้อนวัสดุไร้ความชื้น (กก./ชม.)	1000	1000

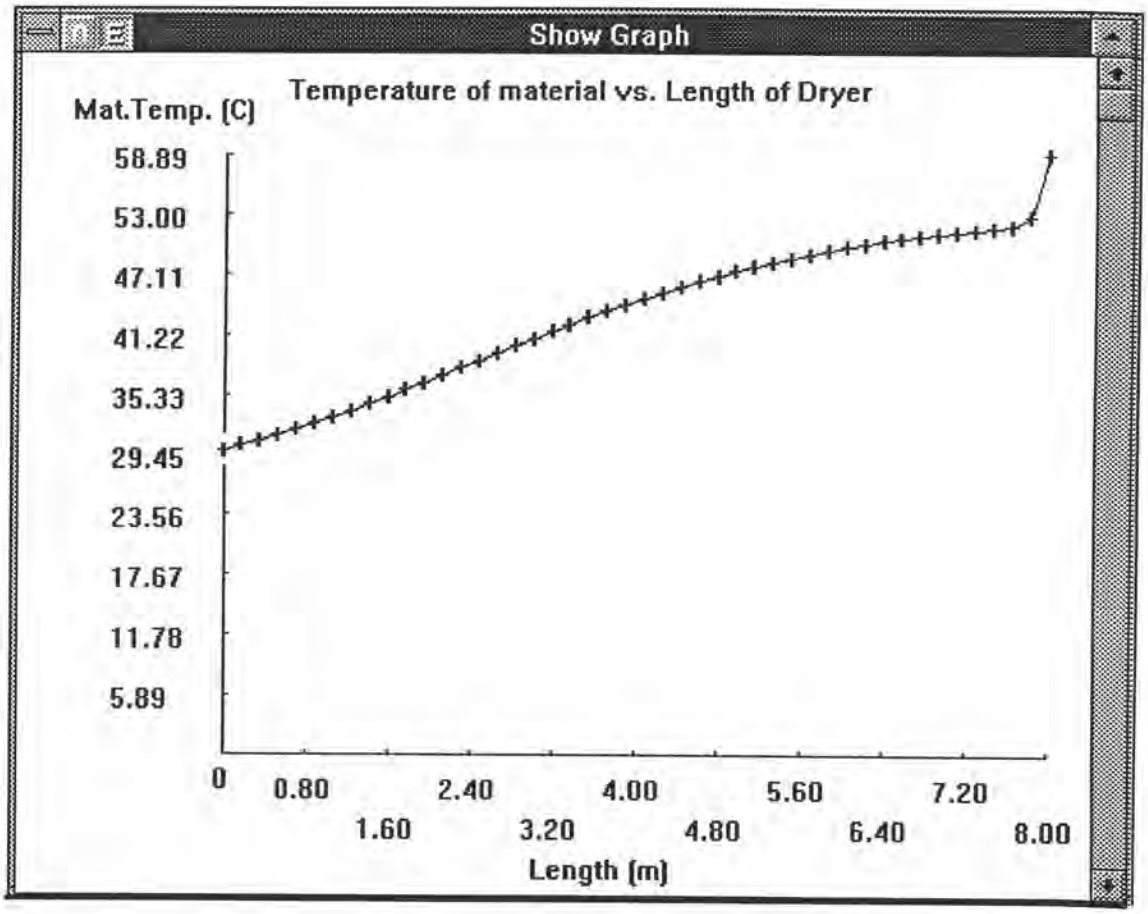
โดยอัตราส่วนความชื้นวิกฤตเท่ากับ 0.1 อัตราส่วนความชื้นสมดุลเท่ากับ 0.005 ความหนาแน่นของวัสดุ 1300 กก./ลบ.ม. ความหนาแน่นปรากฏของวัสดุเท่ากับ 400 กก./ลบ.ม. ขนาดวัสดุ 0.08 มิลลิเมตร ขนาดเครื่อง เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เมตร ความยาว 8 เมตร ความเร็วลมร้อน 0.5 เมตร/วินาที

รูปที่ 9.9-9.12 แสดงตัวอย่างผลของการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ภาวะการป้อนค่าต่างๆ ดังตารางที่ 9.3

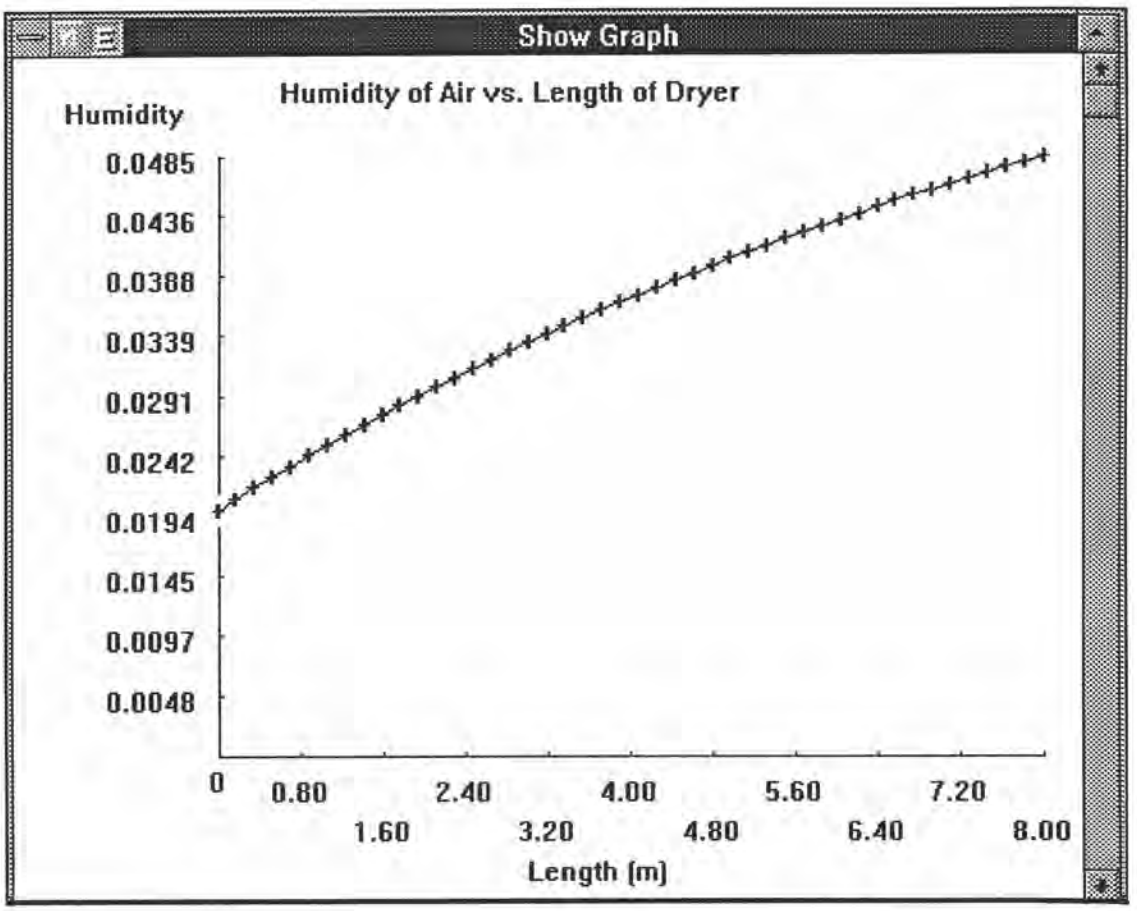
จากลักษณะของกราฟที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ดังรูปที่ 9.9-9.12 พบว่าอุณหภูมิของลมร้อนจะลดลงตามความยาวเครื่อง เนื่องจากลมร้อนได้ถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุโดยวัสดุจะนำไประเหยความชื้นออกจากตัววัสดุ ซึ่งจะเห็นว่าค่าอัตราส่วนความชื้นของวัสดุจะลดลงตลอดเวลาตามความยาวเครื่อง จนถึงช่วงท้ายของเครื่องจึงเริ่มจะคงที่ ในขณะที่อุณหภูมิของวัสดุจะเพิ่มขึ้นช้าๆ ในช่วงแรก แสดงว่าความร้อนที่ลมร้อนถ่ายเทออกมา วัสดุนำไประเหยความชื้นเป็นส่วนใหญ่ จนถึงช่วงท้ายของเครื่องที่อัตราส่วนความชื้นของวัสดุเริ่มคงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว



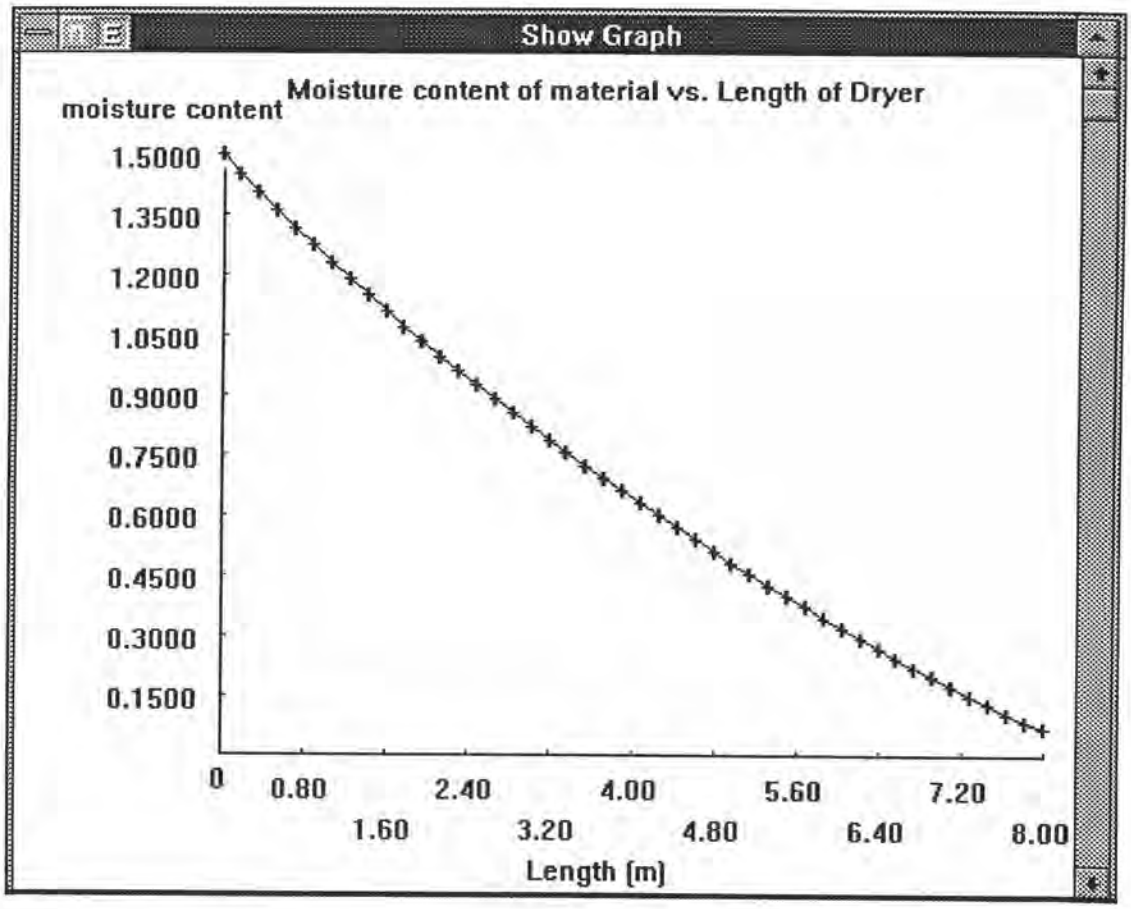
รูปที่ 9.9 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของลมร้อนกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย



รูปที่ 9.10 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย



รูปที่ 9.11 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในลมร้อนกับความยาวของเครื่องอบแห้งที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย



รูปที่ 9.12 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้งที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

จากการทดลองเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆของทางเข้าเครื่องอบแห้งแบบไหลขนานพบว่า

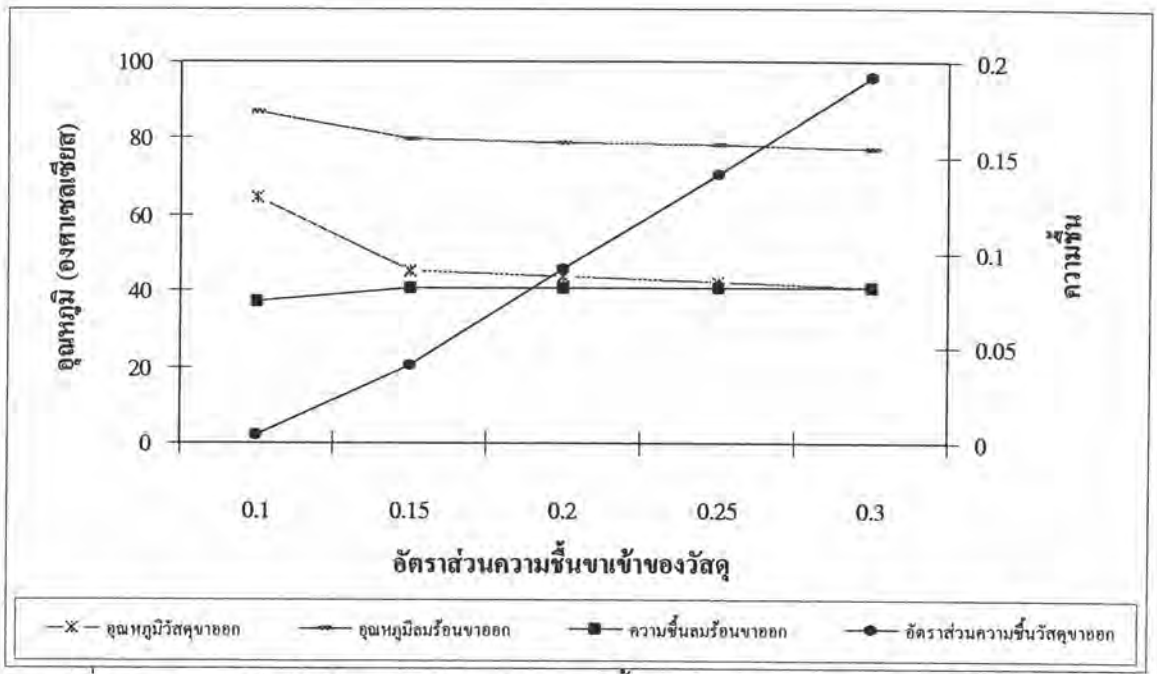
1. เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุมากขึ้น จะทำให้อุณหภูมิวัสดุขาออกและอุณหภูมิลมร้อนขาออกมีค่าต่ำลง อัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุจะมีค่าสูงขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นของลมร้อนขาออกจะเพิ่มสูงขึ้นได้แค่ค่าความชื้นอิ่มตัวที่เป็นค่าจำกัดของแต่ละอุณหภูมิ ตามรูปที่ 9.13

2. เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของวัสดุสูงขึ้น พบว่าวัสดุต้องการพลังงานจากลมร้อนเพื่อใช้ในการระเหยความชื้นน้อยลง ดังนั้นอุณหภูมิของลมร้อนขาออกจะสูงขึ้น และอุณหภูมิของวัสดุขาออกจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิขาเข้า อัตราส่วนความชื้นของวัสดุขาออกจะต่ำลง ส่วนปริมาณความชื้นในลมร้อนขาออกจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 9.14

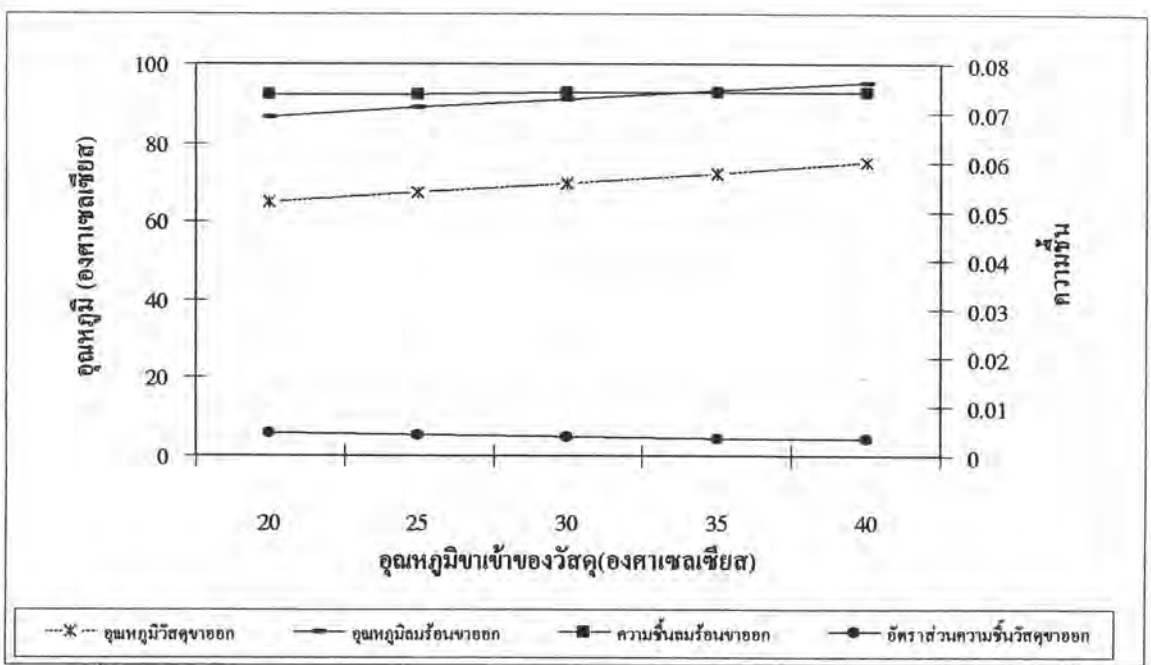
3. เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนสูงขึ้น จะทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้นมีผลทำให้อัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออกจะมีค่าต่ำลง ส่วนอุณหภูมิของวัสดุและลมร้อนขาออกจะสูงขึ้นและปริมาณความชื้นในลมร้อนขาออกจะมากขึ้น ดังรูปที่ 9.15

4. เมื่อปริมาณความชื้นในลมร้อนสูงขึ้น จะทำให้อุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อน, อัตราส่วนความชื้นและอุณหภูมิของวัสดุขาออกมีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 9.16

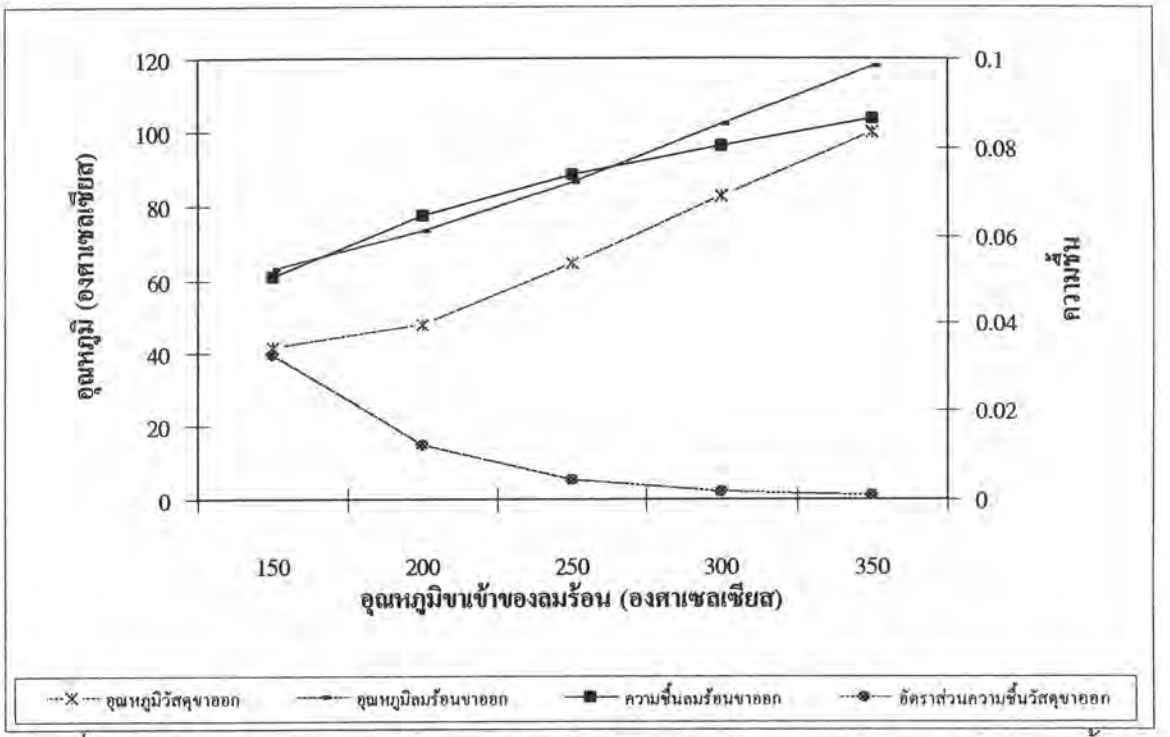
5. เมื่ออัตราการป้อนวัสดุเพิ่มมากขึ้น พลังงานความร้อนที่ลมร้อนต้องถ่ายเทให้แก่วัสดุจะมากขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิของลมร้อนและวัสดุขาออกจึงมีค่าต่ำลง ส่วนอัตราส่วนความชื้นของวัสดุขาออกและปริมาณความชื้นในลมร้อนขาออกมีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 9.17



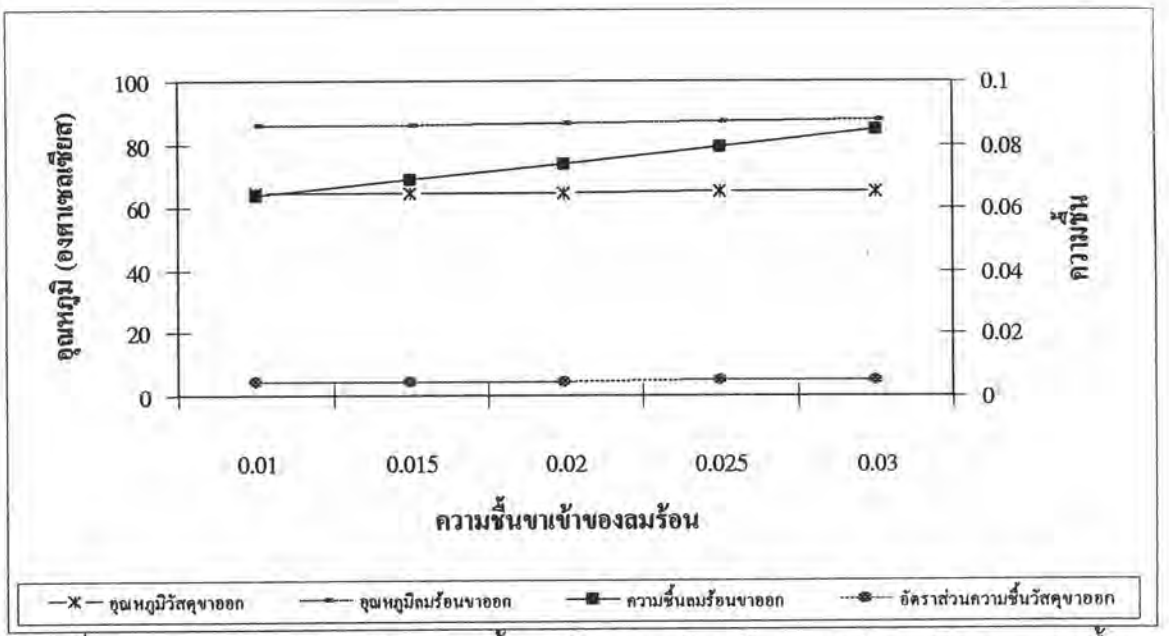
รูปที่ 9.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน



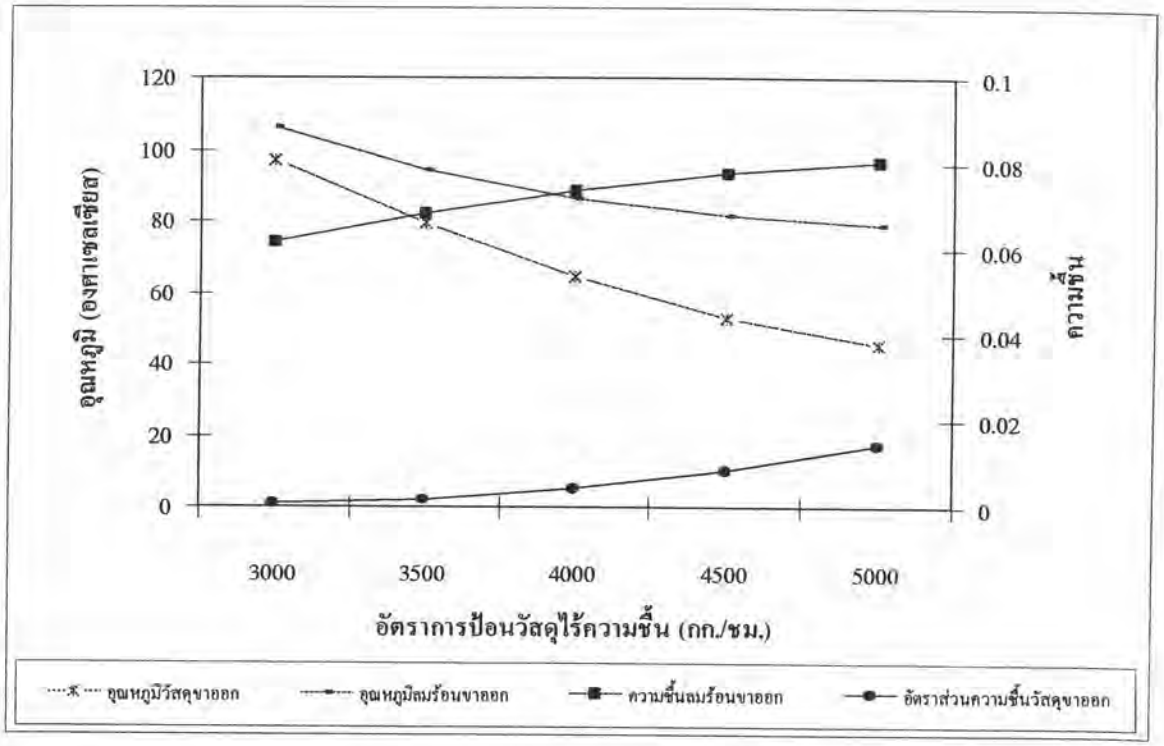
รูปที่ 9.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของวัสดุกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน



รูปที่ 9.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน



รูปที่ 9.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นขาเข้าของลมร้อนกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน



รูปที่ 9.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนวัสดุกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้น ลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนาน

9.2 เครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง

จากผลของการคำนวณโดยโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบไหบสวนทาง เมื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมกับการคำนวณโดยการใช้สมการดุลมวลสารรวมและสมการดุลพลังงานรวม พบว่าจากสมการดุลมวลสารรวม โปรแกรมคำนวณออกมามีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยกว่า 0.001 เปอร์เซนต์ และจากสมการดุลพลังงานรวม พบว่าโปรแกรมคำนวณออกมามีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยกว่า 0.08 เปอร์เซนต์

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมการออกแบบของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทางมาทดลองกับโปรแกรมการจำลองการทำงาน จะพบว่าค่าอุณหภูมิขาออกของลมร้อน อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ จะต่ำกว่าโปรแกรมการออกแบบเล็กน้อย โดยอุณหภูมิขาออกของลมร้อนต่ำกว่าประมาณ 5 - 10 องศาเซลเซียส อุณหภูมิวัสดุขาออกต่ำกว่าประมาณ 0.1 - 2.0 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ ต่ำกว่าประมาณ 0.005 - 0.01 กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมวัสดุแห้ง ส่วนค่าปริมาณความชื้นของลมร้อนขาออกจะสูงกว่าประมาณ 0.001 - 0.004 กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง

รูปที่ 9.18 - 9.21 แสดงตัวอย่างผลของการคำนวณโดยโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง ที่ภาวะการป้อนค่าต่างๆ ดังตารางที่ 9.4

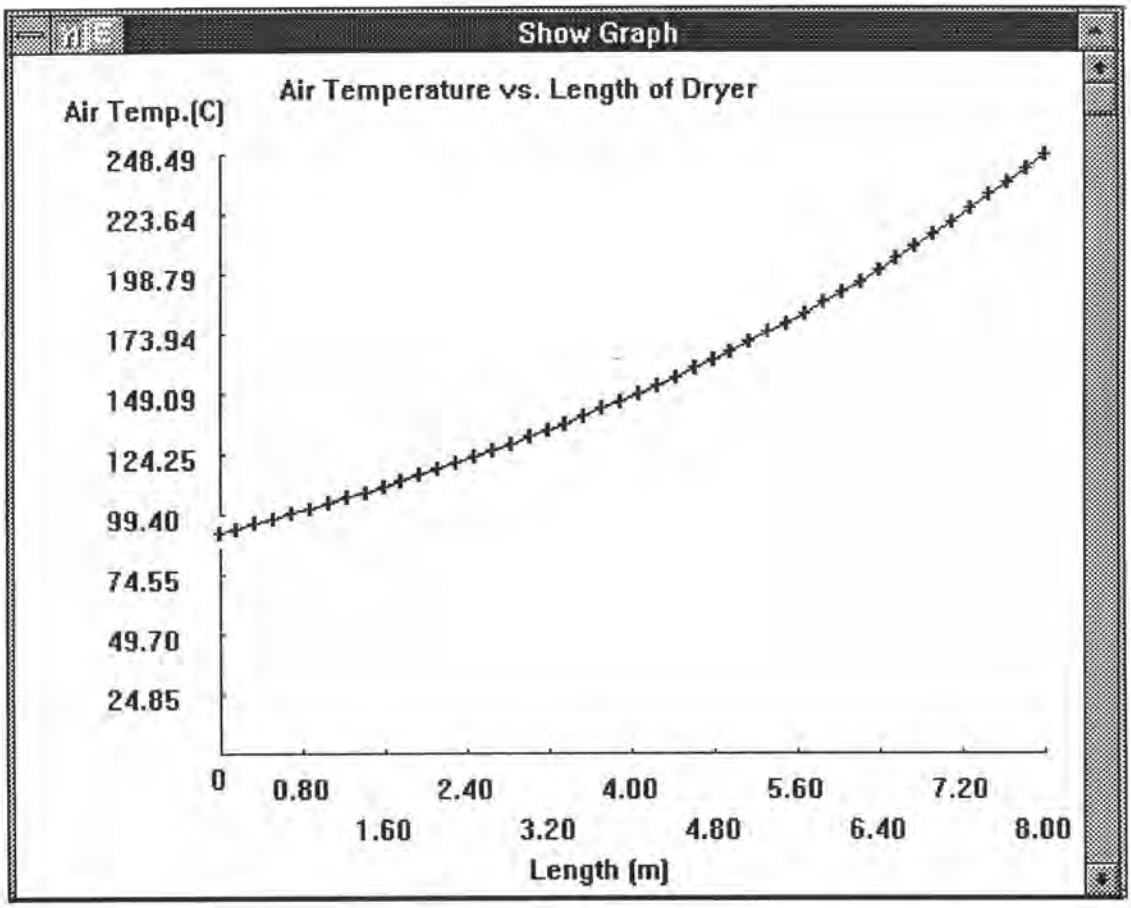
ตารางที่ 9.4 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง

ข้อมูล	ที่ทางเข้าของเครื่อง	ที่ทางออกของเครื่อง
อุณหภูมิของลมร้อน (องศาเซลเซียส)	250 (248.491)	92.319
ความชื้นของลมร้อน	0.02 (0.02019)	0.07298
อุณหภูมิของวัสดุ (องศาเซลเซียส)	20	56.733
อัตราส่วนความชื้นของวัสดุ	0.1	0.00619
อัตราการป้อนวัสดุไร้ความชื้น (กก./ชม.)	4000	4000

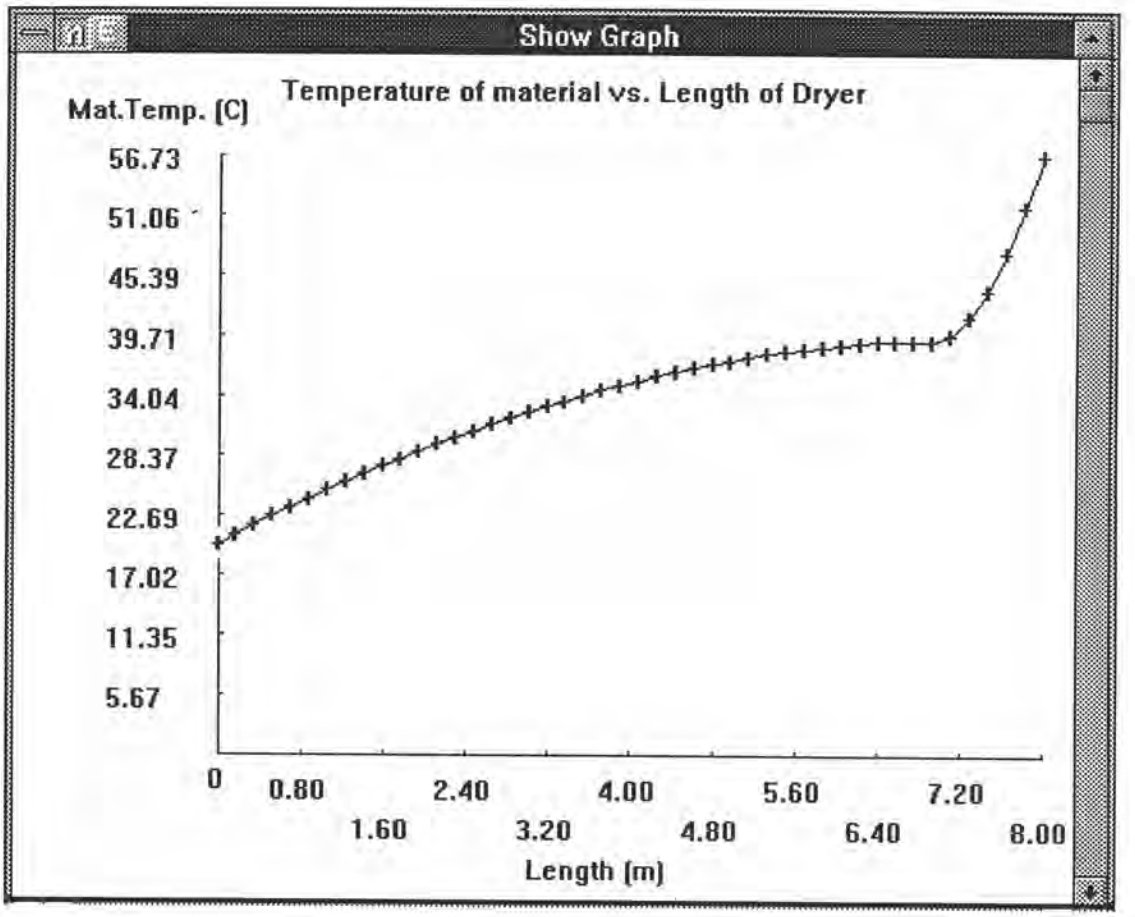
โดยอัตราส่วนความชื้นวิกฤตเท่ากับ 0.02 อัตราส่วนความชื้นสมดุลเท่ากับ 0 ความหนาแน่นของวัสดุ 1500 กก./ลบ.ม. ความหนาแน่นปรากฏของวัสดุเท่ากับ 700 กก./ลบ.ม.
ขนาดเครื่อง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 เมตร ความยาว 8 เมตร ความเร็วลมร้อน 1.5 เมตร/วินาที

จากลักษณะกราฟที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง โดยคิดจากทางที่ลมร้อนเข้า (ความยาวเครื่องมากไปหาน้อย) พบว่าในช่วงแรก พลังงานที่ลมร้อนถ่ายเทออกมาให้แก่วัสดุนั้น วัสดุอยู่ในสภาวะที่เริ่มแห้งแล้ว ดังนั้นความร้อนจากลมร้อนในช่วงนี้จึงทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมาก ดังรูปที่ 9.19 และปริมาณความชื้นในลมร้อนช่วงนี้เกือบคงที่ ดังรูปที่ 9.20 เมื่อลมร้อนไหลไปเรื่อยๆ เจอกับวัสดุที่ยังอยู่ในสภาพที่เปียกอยู่ พลังงานความร้อนที่ลมร้อนถ่ายเทออกมานั้น วัสดุจะนำไประเหยความชื้นออกจากวัสดุ จึงทำให้ปริมาณความชื้นในลมร้อนมีค่ามากขึ้น และอุณหภูมิของวัสดุเปลี่ยนแปลงน้อยลง

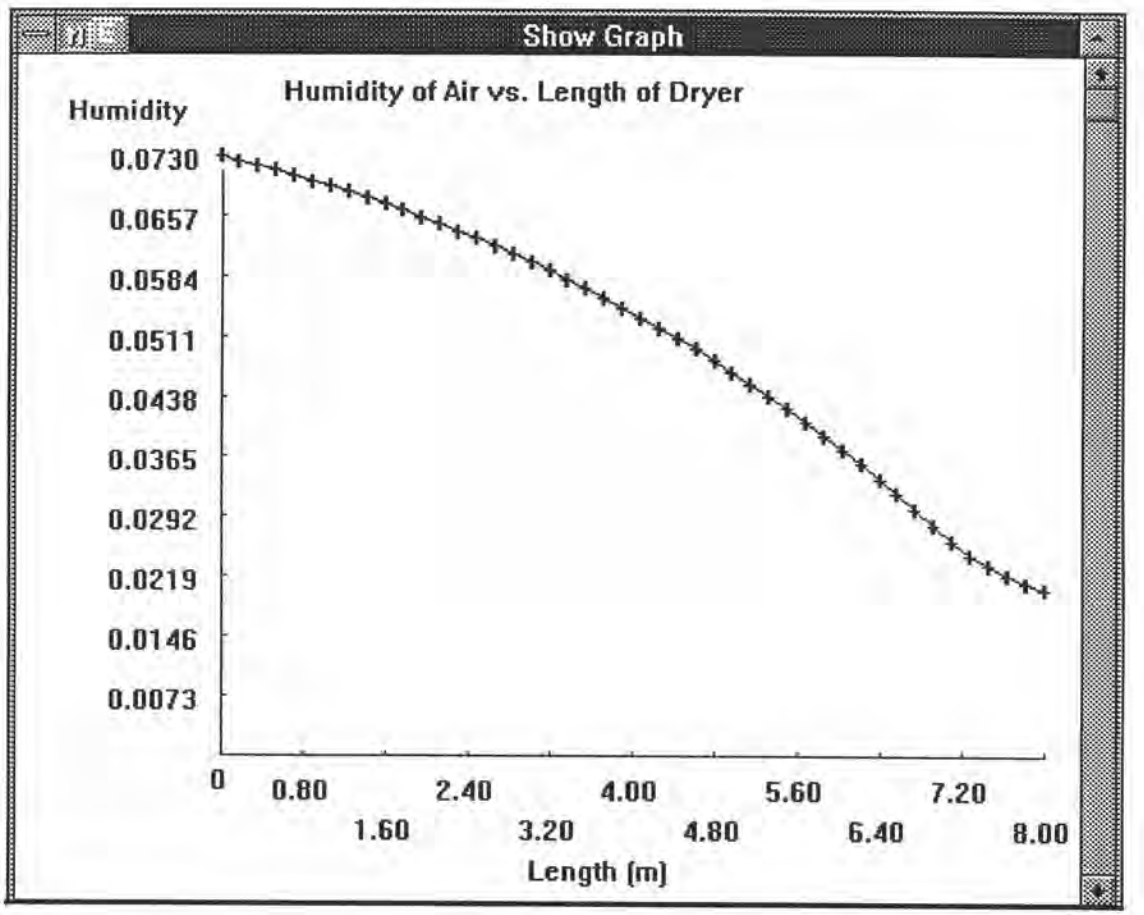
ดูจากลักษณะกราฟระหว่างเครื่องอบแห้งแบบไหลขนาน และไหลสวนทาง จะมีความแตกต่างกันในกรณีของอุณหภูมิของวัสดุ ในช่วงที่วัสดุกำลังออกจากเครื่อง พบว่าในกรณีการไหลแบบสวนทาง อุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้นมาก และจากการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลขนานและไหลสวนทาง จะเห็นว่าขณะที่ขนาดเครื่องเท่ากันภาวะการป้อนเหมือนกัน ค่าอัตราส่วนความชื้นของผลิตภัณฑ์ในเครื่องแบบไหลขนานจะน้อยกว่าและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะสูงกว่า



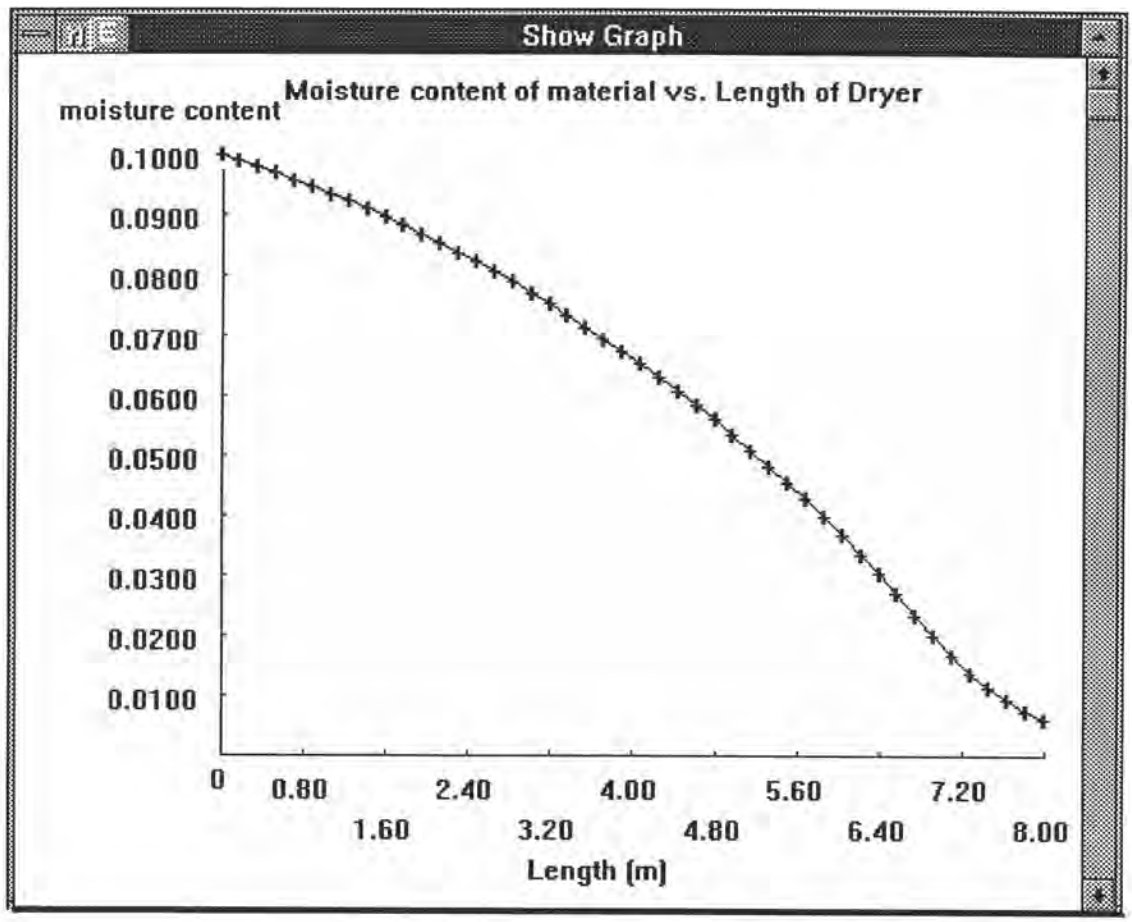
รูปที่ 9.18 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของลมร้อนกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง



รูปที่ 9.19 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้งที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง



รูปที่ 9.20 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในลมร้อนกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง



รูปที่ 9.21 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้งที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง

จากการทดลองเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆของทางเข้าเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทางพบว่า

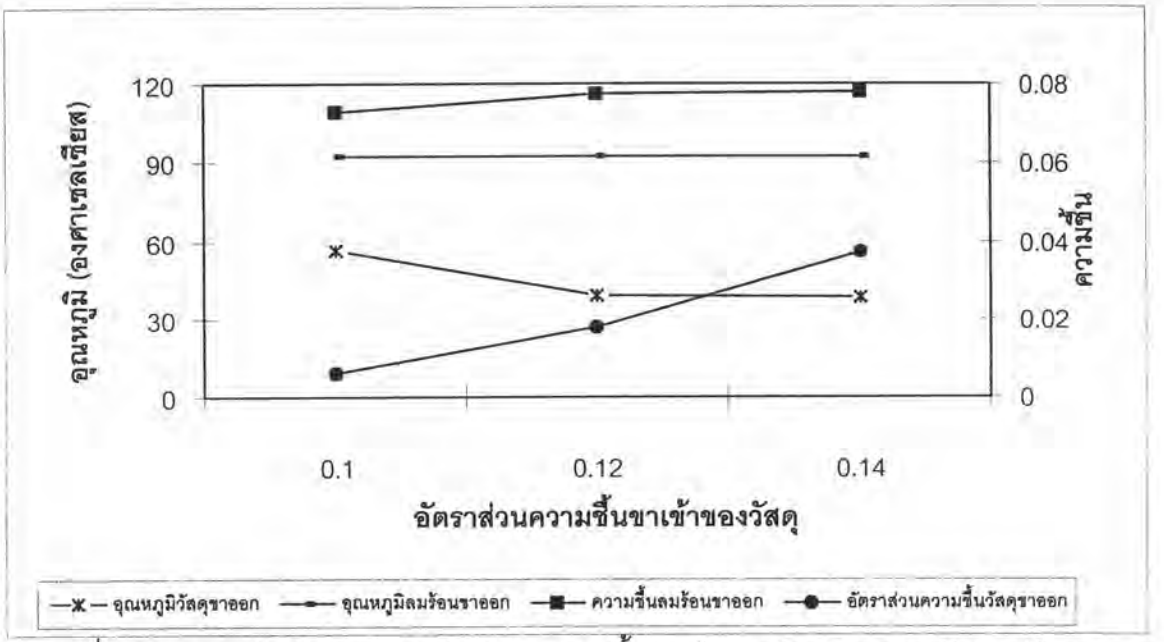
1. เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุมากขึ้น จะทำให้อุณหภูมิวัสดุขาออกและอุณหภูมิลมร้อนขาออกมีค่าต่ำลง อัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุจะมีค่าสูงขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นของลมร้อนขาออกจะเพิ่มสูงขึ้นได้แค่ค่าความชื้นอิ่มตัวที่เป็นค่าจำกัดของแต่ละอุณหภูมิ ตามรูปที่ 9.22

2. เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของวัสดุสูงขึ้น พบว่าวัสดุต้องการพลังงานจากลมร้อนเพื่อใช้ในการระเหยความชื้นน้อยลง ดังนั้นอุณหภูมิของลมร้อนขาออกจะสูงขึ้น และอุณหภูมิของวัสดุขาออกจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิขาเข้า อัตราส่วนความชื้นของวัสดุขาออกจะต่ำลง ส่วนปริมาณความชื้นในลมร้อนขาออกจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 9.23

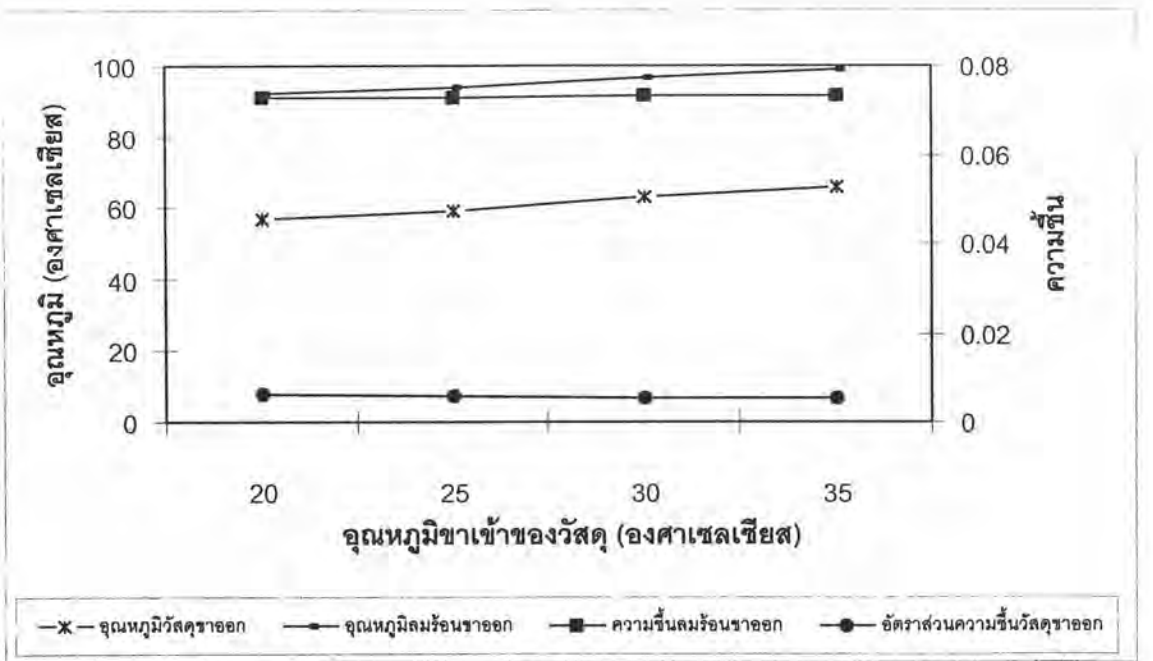
3. เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนสูงขึ้น จะทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้นมีผลทำให้อัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออกจะมีค่าต่ำลง ส่วนอุณหภูมิของวัสดุและลมร้อนขาออกจะสูงขึ้นและปริมาณความชื้นในลมร้อนขาออกจะมากขึ้น ดังรูปที่ 9.24

4. เมื่อปริมาณความชื้นในลมร้อนสูงขึ้น จะทำให้อุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อน, อัตราส่วนความชื้นและอุณหภูมิของวัสดุขาออกมีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 9.25

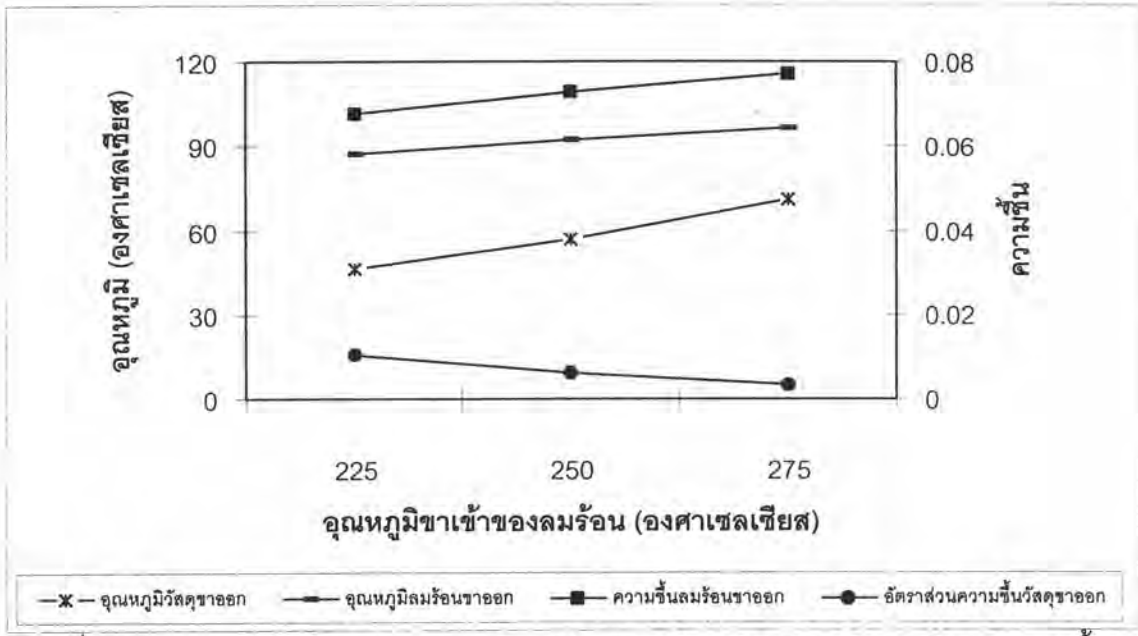
5. เมื่ออัตราการป้อนวัสดุเพิ่มมากขึ้น พลังงานความร้อนที่ลมร้อนต้องถ่ายเทให้แก่วัสดุจะมากขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิของลมร้อนและวัสดุขาออกจึงมีค่าต่ำลง ส่วนอัตราส่วนความชื้นของวัสดุขาออกและปริมาณความชื้นในลมร้อนขาออกมีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 9.26



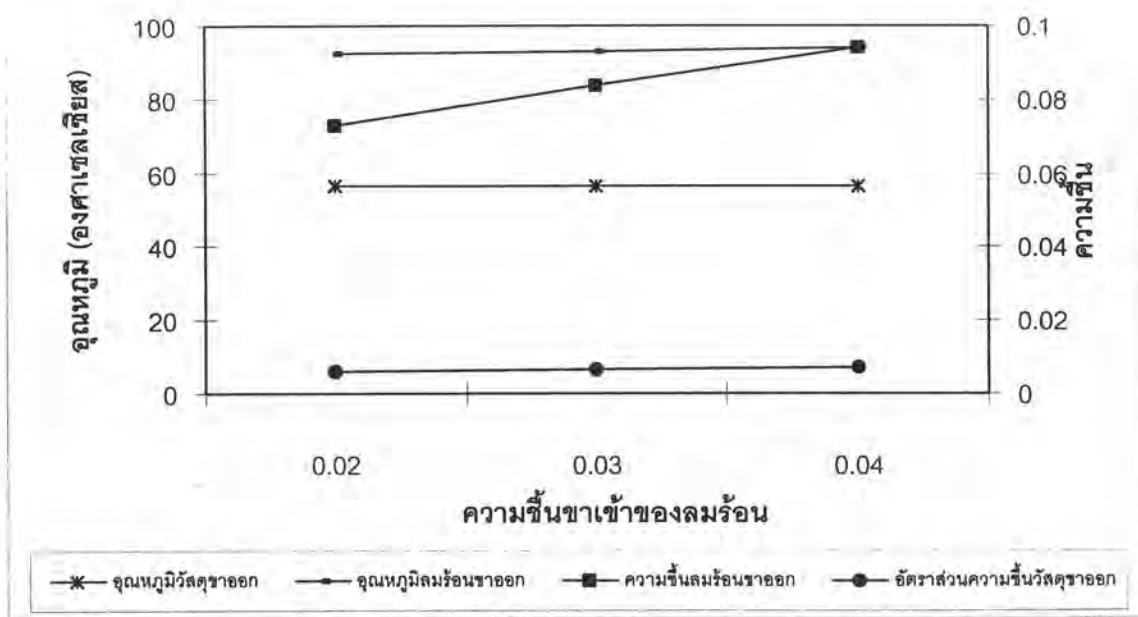
รูปที่ 9.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง



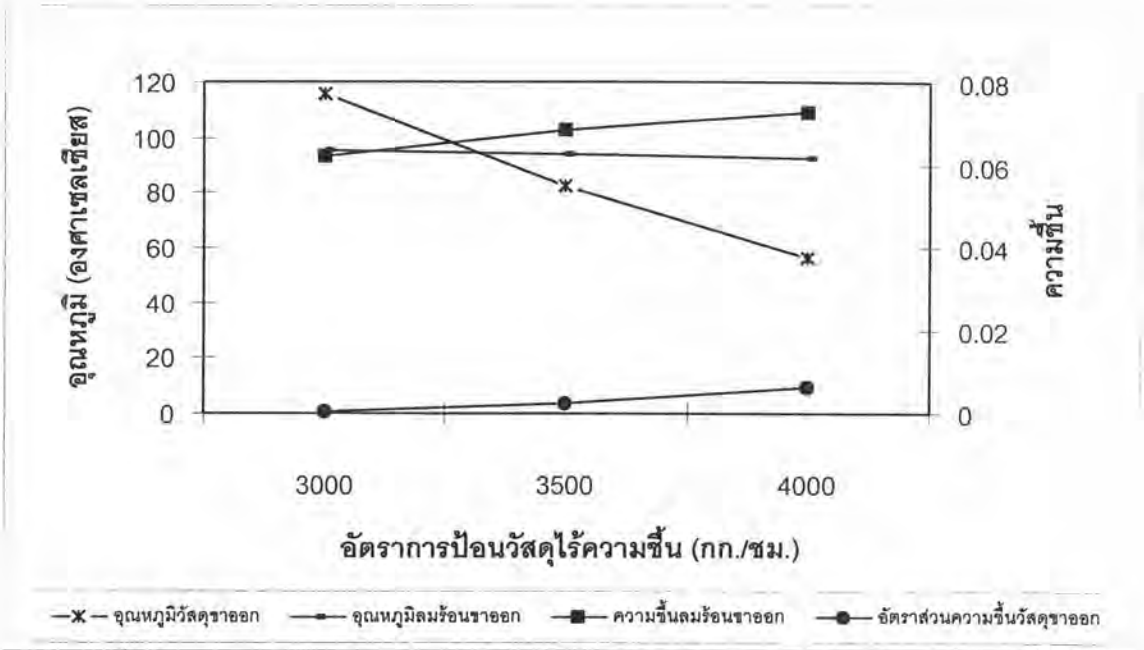
รูปที่ 9.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของวัสดุกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง



รูปที่ 9.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของลมร้อนกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง



รูปที่ 9.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นขาเข้าของลมร้อนกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง



รูปที่ 9.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนวัสดุกับอุณหภูมิและปริมาณความชื้น ลมร้อนขาออก อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นวัสดุขาออก จากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุนไหลสวนทาง

9.3 เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

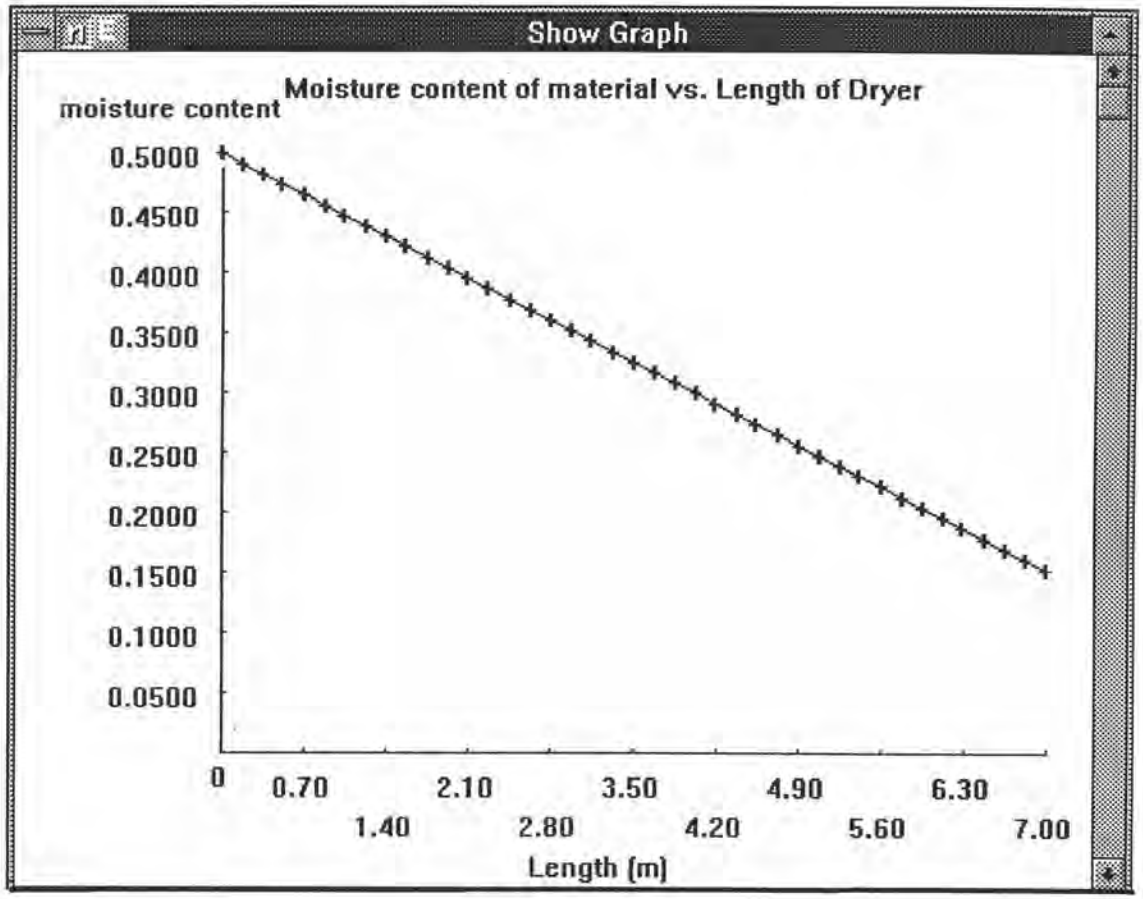
รูปที่ 9.27 แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ที่ภาวะการป้อนค่าต่างๆดังตารางที่ 9.5

ตารางที่ 9.5 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

ข้อมูล	ค่าของข้อมูล
อัตราส่วนความชื้นวัสดุขาเข้า	0.5
อุณหภูมิของลมร้อน (องศาเซลเซียส)	90
ความชื้นของลมร้อน	0.02
อัตราการป้อนวัสดุไร้ความชื้น (กก./ชม.)	600

โดยอัตราส่วนความชื้นวิกฤตเท่ากับ 0.02 อัตราส่วนความชื้นสมดุลเท่ากับ 0.005 ความหนาแน่นของวัสดุ 1600 กก./ลบ.ม. ความหนาแน่นปรากฏของวัสดุเท่ากับ 800 กก./ลบ.ม.
ขนาดเครื่อง ความกว้าง 3.5 เมตร ความยาว 7 เมตร ความเร็วลมร้อน 1 เมตร/วินาที

จาก รูปที่ 9.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความชื้นที่ผิวบนของชั้นวัสดุ กับความยาวเครื่อง ของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงาน ซึ่งจะเห็นว่าลดลงในสัดส่วนที่คงที่ตลอดเวลา ถ้าวัสดุยังอยู่ในช่วงของอัตราการอบแห้งที่คงที่เนื่องจากอัตราการอบแห้งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของลมร้อน ซึ่งถือว่าคงที่ตลอดเวลาจากการตั้งสมมุติฐาน และจากการที่สมมุติฐานว่าอุณหภูมิของวัสดุในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านจะคงที่เท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อน ทำให้อุณหภูมิของลมร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านในโปรแกรมจะไม่ขึ้นอยู่กับความยาวเครื่อง ถือว่าเท่ากันตลอดความยาวเครื่อง แต่จะเปลี่ยนแปรตามความสูงของชั้นวัสดุเท่านั้น ซึ่งจากข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม พบว่าอุณหภูมิของลมร้อนจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อไหลผ่านชั้นวัสดุ ทำให้วัสดุที่อยู่ต่ำกว่าผิวบนมีความชื้นมากกว่าวัสดุที่ผิวบน เนื่องจากลมร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าลมร้อนที่ผิวบน พลังงานความร้อนที่ลม



รูปที่ 9.27 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นที่ผิวบนของชั้นวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้งที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

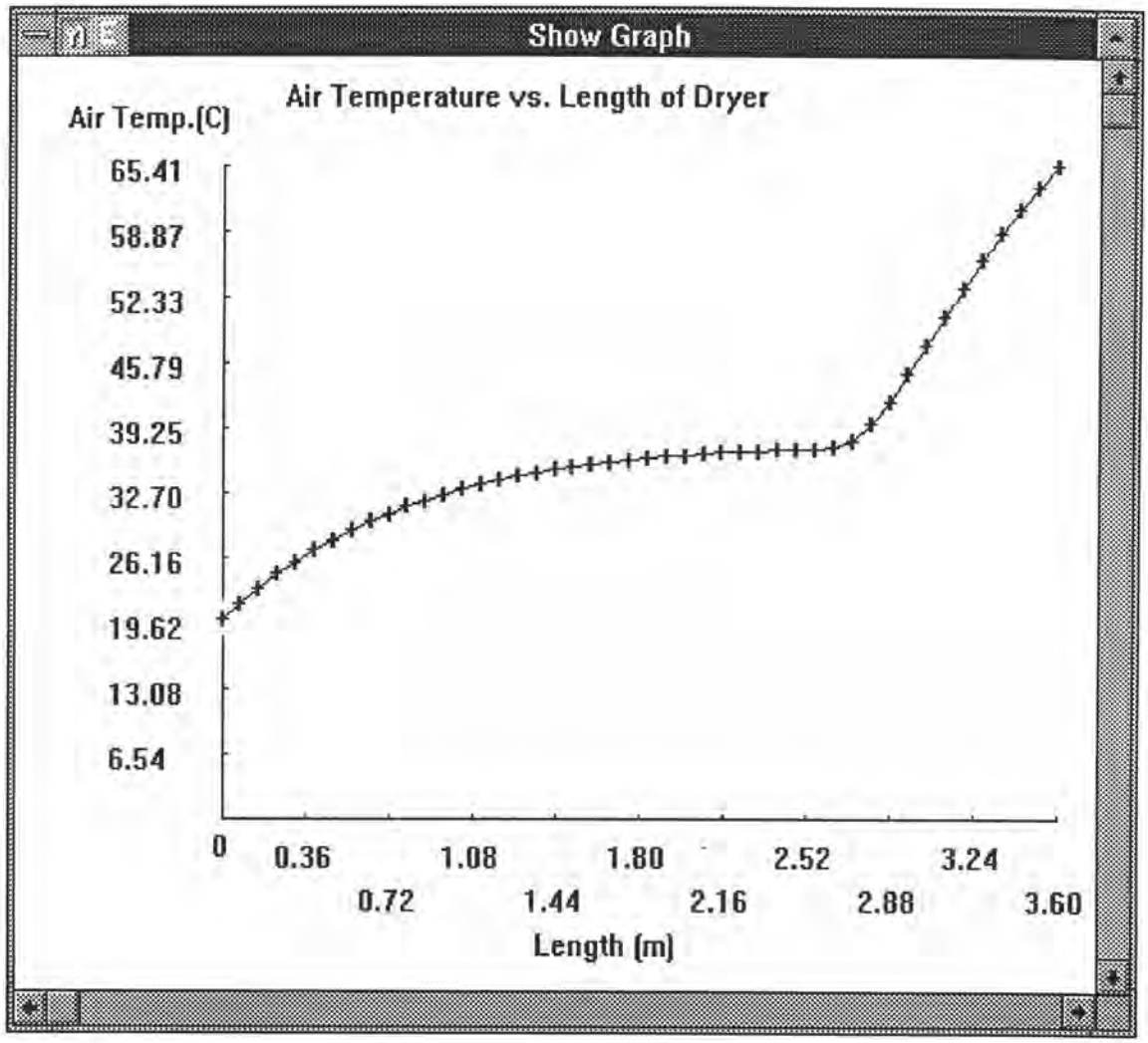
ร้อนถ่ายเทให้แก่วัสดุที่ผิวด้านล่างจะน้อยกว่า วัสดุจึงระเหยความชื้นออกไปได้น้อยกว่าที่ผิวบน และในการจำลองแบบการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านนี้จะจำลองเฉพาะช่วงของการอบแห้งที่อัตราการอบแห้งคงที่เท่านั้น

9.4 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

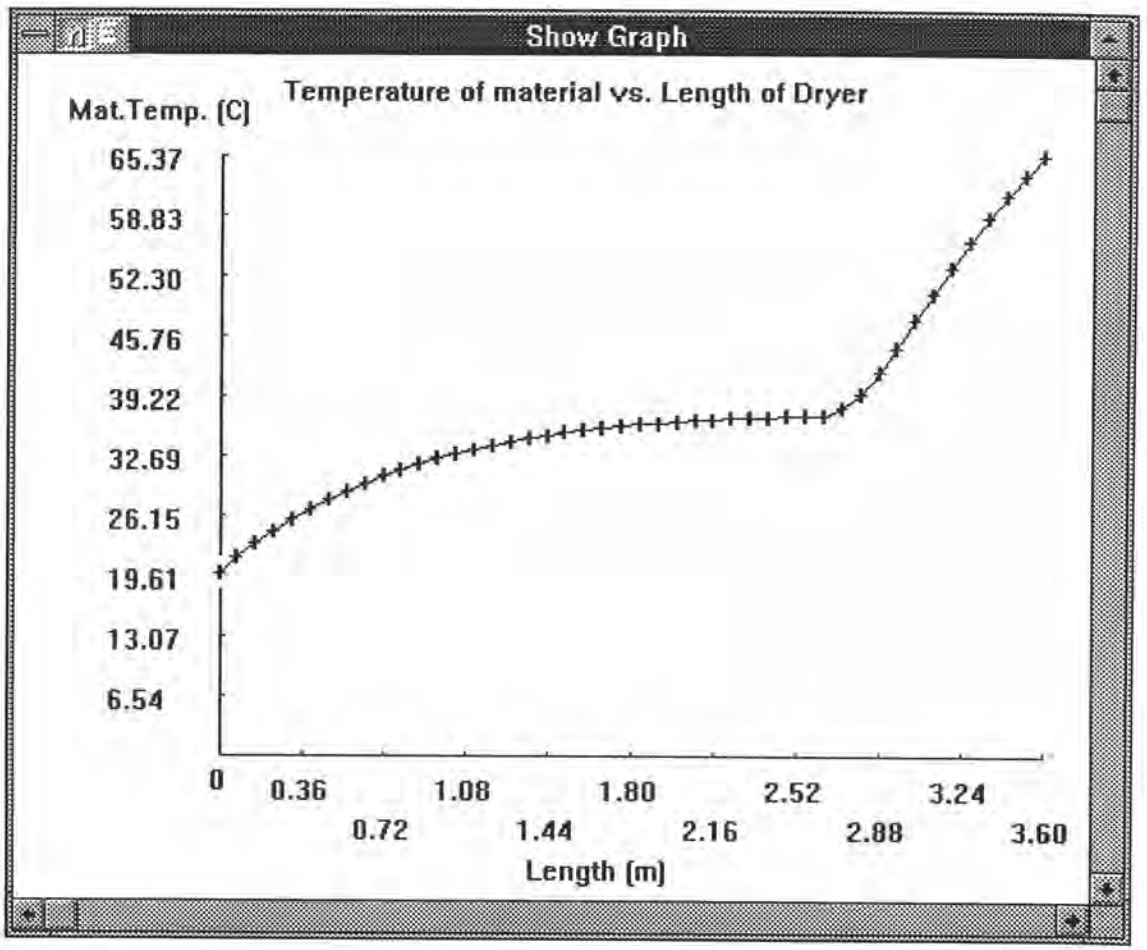
รูปที่ 9.28 - 9.30 แสดงตัวอย่างผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

ตารางที่ 9.6 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

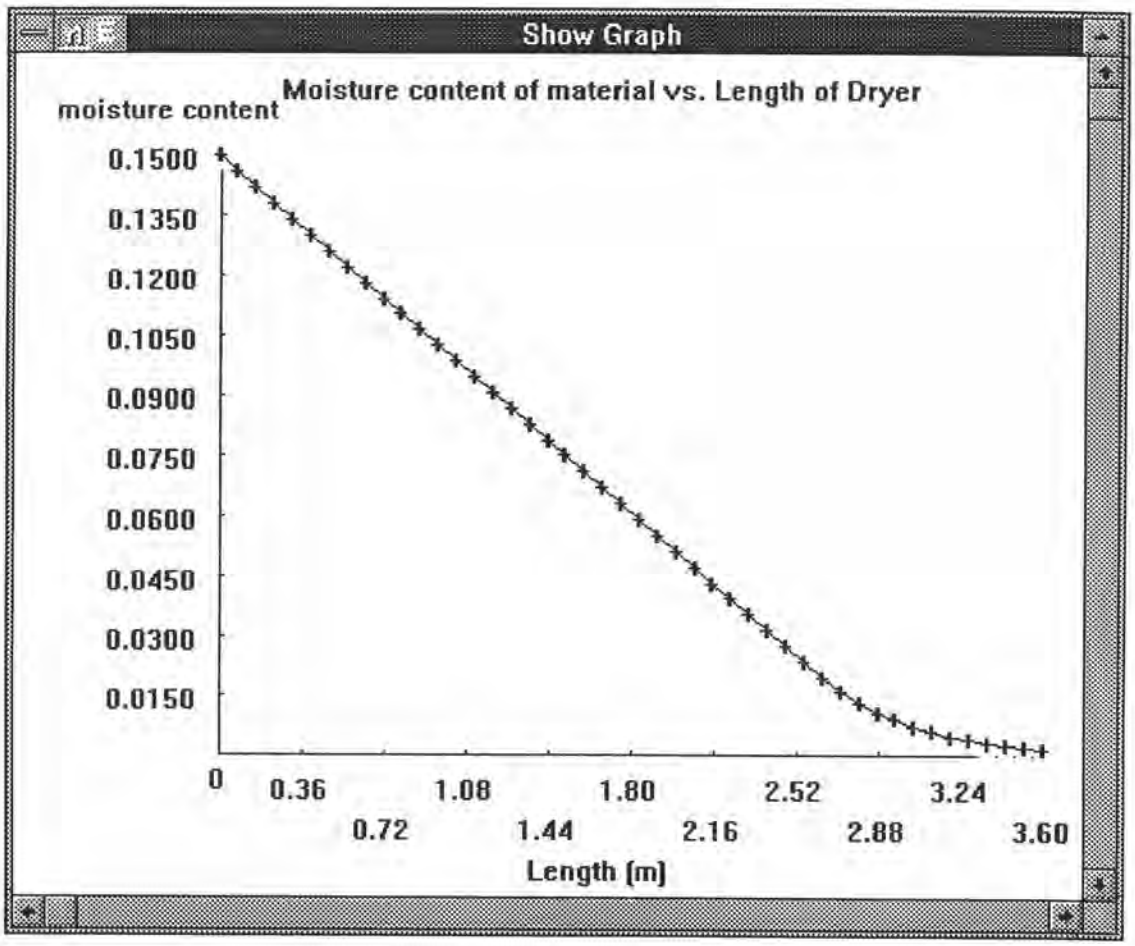
ข้อมูล	ค่าของข้อมูล
อุณหภูมิที่ทางเข้าของวัสดุ (องศาเซลเซียส)	20
อัตราส่วนความชื้นที่ทางเข้าของวัสดุ	0.15
อุณหภูมิของลมร้อน (องศาเซลเซียส)	80
ความชื้นของลมร้อน	0.02
ขนาดของวัสดุ (มิลลิเมตร)	0.5
อัตราการป้อนวัสดุไร้ความชื้น (กก./ชม.)	4000
ความยาวเครื่อง (เมตร)	3.6
ความกว้างของเครื่อง (เมตร)	0.5
ความสูงของชั้นวัสดุเวลาหยุดนิ่ง (เมตร)	0.15



รูปที่ 9.28 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของลมร้อนที่ทางออกกับความยาวของเครื่องอบแห้งที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด



รูปที่ 9.29 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้ง ที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด



รูปที่ 9.30 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของวัสดุกับความยาวของเครื่องอบแห้งที่ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

จากลักษณะของกราฟที่ได้จะพบว่าอุณหภูมิของลมร้อนที่ทางออกตลอดแนวความยาวเครื่องจะแปรตามอุณหภูมิของวัสดุ เนื่องจากสมมุติฐานถือว่าอุณหภูมิของวัสดุกับความชื้นของวัสดุ ณ.ตำแหน่งใดตามความสูงของเครื่องมีค่าเท่ากัน ในช่วงแรกอุณหภูมิของลมร้อนที่ทางออกจะต่ำ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับอุณหภูมิของลมร้อน (ΔT) มีค่ามาก ลมร้อนจึงถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุมาก เพื่อให้วัสดุนำไปใช้ในการระเหยความชื้น และขณะเดียวกันก็ทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้นมาเรื่อยๆ จนอุณหภูมิของวัสดุกับอุณหภูมิของลมร้อนที่ทางออกเกือบมีค่าเท่ากัน และอุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้นมากเมื่อความชื้นในวัสดุเหลือน้อยลง ในช่วงท้ายของความยาวเครื่องจึงพบว่าอุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

จากการทดลองเปลี่ยนพารามิเตอร์ทางขาเข้าของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดพบว่า

1. เมื่ออัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ หรือปริมาณความชื้นในลมร้อนขาเข้ามีค่าสูงขึ้น หรืออัตราการป้อนวัสดุสูงขึ้น จะทำให้วัสดุขาออกมีอัตราส่วนความชื้นสูงขึ้น และอุณหภูมิต่ำลง

2. เมื่ออุณหภูมิของลมร้อนสูงขึ้น วัสดุขาออกจะมีอัตราส่วนความชื้นต่ำลง และอุณหภูมิสูงขึ้น

3. เมื่ออุณหูมิของวัสดุขาเข้าสูงขึ้น พบว่าอัตราส่วนความชื้นของวัสดุขาออกไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนอุณหภูมิของวัสดุขาออกสูงขึ้นตามอุณหภูมิของวัสดุขาเข้า