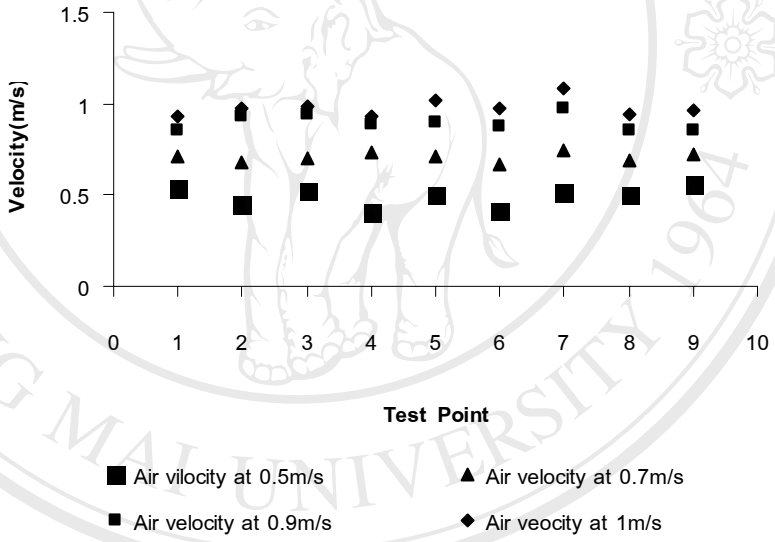
บทที่ 5
ผลการทดลองและวิจารณ์

งานวิจัยนี้แยกการวิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้ดังนี้คือ การประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง การหาอัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิต่างๆ เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลองและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 ผลการทดสอบการกระจายลมภายในห้องอบแห้ง

รูป 5.1 ลักษณะการกระจายลมในห้องอบแห้งแบบห้องปฏิบัติการ พบว่าลักษณะการกระจายลมตามจุดต่างๆมีความแตกต่างกันไม่เกิน 5 % จึงถือว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก



รูป 5.1 ความเร็วลมในห้องอบแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ

5.2 ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิในห้องอบแห้ง

จากผลการวัดการกระจายอุณหภูมิในห้องอบแห้งที่อุณหภูมิ 65,75,85 และ95°C ดังตาราง 5.1 พบว่าอุณหภูมิมีค่าสูงกว่าและต่ำกว่าค่าที่ได้กำหนดทุกๆอุณหภูมิที่ทดลอง และผลต่างของอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆมีความแตกต่างกันไม่เกิน 5 % เมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่กำหนด ซึ่งถือว่าอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดห้องอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 5.1 อุณหภูมิลมร้อนในห้องอบแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ

จุดที่ทดสอบ	อุณหภูมิ(^{o}C)			
	65	75	85	95
1	66.54±0.25	76.00±0.40	85.63±0.30	95.12±0.25
2	67.47±0.25	77.20±0.35	85.91±0.30	94.62±0.20
3	67.44±0.20	76.13±0.20	85.10±0.25	94.82±0.30
4	64.12±0.35	74.93±0.3	84.62±0.25	95.12±0.20
5	65.09±0.25	75.20±0.35	85.23±0.25	95.22±0.35
6	66.48±0.25	76.85±0.25	86.26±0.20	94.96±0.25
7	64.34±0.45	74.12±0.35	85.36±0.30	95.05±0.2
8	64.24±0.35	74.32±0.25	84.92±0.35	95.10±0.35
9	64.27±0.3	74.03±0.25	84.91±0.35	95.25±0.25

5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองที่ออกแบบกับการทดลอง

การเปรียบเทียบค่าที่จุดออกแบบกับการทดลองที่จุดที่ได้ออกแบบที่ความหนาของชั้นลำไยที่ 60cm แสดงดังตาราง 5.2 การเปรียบเทียบค่าที่จุดออกแบบกับการทดลองที่จุดที่ได้ออกแบบที่ความหนาของชั้นลำไยที่ 60cm พบว่าเครื่องอบแห้งสามารถทำงานตามจุดที่ออกแบบ โดยทำอุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้งได้ถึง 75 ^{o}C และความเร็วก่อนเข้าห้องอบแห้งได้ถึง 0.7m/s มีการนำอากาศที่ใช้กลับมาใช้ใหม่ที่ 90 % ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 64.45 % จากที่ค่าของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและขนาดของขดลวดความร้อนมีค่าน้อยกว่าจุดที่ออกแบบ เนื่องจากการที่ค่าของความชื้นสัมพัทธ์อุณหภูมิอากาศแวดล้อมและเวลาการอบแห้งที่มีค่าน้อยกว่าจุดที่ออกแบบเป็นผลให้ค่าของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและขนาดของขดลวดความร้อนมีค่าน้อยกว่าจุดที่ออกแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบที่จุดออกแบบกับจุดการทดลอง

เงื่อนไข	ออกแบบ	ทดลอง
อุณหภูมิอบแห้ง (^{o}C)	75	75
นำอากาศกลับมาใช้ใหม่(%)	90	90
อากาศแวดล้อมที่ (^{o}C)	25	29.32
ความชื้นสัมพัทธ์ที่ (%)	70	64.45
น้ำหนักเริ่มต้น (kg)	60	58.73
ความเร็วลมที่ (m/s)	0.7	0.7
พื้นที่หน้าตัดที่ (m^2)	0.16	0.16
ความชื้นเริ่มต้นที่ (% d.b.)	280	253
ความชื้นสุดท้ายที่ (% d.b.)	13	13.52
Drying time (h)	71.96	64
SEC(MJ/kg $_{water}$)	12.72	11.61
ขนาดของขดลวดความร้อน(kw)	9.39	8.8

5.4 ผลการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของความชื้นของลำไยอบแห้งทั้งลูก

ได้หาค่าความสม่ำเสมอของความชื้นหลังจากการอบแห้งที่ใช้ในการอบแห้งของการทดลองอบแห้งที่ตำแหน่งแบบต่างๆแสดงดังตาราง 5.3 จากการคำนวณค่าความสม่ำเสมอของความชื้นหลังจากการอบแห้ง พบว่าค่าความสม่ำเสมอของความชื้นหลังจากการอบแห้งที่ชั้นเดียวกันมีความแตกต่างกันน้อยมากแต่เมื่อเทียบระหว่างชั้น พบว่าชั้นบนกับชั้นกลางมีความแตกต่างของความชื้นเฉลี่ย 2.447 % d.b. ชั้นบนกับชั้นล่างมีความแตกต่างของความชื้นเฉลี่ย 4.747 %d.b. และชั้นกลางกับชั้นล่างมีความแตกต่างของความชื้นเฉลี่ย 2.300 %d.b.

ตาราง 5.3 ความชื้นของลำไยหลังจากการอบแห้งที่ตำแหน่งชั้นล่างชั้นกลางและชั้นบนเมื่ออบแห้งด้วยอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (^{o}C)	ชั้น	จุดที่ทดสอบ				
		1	2	3	4	5
75	บน	15.05	16.58	15.29	16.51	16.19
	กลาง	13.00	13.62	13.91	13.56	13.28
	ล่าง	11.18	10.59	11.60	11.38	11.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.5 เงื่อนไขการอบแห้งที่ผลมีผลต่อแรงลอยตัว

ค่าแรงลอยตัวเมื่ออบแห้งที่ความหนา 20 cm อุณหภูมิลมร้อน 65, 75 และ85 ^{o}C ที่ความเร็วลม 0.7 m/s แสดงดังรูป 5.2 พบว่าค่าแรงลอยตัวที่ได้ใกล้เคียงกันมาก และเมื่อนำข้อมูลแรงลอยตัวมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งแสดงว่าความชื้นและอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าของแรงลอยตัว

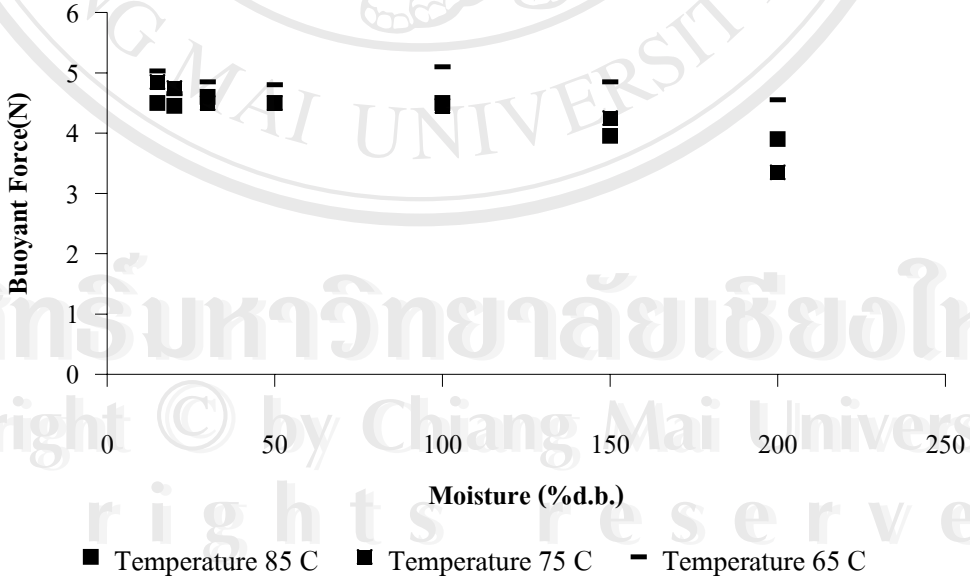
สำหรับค่าแรงลอยตัวเมื่ออบแห้งลำไยมีความหนา 5, 10, 15 และ 20 cm. ความเร็วลม 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 m/s โดยให้อุณหภูมิคงที่ (อากาศแวดล้อม) แสดงดังรูป5.3พบว่าเมื่อความเร็วลมคงที่และทำการเปลี่ยนความหนา ค่าแรงลอยตัวจะมีความแตกต่างกันน้อยเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าความหนาไม่มีผลต่อค่าของแรงลอยตัว

เมื่อความหนาคงที่และทำการเปลี่ยนความเร็วลมพบว่าเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจะทำให้แรงลอยตัวเพิ่มขึ้นด้วย จากการวิเคราะห์สมการถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงลอยตัวกับความเร็วลมโดยที่มีค่า $R^2 = 0.99$ แสดงดังสมการ (5.1)

$$F = -11.3788v^3+15.37262v^2+-0.39961v-0.39961 \quad (5.1)$$

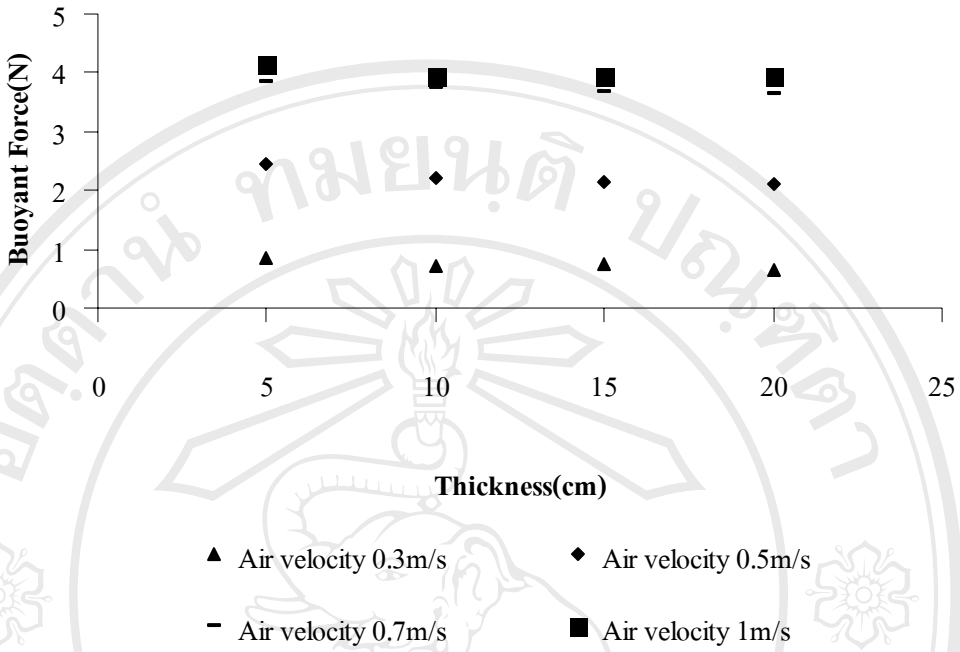
เมื่อ F คือ แรงลอยตัว, N

V คือ ความเร็วลม, m/s



รูป 5.2 ค่าแรงลอยตัวของลำไยในระหว่างการอบแห้งที่ ความเร็วลม 0.7 m/s ความหนา 20cm และอุณหภูมิ 65, 75 และ 85 ^{o}C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

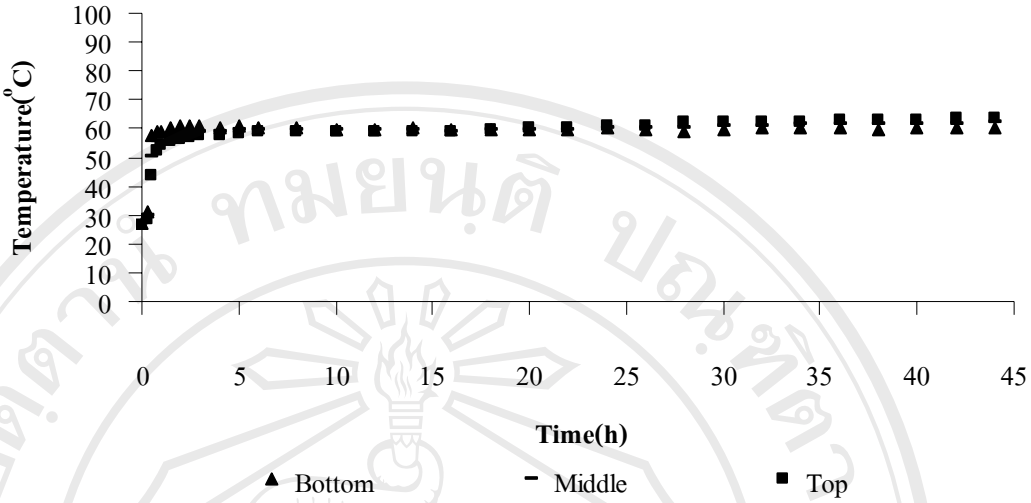


รูป 5.3 ค่าแรงลอยตัวเมื่ออบแห้งลำไยความหนา 5, 10, 15 และ 20 cm. ความเร็วลม 0.3, 0.5,0.7และ 1 m/s และที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม

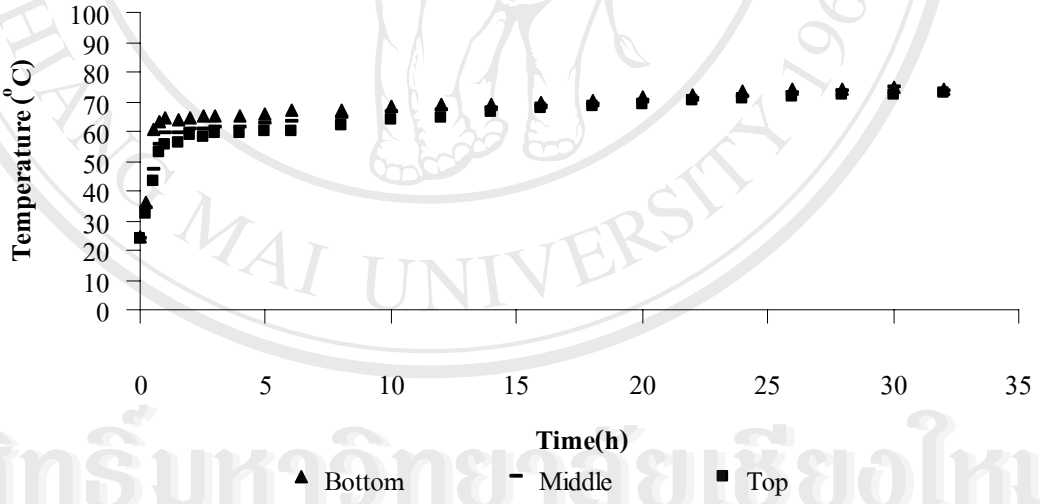
5.6 การวัดอุณหภูมิของเนื้อลำไยขณะอบแห้ง

อุณหภูมิเนื้อลำไยอบแห้งขณะอบแห้งที่อุณหภูมิ 65, 75 และ 85 ^{o}C สามารถแสดงจากรูป 5.4 ถึงรูป 5.6 ลักษณะอุณหภูมิเนื้อลำไยภายในตู้อบแห้งเอนกประสงค์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ พบว่าลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเนื้อลำไยในช่วงแรกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อมาจะเพิ่มขึ้นช้าลงและจะเริ่มคงที่เมื่ออุณหภูมิเนื้อลำไยใกล้กับอุณหภูมิการอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

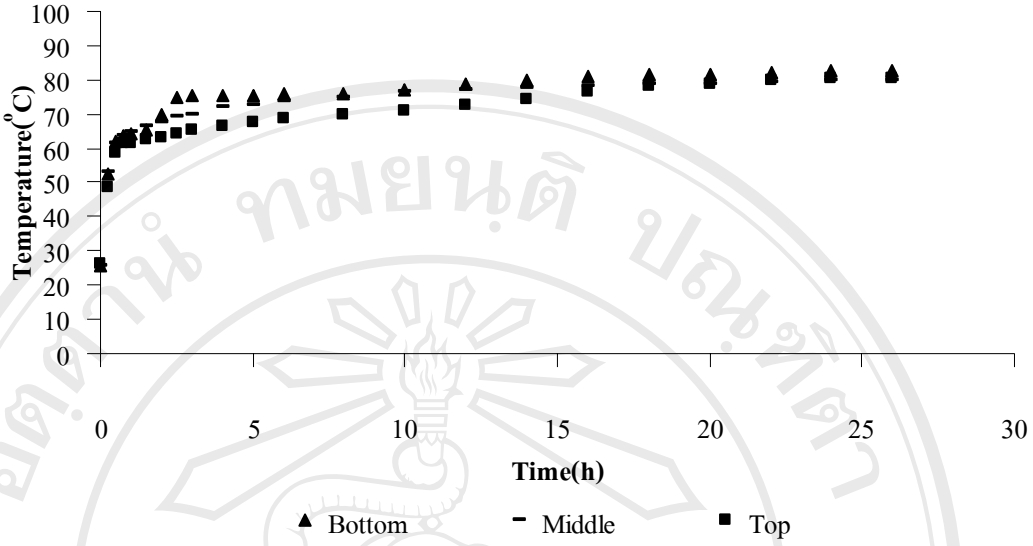


รูป 5.4 อุณหภูมิเนื้อลำไยขณะอบแห้งที่อุณหภูมิ 65°C



รูป 5.5 อุณหภูมิเนื้อลำไยขณะอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

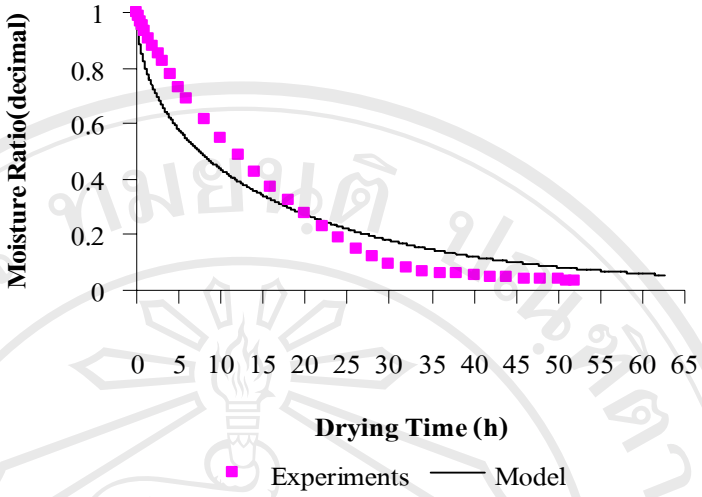


รูป 5.6 อุณหภูมิเนื้อลำไยขณะอบแห้งที่อุณหภูมิ 85°C

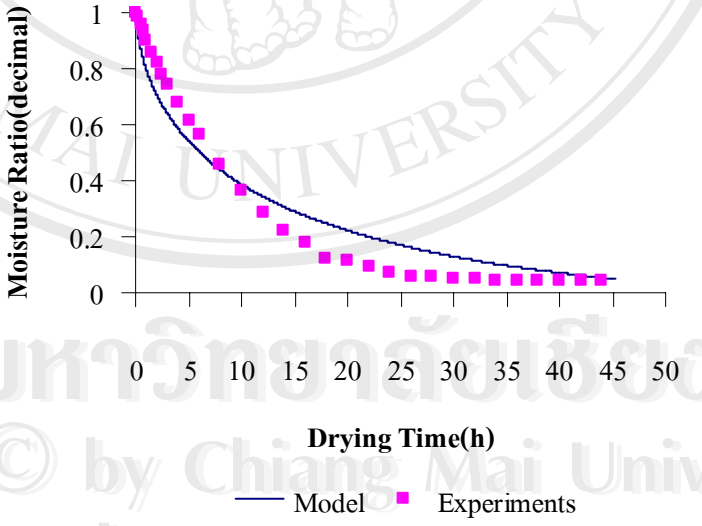
5.7 การวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลการทดลองอบแห้ง

ได้นำแบบจำลองการอบแห้งทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งลำไยทั้งลูกของวีรศักดิ์ วงศาสุราฤทธิ์ (2546) มาใช้โดยการปรับปรุงเงื่อนไขให้สอดคล้องกับการทดลอง โดยจำลองสภาพการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 ,75 และ 85°C ตามลำดับดังแสดงดังรูป 5.7 ถึงรูป 5.10 จะเห็นว่าในช่วงแรกของการอบแห้งนั้นเส้นกราฟของอัตราการอบแห้งที่ได้จากการจำลองสภาพการอบแห้งมีค่าต่ำกว่าการทดลอง เนื่องมาจากการที่ในช่วงแรกของการทดลองนั้นอุณหภูมิภายในของเนื้อลำไยในช่วงแรกยังมีอุณหภูมิไม่ถึงอุณหภูมิการอบแห้ง แต่ในแบบจำลองสภาพการอบแห้งนั้นได้สมมุติให้อุณหภูมิเนื้อเท่ากับอุณหภูมิการอบแห้งเลยทันที และทั้งนี้เนื่องมาจากที่ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นที่นำมาใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถทำนายอัตราการอบแห้งได้เร็วกว่าการทดลอง ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นนั้นเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิอย่างเดียวทำให้การทำนายอัตราส่วนความชื้นมีค่าน้อยกว่าการทดลองในช่วงแรกและมีค่ามากกว่าในช่วงสุดท้าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

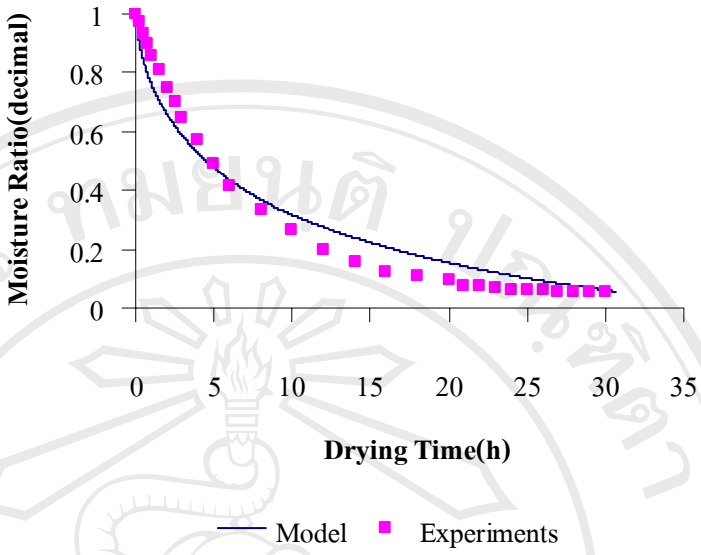


รูป 5.7 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการจำลองภาพการอบแห้งกับการทดลองลำไยทั้งลูกที่อุณหภูมิอบแห้ง 65°C (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 65.92 $kg_{dry\ air}$/h-kg_{solid},น้ำหนักเริ่มต้น 18.162 kg, ความชื้นเริ่มต้น 233.43% d.b., ความชื้นสุดท้าย 13.18 % d.b., อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 25.79 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 71.16%)

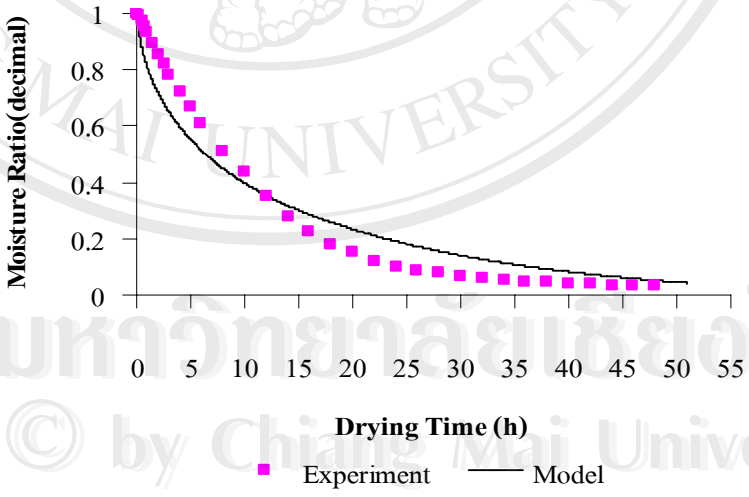


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 5.8 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการจำลองภาพการอบแห้งกับการทดลองลำไยทั้งลูกที่อุณหภูมิอบแห้ง 75°C (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 67.44 $kg_{dry\ air}$/h-$kg_{solid,}$น้ำหนักเริ่มต้น 19.822 kg, ความชื้นเริ่มต้น 231.52 %d.b, ความชื้นสุดท้าย 13.75 %d.b. อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 27.8 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 76.52%)



รูป 5.9 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการจำลองภาพการอบแห้งกับการทดลองลำไยทั้งลูกที่อุณหภูมิอบแห้ง 85°C (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 59.06 $kg_{dry\ air}$/h-kg_{solid} ,น้ำหนักเริ่มต้น 18.612 kg, ความชื้นเริ่มต้น 227.89 %d.b., ความชื้นสุดท้าย 13.66 %d.b., อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 25.71 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 71.79%)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 5.10 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการจำลองภาพการอบแห้งกับการทดลองลำไยทั้งลูกที่อุณหภูมิอบแห้ง 75°C มีการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 90% (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 71.15 $kg_{dry\ air}$/h-$kg_{solid,}$น้ำหนักเริ่มต้น 19.913 kg, ความชื้นเริ่มต้น 269.24 %d.b., ความชื้นสุดท้าย 13.16 %d.b., อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 30.75 °C,ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 71.28%)

5.8 ผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

โดยได้ทำการคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ได้จากผลการทดลองที่อุณหภูมิต่างๆที่ใช้ในการอบแห้งเปรียบเทียบกับค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ได้จากการจำลองสภาพการอบแห้งแสดงดังตาราง 5.4

ตาราง 5.4 ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ได้จากการทดลองและการจำลองสภาพการอบแห้งที่อุณหภูมิการอบแห้งต่างๆ

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	ความชื้น (%d.b.)		SEC (MJ/kg-water)		เวลาอบแห้ง (h)	
	เริ่มต้น	สุดท้าย	ทดลอง	แบบจำลอง	ทดลอง	แบบจำลอง
65	233.43	13.18	64.90	70.53	52	64.57
75	231.52	13.75	56.28	58.16	44	45.33
85	227.89	13.66	54.53	56.48	30	30.70
75 Recycle 90%	269.24	13.16	9.28	9.55	48	50.97

*SEC คือค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง

จากการคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ได้จากการจำลองสภาพการอบแห้งกับค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ได้จากการทดลองที่อุณหภูมิการอบแห้งคงที่ จะพบว่าอุณหภูมิการอบแห้งมีผลต่อเวลาในการอบแห้งและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นค่าของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะมีค่าลดลง เนื่องมาจากการที่อุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นจะทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้นด้วย มีผลทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงจึงส่งผลให้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงด้วย และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการจำลองสภาพการอบแห้งจะมีค่าสูงกว่าค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ได้จากการทดลอง เนื่องมาจากเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของการจำลองสภาพการอบแห้งมีค่ามากกว่าเวลาการอบแห้งจากการทดลองจึงส่งผลให้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่ามากตามไปด้วยในส่วนของการทดลองที่ 75°C มีการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ที่ 90% ซึ่งจะทำให้ประหยัดพลังงานมากเมื่อเทียบกับการไม่นำอากาศกลับมาใช้ใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5.9 อิทธิพลของอัตราการไหลที่มีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

การทดลองและการจำลองสภาพการอบแห้งที่อุณหภูมิเพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลที่มีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่อัตราการไหล 288 kg/h, 345 kg/hและ403 kg/hดังตาราง5.5

ตาราง 5.5 ค่าเปรียบเทียบพลังงานจำเพาะที่อุณหภูมิ 75°C ที่อัตราการไหลที่ค่าต่างๆ โดยที่ Recycle เท่ากับ 0 %

อัตราการไหล (m^3/h)	ความชื้น(%d.b.)		เวลาอบแห้ง (h)		SEC (MJ/kg-water)	
	เริ่มต้น	สุดท้าย	ทดลอง	แบบจำลอง	ทดลอง	แบบจำลอง
288	231.33	13.92	44	51.14	48.28	50.56
345	234.43	13.75	44	45.33	56.28	58.61
403	229.38	13.59	42	43.11	80.44	92.27

จากการเปรียบเทียบอัตราการไหลกับพลังงานจำเพาะที่ค่าต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้งเดียวกันเมื่ออัตราการไหลมีค่าเพิ่มขึ้นจากการทดลองและการจำลองสภาพการอบแห้งจะทำให้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved