

WALAI AutoLib
SK075012



67897

รายงานการวิจัย

แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น

Thin- Layer Drying Models Appropriate for Drying

Para Rubber Sheet

วสันต์ จินชาดา	Wasan Jeentada	633.89
พรประสิทธิ์ คงบุญ	Pornprasit Kongboon	0358
สิทธิพร บุญญานุวัตร	Sittiporn Boonyanuwat	๕๕๖
เฉลิม ศิริรักษ์	Chalerm Sirirak	๓๖๓๖

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2555

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2555 และความอนุเคราะห์จากสหกรณ์สวนยางพิจิตรจำกัด ตำบลพิจิตร อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อการสนับสนุน โครงการวิจัยเรื่องแบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยและความอนุเคราะห์จากสหกรณ์สวนยางพิจิตรจำกัด ตำบลพิจิตร อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา มา ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัย

มีนาคม 2556



แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น

วสันต์ จินธาดา พรประสิทธิ์ คงบุญ สิทธิพร บุญญานุวัตร และ เณลิม ศิริรักษ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งยางพาราแผ่นที่สภาวะอุณหภูมิอากาศ 40, 50, 60 และ 70°C ความเร็วอากาศ 0.5 และ 1 เมตร/วินาที โดยการนำผลการทดลองมาหาค่าอัตราส่วนความชื้นและนำแบบจำลองอบแห้งชั้นบาง 10 แบบที่แตกต่างกันมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจากผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นพบว่าที่สภาวะความเร็วการไหลอากาศเท่ากันแต่อุณหภูมิต่างกันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความชื้นในยางพาราจะระเหยออกได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนที่สภาวะอุณหภูมิเท่ากันแต่ความเร็วการไหลของอากาศต่างกันเมื่อความเร็วการไหลอากาศสูงขึ้นทำให้ความชื้นในยางพาราจะระเหยออกได้เร็วกว่าที่ความเร็วต่ำเนื่องจากเกิดการพาความชื้นออกจากตู้อบแห้งได้เร็วกว่า การเปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางพบว่า มีแบบจำลอง 5 แบบที่ทำนายค่าอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งยางพาราแผ่นได้ดีคือแบบจำลองของ Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page ตามลำดับ จะมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.984-0.9992 ส่วนแบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่ทำนายค่าอัตราส่วนความชื้นได้ดีในทุกสภาวะของการทดลองคือแบบจำลองของ Modified Henderson and Pabis มีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.9956-0.9992 ซึ่งมีค่า R^2 สูงกว่าแบบจำลองอบแห้งชั้นบางแบบอื่นๆ

คำสำคัญ: อบแห้ง แบบจำลอง อัตราส่วนความชื้น ยางพารา

Thin- Layer Drying Models Appropriate for Drying Para Rubber Sheet

Wasan Jeentada Pornprasit Kongboon Sittiporn Boonyanuwat and Chalerm Sirirak

ABSTRACT

The purpose of this project was to study para rubber sheet drying at temperature of 40°, 50°, 60° and 70°, air velocity of 0.5 and 1 meter/second. The obtained experimental results were used to calculate moisture ratio values. Then the results obtained from 10 different types of thin layer drying models were compared with the experimental results. The experimental results of moisture ratio values of para rubber sheets indicated that at the same air flow rate but with different temperature, the higher the temperature, the faster of the moisture evaporation of para rubber sheet. Whereas, with same temperature but at the different air flow rates, the higher of air flow rate, the faster moisture evaporation of para rubber sheet due to the faster rate of moisture diffusion out of a drying chamber. The results obtained from the 10 different types of thin layer drying models revealed that 5 models could predict the moisture ratio of para rubber sheet drying with a satisfactory level. The 5 models rated with the valid levels with R^2 ranges of 0.984 - 0.9992 were Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution; and Page respectively. The type of thin layer drying model that could predict moisture ratio with a satisfactory level in all experimental conditions was Modified Henderson and Pabis. Its R^2 ranges were from 0.9956 to 0.9992, which was higher than those of the other models.

Keywords: Drying, Model, Moisture ratio, para rubber sheet

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	14
3.1 แผนการดำเนินงาน	14
3.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์	17
3.3 วิธีการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์	21
4.1 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนความชื้น	21
บทที่ 5 สรุป	37
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	41
ภาคผนวก ข ค่าคงที่แบบจำลองอบแห้งชั้นบาง	52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	รูปแบบของแบบจำลองอบแห้งชั้นบาง	7
3.1	แผนการดำเนินงาน	16



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนค่าความชื้นกับเวลา	11
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนค่าความชื้น	12
3.1	ลำดับวิธีการดำเนินงาน	15
3.2	ยางพาราแผ่น	17
3.3	ตู้อบควบคุมสภาวะ	17
3.4	ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ BINDER	18
3.5	เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ SARTORIUS รุ่น MIRAS	18
3.6	ชั่งมวลยางพาราแผ่น	19
3.7	ยางพาราแผ่นก่อนการอบแห้ง	19
3.8	ยางพาราแผ่นหลังการอบแห้ง	20
3.9	อบแห้งเพื่อหามวลแห้งยางพาราแผ่น	20
4.1	อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ ความเร็วอากาศ 0.5 เมตร/วินาที	21
4.2	อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ ความเร็วอากาศ 1 เมตร/วินาที	22
4.3	อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ ความเร็วอากาศ 0.5 และ 1 เมตร/วินาที	22
4.4	เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 40 °C)	24
4.5	เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 50 °C)	24
4.6	เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 60 °C)	25
4.7	เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 70 °C)	25
4.8	เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 40 °C)	26
4.9	เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 50 °C)	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10	27
เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 60 °C)	
4.11	27
เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 70 °C)	
4.12	28
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 40 °C)	
4.13	28
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 50 °C)	
4.14	29
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 60 °C)	
4.15	29
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 70 °C)	
4.16	30
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 40 °C)	
4.17	30
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 50 °C)	
4.18	31
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 60 °C)	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19	31
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 70 °C)	
4.20	32
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 40 °C)	
4.21	32
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 50 °C)	
4.22	33
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 60 °C)	
4.23	33
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 70 °C)	
4.24	34
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 40 °C)	
4.25	34
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 50 °C)	
4.26	35
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 60 °C)	
4.27	35
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 70 °C)	
4.28	36
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s)	
4.29	36
เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis (ความเร็วอากาศ 1 m/s)	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ยางเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยปลูกกันอย่างแพร่หลายในภาคใต้ของประเทศไทย โดยน้ำยางของยางพาราจะถูกเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ ซึ่งตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2534 ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติอันดับหนึ่งของโลก (Chaiprapat and Sdoodee, 2007) ภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกรวมภาคกลางและภาคเหนือตามลำดับ การส่งออกยางธรรมชาติของไทยส่วนใหญ่จะส่งออกรูปของวัตถุดิบ ได้แก่ ยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน น้ำยางข้นและยางชนิดอื่น เมื่อพิจารณาของยางที่ใช้ในประเทศไทย พบว่าเป็นยางแผ่นรมควันมากที่สุด รองลงมาเป็นน้ำยางข้น ยางแท่งเอสทีอาร์และยางแผ่นผึ่งแห้งตามลำดับ (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) การผลิตยางพาราแผ่นในประเทศไทยจะผลิตจากเกษตรกรโดยโรงรมควันยางแผ่นของสหกรณ์กองทุนสวนยางขนาดเล็กจำนวนมาก ประเทศไทยมีโรงรมควันยางแผ่นของสหกรณ์กองทุนสวนยางมากกว่า 700 แห่ง (Chaiprapat and Sdoodee, 2007) การรมควันยางพาราแผ่นเป็นกระบวนการอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยน้ำออกจากวัสดุซึ่งจะต้องใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแห้ง โรงรมควันยางพาราแผ่นจึงต้องถูกออกแบบให้เหมาะสมกับการรมยางพาราแผ่นเพื่อทำให้เกิดการประหยัดพลังงานและได้ผลิตภัณฑ์ยางพาราแผ่นรมควันที่มีคุณภาพเพื่อความเข้าใจในกระบวนการอบแห้งของยางพาราแผ่นจึงจำเป็นต้องรู้ถึงลักษณะเฉพาะของการอบแห้งยางพาราแผ่นจึงได้ผู้คิดค้นแบบจำลองอบแห้งชั้นบางมาทำนายกระบวนการอบแห้ง พารามิเตอร์ทั้งหมดที่ใช้ในแบบจำลองจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานะของการอบแห้งและระยะเวลาในการอบแห้งดังนั้นแบบจำลองอบแห้งชั้นบางนี้สามารถใช้ประโยชน์ในการออกแบบโรงรมยางพาราแผ่นได้

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการอบแห้งยางพาราแผ่นที่สถานะต่างๆ แล้วใช้แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่แตกต่างกันมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองเพื่อหาแบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมในการทำนายการอบแห้งยางพาราแผ่นเพื่อประโยชน์ในการออกแบบโรงรมยางพาราแผ่นจากกระบวนการอบแห้งยางพาราแผ่นและสามารถนำไปใช้ในการจำลองการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยวิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาแบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศและความเร็วของอากาศที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

อบแห้งยางพาราแผ่นที่อุณหภูมิของอากาศ 40, 50, 60 และ 70°C ความเร็วของอากาศ 0.5 และ 1 เมตร/วินาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น
2. นำแบบจำลองอบแห้งชั้นบางไปใช้ในการออกแบบโรงรมยางพาราแผ่นและเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นได้
3. ใช้ในการจำลองการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยวิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Babalis et al. (2006) ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการอบแห้งชั้นบางของมะเดื่อ โดยใช้เครื่องอบแห้งในห้องปฏิบัติการทำการทดลองที่อุณหภูมิ 55, 65, 75 และ 85°C ความเร็วของอากาศ 0.5, 1.0, 2.0 และ 3 เมตร/วินาทีแล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองการอบแห้งชั้นบาง 10 รูปแบบคือ Lewis, Henderson and Pabis, Logarithmic, Two term exponential, Page, Modified Page, Overhults, Weibull distribution, Wang and Singh และ Thompson จากการทดลองพบว่าแบบจำลองของ Two term exponential สามารถทำนายการอบแห้งของมะเดื่อได้ดีที่สุด

Janjai et al. (2010) ทำการอบแห้งชั้นบางของลิ้นจี่ปอกเปลือก ทดลองที่อุณหภูมิ 50, 60, และ 70°C ที่ความเร็วของอากาศ 1.5 เมตร/วินาทีและใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบาง 8 รูปแบบ คือ Newton, Page, Modified Page, Henderson and Pabis, Logarithmic, Wang and Singh, Two term exponential และ Modified Henderson and Pabis เพื่อใช้อธิบายผลการทดลองอบแห้งลิ้นจี่ปอกเปลือก จากผลการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองของ Page สามารถอธิบายการอบแห้งของลิ้นจี่ได้ดีที่สุด ตามมาด้วยแบบจำลองของ Logarithmic และพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้เวลาในการอบแห้งลดลง

Akpinar et al. (2006) ศึกษาลักษณะการอบแห้งของใบผักชีฝรั่งด้วยเครื่องอบแห้งพาความร้อนแบบบังคับ กำหนดอุณหภูมิการอบแห้ง 56, 67, 85 และ 93°C ความเร็วของอากาศคงที่ 1.0 เมตร/วินาที และอบแห้งด้วยวิธีการพาความร้อนแบบธรรมชาติโดยการอบแห้งในบรรยากาศใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 10.30-17.30 น ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันดังนี้ Newton, Page, Modified Page (I), Modified Page (II), Henderson and Pabis, Logarithmic, Two-term exponential, Wang and Singh และ Verma et al. ผลการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองของ Page สามารถทำนายการอบแห้งของใบผักชีฝรั่งด้วยเครื่องอบแห้งพาความร้อนแบบบังคับได้ดีกว่าแบบจำลองอื่นๆ ส่วนแบบจำลองของ Verma et al. จะทำนายการอบแห้งของใบผักชีฝรั่งด้วยวิธีการพาความร้อนแบบธรรมชาติได้ดีกว่าแบบจำลองอื่นๆ

Wang et al. (2007) ศึกษาลักษณะการอบแห้งชั้นบางของกากแอปเปิ้ล ใช้เครื่องอบแห้งในห้องปฏิบัติการ ทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 75, 85, 95 และ 105°C ความเร็วของอากาศ 1.2 ± 0.03 เมตร/วินาที กากแอปเปิ้ลมีความหนา 10 mm จากนั้นใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์การอบแห้งชั้นบางทำนายพฤติกรรมในการอบแห้งกากแอปเปิ้ล โดยใช้แบบจำลองของ Lewis, Page, Modified Page, Henderson and Pabis, Logarithmic, Two-term exponential, Approximation of diffusion, Wang and Singh, Simplified Fick's diffusion และ Modified Page equation-II ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองของ Logarithmic ทำนายการถ่ายเทความชื้นได้ดีกว่าแบบจำลองอื่นๆ และความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกับระยะเวลาการอบแห้งชั้นบางแบบพาความร้อนของกากแอปเปิ้ลนี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบและปฏิบัติงานในการอบแห้งแบบพาความร้อนของกากแอปเปิ้ลได้

Menges and Ertekin (2006) ศึกษากระบวนการอบแห้งชั้นบางและอัตราส่วนความชื้น (moisture ratio) ของแอปเปิ้ลโกลเด้น (Golden apples) ใช้เครื่องอบแห้งในห้องปฏิบัติการทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C ความเร็วของอากาศ 1.0, 2.0 และ 3.0 เมตร/วินาที จากนั้นนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางทำนายกระบวนการอบแห้งของแอปเปิ้ลโกลเด้น โดยใช้แบบจำลอง Newton, Page, Modified Page 1, Modified Page 2, Henderson ve Pabis, Logarithmic, Two-term exponential, Wang and Sing, Thompson, Diffision approximation, Verma et al., Modified Henderson and Pabis, Midilli et al. ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองของ Midilli et al. เป็นแบบจำลองการอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมต่อการอธิบายพฤติกรรมการอบแห้งของแอปเปิ้ลโกลเด้นและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งนี้สามารถนำไปใช้ในการทำนายความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้

Ertekin and Yaldiz (2004) ศึกษาพฤติกรรมของการอบแห้งชั้นบางของมะเขือยาว (eggplant) ด้วยเครื่องอบแห้งในห้องปฏิบัติการทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 30, 40, 50, 60 และ 70°C ความเร็วของอากาศ 0.5, 1.0 และ 2.0 เมตร/วินาที มะเขือยาวมีความหนา 0.635, 1.27 และ 2.54 cm ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางที่แตกต่างกันดังนี้ Newton, Page, Modified Page, Henderson and Pabis, Logarithmic, Two-term exponential, Wang and Singh, Thompson, Diffusion approximation, Verma et al., Modified Henderson and Pabis, Midilli et al. จากผลการทดลองพบว่าแบบจำลองการอบแห้งชั้นบางของ Midilli et al. สามารถทำนายการอบแห้งของมะเขือยาวได้ดีที่สุด เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศและความเร็วอากาศในการอบแห้งจะทำให้เวลาของการอบแห้งลดลง มะเขือยาวที่มีชั้นบางกว่าจะใช้

เวลาในการอบแห้งน้อยกว่า และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศในการอบแห้งจะทำให้ความสว่างสีของมะเขือยาวลดลงส่วนความหนาของชั้นมะเขือยาวไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะของสีมะเขือยาว

Hacihafizoglu et al. (2008) ศึกษาความเหมาะสมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในการอธิบายลักษณะการอบแห้งชั้นบาง (thin-layer drying) ของข้าว โดยทำการทดลองอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิ 40, 45, 50, 55 และ 60 °C ความเร็วของอากาศ 1.5 และ 3 เมตร/วินาที ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 12 รูปแบบ คือ Newton, Page, Modified Page, Henderson & Pabis, Geometric, Wang & Singh, Two term exponential, Logarithmic, Diffusion approach, Verma et al. และ Midilli et al. มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจากผลการเปรียบเทียบพบว่าแบบจำลองการอบแห้งของ Midilli et al. เป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับทำนายพฤติกรรมของการอบแห้งชั้นบางของข้าว

Doymaz (2006) ศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งชั้นบางของใบสาระแหน่ ทำการทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 60 °C ที่ความเร็วอากาศ 4.1 เมตร/วินาทีทำการบันทึกค่าทุกๆ 15 นาที และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางมาทำนายพฤติกรรมในการอบแห้งของใบสาระแหน่ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางดังนี้ Lewis, Henderson and Pabis, Page และ Logarithmic จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศในการอบแห้งทำให้เวลาในการอบแห้งลดลงและแบบจำลองของ Logarithmic สามารถทำนายการอบแห้งชั้นบางของใบสาระแหน่ได้ดีกว่าสมการอื่นๆ

Mazutti et al. (2010) ทำการทดลองอบแห้งชานอ้อยหมักกับชานอ้อยไม่หมัก ทำการทดลองอบแห้งชานอ้อยที่มีความหนาประมาณ 10 mmอบแห้งที่อุณหภูมิ 30, 35, 40 และ 45 °C ที่อัตราการไหลของอากาศเชิงปริมาตร 2 กับ 3 m³/hr และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบาง 10 รูปแบบ คือ Bruce, Menges and Ertekin, White et al., Henderson and Pabis, Henderson, Togrul and Pehlivan, Yaldiz et al., Midilli et al., Togrul and Pehlivan และ Wang et al. เพื่อใช้อธิบายผลการทดลองการอบแห้งชั้นบางของชานอ้อย จากผลการทดลองว่าแบบจำลองของ Two term exponential อธิบายการอบแห้งชั้นบางของชานอ้อยได้เหมาะสมกว่าสมการอื่นๆ

Dejchanchaiwong et al. (2011) ทดลองอบแห้งยางพารา 3 วิธี 1.อบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 45 และ 55 °C 2.อบแห้งด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาด 1 × 1.2 × 1.5 เมตร ใช้พลาสติกดำในการปกคลุมตัวห้องและพลาสติกในปกคลุมหลังคา 3.อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง จากนั้นนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบาง 12 แบบ คือ Page, Two term exponential, Overhults, Approximation of diffusion, Verma et al., Midilli et al., Two term, Modified Henderson and Pabis, Modified Page, Weibull Distribution, C.L.Hii et al. และ Modified

Overhults มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพารา จากผลการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองของWeibull Distribution เหมาะสำหรับการทำนายการอบแห้งยางพาราด้วยอากาศร้อน ส่วนแบบจำลองของ Modified Henderson and Pabis เหมาะสำหรับการทำนายการอบแห้งยางพาราด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และอบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง

กรรมวิธีการผลิตยางแผ่นรมควันนั้นจะควบคุมอุณหภูมิของอากาศให้มีค่าอยู่ที่ประมาณ $50 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) ส่วนความเร็วของอากาศในห้องรมควันยางแผ่นจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0-0.5 เมตรต่อวินาที (Tekasakul P. and Promtong M., 2008)

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น โดยใช้รูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางที่แตกต่างกันคือ Newton, Page, Henderson and Pabis, Logarithmic, Weibull Distribution, Midilli et al., Verma et al., Two term exponential, Modified Henderson and Pabis และ Wang and Singh ดังแสดงในตารางที่ 2.1 การทดลองจะทำการอบแห้งยางพาราแผ่นที่อุณหภูมิของอากาศ $40, 50, 60$ และ $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความเร็วอากาศ 0.5 และ 1 เมตร/วินาที จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางในการหารูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่นที่เหมาะสมเพื่อประโยชน์ในการออกแบบโรงรมยางพาราแผ่นจากกระบวนการอบแห้งยางพาราแผ่นในแต่ละสถานะและสามารถนำไปใช้ในการจำลองการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยวิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล

ตารางที่ 2.1 รูปแบบของแบบจำลองอบแห้งชั้นบาง

ชื่อของแบบจำลอง	สมการของแบบจำลอง	อ้างอิง
Newton	$MR = \exp(-kt)$	Akpinar et al. (2006), Ertekin and Yaldiz (2004), Hacihafizoglu et al. (2008), Janjai et al. (2010), Menges and Ertekin (2006)
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Akpinar et al. (2006), Babalis et al. (2006), Doymaz (2006), Ertekin and Yaldiz (2004), Hacihafizoglu et al. (2008), Janjai et al. (2010), Menges and Ertekin (2006), Wang et al. (2007)
Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	Akpinar et al. (2006), Babalis et al. (2006), Doymaz (2006), Ertekin and Yaldiz (2004), Hacihafizoglu et al. (2008), Janjai et al. (2010), Mazutti et al. (2010), Menges and Ertekin (2006), Wang et al. (2007)

ตารางที่ 2.1 รูปแบบของแบบจำลองอเนกชั้นบาง (ต่อ)

ชื่อของแบบจำลอง	สมการของแบบจำลอง	อ้างอิง
Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + b$	Akpinar et al. (2006), Babalıs et al. (2006), Doymaz (2006), Ertekin and Yaldiz (2004), Hacihafızoglu et al. (2008), Janjai et al. (2010), Menges and Ertekin (2006), Wang et al. (2007)
Weibull Distribution	$MR = a - b \exp(-(kt^n))$	Babalıs et al. (2006), Dejchanchaiwong et al. (2011)
Midilli et al.	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$	Ertekin and Yaldiz (2004), Hacihafızoglu et al. (2008), Menges and Ertekin (2006)
Verma et al.	$MR = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-gt)$	Akpinar et al. (2006), Ertekin and Yaldiz (2004), Hacihafızoglu et al. (2008), Menges and Ertekin (2006)
Two term exponential	$MR = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$	Akpinar et al. (2006), Ertekin and Yaldiz (2004), Hacihafızoglu et al. (2008), Menges and Ertekin (2006)

ตารางที่ 2.1 รูปแบบของแบบจำลองอบแห้งชั้นบาง (ต่อ)

ชื่อของแบบจำลอง	สมการของแบบจำลอง	อ้างอิง
Modified Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$	Dejchanchaiwong et al. (2011), Ertekin and Yaldiz (2004), Janjai et al. (2010), Menges and Ertekin (2006), Togrul and Pehlivan (2004)
Wang and Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	Akpinar et al. (2006), Babalıs et al. (2006), Ertekin and Yaldiz (2004), Hacihafızoglu et al. (2008), Janjai et al. (2010), Menges and Ertekin (2006), Wang et al. (2007)

เมื่อ	MR	คือ อัตราส่วนความชื้น (no unit)
	a, b, c, n, k, g, h	คือ ค่าคงที่ของการอบแห้ง (no unit)
	t	คือ เวลาในการอบแห้ง (h)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการอบแห้งจะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังผลิตภัณฑ์และการถ่ายเทความร้อนขึ้นจากผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศ ความร้อนสัมผัสจากอากาศที่ผลิตภัณฑ์ได้รับส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในที่มีลักษณะเป็นรูพรุน เมื่อถูกทำให้แห้งในลักษณะของชั้นบางที่สภาวะอากาศคงที่ (อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วอากาศ) อัตราการระเหยของน้ำหรืออัตราการอบแห้งจะคงที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่งหลังจากนั้นจะลดลงและอัตราการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะสัมพันธ์กับสภาวะอากาศอบแห้งในรูปสมการอบแห้งชั้นบาง

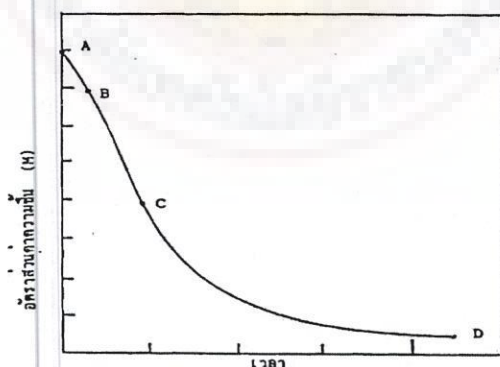
2.1.1 กลไกการอบแห้ง

โครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิต ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ช่องว่างเป็นรูพรุนหรือหลอดเล็ก การเคลื่อนที่ของความชื้นภายในอาจเนื่องมาจากการแพร่ของของเหลวเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น การแพร่ของไอเนื่องจากความแตกต่างของความดันไอย่อยซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากแคปิลลารี (Capillarity) การไหลของไอหรือของเหลวเนื่องจากความแตกต่างของความดันรวม ซึ่งเกิดจากความดันภายนอก การหดตัว อุณหภูมิที่สูง และความเป็นแคปิลลารี (Capillarity) การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากการแพร่ของความชื้นบนผิวของรูพรุนเล็ก ๆ

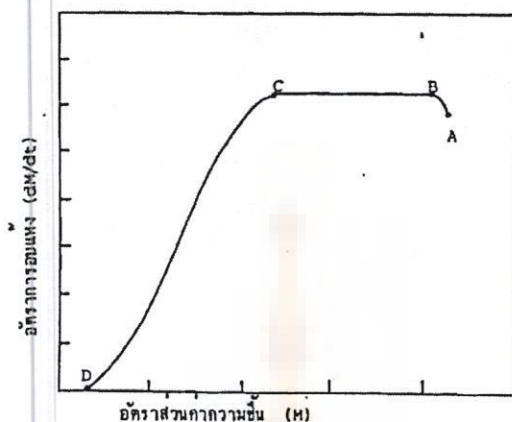
ทฤษฎีที่อธิบายเกี่ยวกับการอบแห้งจะอธิบายเกี่ยวกับกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ ตัวอย่าง ทฤษฎีที่อธิบายการส่งผ่านความร้อนและความชื้นในผลิตภัณฑ์รูพรุนมี เช่นทฤษฎีการแพร่ (Diffusion Theory) ทฤษฎีแคปิลลารี (Capillary Theory) ทฤษฎีการกลายเป็นไอและการควบแน่น (Vaporization-Condensation Theory)

วิธีทดลองหาอัตราการอบแห้งโดยทั่วๆ ไปคือการติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นในรูปของความชื้นหรือในรูปอัตราส่วนความชื้นเทียบกับเวลา ดังแสดงในรูป 2.1 เมื่อนำมาเขียนเป็นอัตราการอบแห้ง (dM/dt) จะได้ดังรูป 2.2 ซึ่งแสดงอัตราการอบแห้งจะพบว่าอัตราการอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วง AB เป็นช่วงที่ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุด B ช่วงที่สอง BC เป็นช่วงเส้นตรงซึ่งเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การอบแห้งช่วงนี้มักพบกับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง (มากกว่า 70-75 เปอร์เซ็นต์) การเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวหน้าผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศจะเท่ากับการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์มายังผิวหน้า การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดที่ผิวของผลิตภัณฑ์เท่านั้นเปรียบได้กับการระเหยของน้ำจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก ดังนั้นอุณหภูมิผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศอบแห้ง อัตราการระเหยที่ผิวหน้าหาได้จากอัตราการแพร่ของความชื้น

ผ่านชั้นผิวของอากาศรอบๆ ผลึกภัณฑ์ซึ่งเป็นสัดส่วนกับผลต่างระหว่างความดันย่อยของไอน้ำที่ผิว (อุณหภูมิกระเปาะเปียก) กับของอากาศรอบข้าง อัตราอบแห้งช่วงนี้สามารถอธิบายได้ในรูปความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลและความร้อน พื้นที่ผิวสัมผัสอากาศและผลต่างของอุณหภูมิเรียกว่าสมการการอบแห้งคงที่ จุด C เป็นจุดที่เปลี่ยนจากอัตราการอบแห้งคงที่เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (CD) ความชื้นจุดนี้เรียกว่า ค่าความชื้นวิกฤติ (Critical Moisture Content) ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์และสภาวะในการอบแห้ง ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (CD) ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤติ อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในผลิตภัณฑ์มายังผิวหน้าต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำจากผิวหน้าสู่อากาศ น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในตัวผลิตภัณฑ์มาที่ผิวของผลิตภัณฑ์ในลักษณะของเหลวและ/หรือไอน้ำและจะถูกควบคุมโดยการต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดเกรตเดียนท์ความชื้นและอุณหภูมิในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของเหลวจะเกิดขึ้นในระยะแรกขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณความชื้นสูง เมื่อปริมาณความชื้นลดต่ำลงมากแล้วน้ำอาจเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ และ โมเลกุลของน้ำที่เกาะภายในของผนังของช่องว่างมีความหนาเพียงสองสาม โมเลกุล ซึ่งอัตราการอบแห้งลดลงจะถูกควบคุมด้วยตัวแปรภายในได้แก่ การเคลื่อนที่ของความชื้นภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้อธิบายอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า สมการอัตราการอบแห้งลดลง อัตราอบแห้งจะเป็นศูนย์เมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่ปริมาณความชื้นสมดุล (D) ซึ่งหมายความว่าความดันไอของน้ำภายในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับความดันไอน้ำของอากาศที่สภาวะนั้นๆ ปกติแล้วที่สภาวะอากาศหนึ่งๆ ค่าความชื้นวิกฤติและปริมาณความชื้นสมดุล ตลอดจนอัตราการอบแห้งจะเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนค่าความชื้นกับเวลา (ธงไชย, 2530)



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนค่าความชื้น (ธงไชย, 2530)

2.1.2 ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุหรือวัสดุแห้ง การบอกความชื้นในวัสดุมี 2 แบบ คือ ความชื้นมาตรฐานเปียกซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักรวมของวัสดุดังแสดงในสมการที่ 2.1 ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักรวมต่อน้ำหนักแห้งของวัสดุดังสมการที่ 2.2

ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$MC_{wb} = (m_w / (m_w + m_d)) \times 100\% = ((m_t - m_d) / m_t) \times 100\% \quad (2.1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$MC_{db} = (m_w / m_d) \times 100\% = ((m_t - m_d) / m_d) \times 100\% \quad (2.2)$$

เมื่อ	MC_{wb}	คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)
	MC_{db}	คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)
	m_t	คือ มวลของวัสดุที่เวลาใดๆ (kg)
	m_w	คือ มวลของน้ำในวัสดุ (kg)
	m_d	คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

ความขึ้นแบบมาตรฐานแห่งนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะทำให้การคำนวณสะดวกขึ้นเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งมีค่าคงที่ระหว่างการอบแห้ง

2.1.3 สมการจลนศาสตร์ของการอบแห้ง

สมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งที่นำมาใช้เพื่อการทำนายพฤติกรรมการลดลงของความชื้นในวัสดุขณะอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบได้แก่ สมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งทางทฤษฎี สมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งกึ่งทฤษฎี และสมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งทางทฤษฎีเอมไพริคัล สมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งทางทฤษฎีเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างทางเรขาคณิตแน่นอนมีขนาดเท่าเดิมตลอดการอบแห้ง และการเคลื่อนที่ของความชื้นมาจากการแพร่อย่างเดียว ผลิตภัณฑ์ทางเกษตรส่วนใหญ่มีรูปร่างไม่แน่นอน และโครงสร้างภายในมักจะประกอบด้วยเนื้อเยื่อและหลอดเลือด ๆ การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างอบแห้งอาจเนื่องจากการไหลในหลอดเลือดปีปิลารี และการแพร่ของของเหลว นอกจากนี้รูปทรงของผลิตภัณฑ์ขณะอบแห้งอาจเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการหดตัว การแข็งที่ผิวหน้า เป็นต้น ดังนั้นการนำสมการอบแห้งทางทฤษฎีมาหาอัตราการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอาจเกิดความผิดพลาดได้สมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งกึ่งทฤษฎีจะสามารถใช้ได้ดีต่อเมื่อวัสดุอบแห้งมีลักษณะใกล้เคียงกับการทดลองเท่านั้น สมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งทางทฤษฎีเอมไพริคัลเป็นสมการที่สร้างจากแนวโน้มของข้อมูลที่ได้จากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์ในช่วงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของอากาศอบแห้งหนึ่งๆ ซึ่งพบว่าสามารถใช้ทำนายอัตราการอบแห้งได้ดี แต่มีข้อจำกัดในเรื่องเงื่อนไขการอบแห้งที่ต้องการต้องตรงกับสภาวะการทดลอง (ธงไชย, 2530)

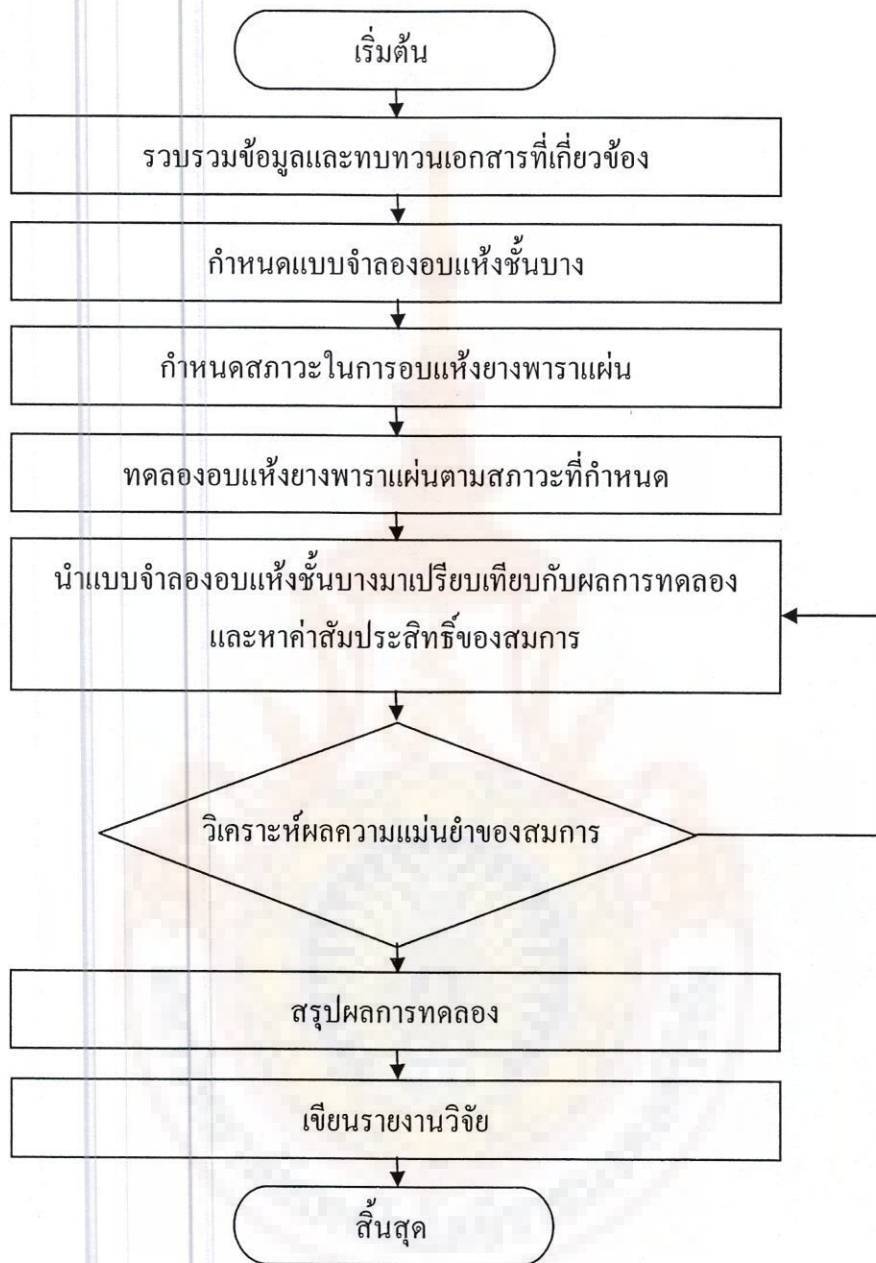
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการอบแห้งยางพาราแผ่น โดยทำการทดลองอบยางพาราแผ่นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างๆ แล้วนำผลที่ได้จากการทดลองไปหารูปแบบสมการอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่นซึ่งมีวิธีการดำเนินงานแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการศึกษาแบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น มีรายละเอียดลำดับวิธีการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 3.1 และมีแผนการดำเนินงานดังแสดงในตารางที่ 3.1





รูปที่ 3.1 ลำดับวิธีการดำเนินงาน

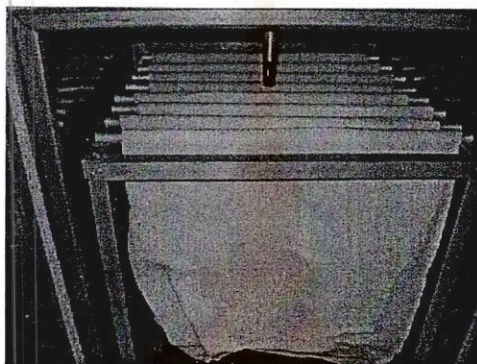
ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2554		2555										2556						
	ค.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
รวบรวมข้อมูลและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง																			
กำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการ อบแห้งชั้นบางที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับผล การทดลองและกำหนดสถานะในการอบแห้ง ยางพาราแผ่น																			
ทำการทดลองอบแห้งยางพาราแผ่นตามสถานะที่ กำหนด																			
นำผลการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของการอบแห้งชั้นบางตามรูปแบบที่ได้กำหนด ไว้มาเปรียบเทียบและหาค่าสัมประสิทธิ์ของ รูปแบบสมการในแต่ละรูปแบบ																			
วิเคราะห์ผล																			
สรุปผลการทดลอง																			
เขียนรายงานวิจัย																			

3.1 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

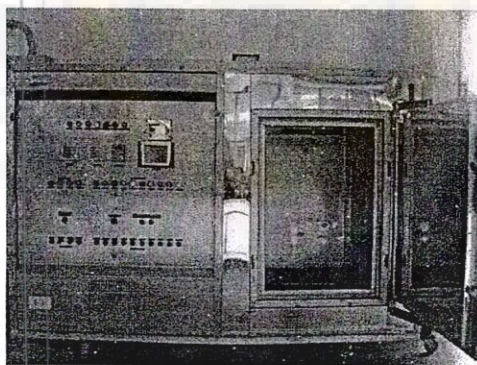
ยางพาราแผ่นได้จากสหกรณ์สวนยางพิจิตรจำกัด ตำบลพิจิตร อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ยางพาราแผ่น

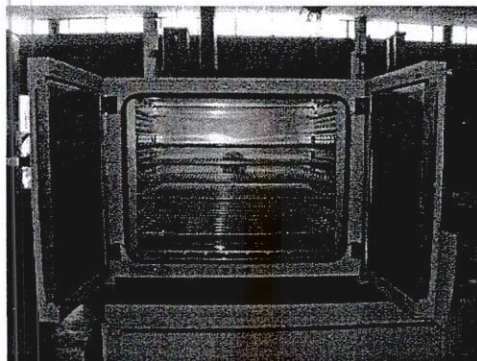
3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.2.1 ตู้ควบคุมสถานะสามารถควบคุมอุณหภูมิและความเร็วของอากาศ
ในตู้อบได้ดังแสดงในรูปที่ 3.3



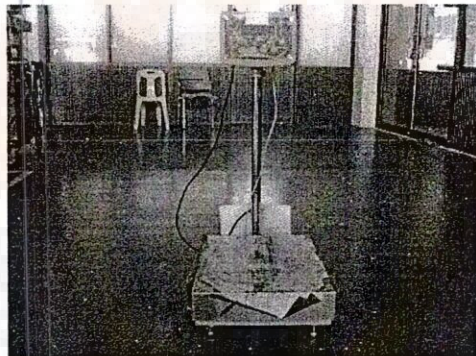
รูปที่ 3.3 ตู้ควบคุมสถานะ

3.1.2.2 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ BINDER ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ BINDER

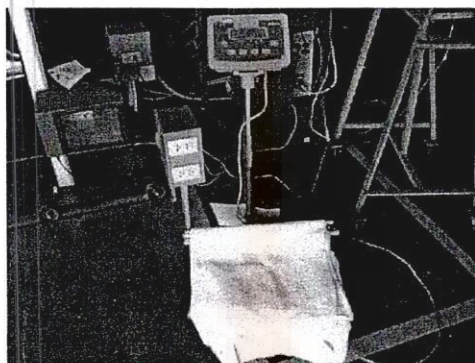
3.1.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ SARTORIUS รุ่น MIRAS สามารถชั่งน้ำหนักได้ 50 กิโลกรัม มีความละเอียด 1/1000 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ SARTORIUS รุ่น MIRAS

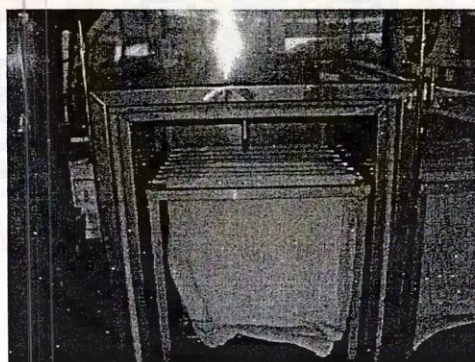
3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 นำยางแผ่นมาชั่งมวลก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.6

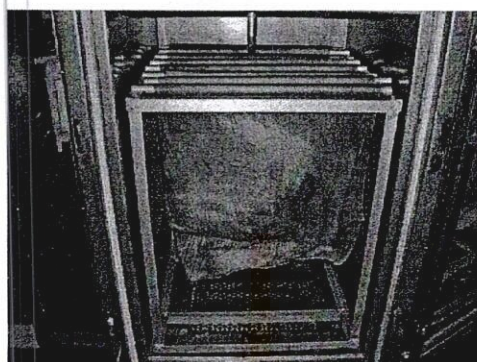


รูปที่ 3.6 ชั่งมวลยางพาราแผ่น

3.2.2 นำยางพาราแผ่นเข้าเครื่องอบแห้งแล้วควบคุมสถานะอากาศที่ความเร็ว 0.5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิ 40 °C ทำการเก็บค่า มวล อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ในวันแรก ทุกๆ 1 ชั่วโมง ส่วนวันถัดไปจะทำการเก็บค่าทุกๆ 2 ชั่วโมง จนกว่ามวลของยางพาราที่ทำการอบแห้งไม่เปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูปที่ 3.7-3.8

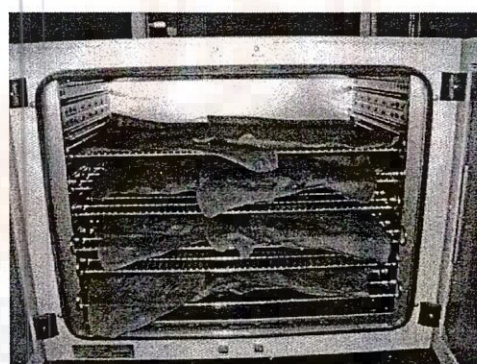


รูปที่ 3.7 ยางพาราแผ่นก่อนการอบแห้ง



รูปที่ 3.8 ขางพาราแผ่นหลังการอบแห้ง

3.2.3 นำขางพาราแผ่นไปอบแห้งในตู้อบแห้งอีกครั้งหนึ่ง โดยเพิ่มอุณหภูมิเป็น 70°C เพื่อหามวลแห้งขางพาราแผ่น ซึ่งบันทึกค่ามวลของขางพาราแผ่นทุกวันๆ ละครั้งจนกว่ามวลของขางพาราแผ่นที่ทำการอบแห้งไม่เปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 อบแห้งเพื่อหามวลแห้งขางพาราแผ่น

3.2.4 ทำการหาค่าอัตราส่วนความชื้น

3.2.5 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองกับแบบจำลองอบแห้งชั้นบาง โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองและความแม่นยำของแบบจำลอง

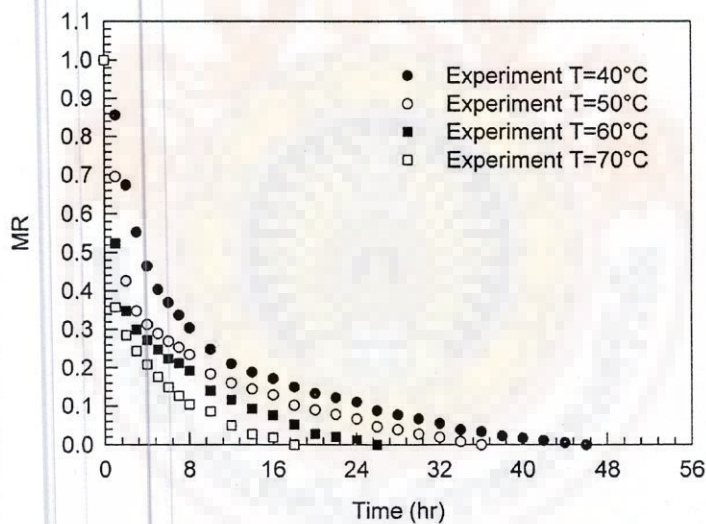
3.2.6 ทำการทดลองตามข้อ 3.2.1 ถึง 3.2.5 ซ้ำจนกว่าทำการทดลองครบตามสภาวะที่กำหนด

บทที่ 4

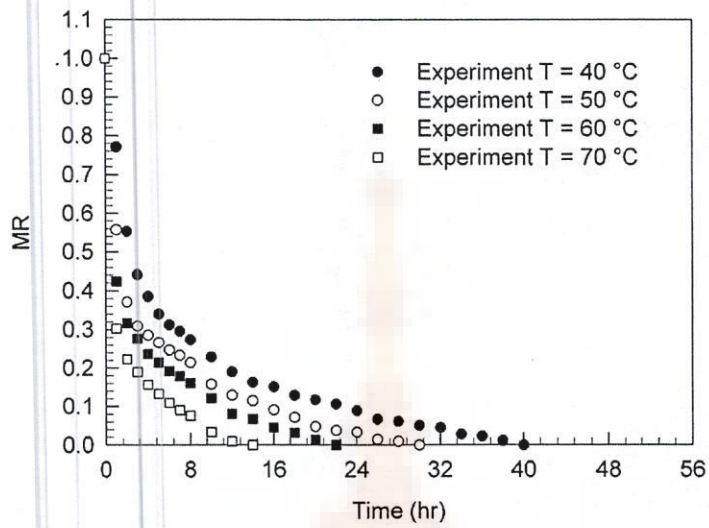
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์

4.1 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนความชื้น

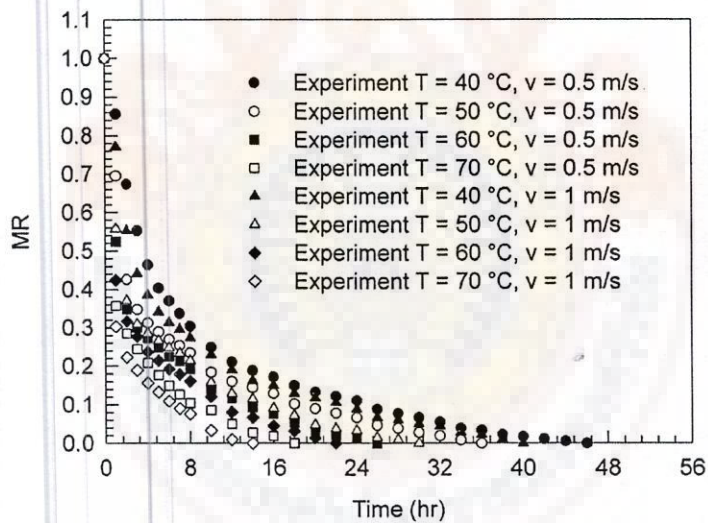
จากผลการหาค่าอัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นที่อุณหภูมิของอากาศ 40, 50, 60 และ 70 °C ความเร็วอากาศ 0.5 และ 1 เมตร/วินาที พบว่าที่สภาวะความเร็วการไหลอากาศเท่ากันแต่ อุณหภูมิต่างกันนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความชื้นในยางพาราจะระเหยออกได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากสภาวะการกระตุ้นที่สูงขึ้นของโมเลกุลของน้ำนำไปสู่การลดลงของแรงดึงดูดระหว่าง โมเลกุลของน้ำ ส่วนที่สภาวะอุณหภูมิเท่ากันแต่ความเร็วการไหลของอากาศต่างกันนั้นที่ความเร็ว การไหลอากาศสูงขึ้นทำให้ความชื้นในยางพาราจะระเหยออกได้เร็วกว่าที่ความเร็วต่ำเนื่องจากการ ไหลอากาศความเร็วสูงการพาความชื้นออกจากตู้อบแห้งจึงเร็วกว่าทำให้ความชื้นในตู้อบแห้งต่าง ส่งผลให้เกิดการระเหยความชื้นออกจากยางพาราแผ่นได้เร็วกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.3 และมี ข้อมูลผลการทดลองดังแสดงในภาคผนวก ก



รูปที่ 4.1 อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ ความเร็วอากาศ 0.5 เมตร/วินาที



รูปที่ 4.2 อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ ความเร็วอากาศ 1 เมตร/วินาที



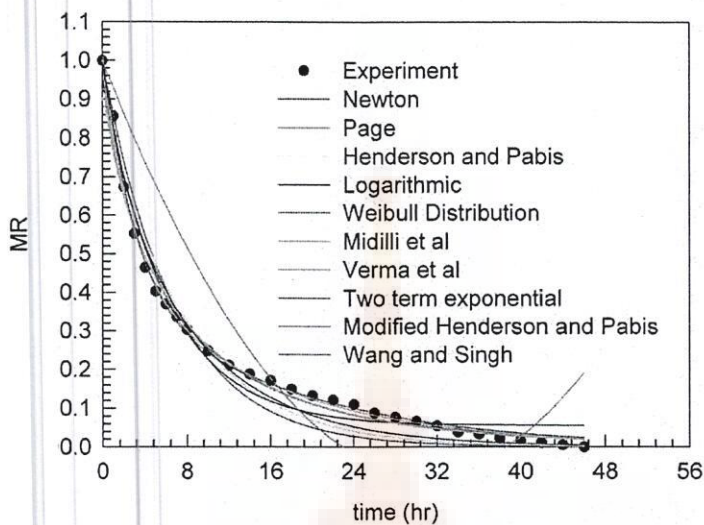
รูปที่ 4.3 อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ ความเร็วอากาศ 0.5 และ 1 เมตร/วินาที

4.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองออบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง

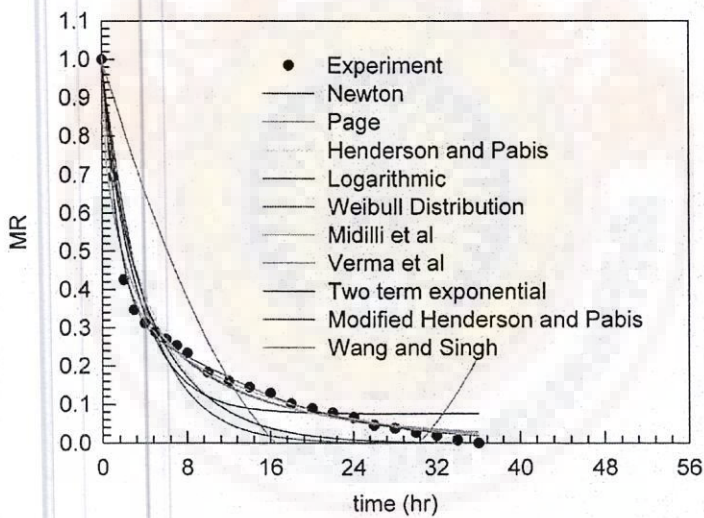
จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองออบแห้งชั้นบางดังแสดงในรูปที่ 4.4-4.11 และมีค่าคงที่จากการเปรียบเทียบดังแสดงในภาคผนวก ข พบว่ามีแบบจำลอง 5 แบบที่ทำนายค่าอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งยาพาราแผ่นได้ดีคือแบบจำลองของ Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.12 - 4.19 มีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.984-0.9992 โดยมีรายละเอียดของแบบจำลองดังนี้

- Modified Henderson and Pabis มี R^2 0.9956-0.9992 Adjusted R^2 0.9943-0.9989 SSE 0.0008541 - 0.005914 RMSE 0.007811 - 0.01786
- Verma et al. มี R^2 0.994 - 0.999 Adjusted R^2 0.9934 - 0.9988 SSE 0.0008506-0.007469 RMSE 0.008793-0.01933
- Midilli et al. มี R^2 0.9845 - 0.9995 Adjusted R^2 0.9821 - 0.9992 SSE 0.0004352 - 0.01915 RMSE 0.007308 - 0.03175
- Weibull Distribution มี R^2 0.9842-0.9995 Adjusted R^2 0.9817-0.9993 SSE 0.0004162-0.01957 RMSE 0.006451-0.03209
- Page มี R^2 0.984 - 0.9934 Adjusted R^2 0.9832 - 0.9928 SSE 0.005237 - 0.01981 RMSE 0.02288 - 0.03071

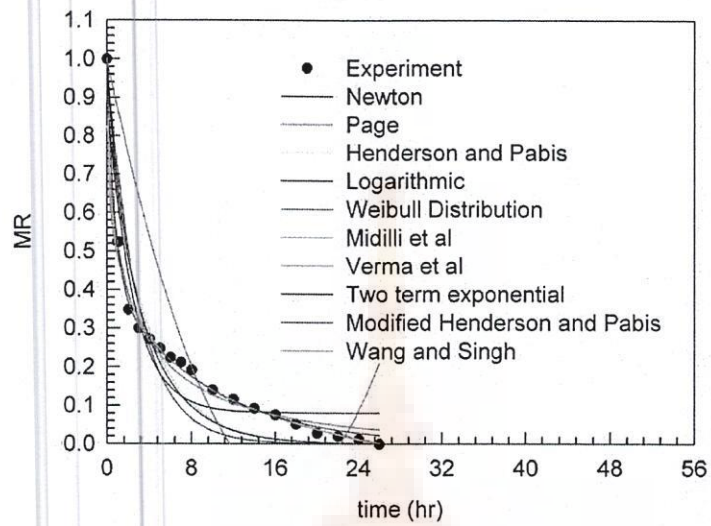
แบบจำลองออบแห้งชั้นบางที่ทำนายค่าอัตราส่วนความชื้นได้ดีในทุกสภาวะของการทดลองคือแบบจำลองของ Modified Henderson and Pabis มีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.9956 - 0.9992 ซึ่งมีค่า R^2 สูงกว่าแบบจำลองออบแห้งชั้นบางแบบอื่นๆ ได้ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกับผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.20 - 4.29



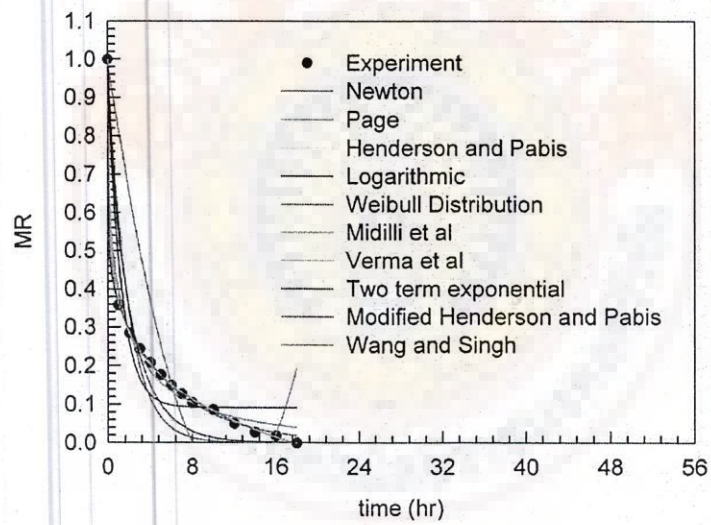
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 40 °C)



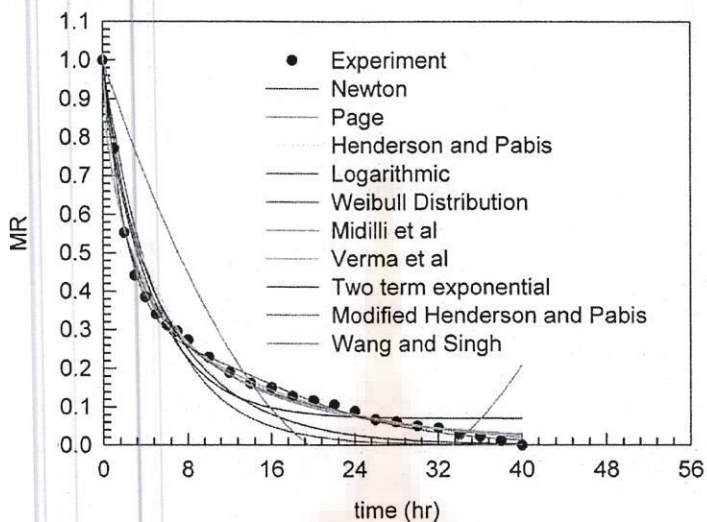
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 50 °C)



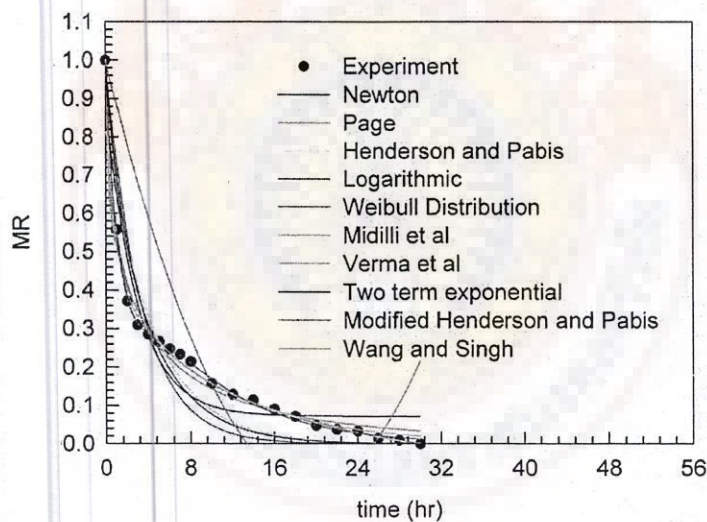
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบแบบจำลองออบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง
(ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 60 °C)



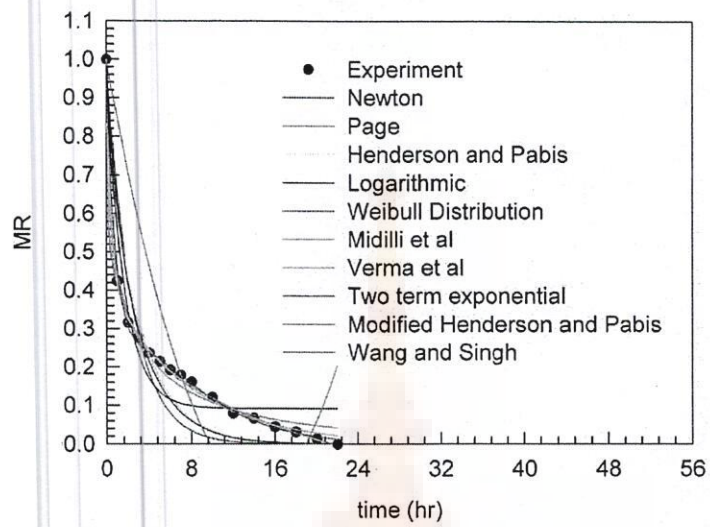
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบแบบจำลองออบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง
(ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 70 °C)



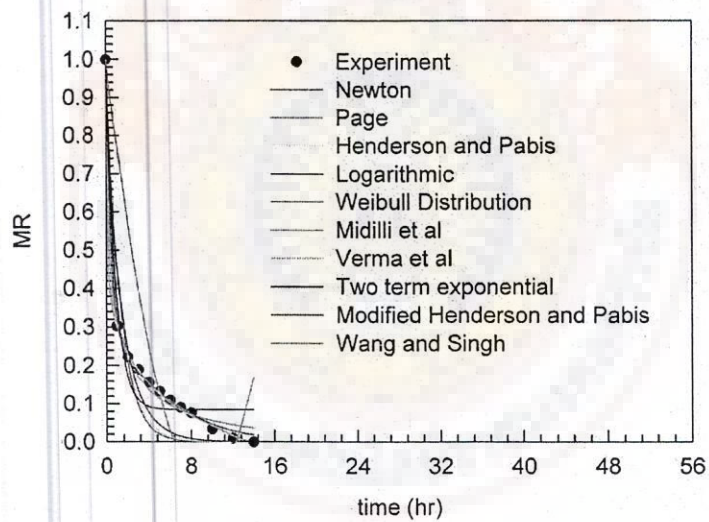
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 40 °C)



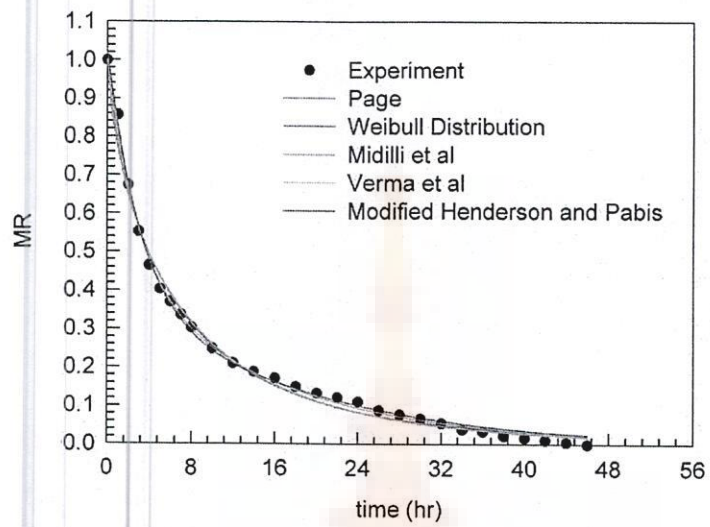
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 50 °C)



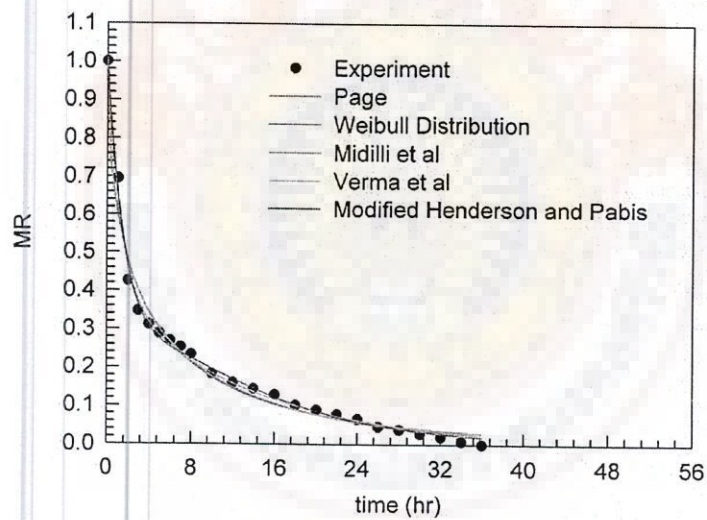
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง
(ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 60 °C)



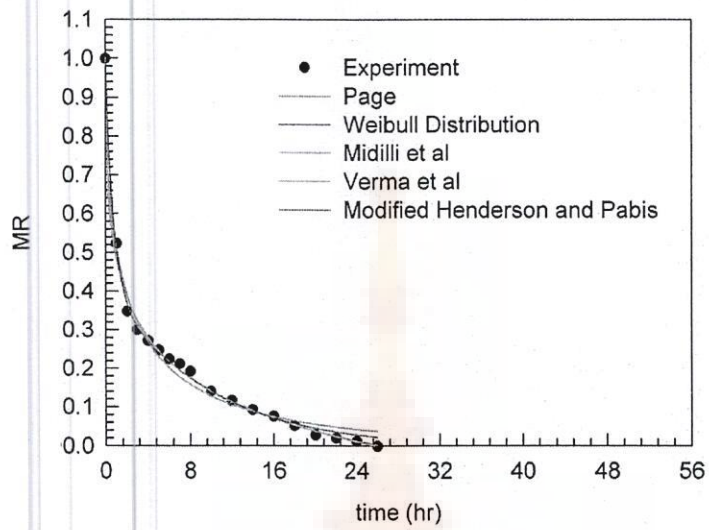
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางกับผลการทดลอง
(ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 70 °C)



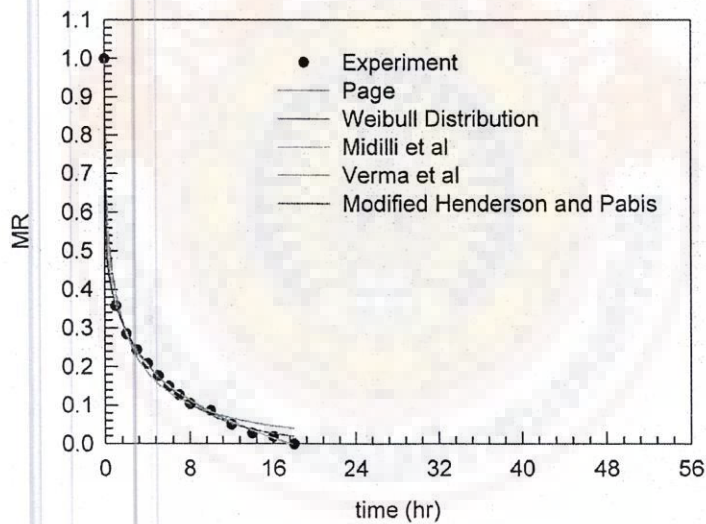
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 40 °C)



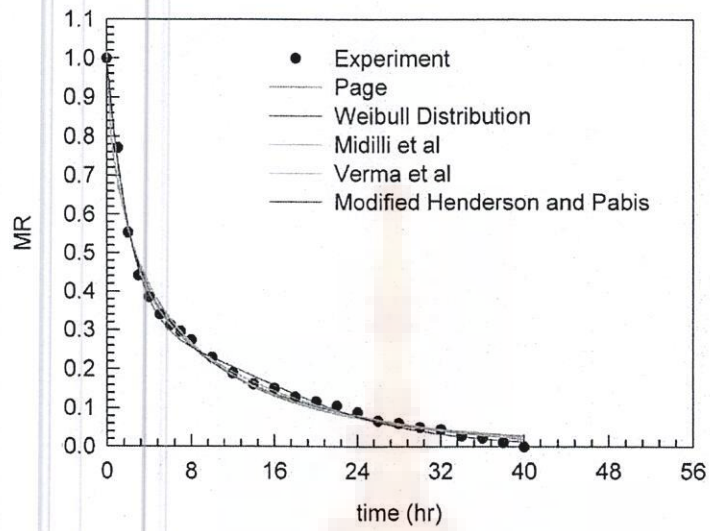
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 50 °C)



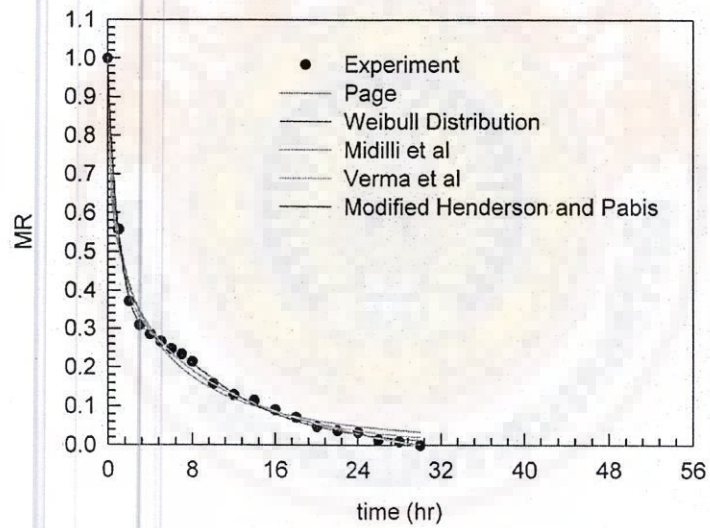
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 60 °C)



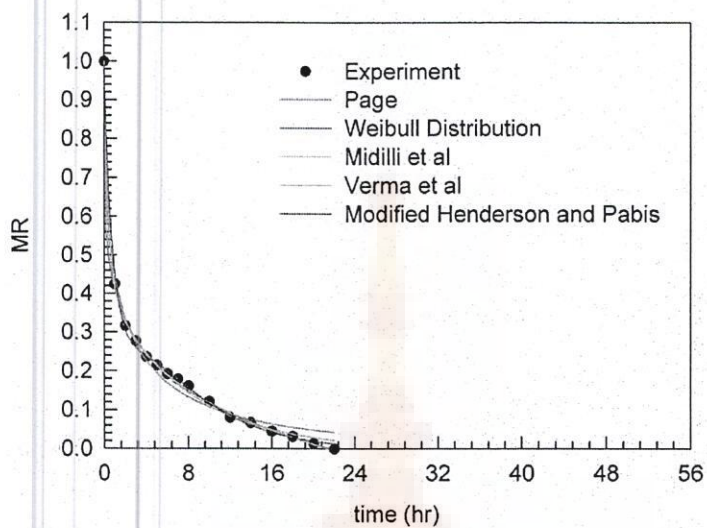
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 70 °C)



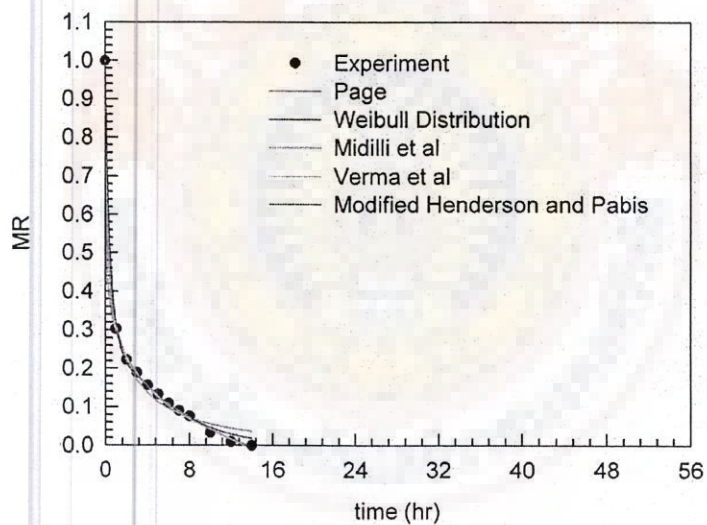
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 40 °C)



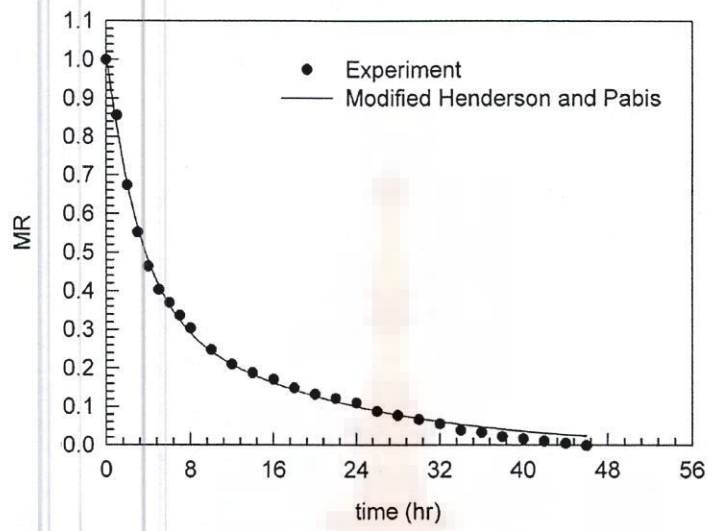
รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 50 °C)



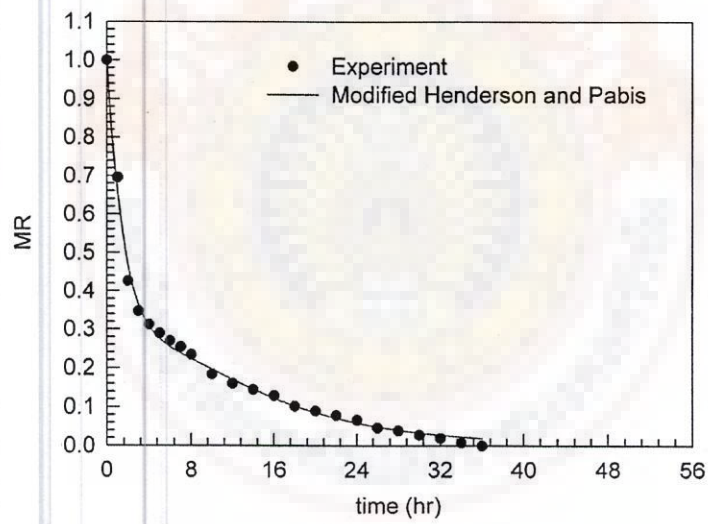
รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 60 °C)



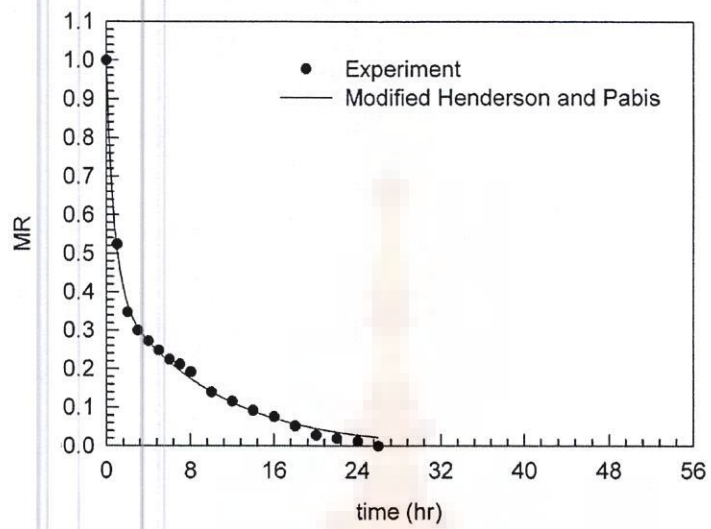
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page (ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 70 °C)



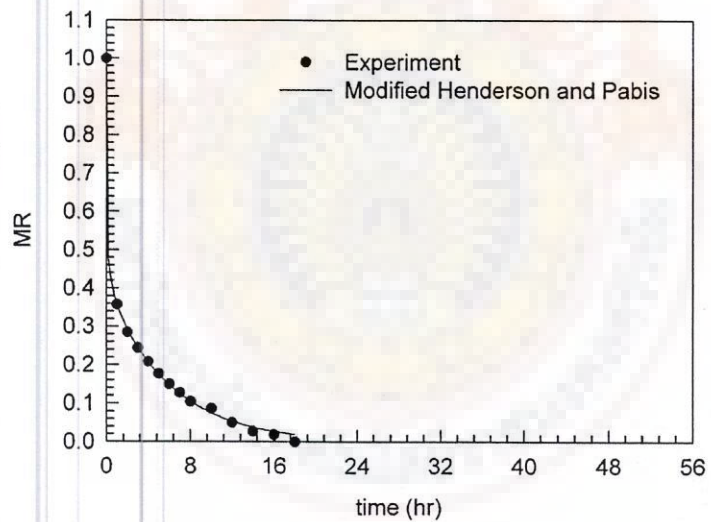
รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 40 °C)



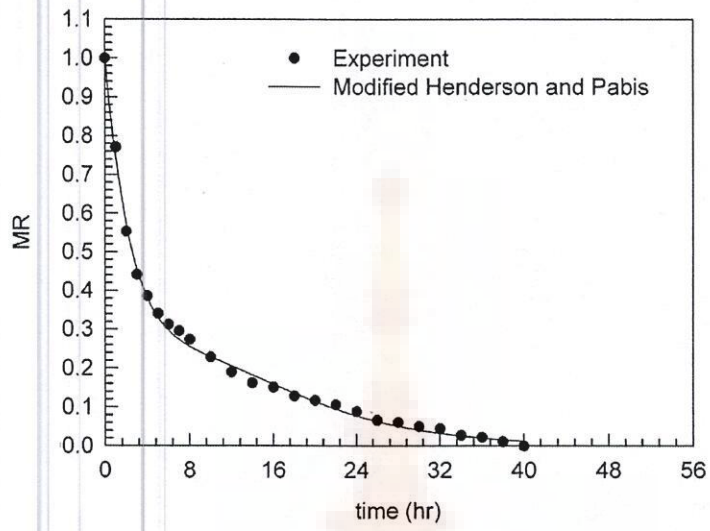
รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 50 °C)



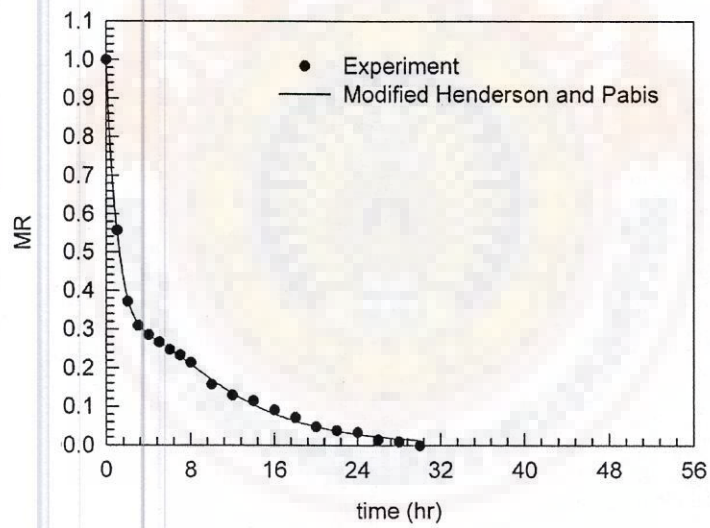
รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 60 °C)



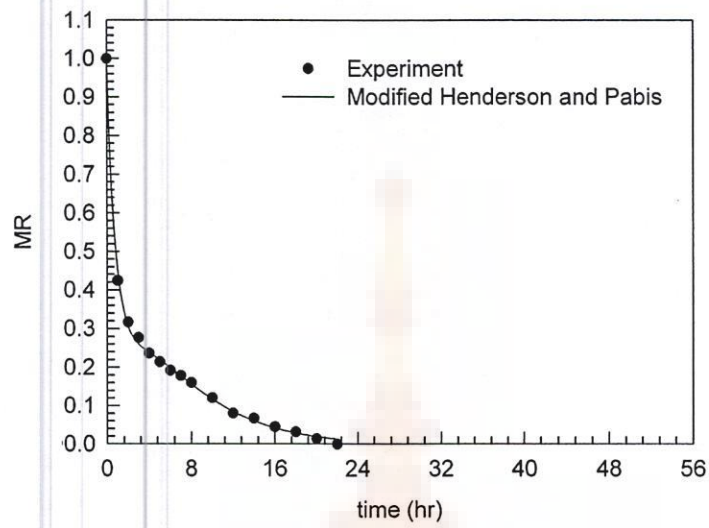
รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 70 °C)



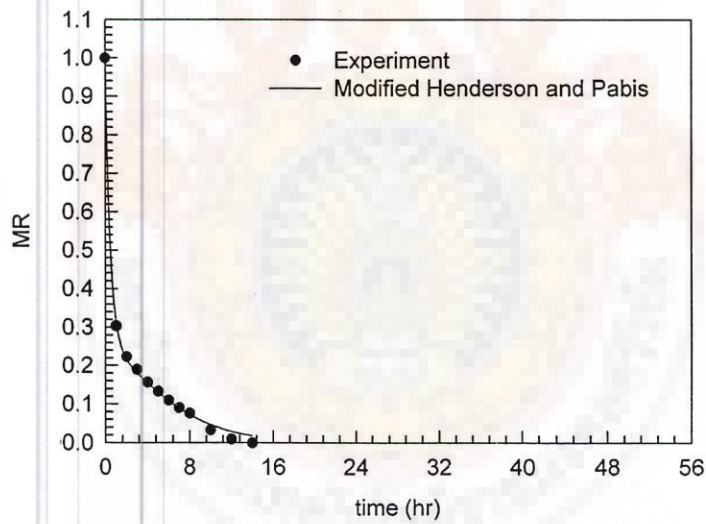
รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 40 °C)



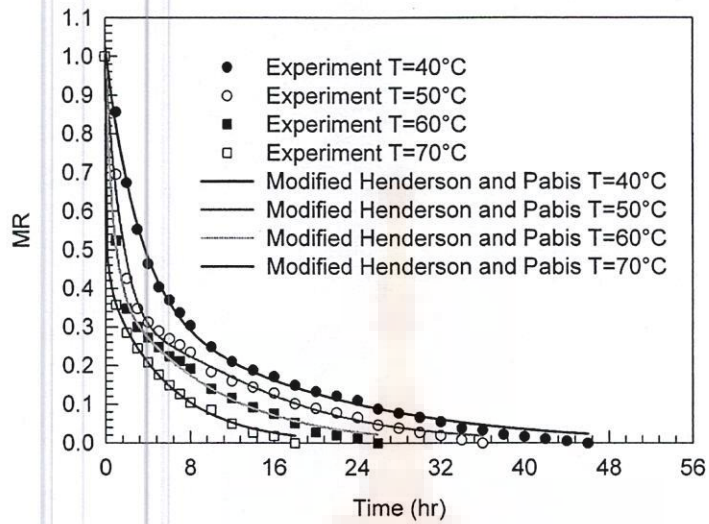
รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 50 °C)



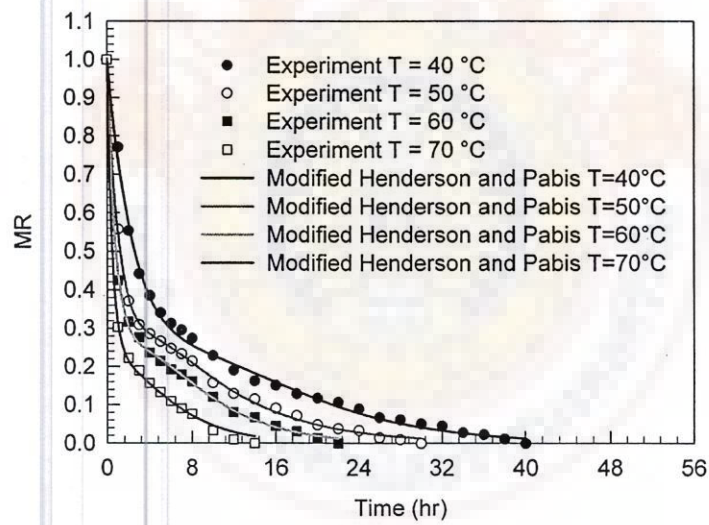
รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 60 °C)



รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 70 °C)



รูปที่ 4.28 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 0.5 m/s)



รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง Modified Henderson and Pabis
(ความเร็วอากาศ 1 m/s)

บทที่ 5

สรุป

จากการศึกษาการอบแห้งยางพาราแผ่นที่สภาวะต่างๆ แล้วใช้แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่แตกต่างกันมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองเพื่อหาแบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่นซึ่งได้สรุปผลการทดลองดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

อัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นที่อุณหภูมิของอากาศ 40, 50, 60 และ 70 °C ความเร็วอากาศ 0.5 และ 1 เมตร/วินาที พบว่าที่สภาวะความเร็วการไหลอากาศเท่ากันแต่อุณหภูมิต่างกันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความชื้นในยางพาราจะระเหยออกได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำเนื่องจากสภาวะการกระตุ้นที่สูงขึ้นของโมเลกุลของน้ำนำไปสู่การลดลงของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำ ส่วนที่สภาวะอุณหภูมิเท่ากันแต่ความเร็วการไหลของอากาศต่างกันเมื่อความเร็วการไหลอากาศสูงขึ้นทำให้ความชื้นในยางพาราจะระเหยออกได้เร็วกว่าที่ความเร็วต่ำเนื่องจากที่การไหลอากาศความเร็วสูงการพาความชื้นออกจากตู้อบแห้งจึงเร็วกว่าทำให้ความชื้นในตู้อบแห้งต่ำลงส่งผลให้เกิดการระเหยความชื้นออกจากยางพาราแผ่นได้เร็วกว่า การเปรียบเทียบแบบจำลองอบแห้งชั้นบางพบว่า มีแบบจำลอง 5 แบบที่ทำนายค่าอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งยางพาราแผ่นได้ดีคือแบบจำลองของ Modified Henderson and Pabis, Verma et al., Midilli et al., Weibull Distribution และ Page ตามลำดับ จะมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.984 - 0.9992 ส่วนแบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่ทำนายค่าอัตราส่วนความชื้นได้ดีในทุกสภาวะของการทดลองคือแบบจำลองของ Modified Henderson and Pabis มีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.9956 - 0.9992 ซึ่งมีค่า R^2 สูงกว่าแบบจำลองอบแห้งชั้นบางแบบอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

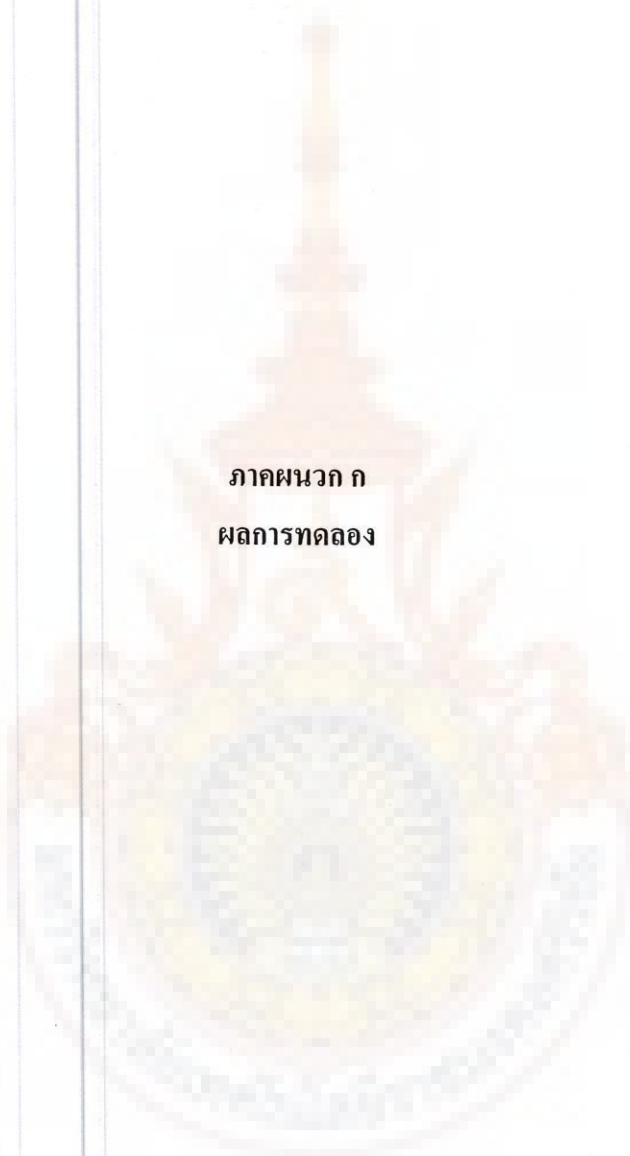
- ธงไชย ศรีนพคุณ, 2530, สมการอบแห้งและแบบจำลองความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์เกษตร, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553, ข้อมูลวิชาการยางพารา 2553.
- Akpınar E. K., Bicer Y. and Cetinkaya F., 2006, Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun, *Journal of Food Engineering*, 75, 308 – 315.
- Babalıs S. J., Papanicolaou E., Kyriakis N. and Belessiotis V. G., 2006, Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*), *Journal of Food Engineering*, 75, 205 – 214.
- Chaiprapat S. and Sdoodee S., 2007, Effects of wastewater recycling from natural rubber smoked sheet production on economic crops in southern Thailand, *Conservation and Recycling*, 51, 577 - 590.
- Dejchanchaiwong R., Suchonpanit W., Akephom A., Lapo T., Tirawanichakul Y., Tekasakul P. and Tirawanichakul S., 2011, Artificial neural network approach on equilibrium moisture content for predicting kinetics of air dried sheet rubber, *Thai Institute of Chemical Engineering and Applied Chemistry Conference*, Songkhla, Thailand, November 10 – 11, 21, 1 - 8.
- Doymaz I., 2006, Thin-layer drying behaviour of mint leaves, *Journal of Food Engineering*, 74, 370 – 375.
- Ertekin C. and Yaldiz O., 2004, Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model, *Journal of Food Engineering*, 63, 349 – 359.
- Hacihafızoglu O., Cihan A. and Kahveci K., 2008, Mathematical modelling of drying of thin layer rough rice, *Food and Bioproducts Processing*, 86, 268 – 275.
- Janjai S., Precoppe M., Lamlert N., Mahayothee B., Bala B.K., Nagle M. and Müller J., 2010, Thin-layer drying of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), *Food and Bioproducts Processing*, 1-8.

- Mazutti M. A., Zobot G., Boni G., Skovronski A., Oliveira D. de, Luccio M. Di, Oliveira J. V., Rodrigues M. I., Treichel H., Maugeri F., 2010, Mathematical modeling of thin-layer drying of fermented and non-fermented sugarcane bagasse, biomass and bioenergy, 34, 780 – 786.
- Menges H. O. and Ertekin C., 2006, Mathematical modeling of thin layer drying of Golden apples, Journal of Food Engineering, 77, 119 – 125.
- PerapongTekasakul and MachimontornPromtong, 2008, Energy efficiency enhancement of natural rubber smoking process by flow improvement using a CFD technique, Applied Energy, 85, 878 – 895.
- Togrul I. T. and Pehlivan D., 2004, Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process, Journal of Food Engineering, 65, 413 – 425.
- Wang Z., Sun J., Liao X., Chen F., Zhao G., Wu J. and Hu X., 2007, Mathematical modeling on hot air drying of thin layer apple pomace, Food Research International, 40, 39 – 46.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ผลการทดสอบ



ตาราง ก.1 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 40 °C

time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	MR	T_{in} (°C)	RH_{in} (%)	T_{out} (%)	RH_{out} (%)
0	10.81	8.64	25.12	1.00	42.50	45.60	28.00	71.80
1	10.55	8.64	22.11	0.86	40.50	42.50	29.10	66.50
2	10.22	8.64	18.29	0.67	39.90	41.60	29.40	63.30
3	10.00	8.64	15.74	0.55	39.20	41.20	29.90	61.60
4	9.84	8.64	13.89	0.46	39.90	39.50	30.30	61.20
5	9.73	8.64	12.62	0.40	39.20	40.90	30.90	58.40
6	9.67	8.64	11.92	0.37	40.00	37.80	31.50	56.00
7	9.61	8.64	11.23	0.34	40.30	37.80	31.90	54.70
8	9.55	8.64	10.53	0.30	39.90	40.10	31.60	58.00
10	9.45	8.64	9.37	0.25	39.30	39.50	29.70	62.80
12	9.38	8.64	8.56	0.21	40.20	39.10	31.10	59.50
14	9.34	8.64	8.10	0.19	40.00	40.40	29.40	67.10
16	9.31	8.64	7.75	0.17	40.20	38.50	29.80	63.60
18	9.27	8.64	7.29	0.15	39.70	38.40	28.40	66.60
20	9.24	8.64	6.94	0.13	39.80	38.40	29.80	62.90
22	9.22	8.64	6.71	0.12	39.30	36.50	31.00	53.80
24	9.20	8.64	6.48	0.11	39.40	35.70	31.00	51.70
26	9.16	8.64	6.02	0.09	39.80	39.90	29.30	66.00
28	9.14	8.64	5.79	0.08	39.80	39.70	30.10	63.20
30	9.12	8.64	5.56	0.07	39.30	39.00	31.20	57.80
32	9.10	8.64	5.32	0.06	40.10	37.30	31.70	55.40
34	9.07	8.64	4.98	0.04	40.30	40.40	28.90	69.60
36	9.06	8.64	4.86	0.03	39.30	39.60	30.50	60.70

ตาราง ก.1 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 40 °C (ต่อ)

time (hr)	m (kg)	m _d (kg)	MC _{db} (%)	MR	T _{in} (°C)	RH _{in} (%)	T _{out} (%)	RH _{out} (%)
38	9.04	8.64	4.63	0.02	40.50	37.10	30.60	59.60
40	9.03	8.64	4.51	0.02	39.20	40.60	28.10	69.90
42	9.02	8.64	4.40	0.01	40.10	41.10	27.50	75.60
44	9.01	8.64	4.28	0.01	40.10	40.30	27.30	76.60
46	9.00	8.64	4.17	0.00	39.30	38.60	27.80	69.20

ตาราง ก.2 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 50 °C

time (hr)	m (kg)	m _d (kg)	MC _{db} (%)	MR	T _{in} (°C)	RH _{in} (%)	T _{out} (%)	RH _{out} (%)
0	9.79	6.87	42.50	1.00	49.10	30.90	29.40	68.30
1	9.01	6.87	31.15	0.70	49.80	29.80	29.50	67.70
2	8.32	6.87	21.11	0.43	49.40	25.60	30.20	64.10
3	8.12	6.87	18.20	0.35	49.80	25.10	30.70	62.70
4	8.03	6.87	16.89	0.31	50.20	23.80	31.40	60.20
5	7.97	6.87	16.01	0.29	50.10	22.30	32.00	54.90
6	7.92	6.87	15.28	0.27	50.30	20.90	32.60	50.60
7	7.88	6.87	14.70	0.25	50.50	24.50	32.40	59.50
8	7.83	6.87	13.97	0.23	50.40	22.30	32.50	54.30
10	7.70	6.87	12.08	0.18	49.20	23.90	29.70	63.90
12	7.64	6.87	11.21	0.16	50.00	22.30	31.00	58.10
14	7.60	6.87	10.63	0.14	49.70	21.70	31.60	54.70
16	7.56	6.87	10.04	0.13	50.20	21.30	31.50	54.80
18	7.49	6.87	9.02	0.10	49.70	23.80	28.00	71.20
20	7.46	6.87	8.59	0.09	50.30	22.90	29.50	65.60
22	7.43	6.87	8.15	0.08	50.30	20.50	32.20	52.30
24	7.40	6.87	7.71	0.07	50.00	20.50	32.60	50.20
26	7.35	6.87	6.99	0.05	49.20	22.20	29.90	60.10
28	7.33	6.87	6.70	0.04	50.10	19.10	30.70	51.70
30	7.30	6.87	6.26	0.03	49.60	19.00	32.10	47.70
32	7.28	6.87	5.97	0.02	50.40	19.00	32.60	46.50
34	7.25	6.87	5.53	0.01	49.10	23.10	30.40	60.50
36	7.23	6.87	5.24	0.00	49.80	25.40	30.90	64.50

ตาราง ก.3 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 60 °C

time (hr)	m (kg)	m _d (kg)	MC _{db} (%)	MR	T _{in} (°C)	RH _{in} (%)	T _{out} (%)	RH _{out} (%)
0	9.32	6.77	37.67	1.00	61.00	21.20	28.40	69.90
1	8.13	6.77	20.09	0.52	58.70	16.20	30.70	61.10
2	7.69	6.77	13.59	0.35	59.10	14.30	31.60	56.90
3	7.57	6.77	11.82	0.30	59.40	13.90	32.50	53.90
4	7.50	6.77	10.78	0.27	59.70	13.70	33.20	53.10
5	7.44	6.77	9.90	0.25	59.70	12.90	33.10	51.10
6	7.38	6.77	9.01	0.22	59.90	13.00	33.00	51.90
7	7.35	6.77	8.57	0.21	59.70	13.20	33.10	51.90
8	7.30	6.77	7.83	0.19	59.70	13.10	32.80	52.70
10	7.17	6.77	5.91	0.14	59.50	13.10	31.20	56.80
12	7.11	6.77	5.02	0.12	59.60	12.40	32.20	51.90
14	7.05	6.77	4.14	0.09	58.90	12.60	33.40	48.40
16	7.01	6.77	3.55	0.08	59.70	12.70	33.30	50.10
18	6.95	6.77	2.66	0.05	59.40	13.00	29.50	62.70
20	6.89	6.77	1.77	0.03	58.70	13.30	30.80	58.50
22	6.87	6.77	1.48	0.02	59.60	14.90	31.40	62.80
24	6.85	6.77	1.18	0.01	59.10	15.50	29.00	73.50
26	6.82	6.77	0.74	0.00	59.20	14.10	30.20	64.40

ตาราง ก.4 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 70 °C

time (hr)	m (kg)	m _d (kg)	MC _{db} (%)	MR	T _{in} (°C)	RH _{in} (%)	T _{out} (%)	RH _{out} (%)
0	8.92	6.68	33.53	1.00	69.80	16.20	27.50	75.50
1	7.50	6.68	12.28	0.36	68.90	8.50	28.20	71.40
2	7.34	6.68	9.88	0.29	69.90	7.70	29.10	69.20
3	7.25	6.68	8.53	0.24	69.80	8.00	29.80	67.80
4	7.17	6.68	7.34	0.21	70.00	7.90	30.20	66.70
5	7.10	6.68	6.29	0.18	70.10	7.70	30.70	64.50
6	7.04	6.68	5.39	0.15	69.90	7.70	30.90	64.30
7	6.99	6.68	4.64	0.13	70.00	7.80	31.20	63.10
8	6.94	6.68	3.89	0.10	69.90	7.70	31.40	62.30
10	6.90	6.68	3.29	0.09	69.40	6.50	29.20	61.90
12	6.82	6.68	2.10	0.05	69.90	6.50	30.00	60.00
14	6.77	6.68	1.35	0.03	70.10	7.20	31.20	59.90
16	6.75	6.68	1.05	0.02	70.00	7.20	31.30	60.70
18	6.71	6.68	0.45	0.00	69.60	7.80	29.70	68.20

ตาราง ก.5 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 40 °C

time (hr)	m (kg)	m _d (kg)	MC _{db} (%)	MR	T _{in} (°C)	RH _{in} (%)	T _{out} (%)	RH _{out} (%)
0	8.70	6.78	28.32	1.00	42.10	50.20	27.90	73.60
1	8.29	6.78	22.27	0.77	39.30	43.90	29.00	65.70
2	7.90	6.78	16.52	0.55	39.60	42.70	29.60	64.70
3	7.70	6.78	13.57	0.44	39.50	41.40	30.10	63.50
4	7.60	6.78	12.09	0.39	39.90	41.20	30.60	62.70
5	7.52	6.78	10.91	0.34	40.00	40.60	31.10	60.70
6	7.47	6.78	10.18	0.31	42.00	42.00	31.40	60.40
7	7.44	6.78	9.73	0.30	41.80	41.80	31.50	60.40
8	7.40	6.78	9.14	0.27	41.70	41.70	31.70	60.40
10	7.32	6.78	7.96	0.23	39.60	39.80	29.70	63.60
12	7.25	6.78	6.93	0.19	40.30	36.70	30.80	57.10
14	7.20	6.78	6.19	0.16	39.60	37.10	31.60	54.70
16	7.18	6.78	5.90	0.15	39.40	35.40	32.50	49.50
18	7.14	6.78	5.31	0.13	39.70	36.70	30.10	58.80
20	7.12	6.78	5.01	0.12	40.80	38.10	30.90	60.40
22	7.10	6.78	4.72	0.11	40.20	33.80	31.60	55.40
24	7.07	6.78	4.28	0.09	40.10	40.00	29.60	66.70
26	7.03	6.78	3.69	0.07	40.20	40.10	29.40	67.70
28	7.02	6.78	3.54	0.06	40.00	39.90	29.70	64.30
30	7.00	6.78	3.24	0.05	41.10	39.80	31.00	62.40
32	6.99	6.78	3.10	0.04	39.40	41.20	28.20	73.00
34	6.96	6.78	2.65	0.03	39.80	39.10	29.00	66.00
36	6.95	6.78	2.51	0.02	39.40	38.80	30.40	60.60

ตาราง ก.5 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 40 °C (ต่อ)

time (hr)	m (kg)	m _d (kg)	MC _{db} (%)	MR	T _{in} (°C)	RH _{in} (%)	T _{out} (%)	RH _{out} (%)
38	6.93	6.78	2.21	0.01	41.10	36.90	31.50	56.00
40	6.91	6.78	1.92	0.00	40.10	36.40	32.10	54.80

ตาราง ก.6 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 50 °C

time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	MR	T_{in} (°C)	RH_{in} (%)	T_{out} (%)	RH_{out} (%)
0	8.72	6.54	33.33	1.00	50.40	38.50	27.40	74.30
1	7.79	6.54	19.11	0.56	49.90	27.90	28.50	70.40
2	7.40	6.54	13.15	0.37	49.60	25.70	29.50	67.00
3	7.27	6.54	11.16	0.31	49.50	24.10	30.00	63.60
4	7.22	6.54	10.40	0.29	50.30	21.60	30.80	58.50
5	7.18	6.54	9.79	0.27	49.90	25.30	30.20	67.60
6	7.14	6.54	9.17	0.25	49.90	21.90	29.20	63.00
7	7.11	6.54	8.72	0.23	50.10	24.30	27.60	75.50
8	7.07	6.54	8.10	0.21	49.50	25.80	27.10	80.80
10	6.95	6.54	6.27	0.16	50.00	23.70	28.20	69.90
12	6.89	6.54	5.35	0.13	49.30	25.10	29.00	70.40
14	6.86	6.54	4.89	0.11	50.40	24.20	28.90	70.10
16	6.81	6.54	4.13	0.09	49.60	23.10	28.80	65.70
18	6.77	6.54	3.52	0.07	49.50	22.60	27.50	71.40
20	6.72	6.54	2.75	0.05	50.30	29.60	26.80	77.60
22	6.70	6.54	2.45	0.04	50.40	24.10	26.90	79.50
24	6.69	6.54	2.29	0.03	49.80	23.90	27.00	77.10
26	6.65	6.54	1.68	0.01	50.10	24.50	27.70	75.80
28	6.64	6.54	1.53	0.01	49.80	22.20	29.20	65.00
30	6.62	6.54	1.22	0.00	50.20	24.20	27.70	74.80

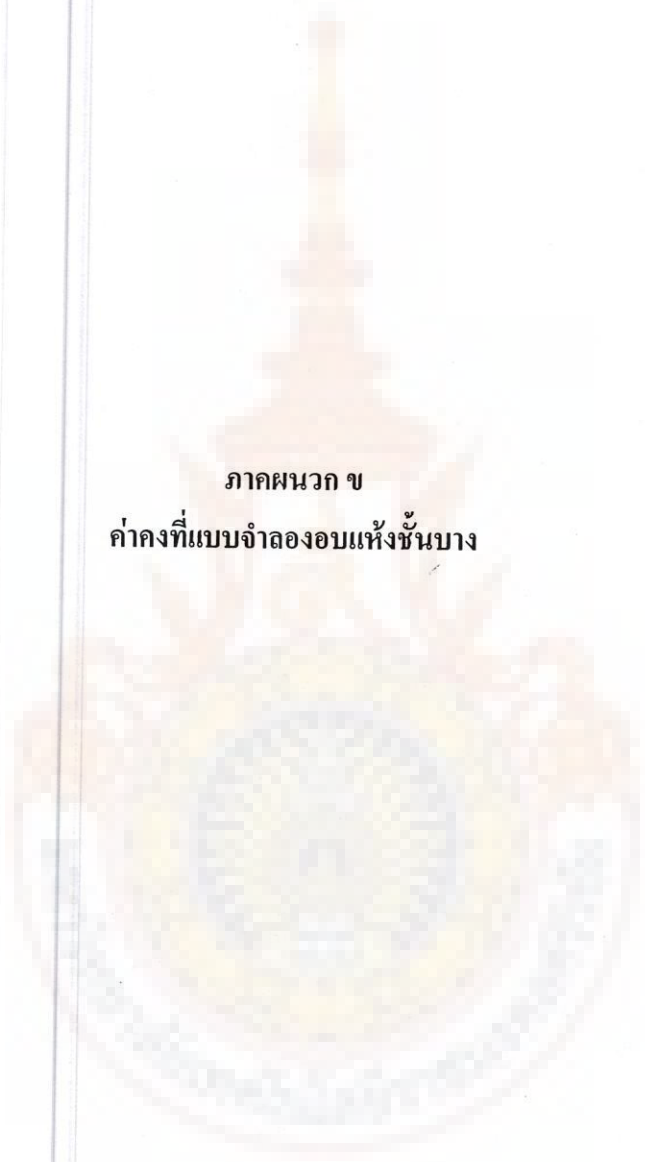
ตาราง ก.7 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 60 °C

time (hr)	m (kg)	m _d (kg)	MC _{db} (%)	MR	T _{in} (°C)	RH _{in} (%)	T _{out} (%)	RH _{out} (%)
0	8.73	6.48	34.72	1.00	62.10	25.70	28.50	73.50
1	7.44	6.48	14.81	0.42	59.90	16.50	29.50	65.30
2	7.20	6.48	11.11	0.32	60.00	12.70	30.20	59.00
3	7.11	6.48	9.72	0.28	59.80	12.50	30.90	54.80
4	7.02	6.48	8.33	0.24	59.20	12.20	31.70	52.50
5	6.97	6.48	7.56	0.21	59.90	13.30	32.50	55.10
6	6.92	6.48	6.79	0.19	61.30	13.10	32.40	56.20
7	6.89	6.48	6.33	0.18	60.00	13.80	32.40	57.20
8	6.85	6.48	5.71	0.16	59.40	14.60	31.20	62.50
10	6.76	6.48	4.32	0.12	59.90	13.40	29.20	66.90
12	6.67	6.48	2.93	0.08	59.90	13.10	30.30	62.10
14	6.64	6.48	2.47	0.07	60.00	12.40	29.80	61.80
16	6.59	6.48	1.70	0.04	59.20	12.80	29.60	62.90
18	6.56	6.48	1.23	0.03	59.40	14.70	28.60	72.60
20	6.52	6.48	0.62	0.01	59.10	13.70	29.70	65.70
22	6.49	6.48	0.15	0.00	59.90	13.00	30.20	64.20

ตาราง ก.8 ผลการทดลองที่สภาวะความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 70 °C

time (hr)	m (kg)	m _d (kg)	MC _{db} (%)	MR	T _{in} (°C)	RH _{in} (%)	T _{out} (%)	RH _{out} (%)
0	8.36	6.23	34.19	1.00	68.80	9.10	29.50	70.50
1	6.89	6.23	10.59	0.30	68.80	8.90	31.00	62.80
2	6.72	6.23	7.87	0.22	69.80	8.80	31.40	63.40
3	6.65	6.23	6.74	0.19	69.10	8.70	32.10	62.20
4	6.58	6.23	5.62	0.16	69.40	8.50	31.60	62.60
5	6.53	6.23	4.82	0.13	68.80	9.30	31.80	64.10
6	6.48	6.23	4.01	0.11	68.60	8.70	32.30	59.30
7	6.44	6.23	3.37	0.09	69.20	7.90	32.70	56.30
8	6.41	6.23	2.89	0.08	69.40	8.10	32.40	58.60
10	6.32	6.23	1.44	0.03	68.50	8.90	29.60	70.40
12	6.27	6.23	0.64	0.01	68.10	9.40	29.00	72.80
14	6.25	6.23	0.32	0.00	69.00	8.60	30.20	69.00

ภาคผนวก ข
คำคงที่แบบจำลองอบแห้งชั้นบาง



ตาราง ข.1 ค่าคงที่แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่สภาวะความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 40 °C

Equation	R ²	Adjusted R ²	SSE	RMSE	a	b	c	n	k	g	h
Newton	0.954	0.954	0.08559	0.0563	-	-	-	-	0.1491	-	-
Page	0.9907	0.9903	0.01733	0.02582	-	-	-	0.7055	0.2645	-	-
Henderson and Pabis	0.9632	0.9618	0.06847	0.05132	0.9028	-	-	-	0.1283	-	-
Logarithmic	0.9789	0.9772	0.0393	0.03965	0.8984	0.05557	-	-	0.1662	-	-
Weibull Distribution	0.9913	0.9902	0.0162	0.02598	0.008133	-1.02	-	0.7021	0.2798	-	-
Midilli et al.	0.9912	0.9901	0.01634	0.02609	1.029	-1.9E-05	-	0.6854	0.2837	-	-
Verma et al.	0.9966	0.9963	0.006381	0.01598	0.5415	-	-	-	0.3605	0.06591	-
Two term exponential	0.9804	0.9797	0.03644	0.03744	0.2592	-	-	-	0.4241	-	-
Modified Henderson and Pabis	0.9968	0.9961	0.005914	0.0164	0.7536	6.931	-6.659	-	0.3009	0.08489	0.08811
Wang and Singh	0.6512	0.6378	0.6491	0.158	-0.06945	0.001128	-	-	-	-	-

ตาราง ข.2 ค่าคงที่แบบจำลองอันดับหนึ่งทางที่สภาวะความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 50 °C

Equation	R^2	Adjusted R^2	SSE	RMSE	a	b	c	n	k	g	h
Newton	0.8794	0.8794	0.1493	0.08239	-	-	-	-	0.2502	-	-
Page	0.984	0.9832	0.01981	0.03071	-	-	-	0.5462	0.498	-	-
Henderson and Pabis	0.9038	0.8993	0.1191	0.07531	0.8433	-	-	-	0.1934	-	-
Logarithmic	0.9449	0.9393	0.06829	0.05843	0.8496	0.07586	-	-	0.2958	-	-
Weibull Distribution	0.9842	0.9817	0.01957	0.03209	-0.01279	-1.023	-	0.5242	0.5056	-	-
Midilli et al.	0.9845	0.9821	0.01915	0.03175	1.011	-0.0005	-	0.5176	0.5188	-	-
Verma et al.	0.994	0.9934	0.007469	0.01933	0.5996	-	-	-	0.7765	0.07717	-
Two term exponential	0.9254	0.9219	0.09237	0.06632	0.2489	-	-	-	0.744	-	-
Modified Henderson and Pabis	0.9956	0.9943	0.005422	0.01786	6.621	-6.176	0.5659	-	0.4471	0.4123	0.09398
Wang and Singh	0.2841	0.25	0.8867	0.2055	-0.0937	0.002005	-	-	-	-	-

ตาราง ข.3 ค่าคงที่แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่สภาวะความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 60 °C

Equation	R^2	Adjusted R^2	SSE	RMSE	a	b	c	n	k	g	h
Newton	0.8515	0.8515	0.1449	0.09233	-	-	-	-	0.3397	-	-
Page	0.9903	0.9897	0.009501	0.02437	-	-	-	0.4894	0.6667	-	-
Henderson and Pabis	0.8855	0.8784	0.1117	0.08355	0.8255	-	-	-	0.2565	-	-
Logarithmic	0.9238	0.9136	0.07436	0.07041	0.8323	0.08052	-	-	0.4183	-	-
Weibull Distribution	0.9957	0.9948	0.004196	0.01731	-0.2189	-1.22	-	0.3461	0.5522	-	-
Midilli et al.	0.9961	0.9953	0.003758	0.01638	1.001	-0.003	-	0.3916	0.7176	-	-
Verma et al.	0.9972	0.9968	0.002764	0.01357	0.5739	-	-	-	1.493	0.1123	-
Two term exponential	0.9073	0.9015	0.09045	0.07519	0.2398	-	-	-	1.071	-	-
Modified Henderson and Pabis	0.9975	0.9964	0.00247	0.01435	1.457	0.5882	-1.047	-	0.1298	1.411	0.1403
Wang and Singh	0.2795	0.2345	0.7031	0.2096	-0.1307	0.003859	-	-	-	-	-

ตาราง ข.4 ค่าคงที่แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่สภาวะความเร็วอากาศ 0.5 m/s อุณหภูมิ 70 °C

Equation	R ²	Adjusted R ²	SSE	RMSE	a	b	c	n	k	g	h
Newton	0.858	0.858	0.1177	0.09517	-	-	-	-	0.5392	-	-
Page	0.9923	0.9917	0.006372	0.02304	-	-	-	0.4303	0.9283	-	-
Henderson and Pabis	0.875	0.8646	0.1036	0.09291	0.8754	-	-	-	0.4419	-	-
Logarithmic	0.9314	0.9189	0.05688	0.07191	0.8727	0.09184	-	-	0.8156	-	-
Weibull Distribution	0.9995	0.9993	0.000416	0.006451	-1.135	-2.133	-	0.203	0.3518	-	-
Midilli et al.	0.9993	0.9991	0.000566	0.00752	0.9999	-0.00565	-	0.2979	0.9879	-	-
Verma et al.	0.999	0.9988	0.000851	0.008793	0.5892	-	-	-	3.769	0.1707	-
Two term exponential	0.9062	0.8984	0.07776	0.0805	0.2527	-	-	-	1.586	-	-
Modified Henderson and Pabis	0.999	0.9983	0.000861	0.01037	0.1225	0.409	0.468	-	2.111	0.1701	28.63
Wang and Singh	0.3163	0.2593	0.5667	0.2173	-0.1895	0.008035	-	-	-	-	-

ตาราง ข.5 ค่าคงที่แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่สภาวะความเร็วกาศ 1 m/s อุณหภูมิ 40 °C

Equation	R ²	Adjusted R ²	SSE	RMSE	a	b	c	n	k	g	h
Newton	0.9123	0.9123	0.1279	0.073	-	-	-	-	0.1884	-	-
Page	0.99	0.9895	0.01464	0.02523	-	-	-	0.6094	0.3743	-	-
Henderson and Pabis	0.935	0.9322	0.09477	0.06419	0.8516	-	-	-	0.1476	-	-
Logarithmic	0.9628	0.9594	0.05431	0.04969	0.8526	0.06929	-	-	0.2119	-	-
Weibull Distribution	0.9961	0.9956	0.005661	0.01642	1.005	1.2	-	-0.5473	1.48	-	-
Midilli et al.	0.9904	0.989	0.01403	0.02584	1.016	-0.00036	-	0.5819	0.3944	-	-
Verma et al.	0.9967	0.9964	0.004861	0.01486	0.4574	-	-	-	0.0721	0.5838	-
Two term exponential	0.9533	0.9512	0.06819	0.05445	0.2442	-	-	-	0.5723	-	-
Modified Henderson and Pabis	0.9971	0.9964	0.004181	0.01483	2.202	108.1	-109.3	-	0.1272	0.2457	0.2427
Wang and Singh	0.4887	0.4664	0.7459	0.1801	-0.08117	0.001535	-	-	-	-	-

ตาราง ข.6 ค่าคงที่แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่สภาวะความเร็วอากาศ 1 m/s อุณหภูมิ 50 °C

Equation	R ²	Adjusted R ²	SSE	RMSE	a	b	c	n	k	g	h
Newton	0.8519	0.8519	0.1567	0.09082	-	-	-	-	0.3032	-	-
Page	0.9888	0.9882	0.01187	0.02568	-	-	-	0.5013	0.6127	-	-
Henderson and Pabis	0.8897	0.8836	0.1167	0.08052	0.8135	-	-	-	0.223	-	-
Logarithmic	0.9223	0.9131	0.08223	0.06955	0.821	0.0723	-	-	0.3443	-	-
Weibull Distribution	0.9938	0.9926	0.006602	0.02031	-0.1632	-1.165	-	0.3758	0.5443	-	-
Midilli et al.	0.9942	0.9931	0.006158	0.01962	1.002	-0.00233	-	0.4133	0.661	-	-
Verma et al.	0.9967	0.9963	0.003467	0.01428	0.5646	-	-	-	1.331	0.1016	-
Two term exponential	0.9079	0.9028	0.09745	0.07358	0.2368	-	-	-	0.9672	-	-
Modified Henderson and Pabis	0.9992	0.9989	0.000854	0.007811	4.587	0.6526	-4.239	-	0.6628	0.1304	0.5749
Wang and Singh	0.2482	0.2064	0.7955	0.2102	-0.1137	0.00292	-	-	-	-	-

ตาราง ข.7 ค่าคงที่แบบจำลองของบแม่งชั้นบางที่สภาวะความเร็วกาศ 1 m/s อุณหภูมิ 60 °C

Equation	R ²	Adjusted R ²	SSE	RMSE	a	b	c	n	k	g	h
Newton	0.8335	0.8335	0.1465	0.09882	-	-	-	-	0.4207	-	-
Page	0.9904	0.9897	0.008431	0.02454	-	-	-	0.4444	0.8019	-	-
Henderson and Pabis	0.8651	0.8555	0.1187	0.09207	0.8316	-	-	-	0.3192	-	-
Logarithmic	0.9155	0.9025	0.07436	0.07563	0.8449	0.09197	-	-	0.595	-	-
Weibull Distribution	0.9992	0.999	0.000694	0.007602	-1.117	-2.117	-	0.2193	0.3257	-	-
Midilli et al.	0.9993	0.9991	0.000641	0.007308	1	-0.00491	-	0.3124	0.8687	-	-
Verma et al.	0.998	0.9977	0.001737	0.01156	0.5797	-	-	-	2.425	0.134	-
Two term exponential	0.8912	0.8834	0.09577	0.08271	0.242	-	-	-	1.309	-	-
Modified Henderson and Pabis	0.9972	0.9958	0.002461	0.01569	7.03	0.8642	-6.906	-	0.2361	1.201	0.2538
Wang and Singh	0.2532	0.1998	0.6571	0.2166	-0.1551	0.005406	-	-	-	-	-

ตาราง ข.8 ค่าคงที่แบบจำลองเบย์ซึ่งหมายถึงสถานะความเร็วอากาศ 1m/s อุณหภูมิ 70 °C

Equation	R ²	Adjusted R ²	SSE	RMSE	a	b	c	n	k	g	h
Newton	0.8945	0.8945	0.08399	0.08738	-	-	-	-	0.7802	-	-
Page	0.9934	0.9928	0.005237	0.02288	-	-	-	0.4066	1.132	-	-
Henderson and Pabis	0.8984	0.8882	0.08089	0.08994	0.9403	-	-	-	0.7131	-	-
Logarithmic	0.9554	0.9455	0.03553	0.06283	0.9038	0.08429	-	-	1.173	-	-
Weibull Distribution	0.9993	0.9991	0.000526	0.008108	-5.113	-6.108	-	0.149	0.1204	-	-
Midilli et al.	0.9995	0.9992	0.000435	0.007376	1	-0.00776	-	0.252	1.185	-	-
Verma et al.	0.9981	0.9977	0.001477	0.01281	0.6503	-	-	-	3.781	0.206	-
Two term exponential	0.9259	0.9185	0.05899	0.07681	0.2827	-	-	-	1.972	-	-
Modified Henderson and Pabis	0.9981	0.9964	0.001548	0.01606	3.611	0.7775	-3.393	-	0.2943	2.032	0.3161
Wang and Singh	0.3682	0.305	0.5029	0.2243	-0.2391	0.01284	-	-	-	-	-