



การศึกษาการอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด
Study on Drying of Kratom Leaves with Fluidized Bed

ประพนธ์ ทองพูล
Praphon Thongpool

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2567



การศึกษาการอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด
Study on Drying of Kratom Leaves with Fluidized Bed

ประพนธ์ ทองพูล
Praphon Thongpool

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด
ชื่อ นามสกุล	ประพนธ์ ทองพูล
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

เพ็ญรัตน์ สายสิริรัตน์ ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญรัตน์ สายสิริรัตน์)

[Signature] กรรมการ
(อาจารย์ ดร.กฤษณ์ อภิญาวิศิษฐ์)

[Signature] กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ)

[Signature] กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[Signature] คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ)

วันที่ 22 เดือน กันยายน พ.ศ. 2567

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด
ชื่อ นามสกุล	ประพนธ์ ทองพูล
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
สาขาวิชา และคณะ	วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.ธัญพล เวียงทอง
ปีการศึกษา	2567

บทคัดย่อ

กระท่อมเป็นพืชชนิดหนึ่งที่พบได้มากในเขตร้อนชื้นแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยในสมัยโบราณมีการใช้ใบกระท่อมในการรักษาอาการติดเชื้อในลำไส้ แก้อท้องเสีย ท้องร่วง บรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อ ลดไข้ บรรเทาอาการไอ ทำให้นอนหลับ โดยใช้ใบสดหรือใบแห้งนำมาเคี้ยว สูบ หรือชงเป็นน้ำชา ในปี 2565 หลังจากรัฐบาลประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่ห้ามใช้พืชกระท่อมเป็นส่วนผสมของอาหาร ทำให้ปัจจุบันสามารถใช้พืชกระท่อมในการประกอบอาหารหรือผลิตเป็นยาสำหรับรักษาโรคได้ โดยนอกจากการซื้อขายใบสดแล้วนั้น ได้มีการแปรรูปใบกระท่อมที่มีด้วยกันหลายชนิดทั้งการใส่แคปซูลเป็นสารสกัดเข้มข้น รวมถึงประเภทใบแห้ง และ ชนิดผง ซึ่งนำไปใช้เป็นส่วนประกอบเช่นเครื่องดื่มผสมใบกระท่อม กระท่อมบรรจุถุงชาพร้อมชง เป็นต้น จึงมีความสนใจที่จะศึกษาการนำใบกระท่อมมาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ที่จะทำให้การศึกษาจะมีอุปกรณ์ประกอบด้วย ชุดโบลเวอร์ เป่าลมผ่านฮีตเตอร์ ทำความร้อน เกิดลมร้อนไปยังถังอบ ในการทดลองนี้ได้กำหนดน้ำหนักใบกระท่อมในการอบแห้ง 1 กิโลกรัม, 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ทดลองอบใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 50°C, 55°C, 60°C, 65°C และ 70°C บันทึกข้อมูลการทดลองทุก 10 นาที เพื่อหาความชื้นที่ลดลงในแต่ละช่วงเวลา ใช้แบบจำลองการอบแห้ง Newton, Page, Midilli, Wang and Singh และ Logarithmic ในการทำนายผลการอบแห้ง ผลการทดลองพบว่า การอบแห้งใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 55°C ใช้เวลาในการอบแห้ง 150 นาที เป็นอุณหภูมิอบแห้งใบกระท่อมที่ดีที่สุด เนื่องจากเมื่อเทียบกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C พบว่าความชื้นจะลดลงช้ากว่าและสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสูงกว่า และเมื่อเทียบกับอุณหภูมิ 60°C, 65°C และ 70°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่า และใช้เวลาน้อยกว่า แต่ทำให้ปริมาณสารโสมทราโจนิลใน ใบกระท่อมมีปริมาณที่ลดลงไป ตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น สำหรับการจำลองพบว่าแบบจำลอง Midilli model ให้ค่าตัวชี้วัด R^2 สูงสุดถึง 0.9998 และค่าตัวชี้วัด RMSE ต่ำสุดถึง 0.0055 ในขณะที่แบบจำลองอื่น ๆ มีค่าตัวชี้วัด R^2 ที่ต่ำกว่า และค่าตัวชี้วัด RMSE ที่สูงกว่าแบบจำลองของ Midilli model ทั้งหมด ดังนั้นแบบจำลองของ Midilli model สามารถทำนายผลได้แม่นยำสูงสุดในทุกสภาวะอบแห้ง เป็นแบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบกระท่อมด้วยลมร้อน

คำสำคัญ : ใบกระท่อม, การอบแห้ง, ฟลูอิดไดซ์เบด, การจำลองการอบแห้ง

Thesis Title	Study on Drying of Kratom Leaves with Fluidized Bed
Author	Praphon Thongpool
Degree	Master of Engineering (Mechanical Engineering)
Major Program	Mechanical Engineering Faculty of Engineering
Advisor	Asst.Prof. Dr.Padipan Tinprabath
Co-Advisor	Dr.Thanaphon Wiangthong
Academic Year	2024

ABSTRACT

Kratom is a plant commonly found in tropical regions of Southeast Asia. Traditionally, Kratom leaves were used to treat intestinal infections, relieve diarrhea, alleviate muscle pain, reduce fever, soothe cough, and aid sleep through methods such as chewing fresh or dried leaves, smoking, or brewing them into tea. In 2022, after the Ministry of Public Health revoked a notification that prohibited the use of Kratom as a food ingredient, Kratom can now be utilized legally in food preparation or pharmaceutical manufacturing. Apart from trading fresh leaves, various forms of processed Kratom have emerged, including concentrated extracts in capsules, dried leaves, and powders, which are ingredients in products like Kratom-infused beverages and pre-packaged Kratom tea bags. This study aimed to explore the drying process of Kratom leaves using a fluidized bed dryer. The dryer contains a blower, which channels air through a heater to generate hot air directed to a drying chamber. Experiments were conducted using Kratom leaves of weights 1 kg, 2 kg, and 3 kg and drying them at temperatures of 50°C, 55°C, 60°C, 65°C, and 70°C. Data on moisture reduction over time were recorded every 10 minutes. Five drying models—Newton, Page, Midilli, Wang and Singh, and Logarithmic—were applied to predict drying outcomes. Results indicated that drying Kratom leaves at 55°C for 150 minutes was optimal. At this temperature, moisture was reduced more quickly, and specific energy was consumed less than drying at 50°C. Although drying at higher temperatures of 60°C, 65°C, and 70°C took less time, the higher the temperature was, the lower the mitragynine content in Kratom leaves would be. Among the predictive models, the Midilli model achieved the highest R^2 value of 0.9998 and the lowest RMSE of 0.0055, outperforming other models that have lower R^2 values and higher RMSEs. Therefore, the Midilli model was deemed the most accurate predictor for hot air drying of Kratom leaves in all conditions.

Keywords : Kratom Leaves, Drying, Fluidized Bed, Drying Models

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ ความกรุณาเมตตาและความช่วยเหลือในทุกด้านจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และอาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ ผู้ซึ่งกรุณามอบความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ การแก้ปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนตรวจสอบวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญญารัตน์ สายสิริรัตน์ ผู้ซึ่งกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.กฤษณ์ อภิญาวิศิษฐ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งทั้ง 2 ท่านได้ให้ความรู้และการถ่ายทอดประสบการณ์ ตลอดจนตรวจสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ พร้อมได้ให้คำแนะนำ ความรู้และแนวความคิดในด้านต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้เขียนเป็นอย่างมาก

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท ให้ความอนุเคราะห์สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้ พร้อมได้ให้คำแนะนำ ความรู้และแนวความคิดในด้านต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้เขียนเป็นอย่างมาก

กราบขอบพระคุณคณาจารย์ คุณครูทุกท่านที่อำนวยความสะดวกให้เกิดวิชาความรู้ อบรมสั่งสอน แนะนำตักเตือนผู้เขียนจนมีวันนี้

กราบขอบพระคุณคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล รวมถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

กราบขอบพระคุณบิดา มารดา สมาชิกในครอบครัว ที่คอยให้การส่งเสริม สนับสนุนด้านทุนทรัพย์และกำลังใจ ให้เป็นแรงผลักดันผู้เขียนทั้งในด้านการเรียน การดำเนินชีวิตด้วยดีมาโดยตลอด

ท้ายที่สุด ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะมีประโยชน์สำหรับผู้อ่านไม่มากนักน้อยต่อไป

ประพนธ์ ทองพูล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฒ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
2. ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	16
3. การดำเนินงานวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	21
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	22
3.3 วิธีการอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด	22
3.4 วิธีการคำนวณความชื้นเริ่มต้น	28
3.5 วิธีการคำนวณปริมาตรการไหลของอากาศ	29
3.6 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2	32
3.7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. ผลการดำเนินงาน	
4.1 ขั้นตอนการใช้งานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	38
4.2 ขั้นตอนหลังจากการใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	39
4.3 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	39
4.4 ผลการอบใบกระท่อม 1 kg	39
4.5 ผลการอบใบกระท่อม 2 kg	46
4.6 ผลการอบใบกระท่อม 3 kg	52
4.7 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น	58
4.8 การเปรียบเทียบผลการอบแห้ง	60
4.9 ปริมาณไมทราไจนีนในกระท่อม	62
4.10 สรุปผลการอบแห้งใบกระท่อม	64
4.11 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น	66
4.12 การเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด	68
4.13 วิจารณ์ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น	71
4.14 ตารางสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง 5 แบบจำลอง	74
5. สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการอบแห้งด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด	76
5.2 สรุปผลการจำลอง	77
5.3 ปัญหาที่พบ การแก้ไข	77
5.4 ข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	79
ภาคผนวก ก	81
ภาคผนวก ข	103
ภาคผนวก ค	125

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ง

141

ประวัติผู้จัดทำวิทยานิพนธ์

307



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แบบทดลองและแบบจำลอง	12
3.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลองการอบแห้งใบกระท่อมด้วยลมร้อน	32
4.1 สรุปลักษณ์ที่ได้จากการจำลอง 5 แบบจำลองที่มวลความชื้นเริ่มต้น 1 kg	70
4.2 สรุปลักษณ์ที่ได้จากการจำลอง 5 แบบจำลองที่มวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg	71
4.3 สรุปลักษณ์ที่ได้จากการจำลอง 5 แบบจำลองที่มวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg	72



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ใบกระท่อม	3
2.2 ตู้อบแห้ง	4
2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ	6
2.4 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง	8
2.5 ตู้อบ Fluidized Bed Dryer	14
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	21
3.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	22
3.3 การรูดก้านใบกระท่อม	23
3.4 การตัดแต่งใบกระท่อม	23
3.5 ใบกระท่อมที่ทำการตัดแต่งเรียบร้อยแล้ว	24
3.6 นำใบกระท่อมเข้าเครื่องอบแห้ง	24
3.7 ทำการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ	25
3.8 เปิดสวิตช์เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน	25
3.9 เปิดฮีตเตอร์และปรับอุณหภูมิที่จะทำการอบ	26
3.10 ทำการจับเวลาในการอบ 10 นาที	26
3.11 ทำการชั่งน้ำหนักใบกระท่อม และ น้ำหนักเครื่อง	27
3.12 ทำการจดบันทึกน้ำหนัก มิเตอร์ และอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที	27
3.13 เครื่องอบ Nabertherm Oven TR60	28
3.14 น้ำหนักใบกระท่อมก่อนและหลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบ	28
3.15 เครื่องวัดอัตราความเร็วลม KIMO รุ่น AMI 300	29
3.16 การดำเนินการวัดความเร็วลม	30
3.17 การวัดความเร็วลมทางเข้า	30
3.18 การวัดความเร็วลมทางออก	31
3.19 ขั้นตอนการกรอกข้อมูลเวลาที่ใช้อยู่จากผลการทดลองลงในโปรแกรม	33
3.20 ขั้นตอนการกรอกข้อมูลจากการทดลองในโปรแกรม	33
3.21 ขั้นตอนการเปิด Function curve fitter	34
3.22 การเลือกชุดข้อมูล Select data	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.23 การเลือก Custom equation ในแถบ Fit type	35
3.24 การพิมพ์ Model ลงในแถบ Custom equation	35
3.25 การอ่านค่าคงที่และค่าความคลาดเคลื่อนจากการจำลอง	36
3.26 ตารางข้อมูลในโปรแกรม Excel	36
3.27 การเขียนสูตรการคำนวณหาอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง	37
3.28 การเขียนสูตรการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในโปรแกรม Excel	37
4.1 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 50 °C	40
4.2 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 50 °C 1 kg	40
4.3 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 55 °C	41
4.4 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 55 °C 1 kg	42
4.5 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 60 °C	42
4.6 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 60 °C 1 kg	43
4.7 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 65 °C	44
4.8 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 65 °C 1 kg	44
4.9 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 70 °C	45
4.10 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 70 °C 1 kg	45
4.11 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 50 °C	46
4.12 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 50 °C 2 kg	47
4.13 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 55 °C	47
4.14 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 55 °C 2 kg	48
4.15 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 60 °C	49
4.16 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 60 °C 2 kg	49
4.17 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 65 °C	50
4.18 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 65 °C 2 kg	50
4.19 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 70 °C	51
4.20 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 70 °C 2 kg	52
4.21 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 50 °C	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 50 °C 3 kg	53
4.23 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 55 °C	54
4.24 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 55 °C 3 kg	54
4.25 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 60 °C	55
4.26 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 60 °C 3 kg	55
4.27 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 65 °C	56
4.28 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 65 °C 3 kg	57
4.29 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 70 °C	57
4.30 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 70 °C 3 kg	58
4.31 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 1 kg	58
4.32 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 2 kg	59
4.33 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 3 kg	60
4.34 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานจำเพาะ	60
4.35 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ	61
4.36 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อน	62
4.37 การเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า	62
4.38 การเปรียบเทียบปริมาณไมทราไจนอล	63
4.39 การเปรียบเทียบปริมาณไมทราไจนอลระหว่างการอบแห้งทั้งสองแบบ	64
4.40 ตัวอย่างการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับ ผลการทดลองอบแห้ง ใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C	67
4.41 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด สำหรับมวลความชื้นเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C	68
4.42 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด สำหรับมวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C	69

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

- 4.43 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ทำให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด
สำหรับมวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C
และ 70 °C

70



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
$E_{electric}$	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า	MJ
E_{evap}	พลังงานที่ใช้ในการระเหยความชื้น	Wh
E_{input}	พลังงานที่ให้กับระบบการอบแห้ง	Wh
E_t	พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในระบบอบแห้ง	MJ
$E_{thermal}$	ปริมาณพลังงานความร้อน	MJ
K	ฟังก์ชันของอุณหภูมิอบแห้ง	-
M_1	ความชื้นที่หายไป	%d.b,%w.b.
M_d	ความชื้นมาตรฐานแห้ง	% d.b.
M_f	ความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ	%d.b,%w.b.
M_r	อัตราส่วนความชื้น	-
M_s	ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ	% w.b
M_w	ความชื้นมาตรฐานเปียก	% w.b.
$MR_{pre.i}$	อัตราส่วนความชื้นที่ทำนายด้วยแบบจำลอง เอมปริลิคัล	-
$MR_{exp.i}$	อัตราส่วนความชื้นจากข้อมูลการทดลอง	-
N	จำนวนข้อมูล	-
P_e	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	KW-h
W_i	มวลของผลิตภัณฑ์ที่เวลาใดๆ	kg
W_f	มวลของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง	kg
R^2	ดัชนีชี้วัดแบบจำลองเอมปริลิคัลที่เหมาะสม	-
T	อุณหภูมิอบแห้ง	°C
V	ความเร็วลม	m/s
W_d	วัตถุดิบแห้ง	%d.b
W_w	วัตถุดิบเปียก	%d.b
h_{fg}	พลังงานความร้อนแฝงของการระเหยกลายเป็นไอ ของน้ำ	Wh/kg
m_d	มวลของผลผลิตแห้ง	kg

m_{evap}	ความชื้นที่ระเหยออกจากวัสดุใน กระบวนการอบแห้ง	kg
m_f	มวลของวัสดุหลังกระบวนการอบแห้ง	kg
m_i	มวลของวัสดุก่อนกระบวนการอบแห้ง	kg
m_s	ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ	% w.b
m_t	ความชื้นที่เวลาใดๆ	Sec.
m_w	มวลของผลผลิตขึ้น	kg
n	จำนวนของข้อมูล	-
t	เวลาในการอบแห้ง	H
x_i	เวลาในการอบแห้ง	-
y_i	อัตราส่วนความชื้นการอบแห้ง	-
DR	อัตราการอบแห้ง	kg/hr
MSE	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ	-
RMSE	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ	-
SEC	การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ	MJ/kg
η_{th}	ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง	%
χ	ค่าคงที่ของสมการ	-



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระท่อมเป็นพืชชนิดหนึ่งที่พบได้มากในเขตร้อนชื้นแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยในสมัยโบราณมีการใช้ใบกระท่อมในการรักษาอาการติดเชื้อในลำไส้ แก้อท้องเสีย ท้องร่วง บรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อ ลดไข้ บรรเทาอาการไอ ทำให้นอนหลับ โดยใช้ใบสดหรือใบแห้งนำมาเคี้ยว สูบ หรือชงเป็นน้ำชา กลุ่มผู้ใช้แรงงานและเกษตรกรบริโภคใบกระท่อมเพื่อกดความรู้สึกเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้า ทำให้ทำงานได้ยาวนานขึ้น ชาวบ้านในภาคใต้ใช้ใบกระท่อมในการรักษาอาการป่วยที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว รวมทั้งรักษาโรคเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง ปี 2565 หลังจากมีการยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่ห้ามใช้พืชกระท่อมเป็นส่วนผสมของอาหาร ดังนั้นปัจจุบันจึงสามารถใช้พืชกระท่อมในการประกอบอาหารหรือต้มน้ำกระท่อมในเชิงอุตสาหกรรมได้ และในปัจจุบันในหลายจังหวัดภาคใต้เริ่มมีการปลูกใบกระท่อมเป็นพืชเศรษฐกิจจำนวนมาก โดยราคาใบสดในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ตอนล่างในปี 2565 เฉลี่ยอยู่ที่ 250-300 บาทต่อ kg [1]

โดยนอกจากการซื้อขายใบสดแล้วนั้น ได้มีการแปรรูปใบกระท่อมที่มีด้วยกันหลายชนิดทั้งการใส่แคปซูล เป็นสารสกัดเข้มข้น รวมถึงประเภทใบแห้ง และ ชนิดผง ซึ่งนำไปใช้เป็นส่วนประกอบเช่น เครื่องดื่มผสมใบกระท่อม กระท่อมบรรจุถุงชาพร้อมชง เป็นต้น ปกติวิธีการแปรรูปแบบอบแห้งใบกระท่อมนั้นมีอีกหลายรูปแบบและวิธีการ และการอบรูปแบบหนึ่งที่ยังไม่มีการทดลองใช้ คือ การอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบดหรือการใช้ลมร้อนเป่าผ่านชั้นวัสดุ ทำให้วัสดุลอยตัวเป็นอิสระ เกิดการคลุกเคล้าและสัมผัสกับลมร้อนอย่างสม่ำเสมอ มีอัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลสูง สามารถ ลดความชื้นของวัสดุลงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งข้อดีของการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดคือการใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งด้วยวิธีอื่น ๆ ได้วัตถุดิบที่ได้รับความร้อนสม่ำเสมอ

ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด โดยใช้เทคนิคการอบแห้งใช้วิธีการเป่าลมร้อนจากเครื่องอบแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่สามารถทำลดความชื้นได้อย่างรวดเร็วเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการผลิตใบกระท่อมอบแห้งและเพิ่มมูลค่าสินค้าให้กับเกษตรกรต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 1.2.2 เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 1.2.4 เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อปริมาณสารไมทราไจนีนในใบกระท่อมที่ผ่านการอบแห้ง

1.3 ขอบเขต

- 1.3.1 ทำการอบแห้งครั้งละ 1 kg , 2 kg และ 3 kg
- 1.3.2 อบแห้งในอุณหภูมิ 50 °C , 55 °C , 60 °C , 65 °C และ 70 °C
- 1.3.3 ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความชื้น อัตราส่วนความชื้น เวลาในการอบแห้ง น้ำหนัก และ การใช้พลังงาน
- 1.3.4 ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งชื่อแบบจำลอง Newton, Page, Midilli, Wang and Singh และ Logarithmic เท่านั้น
- 1.3.5 แบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบกระท่อมด้วยลมร้อนเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 ได้ทราบถึงหลักการ การทำงานเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 1.4.2 ได้ทราบถึงผลกระทบกับใบกระท่อมช่วงแต่ละอุณหภูมิในการทดลอง
- 1.4.3 ได้ทราบถึงช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งใบกระท่อม

บทที่ 2

ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีใบกระท่อม

กระท่อมเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ปานกลาง มีแก่นเป็นไม้เนื้อแข็ง สูง 10 -15 เมตร อยู่ในตระกูล *Mitragyna speciosa* ใบคล้ายใบกระดังงา มีชนิดก้านใบแดงและใบเขียว ดอกกลมโตขนาดเท่าผลพุทรา ใบเป็นใบเดี่ยวสีเขียว เรียงตัวเป็นคู่ตรงข้าม แผ่นใบขนาดกว้างประมาณ 5-10 ซม. ยาวประมาณ 8-14 ซม. ดอกมีสีขาวอมเหลืองออกเป็นช่อตุ้มกลมขนาด 3-5 ซม. ดังรูปที่ 2.1 โดยในบางจังหวัดของภาคกลาง เช่น ปทุมธานี แต่จะพบมากในป่าธรรมชาติบริเวณภาคใต้ เช่น สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ตรัง สตูล พัทลุง สงขลา ยะลา ปัตตานี นราธิวาส และตอนบนของประเทศไทยเช่น



รูปที่ 2.1 ใบกระท่อม [1]

ในอดีต กระท่อมมีบทบาทในวิถีชีวิตของผู้คนทั้งด้านสังคม วัฒนธรรม และการแพทย์ โดยใช้ใบกระท่อมร่วมกับหมาก พลุ น้ำชา และยาเส้นในการต้อนรับแขกและเข้าสังคม รวมถึงเคี้ยวในงานวิวาห์ ไก่ชน และการแสดงพื้นบ้านเพื่อกระตุ้นความกระปรี้กระเปร่า กลุ่มผู้ใช้แรงงานก็นิยมเคี้ยวกระท่อมเพื่อเพิ่มความอดทนขณะทำงาน ในด้านการแพทย์พื้นบ้านและแพทย์แผนไทย กระท่อมถูกใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรค เช่น ไข้หวัด ท้องเสีย บิด ปวดเมื่อย และเป็นส่วนประกอบในตำรับยาแผนไทยหลายชนิด

ใบของพืชกระท่อมเป็นส่วนที่มักใช้เป็นยาสมุนไพร ทั้งในรูปยาเดี่ยว หรือเป็นตำรับยาพื้นบ้าน เพื่อรักษาโรคต่าง ๆ ซึ่งสรรพคุณทางยามาจากสารไมทราไจนิน ซึ่งสารตัวนี้พบแค่ในพืชกระท่อมเท่านั้น ไม่พบที่ต้นไม้อื่นอื่นแม้จะอยู่ในตระกูลเดียวกัน อาจด้วยฤทธิ์คลายปวดและลดการอักเสบของไมทราไจนินในใบกระท่อม ที่ทำให้กลุ่มผู้ใช้แรงงานนิยมใช้พืชกระท่อมเป็นเหมือนยาชูกำลัง คลายปวด ลดเมื่อยอึกทั้ง แม้ใบกระท่อมให้ผลการออกฤทธิ์ที่อาจมีประโยชน์ทางยาได้ แต่ทำให้เสพติดและมีผลเสียต่อสุขภาพ หากใช้ติดต่อกันนานๆ

2.1.1.1 พืชกระท่อมและมาตรฐานในเภสัชตำรับของไทย [2]

แผนปฏิบัติการด้านสมุนไพรแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2566-2570 ได้กำหนดให้ "กระท่อม" เป็นสมุนไพรที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาให้เป็น "Herbal Champion" เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับพืชกระท่อมในรูปแบบต่างๆ ตั้งแต่พืชสด สารสกัด ไปจนถึงผลิตภัณฑ์สมุนไพร ซึ่งจะช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจทั้งห่วงโซ่อุปทาน โดยมุ่งเน้นการนำใบกระท่อมมาใช้ในการดูแลสุขภาพและการแพทย์ การจัดการแปลงปลูกจึงต้องเป็นไปตามมาตรฐานการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวที่ดี (GAHP) เพื่อรองรับการนำใบกระท่อมไปพัฒนาด้านการแพทย์

นอกจากนี้ ได้มีการจัดทำมาตรฐานใบกระท่อมตามหลักเกณฑ์การกำหนดมาตรฐานยาสมุนไพรไทย โดยใช้ตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ ในภาคใต้ เช่น ชุมพร สุราษฎร์ธานี และสงขลา เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเภสัชเวช พฤกษศาสตร์ เคมี-ฟิสิกส์ และการตรวจสอบปนเปื้อน เช่น โลหะหนัก และจุลชีพ ข้อมูลจากการวิเคราะห์จะนำเสนอต่อคณะกรรมการเพื่อกำหนดมาตรฐานควบคุมคุณภาพวัตถุดิบใบกระท่อมในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย โดยได้ระบุในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย หรือ Thai Herbal Pharmacopoeia (THP) ฉบับปี 2021 เอาไว้ดังรูปที่ 2.2

กระท่อม (KRATHOM)
 ใบกระท่อม (BAI KRATHOM), ใบกระท่อม (BAI THOM), กระท่อม (THOM), กระท่อมบ้านแดง (KRATHOM KAN DAENG)
Mitragyna Speciosa Folium
 Kratom
 Category Analgesic, antidiarrheal

Kratom is the dried leaf of *Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil. (Family Rubiaceae), Herbarium Specimen Number: DMSc 5333, Crude Drug Number: DMSc 1228.



Loss on drying	Not more than 7.0 per cent w/w
Foreign Matter	Not more than 2.0 per cent w/w
Total ash	Not more than 6.0 per cent w/w
Ethanol-soluble extractive	Not less than 25.0 per cent w/w
Water-soluble extractive	Not less than 19.0 per cent w/w
Mitragynine content	Not less than 1.0 per cent w/w
Heavy metal	Microbial limits
Arsenic, As < 4 ppm	Total aerobic microbial count < 5 x 10 ⁴ CFU/g
Lead, Pb < 10 ppm	Absence: <i>Staphylococcus aureus</i> ; <i>Salmonella</i> spp.; <i>Escherichia coli</i> ; <i>Clostridium perfringens</i>
Cadmium, Cd < 0.3 ppm	
Mercury, Hg < 0.5 ppm	

ข้อกำหนด "ใบกระท่อม" ในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (THP)
 คัดลอกบางส่วนจาก <https://bdn.go.th/thp/ebook/qQAcAatlpR9gC3qQG5gMJqQqT5co3uw>

รูปที่ 2.2 มาตรฐานของปริมาณสารในใบกระท่อม [2]

2.1.1.2 สารไมทราไจนีน [3]

สารไมทราไจนีน (Mitragynine) จัดเป็นสาร อินโดแอลคาลอยด์ (Indole alkaloids) ชนิด Corynanthe ที่พบในพืช มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{23}H_{30}N_2O_4$ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 398.5 มีจุดหลอมเหลว 102-106 องศาเซลเซียส จุดเดือด 230-240 องศาเซลเซียส โดยสาร Mitragynine จะมีลักษณะทางเคมีเป็นผงสีขาว (White amorphous powder) มีคุณสมบัติละลายได้ในตัวทำละลายชนิด แอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม และกรดอะซิติกซึ่งสาร Mitragynine ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ.1921 พบว่าสารชนิดนี้ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถสกัดด้วยสารอินทรีย์อื่นๆ ส่วนในการกลั่นที่อุณหภูมิ 230-240 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 5 มม.ปรอท จะได้สารมีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว สำหรับประเภทของสารไมทราไจนีน นั้นในปัจจุบันพบว่ามียอยู่ 2 ประเภท คือ สารไมทราไจนีนที่สกัดได้จากธรรมชาติ (Mitragynine) และสารไมทราไจนีนที่สังเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี [(-)-Mitragynine]

2.1.2 ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) ดังรูปที่ 2.3 โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะต้อง ระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมามวลจะแห้งได้มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วยในการอบเมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบระเหยเป็นไอจะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง ซึ่งนอกจากจะมีกรณีที่วัตถุดิบมีสภาพเป็นของแข็งที่เปียกชื้นแล้ว ยังมีกรณีที่อบของเหลวข้น (Slurry) หรือของเหลวใสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย



รูปที่ 2.3 ตู้อบแห้ง [4]

เครื่องอบโดยมากมักจะเป็นส่วนสุดท้ายของกระบวนการผลิตโดยผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จทันทีดังนั้นการอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป และรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบเป็นก้อน รวมทั้งปริมาณได้ (Yield) จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้

ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ

2.1.2.1 อัตราความชื้นในการแสดงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบ

แสดงได้ด้วยปริมาณน้ำต่อปริมาณมวลรวมเปียก (ค่า Wet base) หรือปริมาณน้ำต่อปริมาณวัตถุดิบแห้ง (ค่า Dry base) ในขณะที่อบมวลรวมจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อคำนวณความชื้นแบบ Wet basis ทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น ในการคำนวณทางอุตสาหกรรมจะใช้ค่าความชื้นที่คำนวณแบบ Dry basis ซึ่งมวลแห้งเป็นฐานในการคำนวณ เนื่องจากมวลแห้งนี้มีค่าคงที่ตลอดการอบ จึงมีความสะดวกมากกว่า ถ้าให้ความชื้นที่ Wet basis เท่ากับ W_w และให้ความชื้นที่ Dry basis เท่ากับ W_d แล้ว ค่าทั้งสองจะมีความสัมพันธ์กัน ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

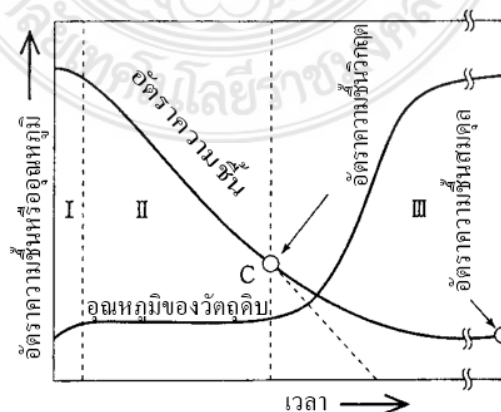
$$W_d = \frac{W_w}{1 + W_w} \quad (2.1)$$

$$W_w = \frac{W_d}{1 + W_d} \quad (2.2)$$

เมื่อ W_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b)

W_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%w.b)

อัตราเร็วในการอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบเมื่อนำวัตถุดิบที่จะอบซึ่งเปียกชื้นเป็นไปอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสร้อนแล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบนั้น โดยทั่วไปจะได้ผลลัพธ์ดังรูปซึ่งกลไกการอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ [4]

1) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ

ช่วงอุ่นวัตถุดิบเป็นช่วงที่อุณหภูมิของวัตถุดิบจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้น (อุณหภูมิห้อง) จนถึงอุณหภูมิสมดุลที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการอบ เรียกว่า ช่วงอุ่นวัตถุดิบ ในกรณีที่วัตถุดิบได้รับความร้อนด้วยการพาความร้อนโดยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น

2) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่

ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ที่วัตถุดิบจะมีอุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นเท่านั้น ขั้นตอนของการระเหยจะเกิดที่ผิวหน้าของวัตถุดิบโดยอัตราเร็วในการอบจะมีค่าคงที่ ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งจะดำเนินไปตราบเท่าที่มี ความชื้นอิสระให้ระเหยอยู่ที่ผิวหน้าของวัตถุดิบ โดยอัตราความชื้นของวัตถุดิบจะลดลงด้วย อัตราเร็วคงที่

3) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง

ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลงเมื่ออบไปเรื่อย ๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตถุดิบแห้งลง และความชื้นภายในเนื้อวัตถุดิบเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัตถุดิบจะซึมขึ้นมาทดแทนให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ 3 ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ขั้นตอนของการระเหยจะค่อย ๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัตถุดิบ อุณหภูมิของวัตถุดิบจะเริ่มเข้าใกล้ อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิวในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุดิบ นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัตถุดิบเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อย ๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป

ความสามารถในการดูดซับความชื้นของวัสดุขึ้นกับกลไกการเคลื่อนที่สภาพของความชื้นที่มีอยู่ภายในวัตถุดิบขึ้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นในวัตถุดิบเปียกนอกจากจะมีความชื้นในรูปน้ำอิสระแล้ว ยังมีน้ำ Adsorption water ที่เกาะติด กับพื้นผิวของแข็งความชื้น Bonding water และไอน้ำในช่องว่างอีกด้วย

2.1.2.2 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง [4]

ความชื้นมาตรฐานแห้งเป็นที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์ของกระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะ ช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือ เกือบคงที่ ระหว่างการอบแห้ง เหตุที่เกือบจะคงที่เป็นเพราะผลผลิตทางเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิตมีการหายใจ ดังนั้นสามารถหาความชื้น มาตรฐานแห้งได้ตามสมการมีการเผาผลาญสารอาหาร ทำให้มวลแห้งมีโอกาสลดลงได้ ส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเล็กน้อย ดังสมการที่ 2.3

$$M_d = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \quad (2.3)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% d.b.)

m_w คือ มวลของผลผลิตขึ้น (kg)

m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

2.1.2.3 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก

การบอกค่าความชื้นก็คือการบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ สามารถบอกได้เป็นความชื้นมาตรฐานเปียก ดังสมการที่ 2.4

$$M_w = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \quad (2.4)$$

2.1.2.4 การคำนวณหาความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ

ค่าความชื้นสุดท้ายคือปริมาณน้ำที่อยู่ในวัตถุดิบน้อยที่สุดของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ว่าควรมีความชื้นสุดท้ายเท่าไรในการเก็บรักษา สามารถคำนวณหาค่าความชื้นสุดท้ายได้ ดังสมการที่ 2.5

$$M_f = M_s - M_1 \quad (2.5)$$

เมื่อ M_f คือ ความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ (%d.b,%w.b.)

M_s คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ (% w.b)

M_1 คือ ความชื้นที่หายไป (%d.b,%w.b.)

หมายเหตุ ค่าความชื้นในสูตรต้องใช้มาตรฐานเดียวกัน

2.1.2.5 การคำนวณหาความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ

ค่าอัตราส่วนความชื้นเป็นค่าที่นิยมนำมาใช้ในการเขียนกราฟ เพื่อแสดงผลการทดลองที่ค่าสูงสุดเท่ากันทุกชนิด จึงเหมาะกับการเปรียบเทียบผลการทดลอง ดังสมการที่ 2.6

$$M_R = \frac{m_t}{m_s} \quad (2.6)$$

เมื่อ M_R คือ อัตราส่วนความชื้น

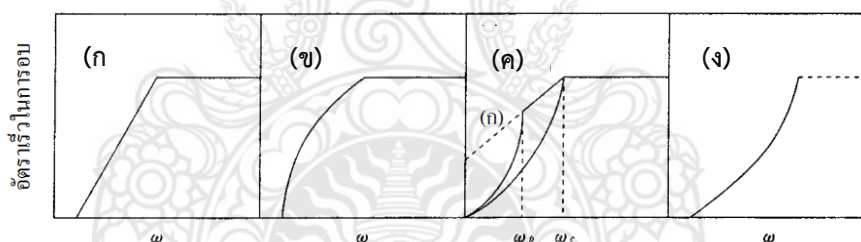
m_t คือ ความชื้นที่เวลาใด ๆ (Sec.)

m_s คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ (% w.b)

หมายเหตุ ค่าความชื้นในสูตรต้องใช้มาตรฐานเดียวกัน

2.1.2.6 อัตราเร็วในการอบด้วยอัตราเร็วลดลง

อัตราเร็วในการอบวัตถุดิบของแข็ง จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัตถุดิบและเงื่อนไขการอบ แต่รูปร่างของเส้นกราฟคุณลักษณะการอบในช่วงอัตราเร็วลดลงนี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขภายใน ได้แก่ ลักษณะของวัตถุดิบ สมบัติของความชื้นภายในวัตถุที่มีอยู่ ฯลฯ มากกว่าเงื่อนไขการอบภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของลมร้อน ฯลฯ เมื่อทำการวัดเส้นกราฟอัตราเร็วในช่วงอัตราเร็วลดลงของวัสดุต่าง ๆ จะแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง

ในจำนวนประเภทต่าง ๆ ข้างต้น รูป (ก) จะพบได้ในกรณีที่อนุภาคของวัตถุดิบมีน้ำอยู่ในรูปที่ค่อนข้างเป็นอิสระ กล่าวคือ การอบหดยึดของเหลว เยื่อบาง อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 5 mm เป็นต้น รูป (ข) พบได้ในอนุภาคขนาดจิ๋วที่มีสมบัติ Non-hydrophilic หรือวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น ๆ เป็นต้น ทั้งรูป (ก) และ (ข) เป็นวัสดุที่น้ำจะเคลื่อนที่สู่ผิวหน้าด้วยแรง capillary ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 รูป (ง) โดยมากจะพบในการอบสารเนื้อเดียว เช่น สบู่ กาว เจลาติน ฯลฯ ซึ่งไม่มีช่วงอบด้วยอัตราคงที่ โดยอัตราความชื้นที่ผิวจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเท่ากับอัตราความชื้นสมดุลกับลมร้อน หลังจากนั้น การแพร่ของน้ำภายในวัตถุดิบจะมีอิทธิพลเด่นชัดที่สุด การอบรูป (ค) วัตถุดิบมีสมบัติระหว่าง (ก), (ข) กับ (ง) โดยช่วงอัตราการอบแห้งลดลง จะมี 2 ช่วง คือ หลังจากเกิดช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 แล้วจะเข้าสู่ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 2 โดยกรณี (ก) จะพบใน

วัสดุที่มี Osmotic water เช่น ดินเหนียว และกรณิ (ข) เป็นรูปที่ทั่วไปที่สุด พบได้ในวัสดุหล่อชั้นตะกอน เป็นต้น ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการอบโดยคร่าว ๆ สำหรับรูป (ก), (ข) จะแปรผันตามความหนาของวัสดุ ขณะที่รูป (ง) จะแปรผันตามความหนาของวัตถุดิบกำลังสอง ส่วนรูป (ค) จะอยู่ระหว่างทั้งสองแบบข้างต้น

2.1.2.7 การวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Moisture content on dry basis) เป็นอัตราส่วนของมวลน้ำในวัสดุต่อมวลแห้งของวัสดุ อัตราการอบแห้ง (Drying rate) คำนวณได้จากสมการที่ 2.7

$$DR = \frac{m_i - m_f}{t} \quad (2.7)$$

เมื่อ DR คือ อัตราการอบแห้ง (kg/hr)

m_i คือ มวลของวัสดุก่อนกระบวนการอบแห้ง (kg)

m_f คือ มวลของวัสดุหลังกระบวนการอบแห้ง (kg)

t คือ เวลาในการอบแห้ง (h)

2.1.2.8 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC)

การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ใช้ในระบบอบแห้งต่อความชื้นที่ระเหยออกจากวัสดุในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ดังสมการที่ 2.8

$$SEC = \frac{E_t}{m_w} \quad (2.8)$$

เมื่อ SEC คือ การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg)

E_t คือ พลังทั้งหมดที่ใช้ในระบบอบแห้ง (MJ)

2.1.2.9 พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในระบบอบแห้ง คำนวณได้จากสมการที่ 2.9

$$E_t = E_{\text{electric}} + E_{\text{thermal}} \quad (2.9)$$

เมื่อ E_{electric} คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (MJ)

E_{thermal} คือ ปริมาณพลังงานความร้อน (MJ)

2.1.2.10 ความชื้นในวัสดุที่ระเหยระหว่างกระบวนการอบแห้ง คำนวณได้จากสมการที่ 2.10

$$m_{\text{evap}} = m_i - m_f \quad (2.10)$$

เมื่อ m_i คือ มวลของวัสดุก่อนกระบวนการอบแห้ง (kg)

m_f คือ มวลของวัสดุหลังกระบวนการอบแห้ง (kg)

2.1.2.11 อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (Specific moisture extraction rate, SMER)

อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (Specific moisture extraction rate, SMER) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อพลังงานที่ใช้ตลอดการอบแห้ง คำนวณได้จากสมการที่ 2.11

$$\text{SMER} = \frac{W_i - W_f}{P_e} \quad (2.11)$$

เมื่อ SMER คือ อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (MJ/kg)

W_i คือ มวลของผลิตภัณฑ์ที่เวลาใดๆ (kg)

W_f คือ มวลของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง (kg)

P_e คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW-h)

2.1.2.12 ประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal Efficiency of Drying System)

ประสิทธิภาพทางความร้อน เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ใช้ในการระเหยความชื้นต่อพลังงานที่ให้กับระบบการอบแห้ง คำนวณได้จากสมการที่ 2.12

$$\eta_{\text{th}} = \frac{E_{\text{evap}}}{E_{\text{input}}} \times 100\% = \frac{m_{\text{evap}} h_{\text{fg}}}{E_t} \times 100\% \quad (2.12)$$

เมื่อ η_{th} คือ ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง (%)

E_{evap} คือ พลังงานที่ใช้ในการระเหยความชื้น (Wh)

E_{input} คือ พลังงานที่ให้กับระบบการอบแห้ง (Wh)

E_t คือ พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในระบบการอบแห้ง (Wh)

m_{evap} คือ ความชื้นที่ระเหยออกจากวัสดุในกระบวนการอบแห้ง (kg)

h_{fg} คือ พลังงานความร้อนแฝงของการระเหยกลายเป็นไอของน้ำ (Wh/kg)

2.1.3 แบบจำลองการอบแห้ง

อัตราส่วนความชื้นการอบแห้ง เป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบจำลองกระบวนการอบแห้ง ให้มีความเหมาะสม มีการศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งของวัสดุธรรมชาติที่ต่างกัน จากนักวิจัยหลายกลุ่ม ซึ่งได้ทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่อกระบวนการอบแห้ง ความสัมพันธ์สมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกนำมาใช้เพื่อการอบแห้งของวัสดุ อธิบายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งวัสดุธรรมชาติ สมการเหล่านี้เน้นเฉพาะปัญหาที่มีความซับซ้อนไม่มากนัก เช่นสมการเอกซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายที่รู้จักกันคือสมการของนิวตัน อย่างไรก็ตามสมการดั้งเดิมได้ถูกดัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลการทดลอง อัตราส่วนความชื้นการอบแห้งเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบจำลองกระบวนการอบแห้งให้มีความเหมาะสมมีการศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งของวัสดุธรรมชาติที่ต่างกันจากนักวิจัยหลายกลุ่ม ที่ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่อกระบวนการอบแห้งความสัมพันธ์สมการคณิตศาสตร์ได้ถูกนำมาใช้เพื่อการอบแห้งของวัสดุ อธิบายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งวัสดุธรรมชาติ สมการเหล่านี้เน้น เฉพาะปัญหาที่มีความซับซ้อนไม่มากนัก เช่นสมการเอกซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายที่รู้จักกันคือสมการของนิวตัน อย่างไรก็ตามสมการดั้งเดิมได้ถูกดัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลการทดลอง

แบบจำลองเอมพิริคัลส่วนใหญ่จะมีความแม่นยำเฉพาะผลการทดลองนั้นๆ แต่เมื่อเงื่อนไขเปลี่ยนไปแบบจำลองเอมพิริคัลที่ใช้จะเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขการทดลอง ปัญหานี้สามารถแก้ได้โดยการวิเคราะห์ตามหลักการของการถ่ายเทความร้อนและมวลสารโดยใช้สมการดิฟเฟอเรนเชียล แต่ผลลัพธ์สุดท้ายนั้นซับซ้อนและยากที่จะนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้งจริง แบบจำลองในรูปของสมการเอมพิริคัล (Empirical equation) เป็นแบบจำลองการอบแห้งเป็นการจำลองการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในระหว่างการอบแห้ง ซึ่งจะช่วยในการออกแบบระบบการอบแห้งต่างๆ

แบบจำลองในรูปของสมการเอมพิริคัล เป็นแบบจำลองการอบแห้งที่นิยมใช้ในการศึกษาอาหารหรือวัสดุชีวภาพจำพวกผักและผลไม้ สมการเอมพิริคัลคือสมการที่สร้างจากแนวโน้มข้อมูลการทดลองสำหรับวัสดุที่ใช้ออบแห้งในช่วงอุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งต่างๆ ตัวอย่างแบบจำลองสมการเอมพิริคัล

ตารางที่ 2.1 แบบทดลองและแบบจำลองของการอบแห้ง

ลำดับที่	ชื่อแบบจำลอง	แบบจำลอง
1	Newton	$MR = \exp(-kt)$
2	Page	$MR = \exp(-kt^n)$
3	Modified Page I	$MR = \exp(-(kt)^n)$
4	Henderson and Pabis	$MR = ar \exp(-kt)$
5	Wang and Singh	$MR = 1 + at + bt^2$
6	Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + c$
7	Two term	$MR = a \exp(-k_1t) + b \exp(-k_2t)$
8	Two term exponential	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kat)$
9	Modified Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$
10	Midilli	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$
11	Approximation of diffusion	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$
12	Verma et al.	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt)$
13	Logistic	$MR = a / [1 + \exp(kt)]$

อิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้ง [5] ดังนั้น $a, b, c, g, h, k, k_1, k_2$ หรือ n ซึ่งเดิมเป็นเพียงค่าคงที่จึงได้ถูกกำหนดให้เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิอบแห้ง และความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งเป็นการปรับในส่วนหนึ่งของค่าคงที่ของสมการเดิมโดยเป็นการอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อน และมวล ซึ่งค่าคงที่ของสมการที่ทำการปรับปรุงแล้วจะอยู่ในรูปของสมการเส้นตรงโดยสามารถเขียน ความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 2.13

$$K = \chi_0 + \chi_1 T + \chi_2 V + \chi_3 TV \quad (2.13)$$

เมื่อ K คือ ฟังก์ชันของอุณหภูมิอบแห้ง

T คือ อุณหภูมิอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

V คือ ความเร็วลม (เมตร/วินาที)

χ คือ ค่าคงที่ของสมการที่ 2.13

ตัวอย่างเช่นแบบจำลองของ Newton จะเปลี่ยนรูปจาก $MR = \exp(-kt)$ เป็น $MR = \exp(-(x_0 + x_1 T + x_2 V + x_3 TV)t)$ เป็นต้น หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์หาแบบจำลองเอมพริคัลที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เพื่อหาค่าตัวแปรของแบบจำลองซึ่งการวิเคราะห์การถดถอยเป็นการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองทั้งหมดเป็นข้อมูลป้อนเข้าของซอฟต์แวร์ทางสถิติที่ช่วยวิเคราะห์การถดถอยด้วย วิธีระเบียบวิธีเชิงตัวเลข โดยใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยผลรวมความคลาดเคลื่อนทั้งหมด (Root Mean Squared Error, RMSE) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, r^2) เป็น ดัชนีชี้วัดแบบจำลองเอมพริคัลที่เหมาะสมดังแสดงในสมการที่ (2.14) และ RMSE คำนวณได้จากสมการที่ (2.15)

$$R^2 = \frac{(n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n y_i)^2)^2}{(\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2)^2 (n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2)} \quad (2.14)$$

เมื่อ R^2 คือ ดัชนีชี้วัดแบบจำลองเอมพริคัลที่เหมาะสม

x_i คือ เวลาในการอบแห้ง

y_i คือ อัตราส่วนความชื้นการอบแห้ง

n คือ จำนวนของข้อมูล

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.15)$$

เมื่อ RMSE คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

$MR_{pre,i}$ คือ อัตราส่วนความชื้นที่ทำนายด้วยแบบจำลองเอมพริคัล

$MR_{exp,i}$ คือ อัตราส่วนความชื้นจากข้อมูลการทดลอง

N คือ จำนวนของข้อมูล

โดยที่

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N} \quad (2.16)$$

เมื่อ MSE คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

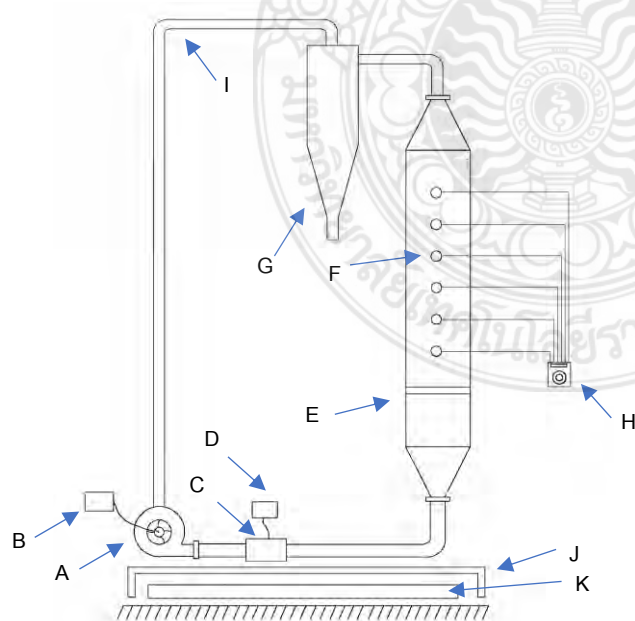
2.1.4 กระบวนการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบ Fluidized bed dryer

ใช้วิธีเป่าลมร้อนเข้าไปจากด้านล่างของชั้นวัสดุที่เป็นผงที่วางบนแผ่นที่มีรูพรุน เพื่อให้ผงวัสดุลอยขึ้นและมีการเคลื่อนไหวเหมือนตัวมันเป็นของไหล ตัวอย่างแสดงไว้ในรูปที่ 2.6 ตู้อบแบบนี้จะมีจุดเด่นดังต่อไปนี้

- 1) ผงวัสดุจะสัมผัสกับก๊าซอย่างรุนแรงจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงและเนื่องจากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตรของผงวัสดุมีค่ามากจึงมีการถ่ายเทความร้อนรวมได้มาก
- 2) แต่ละอนุภาคจะกระทบกันอย่างรุนแรงในขณะที่ถูกกวไปมา ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ
- 3) ระยะเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในเครื่องและสามารถปรับให้เป็นเท่าใดก็ได้ จึงเหมาะกับวัสดุที่ต้องใช้เวลานานในการอบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราความชื้นต่ำ

ส่วนข้อเสียมีดังต่อไปนี้

- 1) ไม่สามารถใช้กับวัสดุที่มีความชื้นสูงและมีการเกาะตัว / รวมตัวสูงเพราะจะไม่สามารถทำให้เกิดสภาพ Fluidized ได้
- 2) อนุภาคจะกระเด็นออกมาพร้อมกับก๊าซได้ง่าย
- 3) แผ่นกระจายก๊าซและ Fluidized bed ทำให้เกิดความดันสูญเสียสูง จึงต้องใช้ Blower เพื่อเป่าอากาศที่มีกำลังสูง



- A. โบลเวอร์ขนาด 2 HP
- B. มิเตอร์ไฟฟ้า (โบลเวอร์)
- C. ฮีตเตอร์ขนาด 6,000 W
- D. มิเตอร์ไฟฟ้า (ฮีตเตอร์)
- E. ถังอบแห้ง
- F. เทอร์โมคัปเปิล
- G. ไซโล
- H. เครื่องวัดอุณหภูมิ
- I. ท่อทางนำความร้อนกลับ
- J. ฐานเครื่องอบแห้ง
- K. เครื่องชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 2.6 ตู้อบ Fluidized bed dryer

2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ชนาธิป แซ่หลี่ และคณะ [6] ศึกษาการนำฟ้าทะลายโจรมาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งเครื่องอบแห้งชนิดนี้สามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว โดยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ที่จะทำให้การศึกษาจะมีอุปกรณ์ประกอบด้วย ชุดพัดลมโบลเวอร์ 2 HP ที่ความเร็วรอบสูงสุด 2,950 rpm เป่าลมผ่านฮีตเตอร์ทำความร้อนขนาด 6,000 W เกิดลมร้อนไปยังถังอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 33 cm สูง 150 cm ในการทดลองนี้ได้กำหนดน้ำหนักฟ้าทะลายโจรในการอบครั้งละ 500 g, 1,000 g, และ 2,000 g ทดลองฟ้าทะลายโจรที่น้ำหนักละ 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C ความเร็วลมร้อน ที่ผ่านถังอบ 1.5 m/s โดยจะบันทึกข้อมูลการทดลองทุก 15 นาที เพื่อหาความชื้นที่ลดลงต่อช่วงเวลา ผลการทดลองพบว่าที่น้ำหนักฟ้าทะลายโจร 2,000 g อุณหภูมิ 40 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 105 นาทีและอุณหภูมิ 50 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 60 นาที ที่อุณหภูมิเท่ากันเมื่อเพิ่มน้ำหนักฟ้าทะลายโจร ทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งจาก 40 °C เป็น 50 °C ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงและพบว่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าลดลงเนื่องจาก ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ 50 °C น้อยกว่า 40 °C

พัชรินทร์ ตาด้วง [7] ได้ศึกษาการอบแห้งเมล็ดงาโดยเครื่องอบแห้งที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับปั๊มความร้อน โดยการศึกษาแบ่ง ออกเป็น 2 การทดลองคือ การทดลองที่หนึ่งทำการอบแห้งเมล็ดงาโดยเครื่องอบแห้งที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบด ร่วมกับปั๊มความร้อนแบบระบบเปิด (Open system) และการทดลองที่สองทำการอบแห้งเมล็ดงาโดยใช้ เครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับปั๊มความร้อนแบบระบบปิด(Close system) โดยมีเงื่อนไขคือ ใช้หลอดทดลองอะคริลิกใส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร และความสูง 1600 มิลลิเมตร ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดงา 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า ความเร็วของอากาศอบแห้งสำหรับทำให้เกิดฟลู อิดไดซ์เซชัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศอบแห้งและความหนาเบด โดยเครื่องอบแห้งที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบด ร่วมกับปั๊มความร้อนแบบระบบเปิด (Open system) มีอัตราการอบแห้งที่น้อยกว่าและใช้พลังงาน จำเพาะมากกว่า เครื่องอบแห้งที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับปั๊มความร้อนแบบระบบปิด (Close system)

จุมล แซ่เอี่ยม [8] ได้ทำการวิจัยเรื่องการอบแห้งกากมะพร้าวด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน โดยทำการออกแบบและทดสอบเครื่อง เพื่อศึกษาหาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งของ กากมะพร้าวด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน และเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายความชื้นของ กากมะพร้าว จากการทดลองอบแห้งในเครื่องทดลองฟลูอิดไดซ์เบดขนาด 20x20 cm ที่อุณหภูมิอบแห้ง 80 °C, 105 °C และ 130 °C ความเร็วอากาศ 1.5 m/s, 2.0 m/s และ 2.5 m/s ที่ความชื้นเริ่มต้น กากมะพร้าว 55 - 60% มาตรฐานเปียก จนถึงความชื้นสุดท้าย 3% มาตรฐานเปียก ผลการทดลองพบว่า ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชันที่ความชื้นกากมะพร้าวเริ่มต้น 55%, 35%, 20% และ 3% มาตรฐานเปียก มีค่าประมาณ 1.05 m/s, 1.0 m/s, 0.9 m/s และ 0.6 m/s ตามลำดับที่อุณหภูมิ

อากาศ 33 °C ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเบต และอัตราการไหลอากาศ จำเพาะ (อัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลอากาศต่อมวลแห้งของกากมะพร้าว) ผลจากการศึกษาหา แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสามแบบพบว่าแบบจำลองรูปแบบสมการ สามารถทำนายความชื้นได้ใกล้เคียงผลการทดลองที่สุด

กิตติ สถาพรประสาธน์ และคณะ [9] ได้ศึกษาเรื่อง การลดความชื้นของเมล็ดพริกไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลตัวแปร เช่น ความเร็วลมร้อน อุณหภูมิ เวลาที่ใช้อบแห้งต่อการใช้งานและคุณภาพ โดยใช้เครื่องอบแห้งเมล็ดพริกไทยด้วยเทคนิคสเปาท์ฟลูอิดเบต ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิของอากาศทางเข้าหอบแห้ง 3 ระดับคือ 70 °C, 80 °C และ 90 °C ใช้เมล็ดพริกไทยสดมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 28.66 ± 7.70 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ผลการทดลองพบว่า ที่ความเร็วลมสเปาท์ 24 m/s ความเร็วลมฟลูอิดไดซ์ 9 m/s อุณหภูมิ 90 °C ที่ความสูงเบต 10 cm สามารถลดค่าความชื้นได้รวดเร็วที่สุด การเปลี่ยนสีของเมล็ดพริกไทยที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีสีคล้ำและแดงมากกว่า 18 การอบแห้งในอุณหภูมิต่ำ และมีการพบรอยแตกหักของเมล็ดพริกไทยอยู่ในช่วง 0.054 – 0.382 เปอร์เซ็นต์ จึงมีการปิดความเร็วลมของฟลูอิดไดซ์ ที่ความเร็วลมสเปาท์ 18 m/s อุณหภูมิ 90 °C ความสูงเบต 10 cm เพื่อลดการแตกหักของเมล็ดพริกไทย

เมธา สินธุโคตร และคณะ [10] ได้ศึกษาแบบจำลองการอบแห้งสำหรับลูกเต๋อยหุงสุกเร็ว ที่นำเสนอ จำนวน 11 สมการ มาเปรียบเทียบกับอัตราส่วนความชื้น (MR) พบว่า แบบจำลองส่วนใหญ่มีค่า R² มากกว่า 0.98-0.99 โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมการที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์มากกว่า 2 ตัวขึ้นไป อย่างไรก็ตามสมการการอบแห้งดังกล่าวยากต่อการนำไปใช้ในทางปฏิบัติเพื่อศึกษาพฤติกรรมและศึกษาออกแบบสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาในหัวข้อต่อไป จึงได้นำแบบจำลองการอบแห้งของ Page ซึ่งมีค่า R² สูงกว่า 0.98 และมีความผิดพลาดต่ำในทุกสภาวะการอบแห้ง ไปใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรมและศึกษาออกแบบสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งของลูกเต๋อยหุงสุกเร็วแบบถึงหม่นร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ซึ่งจะได้พารามิเตอร์ของสมการของ Page คือ ค่าคงที่อัตรา (k) ค่าคงที่เลขชี้กำลัง (n) พบว่า การเพิ่มการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟนั้นทำให้อัตราการอบแห้งมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟทำให้โมเลกุลของน้ำภายในวัสดุเกิดการหมุนและความร้อนที่ระดับอุณหภูมิกำลังขึ้นขึ้นอยู่กัปริมาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกดูดซับด้วยโมเลกุลน้ำ ทำให้น้ำในวัสดุเกิดการระเหยและเคลื่อนที่ออกสู่ผิวภายนอกอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการอบแห้งที่ใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้สภาวะการอบแห้งที่ความเร็วรอบของถังหม่นที่ 10 รอบต่อนาทีที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอบแห้งที่นำเสนอในการศึกษานี้กำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการหาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมจากปัจจัยการอบแห้ง 3 ปัจจัย ๆ ละ 3 ระดับ ที่มีผลการตอบสนองต่างๆ เช่น

- 1) ค่าคงที่อัตราการอบแห้ง (k) มีค่าสูงสุด
- 2) ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ประสิทธิผล (De) มีค่าสูงสุด
- 3) การอบแห้ง (DT) มีค่าต่ำสุด
- 4) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) มีค่าต่ำสุด

โดยพบว่า ค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.85 ซึ่งสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมและสอดคล้องกับค่า Desirability สูงสุดนี้ประกอบด้วย อุณหภูมิลมร้อน (T) อยู่ในช่วง 76.40 – 76.59°C กำลังวัตต์ ไมโครเวฟ (MW) อยู่ในช่วง 449.99 - 450 วัตต์และความเร็วรอบของถังหมุนเท่ากับ 10 รอบต่อนาที อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สะดวกในเชิงปฏิบัติสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมคืออุณหภูมิลมร้อนเท่ากับ 77°C กำลังวัตต์ไมโครเวฟเท่ากับ 450 วัตต์และความเร็วรอบของถังหมุนเท่ากับ 10 รอบต่อนาที สภาวะการอบแห้งดังกล่าวถูกวิเคราะห์คุณภาพด้านสีการคืนรูป และเนื้อสัมผัส พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ผ่านการหุงสุกด้วยวิธีดั้งเดิมและการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีการเตรียมลูกเต๋อยุ่หุงสุกเร็วด้วยวิธีการอบแห้งแบบถังหมุนร่วมกับไมโครเวฟให้คุณภาพในระดับที่ยอมรับได้ในการศึกษานี้

ธณัฐยศ สมใจ และคณะ [11] ได้ศึกษาแบบจำลองการอบแห้งลำไยแบบคว้านเมล็ดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งตามด้วยลมร้อน) โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย แบบจำลองการอบแห้งลำไยด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งในช่วงแรกและตามด้วยแบบจำลองการอบแห้งด้วยลมร้อน การจำลองสภาวะการอบแห้งนั้นจะประกอบด้วย การจำลองการอบแห้งและการจำลองความสิ้นเปลืองพลังงาน โดยแบบจำลองทั้งหมดใช้วิธีแก้สมการแบบแทนค่าต่อเนื่อง เงื่อนไขของสภาวะการอบแห้งที่ทำการจำลองคือ ช่วงอุณหภูมิอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 120-180°C และช่วงอุณหภูมิอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 60-70°C โดยมีการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 101 และ 142 kgdry air /h-kgdry soild และความชื้นของลำไยหลังอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งจะเท่ากับ 200% dry basis จากการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลองพบว่า อุณหภูมิอบแห้ง สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ และอัตราการไหลจำเพาะของอากาศมีผลต่ออัตราการอบแห้งและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ สภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 180°C ตามด้วยอุณหภูมิอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 70°C สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 90% และอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ โดยให้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานต่ำที่สุด

บวร แสงสุวรรณ และ เซาว์ อินทร์ประสิทธิ์ [12] ได้ศึกษาแบบจำลองที่ใช้ในการอบแห้งเมล็ดชาน้ำมันกะเทาะเปลือกด้วยลมร้อน ได้รับตัวอย่างเมล็ดชาน้ำมัน(Camelia Oilifera) จากศูนย์วิจัยและพัฒนาชาน้ำมันและพืชชา น้ำมัน มูลนิธิชัยพัฒนา มีค่าความชื้นเริ่มต้นจากการเก็บเกี่ยว 15–16% มาตรฐานเปียก ถูกทำให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120°C จนได้ความชื้นสุดท้าย 7% มาตรฐานเปียก ใช้แบบจำลองการอบแห้งชั้นบางของ Page,

Wang and Singh, Two compartment และ Lewis ในการทำนายค่าความชื้นจากผลการทดลอง พบว่า อัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แบบจำลอง Page's model เป็นแบบจำลองที่สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างระหว่างการอบแห้งได้แม่นยำที่สุด เนื่องจากให้ค่า R^2 สูงที่สุดเท่ากับ 0.9940 และให้ค่า RMSE ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.2 % ได้สมการคือ $MR = \exp(-ktN)$

จันทิมา ชั่งสิริพร และคณะ [13] ได้ทำการวิจัยผลของการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณสารไมทราไจนีน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70°C ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีและปริมาณสารไมทราไจนีน พบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40-70°C ส่งผลต่อสีของใบกระท่อมอย่างมีนัยสำคัญ ในค่าสี L^* จะมีค่าลดลงตามอุณหภูมิการอบแห้งที่สูงขึ้น ส่วนค่าสี a^* , b^* และดัชนีการเปลี่ยนสีน้ำตาล (BI) จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการอบแห้งที่สูงขึ้น การอบแห้งด้วยลมร้อนทำให้ปริมาณสารไมทราไจนีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) งานวิจัยนี้พบว่า การอบแห้งใบกระท่อมพันธุ์ก้านแดง ก้านเขียว และหางกิ้ง ด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40°C มีปริมาณไมทราไจนีนสูงสุด เท่ากับ 7.18, 8.23 และ 7.21 mg/g ตามลำดับ

โพธิ์ทอง ปราณีตพลกรัง และ ประพันธ์ ลีกุล [14] ได้ทำการวิจัยการอบแห้งชาใบชู่ด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งใบชู่ด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับ อินฟราเรด โดยทำการทดลองอบแห้งภายใต้เงื่อนไขที่ความดันสมบูรณ์ 10, 15 และ 20 กิโลปาสคาล และอุณหภูมิอบแห้ง 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ อัตราส่วนความชื้น และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อลดความดันสมบูรณ์และเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งจะทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นในขณะที่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งลดลง

อนุสร นาคี และคณะ [15] ได้ทำการวิจัยจลนพลศาสตร์การอบแห้งใบเตยด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและลมร้อนเพื่อศึกษาแนวทางการอบแห้งใบเตยเพื่อใช้ทำชาด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยเปรียบเทียบกับ การอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะพิจารณาจลนพลศาสตร์การอบแห้ง คุณภาพของใบเตยหลังการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง การทดลองอบแห้งในช่วงอุณหภูมิ 45-65°C กำลังรังสีอินฟราเรด 500 และ 1,000 W ความชื้นเริ่มต้น และความชื้นสุดท้ายของใบเตยอยู่ในช่วง 400-600% มาตรฐานแห้ง และ 8-12% มาตรฐานแห้ง ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่าอัตราการอบแห้งจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้นขณะที่ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง การทำนายผลของจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่ใช้ทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 1,000 W ร่วมกับลมร้อนและการอบแห้งด้วยลมร้อน

อย่างเดียว คือ แบบจำลอง Logarithmic ส่วนแบบจำลองที่ใช้ทำนายการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 500 W ร่วมกับลมร้อน คือ แบบจำลองของ Page โดยผลการทดลองที่ค่าใกล้เคียงกับแบบจำลองดังกล่าว ในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า ร้อยละการคืนตัวและค่าสีในระบบ CIE (L^* , a^* และ b^*) ของใบเตยอบแห้งในทุกกรณีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

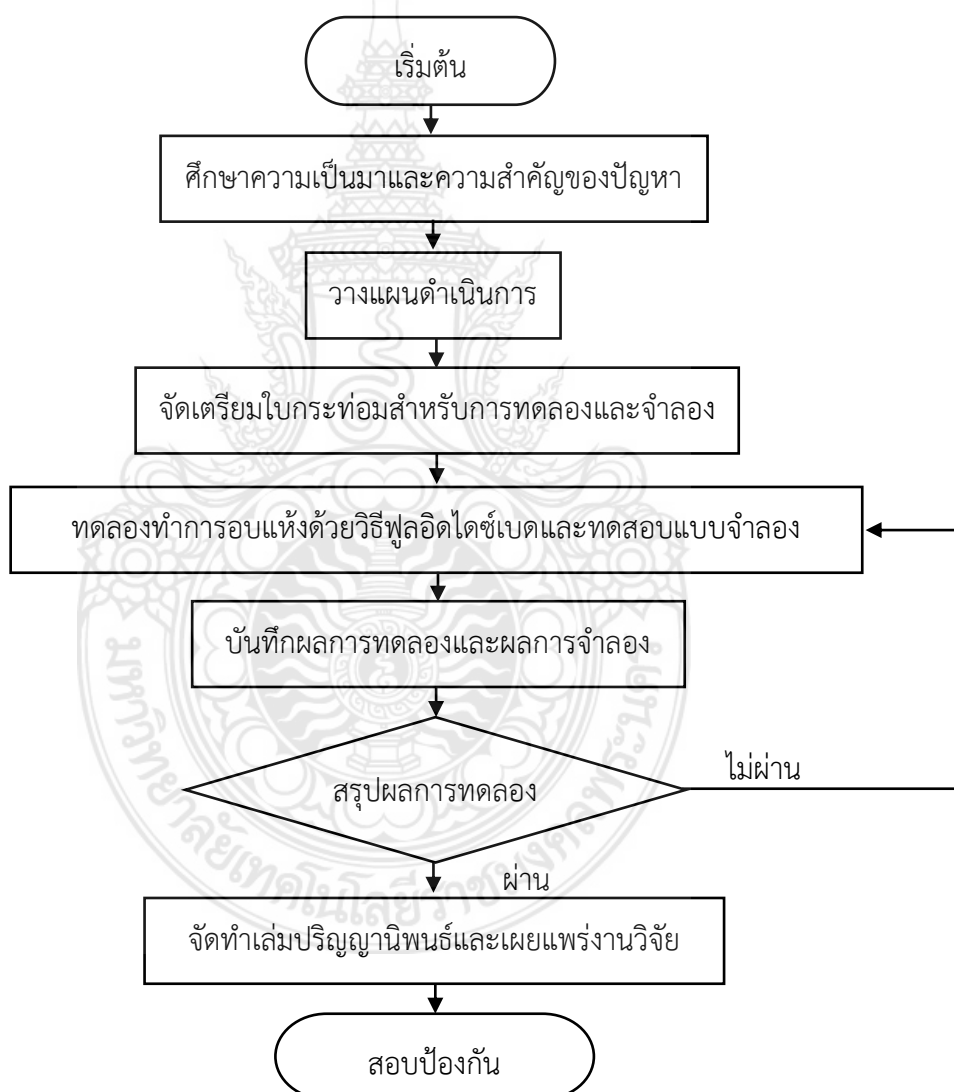
ปิยวัฒน์ สังข์สนธิ และคณะ [16] ได้ทำการวิจัยและพัฒนาการใช้สมุนไพรกระท่อมในการเลี้ยงแพะ: การศึกษาลักษณะสาร พฤษเคมี เบื้องต้นและองค์ประกอบทางเคมีของใบกระท่อม วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะ สารพฤษเคมีและองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นจากส่วนใบกระท่อมที่ได้จากตำบลน้ำพุ อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่สกัดด้วยเอทานอล หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบแทนนินทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และ catechin และวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระใช้วิธี DPPH และ FRAP ผลการวิจัยพบสารประกอบเคมี 4 ชนิด ได้แก่ อัลคาลอยด์(48.94 mg/g) ฟลาโวนอยด์(112.42 mg RE/g) กรดฟีนอลิก (40.04 mg CE/g) และแทนนิน (18.28 mg CE/g) โดยกลุ่มอัลคาลอยด์ พบปริมาณสารไมทราไจนีน ไพแนนทีน และสเปโอไจนีน เท่ากับ 40.47, 5.92, 2.55 ตามลำดับ และการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีจากส่วนใบกระท่อม พบว่ามีวัตถุแห้ง (25.09%) โปรตีนรวม (20.10%) อินทรีย์วัตถุ (95.89%) ผนังเซลล์ (44.49%) และลิกโนเซลลูโลส (27.31%) และพลังงานรวม (4,634.64 kcal/kg DM) ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า สารพฤษเคมีและองค์ประกอบทางเคมีใบกระท่อมมีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นสารเพิ่มเติมในอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

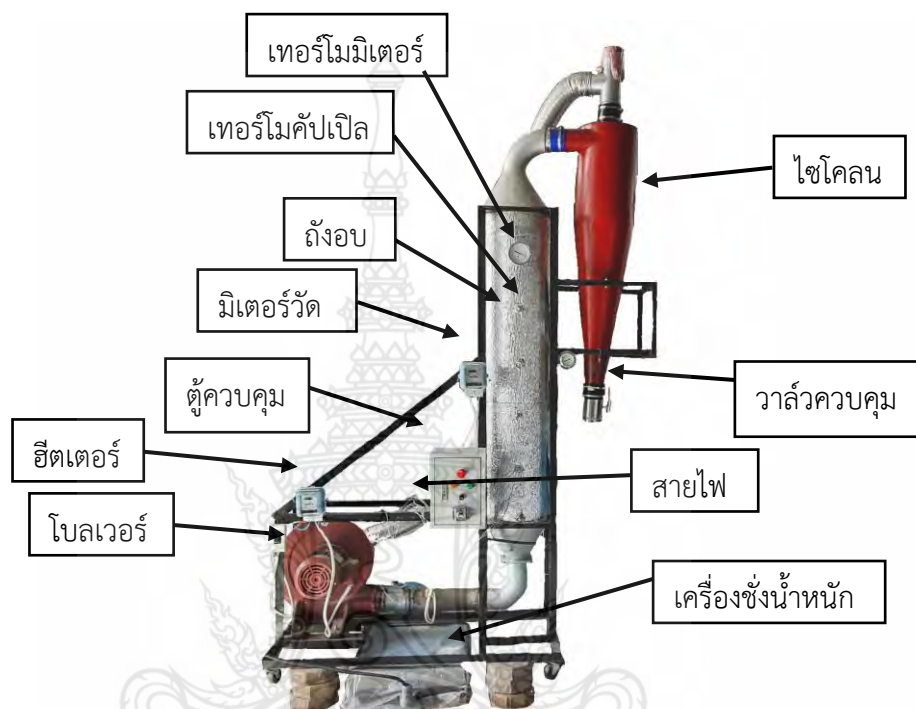
ในบทนี้ประกอบด้วยการวางแผนการศึกษาการอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดในโครงงานนี้แสดงดังรูป 3.2 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก ดังนี้



รูปที่ 3.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

3.3 วิธีการอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด

ในการทดลองการอบแห้ง ให้นำใบกระท่อมมาทำความสะอาด แล้วทำการตัดแต่งโดยรูดก้านออก และหั่นแบ่งออกเป็นชิ้นตามแนวขวาง และเริ่มดำเนินการชั่งน้ำหนักปริมาณใบกระท่อมที่จะเข้าทำการอบในเครื่องตามปริมาณที่กำหนด กล่าวคือ 1, 2, และ 3 kg จากนั้นจึงเริ่มให้ดำเนินการอบแห้งตามอุณหภูมิที่กำหนด กล่าวคือ 50, 55, 60, 65 และ 70 °C หลังจากนั้นจึงเริ่มดำเนินการชั่งน้ำหนักปริมาณและหาค่าความชื้นในตัวของใบกระท่อมที่อบด้วยอุณหภูมิที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อทำการศึกษาน้ำหนัก ความชื้น และการใช้พลังงานในการอบแห้ง ดังรูปที่ 3.3 ถึง รูปที่ 3.12



รูปที่ 3.3 การรูดก้านใบกระท่อม



รูปที่ 3.4 การตัดแต่งใบกระท่อม



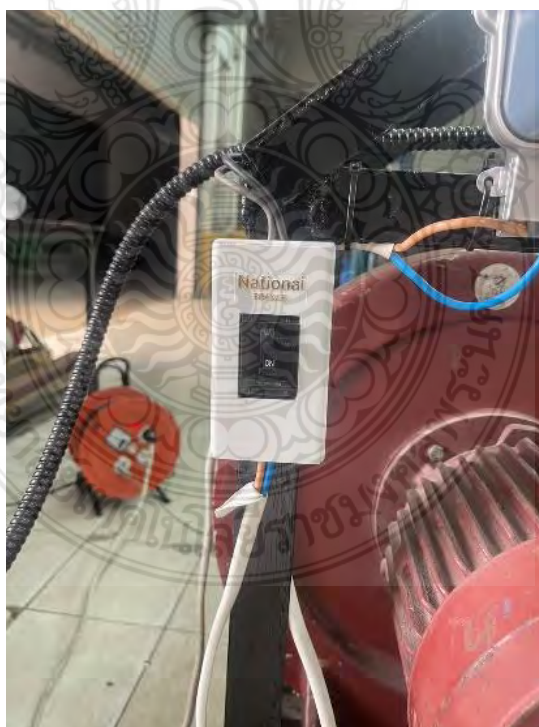
รูปที่ 3.5 ใบกระท่อมที่ทำการตัดแต่งเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.6 นำใบกระท่อมเข้าเครื่องอบแห้ง



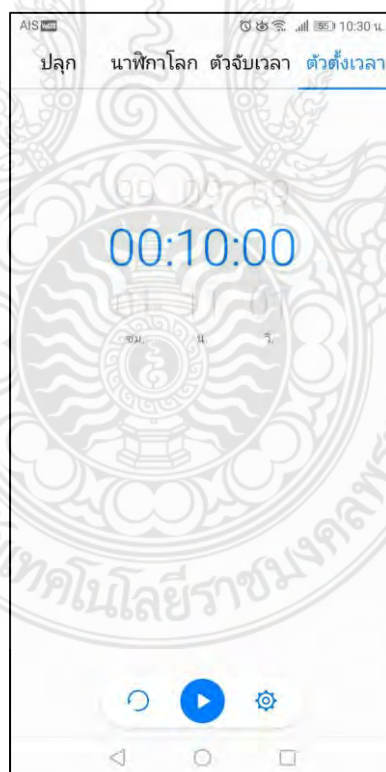
รูปที่ 3.7 ทำการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.8 เปิดสวิตช์เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน



รูปที่ 3.9 เปิดฮีตเตอร์และปรับอุณหภูมิที่จะทำการอบ



รูปที่ 3.10 ทำการจับเวลาในการอบ 10 นาที



รูปที่ 3.11 ทำการชั่งน้ำหนักใบกระท่อม และ น้ำหนักเครื่อง



รูปที่ 3.12 ทำการจดบันทึกน้ำหนัก มิเตอร์ และอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที

3.4 วิธีการคำนวณความชื้นเริ่มต้น

ในการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นเริ่มต้นนั้น ใช้วิธีการหาความชื้นในอาหารด้วยวิธีการอบแห้ง ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Defining methods กล่าวคือ การใช้วิธีการ Loss of Drying โดยใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน AOAC Official Method 925.19 [17] โดยนำใบกระท่อมไปอบแห้งจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณน้ำหนักที่หายไปเป็นปริมาณความชื้น โดยมีขั้นตอนเริ่มจากนำใบกระท่อมเข้าทำการทดลองอบด้วยเครื่องอบ Nabertherm Oven TR60 ดังรูปที่ 3.13 อุณหภูมิ 105°C ใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 เครื่องอบ Nabertherm Oven TR60



รูปที่ 3.14 น้ำหนักใบกระท่อมก่อนและหลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบ

การคำนวณความชื้นมาตรฐานแห่งนั้นจะใช้สมการ

$$M_d = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100\%$$

$$= \frac{0.098 \text{ kg} - 0.026 \text{ kg}}{0.026 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$= 90.02 \%$$

ดังนั้น ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบนั้นอยู่ที่ 90.02 % d.b.

3.5 วิธีการคำนวณปริมาตรการไหลของอากาศ

ปริมาตรการไหลของอากาศนั้นจะพิจารณาจากการที่วัตถุนั้นเกิดกระบวนการยกตัวขึ้นจนวัสดุลอยตัวเป็นอิสระและสัมผัสกับลมร้อน รวมถึงวัดปริมาตรลมที่ทางออกจากการนำความร้อนกลับมาใช้ โดยพื้นที่ทางเข้ามีพื้นที่หน้าตัด 0.053 m² และทางด้านออกมีพื้นที่หน้าตัด 0.0079 m² โดยใช้เครื่องวัดอัตราความเร็วลม ยี่ห้อ KIMO รุ่น AMI 300 ตามรูปที่ 3.15 และวัดความเร็วลมทางเข้าและทางออกของเครื่องดังภาพที่ 3.16, 3.17 และ 3.18



รูปที่ 3.15 เครื่องวัดอัตราความเร็วลม KIMO รุ่น AMI 300



รูปที่ 3.16 การดำเนินการวัดความเร็วลม



รูปที่ 3.17 การวัดความเร็วลมทางเข้า



รูปที่ 3.18 การวัดความเร็วลมทางออก

เมื่อนำมาเข้าสมการอัตราการไหลจะได้จากสมการ

$$Q = Av$$

เมื่อ ความเร็วลมทางเข้า (v) คือ 3.4 m/s
พื้นที่ของทางเข้า (A) คือ 0.053 m²

ดังนั้นอัตราการไหลของอากาศทางเข้า = 0.01802 m³/s

เมื่อ ความเร็วลมทางเข้า (v) คือ 1.32 m/s
พื้นที่ของทางออก (A) คือ 0.0079 m²

ดังนั้นอัตราการไหลของอากาศทางออก = 0.010428 m³/s

3.6 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2

ผลการคำนวณหาอัตราส่วนความชื้นจากแบบจำลองจะถูกชี้วัดโดย (R-Square) ในเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยข้อมูลทางสถิติ ค่า R^2 สูงที่สุดมีค่าเข้าใกล้ 1 บ่งบอกได้ถึงความแม่นยำสูงสุด R^2 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดลองกับแบบจำลองวิเคราะห์ที่ได้ว่าเป็นเส้นตรงมากขึ้น หากค่า R^2 ลดต่ำลงบ่งบอกถึงความแม่นยำที่ลดลง โดยค่า R^2 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดลองกับแบบจำลองวิเคราะห์ที่ได้ว่าเป็นเส้นตรงที่ลดลง คำนวณโดยใช้โปรแกรม Matlab ด้วยการเขียนคำสั่งสมการการคำนวณในโปรแกรม Matlab โดยกำหนดข้อมูลที่จะนำมาเปรียบเทียบและสามารถเลือกแสดงเป็นแผนภูมิได้ด้วยโปรแกรม Excel

3.7 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในโครงการวิทยานิพนธ์นี้เลือกแบบจำลองสำหรับใช้ทำนายผลจากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยลมร้อน โดยเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมสำหรับวัสดุผิวบาง (Thin layer) เป็นวัสดุที่มีความชื้นสะสมในเนื้อวัสดุต่ำ และจากการศึกษาแบบจำลองที่ดีที่สุดที่ใช้ในการทำนายผลการอบแห้งอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบบจำลองที่เลือกใช้สำหรับการจำลองในโครงการนี้แสดงดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลองการอบแห้งใบกระท่อมด้วยลมร้อน

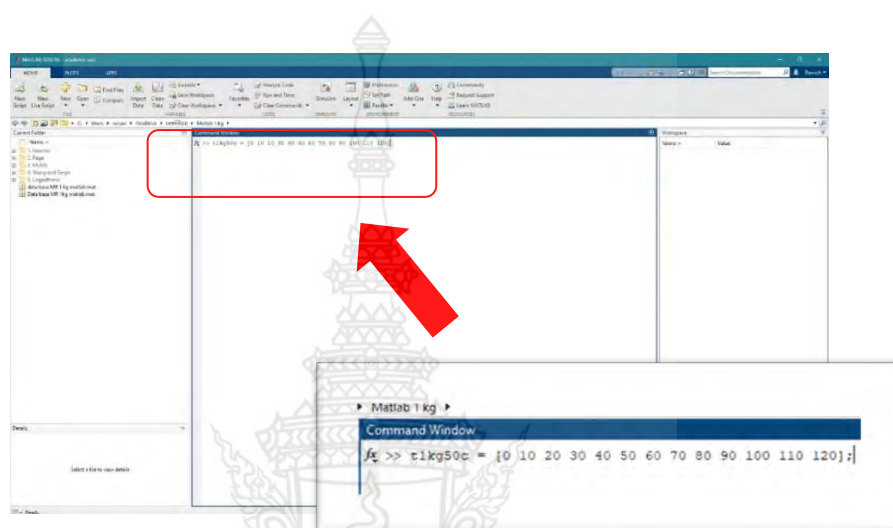
ลำดับ	ชื่อแบบจำลอง	แบบจำลอง
1	Newton	$MR = \exp(-kt)$
2	Page	$MR = \exp(-kt^n)$
3	Midilli	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$
4	Wang and Singh	$MR = 1 + at + bt^2$
5	Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + c$

3.7.1 คำนวณหาอัตราส่วนความชื้น (MR) ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองที่นำมาใช้คำนวณหาอัตราส่วนความชื้นในการอบแห้งใบกระท่อม คำนวณได้โดยใช้โปรแกรม Excel ร่วมกับโปรแกรม Matlab ด้วยการเขียนคำสั่งการคำนวณในโปรแกรมตามแบบจำลองที่เลือกนำมาใช้ในการหาอัตราส่วนความชื้นดังตารางที่ 3.10 เพื่อหาอัตราส่วนความชื้น (MR) และค่าคงที่ต่าง ๆ จากแบบจำลอง โดยกำหนดเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และค่าคงที่ของวัสดุลงในคอลัมน์ที่กำหนด

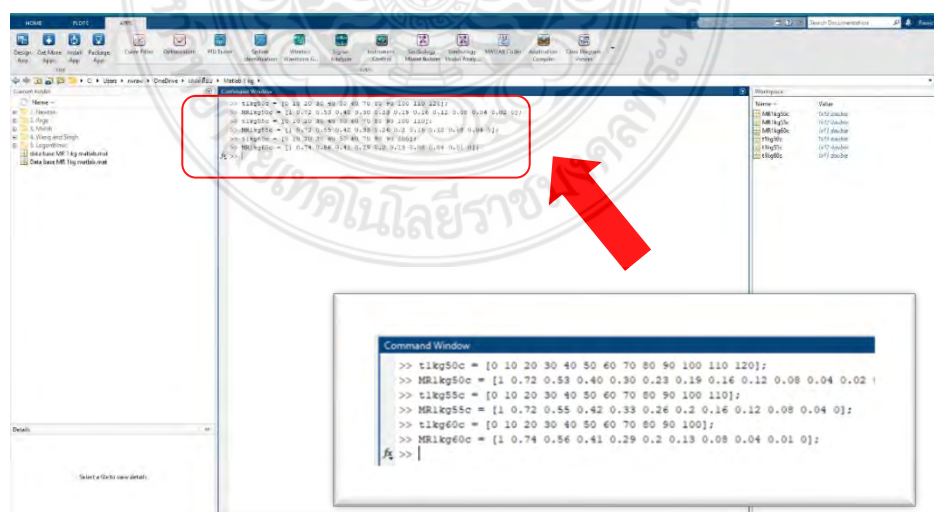
3.7.2 ขั้นตอนการหาค่าคงที่และค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองด้วยโปรแกรม Matlab

ขั้นตอนที่ 1 ป้อนข้อมูลผลการทดลอง โดยเปิดโปรแกรม Matlab แล้วกรอกข้อมูลผลการทดลองในช่อง Command window กำหนดชื่อชุดข้อมูลเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเป็น “ t ” ตามด้วยมวลเริ่มต้น kg และอุณหภูมิอบแห้ง c ” จากนั้นพิมพ์เครื่องหมาย “ = ” และเครื่องหมาย “[] ” คลุมข้อมูลผลการทดลอง แล้วตามด้วยเครื่องหมาย “ ; ” และ Enter ดังรูปที่ 3.19



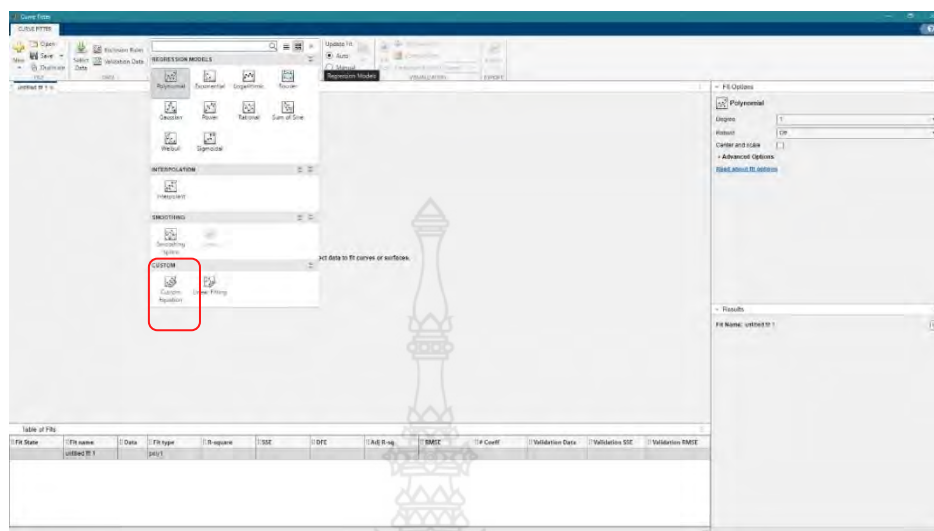
รูปที่ 3.19 ขั้นตอนการกรอกข้อมูลเวลาที่ใช้อบแห้งจากผลการทดลองลงในโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 2 จากนั้นทำขั้นเข้าขั้นตอนก่อนหน้าโดยกำหนดชื่อชุดข้อมูลอัตราส่วนความชื้นเป็น “ MR ” ตามด้วยมวลเริ่มต้น kg และอุณหภูมิอบแห้ง c ” จากนั้นกรอกข้อมูลให้ครบทุกเงื่อนไขการทดลอง ดังรูปที่ 3.20



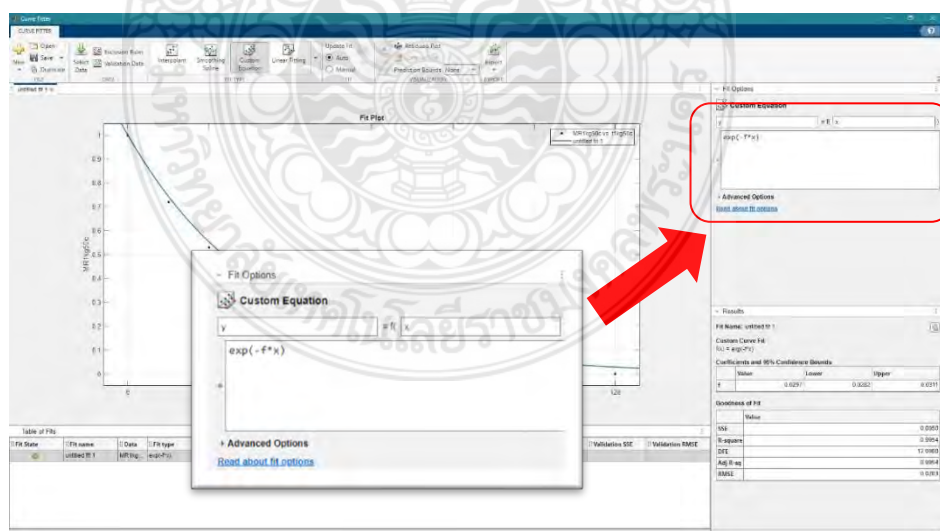
รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการกรอกข้อมูลจากการทดลองในโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 5 จากนั้นเลือก “Custom equation” ในแถบ Fit type ดังรูปที่ 3.23



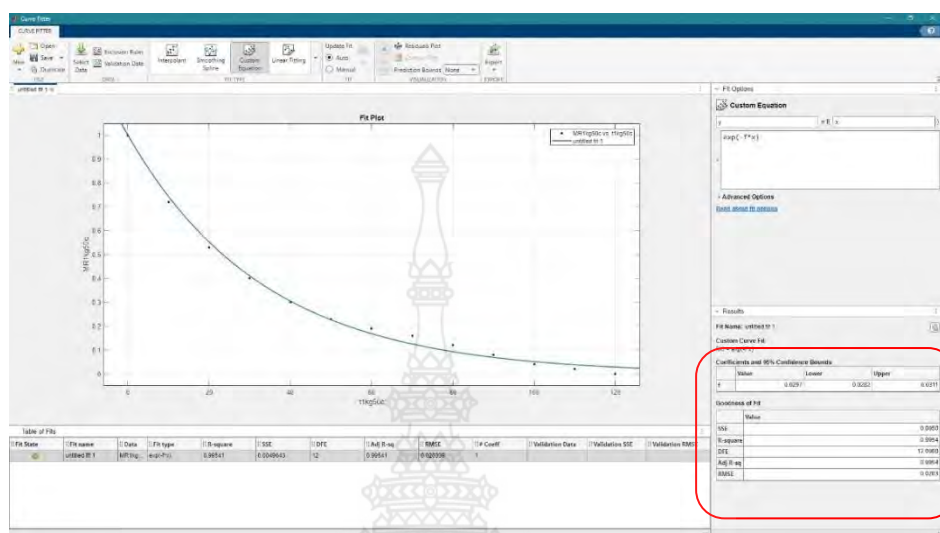
รูปที่ 3.23 การเลือก Custom equation ในแถบ Fit type

ขั้นตอนที่ 6 พิมพ์ Model ที่ต้องการจำลองลงในแถบ Custom equation โดยกำหนดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเป็น “x” และกำหนดตัวแปรค่าคงที่อื่น ๆ ตามสมการ เมื่อจำลองสำเร็จจะปรากฏค่าคงที่ในแถบ Coefficients ในช่อง Value หากไม่สำเร็จต้องทำการเปลี่ยนตัวแปรเป็นตัวอักษรอื่น ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การพิมพ์ Model ลงในแถบ Custom equation

ขั้นตอนที่ 7 อ่านค่าคงที่ได้ที่แถบ Coefficients ในช่อง Value และ ค่าความคลาดเคลื่อน R-square และ RMSE ของแบบจำลองที่แถบ Goodness of fit ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 การอ่านค่าคงที่และค่าความคลาดเคลื่อนจากการจำลอง

3.7.3 ขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนความชื้นแต่ละเวลาอบแห้งด้วยโปรแกรม Excel

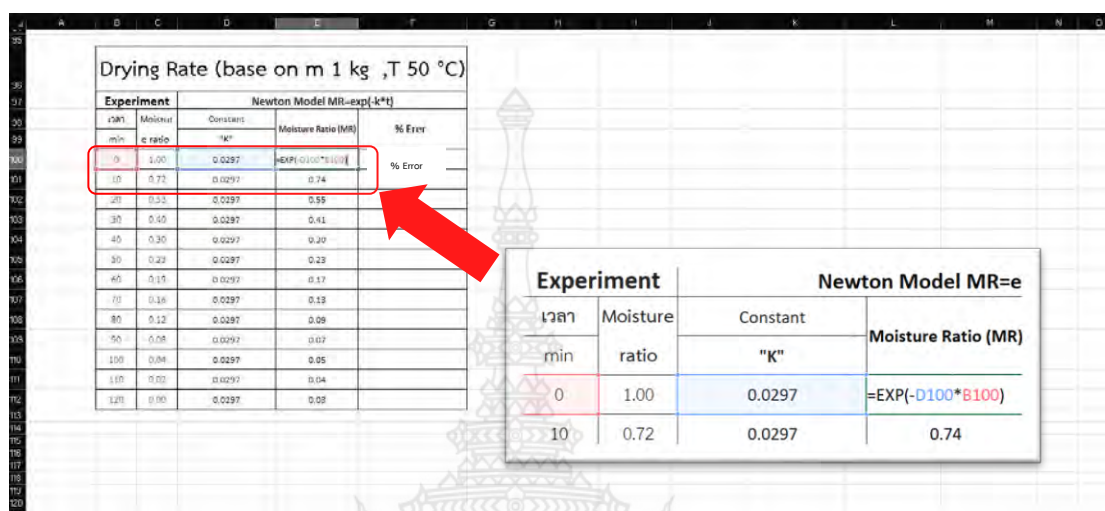
ขั้นตอนที่ 8 กรอกข้อมูลผลการทดลองและค่าคงที่ที่ได้จากแบบจำลองลงในตาราง โดยแบ่งแยกตารางตามเงื่อนไขงานทดลอง และแบบจำลอง ดังรูปที่ 3.26

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following table:

Drying Rate (base on m 1 kg, T 50 °C)			
Experiment	Moisture Ratio (MR)	Constant "k"	% Error
1	1.00	0.0297	
2	0.72	0.0297	
3	0.53	0.0297	
4	0.40	0.0297	
5	0.30	0.0297	
6	0.23	0.0297	
7	0.17	0.0297	
8	0.16	0.0297	
9	0.12	0.0297	
10	0.08	0.0297	
11	0.04	0.0297	
12	0.02	0.0297	
13	0.00	0.0297	

รูปที่ 3.26 ตารางข้อมูลในโปรแกรม Excel

ขั้นตอนที่ 9 เขียนสูตรการคำนวณหาอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลองนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น แบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส เขียนสมการของแบบจำลองลงในคอลัม E ดังรูปที่ 3.27 แล้วลากคลุมตลอดความยาวชุดข้อมูล



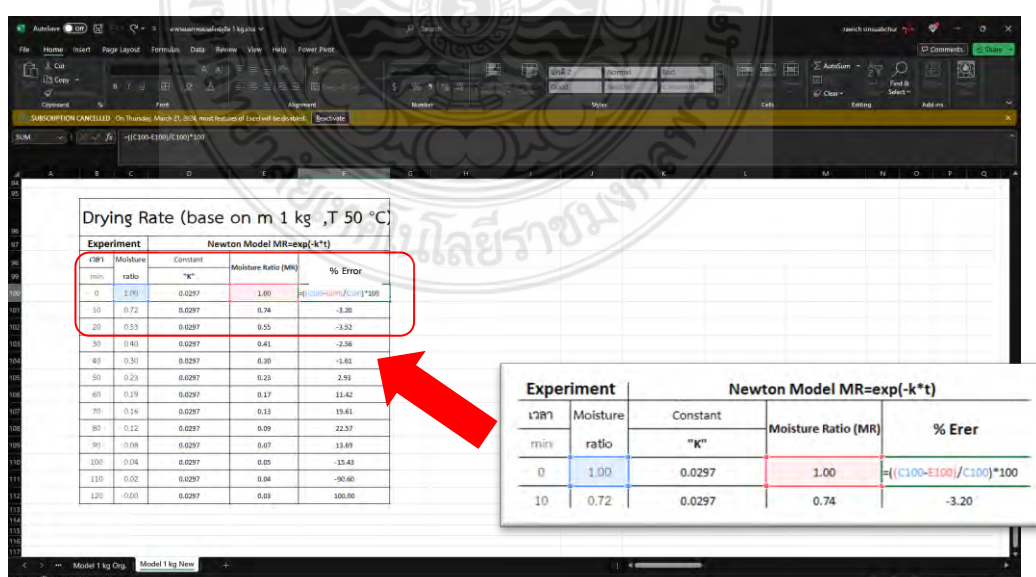
Drying Rate (base on m 1 kg ,T 50 °C)

Experiment	Moisture ratio	Constant "K"	Moisture Ratio (MR)	% Error
0	1.00	0.0297	$\text{EXP}(-0.0297*0)$	
10	0.72	0.0297	0.74	
20	0.55	0.0297	0.59	
30	0.40	0.0297	0.41	
40	0.30	0.0297	0.30	
50	0.23	0.0297	0.23	
60	0.18	0.0297	0.17	
70	0.16	0.0297	0.13	
80	0.12	0.0297	0.09	
90	0.08	0.0297	0.07	
100	0.04	0.0297	0.05	
110	0.02	0.0297	0.04	
120	0.00	0.0297	0.03	

Experiment	Moisture ratio	Constant "K"	Moisture Ratio (MR)
0	1.00	0.0297	$\text{EXP}(-0.0297*0)$
10	0.72	0.0297	0.74

รูปที่ 3.27 การเขียนสูตรการคำนวณหาอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 10 เขียนสูตรการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลอง (Model) กับอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง (Experiment) โดยหาส่วนต่างของอัตราส่วนความชื้นทั้งสองหารด้วยอัตราส่วนความชื้นจากการทดลองคูณด้วย “100” โดยจะเขียนสูตรลงในคอลัม F ดังรูปที่ 3.28



Drying Rate (base on m 1 kg ,T 50 °C)

Experiment	Moisture ratio	Constant "K"	Moisture Ratio (MR)	% Error
0	1.00	0.0297	1.00	$\frac{((C100-E100)/C100)*100}{100}$
10	0.72	0.0297	0.74	-3.20
20	0.55	0.0297	0.55	-3.52
30	0.40	0.0297	0.41	-2.50
40	0.30	0.0297	0.30	-1.62
50	0.23	0.0297	0.23	2.55
60	0.18	0.0297	0.17	11.42
70	0.16	0.0297	0.13	19.61
80	0.12	0.0297	0.09	22.57
90	0.08	0.0297	0.07	13.89
100	0.04	0.0297	0.05	-15.43
110	0.02	0.0297	0.04	-90.40
120	0.00	0.0297	0.03	100.00

Experiment	Moisture ratio	Constant "K"	Moisture Ratio (MR)	% Error
0	1.00	0.0297	1.00	$\frac{((C100-E100)/C100)*100}{100}$
10	0.72	0.0297	0.74	-3.20

รูปที่ 3.28 การเขียนสูตรการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในโปรแกรม Excel

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การทดสอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด และหลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด จะทำการทดสอบโดยการเดินเครื่องในลักษณะทำงานจริง ทำการทดสอบกับวัตถุดิบใบกระท่อม โดยกำหนดน้ำหนักวัตถุดิบในการอบครั้งละ 1 kg, 2 kg, และ 3 kg ทดลองที่อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C , 60 °C , 65 °C และ 70 °C และใช้แบบจำลองของ Newton, Page, Midilli, Wang and Singh และ Logarithmic โดยหาค่าความชื้นที่ลดลงต่อช่วงเวลาจนถึงค่าความชื้นที่ต้องการ

4.1 ขั้นตอนการใช้งานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

4.1.1 ตรวจสอบสภาพโดยรวมของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

- 1) ตรวจสอบระบบไฟฟ้า
- 2) ตรวจสอบระบบลม
- 3) ตรวจสอบระบบความร้อน

4.1.2 ทำการวัดความเร็วลม

4.1.3 ทำการเตรียมใบกระท่อมและอุปกรณ์ในการอบแห้ง

4.1.4 นำใบกระท่อมที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในถังอบแห้ง

4.1.5 เปิดเบรกเกอร์ เปิดสวิตช์ฉุกเฉิน

4.1.6 เปิดสวิตช์ฮีตเตอร์

4.1.7 เปิดสวิตช์โบลเวอร์

4.1.8 หมุนปรับตั้งอุณหภูมิในการอบ

4.1.9 จับเวลาในการอบ 10 นาที

4.1.10 สังเกตการทำงานโดยรวม

4.1.11 เมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดกดปุ่มปิดสวิตช์หยุดการทำงาน

4.1.12 ปิดเบรกเกอร์

4.1.13 นำวัตถุดิบมาชั่งน้ำหนัก

4.1.14 บันทึกค่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้

4.2 ขั้นตอนหลังจากการใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

- 4.2.1 ปิดเบรกเกอร์ และถอดปลั๊กออก
- 4.2.2 ทำความสะอาดภายในถังอบ
- 4.2.3 เก็บสายไฟให้เรียบร้อย
- 4.2.4 เก็บอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบแห้ง
- 4.2.5 เก็บเครื่องอบแห้งให้เรียบร้อย

4.3 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

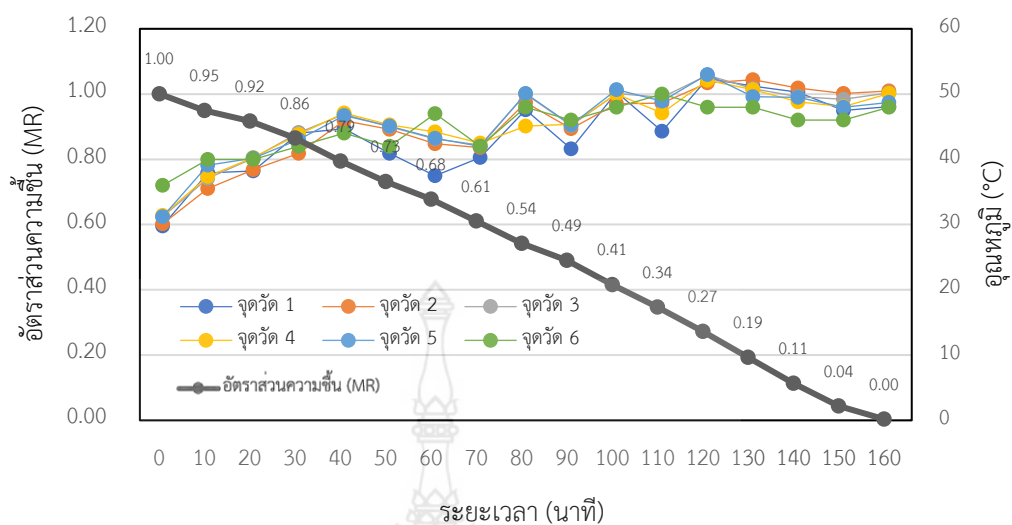
- 4.3.1 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 4.3.2 วัตถุดิบในการอบแห้งคือใบกระท่อม
- 4.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 4.3.4 โทรศัพท์มือถือในการจับเวลา
- 4.3.5 กล้องสำหรับใส่วัตถุดิบ
- 4.3.6 ผ้าสำหรับเช็ดทำความสะอาดเครื่อง

4.4 ผลการอบใบกระท่อม 1 kg

4.4.1 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	50 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	1 kg
น้ำหนักสุดท้าย	280 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	160 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 160 นาที แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 50 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 50 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 1 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 160 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 280 g แสดงดังรูปที่ 4.2 น้ำหนักที่หายไป 720 g แสดงดังรูปที่ 4.2

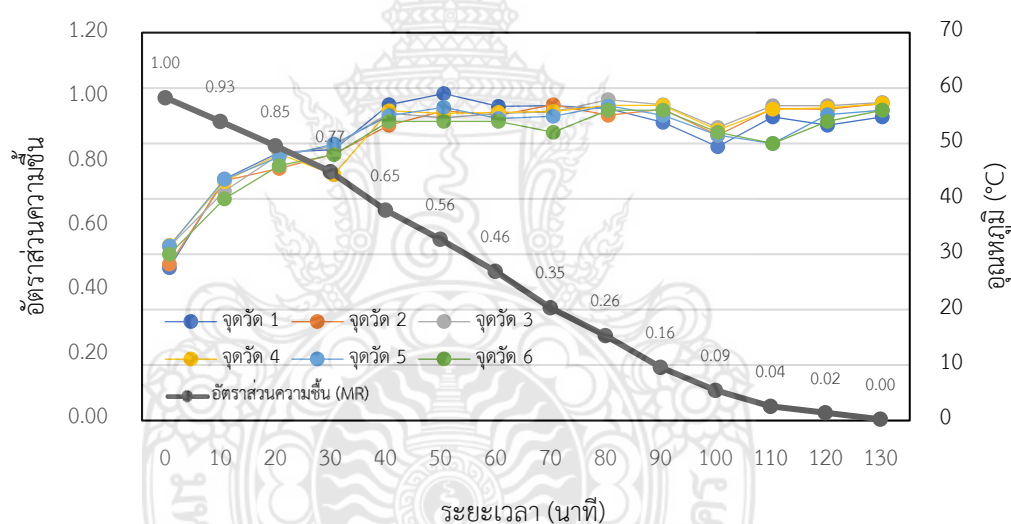


รูปที่ 4.2 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 50 °C 1 kg

4.4.2 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	55 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	1 kg
น้ำหนักสุดท้าย	280 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	130 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด ที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 130 นาที แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 55 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 55 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 1 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 130 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 280 min แสดงดังรูปที่ 4.4 น้ำหนักที่หายไป 720 g แสดงดังรูปที่ 4.4

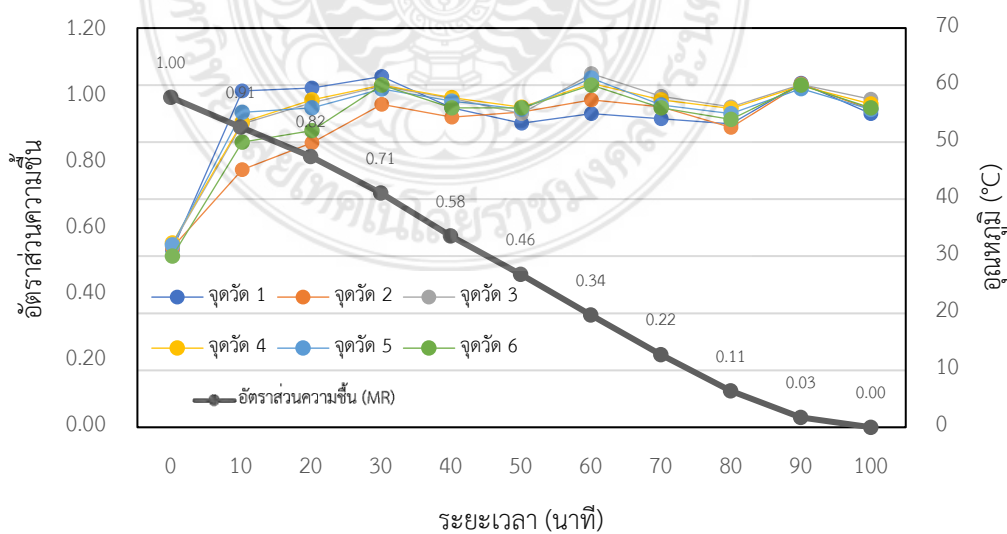


รูปที่ 4.4 ใบกระถ่อที่อบแห้งในอุณหภูมิ 55 °C 1 kg

4.4.3 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระถ่อ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระถ่อ
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	60 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	1 kg
น้ำหนักสุดท้าย	280 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	100 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระถ่อด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด ที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 100 นาที แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 60 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 60 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 1 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 100 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 280 g แสดงดังรูปที่ 4.6 น้ำหนักที่หายไป 720 g แสดงดังรูปที่ 4.6

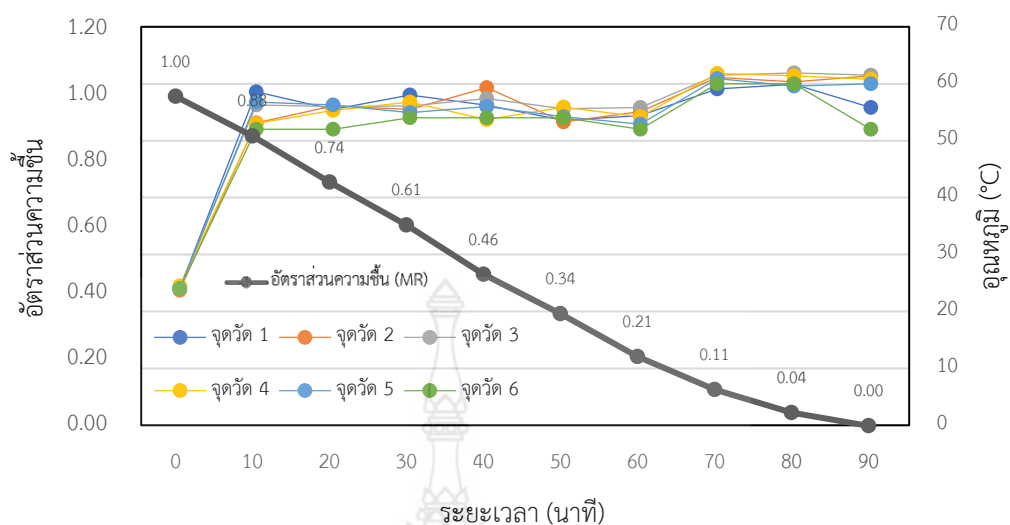


รูปที่ 4.6 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 60 °C 1 kg

4.4.4 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	65 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	1 kg
น้ำหนักสุดท้าย	360 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	90 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 65 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 90 นาที แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 65 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 65 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 1 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 90 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 360 g แสดงดังรูปที่ 4.6 น้ำหนักที่หายไป 640 g แสดงดังรูปที่ 4.8

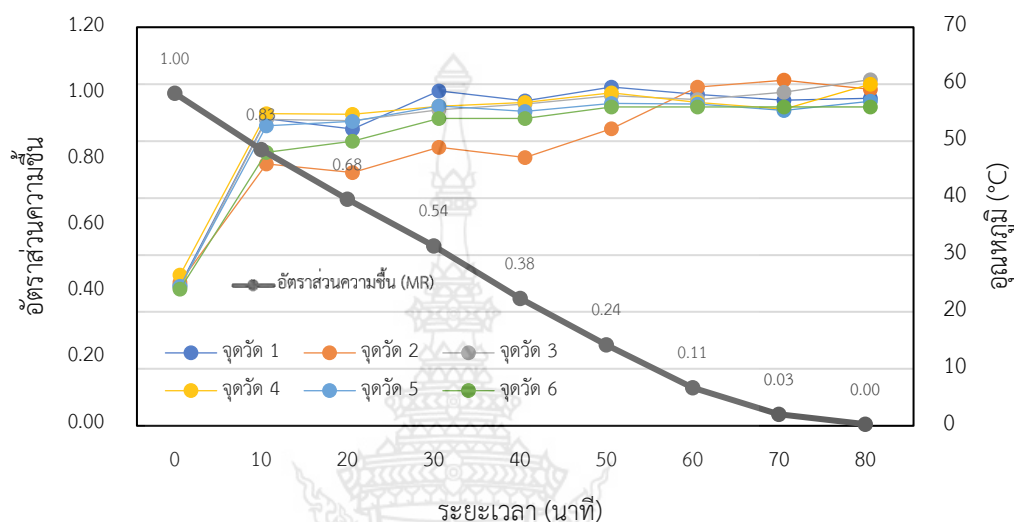


รูปที่ 4.8 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 65 °C 1 kg

4.4.5 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	70 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	1 kg
น้ำหนักสุดท้าย	280 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	80 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 70 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 80 นาที แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 70 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 70 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 1 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 80 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 280 g แสดงดังรูปที่ 4.10 น้ำหนักที่หายไป 720 g แสดงดังรูปที่ 4.10



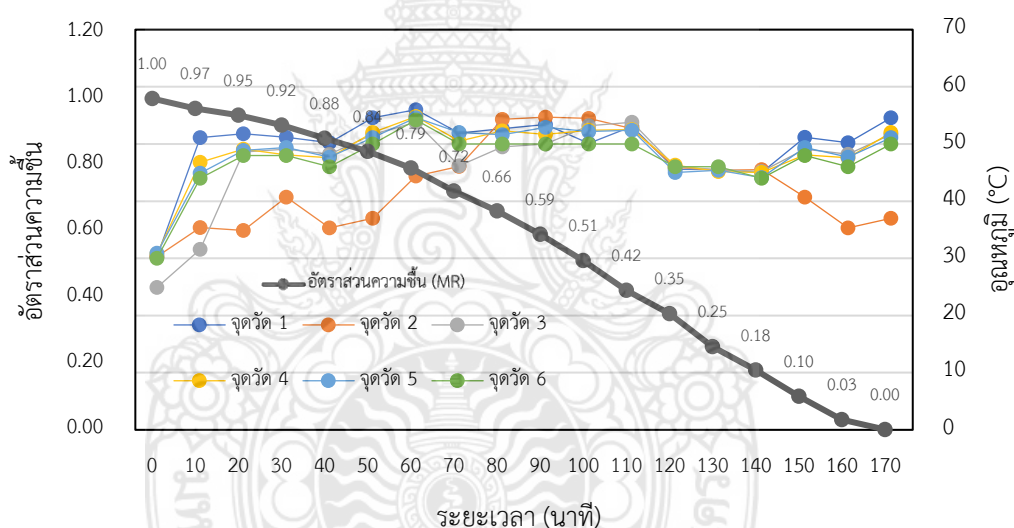
รูปที่ 4.10 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 70 °C 1 kg

4.5 ผลการอบใบกระท่อม 2 kg

4.5.1 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	50 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	2 kg
น้ำหนักสุดท้าย	420 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	170 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 170 นาที แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 50 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 70 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 2 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 170 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 420 g แสดงดังรูปที่ 4.12 น้ำหนักที่หายไป 1,580 g แสดงดังรูปที่ 4.12

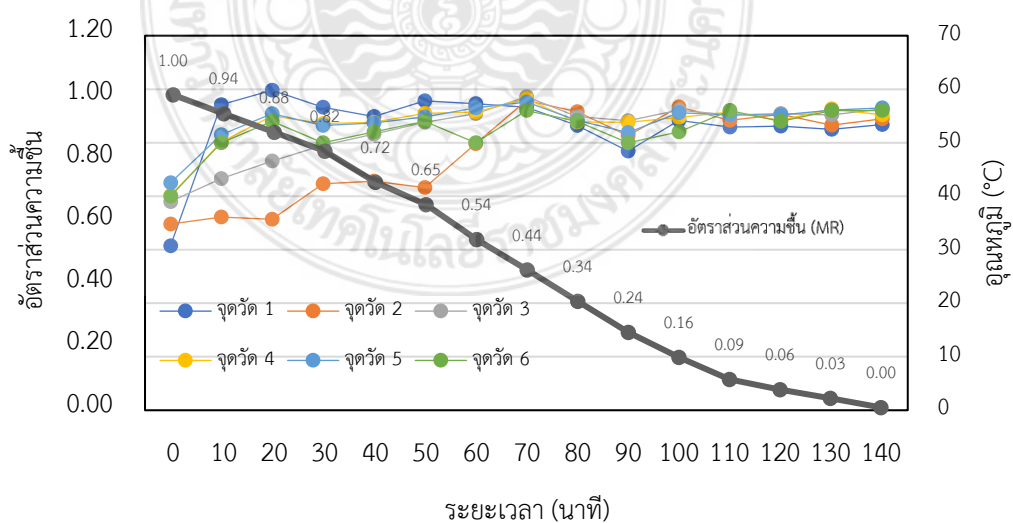


รูปที่ 4.12 ใบกระเทียมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 50 °C 2 kg

4.5.2 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระเทียม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระเทียม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	55 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	2 kg
น้ำหนักสุดท้าย	660 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	140 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระเทียมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 140 นาที แสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 55 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 55 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 2 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 140 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 660 g แสดงดังรูปที่ 4.14 น้ำหนักที่หายไป 1,340 g แสดงดังรูปที่ 4.14

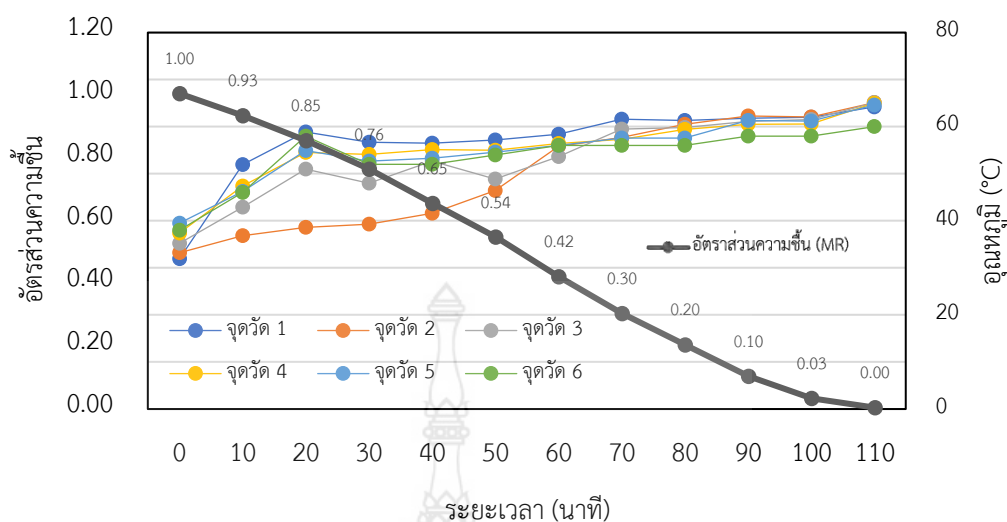


รูปที่ 4.14 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 55 °C 2 kg

4.5.3 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	60 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	2 kg
น้ำหนักสุดท้าย	560 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	110 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 60 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 110 นาที แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 60 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 60 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 2 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 110 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 560 g แสดงดังรูปที่ 4.16 น้ำหนักที่หายไป 1,440 g แสดงดังรูปที่ 4.16

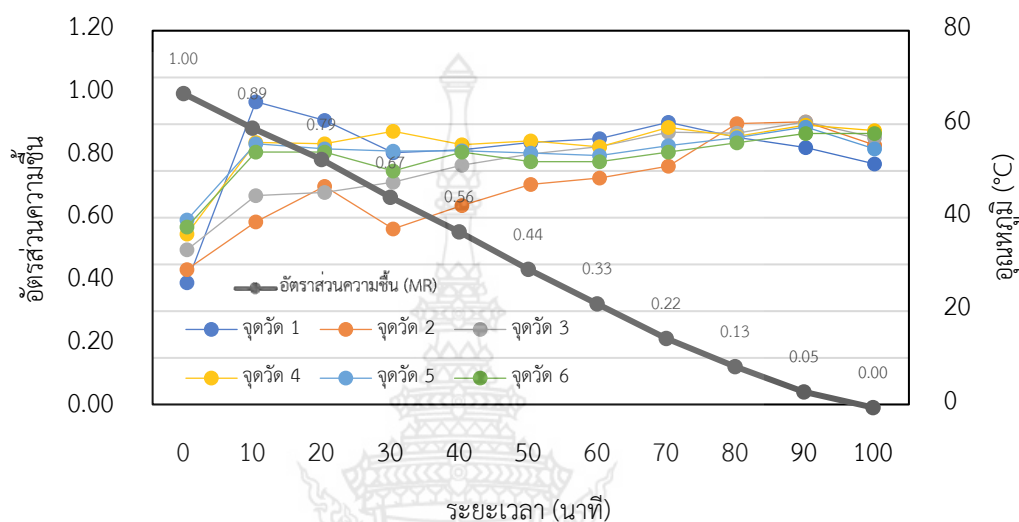


รูปที่ 4.16 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 60 °C 2 kg

4.5.4 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	65 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	2 kg
น้ำหนักสุดท้าย	720 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	100 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 65 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 140 นาที แสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 65 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 65 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 2 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 100 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 720 g แสดงดังรูปที่ 4.18 น้ำหนักที่หายไป 1,280 g แสดงดังรูปที่ 4.18

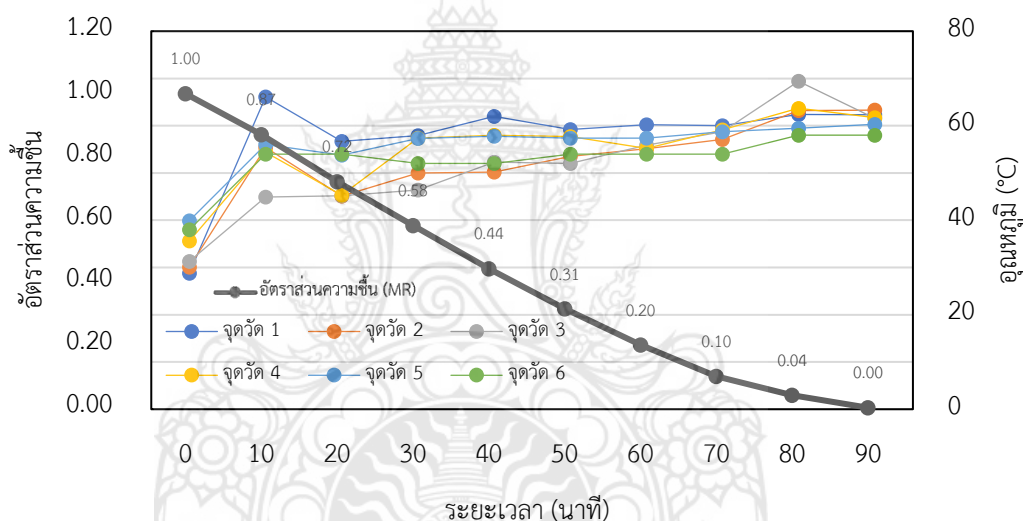


รูปที่ 4.18 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 65 °C 2 kg

4.5.5 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	70 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	2 kg
น้ำหนักสุดท้าย	760 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	90 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 70 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 140 นาที แสดงดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2 kg ที่อุณหภูมิ 70 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 70 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 2 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 90 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 760 g แสดงดังรูปที่ 4.20 น้ำหนักที่หายไป 1,240 g แสดงดังรูปที่ 4.20



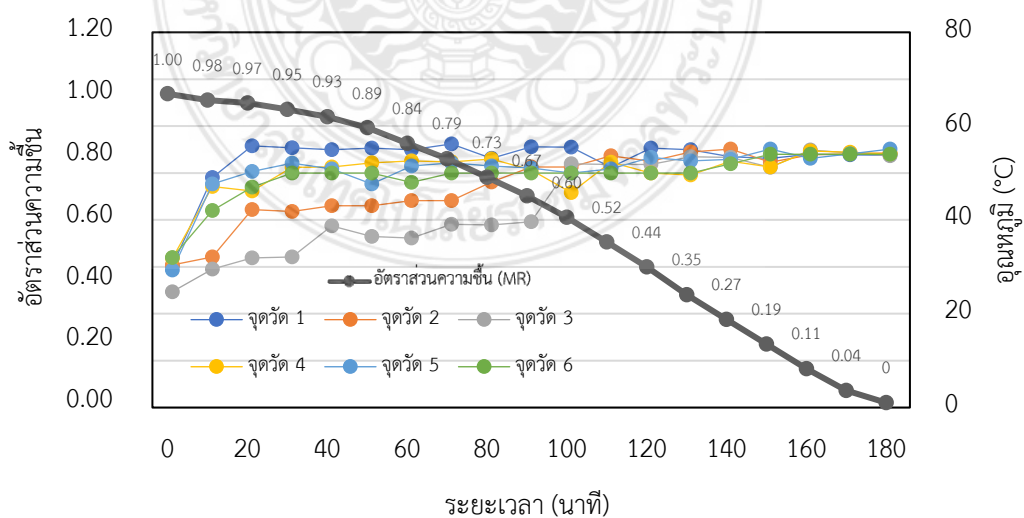
รูปที่ 4.20 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 70 °C 2 kg

4.6 ผลการอบใบกระท่อม 3 kg

4.6.1 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	50 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	3 kg
น้ำหนักสุดท้าย	860 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	180 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 180 นาที แสดงดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 50 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 70 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 3 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 180 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 280 g แสดงดังรูปที่ 4.22 น้ำหนักที่หายไป 1,140 g แสดงดังรูปที่ 4.22

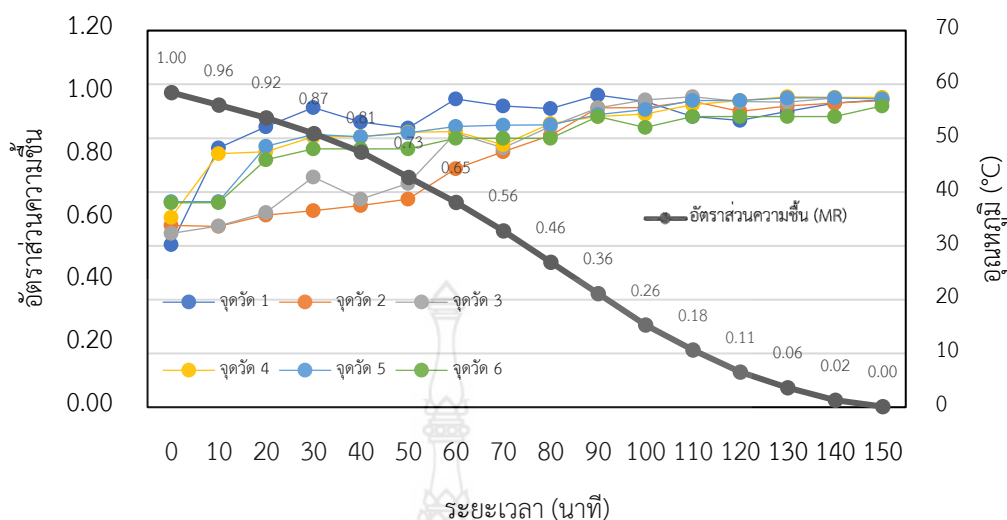


รูปที่ 4.22 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 50 °C 3 kg

4.6.2 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	55 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	3 kg
น้ำหนักสุดท้าย	1,040 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	150 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 55 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 150 นาที แสดงดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 55 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 55 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 3 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 150 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 1,040 g แสดงดังรูปที่ 4.24 น้ำหนักที่หายไป 1,960 g แสดงดังรูปที่ 4.24

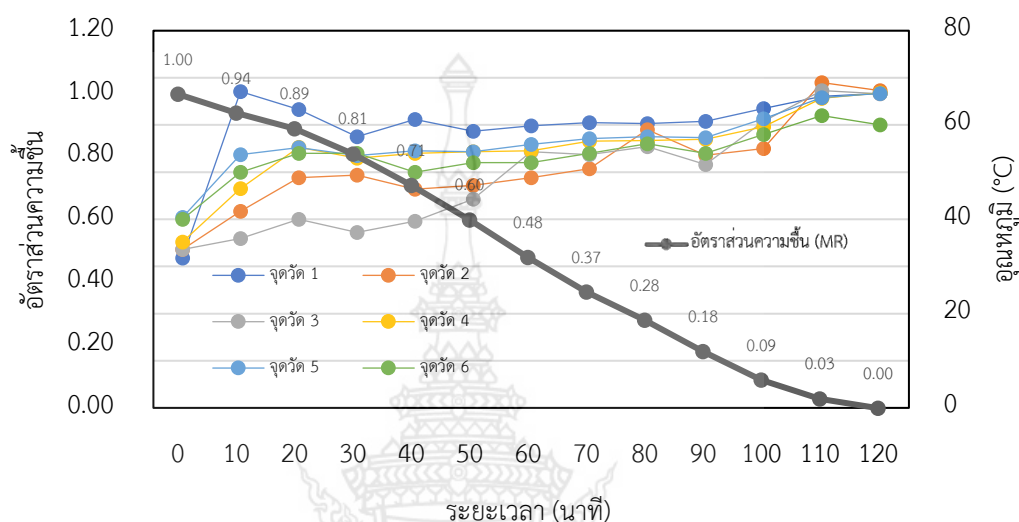


รูปที่ 4.24 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 55 °C 3 kg

4.6.3 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	60 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	3 kg
น้ำหนักสุดท้าย	1,060 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	120 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 60 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 120 นาที แสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 60 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 60 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 3 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 120 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 1,060 g แสดงดังรูปที่ 4.26 น้ำหนักที่หายไป 1,940 g แสดงดังรูปที่ 4.26

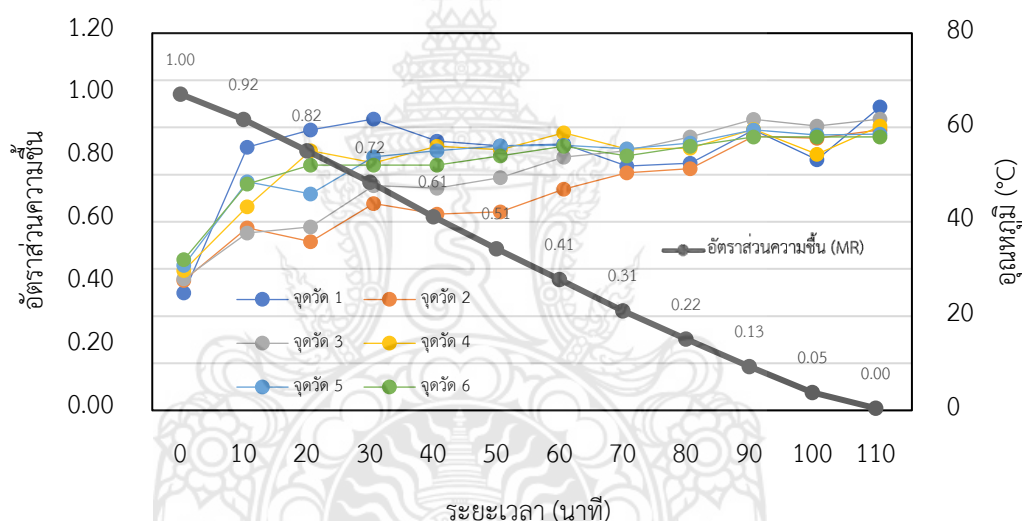


รูปที่ 4.26 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 60 °C 3 kg

4.6.4 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระท่อม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระท่อม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	65 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	3 kg
น้ำหนักสุดท้าย	1,080 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	110 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 65 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 110 นาที แสดงดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 65 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 65 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 3 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 110 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 1,080 g แสดงดังรูปที่ 4.28 น้ำหนักที่หายไป 1,920 g แสดงดังรูปที่ 4.28

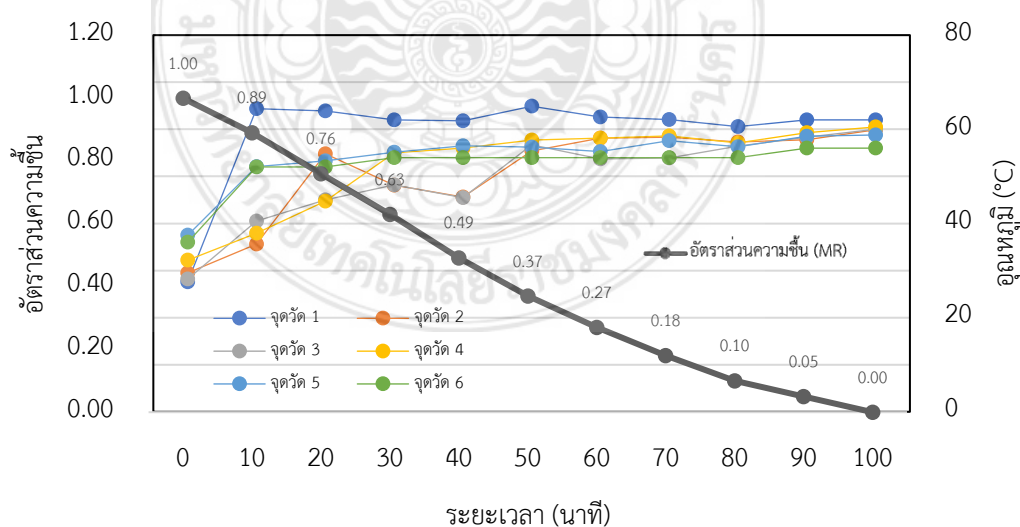


รูปที่ 4.28 ใบกระเทียมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 65 °C 3 kg

4.6.5 ข้อมูลและผลการอบแห้งใบกระเทียม

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบกระเทียม
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	70 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	3 kg
น้ำหนักสุดท้าย	1,080 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	100 นาที

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบกระเทียมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 70 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.00 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 100 นาที แสดงดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 3 kg ที่อุณหภูมิ 70 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งใบกระท่อมด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 70 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 3 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 100 นาที น้ำหนักสุดท้ายของใบกระท่อมหลังการอบแห้ง 1,080 g แสดงดังรูปที่ 4.30 น้ำหนักที่หายไป 1,920 g แสดงดังรูปที่ 4.30

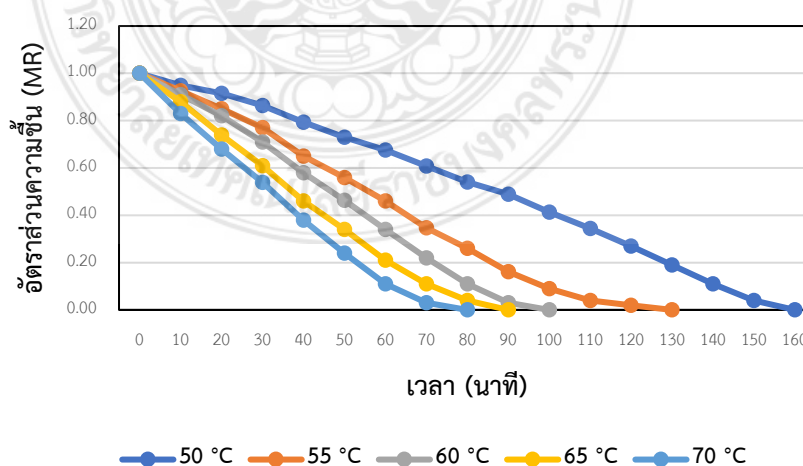


รูปที่ 4.30 ใบกระท่อมที่อบแห้งในอุณหภูมิ 70 °C 3 kg

4.7 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น

4.7.1 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 1 kg

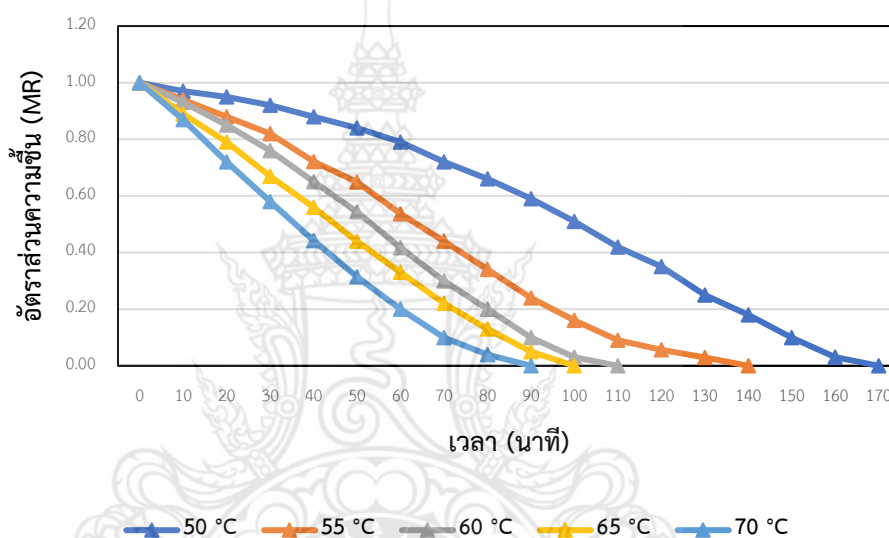
จากภาพที่ 4.31 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิการอบที่สูงขึ้นจะทำให้อัตราส่วนความชื้นลดลงได้เร็วกว่า โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 70°C การลดลงของอัตราส่วนความชื้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถลดความชื้นลงในเวลาเพียงประมาณ 80 นาที ในขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่า เช่น 50°C จะต้องใช้เวลา 150 นาที กว่าความชื้นจะลดลงถึงระดับที่ใกล้เคียงกัน กราฟนี้บ่งชี้ว่าในกรณีของน้ำหนัก 1 kg เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้อัตราส่วนความชื้นลดลงได้เร็วขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 1 kg

4.7.2 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 2 kg

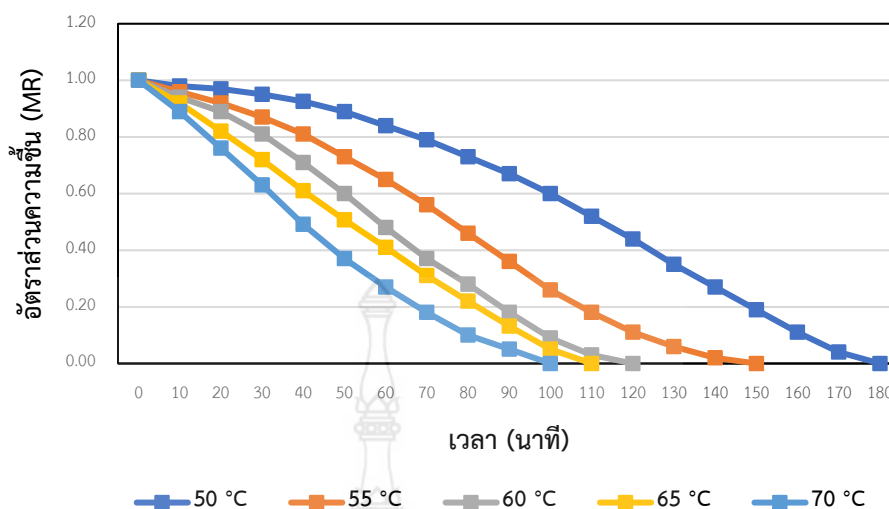
จากภาพที่ 4.32 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไบกะท่อมเป็น 2 kg ผลการทดลองยังคงแสดงแนวโน้มเช่นเดียวกับรูปที่ 4.31 โดยที่อุณหภูมิ 70°C อัตราส่วนความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วกว่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ใช้เวลา 90 นาที ในการลดความชื้นลงในระดับต่ำ ในขณะที่อุณหภูมิ 50°C ยังคงใช้เวลานานกว่า คือ 160 นาที ลักษณะการลดลงของความชื้นในกราฟนี้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มน้ำหนักของไบกะท่อมเล็กน้อย ยังคงได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับรูปที่ 4.31 แม้ว่าจะเวลาในการอบแห้งจะนานขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 2 kg

4.7.3 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 3 kg

เมื่อเพิ่มน้ำหนักของไบกะท่อมเป็น 3 kg พบว่าการอบแห้งใช้เวลานานมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 70°C ยังสามารถลดอัตราส่วนความชื้นได้เร็วที่สุดในเวลาประมาณ 100 นาที อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิ 50°C การลดลงของความชื้นใช้เวลานานถึงประมาณ 170 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ยาวนานกว่าในกราฟก่อนหน้านี้ ซึ่งบ่งชี้ว่าเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น การระเหยของความชื้นยังใช้เวลามากขึ้นตามไปด้วย แม้จะใช้อุณหภูมิสูงขึ้นตาม ดังแสดงในรูปที่ 4.33

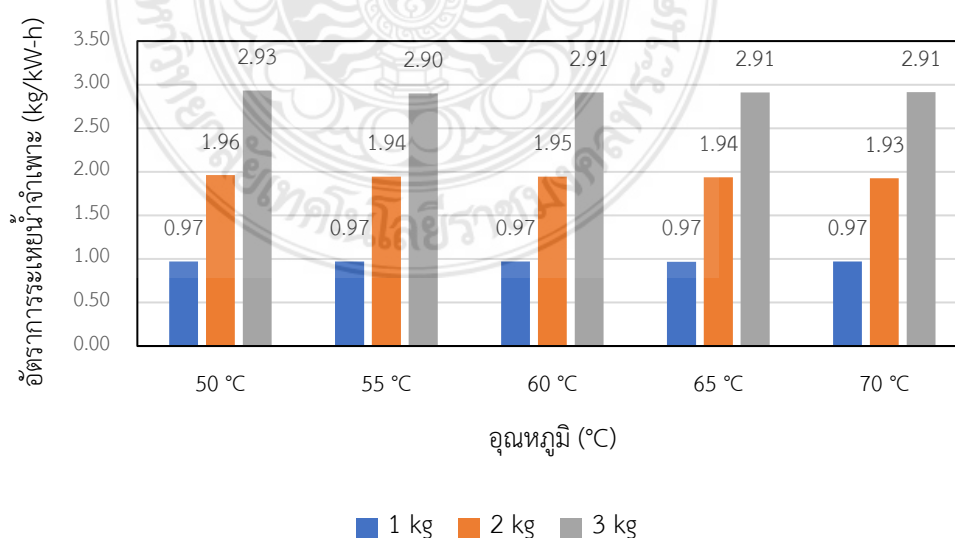


รูปที่ 4.33 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 3 kg

4.8 การเปรียบเทียบผลการอบแห้ง

4.8.1 การเปรียบเทียบอัตราการระเหยน้ำจำเพาะ

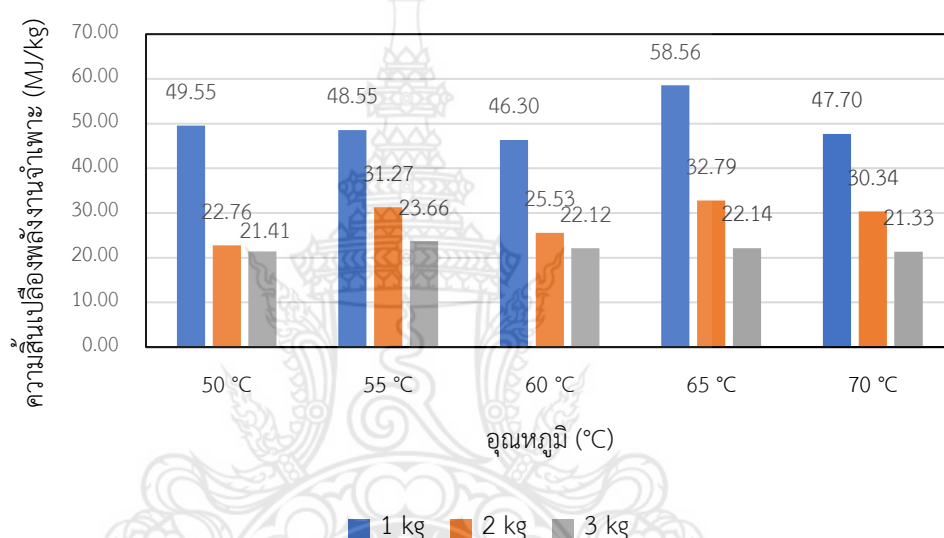
อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (Specific moisture extraction rate, SMER) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อพลังงานที่ใช้ตลอดการอบแห้ง โดยนำผลการทดลองในภาคผนวก ก. คำนวณตามสมการที่ 2.11 ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.34 แสดงให้เห็นว่า SMER มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ 65 °C และ 70 °C สำหรับใบกระท่อมที่มีน้ำหนัก 1 kg ค่า SMER สูงที่สุด แสดงถึงอัตราการระเหยน้ำที่ดีเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 การเปรียบเทียบอัตราการระเหยน้ำจำเพาะ

4.8.2 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

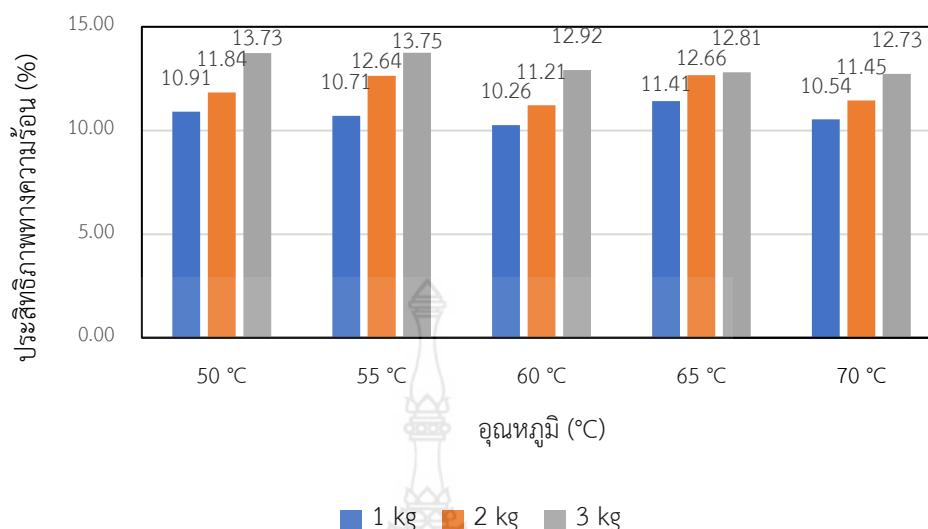
การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ใช้ในระบบอบแห้งต่อความชื้นที่ระเหยออกจากวัสดุในระหว่างกระบวนการอบแห้ง โดยนำผลการทดลองในภาคผนวก ก. จำนวนตามสมการที่ 2.7 ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.35 พบว่าการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและน้ำหนักใบกระท่อมมากขึ้น ที่อุณหภูมิ 70°C และน้ำหนัก 3 kg การใช้พลังงานจะสูงที่สุด การเพิ่มน้ำหนักใบกระท่อมส่งผลให้ต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการระเหยน้ำออกจากใบทั้งหมด เนื่องจากความหนาแน่นและปริมาณใบกระท่อมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและการระเหยน้ำยากขึ้น ดังรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

4.8.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อน

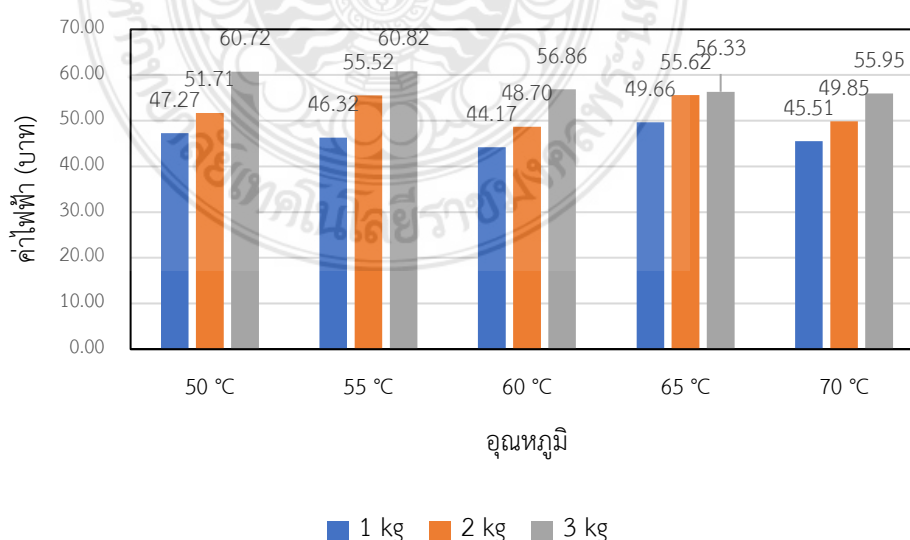
ประสิทธิภาพทางความร้อน เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ใช้ในการระเหยความชื้นต่อพลังงานที่ให้กับระบบการอบแห้ง โดยนำผลการทดลองในภาคผนวก ก. จำนวนตามสมการที่ 2.11 ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 4.36 แสดงให้เห็นว่าที่น้ำหนักใบกระท่อมที่ 1 kg และอุณหภูมิที่สูงขึ้น ประสิทธิภาพทางความร้อนมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะที่ 65°C และ 70°C แต่สำหรับใบกระท่อมที่น้ำหนักมากขึ้น ประสิทธิภาพทางความร้อนกลับลดลงที่อุณหภูมิสูง แสดงว่าการเพิ่มน้ำหนักทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งลดลง และต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการอบแห้ง ดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อน

4.8.4 การเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า

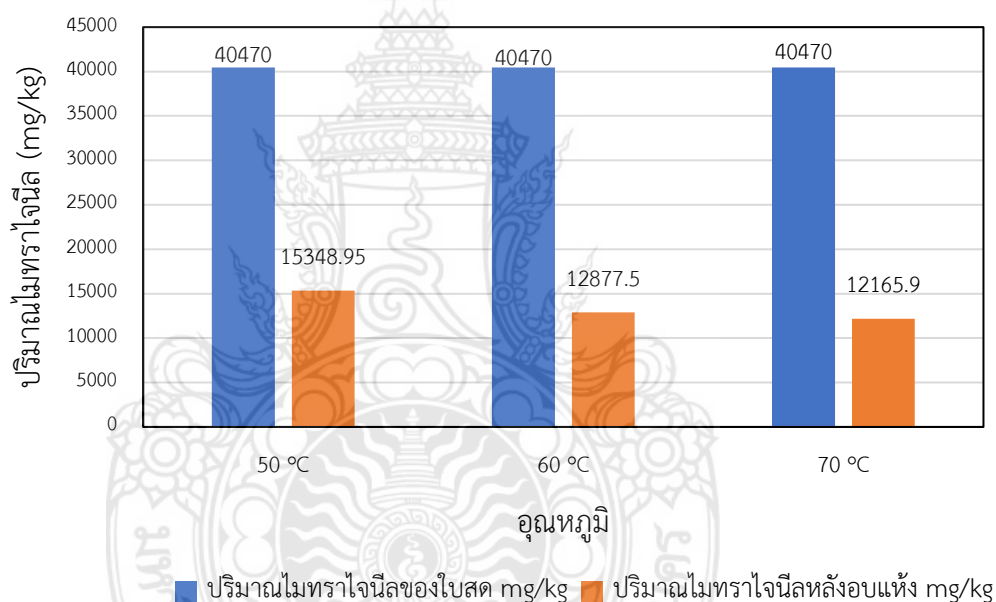
อ้างอิงราคาอัตราค่าไฟฟ้าตามประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ปี 2566 ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย อัตราปกติ ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน ประจำเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ค่าพลังงาน 4.77 บาทต่อหน่วย ไม่รวมค่าบริการ จากการคำนวณดังรูปที่ 4.37 พบว่าค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและปริมาณน้ำหนักใบกระท่อมเพิ่มขึ้น เช่น ที่อุณหภูมิ 70 °C และน้ำหนักใบกระท่อม 3 kg มีค่าใช้จ่ายสูงสุด การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงอาจเหมาะสมในกรณีที่ต้องการประหยัดเวลา แต่ค่าใช้จ่ายจะสูงขึ้นไปตามพลังงานที่ต้องใช้ ดังรูปที่ 4.37



รูปที่ 4.37 การเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า

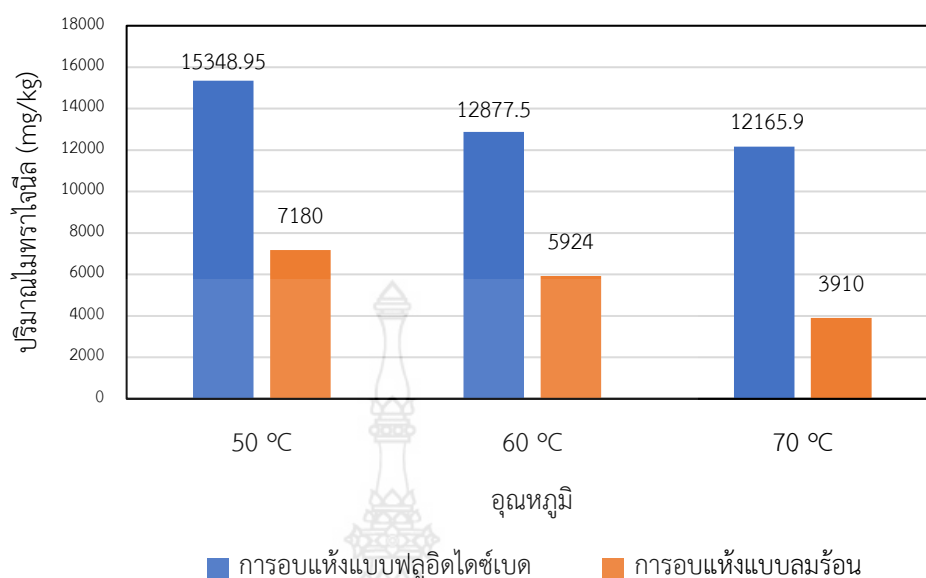
4.9 ปริมาณไมทราไจนีลในกระท่อม

จากการตรวจสอบปริมาณไมทราไจลโดย บริษัท ห้างปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด พบว่า ปริมาณสารไมทราไจนีลของใบกระท่อมที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C, 60 °C และ 70 °C โดยเปรียบเทียบจากปริมาณสารไมทราไจนีลจากใบกระท่อมสดที่ 40.74 mg/g หรือ 40,740 mg/kg ความชื้นของใบกระท่อมที่ 74.91% [17] และนำมาเปรียบเทียบตามรูปที่ 4.38 พบว่า อุณหภูมิอบแห้งส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณสารไมทราไจนีล โดยในใบกระท่อมจะมีปริมาณสารไมทราไจนีลสูงสุดที่อุณหภูมิการอบ 50 °C เท่ากับ 15,348.95 mg/kg และมีปริมาณไมทราไจนีลต่ำสุดที่อุณหภูมิ 70 °C เท่ากับ 12,165.9 mg/kg แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารไมทราไจนีลที่มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นจาก 50 °C เป็น 70 °C ดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 การเปรียบเทียบปริมาณไมทราไจนีล

จากการเปรียบเทียบผลของการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณสารไมทราไจนีล ของใบกระท่อมที่ความชื้นเริ่มต้น 76% โดย จันทิมา ชั่งสิริพร และคณะ [18] พบว่าปริมาณสารไมทราไจนีลจากการอบแห้งด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบดนั้น จะทำให้ใบกระท่อมมีปริมาณสารไมทราไจนีลมากกว่าการอบแห้งแบบลมร้อนเฉลี่ย 41.64% ซึ่งมากกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน ดังรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนระหว่างการอบแห้งทั้งสองแบบ

4.10 ผลการอบแห้งใบกระท่อม

จากผลการทดลองพบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบการอบแห้งใบกระท่อมที่ 1 kg 2 kg และ 3 kg ที่อุณหภูมิ 50 °C , 55 °C , 60 °C , 65 °C และ 70 °C ในระยะเวลาต่อรอบของการอบแห้งครั้งละ 10 นาที สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

การอบใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 50 °C น้ำหนักเริ่มต้น 1 kg น้ำหนักสุดท้าย 280 g ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 160 นาที อัตราส่วนความชื้น 1.00 (MR) อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.00 (MR) อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) 0.97 kg/kW-h ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) 49.55 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง 10.91 %

การอบใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 50 °C น้ำหนักเริ่มต้น 2 kg น้ำหนักสุดท้าย 420 กรัม ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 170 นาที อัตราส่วนความชื้น 1.00 (MR) อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.00 (MR) อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) 1.96 kg/kW-h ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) 22.76 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง 11.84 %

การอบใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 50 °C น้ำหนักเริ่มต้น 3 kg น้ำหนักสุดท้าย 860 กรัม ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 180 นาที อัตราส่วนความชื้น 1.00 (MR) อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.00 (MR) อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) 2.93 kg/kW-h ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) 21.41 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง 13.73 %

การอบใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 55 °C น้ำหนักเริ่มต้น 1 kg น้ำหนักสุดท้าย 280 กรัม ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 130 นาที อัตราส่วนความชื้น 1.00 (MR) อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.00 (MR)

การอบไอบักระท่อมที่อุณหภูมิ 65 °C น้ำหนักเริ่มต้น 3 kg น้ำหนักสุดท้าย 1.08 kg ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 110 นาที อัตราส่วนความชื้น 1.00 (MR) อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.00 (MR) อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) 2.91 kg/kW-h ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) 22.14 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง 12.81 %

การอบไอบักระท่อมที่อุณหภูมิ 70 °C น้ำหนักเริ่มต้น 1 kg น้ำหนักสุดท้าย 280 กรัม ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 80 นาที อัตราส่วนความชื้น 1.00 (MR) อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.00 (MR) อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) 0.83 kg/kW-h ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) 59.21 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง 10.54 %

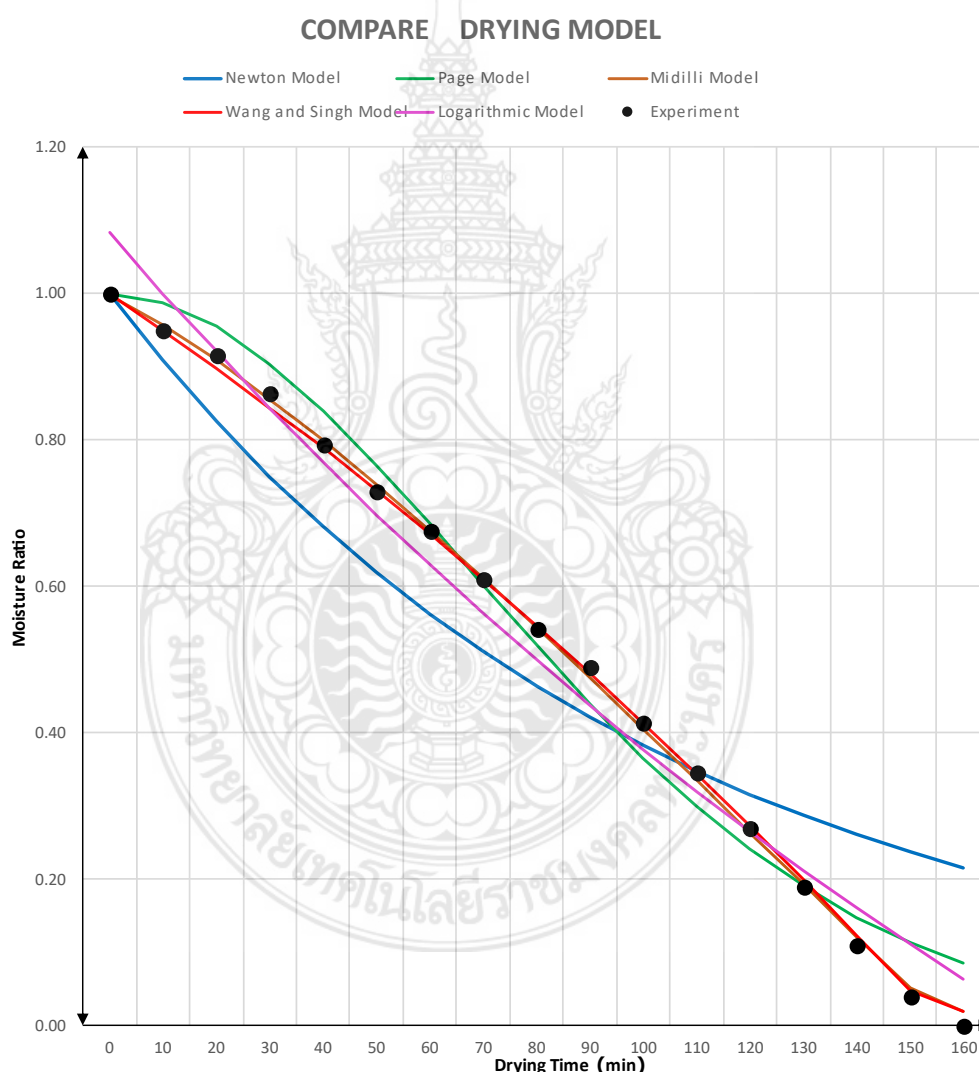
การอบไอบักระท่อมที่อุณหภูมิ 70 °C น้ำหนักเริ่มต้น 2 kg น้ำหนักสุดท้าย 760 กรัม ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 90 นาที อัตราส่วนความชื้น 1.00 (MR) อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.00 (MR) อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) 1.87 kg/kW-h ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) 31.88 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง 11.45 %

การอบไอบักระท่อมที่อุณหภูมิ 70 °C น้ำหนักเริ่มต้น 3 kg น้ำหนักสุดท้าย 1.08 kg ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 100 นาที อัตราส่วนความชื้น 1.00 (MR) อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.00 (MR) อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) 2.83 kg/kW-h ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) 22.23 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง 12.73 %

4.11 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น

โครงการวิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาการจำลองหาอัตราส่วนความชื้นในกระท่อมที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่มีมวลน้ำหนัก 1 kg, 2 kg และ 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C ทำการทำนายผลด้วยแบบจำลองแอมพลิเคิลทั้งหมด 5 แบบจำลอง ได้แก่ Newton model, Page model, Midilli model, Wang and Singh model และ Logarithmic model เพื่อหาแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์การทำนายอัตราส่วนความชื้นใกล้เคียงกับอัตราส่วนความชื้นจริงจากการทดลองอบแห้งข้างต้น โดยผลการทำนายจากแบบจำลองทั้งหมด จะถูกนำมาคำนวณเพื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ของอัตราส่วนความชื้นในการวิเคราะห์หาการถดถอยเชิงเส้นในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์ด้วยสมการ R^2 และ RMSE เพื่อชี้วัดประสิทธิภาพการทำนายผลอัตราส่วนความชื้นของแบบจำลอง โดยแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 สูงสุด มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงผลลัพธ์การทำนายสามารถทำนายผลได้ถูกต้องตามอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองอบแห้งจริงมากที่สุด และแบบจำลองที่ให้ค่า RMSE ต่ำที่สุดมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นจากการทำนายมีความคลาดเคลื่อนจากอัตราส่วนความชื้นจากการอบแห้งจริงต่ำที่สุด โดยผลการทำนายตามตัวอย่างในตารางที่ 4.1 และในรูปที่ 4.40 และ 4.41 และ 4.42 และแบบจำลองที่มีค่าตัวชี้วัด R^2 สูงสุด และมีค่า

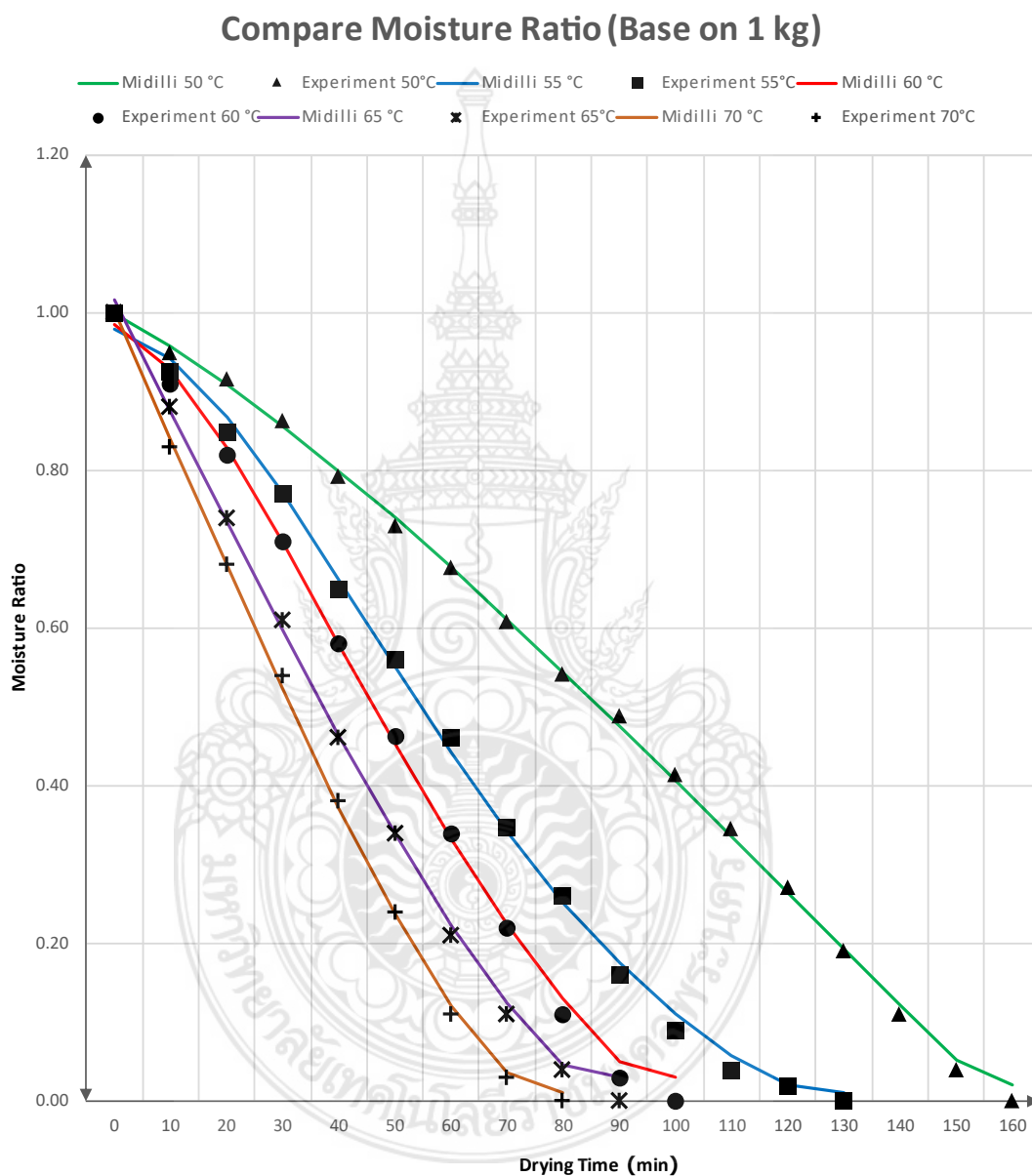
RMSE ต่ำสุด จากทั้งหมด 5 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง Midilli model ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับใช้ทำนายอัตราส่วนความชื้น การอบแห้งใบกระเทียมด้วยลมร้อน เนื่องจาก แบบจำลอง Midilli model ให้ค่าตัวชี้วัด R^2 สูงสุดถึง 0.9998 ต่ำสุดเพียง 0.9982 และให้ค่าตัวชี้วัด RMSE ต่ำสุดถึง 0.0055 และสูงสุดเพียง 0.0171 เท่านั้น ในขณะที่แบบจำลองอื่น ๆ มีค่าตัวชี้วัด R^2 ที่ต่ำกว่า และค่าตัวชี้วัด RMSE ที่สูงกว่าแบบจำลองของ Midilli model ทั้งสิ้น จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองของ Midilli model สามารถทำนายผลได้แม่นยำสูงสุดในทุกสภาวะอบแห้ง เป็นแบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบกระเทียมด้วยลมร้อน ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 ตัวอย่างการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้ง ใบกระเทียมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C

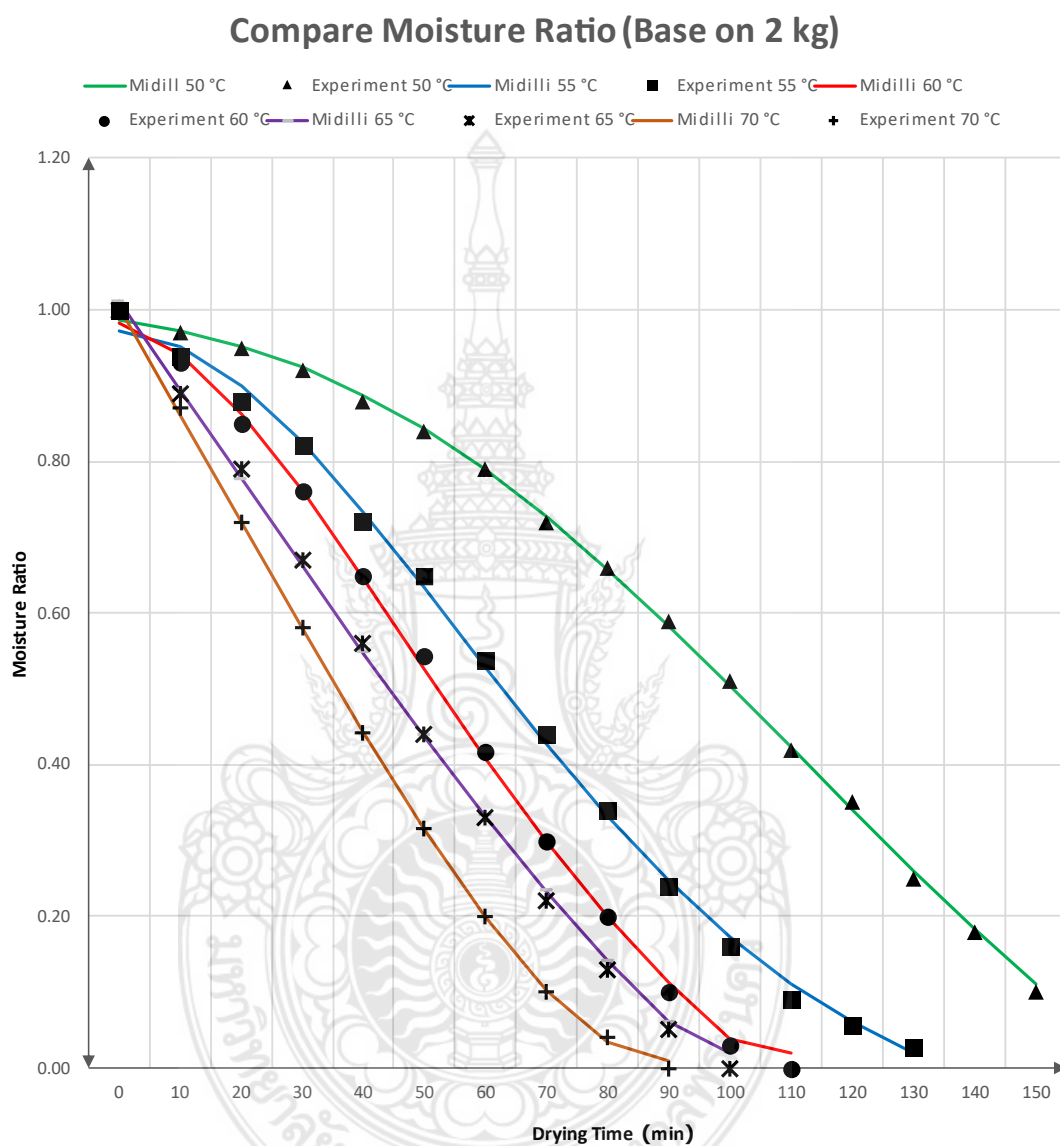
4.12 การเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด

4.12.1 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดสำหรับมวลความชื้นเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C ดังรูปที่ 4.41



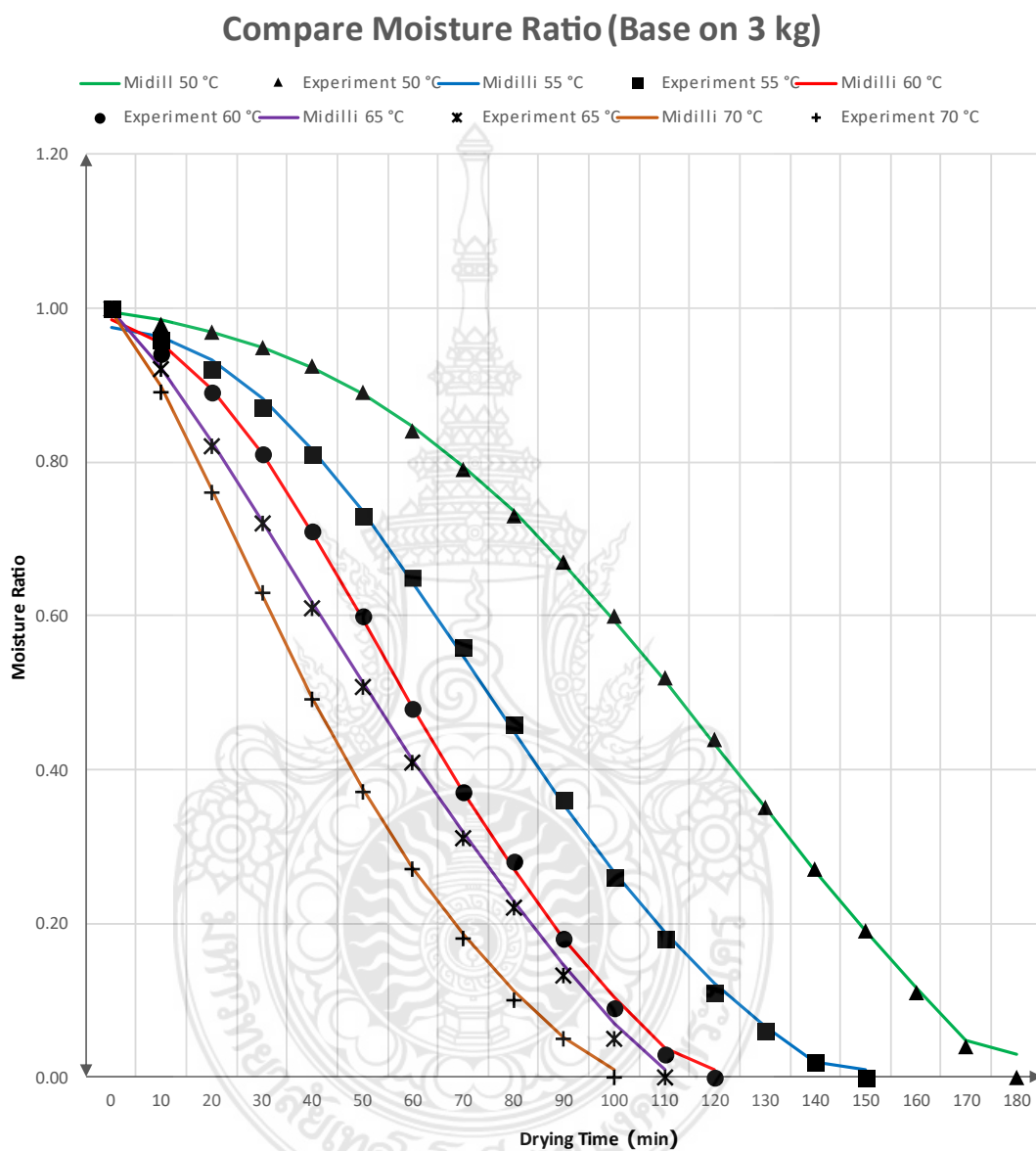
รูปที่ 4.41 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดสำหรับมวลความชื้นเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C

4.12.2 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดสำหรับมวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C ดังรูปที่ 4.42



รูปที่ 4.42 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดสำหรับมวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C

4.12.3 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดสำหรับมวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C ดังรูปที่ 4.43



รูปที่ 4.43 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นแบบจำลองที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดสำหรับมวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C

แบบจำลองอื่น ๆ มีค่าตัวชี้วัด R^2 ที่ต่ำกว่า และค่าตัวชี้วัด RMSE ที่สูงกว่าแบบจำลองของ Midilli model ทั้งสิ้น โดย Page model, Wang and Singh Model และ Logarithmic model ทำนายผลแม่นยำรองจาก Midilli model ที่มวลความชื้นเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิ 50 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.9987 และค่า RMSE ที่ 0.0124 คือแบบจำลองของ Wang and Singh model ที่มวลความชื้นเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิ 55 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.9939 และค่า

model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิ 65 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.9349 และค่า RMSE ที่ 0.0913 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิ 70 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.942 และค่า RMSE ที่ 0.087 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิ 50 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.8193 และค่า RMSE ที่ 0.1468 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิ 55 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.896 และค่า RMSE ที่ 0.1151 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิ 60 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.8936 และค่า RMSE ที่ 0.1169 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิ 65 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.9277 และค่า RMSE ที่ 0.0933 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิ 70 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.9449 และค่า RMSE ที่ 0.0835 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิ 50 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.7886 และค่า RMSE ที่ 0.1592 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิ 55 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.8622 และค่า RMSE ที่ 0.1341 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิ 60 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.8821 และค่า RMSE ที่ 0.1235 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิ 65 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.9218 และค่า RMSE ที่ 0.0959 คือแบบจำลองของ Newton model ที่มีมวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิ 70 °C พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ที่ 0.9463 และค่า RMSE ที่ 0.0809 คือแบบจำลองของ Newton model ซึ่งผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นของแบบจำลอง Midilli model คลาดเคลื่อนต่ำเมื่อเทียบกับอัตราส่วนความชื้นจากการทดลองในแต่ละช่วงเวลาอบแห้งส่งผลให้ ค่าตัวชี้วัด R^2 สูง และตัวชี้วัด RMSE ต่ำกว่าแบบจำลองอื่น ๆ ซึ่งแบบจำลองอื่นนั้นทำนายอัตราส่วนความชื้นได้คลาดเคลื่อนจากผลการทดลองมากกว่า ส่งผลให้ค่าตัวชี้วัด R^2 ต่ำ และตัวชี้วัด RMSE สูง

4.14 ตารางสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง 5 แบบจำลอง

ตารางที่ 4.1 สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง 5 แบบจำลองที่มวลความชื้นเริ่มต้น 1 kg

Model	Parameter	mass 1 kg				
		50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
Newton	k	0.0096	0.0157	0.0185	0.0229	0.0271
	R-Square	0.8834	0.9124	0.9047	0.9349	0.942
	RMSE	0.1122	0.1058	0.1109	0.0913	0.087
Page	k	0.0002	4.79E-04	5.64E-04	0.0018	0.003
	n	1.9089	1.828	1.8695	1.6555	1.5888
	R-Square	0.9828	0.9939	0.9911	0.9933	0.9898
	RMSE	0.0446	0.0290	0.0357	0.0311	0.0391
Midilli	a	0.9982	0.9793	0.9847	1.0153	1.0025
	k	1.18E-04	6.09E-04	9.52E-04	-1.96E-08	-2.91E-08
	n	1.6769	1.7251	1.6544	3.6085	3.6529
	b	-0.0036	-6.59E-04	-0.0016	-0.0141	-0.0163
	R-Square	0.9992	0.9982	0.9986	0.9993	0.9993
	RMSE	0.01	0.0171	0.0161	0.0116	0.012
Wang and Singh	a	-0.0049	-0.0101	-0.011	-0.0151	-0.0183
	b	-9.70E-06	1.45E-05	4.84E-06	4.04E-05	6.71E-05
	R-Square	0.9987	0.9884	0.9927	0.9956	0.9961
	RMSE	0.0124	0.0402	0.0323	0.0252	0.024
Logarithmic	a	2.2833	2.3241	2.6511	2.0731	1.8455
	k	0.0037	0.005	0.0052	0.008	0.0106
	c	-1.2	-1.2773	-1.6	-1.047	-0.8309
	R-Square	0.9802	0.9904	0.9924	0.9958	0.9954
	RMSE	0.0494	0.0381	0.035	0.0263	0.0284

ตารางที่ 4.2 สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง 5 แบบจำลองที่มวลความชื้นเริ่มต้น 2 kg

Model	Parameter	mass 2 kg				
		50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
Newton	K	0.0081	0.0136	0.0163	0.019	0.0239
	R-Square	0.8193	0.896	0.8936	0.9277	0.9449
	RMSE	0.1468	0.1151	0.1169	0.0933	0.0835
Page	k	7.63E-06	2.16E-04	3.15E-04	0.0013	0.0026
	n	2.4938	1.9582	1.9558	1.6711	1.5825
	R-Square	0.9895	0.9946	0.992	0.9902	0.9943
	RMSE	0.0364	0.0273	0.0337	0.0361	0.0285
Midilli	a	0.987	0.9725	0.9833	1.011	1.0023
	k	6.89E-06	2.10E-04	4.91E-04	-1.31E-08	-3.93E-09
	n	2.4039	1.9239	1.7702	3.51E+00	3.9903
	b	-0.0013	-4.85E-04	-0.0014	-0.0117	-0.0142
	R-Square	0.9994	0.9984	0.9989	0.9992	0.9998
	RMSE	0.0094	0.0163	0.0142	0.0115	0.0061
Wang and Singh	a	-0.0027	-0.0082	-0.0093	-0.0121	-0.0163
	b	-2.12E-05	4.35E-06	-3.26E-06	1.77E-05	5.39E-05
	R-Square	0.9941	0.9848	0.9913	0.9975	0.9969
	RMSE	0.0273	0.0457	0.0351	0.0182	0.0211
Logarithmic	a	2.6373	3.3504	9.3043	3.0666	1.7661
	k	0.003	0.0029	0.0011	0.0042	0.0101
	c	-1.5	-2.2994	-8.2676	-2.0497	-0.7413
	R-Square	0.9537	0.9879	0.9931	0.9978	0.9966
	RMSE	0.0791	0.0424	0.0329	0.0183	0.0237

ตารางที่ 4.3 สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง 5 แบบจำลองที่มวลความชื้นเริ่มต้น 3 kg

Model	Parameter	mass 3 kg				
		50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
Newton	k	0.007	0.0114	0.0145	0.0166	0.0211
	R-Square	0.7886	0.8622	0.8821	0.9218	0.9463
	RMSE	0.1592	0.1341	0.1235	0.0959	0.0809
Page	k	1.52E-06	4.98E-05	1.72E-04	9.24E-04	0.0022
	n	2.7764	2.221	2.0521	1.7014	1.5709
	R-Square	0.9922	0.9947	0.9944	0.9903	0.9959
	RMSE	0.0315	0.0273	0.0282	0.0354	0.0235
Midilli	a	0.996	0.9758	0.9842	0.9969	0.9959
	k	1.46E-06	5.00E-05	2.41E-04	0.0022	0.0038
	n	2.688	2.1728	1.9103	1.3625	1.3796
	b	-0.0011	-5.55E-04	-9.75E-04	-0.0024	-0.0011
	R-Square	0.9997	0.999	0.9993	0.9997	0.9998
	RMSE	0.006	0.0126	0.0109	0.0065	0.0055
Wang and Singh	a	-0.0015	-0.0058	-0.008	-0.0102	-0.0144
	b	-2.44E-05	-9.46E-06	-7.81E-06	7.87E-06	4.25E-05
	R-Square	0.9942	0.9832	0.9882	0.9979	0.9967
	RMSE	0.027	0.0484	0.0407	0.0166	0.0211
Logarithmic	a	4.1531	2.3118	2.5844	4.0959	1.7478
	k	0.0017	0.0044	0.0046	0.0027	0.0092
	c	-3	-1.2	-1.5	-3.0746	-0.7186
	R-Square	0.9488	0.9761	0.9858	0.9984	0.9968
	RMSE	0.0831	0.06	0.0470	0.0149	0.0221



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการอบแห้งด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาการลดความชื้นของใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด และการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดรวมกับการนำความร้อนกลับมาวนใช้ 50 % เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสม สำหรับการศึกษาค่าใช้อุณหภูมิที่ 50°C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C หาค่าความร้อนและระยะเวลาที่ดีที่สุดในการอบแห้ง โดยใช้ใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg 2 kg และ 3 kg โดย การนำความร้อนกลับมาวนใช้ 50 % ทุก ๆ อุณหภูมิที่กล่าวมาในข้างต้น

จากการทดลองการอบใบกระท่อมด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดผลที่ได้สามารถจำแนกได้ดังนี้

5.1.1 ผลจากการทดลองกับวัตถุดิบคือใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 50°C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C จะพบว่าใบกระท่อมมีการคลายความชื้นได้มาก แต่ระยะเวลาของการอบแห้งจะมากขึ้นตาม น้ำหนักของใบกระท่อม

5.1.2 จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด สามารถใช้งานได้ดีกับการอบแห้งวัตถุดิบลักษณะประเภทใบได้ แต่ประสิทธิภาพจะด้อยลงกว่าวัตถุดิบที่เป็นลักษณะกลม

5.1.3 จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองมีผลต่อการคลายความชื้นของ วัตถุดิบที่ทดลอง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้วัตถุดิบนั้นคายความชื้นออกมาได้ รวดเร็ว แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำจะทำให้วัตถุดิบนั้นคายความชื้นได้ช้า ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งนั้น นานขึ้นตาม จึงแนะนำให้คำนึงถึงความเหมาะสมในการให้ความร้อนกับวัตถุดิบ

5.1.4 จากการศึกษาพบว่าการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 55°C สามารถทำการอบแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง กับการใช้พลังงานในการอบแห้งได้คุ้มค่า มากกว่าอุณหภูมิ 60°C, 65°C และ 70°C ที่สามารถทำให้ใบกระท่อมแห้งได้ไวกว่า แต่มีปริมาณ การใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า รวมไปถึงปริมาณของสารไมทราไจเนลที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน จึงไม่ คุ้มค่ากับการเลือกใช้ ส่วนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน ทำให้มีความสิ้นเปลือง พลังงานจำเพาะสูงกว่า จึงไม่เลือกใช้

5.1.5 การอบใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 55 °C น้ำหนักเริ่มต้น 2 kg น้ำหนักสุดท้าย 660 กรัม ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 140 นาที อัตราส่วนความชื้น 1.00 (MR) อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.00 (MR) อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) 1.94 kg/kW-h ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

(SEC) 31.27 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง 80.67 % ซึ่งเมื่อเทียบกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C พบว่าความชื้นจะลดลงช้ากว่าและสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสูงกว่า

5.2 สรุปผลการจำลอง

อัตราส่วนความชื้นที่ผ่านการทำนายผล โดยแบบจำลองต่าง ๆ ถูกทำนายภายใต้เงื่อนไขการทดลอง มวลน้ำหนักเริ่มต้น 1 kg, 2 kg และ 3 kg อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C และ 70 °C โดยผลการทำนายจะถูกเปรียบเทียบกับอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลการทดลองการอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อหาแบบจำลองที่ทำนายผลอัตราส่วนความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้นได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบดมากที่สุด โดยแบบจำลองที่มีค่าตัวชี้วัด R^2 สูงสุด และมีค่า RMSE ต่ำสุด จากทั้งหมด 5 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง Midilli model ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับใช้ทำนายอัตราส่วนความชื้น การอบแห้งใบกระท่อมด้วยลมร้อน เนื่องจาก แบบจำลอง Midilli model ให้ค่าตัวชี้วัด R^2 สูงสุดถึง 0.9998 ต่ำสุดเพียง 0.9982 และให้ค่าตัวชี้วัด RMSE ต่ำสุดถึง 0.0055 และสูงสุดเพียง 0.0171 เท่านั้น ในขณะที่แบบจำลองอื่น ๆ มีค่าตัวชี้วัด R^2 ที่ต่ำกว่า และค่าตัวชี้วัด RMSE ที่สูงกว่าแบบจำลองของ Midilli model ทั้งสิ้น จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองของ Midilli model สามารถทำนายผลได้แม่นยำสูงสุดในทุกสภาวะอบแห้ง เป็นแบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบกระท่อมด้วยลมร้อน

5.3 ปัญหาที่พบและการแก้ไข

5.2.1 ปัญหาที่พบ

ทำการทดลองหาค่าคงที่ที่เหมาะสมของแบบจำลองด้วยการสมมุติค่าคงที่จนกว่าจะพบค่าคงที่ที่ทำให้ผลลัพธ์ออกมาใกล้เคียงผลการทดลองมากที่สุด แต่วิธีดังกล่าวพบปัญหาว่าเมื่อใช้วิธีการสมมุติค่าคงที่ ต้องใช้เวลามากในการปรับเปลี่ยนและแก้ไขจนพบค่าคงที่ที่เหมาะสมที่สุด อีกทั้งยังเป็นความเหมาะสมเพียงเบื้องต้นเท่านั้น เนื่องจากไม่สามารถสมมุติค่าคงที่โดยละเอียดด้วยการกำหนดค่าคงที่มากกว่าทศนิยม 2 ตำแหน่งได้

5.2.2 การแก้ไข

ให้ผลลัพธ์การทำนายผลด้วยแบบจำลอง มีผลลัพธ์สอดคล้องกับผลการทดลองมากที่สุดจึงอาศัยโปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยแก้ปัญหาในการหาค่าคงที่แบบจำลอง ซึ่งสามารถให้ค่า Parameter ต่าง ๆ ที่ละเอียดและแม่นยำมากขึ้น

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 เมื่อทำการทดลองอบไบกะท่อมพบว่า มีเศษมวลของไบกะท่อมที่แตกเป็นเศษชิ้นเล็ก รั่วไหลออกมาจากเครื่องอบ ซึ่งทำให้มีความสกปรก และอาจทำให้น้ำหนักจริงอาจไม่ตรงกับที่วัด จึงแนะนำให้ทำการปิดผนึกถังอบให้แน่นหนาและเรียบร้อย

5.4.2 เมื่อทำการชั่งน้ำหนักเครื่องอบแห้งแล้วนั้น มีความอันตราย เนื่องจากการชั่งน้ำหนัก จะต้องใช้แม่แรงกลไก 2 ตัวในการยก และจะต้องใช้คน 1 คนทำการประคองเครื่องเพื่อยกวางบนเครื่องชั่ง ซึ่งอาจทำให้เครื่องอบนั้นล้มลงมา และทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องอบ และทำให้เกิดการบาดเจ็บกับตัวผู้ใช้งานได้ ควรจะมีอุปกรณ์สำหรับการยกเครื่อง เพื่อให้มีความปลอดภัย และสามารถทำงานด้วยจำนวนคนที่น้อยลงได้

5.4.3 แบบจำลองแอมพลิเคิลมีแบบจำลองที่ใช้สำหรับการทำนายผลการอบแห้งวัสดุผิวบางอีกหลายแบบจำลอง ควรทดลองหาแบบจำลองที่สามารถทำนายผลการอบแห้งได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

5.4.4 ข้อมูลอัตราส่วนความชื้นจากการอบแห้งจริงต้องมีการทดลองด้วยวิธีที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้ค่าอัตราส่วนความชื้นที่แม่นยำ สำหรับใช้เป็นข้อมูลการทำนายผลต่อไป



บรรณานุกรม

- [1]. กองควบคุมวัตถุเสพติด สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2566, กระท่อม (Kratom),สืบค้นเมื่อ15 ธันวาคม 2567 จาก, :mnfda.fda.moph.go.th/narcotic/?p=6063
- [2]. หน่วยเภสัชสนเทศและบริการสังคม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2565,พืชกระท่อมและมาตรฐานในเภสัชตำรับของไทย ,สืบค้นเมื่อ15 ธันวาคม 2567 จาก <http://drug.pharmacy.psu.ac.th/index.php/article/general-articles/180-kratom>
- [3]. Disthai, 2560, ไมทราไจนีน ,สืบค้นเมื่อ15 ธันวาคม 2567 จาก www.disthai.com/17319139/ไมทราไจนีน
- [4]. ienergyguru. (2558). Drying การอบแห้ง . สืบค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2567,จาก <https://ienergyguru.com/2015/09/drying/>
- [5]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.(2564).พืช ‘กระท่อม’ สร้างเศรษฐกิจไทย! HOW TO ใช้อย่างไรให้มีคุณ.สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2567,จาก <http://tu.ac.th/thammasat-150964-mitragyna-speciosa-build-thai-economy>
- [6]. ชนาธิป แซ่หลี่และคณะ (2564). การอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด. (ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล.
- [7]. พชรินทร์ ตาด้วง (2555). การอบแห้งเมล็ดงาโดยเครื่องอบแห้งที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบด ร่วมกับปั๊มความร้อน. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล.
- [8]. จุมพล แซ่เอี่ยม, (2547), การอบแห้งกากมะพร้าวด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน ,(วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [9]. กิตติ สถาพรประสาธน์ และคณะ.(2563).การอบแห้งพริกไทยด้วยเทคนิคสเปาต์เต็ดเบดทำงานร่วมกับฟลูอิดไดซ์เบด วารสารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ฉบับที่ 1,ปีที่ 15,1-11
- [10]. เมธา สิ้นธุโคตร.(2566). การอบแห้งแบบถ้งหมุนร่วมกับไมโครเวฟสำหรับการเตรียมลูกเห็ดยหุงสุกเร็ว. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล.

- [11]. ธนัญญุศ สมใจและคณะ.(2552)./แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการอบแห้งลำไยแบบคว้านเมล็ดออกแบบสองขั้นตอนด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและลมร้อน. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย/(น. TSF-042338)./เชียงใหม่:/มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [12]. บวร แสงสุวรรณ และเชาว์ อินทร์ประสิทธิ์.(2558).แบบจำลองกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนสำหรับเมล็ดชาน้ำมันไม่กะเทาะเปลือก. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย/(น.225-232)./นครปฐม:/มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- [13]. จันทิมา ชั่งสิริพร และคณะ (2556).ผลของการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณสารไมทราไจนีนของใบกระท่อม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,ปีที่ 12 ฉบับที่ 2,2566
- [14]. โพธิ์ทอง ปราณีตพลกรัง และ ประพันธ์ ลีกุล (2559).การอบแห้งชาใบชู่ด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด. จันทบุรี ,มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
- [15]. อนุสร นาดี และคณะ (2555).จลนพลศาสตร์การอบแห้งใบเตยด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและลมร้อน วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา มหาวิทยาลัยบูรพา Vol. 16 No. 2
- [16]. ปิยวัฒน์ สังข์สนธิ และคณะ (2564). การวิจัยและพัฒนาการใช้สมุนไพรกระท่อมในการเลี้ยงแพะ: การศึกษาลักษณะสารฟลาโวนอยด์เบื้องต้นและองค์ประกอบทางเคมีของใบกระท่อม. แก่นเกษตร, 49 (ฉบับพิเศษ. 2) ,332-338
- [17]. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2554, มาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, นนทบุรี:กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข



ภาคผนวก ก
ผลการทดลองการอบแห้งใบกระท่อม

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 50 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	1	0	0	0	0.28	72.94	1.00
10	0.92	0.15	0.24	0.39		70.59	0.95
20	0.9	0.29	0.53	0.82		69.94	0.92
30	0.86	0.52	0.81	1.33		68.54	0.86
40	0.84	0.6	1.24	1.84		67.79	0.79
50	0.8	0.81	1.76	2.57		66.18	0.73
60	0.78	0.95	2.23	3.18		65.31	0.68
70	0.7	1.11	2.64	3.75		61.35	0.61
80	0.64	1.26	3.15	4.41		57.73	0.54
90	0.6	1.37	3.65	5.02		54.91	0.49
100	0.56	1.6	4.11	5.71		51.69	0.41
110	0.52	1.76	4.69	6.45		47.97	0.34
120	0.4	1.92	5.31	7.23		32.36	0.27

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลการทดลองที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 50 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
130	0.36	2.09	5.87	7.96	0.28	24.85	0.19
140	0.3	2.3	6.37	8.67		9.81	0.11
150	0.28	2.41	6.84	9.25		3.37	0.04
160	0.28	2.58	7.33	9.91		3.37	0.00



ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 55 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	1	0	0	0	0.28	72.94	1.00
10	0.88	0.16	0.37	0.53		69.25	0.93
20	0.76	0.32	0.73	1.05		64.40	0.85
30	0.7	0.48	1.26	1.74		61.35	0.77
40	0.56	0.64	1.93	2.57		51.69	0.65
50	0.52	0.76	2.65	3.41		47.97	0.56
60	0.5	0.97	3.27	4.24		45.89	0.46
70	0.48	1.08	3.91	4.99		43.63	0.35
80	0.46	1.29	4.57	5.86		41.18	0.26
90	0.42	1.42	5.21	6.63		35.58	0.16
100	0.38	1.61	5.76	7.37		28.80	0.09
110	0.32	1.79	6.36	8.15		15.45	0.04
120	0.28	1.93	6.98	8.91		3.37	0.02

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลการทดลองที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 55 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
130	0.28	2.11	7.6	9.71	0.28	3.37	0.00



ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 60 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 60 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	1	0	0	0	0.28	72.94	1.00
10	0.78	0.28	0.6	0.88		65.31	0.91
20	0.7	0.42	1.35	1.77		61.35	0.82
30	0.58	0.57	2.2	2.77		53.35	0.71
40	0.46	0.72	3	3.72		41.18	0.58
50	0.42	0.92	3.83	4.75		35.58	0.46
60	0.38	1.08	4.69	5.77		28.80	0.34
70	0.36	1.22	5.43	6.65		24.85	0.22
80	0.3	1.38	6.19	7.57		9.81	0.11
90	0.28	1.56	6.85	8.41		3.37	0.03
100	0.28	1.72	7.54	9.26		3.37	0.00

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 65 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 65 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	1	0	0	0	0.36	72.94	1.00
10	0.8	0.17	1	1.17		66.18	0.88
20	0.66	0.33	1.96	2.29		59.01	0.74
30	0.56	0.49	2.96	3.45		51.69	0.61
40	0.48	0.67	3.96	4.63		43.63	0.46
50	0.44	0.88	4.97	5.85		38.51	0.34
60	0.4	1.06	5.98	7.04		32.36	0.21
70	0.38	1.13	6.97	8.1		28.80	0.11
80	0.36	1.37	7.85	9.22		24.85	0.04
90	0.36	1.55	8.86	10.41		24.85	0.00

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 70 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 70 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	1	0	0	0	0.28	68.54	1.00
10	0.7	0.16	1.06	1.22		61.35	0.83
20	0.5	0.29	2.01	2.3		45.89	0.68
30	0.44	0.5	3.02	3.52		38.51	0.54
40	0.42	0.68	4.03	4.71		35.58	0.38
50	0.34	0.84	5.08	5.92		20.42	0.24
60	0.3	1.03	6.08	7.11		9.81	0.11
70	0.28	1.2	7.13	8.33		3.37	0.03
80	0.28	1.38	8.16	9.54		3.37	0.00

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 50 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	2	0	0	0	0.42	86.47	1.00
10	1.88	0.16	0.47	0.63		85.61	0.97
20	1.76	0.33	0.95	1.28		84.63	0.95
30	1.7	0.5	1.46	1.96		84.08	0.92
40	1.62	0.63	1.94	2.57		83.30	0.88
50	1.42	0.8	2.51	3.31		80.95	0.84
60	1.32	0.94	3.1	4.04		79.50	0.79
70	1.18	1.13	3.63	4.76		77.07	0.72
80	1.08	1.25	4.18	5.43		74.95	0.66
90	0.9	1.46	4.72	6.18		69.94	0.59
100	0.84	1.62	5.27	6.89		67.79	0.51
110	0.7	1.79	5.77	7.56		61.35	0.42
120	0.64	1.95	6.05	8		57.73	0.35

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) ผลการทดลองที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 50 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
130	0.5	2.12	6.33	8.45	0.42	45.89	0.25
140	0.46	2.29	6.64	8.93		41.18	0.18
150	0.44	2.46	6.97	9.43		38.51	0.10
160	0.42	2.56	7.43	9.99		35.58	0.03
170	0.42	2.77	8.07	10.84		35.58	0.00

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 55 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	2	0	0	0	0.66	86.47	1.00
10	1.74	0.1	0.6	0.7		84.45	0.94
20	1.54	0.32	1.3	1.62		82.43	0.88
30	1.5	0.43	2.04	2.47		81.96	0.82
40	1.36	0.6	2.74	3.34		80.11	0.72
50	1.08	0.76	3.44	4.2		74.95	0.65
60	1.02	0.97	4.17	5.14		73.47	0.54
70	0.86	1.12	4.93	6.05		68.54	0.44
80	0.78	1.31	5.5	6.81		65.31	0.34
90	0.74	1.47	6.15	7.62		63.44	0.24
100	0.72	1.57	6.86	8.43		62.42	0.16
110	0.7	1.79	7.46	9.25		61.35	0.09
120	0.68	1.95	8.12	10.07		60.21	0.06

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) ผลการทดลองที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 55 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
130	0.66	2.1	8.78	10.88	0.66	59.01	0.03
140	0.66	2.25	9.39	11.64		59.01	0.00



ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 60 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 60 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	2	0	0	0	0.56	86.47	1.00
10	1.64	0.2	0.66	0.86		83.50	0.93
20	1.5	0.37	1.37	1.74		81.96	0.85
30	1.46	0.52	2.11	2.63		81.47	0.76
40	1.12	0.68	2.83	3.51		75.84	0.65
50	0.92	0.84	3.57	4.41		70.59	0.54
60	0.8	1	4.38	5.38		66.18	0.42
70	0.7	1.18	5.19	6.37		61.35	0.30
80	0.66	1.34	5.99	7.33		59.01	0.20
90	0.6	1.5	6.78	8.28		54.91	0.10
100	0.56	1.67	7.59	9.26		51.69	0.03
110	0.56	1.82	8.39	10.21		51.69	0.00

ตารางที่ ก.9 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 65 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 65 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	2	0	0	0	0.72	86.47	1.00
10	1.62	0.21	1.04	1.25		83.30	0.89
20	1.44	0.38	1.98	2.36		81.21	0.79
30	1.26	0.55	3.06	3.61		78.53	0.67
40	1.08	0.66	4.01	4.67		74.95	0.56
50	1.02	0.87	5.01	5.88		73.47	0.44
60	0.88	1.05	6	7.05		69.25	0.33
70	0.86	1.2	7.01	8.21		68.54	0.22
80	0.8	1.36	8.01	9.37		66.18	0.13
90	0.72	1.49	8.95	10.44		62.42	0.05
100	0.72	1.68	9.98	11.66		62.42	0.00

ตารางที่ ก.10 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 70 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 70 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	2	0	0	0	0.76	86.05	1.00
10	1.66	0.16	1	1.16		83.70	0.87
20	1.46	0.33	2	2.33		81.47	0.72
30	1.16	0.5	3.01	3.51		76.68	0.58
40	1.04	0.67	4.01	4.68		73.98	0.44
50	0.94	0.83	4.95	5.78		71.22	0.31
60	0.88	0.94	5.96	6.9		69.25	0.20
70	0.82	1.12	6.97	8.09		67.01	0.10
80	0.76	1.29	7.98	9.27		64.40	0.04
90	0.76	1.46	8.99	10.45		64.40	0.00

ตารางที่ ก.11 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 50 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	3	0	0	0	0.86	90.98	1.00
10	2.66	0.15	0.6	0.75		89.83	0.98
20	2.48	0.36	1.38	1.74		89.09	0.97
30	2.24	0.52	2.04	2.56		87.92	0.95
40	1.98	0.67	2.55	3.22		86.34	0.93
50	1.76	0.85	3.2	4.05		84.63	0.89
60	1.66	1	3.84	4.84		83.70	0.84
70	1.52	1.18	4.39	5.57		82.20	0.79
80	1.4	1.35	4.99	6.34		80.67	0.73
90	1.32	1.52	5.58	7.1		79.50	0.67
100	1.22	1.69	6.19	7.88		77.82	0.60
110	1.14	1.9	6.84	8.74		76.27	0.52
120	1.08	1.97	7.43	9.4		74.95	0.44

ตารางที่ ก.11 (ต่อ) ผลการทดลองที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 50 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
130	1	2.01	7.99	10	0.86	72.94	0.35
140	0.96	2.35	8.55	10.9		71.82	0.27
150	0.9	2.5	9.11	11.61		69.94	0.19
160	0.88	2.57	9.32	11.89		69.25	0.11
170	0.86	2.73	9.48	12.21		68.54	0.04
180	0.86	2.89	9.84	12.73		68.54	0.00

ตารางที่ ก.12 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 55 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	2.98	0	0	0	1.04	90.92	1.00
10	2.64	0.17	0.64	0.81		89.75	0.96
20	2.36	0.34	1.24	1.58		88.54	0.92
30	2.16	0.5	1.93	2.43		87.47	0.87
40	1.96	0.66	2.57	3.23		86.20	0.81
50	1.8	0.76	3.22	3.98		84.97	0.73
60	1.6	0.99	3.93	4.92		83.09	0.65
70	1.48	1.15	4.65	5.8		81.72	0.56
80	1.36	1.32	5.35	6.67		80.11	0.46
90	1.22	1.49	6.08	7.57		77.82	0.36
100	1.12	1.65	6.78	8.43		75.84	0.26
110	1.1	1.77	7.49	9.26		75.40	0.18
120	1.08	1.98	8.2	10.18		74.95	0.11

ตารางที่ ก.12 (ต่อ) ผลการทดลองที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 55 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
130	1.06	2.14	8.92	11.06	1.04	74.48	0.06
140	1.04	2.32	9.58	11.9		73.98	0.02
150	1.04	2.43	10.32	12.75		73.98	0.00



ตารางที่ ก.13 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 60 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 60 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	3	0	0	0	1.06	90.98	1.00
10	2.66	0.2	0.83	1.03		89.83	0.94
20	2.34	0.36	1.63	1.99		88.44	0.89
30	2.12	0.52	2.42	2.94		87.24	0.81
40	1.86	0.69	3.23	3.92		85.45	0.71
50	1.66	0.85	3.98	4.83		83.70	0.60
60	1.48	0.95	4.84	5.79		81.72	0.48
70	1.36	1.17	5.64	6.81		80.11	0.37
80	1.3	1.33	6.43	7.76		79.19	0.28
90	1.18	1.5	7.24	8.74		77.07	0.18
100	1.1	1.65	8.15	9.8		75.40	0.09
110	1.06	1.81	9.06	10.87		74.48	0.03
120	1.06	1.92	10	11.92		74.48	0.00

ตารางที่ ก.14 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 65 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 65 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	3	0	0	0	1.08	90.98	1.00
10	2.52	0.21	0.9	1.11		89.26	0.92
20	2.2	0.36	1.94	2.3		87.70	0.82
30	1.9	0.54	3	3.54		85.76	0.72
40	1.72	0.71	4.02	4.73		84.27	0.61
50	1.6	0.88	4.98	5.86		83.09	0.51
60	1.48	1.05	5.94	6.99		81.72	0.41
70	1.4	1.17	6.99	8.16		80.67	0.31
80	1.34	1.24	7.98	9.22		79.81	0.22
90	1.18	1.32	9	10.32		77.07	0.13
100	1.08	1.47	9.15	10.62		74.95	0.05
110	1.08	1.65	10.16	11.81		74.95	0.00

ตารางที่ ก.15 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 70 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 70 °C							
เวลา (Min)	มวล (kg)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า โบลเวอร์ (kW.h)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kW.h)	มวลความชื้นสมดุล (kg)	ความชื้นมาตรฐานเปียก Mw (%wb)	อัตราส่วนความชื้น MR
0	2.92	0	0	0	1.02	90.73	1.00
10	2.56	0.13	0.98	1.11		89.43	0.89
20	2.18	0.36	2	2.36		87.59	0.76
30	1.98	0.46	2.99	3.45		86.34	0.63
40	1.5	0.68	3.98	4.66		81.96	0.49
50	1.32	0.89	5.5	6.39		79.50	0.37
60	1.28	0.96	6.01	6.97		78.86	0.27
70	1.14	1.18	7.02	8.2		76.27	0.18
80	1.1	1.32	8.03	9.35		75.40	0.10
90	1.02	1.46	9.04	10.5		73.47	0.05
100	1.02	1.68	10.05	11.73		73.47	0.00

ภาคผนวก ข
ผลการวัดอุณหภูมิการอบแห้ง



ตารางที่ ก.1 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 50 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	29.8	30.1	31.2	31.4	31.2	36
10	37.9	35.5	37.1	37.4	39.1	40
20	38.2	38.4	40.2	40.3	40.2	40
30	44	40.9	44.1	43.8	43	42
40	44.7	45.9	46.9	47.1	46.7	44
50	40.9	44.6	45	45.3	45.1	42
60	37.5	42.4	43.1	44.2	43.2	47
70	40.3	41.8	42.2	42.5	42	42
80	47.6	48.7	50	45.1	50.1	48
90	41.6	44.7	45.2	45.4	45.3	46
100	50.3	48.5	50.1	50	50.7	48
110	44.3	48.6	49.5	47.1	48.9	50
120	52.4	51.7	52.9	52.1	53	48

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 50 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
130	51.2	52.2	50.8	50.7	49.6	48
140	50.3	50.9	49.6	48.8	49.5	46
150	47.5	50.1	49.2	48.1	48	46
160	48.1	50.5	50.2	50.1	48.7	48



ตารางที่ ก.2 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 55 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	27.6	28.2	31.4	31.6	31.5	30
10	43.6	43.3	41.4	43.1	43.5	40
20	48.4	45.5	48	48.1	47.6	46
30	48.9	48.1	49.5	44.4	49.9	48
40	57	53.3	55.5	55.9	55	54
50	59	55.9	54.6	55.4	56.5	54
60	56.7	55.1	55.4	55.6	54.5	54
70	56.8	57	55.7	55.8	54.9	52
80	56.3	55.1	57.9	56.9	56.8	56
90	53.8	56.2	57	56.9	55.1	56
100	49.4	51.5	52.9	52.4	51.5	52
110	54.8	56.3	56.8	56.2	50	50
120	53.3	56.2	56.8	56.4	55.2	54

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 55 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
130	54.8	57.2	57.4	57.2	56	56



ตารางที่ ก.3 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 60 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 60 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	31.1	31.5	32	32.3	32	30
10	59	45.2	53.2	53.5	55.2	50
20	59.5	49.9	56.9	57.4	56	52
30	61.5	56.6	59.8	60	59.3	60
40	56	54.4	57.7	57.8	57.2	56
50	53.3	55.3	55	56.1	55.8	56
60	55	57.4	62	60.3	61.2	60
70	54.1	56.2	58	57.4	56.5	56
80	53.2	52.6	56.2	55.9	55	54
90	60.3	60.2	60.1	59.9	59.4	60
100	55	55.7	57.5	56.7	55.7	56

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 65 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 65 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	24	23.7	24.2	24.5	24	24
10	58.6	53.1	56.3	53	56.8	52
20	55.5	56.1	56	55.3	56.3	52
30	58	55.5	56.1	56.8	54.9	54
40	56.2	59.3	57.4	53.7	56	54
50	53.6	53.3	55.6	55.9	54.2	54
60	54.4	55.1	55.8	54.2	52.9	52
70	59.1	61.1	61.5	61.8	60.9	60
80	59.9	60.3	61.9	61.4	59.6	60
90	55.8	61.4	61.5	60.8	60	52

ตารางที่ ก.5 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 70 °C

มวล 1 kg อุณหภูมิ 70 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	24.7	25.2	24.3	26.5	24.5	24
10	53.9	46	53.8	54.8	52.7	48
20	52.1	44.5	53.6	54.7	53.5	50
30	58.8	48.9	55.5	56.1	56.2	54
40	57.1	47.1	56.5	56.8	55.2	54
50	59.5	52.2	58	58.5	56.6	56
60	58.2	59.5	57.3	56.8	56.5	56
70	57.2	60.7	58.6	55.6	55.4	56
80	57.5	59.1	60.8	60	57	56

ตารางที่ ก.6 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 50 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	30.3	30.3	24.9	30.8	30.9	30
10	51.1	35.4	31.6	46.8	44.9	44
20	51.8	34.9	48.6	49.1	48.9	48
30	51.2	40.7	49.1	48.1	49.4	48
40	50.2	35.3	48.2	47.6	47.7	46
50	54.6	37	51.7	52	51.1	50
60	56	44.4	53.8	54.8	54.6	54.2
70	51.9	46.1	46.2	50.5	52	50
80	52.7	54.3	49.5	52.3	51.6	50
90	53.4	54.7	50	51.7	52.9	50
100	50.1	54.5	53.2	52.4	52.2	50
110	53.1	52.7	53.8	52.5	52.4	50
120	45.6	45.9	46	46.3	45	46

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 50 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
130	45.5	45.4	45.5	45.2	45.4	46
140	45	45.5	45.2	45	44.1	44
150	51.2	40.7	49.1	48.1	49.4	48
160	50.2	35.3	48.2	47.6	47.7	46
170	54.6	37	51.7	52	51.1	50



ตารางที่ ก.7 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 55 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	30.7	34.8	39	40.1	42.5	40
10	57.1	36.1	43.3	50.1	51.5	50
20	59.8	35.7	46.6	55	55.4	54
30	56.6	42.3	49.5	53.6	53.2	50
40	54.9	42.8	51.6	53.8	53.7	52
50	57.8	41.6	53.8	55.5	54.8	54
60	57.3	49.8	55.4	55.7	56.5	50
70	56.6	57.9	58.6	58.2	57.6	56
80	53.2	55.8	54.9	53.9	54.2	54
90	48.4	51.3	54.1	53.8	51.9	50
100	54.2	56.7	56.1	54.7	55.6	52
110	52.9	54.2	55.2	55.7	55.2	56
120	53.1	55.3	55.4	54.2	55.2	54

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 55 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
130	52.5	53.3	55.2	56.3	56.1	56
140	53.4	54.5	56.3	55.2	56.5	56



ตารางที่ ก.8 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 60 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 60 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	31.9	33.2	35.2	37.4	39.5	38
10	51.9	36.8	42.9	47.4	46.2	46
20	58.9	38.6	51	54.5	54.9	58
30	56.7	39.3	48	54.1	52.7	52
40	56.5	41.6	52.7	55.1	53.3	52
50	57.2	46.4	48.9	55	54.6	54
60	58.4	55.8	53.6	56.4	56	56
70	61.6	57.7	59.5	57.3	57.6	56
80	61.3	60.5	59.8	59.4	57.6	56
90	61.8	62.3	61.1	60.5	61.3	58
100	62	62.1	61.5	60.6	61.2	58
110	64.2	65.1	65.1	65	64.6	60

ตารางที่ ก.9 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 65 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 65 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	26.1	28.9	33.1	36.5	39.5	38
10	64.8	39.1	44.7	56.1	55.8	54
20	60.8	46.7	45.4	55.8	54.7	54
30	53.9	37.6	47.6	58.5	54.2	50
40	54.5	42.6	51.2	55.6	54.3	54
50	56.1	47.1	53.6	56.4	53.8	52
60	56.9	48.5	55.2	55.1	53.3	52
70	60.4	51	58.3	59.3	55.4	54
80	57.2	60.1	58.1	57.4	57.1	56
90	55	60.5	60.5	59.8	59.4	58
100	51.5	55.5	57.1	58.6	54.7	58

ตารางที่ ก.10 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 70 °C

มวล 2 kg อุณหภูมิ 70 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	28.8	30.1	31.3	35.6	39.9	38
10	66.1	55.4	44.9	54.4	56	54
20	56.7	45.1	45.2	45.3	53.8	54
30	57.9	50	46.4	57.4	57.3	52
40	62	50.2	52.3	58	57.8	52
50	59.2	53.5	52	57.7	57.4	54
60	60.2	55.1	55.9	55.2	57.4	54
70	60	57.1	58.7	59.1	58.7	54
80	62.4	63.2	69.4	63.7	59.5	58
90	62.3	63.3	61.6	61.7	60.3	58

ตารางที่ ก.11 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 50 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	30.2	30.4	24.7	31.8	29.3	32
10	49	32.1	29.5	47.1	47.7	42
20	55.8	42.2	31.9	46.2	50.3	47
30	55.4	41.8	32.1	51.2	52.1	50
40	55	43	38.7	51.3	50.9	50
50	55.3	43	36.5	52.2	47.7	50
60	55	44.1	36.1	52.6	51.5	48
70	56.2	44.1	39.1	52.4	52.2	50
80	53.1	48.1	38.9	53	51.5	50
90	55.6	51.3	39.6	50.7	51.1	50
100	55.5	51.3	52	45.8	50	50
110	51.2	53.7	51.8	52.3	50.9	50
120	55.3	52.5	51.8	50	53.3	50

ตารางที่ ก.11 (ต่อ) ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 50 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 50 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
130	55	54.5	53.5	49.6	52.6	50
140	53.5	55.1	53.3	52.5	52.9	52
150	53.1	52.3	51.2	51.3	55.1	54
160	54	53.9	54.9	54.7	53.1	54
170	53.9	54.1	54.3	54.4	54.1	54
180	53.8	54.3	53.7	54.1	55.1	54



ตารางที่ ก.12 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 55 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	30.2	33.8	32.3	35.3	38.2	38
10	48.2	33.6	33.7	47.1	38.2	38
20	52.1	35.7	36.2	47.5	48.5	46
30	55.7	36.5	42.8	50.3	50.7	48
40	53	37.5	38.7	50.3	50.3	48
50	51.9	38.7	41.6	51.1	51	48
60	57.3	44.3	50.9	51.2	52.2	50
70	56	47.5	48.2	48.8	52.4	50
80	55.5	50.5	52.2	52.7	52.5	50
90	58	55.6	55.6	54	54.4	54
100	56.8	55.7	57.1	54.5	55.3	52
110	54	56.9	57.7	56.2	57	54
120	53.3	55	56.8	57	57	54

ตารางที่ ก.12 (ต่อ) ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 55 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 55 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
130	55	56	56.7	57.7	57.5	54
140	56.5	56.5	57.5	57.6	57.5	54
150	57.1	57	57.5	57.6	57.3	56



ตารางที่ ก.13 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 60 °C

มวล 3 kg อุณหภูมิ 60 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	31.8	33.6	33.6	35.2	40.4	40
10	67.1	41.7	35.9	46.5	53.7	50
20	63.3	48.8	40	55.3	55.2	54
30	57.5	49.4	37.2	53	53.5	54
40	61.2	46.4	39.6	54	54.5	50
50	58.7	47.2	44.3	54.3	54.3	52
60	59.8	48.8	54.3	54.5	55.9	52
70	60.5	50.7	53.7	56.6	57.1	54
80	60.3	59	55.4	56.7	57.5	56
90	60.8	53.6	51.6	57	57.3	54
100	63.5	55	60.8	59.6	61.3	58
110	66.1	69	67.3	65.7	65.8	62
120	66.7	67.3	66.6	66.8	66.7	60

ตารางที่ ก.14 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 65 °C

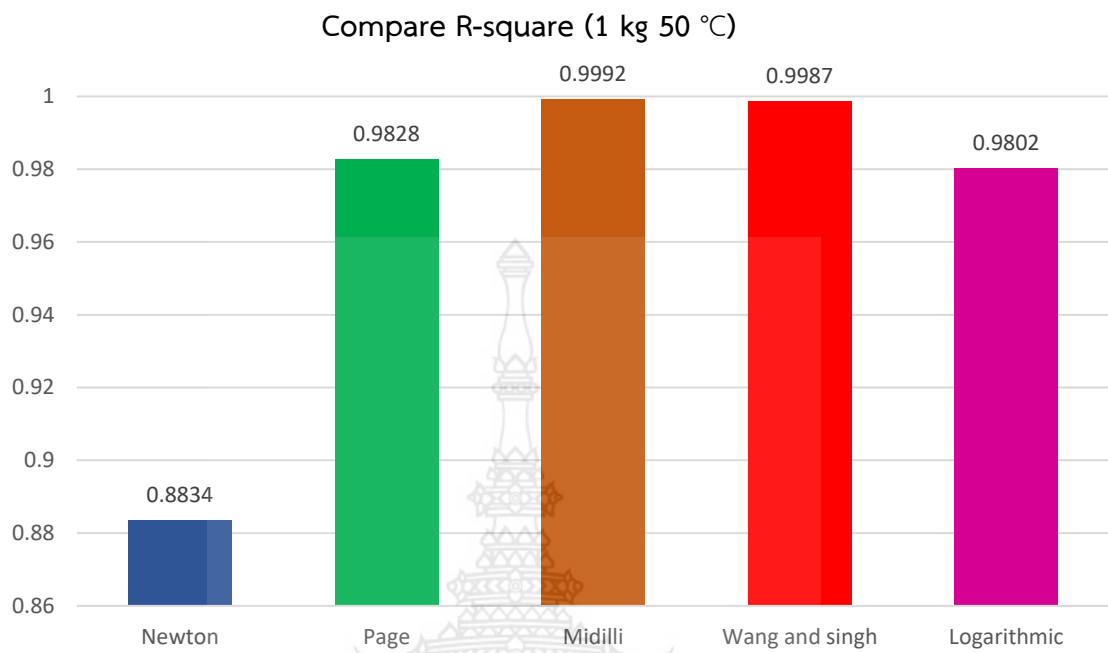
มวล 3 kg อุณหภูมิ 65 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	24.9	27.6	27.9	29.7	30.8	32
10	55.8	38.7	37.6	43.2	48.5	48
20	59.5	35.8	38.9	55.1	45.9	52
30	61.8	43.9	47.7	52.5	53.8	52
40	57.1	41.6	47.1	56	55.1	52
50	56.1	42.1	49.4	55.3	56.1	54
60	56.5	46.9	53.7	58.9	56.2	56
70	51.8	50.4	55.1	55.4	55.5	54
80	52.4	51.3	58	55.6	56.7	56
90	59.5	58.1	61.7	59.6	59.5	58
100	53.2	57.7	60.3	54.3	58.4	58
110	64.4	59.5	61.8	60.3	58.6	58

ตารางที่ ก.15 ผลการวัดอุณหภูมิที่น้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 70 °C

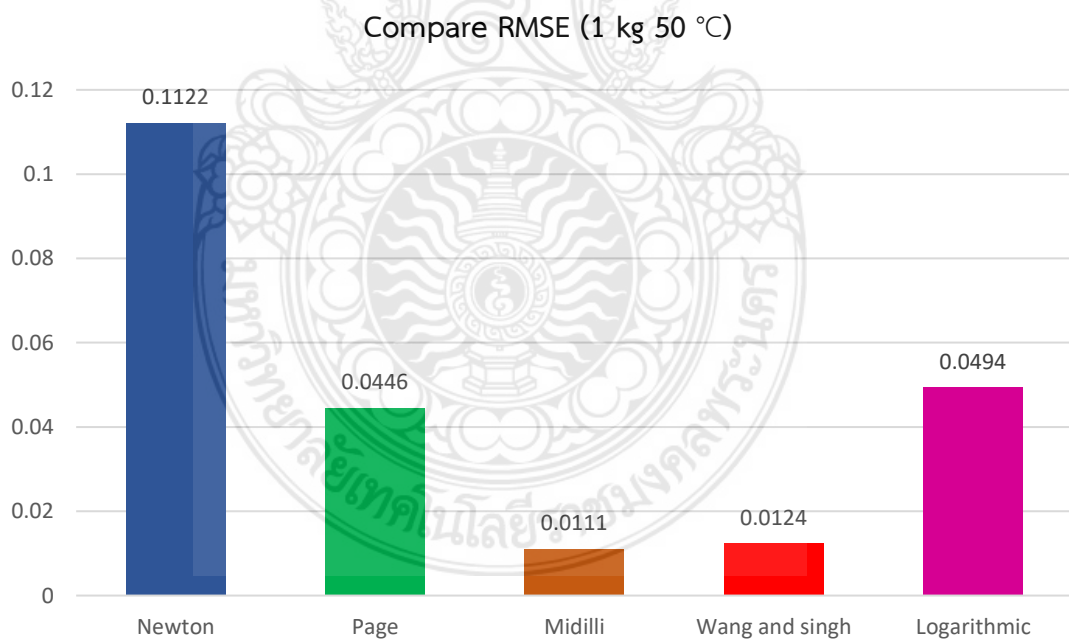
มวล 3 kg อุณหภูมิ 70 °C						
เวลา (Min)	จุดวัดอุณหภูมิที่ 1	จุดวัดอุณหภูมิที่ 2	จุดวัดอุณหภูมิที่ 3	จุดวัดอุณหภูมิที่ 4	จุดวัดอุณหภูมิที่ 5	จุดวัดอุณหภูมิที่ 6
0	27.6	29.5	28.2	32.2	37.5	36
10	64.4	35.6	40.5	37.9	52.1	52
20	63.9	54.8	45	44.7	53.3	52
30	62	48.1	48.2	55	55.1	54
40	61.8	45.6	45.5	56	56.5	54
50	64.9	55.4	56.7	57.7	56.2	54
60	62.6	58.1	53.7	58.1	55.3	54
70	62.1	58.3	53.9	58.6	57.6	54
80	60.6	57.3	56.4	57.1	56.3	54
90	62	57.8	58.3	59.3	58.5	56
100	62	59.9	60	60.5	58.8	56

ภาคผนวก ค
ผลการทดลองเพิ่มเติม

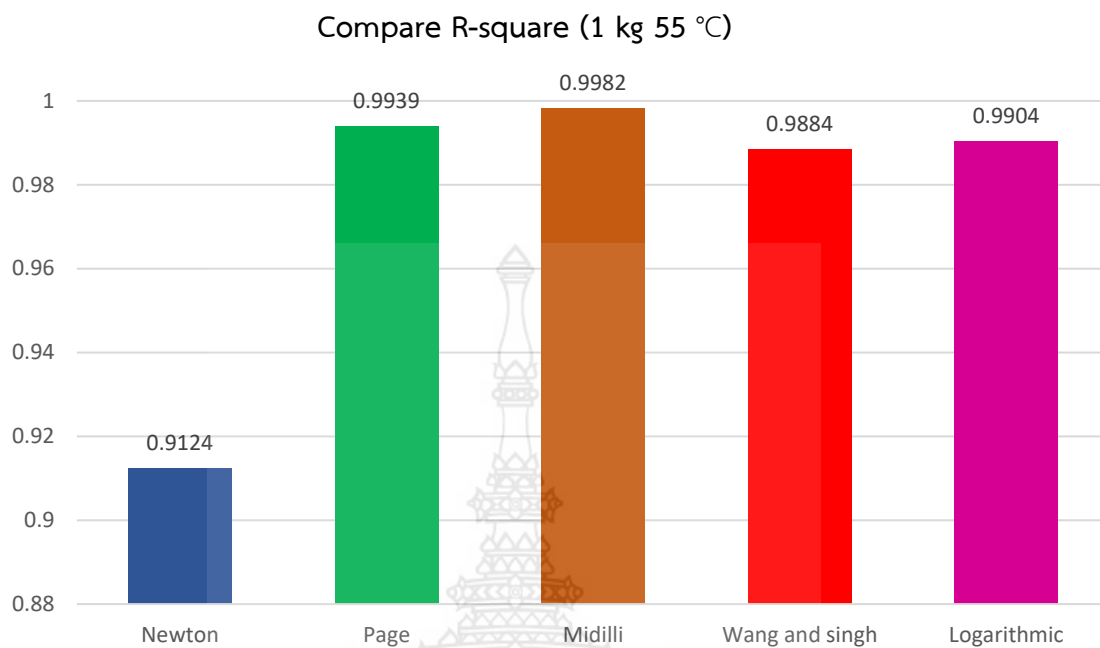




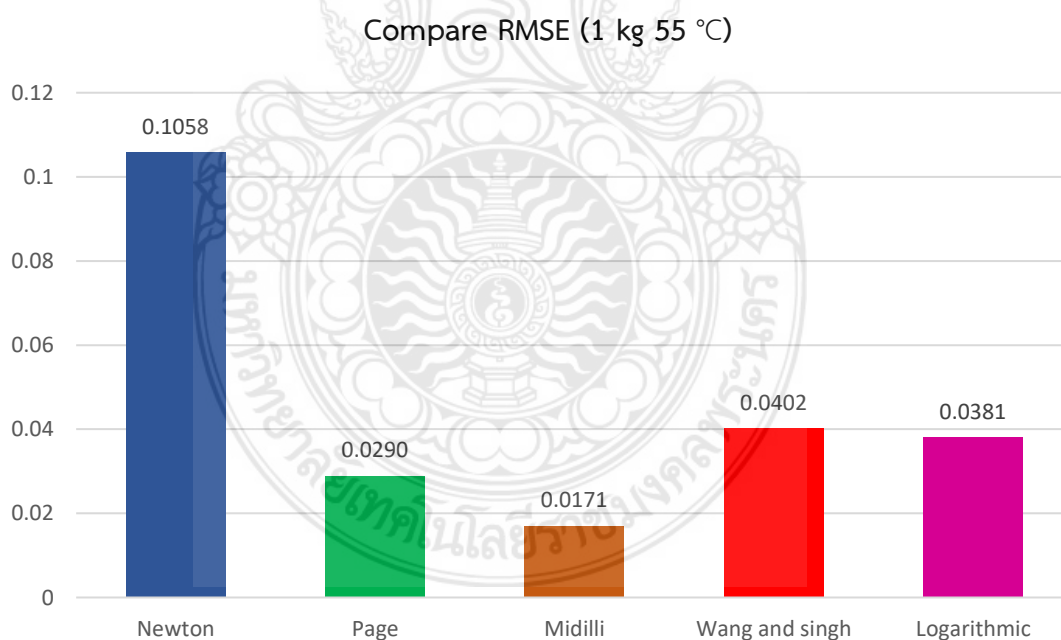
รูปที่ ค.1 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 50 °C



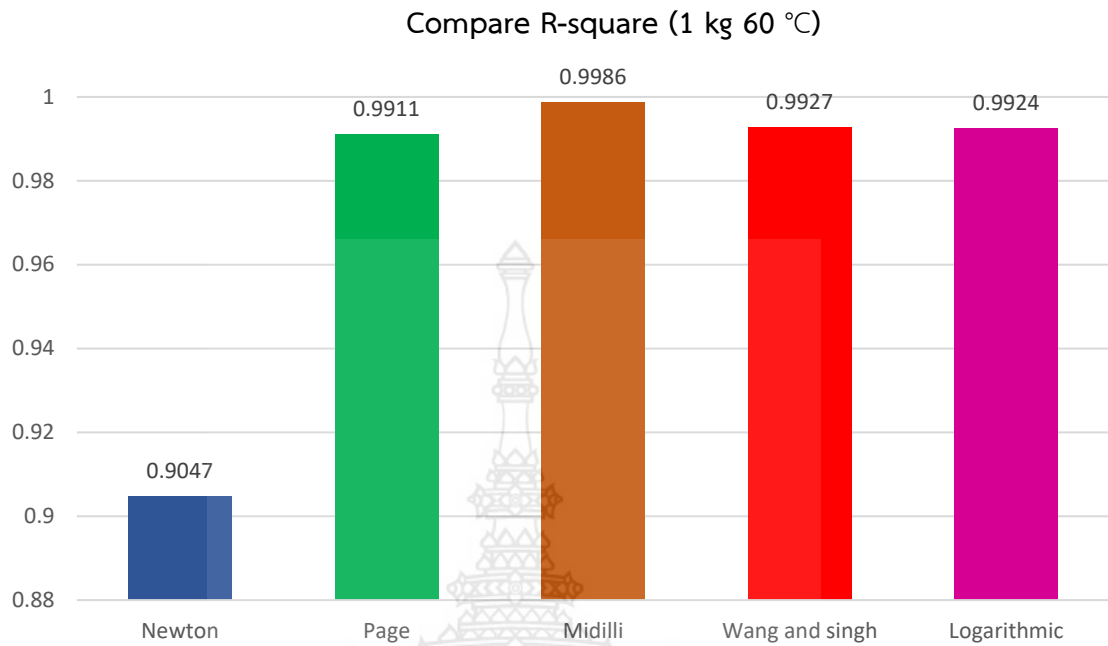
รูปที่ ค.2 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 50 °C



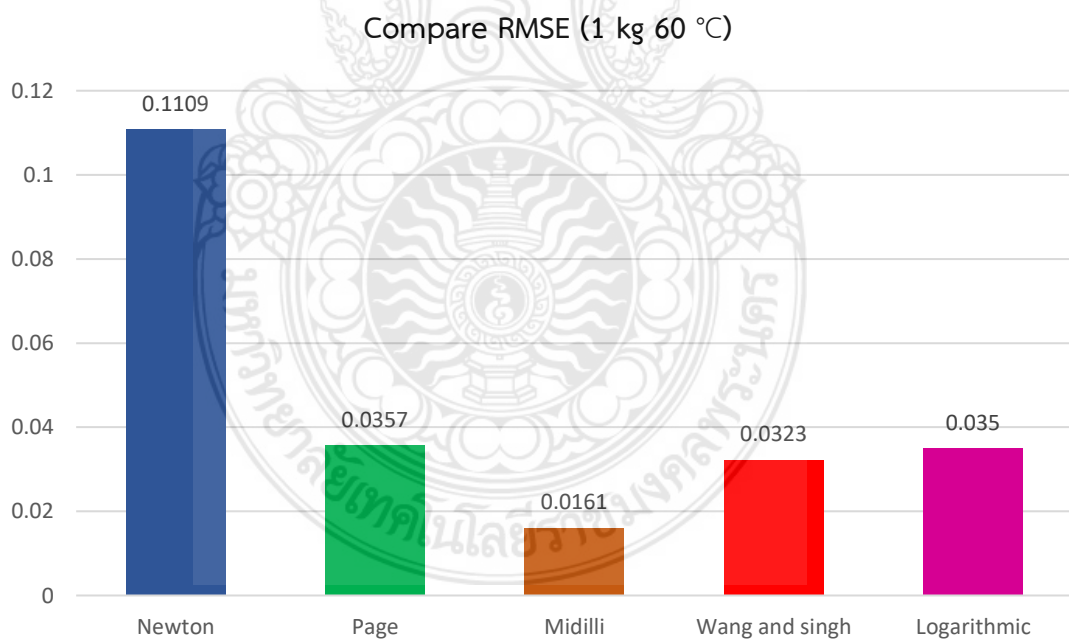
รูปที่ ค.3 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 55 °C



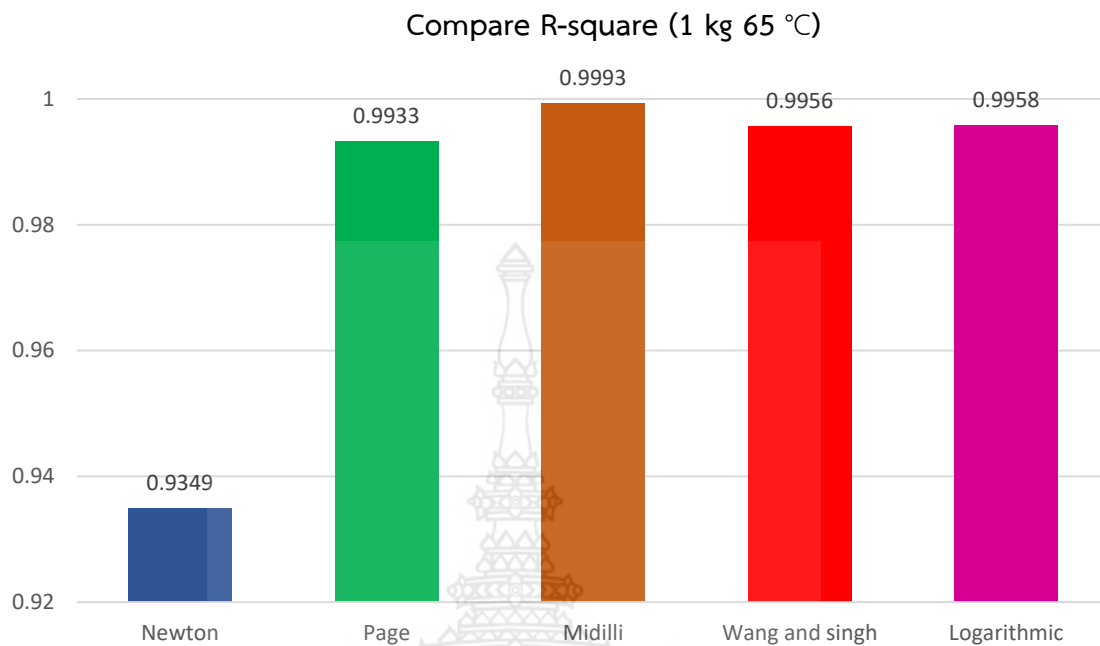
รูปที่ ค.4 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 55 °C



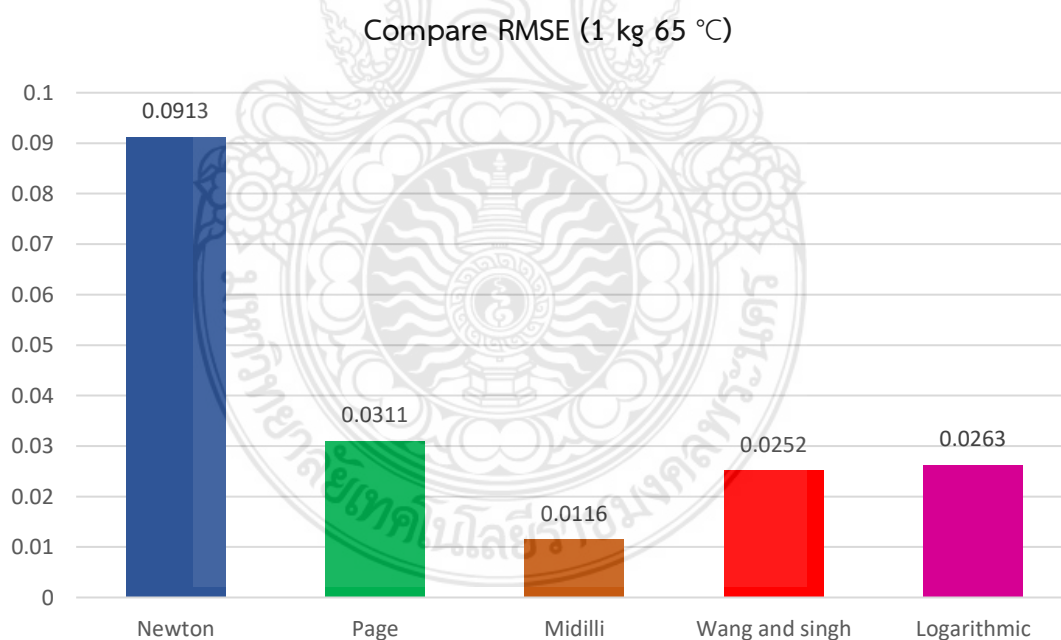
รูปที่ ค.5 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 60 °C



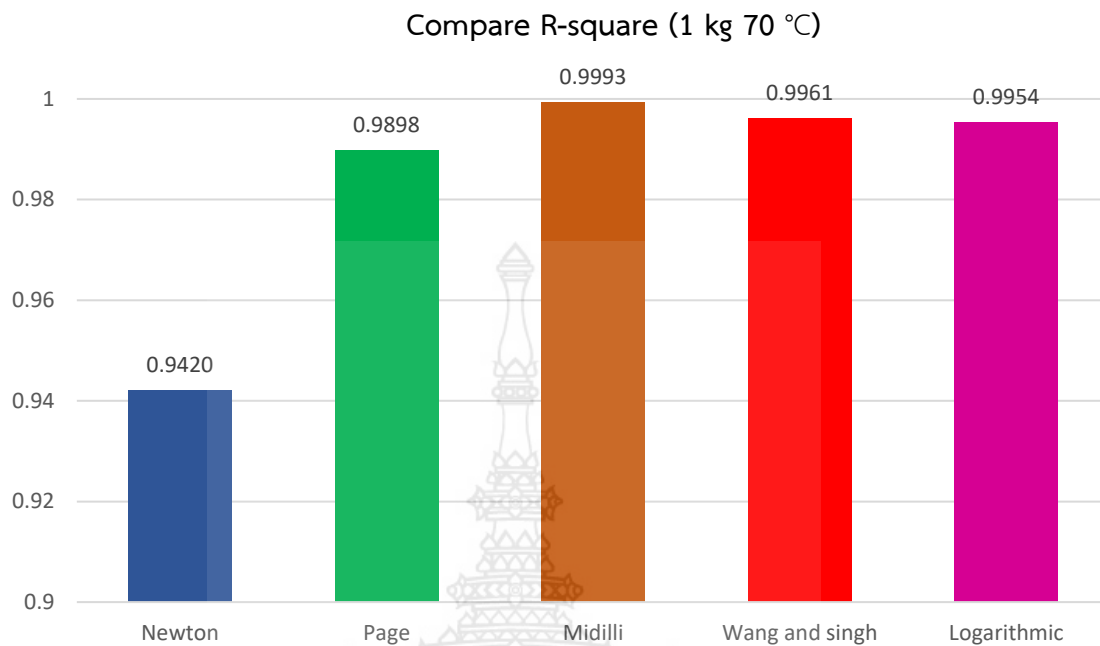
รูปที่ ค.6 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 60 °C



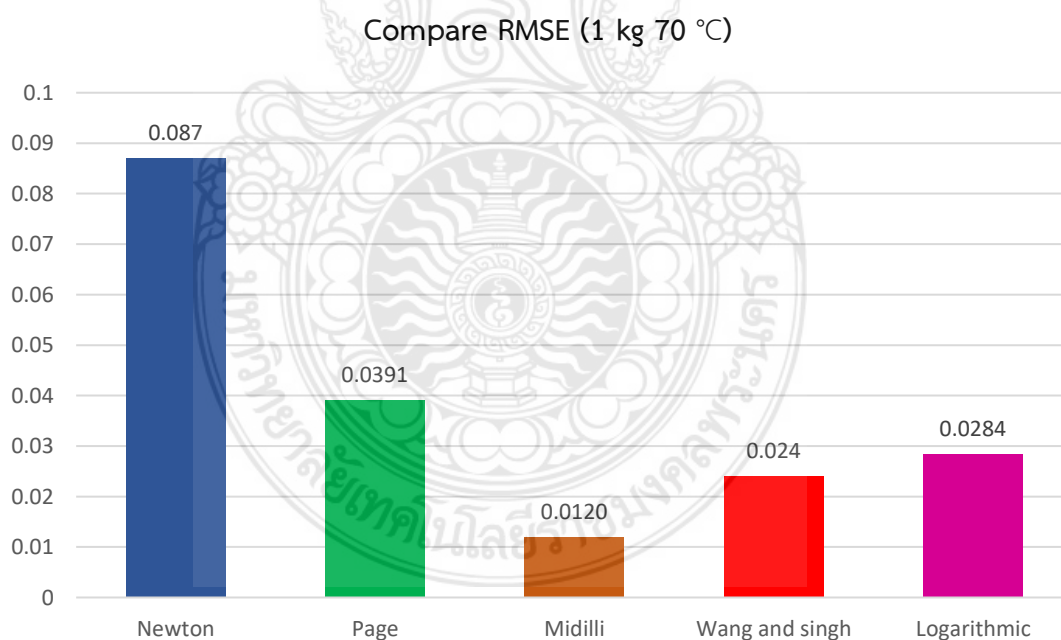
รูปที่ ค.7 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 65 °C



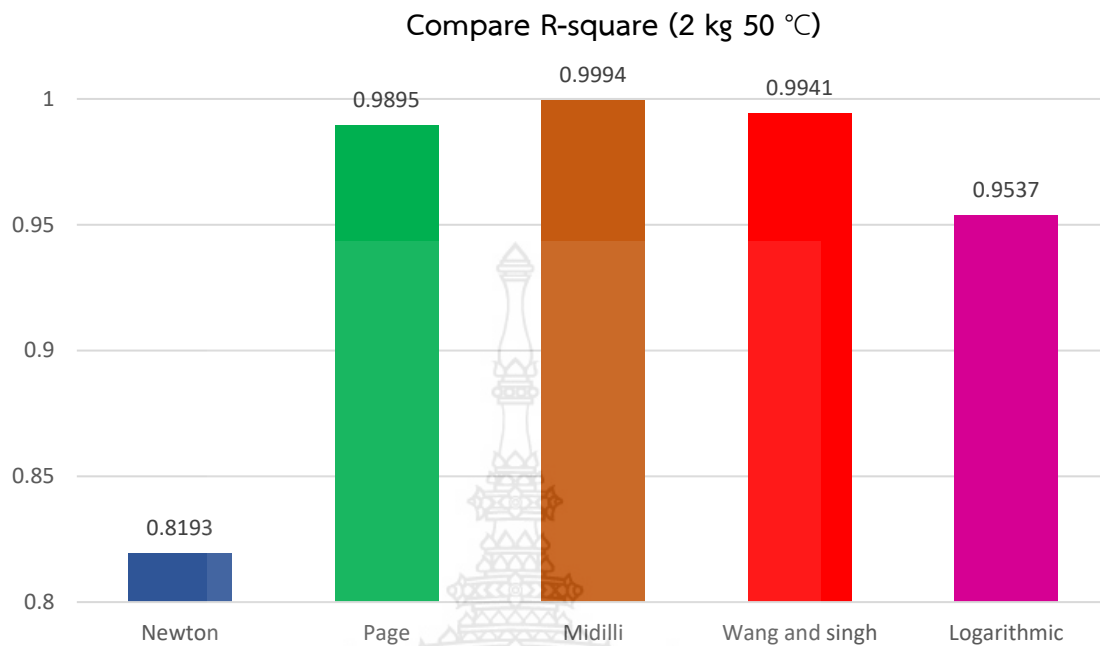
รูปที่ ค.8 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 65 °C



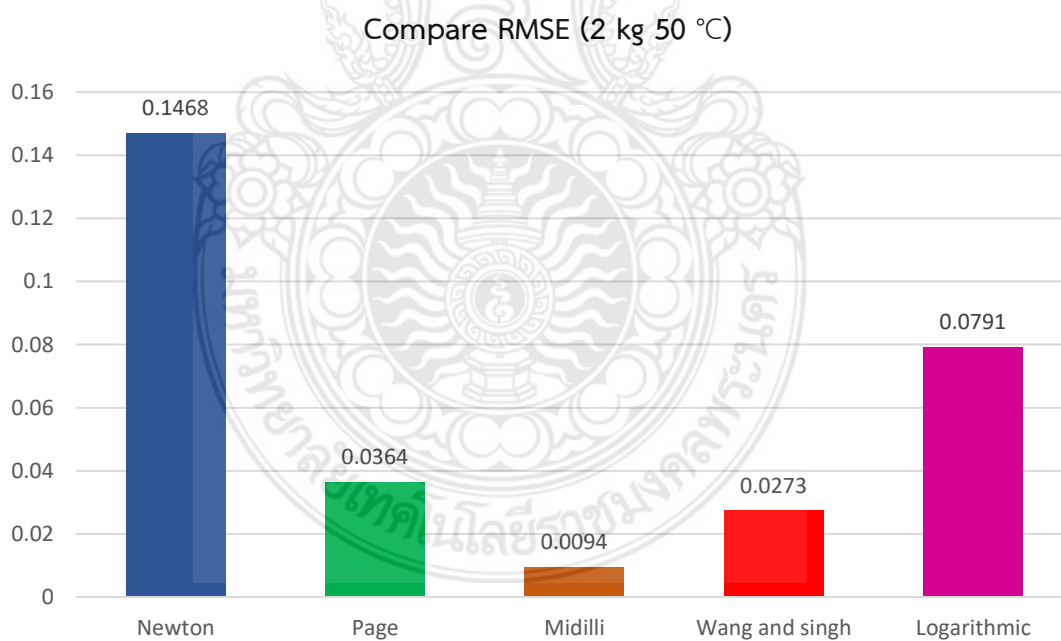
รูปที่ ค.9 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 70 °C



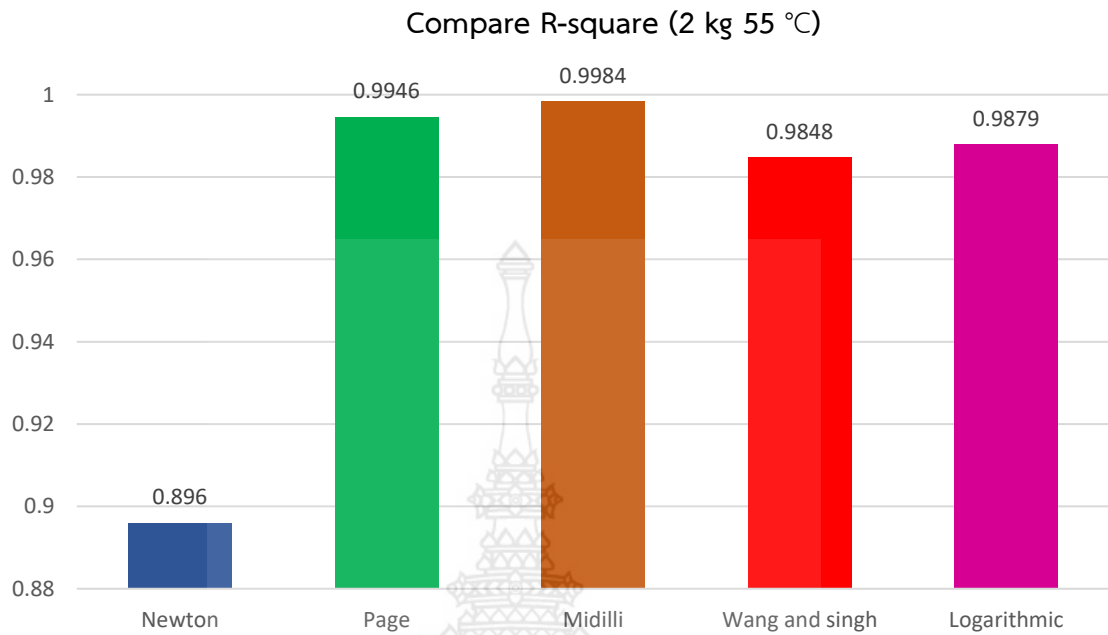
รูปที่ ค.10 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 1 kg อุณหภูมิ 70 °C



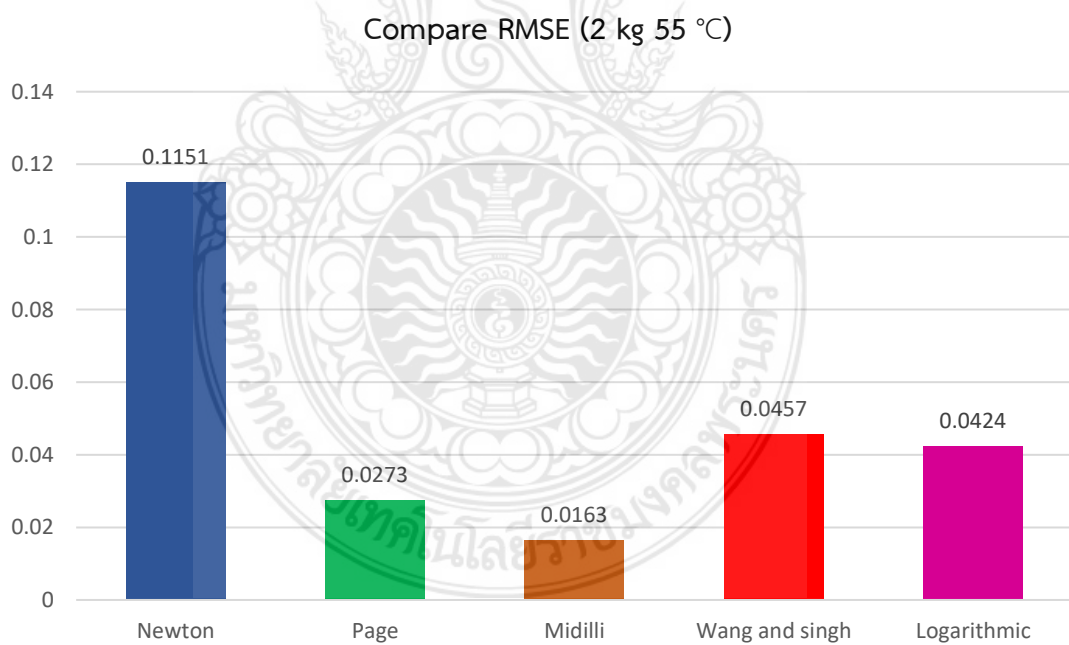
รูปที่ ค.11 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 50 °C



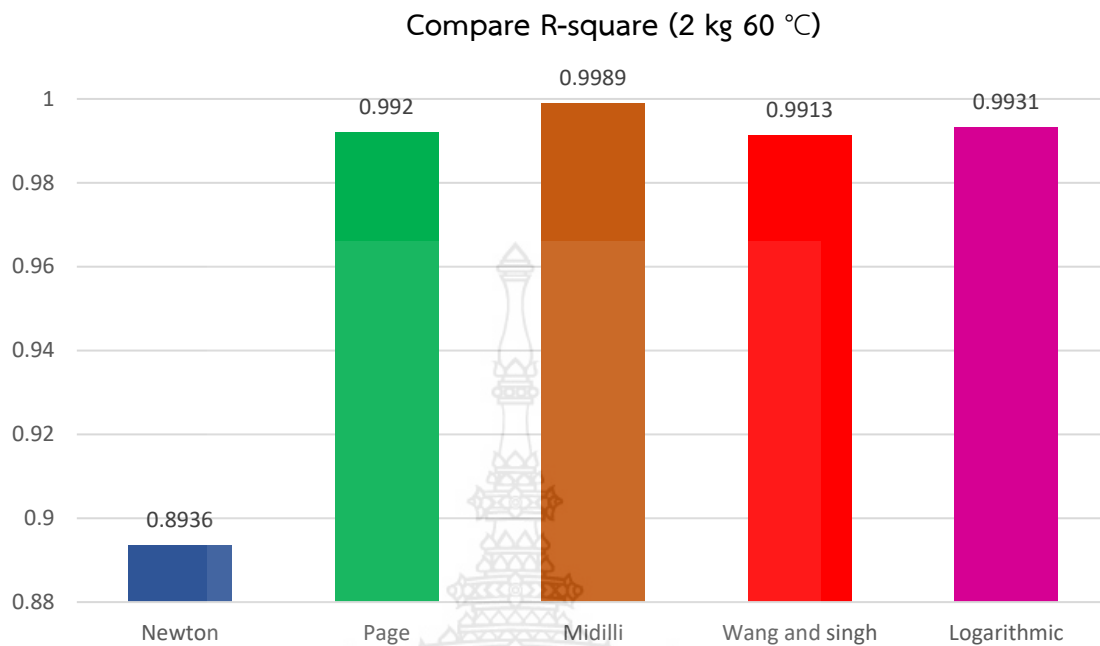
รูปที่ ค.12 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 50 °C



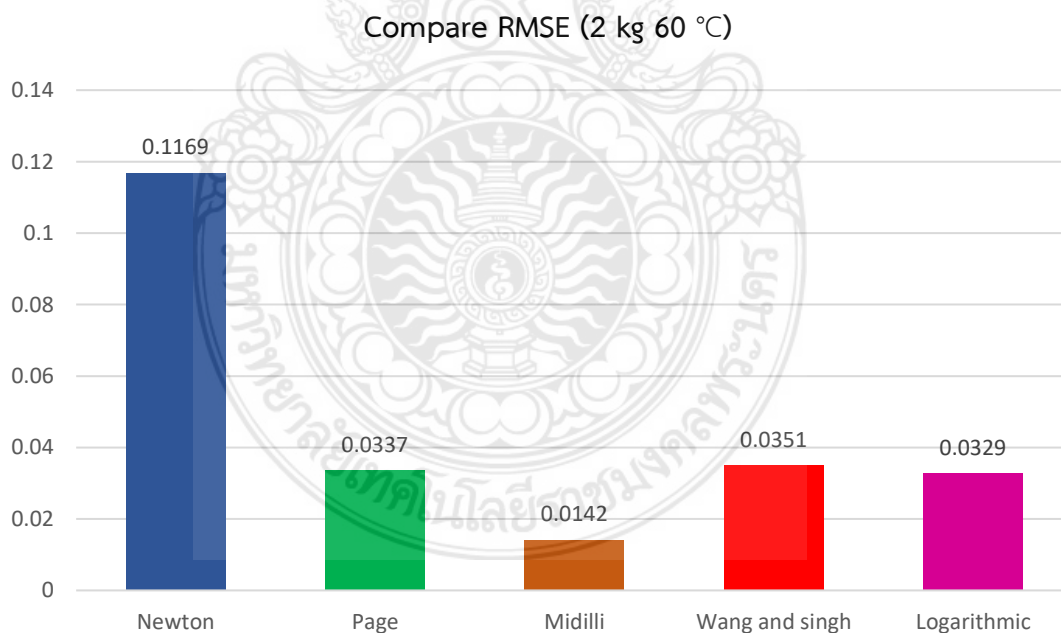
รูปที่ ค.13 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 2 kg อุณหภูมิ 55 °C



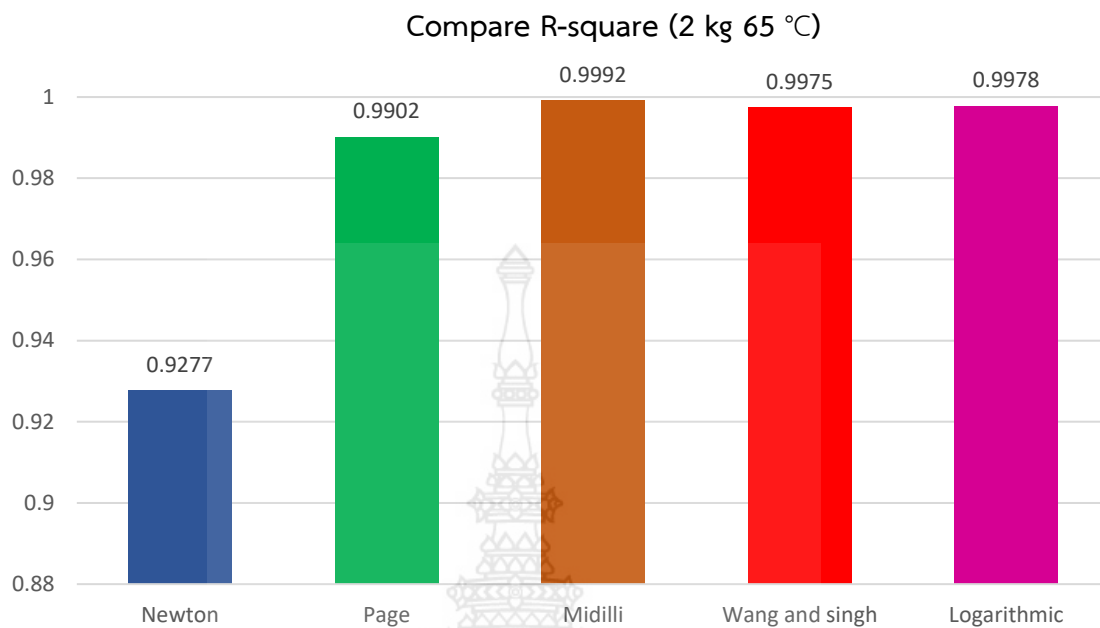
รูปที่ ค.14 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 2 kg อุณหภูมิ 55 °C



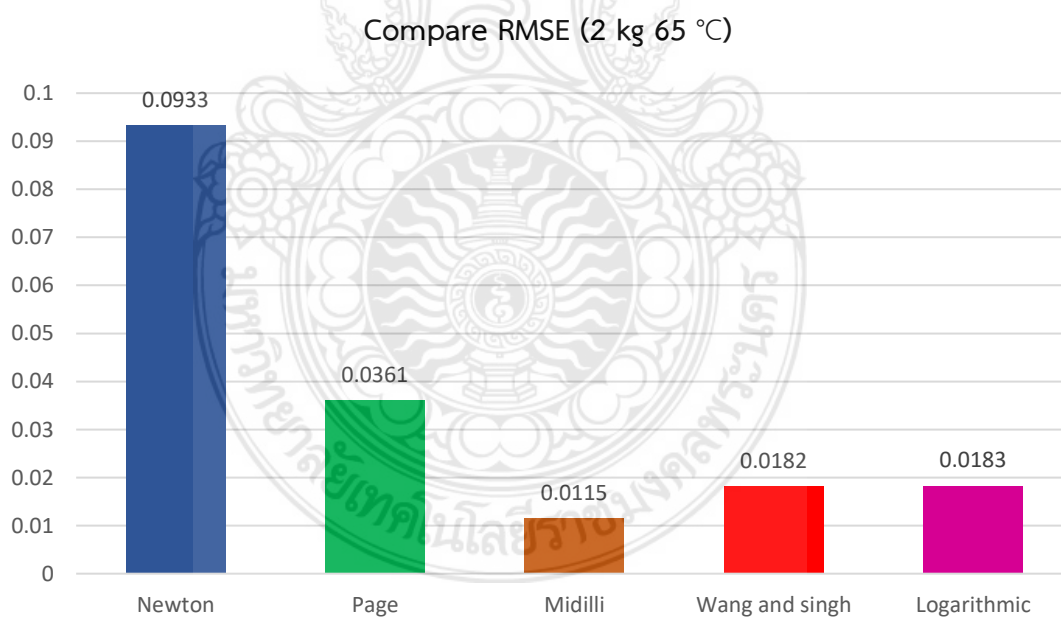
รูปที่ ค.15 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 60 °C



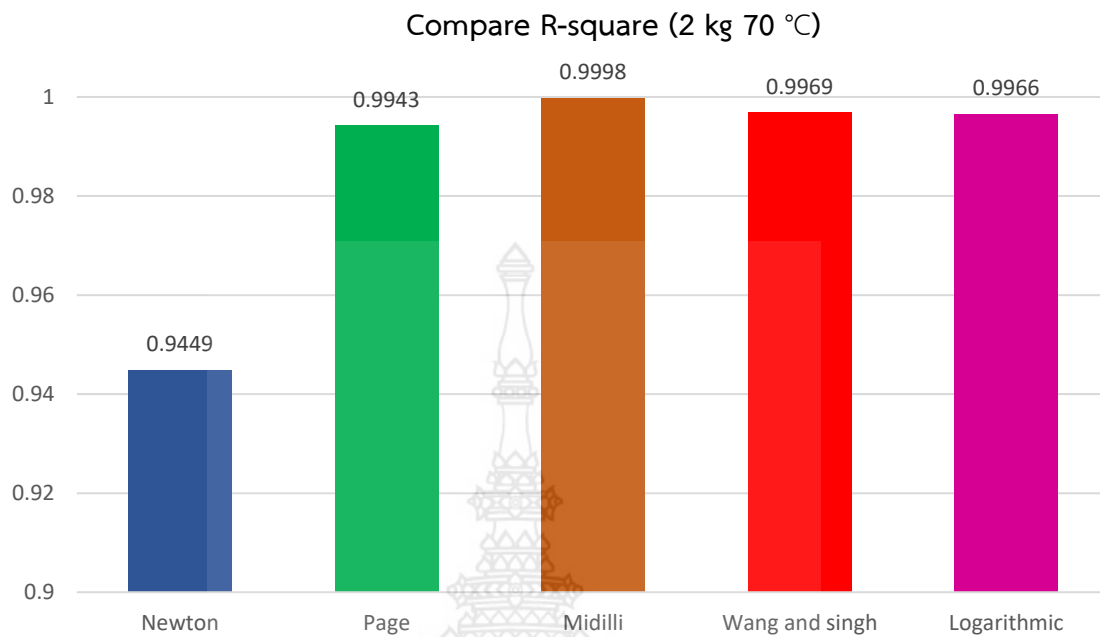
รูปที่ ค.16 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 60 °C



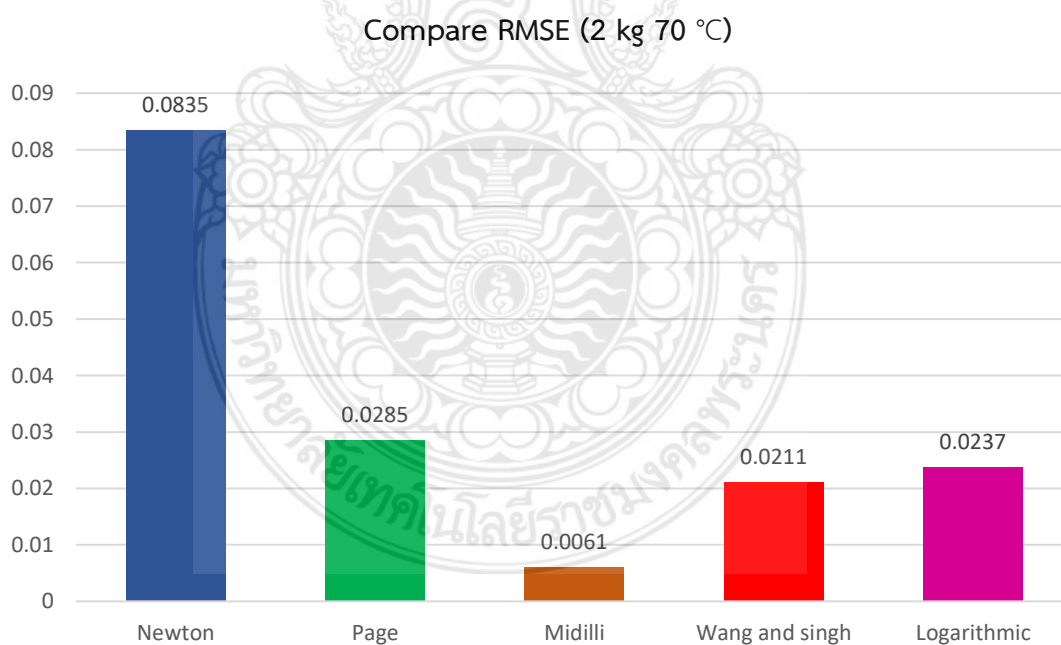
รูปที่ ค.17 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 2 kg อุณหภูมิ 65 °C



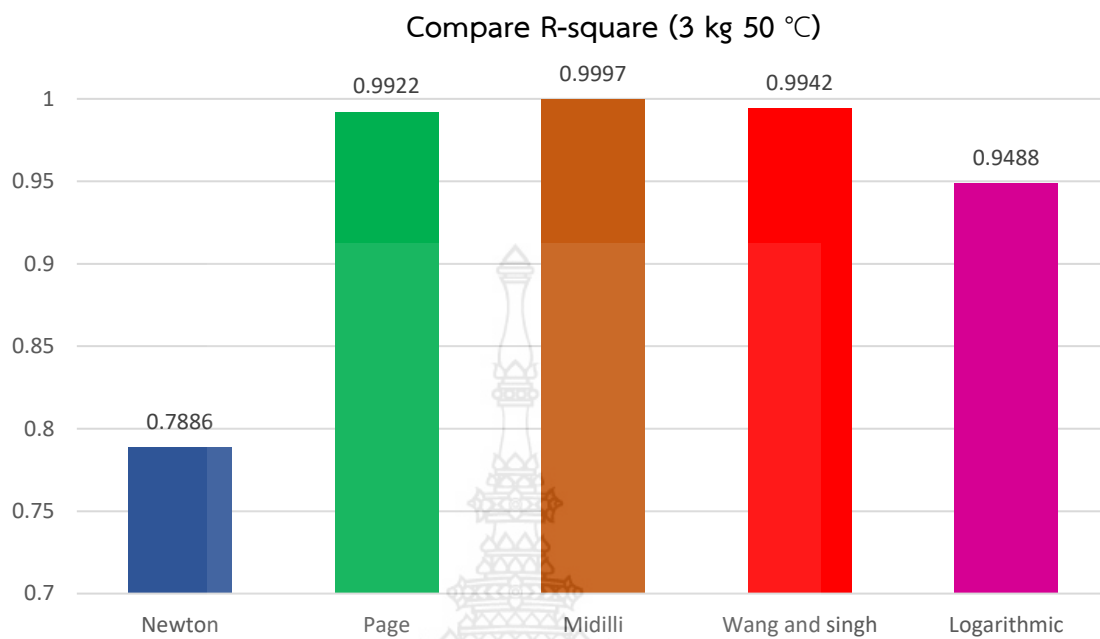
รูปที่ ค.18 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 2 kg อุณหภูมิ 65 °C



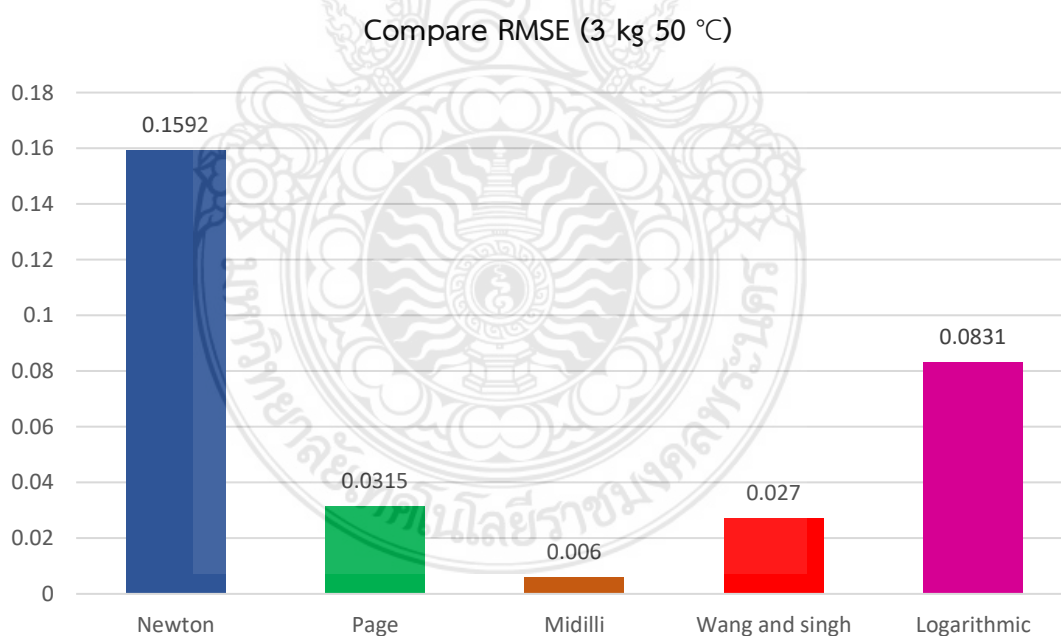
รูปที่ ค.19 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 2 kg อุณหภูมิ 70 °C



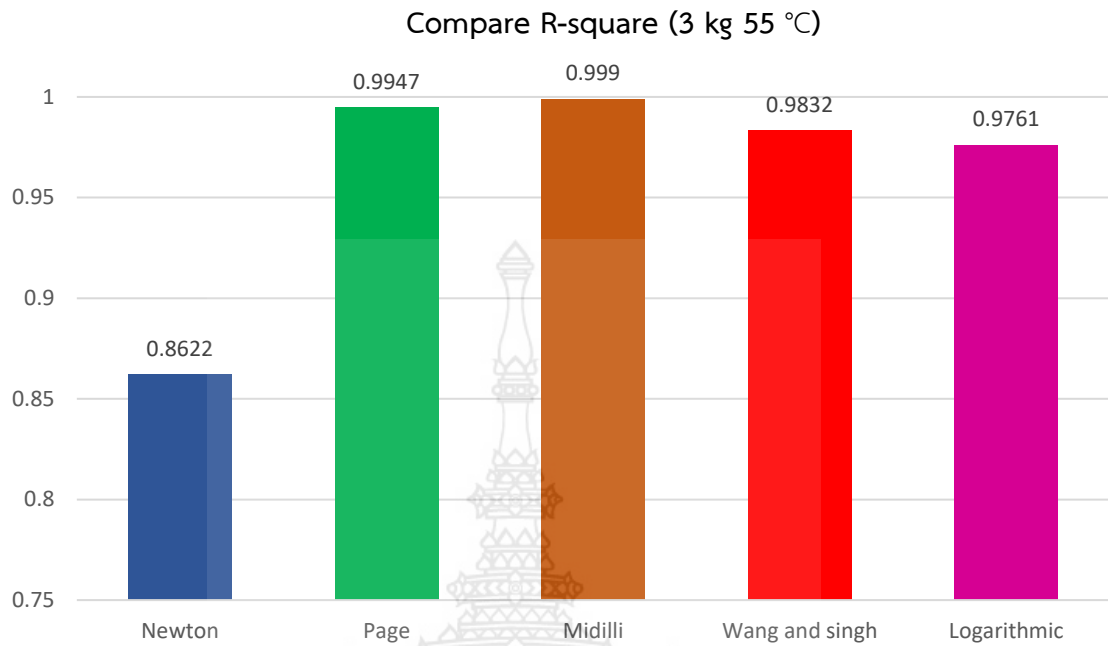
รูปที่ ค.20 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 2 kg อุณหภูมิ 70 °C



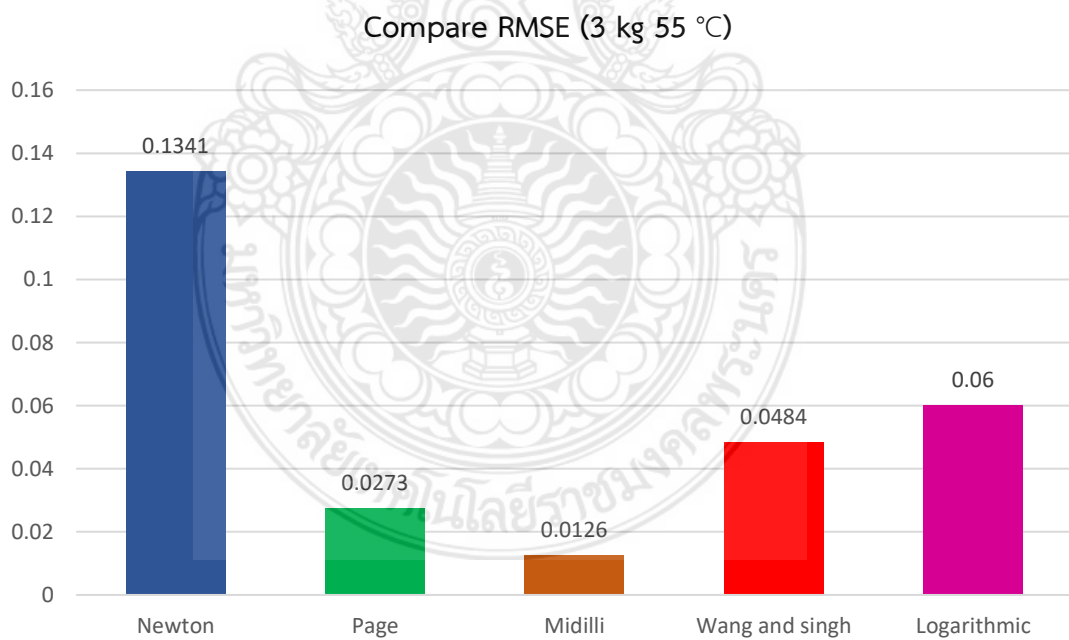
รูปที่ ค.21 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 50 °C



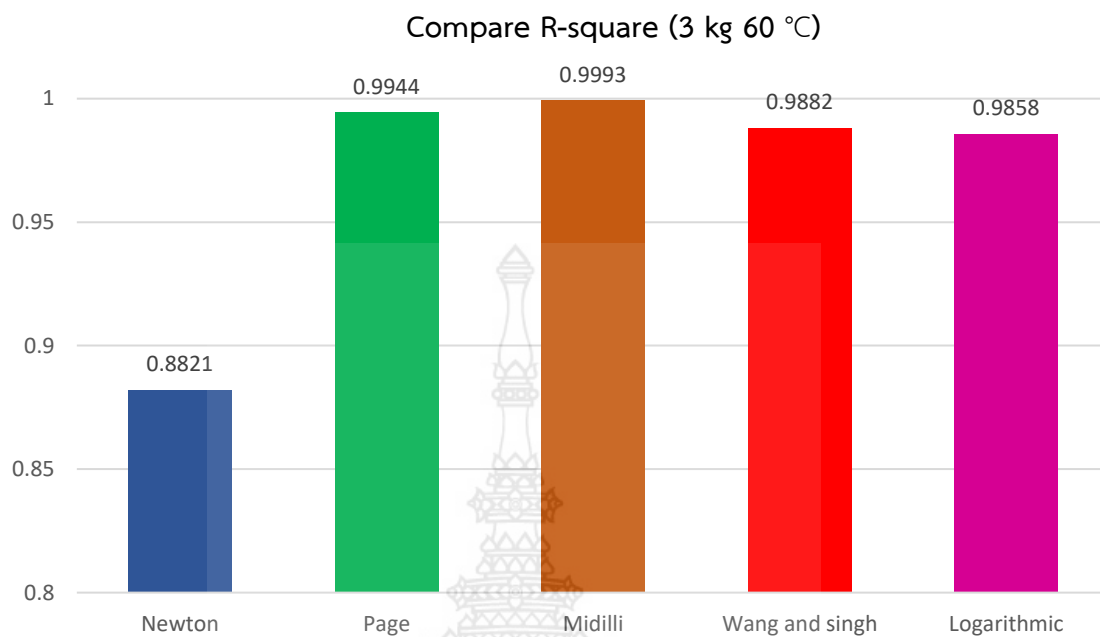
รูปที่ ค.22 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 50 °C



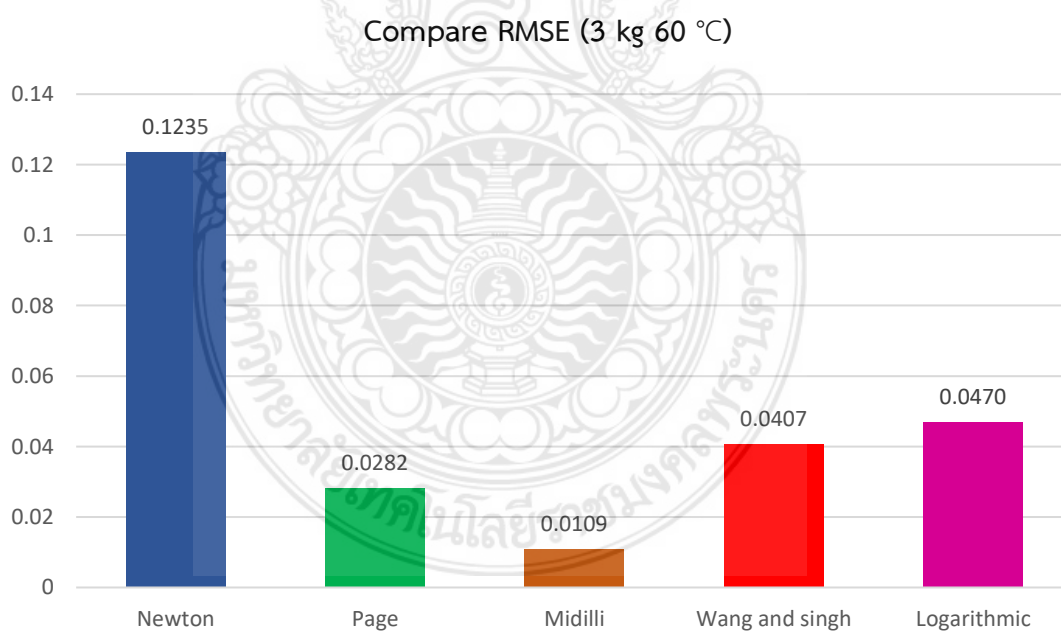
รูปที่ ค.23 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 55 °C



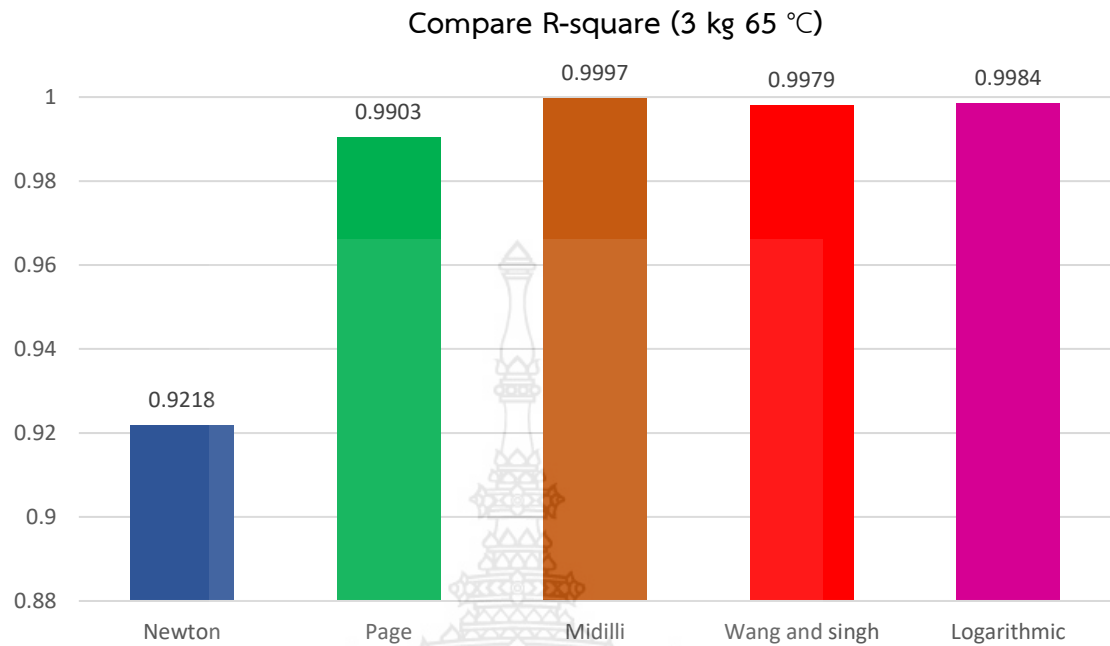
รูปที่ ค.24 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 55 °C



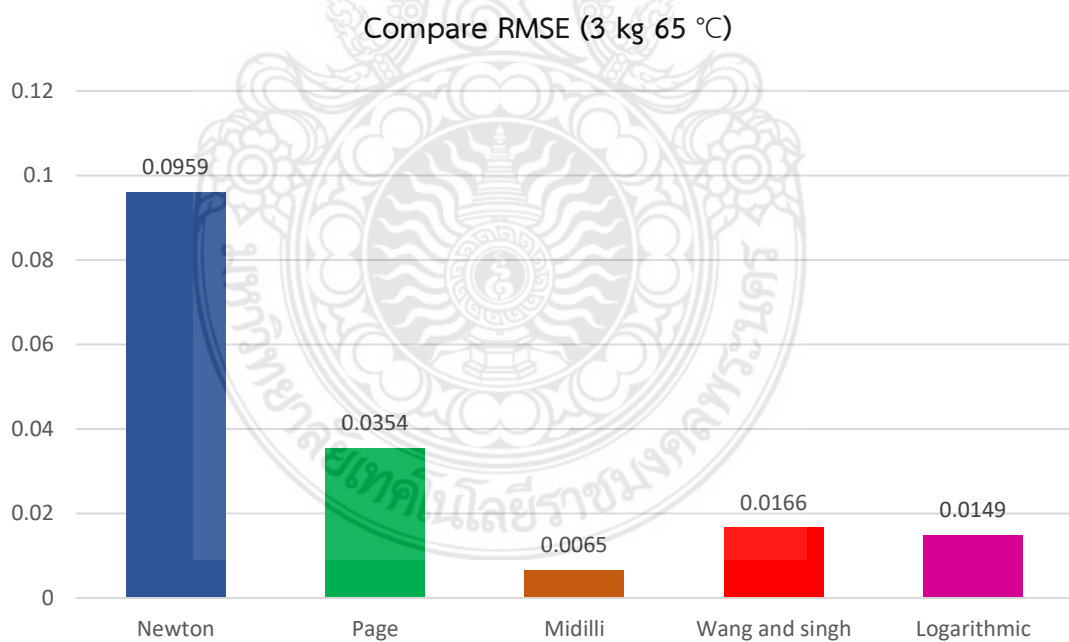
รูปที่ ค.25 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 60 °C



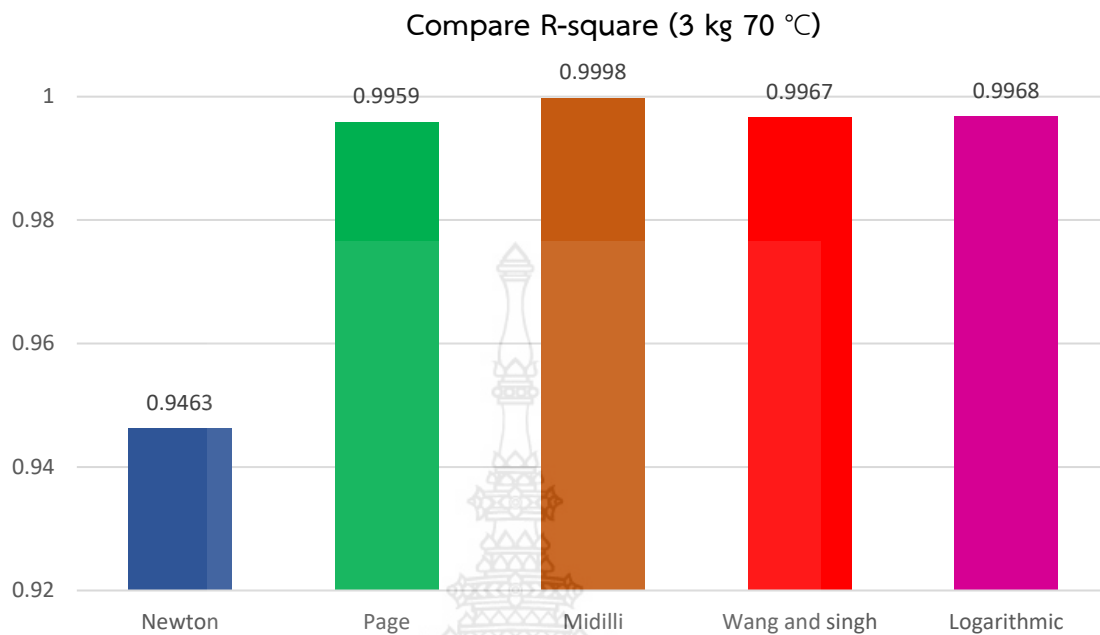
รูปที่ ค.26 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 60 °C



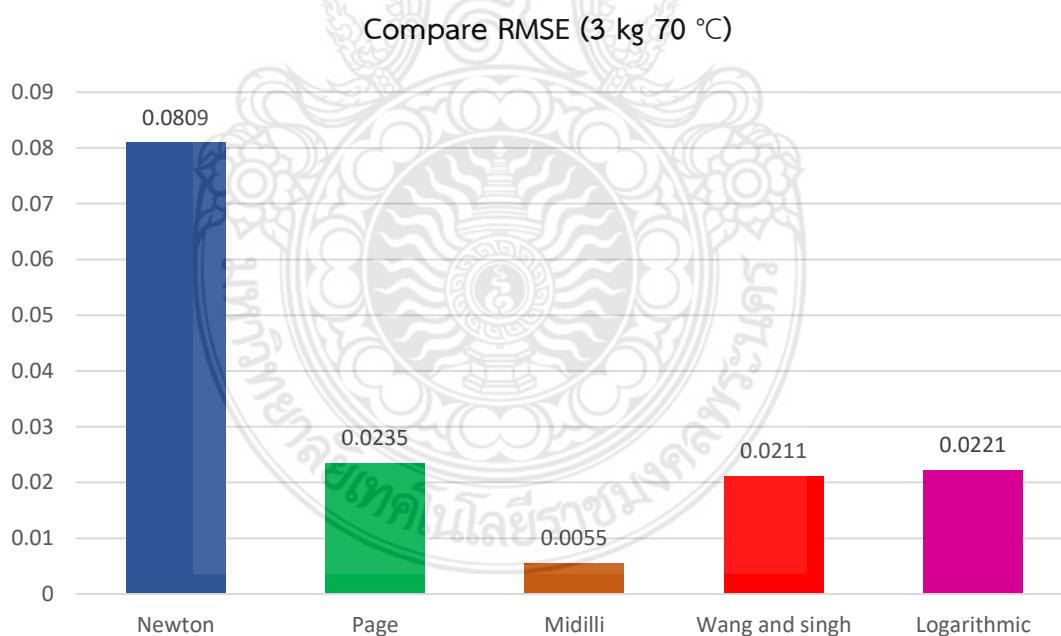
รูปที่ ค.27 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 65 °C



รูปที่ ค.28 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 65 °C



รูปที่ ค.29 ผลการเปรียบเทียบ R^2 ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 70 °C



รูปที่ ค.30 ผลการเปรียบเทียบ RMSE ที่มวลน้ำหนั 3 kg อุณหภูมิ 70 °C

ภาคผนวก ง

บันทึกผลการทำนายอัตราส่วนความชันการอบแห้งใบกระท่อม



ง.1 บันทึกผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งใบกระท่อม

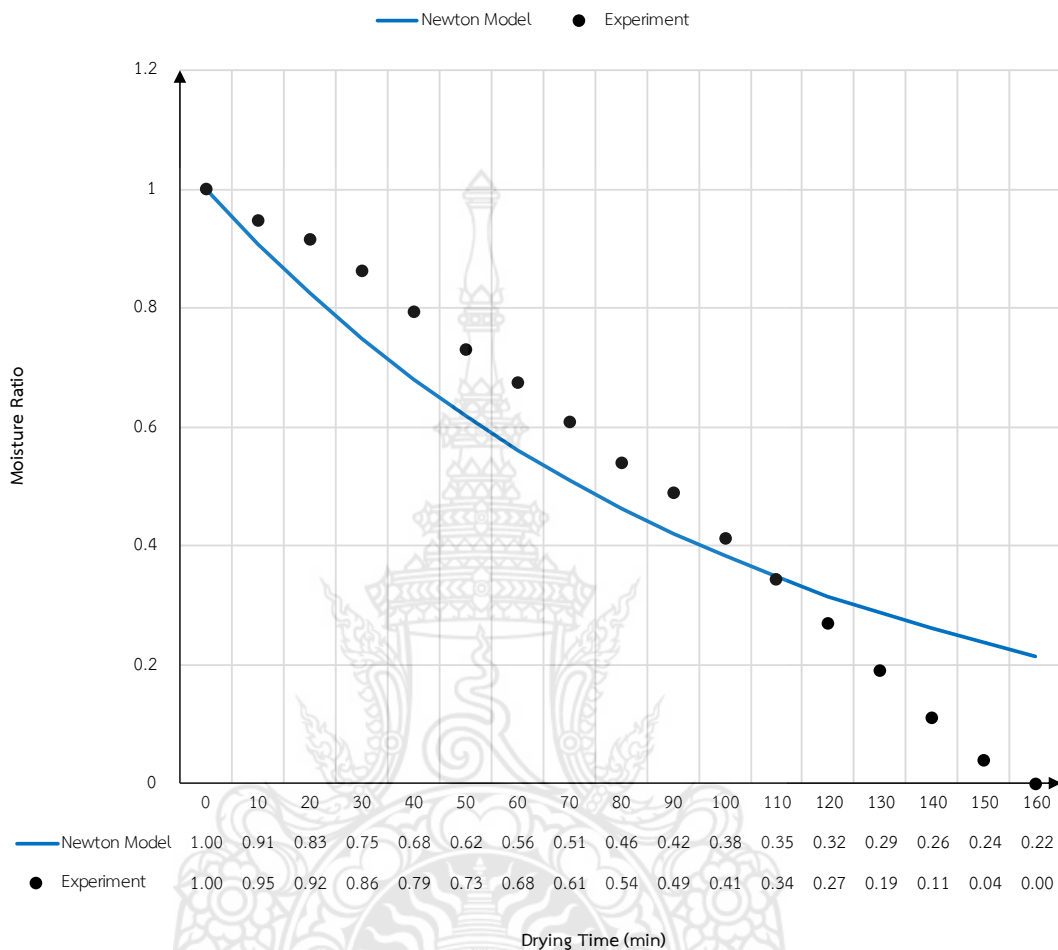
ง.1.1 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.8834 ,RMSE = 0.1122				
Drying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0096	1.00	1.00	0.00
10	0.0096	0.91	0.95	4.23
20	0.0096	0.83	0.92	9.88
30	0.0096	0.75	0.86	13.19
40	0.0096	0.68	0.79	14.10
50	0.0096	0.62	0.73	15.24
60	0.0096	0.56	0.68	16.79
70	0.0096	0.51	0.61	16.10
80	0.0096	0.46	0.54	14.20
90	0.0096	0.42	0.49	13.73
100	0.0096	0.38	0.41	7.44
110	0.0096	0.35	0.34	-1.02
120	0.0096	0.32	0.27	-17.04
130	0.0096	0.29	0.19	-51.09
140	0.0096	0.26	0.11	-137.09
150	0.0096	0.24	0.04	-492.32
160	0.0096	0.22	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



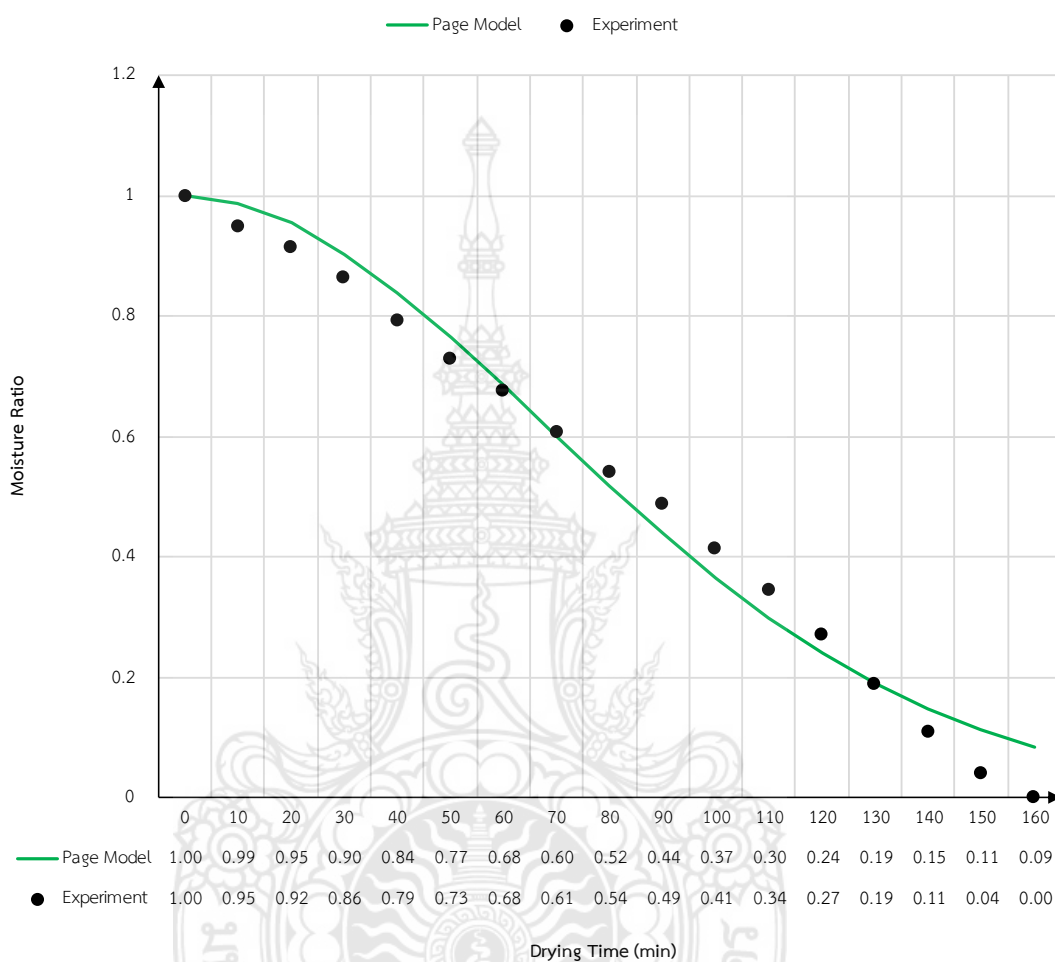
รูปที่ ง.1 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k , n , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.2

ตารางที่ ง.2 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9828 ,RMSE = 0.0446					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	0.0002	1.9089	1.00	1.00	0.00
10	0.0002	1.9089	0.99	0.95	-3.1
20	0.0002	1.9089	0.95	0.92	-4.24
30	0.0002	1.9089	0.90	0.86	-4.68
40	0.0002	1.9089	0.84	0.79	-5.89
50	0.0002	1.9089	0.77	0.73	-4.83
60	0.0002	1.9089	0.68	0.68	-1.34
70	0.0002	1.9089	0.60	0.61	1.20
80	0.0002	1.9089	0.52	0.54	4.04
90	0.0002	1.9089	0.44	0.49	9.99
100	0.0002	1.9089	0.37	0.41	11.47
110	0.0002	1.9089	0.30	0.34	12.96
120	0.0002	1.9089	0.24	0.27	10.72
130	0.0002	1.9089	0.19	0.19	-0.31
140	0.0002	1.9089	0.15	0.11	-34.68
150	0.0002	1.9089	0.11	0.04	-183.08
160	0.0002	1.9089	0.09	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



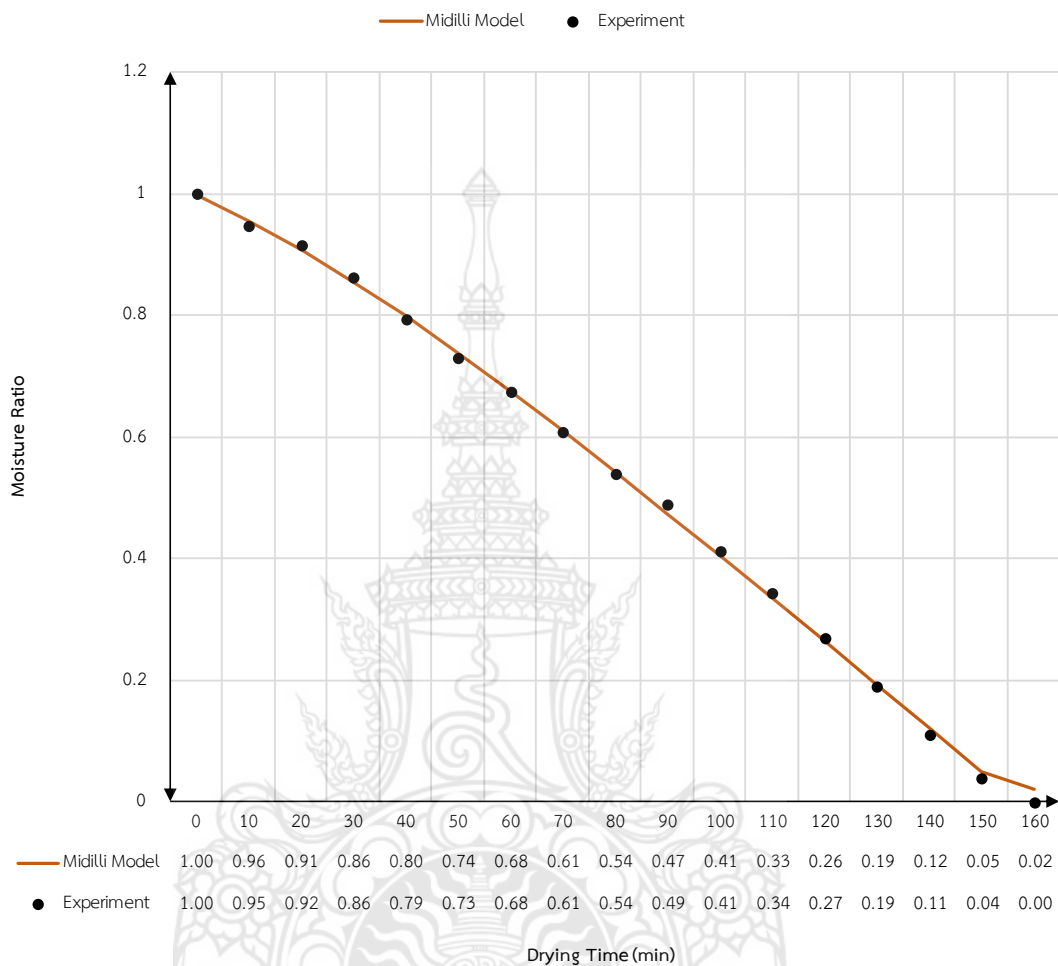
รูปที่ ง.2 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.3

ตารางที่ ง.3 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9992 ,RMSE = 0.01							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	1.00	1.00	0.18
10	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.96	0.95	-0.84
20	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.91	0.92	0.79
30	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.86	0.86	0.94
40	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.80	0.79	-0.72
50	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.74	0.73	-1.17
60	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.68	0.68	0.00
70	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.61	0.61	-0.28
80	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.54	0.54	-0.48
90	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.47	0.49	2.82
100	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.41	0.41	2.07
110	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.33	0.34	2.81
120	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.26	0.27	2.34
130	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.19	0.19	-1.33
140	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.12	0.11	-10.36
150	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.05	0.04	-26.36
160	0.9982	1.18E-04	1.6769	-0.0036	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO

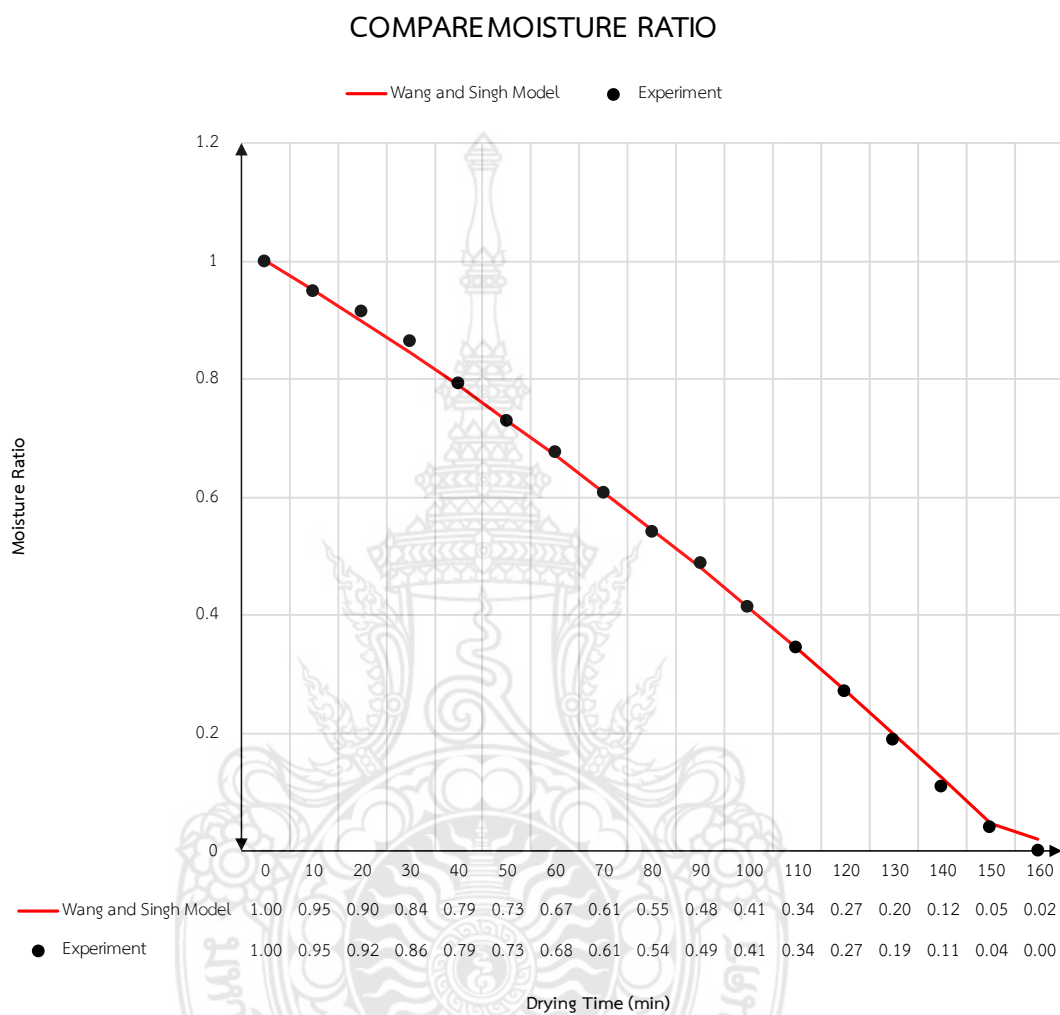


รูปที่ ง.3 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ๔.4

ตารางที่ ๔.4 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9987 ,RMSE = 0.0124					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0049	-9.70E-06	1.00	1.00	0.00
10	-0.0049	-9.70E-06	0.95	0.95	-0.15
20	-0.0049	-9.70E-06	0.90	0.92	1.92
30	-0.0049	-9.70E-06	0.84	0.86	2.24
40	-0.0049	-9.70E-06	0.79	0.79	0.57
50	-0.0049	-9.70E-06	0.73	0.73	-0.10
60	-0.0049	-9.70E-06	0.67	0.68	0.67
70	-0.0049	-9.70E-06	0.61	0.61	-0.12
80	-0.0049	-9.70E-06	0.55	0.54	-0.96
90	-0.0049	-9.70E-06	0.48	0.49	1.66
100	-0.0049	-9.70E-06	0.41	0.41	0.17
110	-0.0049	-9.70E-06	0.34	0.34	0.21
120	-0.0049	-9.70E-06	0.27	0.27	-0.84
130	-0.0049	-9.70E-06	0.20	0.19	-4.74
140	-0.0049	-9.70E-06	0.12	0.11	-12.55
150	-0.0049	-9.70E-06	0.05	0.04	-16.66
160	-0.0049	-9.70E-06	0.02	0.00	100



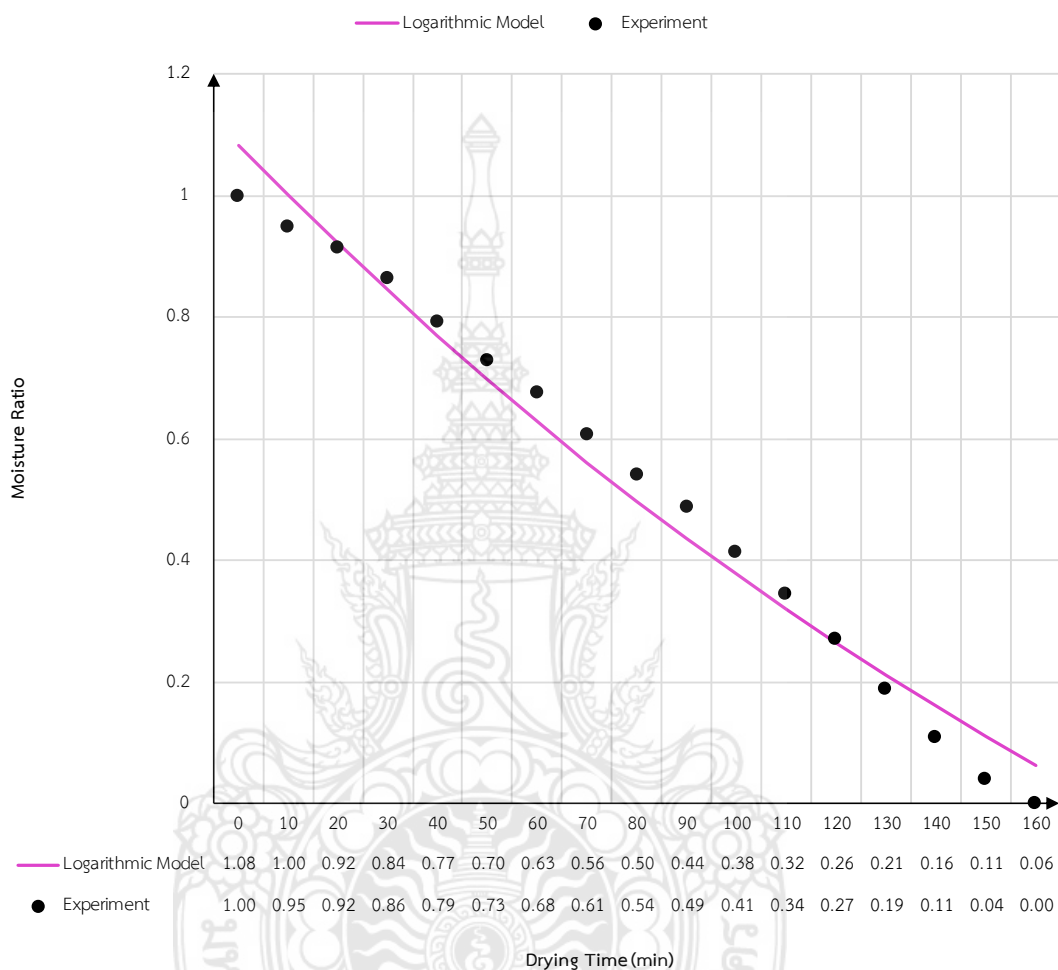
รูปที่ ง.4 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ๓.5

ตารางที่ ๓.5 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9802 ,RMSE = 0.0494						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	2.2833	0.0037	-1.2	1.08	1.00	-8.33
10	2.2833	0.0037	-1.2	1.00	0.95	-5.45
20	2.2833	0.0037	-1.2	0.92	0.92	-0.51
30	2.2833	0.0037	-1.2	0.84	0.86	2.34
40	2.2833	0.0037	-1.2	0.77	0.79	3.00
50	2.2833	0.0037	-1.2	0.70	0.73	4.43
60	2.2833	0.0037	-1.2	0.63	0.68	6.94
70	2.2833	0.0037	-1.2	0.56	0.61	7.62
80	2.2833	0.0037	-1.2	0.50	0.54	7.85
90	2.2833	0.0037	-1.2	0.44	0.49	10.63
100	2.2833	0.0037	-1.2	0.38	0.41	8.83
110	2.2833	0.0037	-1.2	0.32	0.34	7.10
120	2.2833	0.0037	-1.2	0.26	0.27	1.98
130	2.2833	0.0037	-1.2	0.21	0.19	-11.29
140	2.2833	0.0037	-1.2	0.16	0.11	-45.62
150	2.2833	0.0037	-1.2	0.11	0.04	-176.95
160	2.2833	0.0037	-1.2	0.06	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.5 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

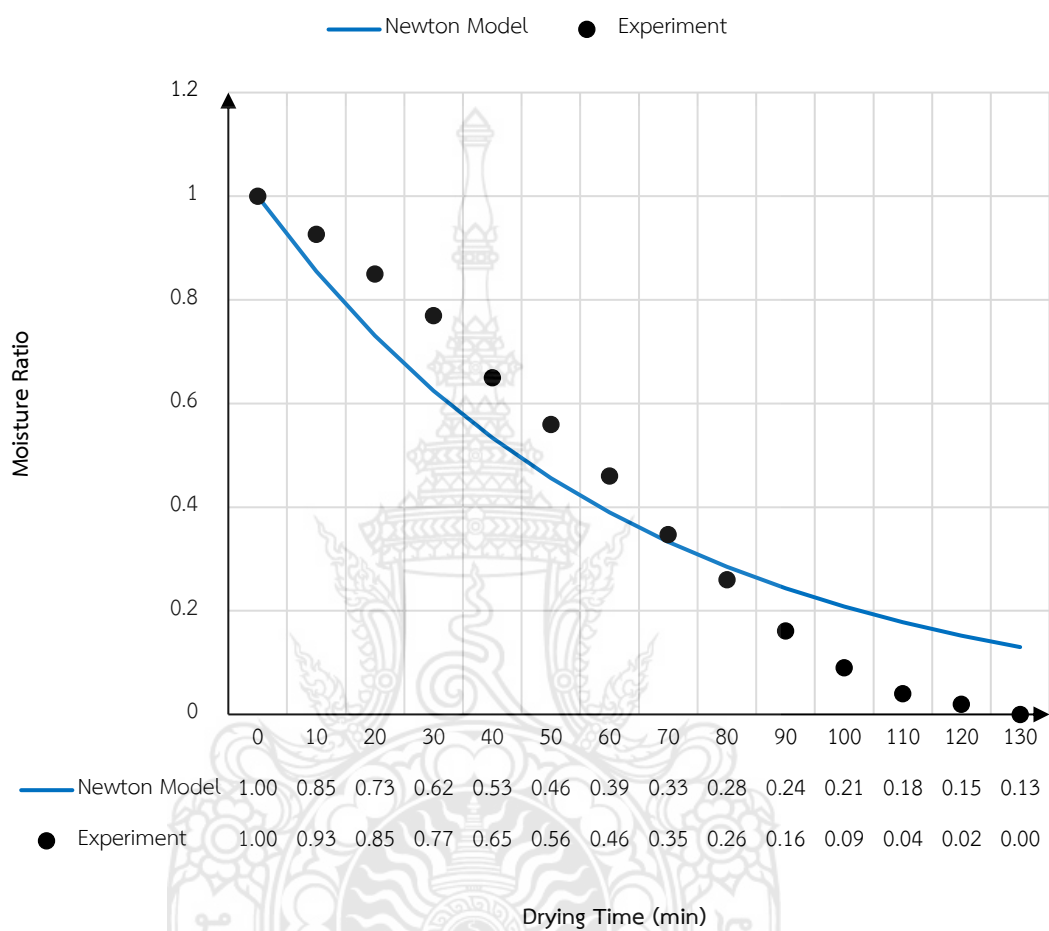
ง.1.2 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 55 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.6

ตารางที่ ง.6 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9124 ,RMSE = 0.1058				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0157	1.00	1.00	0.00
10	0.0157	0.85	0.93	7.74
20	0.0157	0.73	0.85	14.06
30	0.0157	0.62	0.77	18.91
40	0.0157	0.53	0.65	17.90
50	0.0157	0.46	0.56	18.55
60	0.0157	0.39	0.46	15.25
70	0.0157	0.33	0.35	4.00
80	0.0157	0.28	0.26	-9.53
90	0.0157	0.24	0.16	-50.85
100	0.0157	0.21	0.09	-131.16
110	0.0157	0.18	0.04	-344.54
120	0.0157	0.15	0.02	-659.90
130	0.0157	0.13	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



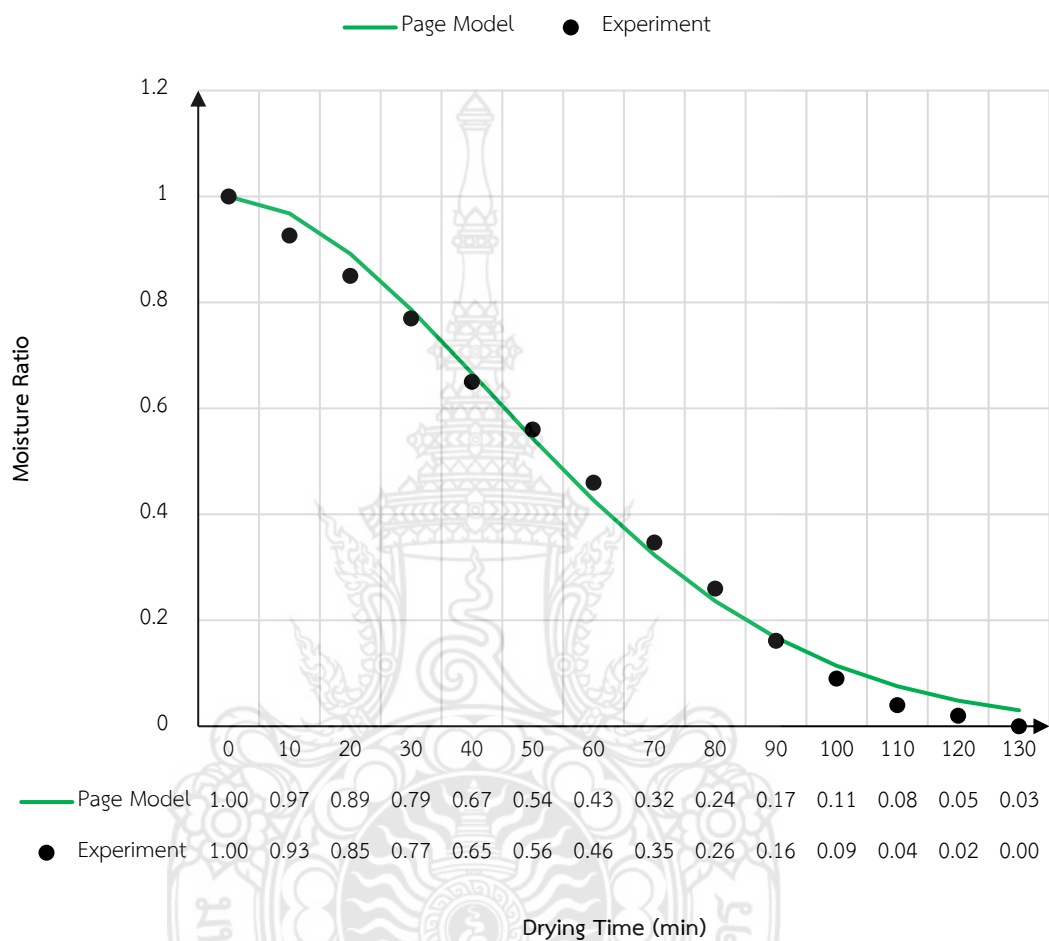
รูปที่ ๖.๖ เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.7

ตารางที่ ง.7 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9939 ,RMSE = 0.029					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	4.79E-04	1.828	1.00	1.00	0
10	4.79E-04	1.828	0.97	0.93	-4.52
20	4.79E-04	1.828	0.89	0.85	-4.93
30	4.79E-04	1.828	0.79	0.77	-2.16
40	4.79E-04	1.828	0.67	0.65	-2.50
50	4.79E-04	1.828	0.54	0.56	3.04
60	4.79E-04	1.828	0.43	0.46	7.29
70	4.79E-04	1.828	0.32	0.35	6.90
80	4.79E-04	1.828	0.24	0.26	9.05
90	4.79E-04	1.828	0.17	0.16	-3.65
100	4.79E-04	1.828	0.11	0.09	-27.10
110	4.79E-04	1.828	0.08	0.04	-89.29
120	4.79E-04	1.828	0.05	0.02	-142.62
130	4.79E-04	1.828	0.03	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



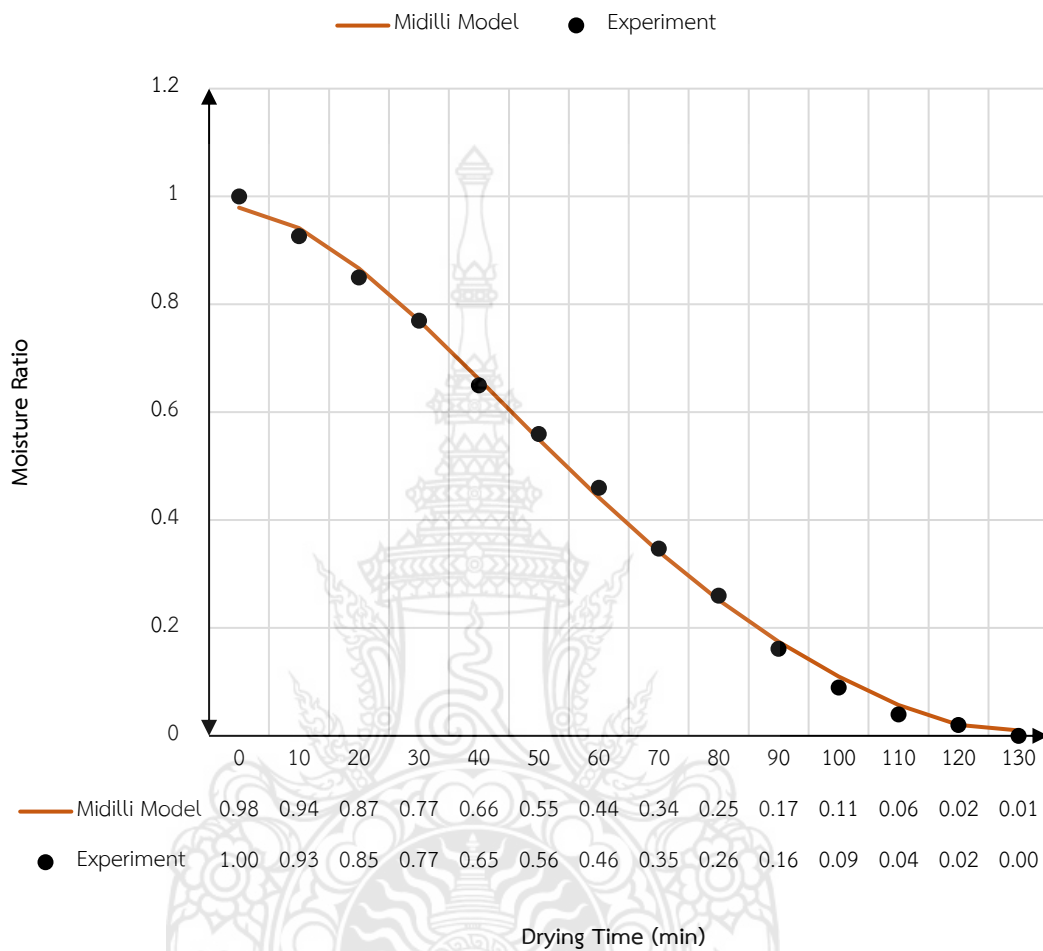
รูปที่ ง.7 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.8

ตารางที่ ง.8 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9982 ,RMSE = 0.0171							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"K"	"n"	"b"			
0	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.98	1.00	2.07
10	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.94	0.93	-1.64
20	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.87	0.85	-1.99
30	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.77	0.77	0.00
40	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.66	0.65	-1.77
50	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.55	0.56	1.82
60	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.44	0.46	4.03
70	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.34	0.35	1.70
80	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.25	0.26	3.12
90	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.17	0.16	-8.36
100	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.11	0.09	-22.39
110	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.06	0.04	-42.69
120	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.00	0.02	28.47
130	0.9793	6.09E-04	1.7251	-6.59E-04	0.01	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



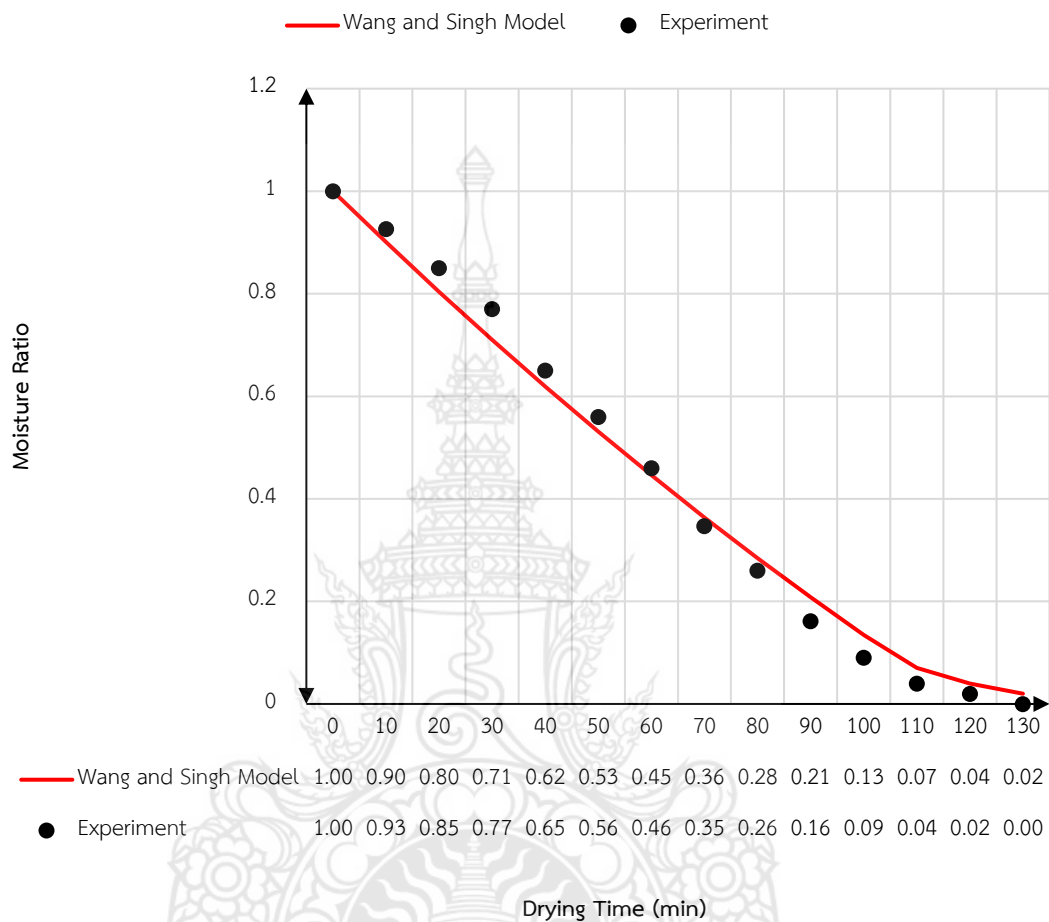
รูปที่ ง.8 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ๙.๙

ตารางที่ ๙.๙ ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9884 ,RMSE = 0.0402					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0101	1.45E-05	1.00	1.00	0.00
10	-0.0101	1.45E-05	0.90	0.93	2.80
20	-0.0101	1.45E-05	0.80	0.85	5.44
30	-0.0101	1.45E-05	0.71	0.77	7.79
40	-0.0101	1.45E-05	0.62	0.65	4.75
50	-0.0101	1.45E-05	0.53	0.56	5.16
60	-0.0101	1.45E-05	0.45	0.46	3.04
70	-0.0101	1.45E-05	0.36	0.35	-4.81
80	-0.0101	1.45E-05	0.28	0.26	-9.42
90	-0.0101	1.45E-05	0.21	0.16	-28.94
100	-0.0101	1.45E-05	0.13	0.09	-49.44
110	-0.0101	1.45E-05	0.07	0.04	-59.61
120	-0.0101	1.45E-05	0.04	0.02	119.60
130	-0.0101	1.45E-05	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



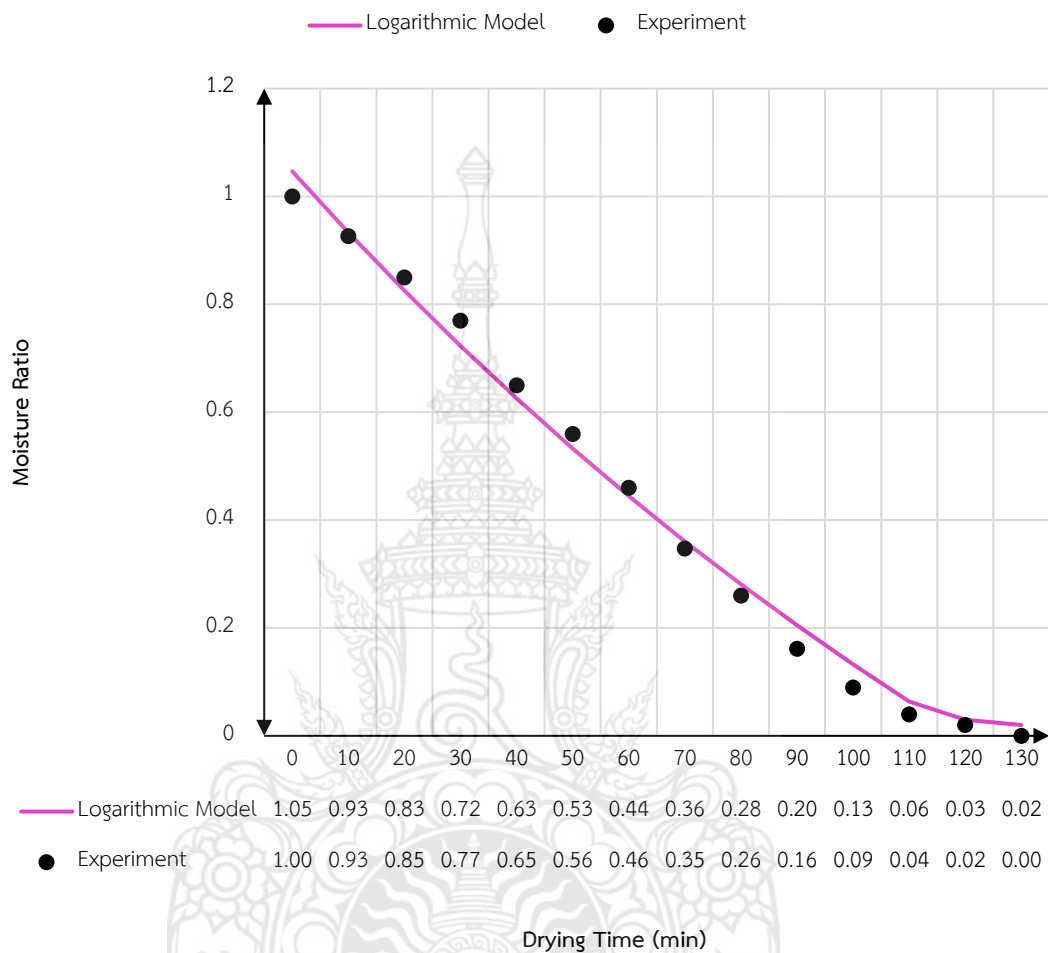
รูปที่ ง.9 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.10

ตารางที่ ง.10 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9904 ,RMSE = 0.0381						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	2.3241	0.005	-1.2773	1.05	1.00	-4.68
10	2.3241	0.005	-1.2773	0.93	0.93	-0.76
20	2.3241	0.005	-1.2773	0.83	0.85	2.87
30	2.3241	0.005	-1.2773	0.72	0.77	6.09
40	2.3241	0.005	-1.2773	0.63	0.65	3.77
50	2.3241	0.005	-1.2773	0.53	0.56	4.87
60	2.3241	0.005	-1.2773	0.44	0.46	3.38
70	2.3241	0.005	-1.2773	0.36	0.35	-3.85
80	2.3241	0.005	-1.2773	0.28	0.26	-7.92
90	2.3241	0.005	-1.2773	0.20	0.16	-26.81
100	2.3241	0.005	-1.2773	0.13	0.09	-47.04
110	2.3241	0.005	-1.2773	0.06	0.04	-58.97
120	2.3241	0.005	-1.2773	0.03	0.02	109.03
130	2.3241	0.005	-1.2773	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.10 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

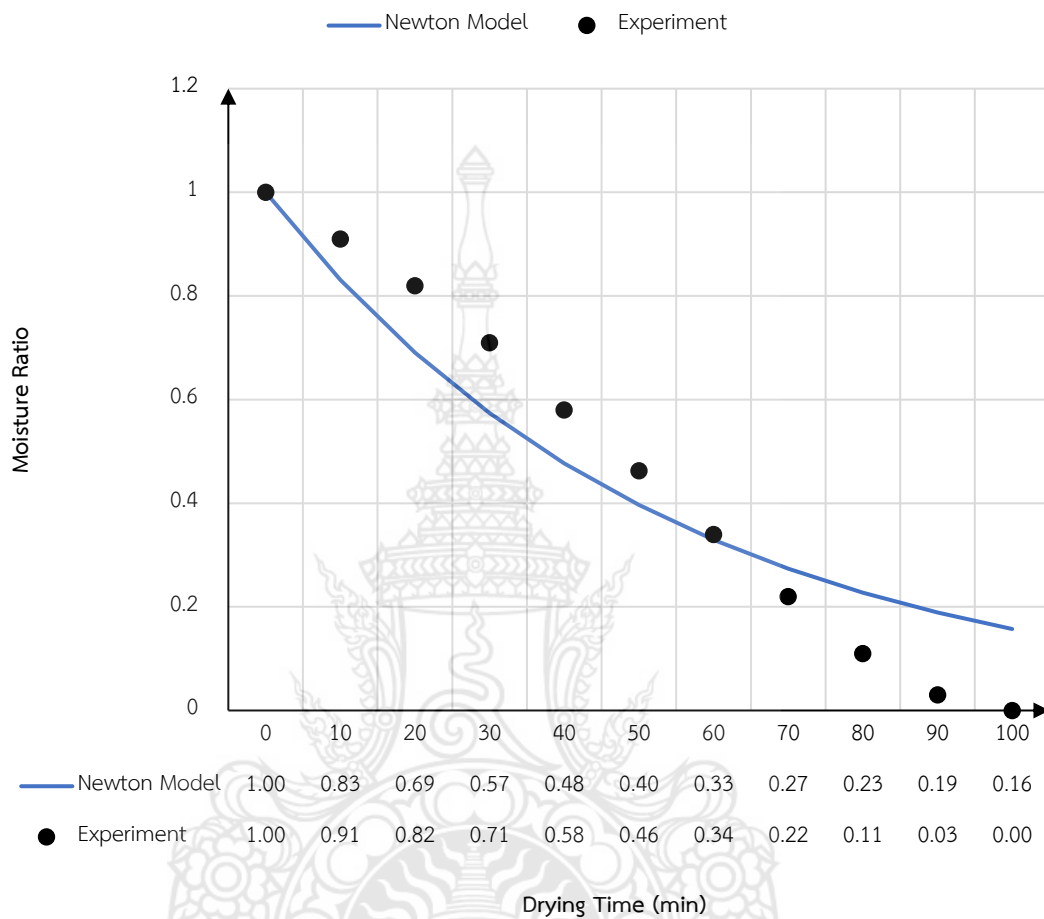
ง.1.3 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 60 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.11

ตารางที่ ง.11 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9047 ,RMSE = 0.1109				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0185	1.00	1.00	0.00
10	0.0185	0.83	0.91	8.67
20	0.0185	0.69	0.82	15.76
30	0.0185	0.57	0.71	19.14
40	0.0185	0.48	0.58	17.74
50	0.0185	0.40	0.46	14.35
60	0.0185	0.33	0.34	3.07
70	0.0185	0.27	0.22	-24.50
80	0.0185	0.23	0.11	-106.94
90	0.0185	0.19	0.03	-530.64
100	0.0185	0.16	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



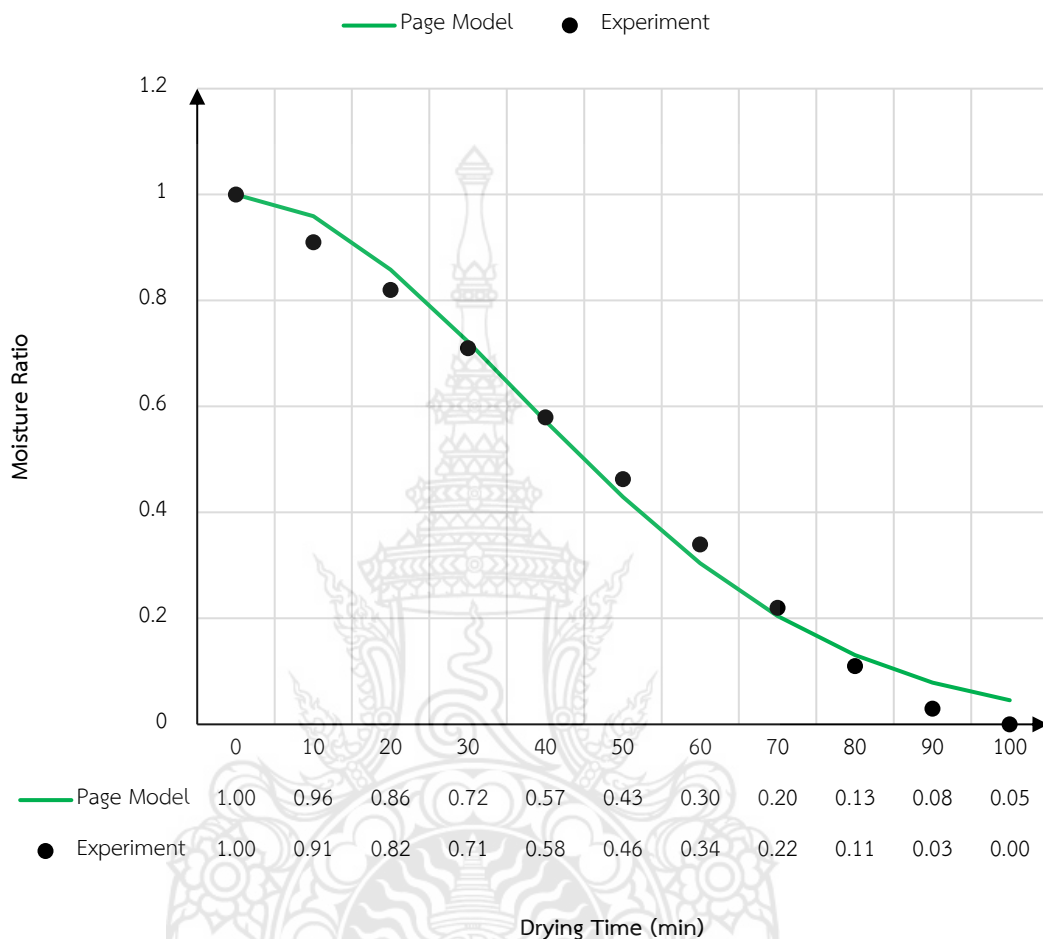
รูปที่ ง.11 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.12 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9911 ,RMSE = 0.0357					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	5.64E-04	1.8695	1.00	1.00	0
10	5.64E-04	1.8695	0.96	0.91	-5.40
20	5.64E-04	1.8695	0.86	0.82	-4.70
30	5.64E-04	1.8695	0.72	0.71	-1.71
40	5.64E-04	1.8695	0.57	0.58	1.25
50	5.64E-04	1.8695	0.43	0.46	7.29
60	5.64E-04	1.8695	0.30	0.34	10.47
70	5.64E-04	1.8695	0.20	0.22	7.00
80	5.64E-04	1.8695	0.13	0.11	-18.61
90	5.64E-04	1.8695	0.08	0.03	-163.36
100	5.64E-04	1.8695	0.05	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



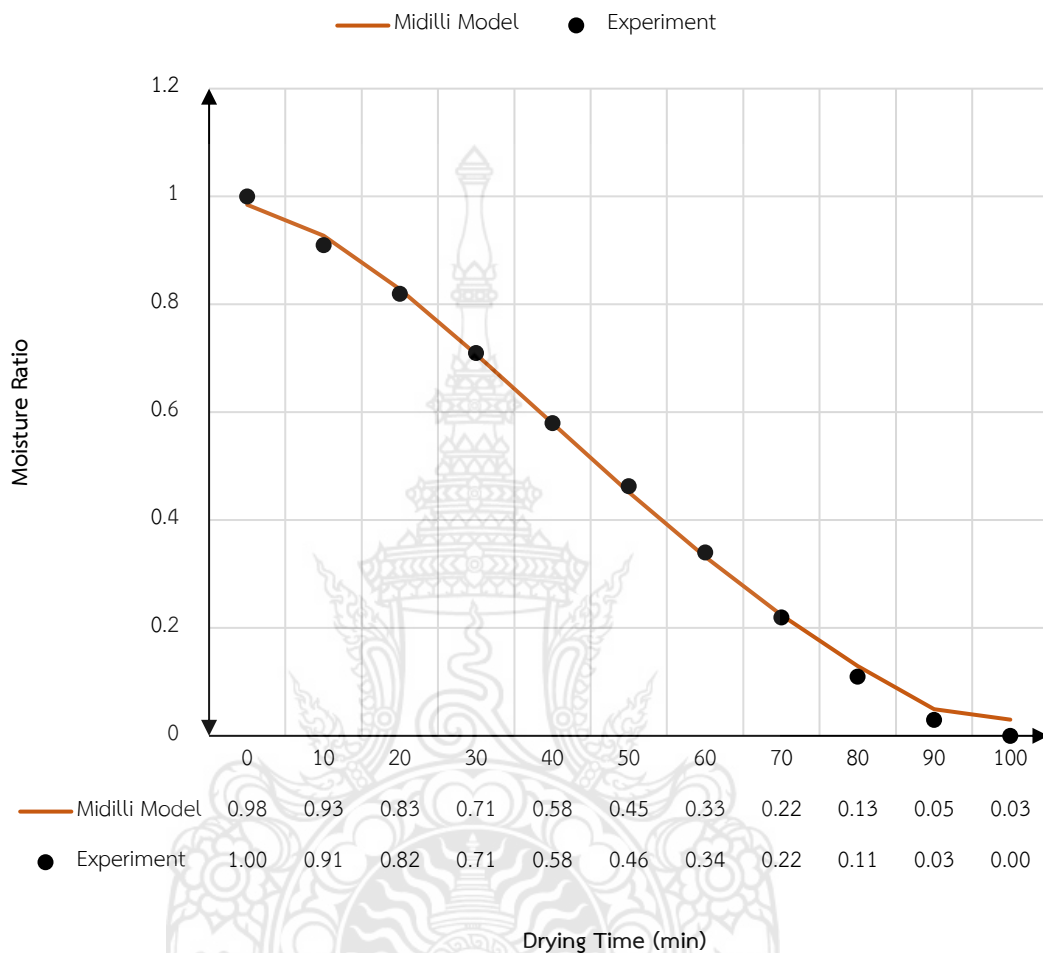
รูปที่ ง.12 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.13

ตารางที่ ง.13 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9986 ,RMSE = 0.0161							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"K"	"n"	"b"			
0	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.98	1.00	1.53
10	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.93	0.91	-1.90
20	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.83	0.82	-0.99
30	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.71	0.71	0.31
40	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.58	0.58	0.13
50	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.45	0.46	2.40
60	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.33	0.34	2.30
70	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.22	0.22	-1.90
80	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.13	0.11	-17.94
90	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.05	0.03	-63.90
100	0.9847	9.52E-04	1.6544	-0.0016	0.03	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



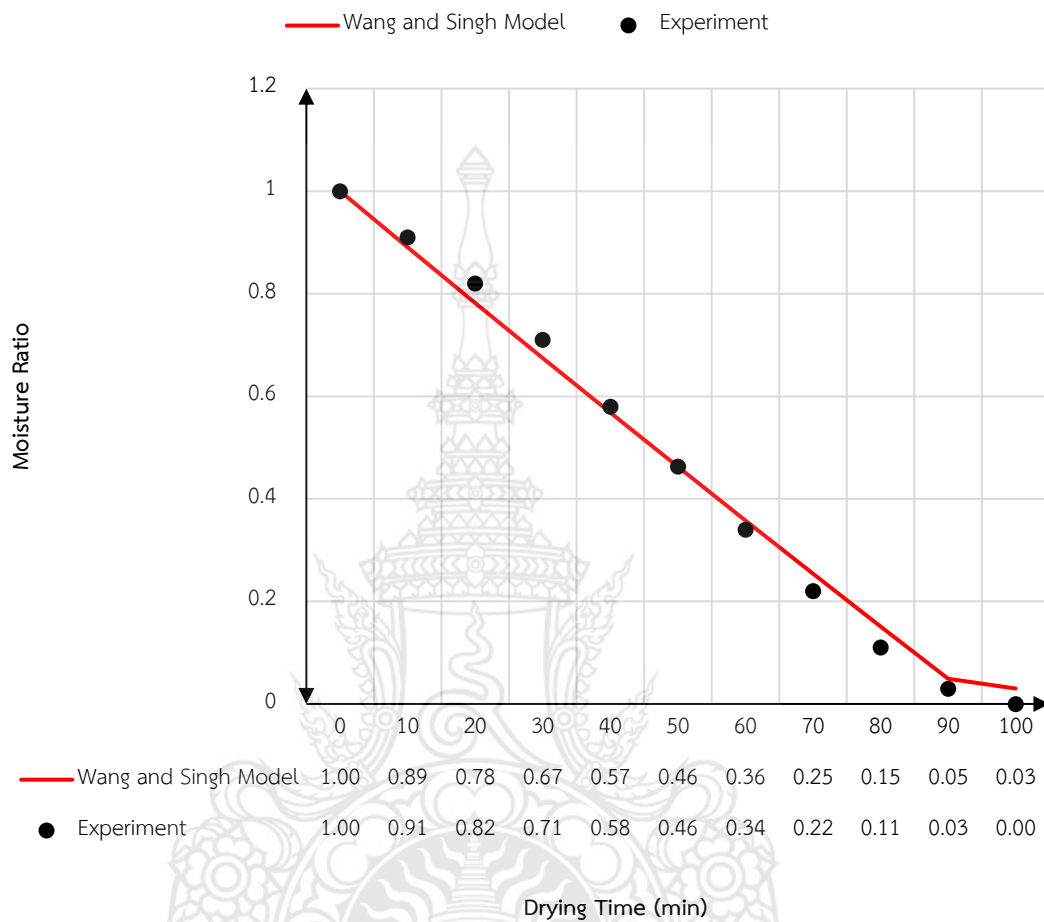
รูปที่ ง.13 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ l , a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.14

ตารางที่ ง.14 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9927 ,RMSE = 0.0323					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.011	4.84E-06	1.00	1.00	0.00
10	-0.011	4.84E-06	0.89	0.91	2.14
20	-0.011	4.84E-06	0.78	0.82	4.64
30	-0.011	4.84E-06	0.67	0.71	5.02
40	-0.011	4.84E-06	0.57	0.58	2.11
50	-0.011	4.84E-06	0.46	0.46	0.19
60	-0.011	4.84E-06	0.36	0.34	-5.12
70	-0.011	4.84E-06	0.25	0.22	-15.32
80	-0.011	4.84E-06	0.15	0.11	-37.24
90	-0.011	4.84E-06	0.05	0.03	-63.95
100	-0.011	4.84E-06	0.03	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



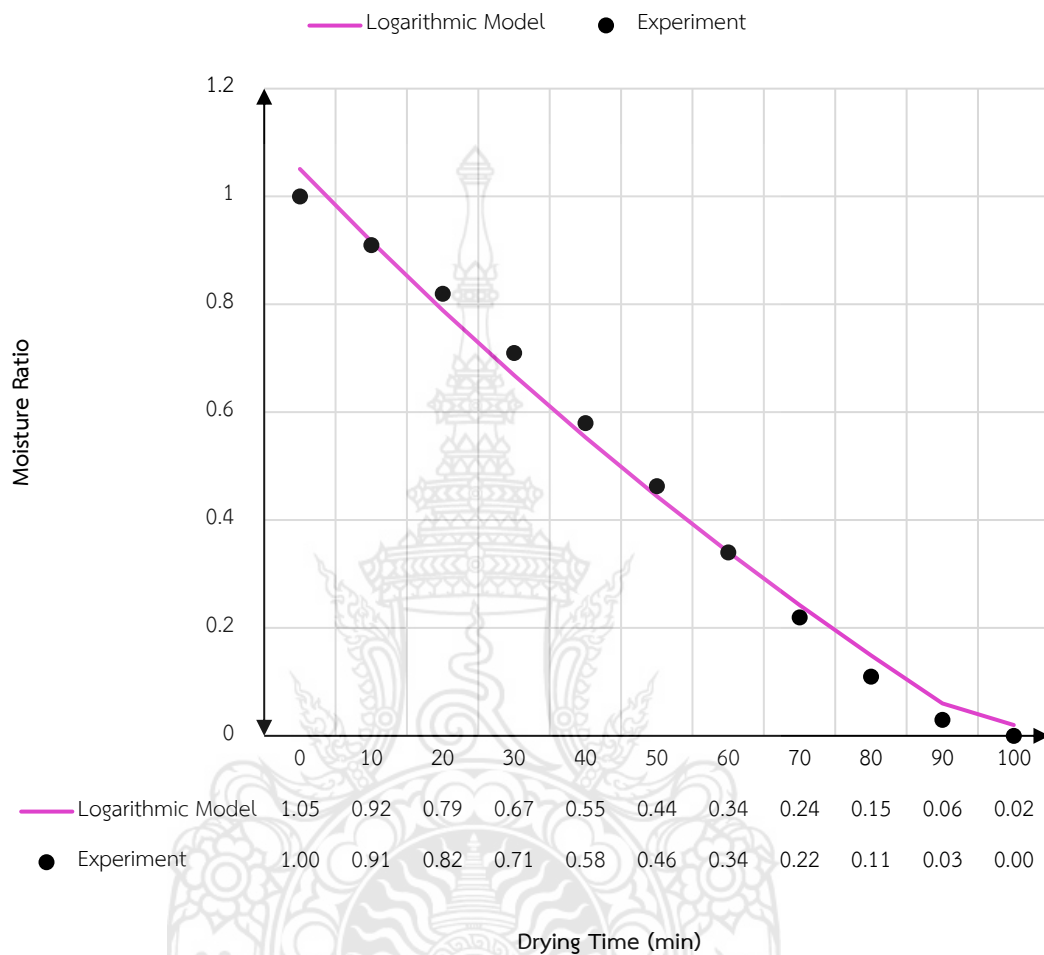
รูปที่ ง.14 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.15

ตารางที่ ง.15 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9924 ,RMSE = 0.035						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	2.6511	0.0052	-1.6	1.05	1.00	-5.11
10	2.6511	0.0052	-1.6	0.92	0.91	-0.74
20	2.6511	0.0052	-1.6	0.79	0.82	3.75
30	2.6511	0.0052	-1.6	0.67	0.71	5.89
40	2.6511	0.0052	-1.6	0.55	0.58	4.61
50	2.6511	0.0052	-1.6	0.44	0.46	4.07
60	2.6511	0.0052	-1.6	0.34	0.34	-0.16
70	2.6511	0.0052	-1.6	0.24	0.22	-10.10
80	2.6511	0.0052	-1.6	0.15	0.11	-35.34
90	2.6511	0.0052	-1.6	0.06	0.03	-100.87
100	2.6511	0.0052	-1.6	-0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.15 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

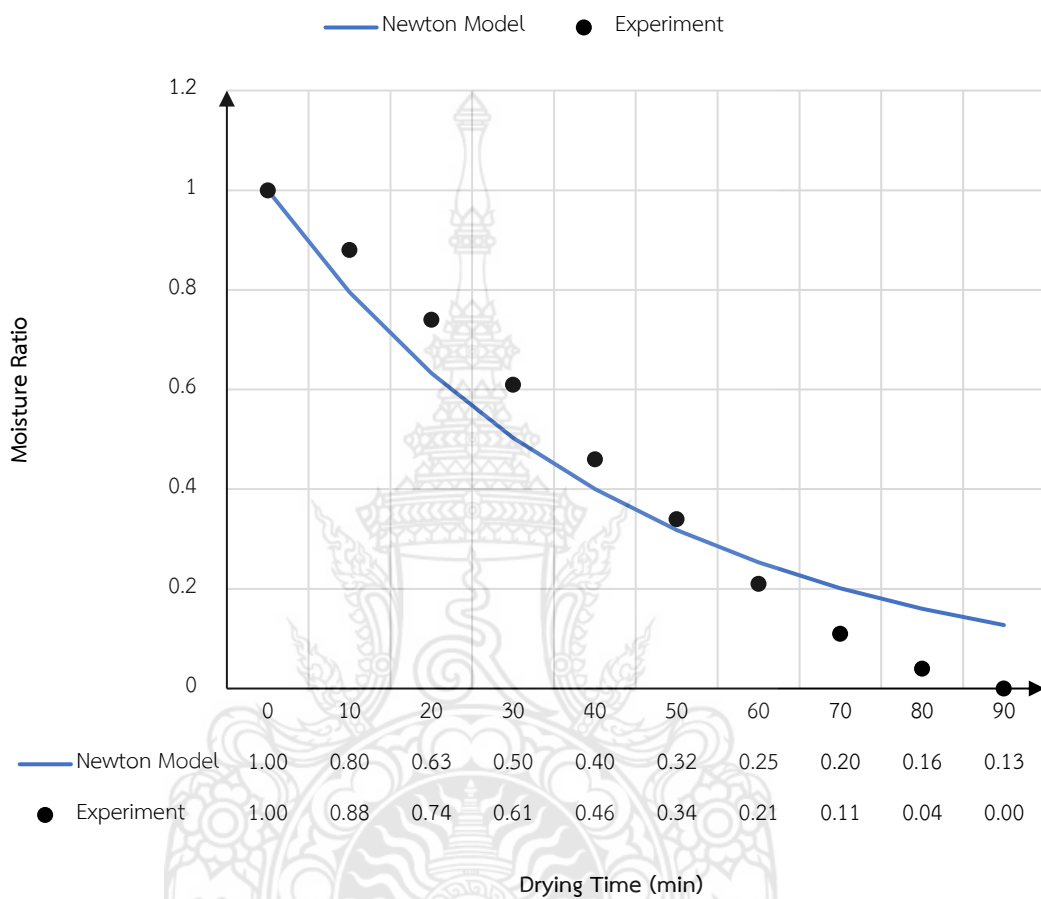
ง.1.4 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท้อนน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 65 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.16

ตารางที่ ง.16 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9349 ,RMSE = 0.0913				
Drying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0229	1.00	1.00	0.00
10	0.0229	0.80	0.88	9.62
20	0.0229	0.63	0.74	14.52
30	0.0229	0.50	0.61	17.53
40	0.0229	0.40	0.46	13.02
50	0.0229	0.32	0.34	6.40
60	0.0229	0.25	0.21	-20.52
70	0.0229	0.20	0.11	-82.99
80	0.0229	0.16	0.04	-300.23
90	0.0229	0.13	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



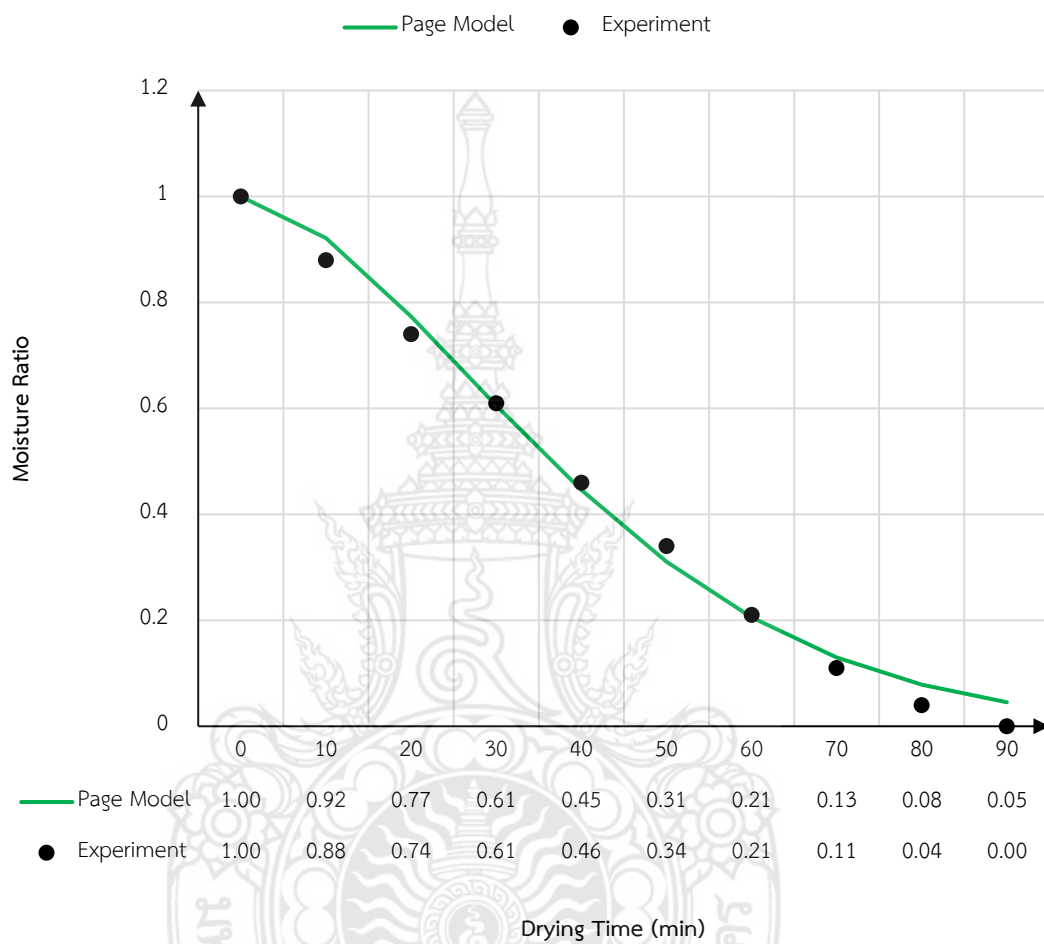
รูปที่ ง.16 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.17

ตารางที่ ง.17 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9933 ,RMSE = 0.0311					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	0.0018	1.6555	1.00	1.00	0
10	0.0018	1.6555	0.92	0.88	-4.75
20	0.0018	1.6555	0.77	0.74	-4.56
30	0.0018	1.6555	0.61	0.61	0.76
40	0.0018	1.6555	0.45	0.46	3.11
50	0.0018	1.6555	0.31	0.34	8.65
60	0.0018	1.6555	0.21	0.21	2.04
70	0.0018	1.6555	0.13	0.11	-18.10
80	0.0018	1.6555	0.08	0.04	-96.01
90	0.0018	1.6555	0.05	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



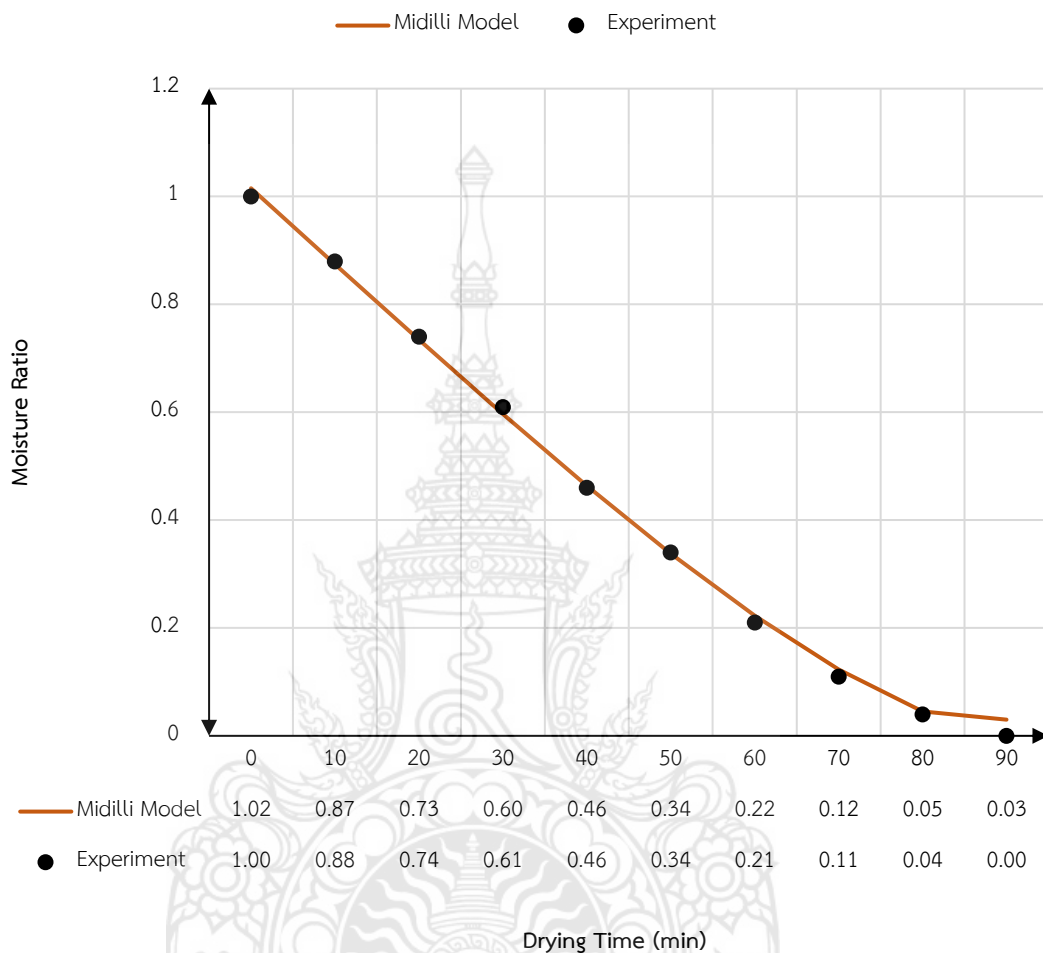
รูปที่ ง.17 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.18

ตารางที่ ง.18 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9993 ,RMSE = 0.0116							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"K"	"n"	"b"			
0	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	1.02	1.00	-1.53
10	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	0.87	0.88	0.64
20	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	0.73	0.74	0.77
30	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	0.60	0.61	2.20
40	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	0.46	0.46	-0.74
50	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	0.34	0.34	0.72
60	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	0.22	0.21	-5.99
70	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	0.12	0.11	-11.85
80	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	0.05	0.04	-12.65
90	1.0153	-1.96E-08	3.6085	-0.0141	0.03	0.00	0.00

COMPARE MOISTURE RATIO



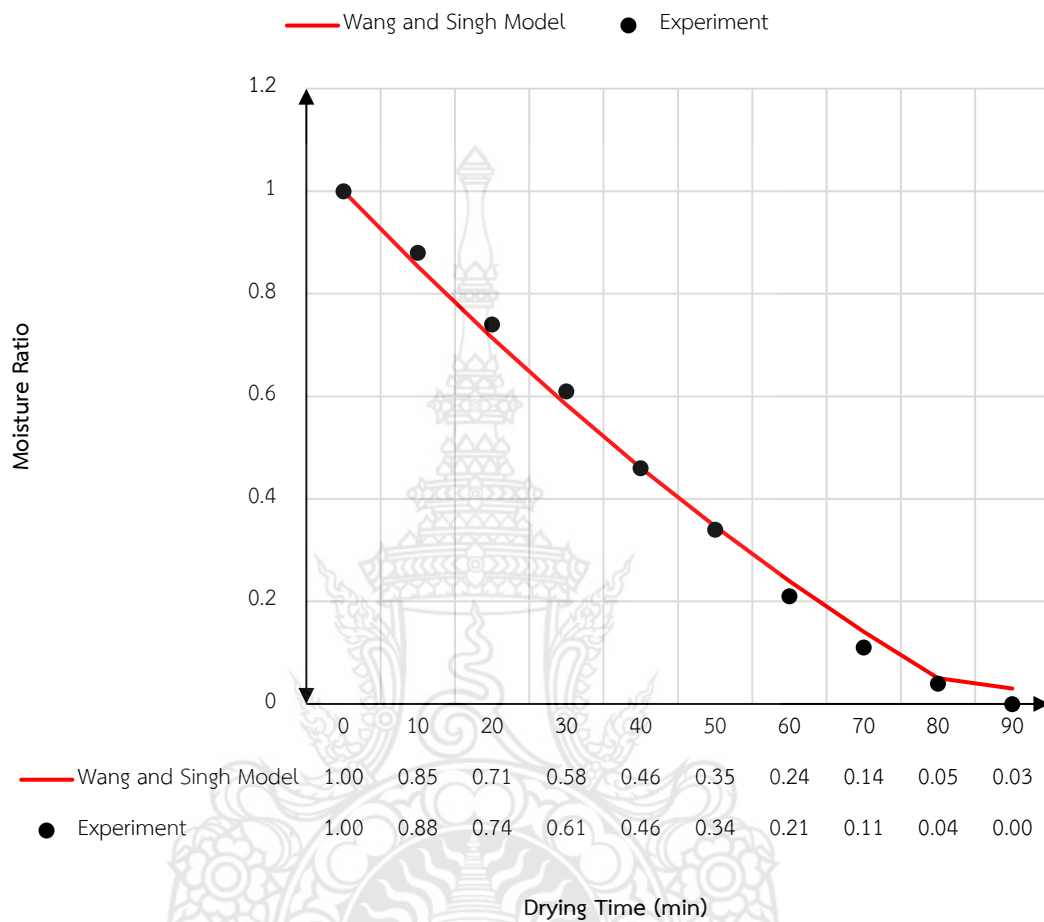
รูปที่ ง.18 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.19

ตารางที่ ง.19 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9956 ,RMSE = 0.0252					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0151	4.04E-05	1.00	1.00	0.00
10	-0.0151	4.04E-05	0.85	0.88	3.06
20	-0.0151	4.04E-05	0.71	0.74	3.49
30	-0.0151	4.04E-05	0.58	0.61	4.37
40	-0.0151	4.04E-05	0.46	0.46	-0.13
50	-0.0151	4.04E-05	0.35	0.34	-1.75
60	-0.0151	4.04E-05	0.24	0.21	-13.99
70	-0.0151	4.04E-05	0.14	0.11	-28.08
80	-0.0151	4.04E-05	0.05	0.04	-26.16
90	-0.0151	4.04E-05	0.03	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



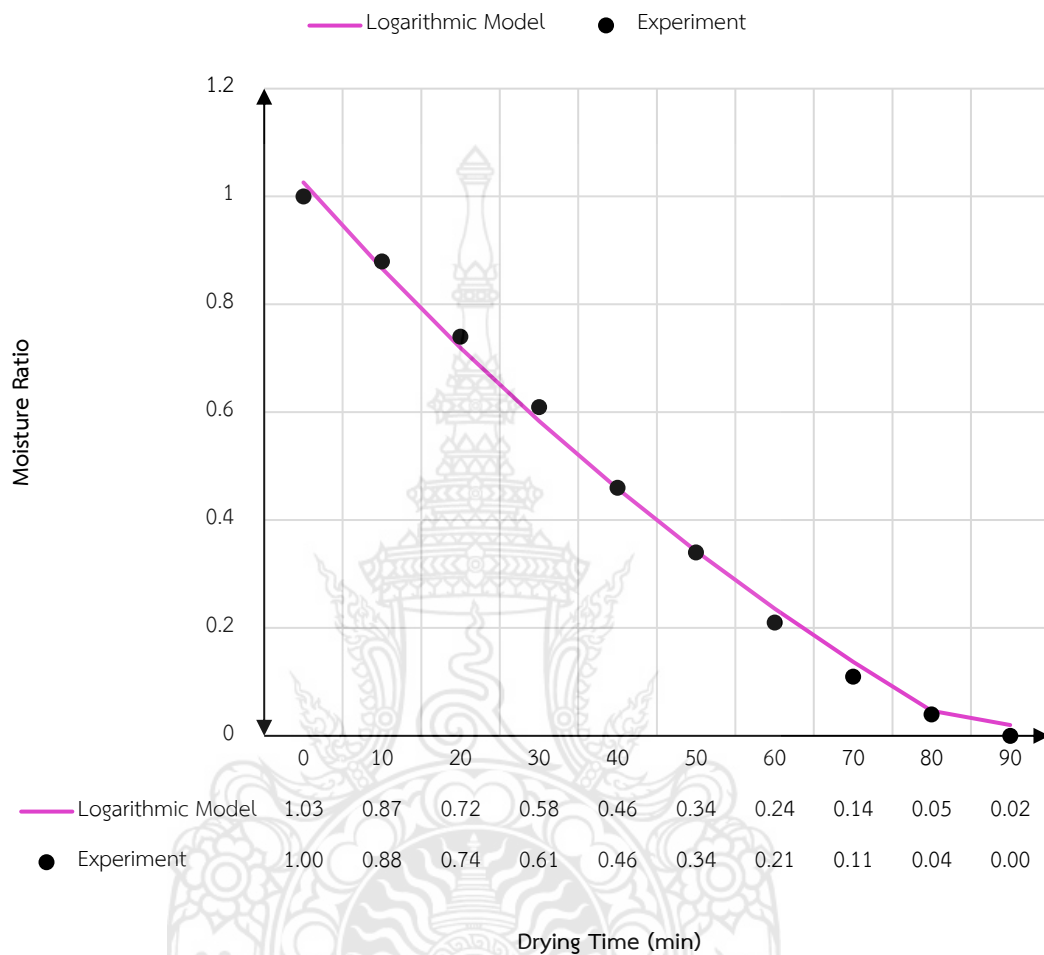
รูปที่ ง.19 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.20

ตารางที่ ง.20 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9958 ,RMSE = 0.0263						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	2.0731	0.008	-1.047	1.03	1.00	-2.61
10	2.0731	0.008	-1.047	0.87	0.88	1.51
20	2.0731	0.008	-1.047	0.72	0.74	2.76
30	2.0731	0.008	-1.047	0.58	0.61	4.30
40	2.0731	0.008	-1.047	0.46	0.46	0.35
50	2.0731	0.008	-1.047	0.34	0.34	-0.78
60	2.0731	0.008	-1.047	0.24	0.21	-12.29
70	2.0731	0.008	-1.047	0.14	0.11	-24.70
80	2.0731	0.008	-1.047	0.05	0.04	-15.32
90	2.0731	0.008	-1.047	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.20 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

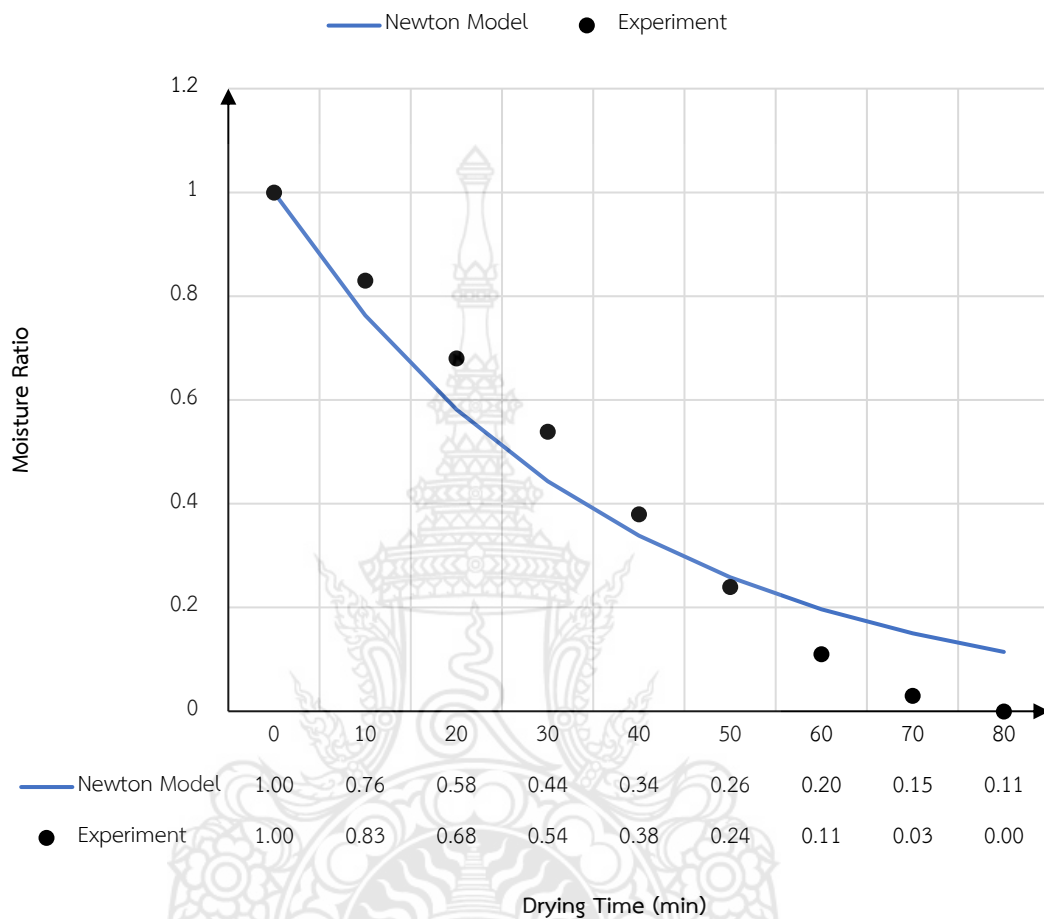
ง.1.5 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 70 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.21

ตารางที่ ง.21 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.942 ,RMSE = 0.087				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0271	1.00	1.00	0.00
10	0.0271	0.76	0.83	8.12
20	0.0271	0.58	0.68	14.47
30	0.0271	0.44	0.54	17.74
40	0.0271	0.34	0.38	10.99
50	0.0271	0.26	0.24	-7.48
60	0.0271	0.20	0.11	-78.83
70	0.0271	0.15	0.03	-400.06
80	0.0271	0.11	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



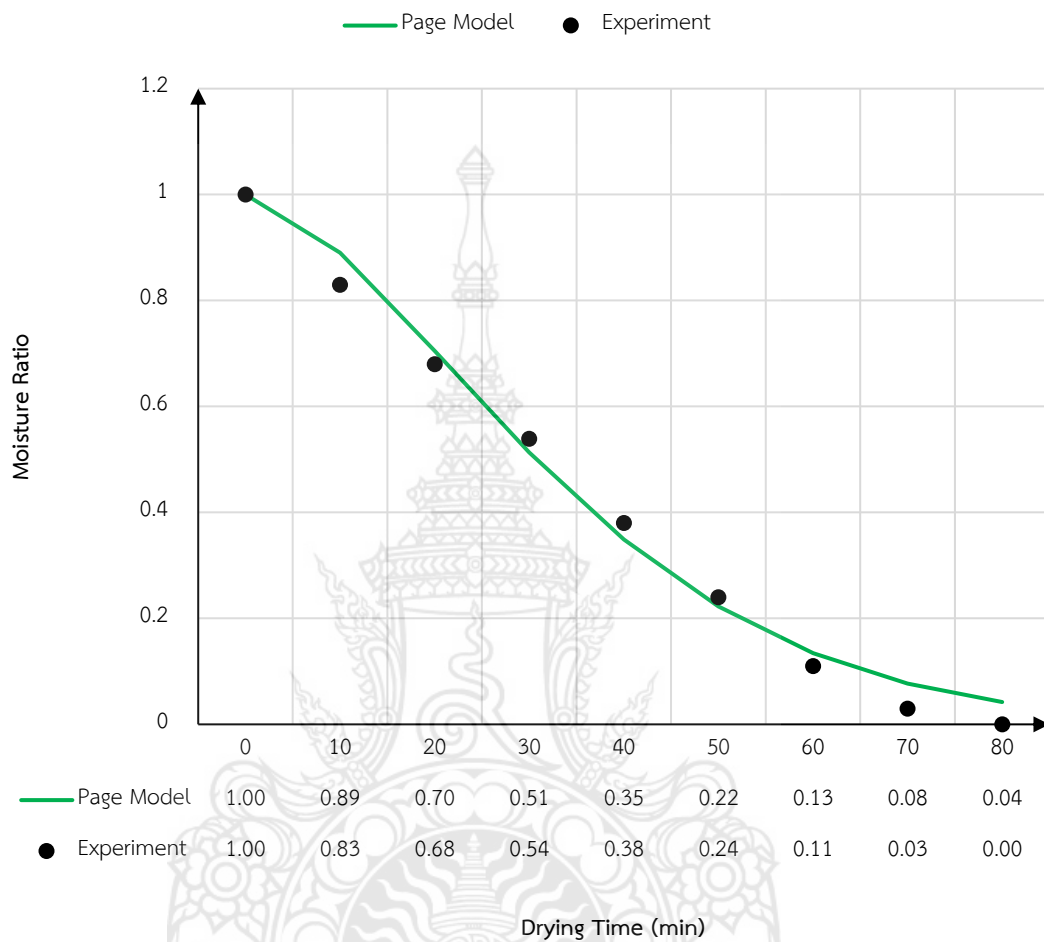
รูปที่ ง.21 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.22

ตารางที่ ง.22 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9898 ,RMSE = 0.0391					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	0.003	1.5888	1.00	1.00	0
10	0.003	1.5888	0.89	0.83	-7.24
20	0.003	1.5888	0.70	0.68	-3.62
30	0.003	1.5888	0.51	0.54	4.79
40	0.003	1.5888	0.35	0.38	8.20
50	0.003	1.5888	0.22	0.24	7.14
60	0.003	1.5888	0.13	0.11	-22.34
70	0.003	1.5888	0.08	0.03	-157.12
80	0.003	1.5888	0.04	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



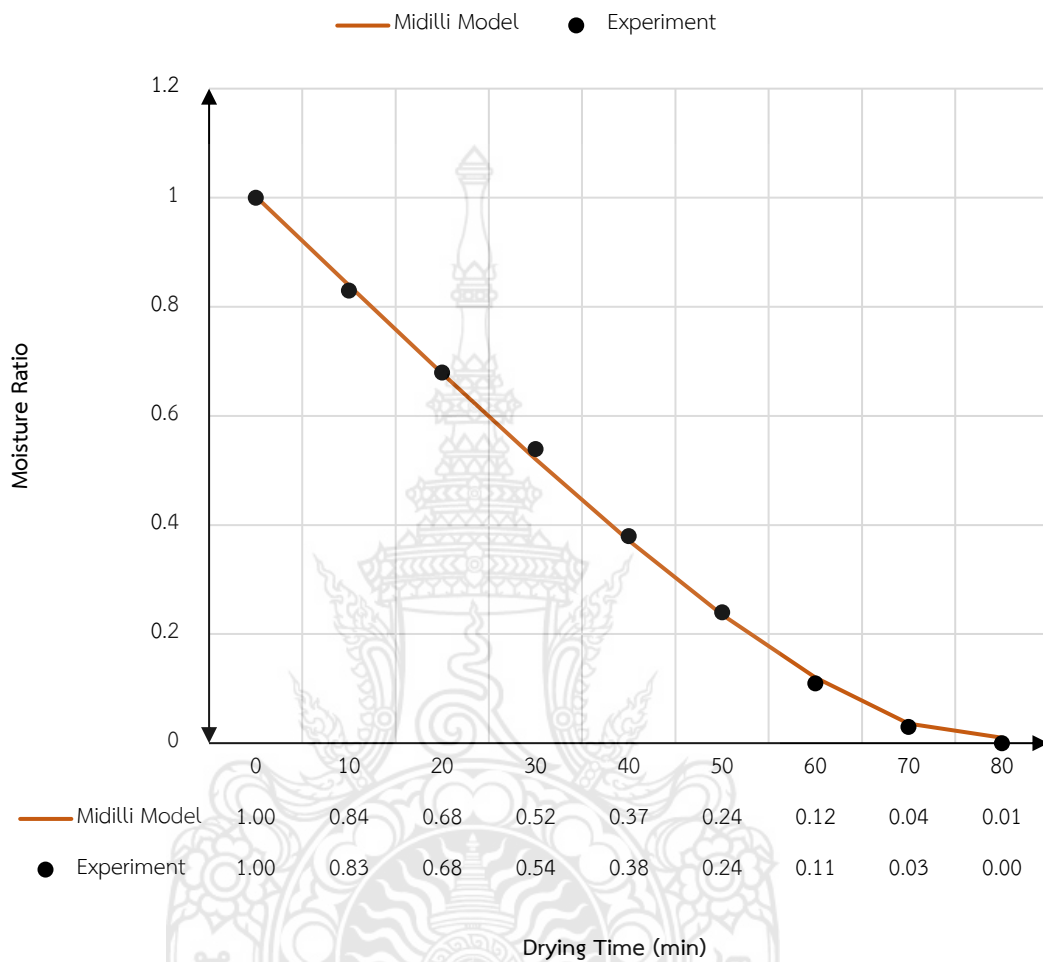
รูปที่ ง.22 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.23

ตารางที่ ง.23 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9993 ,RMSE = 0.0012							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"K"	"n"	"b"			
0	1.0025	-2.91E-08	3.6529	-0.0163	1.00	1.00	-0.25
10	1.0025	-2.91E-08	3.6529	-0.0163	0.84	0.83	-1.16
20	1.0025	-2.91E-08	3.6529	-0.0163	0.68	0.68	0.27
30	1.0025	-2.91E-08	3.6529	-0.0163	0.52	0.54	3.41
40	1.0025	-2.91E-08	3.6529	-0.0163	0.37	0.38	2.24
50	1.0025	-2.91E-08	3.6529	-0.0163	0.24	0.24	1.84
60	1.0025	-2.91E-08	3.6529	-0.0163	0.12	0.11	-9.29
70	1.0025	-2.91E-08	3.6529	-0.0163	0.04	0.03	-18.69
80	1.0025	-2.91E-08	3.6529	-0.0163	0.01	0.00	0.00

COMPARE MOISTURE RATIO



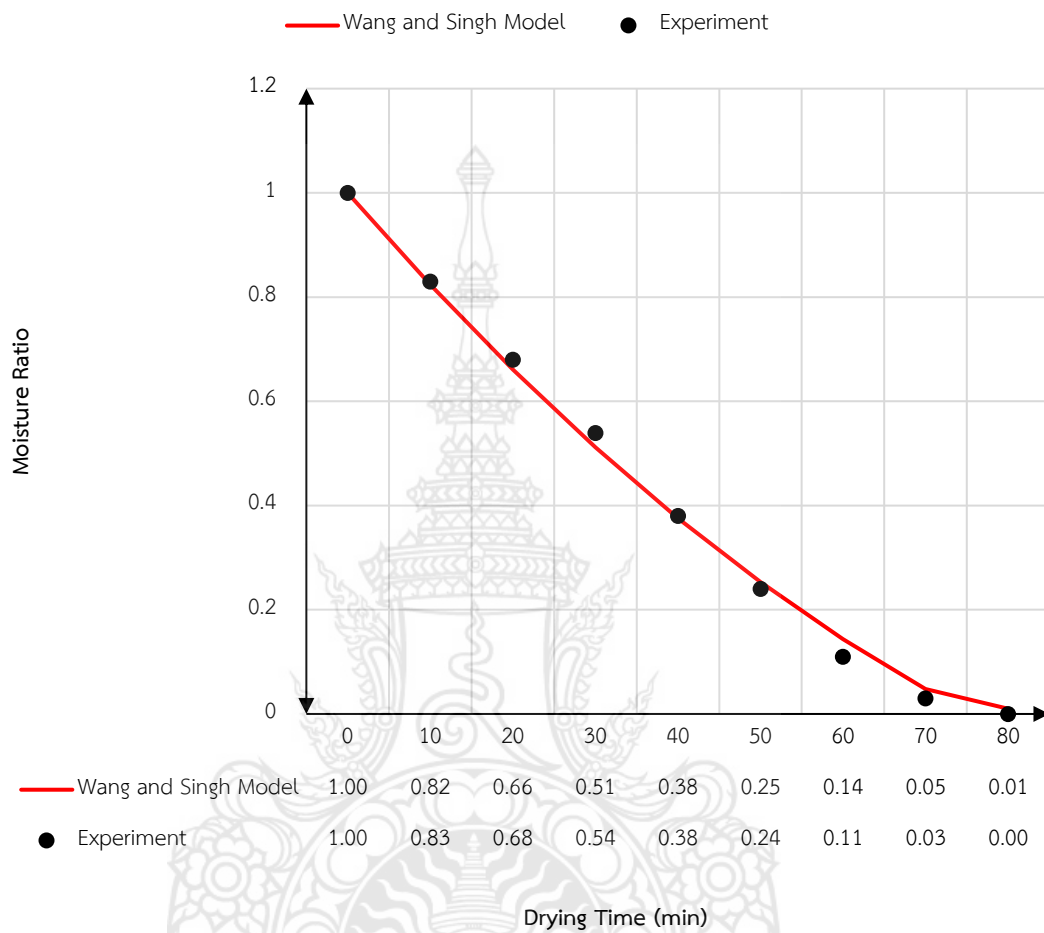
รูปที่ ง.23 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มีวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.24

ตารางที่ ง.24 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9961 ,RMSE = 0.024					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0183	6.71E-05	1.00	1.00	0.00
10	-0.0183	6.71E-05	0.82	0.83	0.76
20	-0.0183	6.71E-05	0.66	0.68	2.82
30	-0.0183	6.71E-05	0.51	0.54	5.15
40	-0.0183	6.71E-05	0.38	0.38	1.22
50	-0.0183	6.71E-05	0.25	0.24	-5.32
60	-0.0183	6.71E-05	0.14	0.11	-30.52
70	-0.0183	6.71E-05	0.05	0.03	-59.37
80	-0.0183	6.71E-05	0.01	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



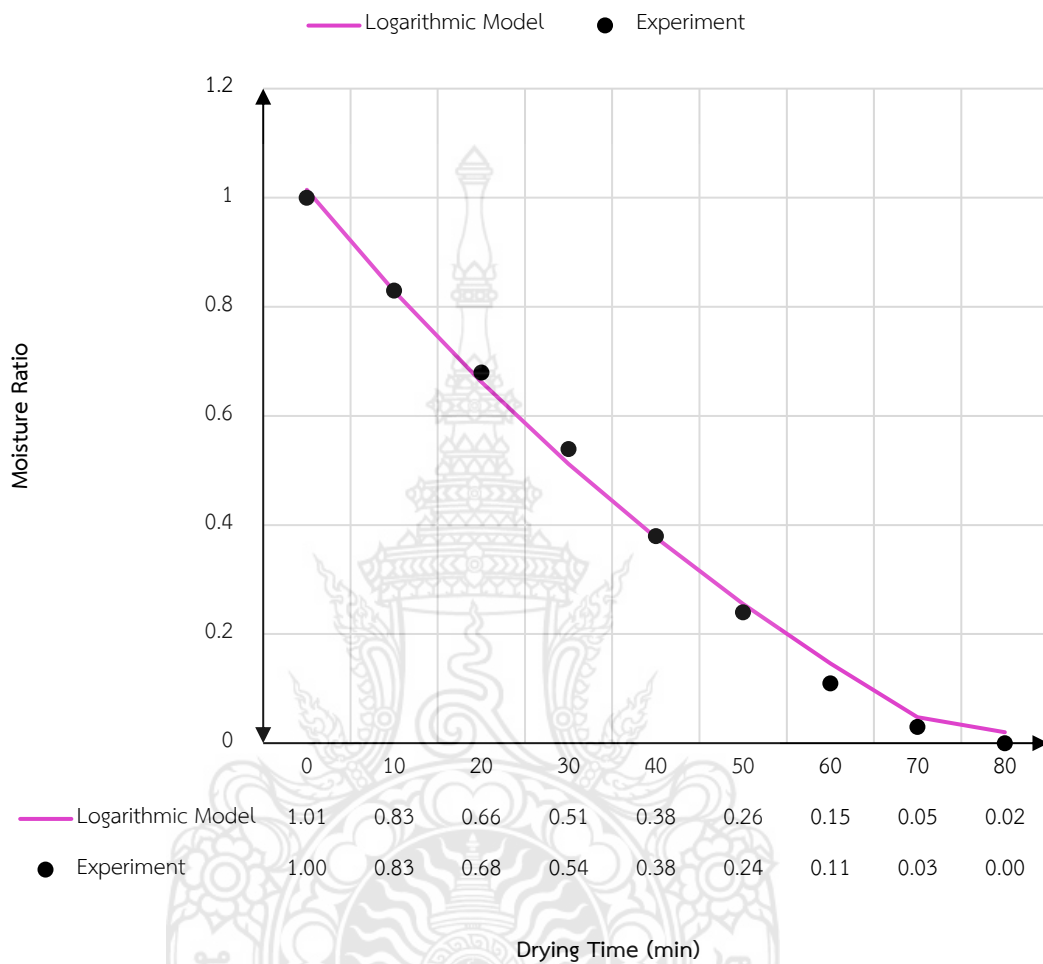
รูปที่ ง.24 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.25

ตารางที่ ง.25 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 1 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9954 ,RMSE = 0.0284						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	1.8455	0.0106	-0.8309	1.01	1.00	-1.46
10	1.8455	0.0106	-0.8309	0.83	0.83	0.12
20	1.8455	0.0106	-0.8309	0.66	0.68	2.64
30	1.8455	0.0106	-0.8309	0.51	0.54	5.06
40	1.8455	0.0106	-0.8309	0.38	0.38	0.83
50	1.8455	0.0106	-0.8309	0.26	0.24	-6.40
60	1.8455	0.0106	-0.8309	0.15	0.11	-32.83
70	1.8455	0.0106	-0.8309	0.05	0.03	-59.51
80	1.8455	0.0106	-0.8309	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.25 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 1 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

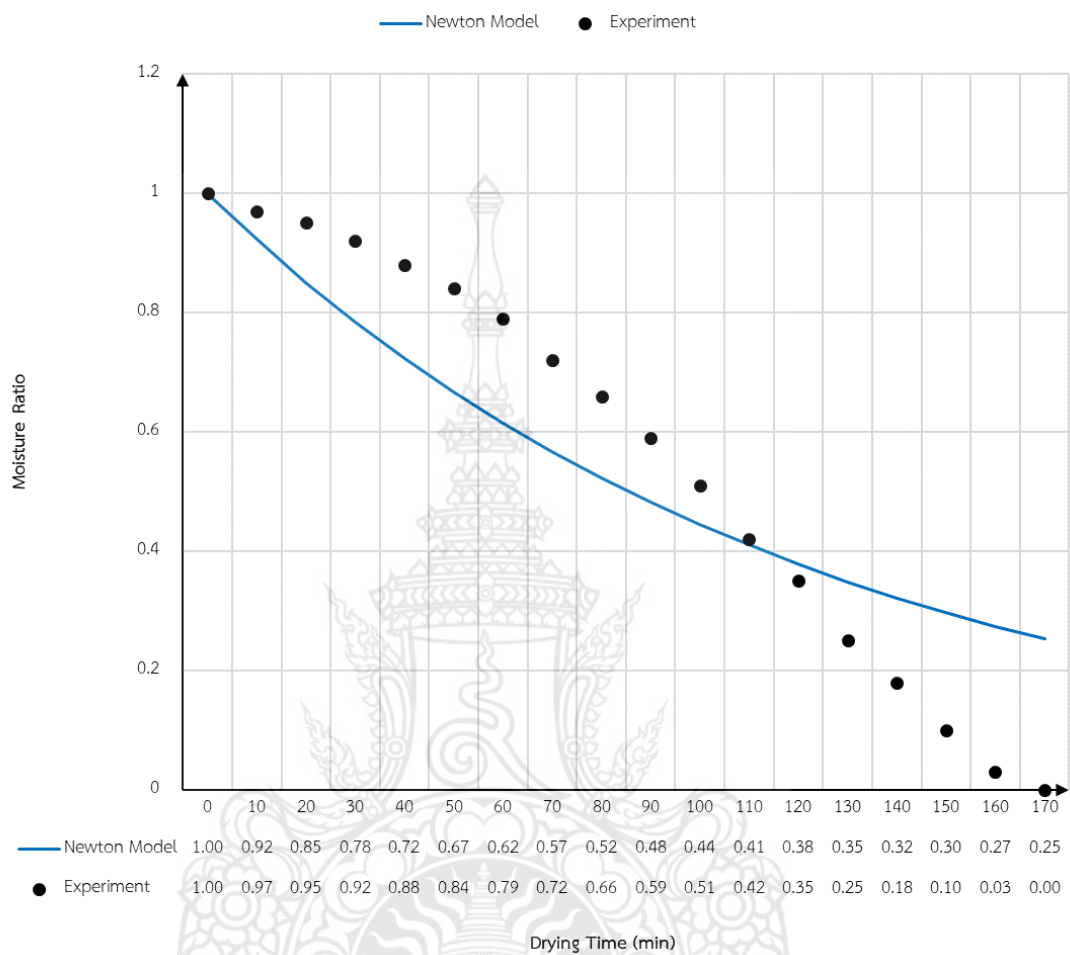
ง.1.6 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 50 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.26

ตารางที่ ง.26 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.8193 ,RMSE = 0.1468				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0081	1.00	1.00	0.00
10	0.0081	0.92	0.97	4.93
20	0.0081	0.85	0.95	10.48
30	0.0081	0.78	0.92	14.75
40	0.0081	0.72	0.88	17.81
50	0.0081	0.67	0.84	20.60
60	0.0081	0.62	0.79	22.14
70	0.0081	0.57	0.72	21.22
80	0.0081	0.52	0.66	20.74
90	0.0081	0.48	0.59	18.24
100	0.0081	0.44	0.51	12.77
110	0.0081	0.41	0.42	2.32
120	0.0081	0.38	0.35	-8.09
130	0.0081	0.35	0.25	-39.56
140	0.0081	0.32	0.18	-78.75
150	0.0081	0.30	0.10	-196.71
160	0.0081	0.27	0.03	-812.08
170	0.0081	0.25	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



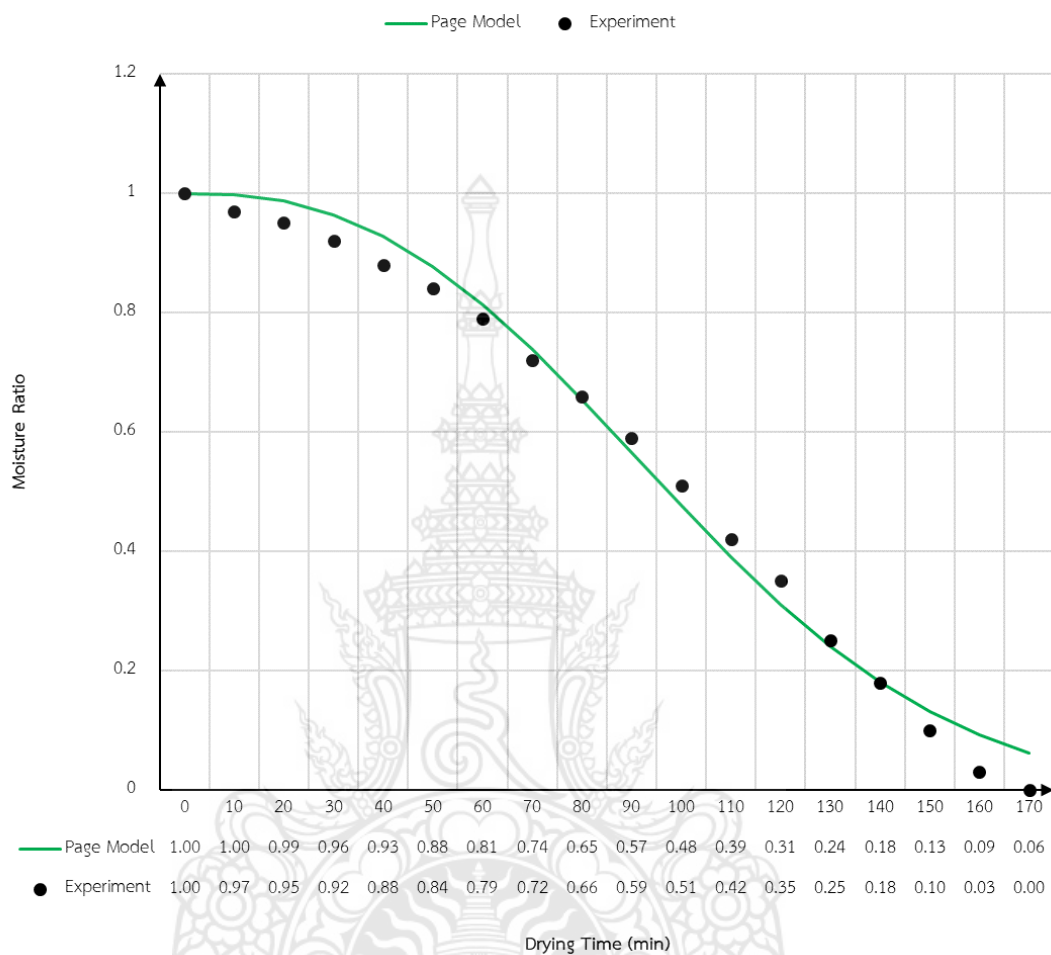
รูปที่ ง.26 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k , n , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.27

ตารางที่ ง.27 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9895 ,RMSE = 0.0364					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	7.63E-06	2.4938	1.00	1.00	0
10	7.63E-06	2.4938	1.00	0.97	-2.85
20	7.63E-06	2.4938	0.99	0.95	-3.86
30	7.63E-06	2.4938	0.96	0.92	-4.77
40	7.63E-06	2.4938	0.93	0.88	-5.38
50	7.63E-06	2.4938	0.88	0.84	-4.37
60	7.63E-06	2.4938	0.81	0.79	-2.88
70	7.63E-06	2.4938	0.74	0.72	-2.43
80	7.63E-06	2.4938	0.65	0.66	0.93
90	7.63E-06	2.4938	0.57	0.59	4.14
100	7.63E-06	2.4938	0.48	0.51	6.56
110	7.63E-06	2.4938	0.39	0.42	7.00
120	7.63E-06	2.4938	0.31	0.35	11.13
130	7.63E-06	2.4938	0.24	0.25	3.88
140	7.63E-06	2.4938	0.18	0.18	0.05
150	7.63E-06	2.4938	0.13	0.10	-30.37
160	7.63E-06	2.4938	0.09	0.03	-204.48
170	7.63E-06	2.4938	0.06	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



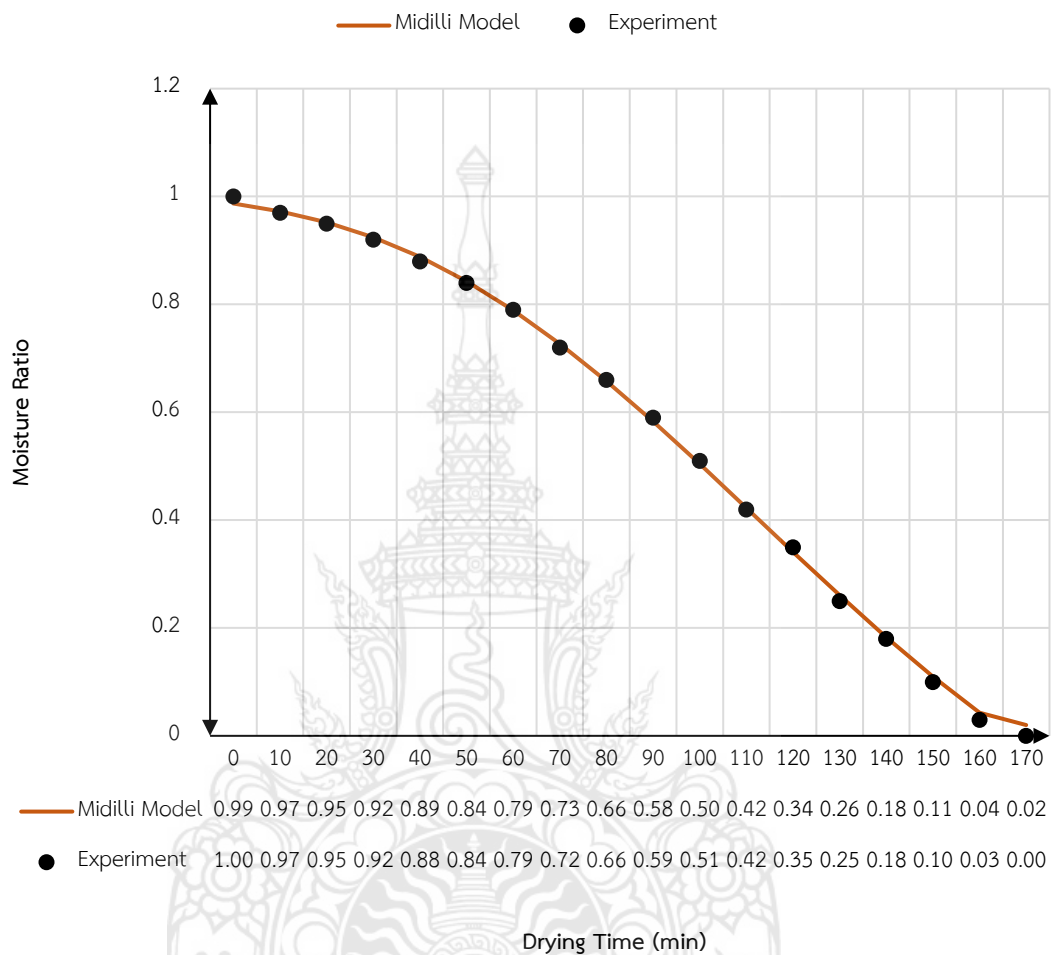
รูปที่ ง.27 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.28

ตารางที่ ง.28 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9994 ,RMSE = 0.0094							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.99	1.00	1.30
10	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.97	0.97	-0.23
20	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.95	0.95	-0.20
30	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.92	0.92	-0.45
40	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.89	0.88	-0.89
50	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.84	0.84	-0.33
60	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.79	0.79	0.14
70	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.73	0.72	-0.96
80	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.66	0.66	0.34
90	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.58	0.59	1.21
100	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.50	0.51	1.21
110	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.42	0.42	-0.60
120	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.34	0.35	2.63
130	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.26	0.25	-4.18
140	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.18	0.18	-1.73
150	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.11	0.10	-10.15
160	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.04	0.03	-41.96
170	0.987	6.89E-06	2.4039	-0.0013	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



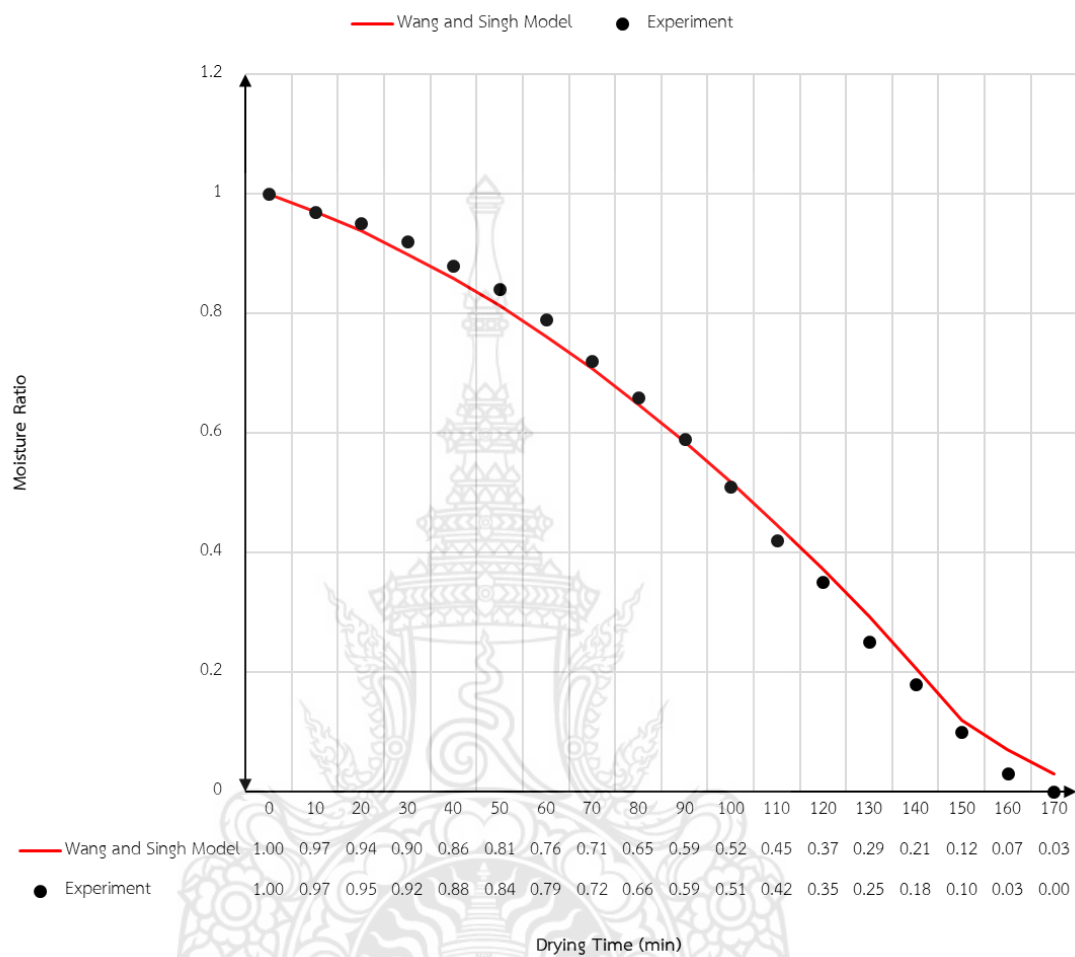
รูปที่ ง.28 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.29

ตารางที่ ง.29 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9941 ,RMSE = 0.0273					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0027	-2.12E-05	1.00	1.00	0.00
10	-0.0027	-2.12E-05	0.97	0.97	-0.09
20	-0.0027	-2.12E-05	0.94	0.95	1.31
30	-0.0027	-2.12E-05	0.90	0.92	2.18
40	-0.0027	-2.12E-05	0.86	0.88	2.48
50	-0.0027	-2.12E-05	0.81	0.84	3.32
60	-0.0027	-2.12E-05	0.76	0.79	3.56
70	-0.0027	-2.12E-05	0.71	0.72	1.76
80	-0.0027	-2.12E-05	0.65	0.66	1.73
90	-0.0027	-2.12E-05	0.59	0.59	0.74
100	-0.0027	-2.12E-05	0.52	0.51	-1.66
110	-0.0027	-2.12E-05	0.45	0.42	-6.44
120	-0.0027	-2.12E-05	0.37	0.35	-6.11
130	-0.0027	-2.12E-05	0.29	0.25	-16.60
140	-0.0027	-2.12E-05	0.21	0.18	-15.21
150	-0.0027	-2.12E-05	0.12	0.10	-19.03
160	-0.0027	-2.12E-05	0.07	0.03	11.81
170	-0.0027	-2.12E-05	0.03	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO

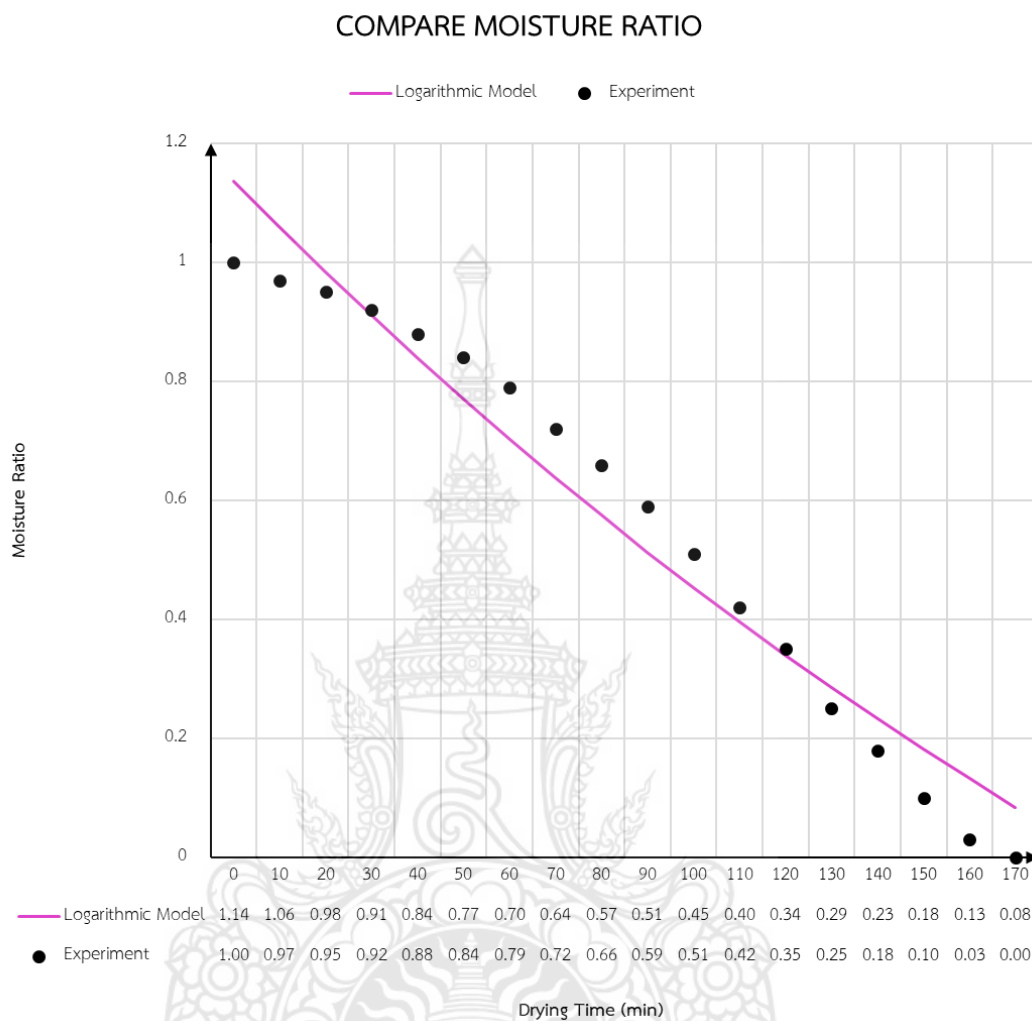


รูปที่ ง.29 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.30

ตารางที่ ง.30 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9537 ,RMSE = 0.0791						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	2.6373	0.003	-1.5	1.14	1.00	-13.73
10	2.6373	0.003	-1.5	1.06	0.97	-9.21
20	2.6373	0.003	-1.5	0.98	0.95	-3.55
30	2.6373	0.003	-1.5	0.91	0.92	1.05
40	2.6373	0.003	-1.5	0.84	0.88	4.65
50	2.6373	0.003	-1.5	0.77	0.84	8.34
60	2.6373	0.003	-1.5	0.70	0.79	11.03
70	2.6373	0.003	-1.5	0.64	0.72	11.42
80	2.6373	0.003	-1.5	0.57	0.66	12.94
90	2.6373	0.003	-1.5	0.51	0.59	13.01
100	2.6373	0.003	-1.5	0.45	0.51	11.03
110	2.6373	0.003	-1.5	0.40	0.42	5.71
120	2.6373	0.003	-1.5	0.34	0.35	2.86
130	2.6373	0.003	-1.5	0.29	0.25	-14.24
140	2.6373	0.003	-1.5	0.23	0.18	-29.35
150	2.6373	0.003	-1.5	0.18	0.10	-81.62
160	2.6373	0.003	-1.5	0.13	0.03	-339.72
170	2.6373	0.003	-1.5	0.08	0.00	-100



รูปที่ ง.30 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

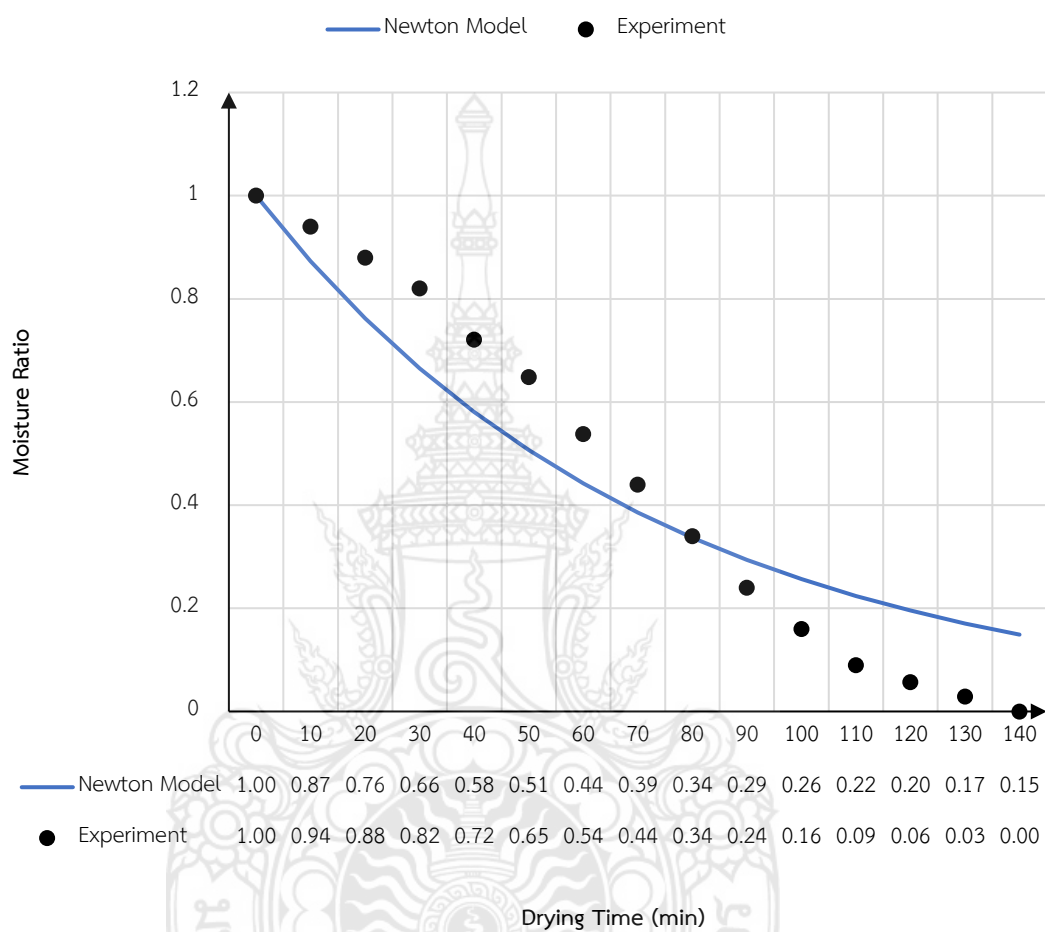
ง.1.7 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 55 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.31

ตารางที่ ง.31 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.896 ,RMSE = 0.1151				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0136	1.00	1.00	0.00
10	0.0136	0.87	0.94	7.14
20	0.0136	0.76	0.88	13.43
30	0.0136	0.66	0.82	18.91
40	0.0136	0.58	0.72	19.50
50	0.0136	0.51	0.65	21.89
60	0.0136	0.44	0.54	17.75
70	0.0136	0.39	0.44	12.28
80	0.0136	0.34	0.34	0.91
90	0.0136	0.29	0.24	-22.52
100	0.0136	0.26	0.16	-60.41
110	0.0136	0.22	0.09	-148.92
120	0.0136	0.20	0.06	-243.70
130	0.0136	0.17	0.03	-488.88
140	0.0136	0.15	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



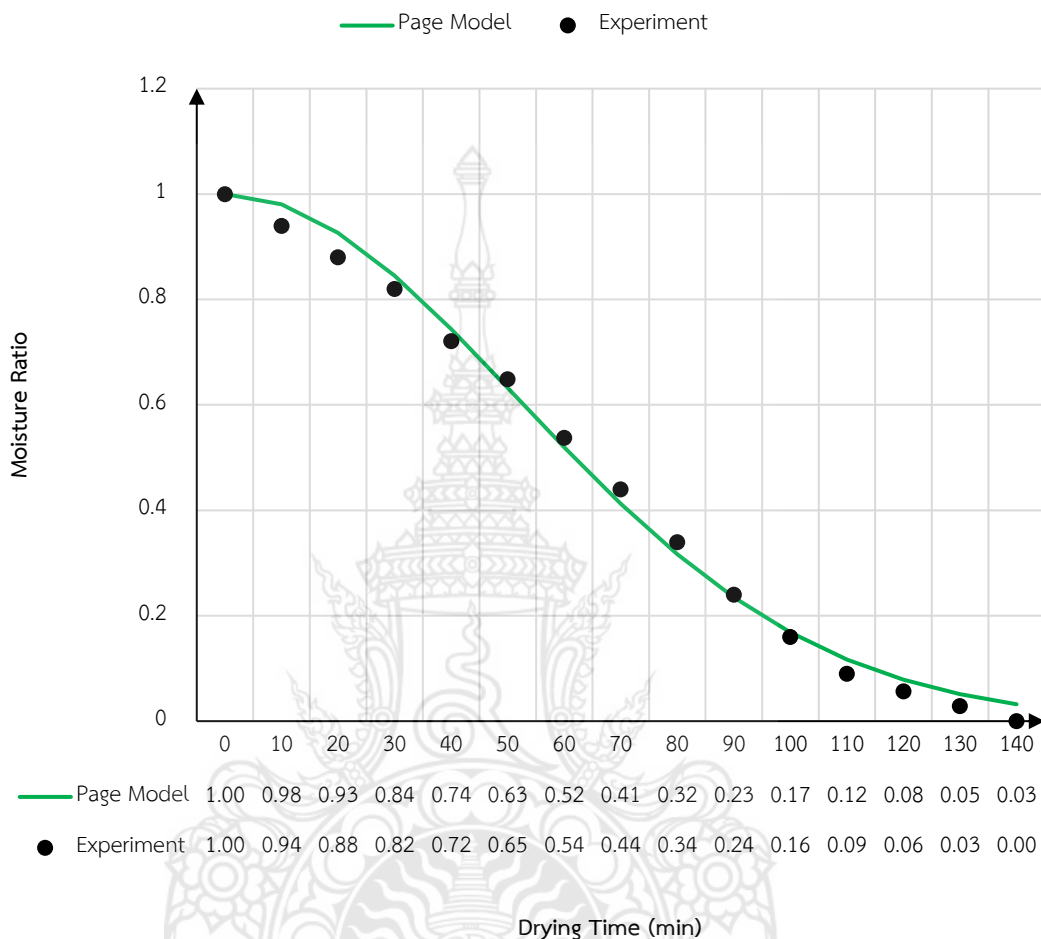
รูปที่ ง.31 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.32

ตารางที่ ง.32 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9946 ,RMSE = 0.0273					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	2.16E-04	1.9582	1.00	1.00	0
10	2.16E-04	1.9582	0.98	0.94	-4.32
20	2.16E-04	1.9582	0.93	0.88	-5.30
30	2.16E-04	1.9582	0.84	0.82	-3.04
40	2.16E-04	1.9582	0.74	0.72	-3.16
50	2.16E-04	1.9582	0.63	0.65	2.49
60	2.16E-04	1.9582	0.52	0.54	3.36
70	2.16E-04	1.9582	0.41	0.44	6.25
80	2.16E-04	1.9582	0.32	0.34	6.89
90	2.16E-04	1.9582	0.23	0.24	2.12
100	2.16E-04	1.9582	0.17	0.16	-5.35
110	2.16E-04	1.9582	0.12	0.09	-29.97
120	2.16E-04	1.9582	0.08	0.06	-38.02
130	2.16E-04	1.9582	0.05	0.03	-75.93
140	2.16E-04	1.9582	0.03	0.00	-100

compARE Moisture Ratio



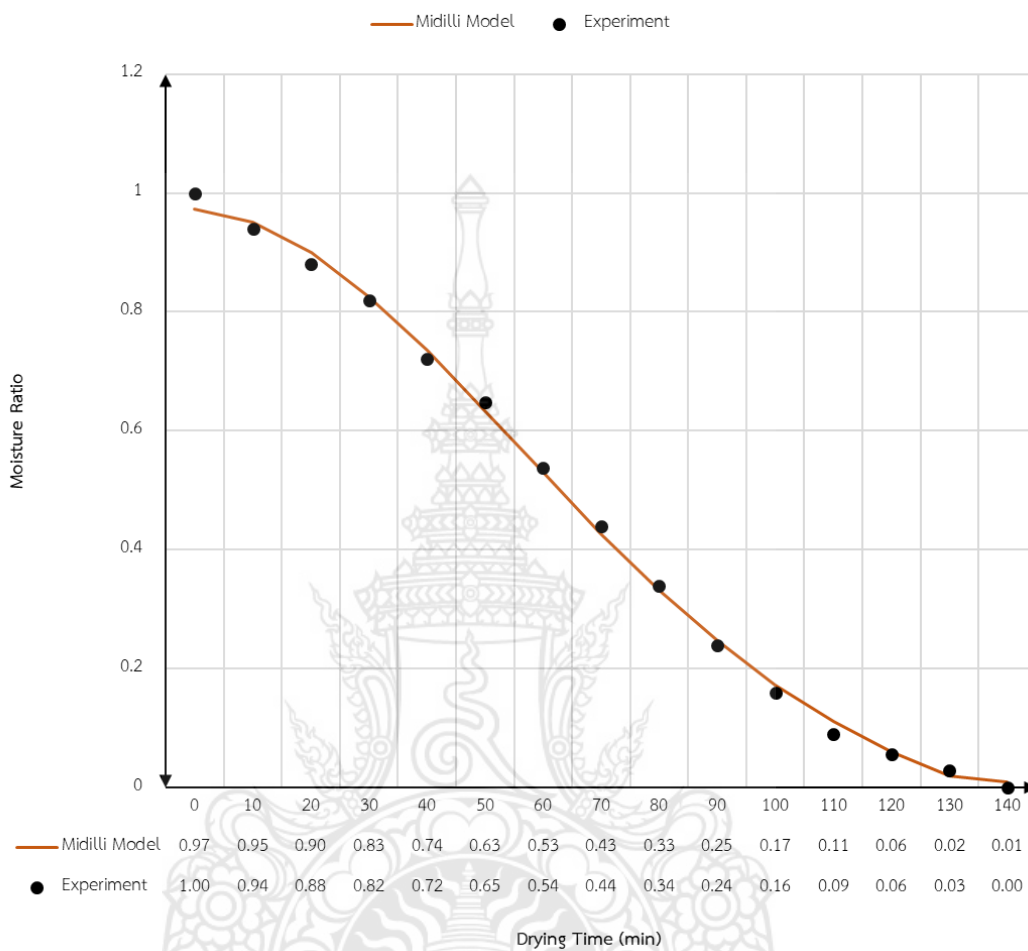
รูปที่ ง.32 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีวเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.33

ตารางที่ ง.33 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9984 ,RMSE = 0.0163							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.97	1.00	2.75
10	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.95	0.94	-1.13
20	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.90	0.88	-2.26
30	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.83	0.82	-0.71
40	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.74	0.72	-1.94
50	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.63	0.65	2.22
60	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.53	0.54	1.46
70	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.43	0.44	2.81
80	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.33	0.34	2.27
90	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.25	0.24	-2.83
100	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.17	0.16	-8.04
110	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.11	0.09	-23.31
120	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.06	0.06	-6.60
130	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.02	0.03	28.60
140	0.9725	2.10E-04	1.9239	-4.85E-04	0.01	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



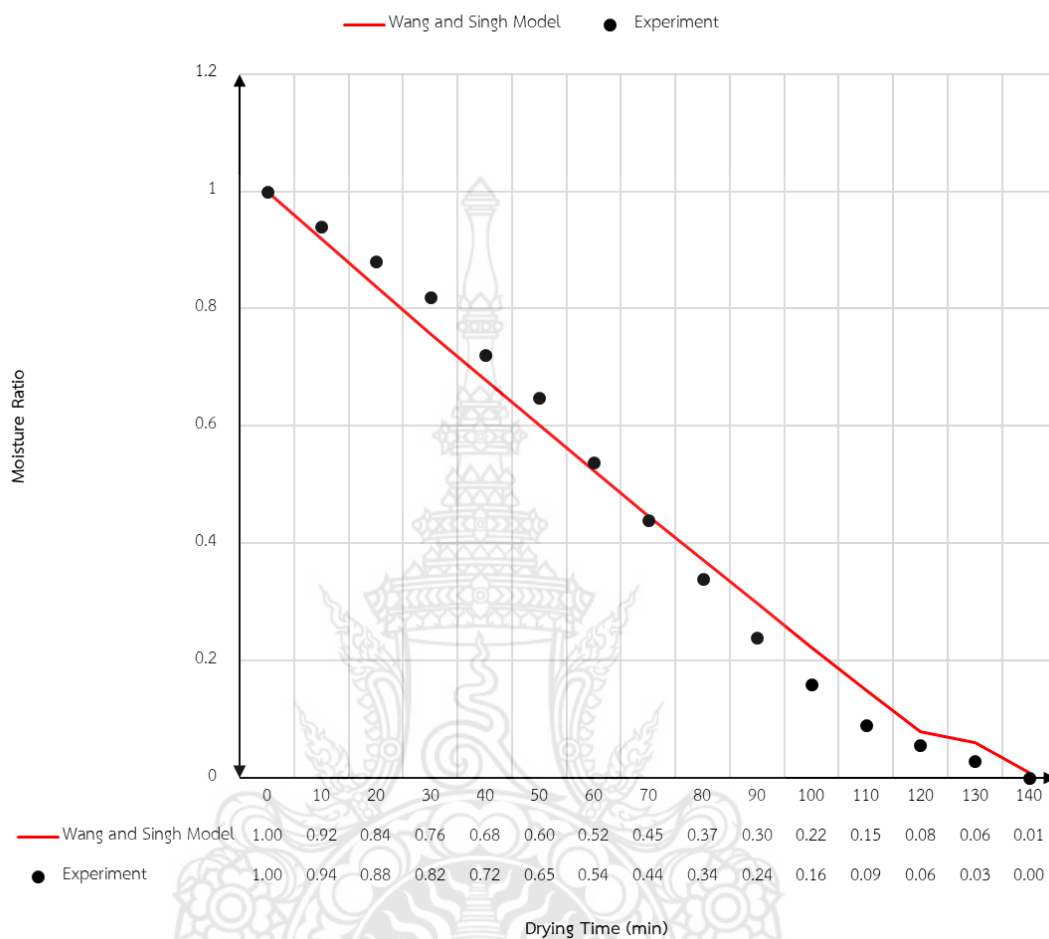
รูปที่ ง.33 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.34

ตารางที่ ง.34 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9848 ,RMSE = 0.0457					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0082	4.35E-06	1.00	1.00	0.00
10	-0.0082	4.35E-06	0.92	0.94	2.29
20	-0.0082	4.35E-06	0.84	0.88	4.80
30	-0.0082	4.35E-06	0.76	0.82	7.57
40	-0.0082	4.35E-06	0.68	0.72	5.83
50	-0.0082	4.35E-06	0.60	0.65	7.35
60	-0.0082	4.35E-06	0.52	0.54	2.60
70	-0.0082	4.35E-06	0.45	0.44	-1.66
80	-0.0082	4.35E-06	0.37	0.34	-9.36
90	-0.0082	4.35E-06	0.30	0.24	-23.84
100	-0.0082	4.35E-06	0.22	0.16	-39.68
110	-0.0082	4.35E-06	0.15	0.09	-67.35
120	-0.0082	4.35E-06	0.08	0.06	-38.19
130	-0.0082	4.35E-06	0.06	0.03	74.15
140	-0.0082	4.35E-06	0.01	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



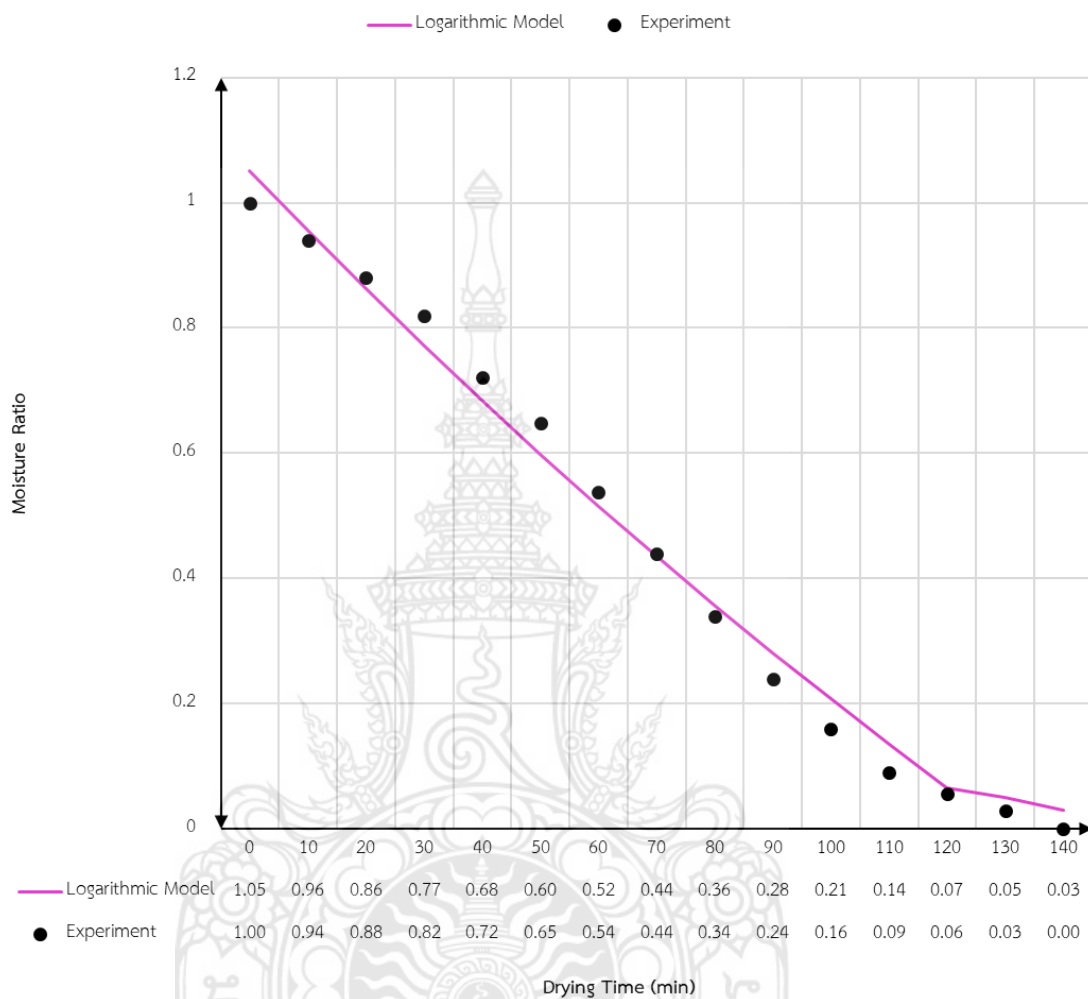
รูปที่ ง.34 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.35

ตารางที่ ง.35 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9879 ,RMSE = 0.0424						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	3.3504	0.0029	-2.2994	1.05	1.00	-5.10
10	3.3504	0.0029	-2.2994	0.96	0.94	-1.62
20	3.3504	0.0029	-2.2994	0.86	0.88	2.02
30	3.3504	0.0029	-2.2994	0.77	0.82	5.87
40	3.3504	0.0029	-2.2994	0.68	0.72	5.13
50	3.3504	0.0029	-2.2994	0.60	0.65	7.68
60	3.3504	0.0029	-2.2994	0.52	0.54	4.04
70	3.3504	0.0029	-2.2994	0.44	0.44	1.03
80	3.3504	0.0029	-2.2994	0.36	0.34	-5.08
90	3.3504	0.0029	-2.2994	0.28	0.24	-17.23
100	3.3504	0.0029	-2.2994	0.21	0.16	-29.74
110	3.3504	0.0029	-2.2994	0.14	0.09	-51.03
120	3.3504	0.0029	-2.2994	0.07	0.06	-16.56
130	3.3504	0.0029	-2.2994	0.05	0.03	104.51
140	3.3504	0.0029	-2.2994	0.03	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.35 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

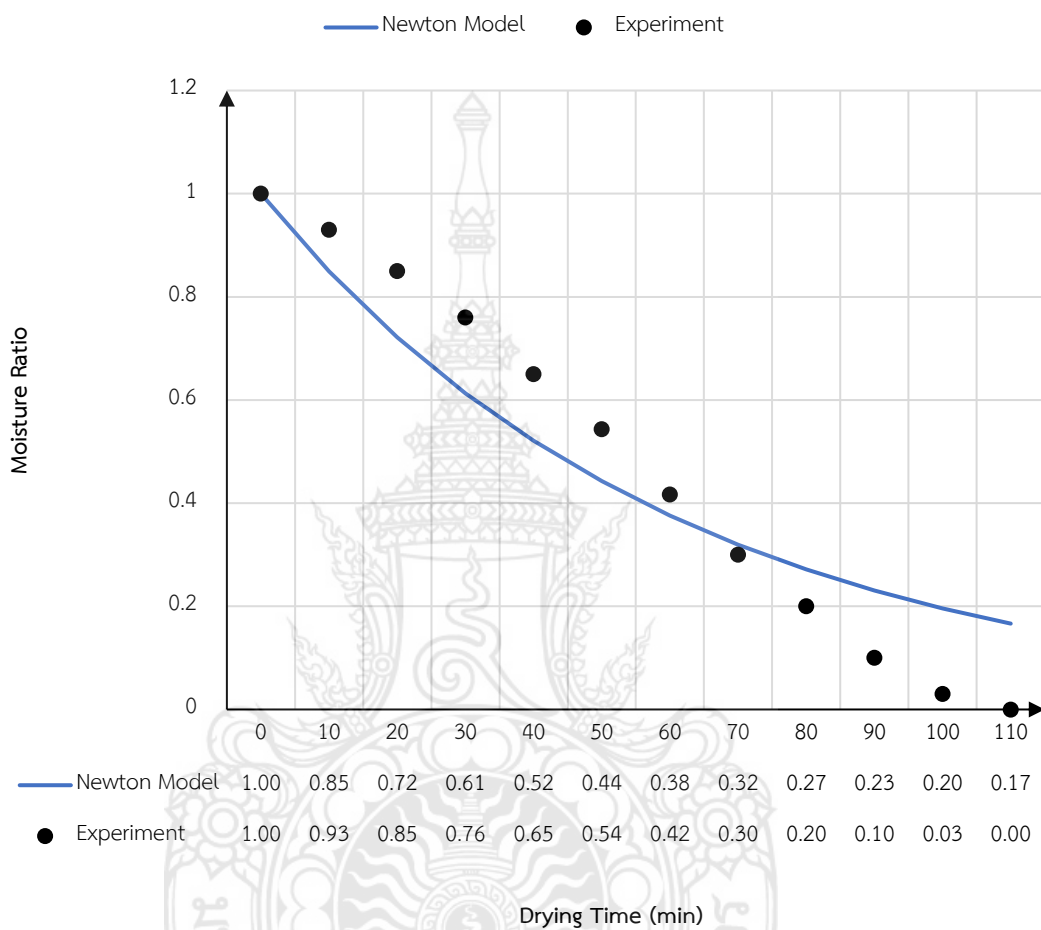
ง.1.8 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 60 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.36

ตารางที่ ง.36 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.8936 ,RMSE = 0.1169				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0163	1.00	1.00	0.00
10	0.0163	0.85	0.93	8.65
20	0.0163	0.72	0.85	15.08
30	0.0163	0.61	0.76	19.31
40	0.0163	0.52	0.65	19.85
50	0.0163	0.44	0.54	18.55
60	0.0163	0.38	0.42	9.75
70	0.0163	0.32	0.30	-6.50
80	0.0163	0.27	0.20	-35.72
90	0.0163	0.23	0.10	-130.62
100	0.0163	0.20	0.03	-553.10
110	0.0163	0.17	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



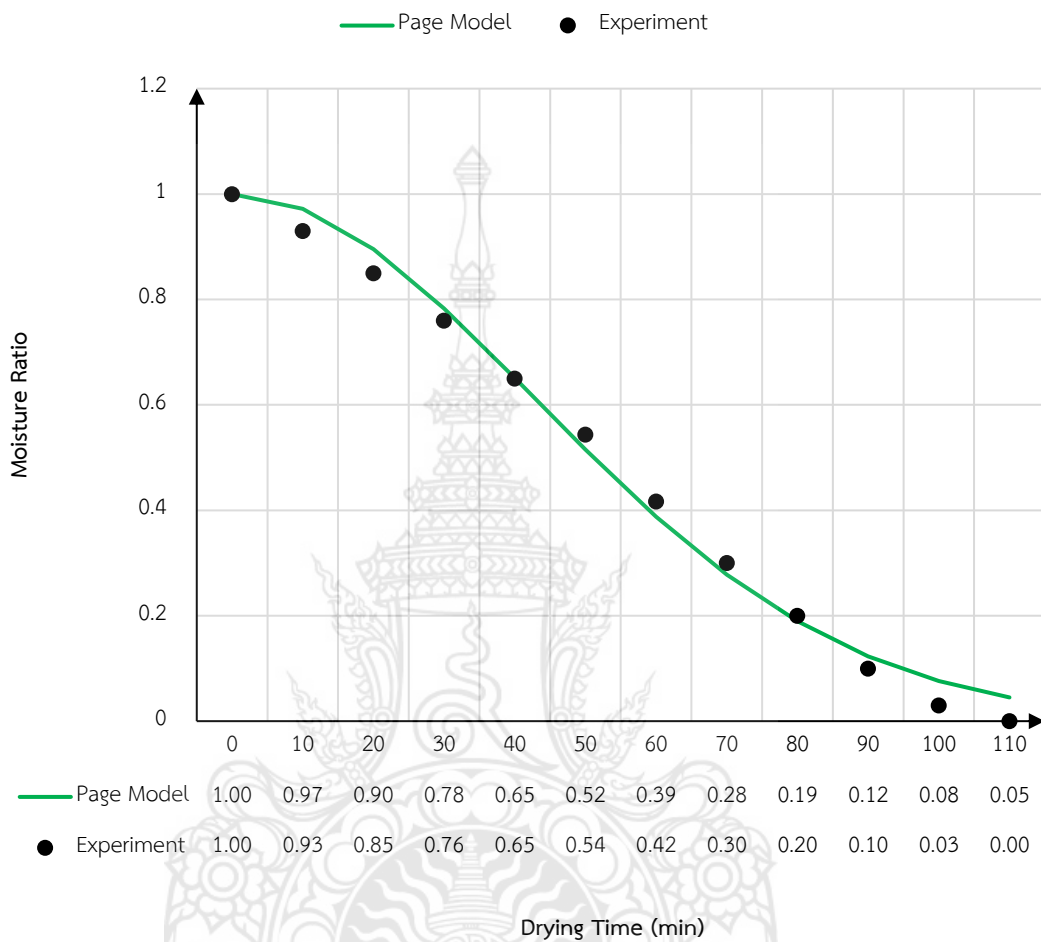
รูปที่ ง.36 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.37

ตารางที่ ง.37 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.992 ,RMSE = 0.0337					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	3.15E-04	1.9558	1.00	1.00	0
10	3.15E-04	1.9558	0.97	0.93	-4.51
20	3.15E-04	1.9558	0.90	0.85	-5.34
30	3.15E-04	1.9558	0.78	0.76	-3.06
40	3.15E-04	1.9558	0.65	0.65	-0.20
50	3.15E-04	1.9558	0.52	0.54	5.22
60	3.15E-04	1.9558	0.39	0.42	6.96
70	3.15E-04	1.9558	0.28	0.30	7.42
80	3.15E-04	1.9558	0.19	0.20	5.26
90	3.15E-04	1.9558	0.12	0.10	-23.15
100	3.15E-04	1.9558	0.08	0.03	-154.20
110	3.15E-04	1.9558	0.05	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



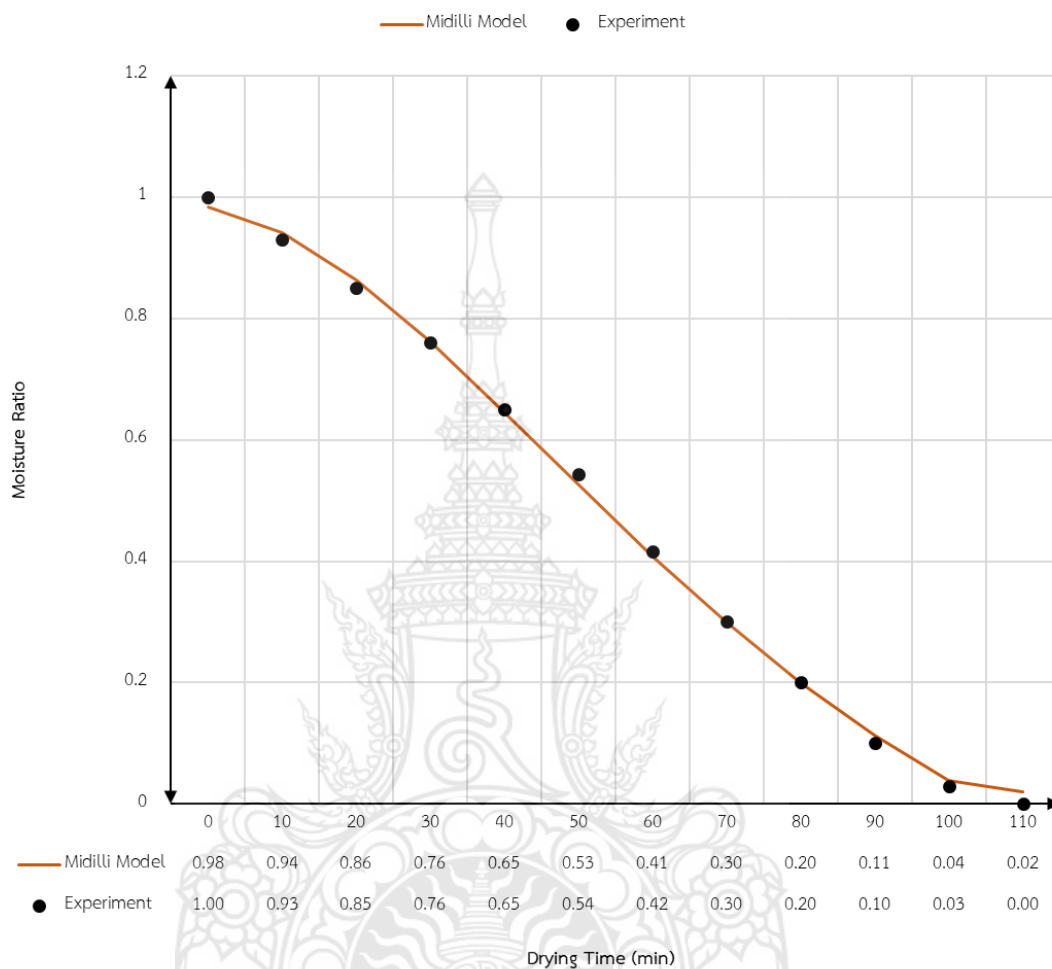
รูปที่ ง.37 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีมวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.38

ตารางที่ ง.38 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9989 ,RMSE = 0.0142							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.98	1.00	1.67
10	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.94	0.93	-1.21
20	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.86	0.85	-1.52
30	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.76	0.76	-0.16
40	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.65	0.65	0.58
50	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.53	0.54	3.11
60	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.41	0.42	1.80
70	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.30	0.30	0.28
80	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.20	0.20	0.06
90	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.11	0.10	-12.99
100	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.04	0.03	-29.40
110	0.9833	4.91E-04	1.7702	-0.0014	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO

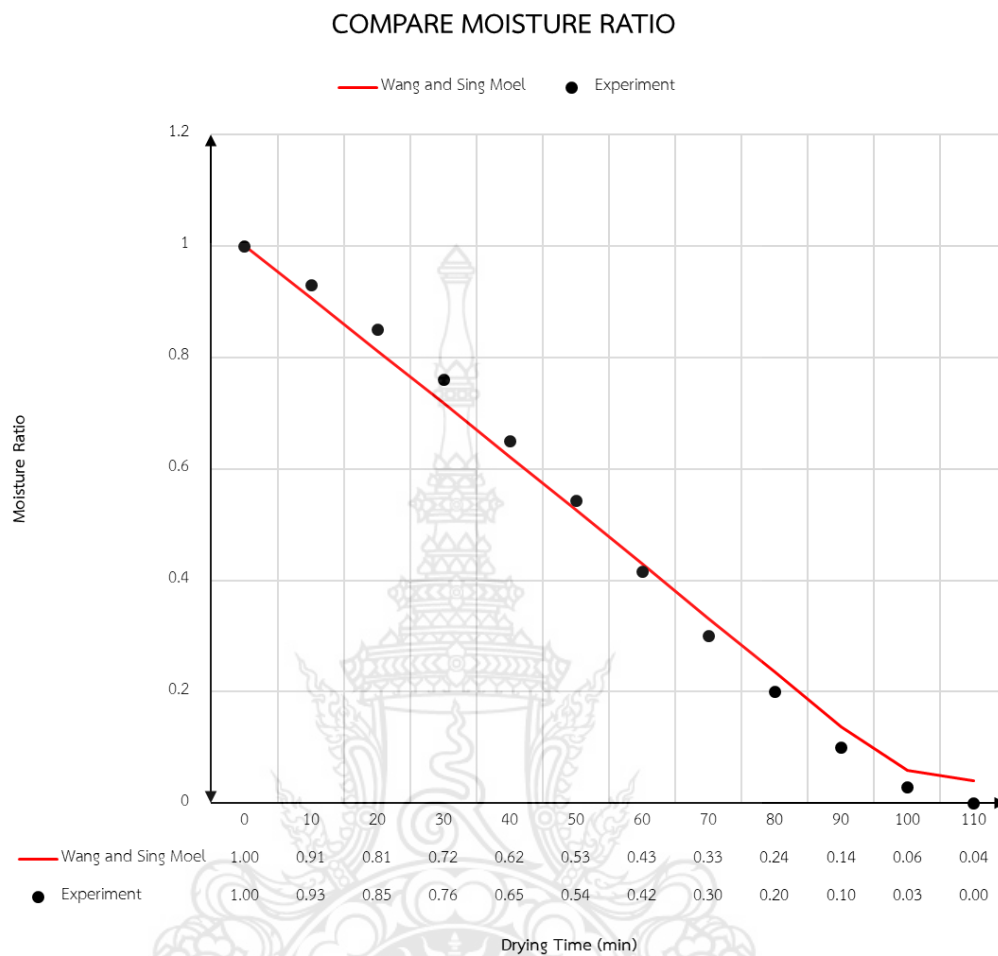


รูปที่ ง.38 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ l , a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.39

ตารางที่ ง.39 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9913 ,RMSE = 0.0351					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0093	-3.26E-06	1.00	1.00	0.00
10	-0.0093	-3.26E-06	0.91	0.93	2.51
20	-0.0093	-3.26E-06	0.81	0.85	4.39
30	-0.0093	-3.26E-06	0.72	0.76	5.52
40	-0.0093	-3.26E-06	0.62	0.65	4.19
50	-0.0093	-3.26E-06	0.53	0.54	3.06
60	-0.0093	-3.26E-06	0.43	0.42	-3.26
70	-0.0093	-3.26E-06	0.33	0.30	-11.00
80	-0.0093	-3.26E-06	0.24	0.20	-17.56
90	-0.0093	-3.26E-06	0.14	0.10	-36.57
100	-0.0093	-3.26E-06	0.06	0.03	-24.57
110	-0.0093	-3.26E-06	0.04	0.00	100



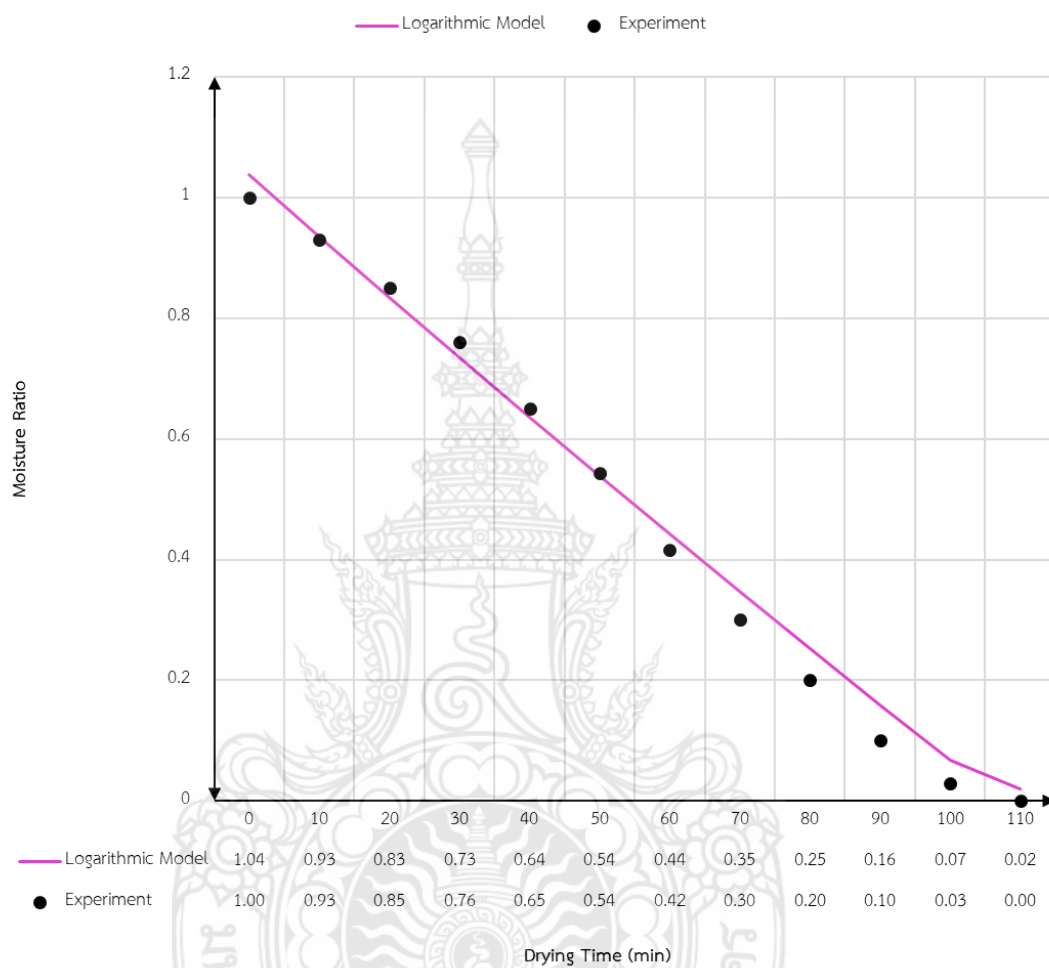
รูปที่ ง.39 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มีมวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.40

ตารางที่ ง.40 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9931 ,RMSE = 0.0329						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	9.3043	0.0011	-8.2676	1.04	1.00	-3.67
10	9.3043	0.0011	-8.2676	0.93	0.93	-0.53
20	9.3043	0.0011	-8.2676	0.83	0.85	1.85
30	9.3043	0.0011	-8.2676	0.73	0.76	3.33
40	9.3043	0.0011	-8.2676	0.64	0.65	2.13
50	9.3043	0.0011	-8.2676	0.54	0.54	0.86
60	9.3043	0.0011	-8.2676	0.44	0.42	-6.19
70	9.3043	0.0011	-8.2676	0.35	0.30	-15.72
80	9.3043	0.0011	-8.2676	0.25	0.20	-26.46
90	9.3043	0.0011	-8.2676	0.16	0.10	-59.70
100	9.3043	0.0011	-8.2676	0.07	0.03	-125.03
110	9.3043	0.0011	-8.2676	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.40 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มีมวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

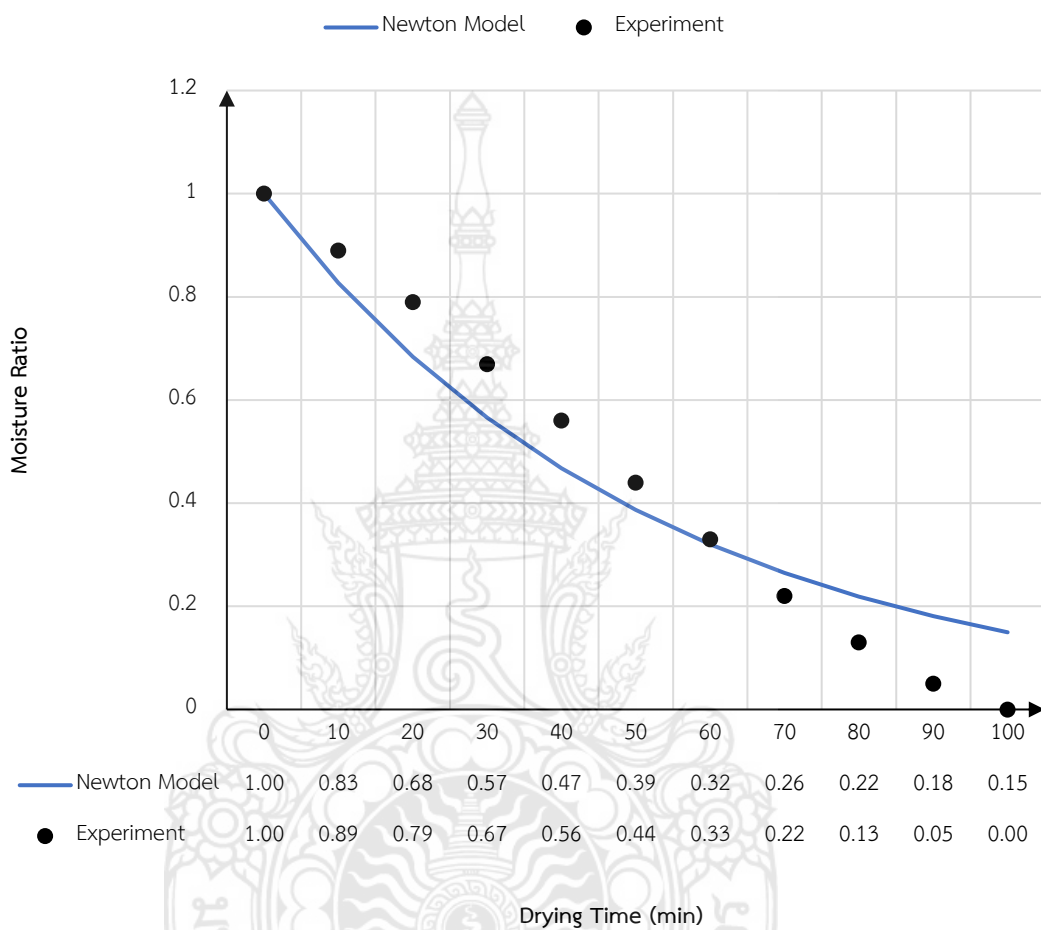
ง.1.9 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท้อนน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 65 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.41

ตารางที่ ง.41 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9277 ,RMSE = 0.0933				
Drying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.019	1.00	1.00	0.00
10	0.019	0.83	0.89	7.08
20	0.019	0.68	0.79	13.44
30	0.019	0.57	0.67	15.55
40	0.019	0.47	0.56	16.49
50	0.019	0.39	0.44	12.10
60	0.019	0.32	0.33	3.09
70	0.019	0.26	0.22	-20.22
80	0.019	0.22	0.13	-68.24
90	0.019	0.18	0.05	-261.73
100	0.019	0.15	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



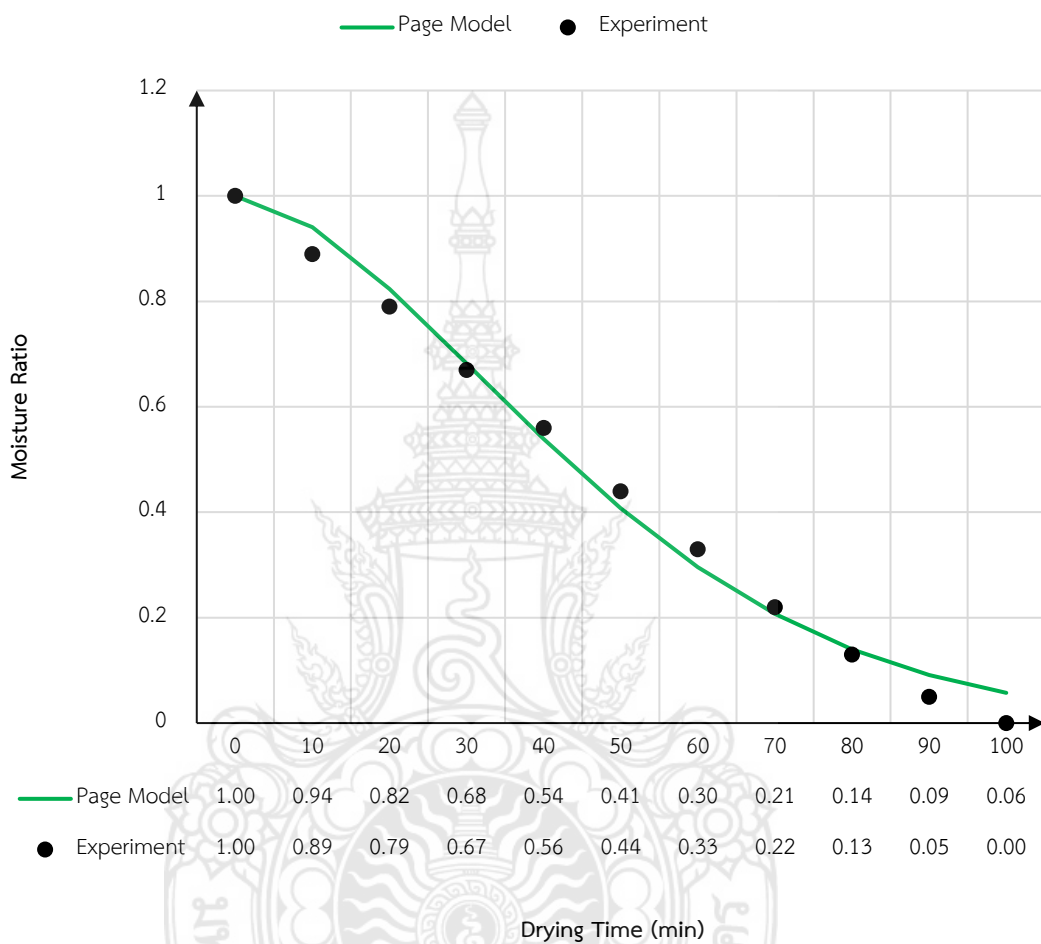
รูปที่ ง.80 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.42

ตารางที่ ง.42 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9902 ,RMSE = 0.0361					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	0.0013	1.6711	1.00	1.00	0
10	0.0013	1.6711	0.94	0.89	-5.71
20	0.0013	1.6711	0.82	0.79	-4.25
30	0.0013	1.6711	0.68	0.67	-1.89
40	0.0013	1.6711	0.54	0.56	3.77
50	0.0013	1.6711	0.41	0.44	7.38
60	0.0013	1.6711	0.30	0.33	10.30
70	0.0013	1.6711	0.21	0.22	5.91
80	0.0013	1.6711	0.14	0.13	-7.41
90	0.0013	1.6711	0.09	0.05	-81.97
100	0.0013	1.6711	0.06	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



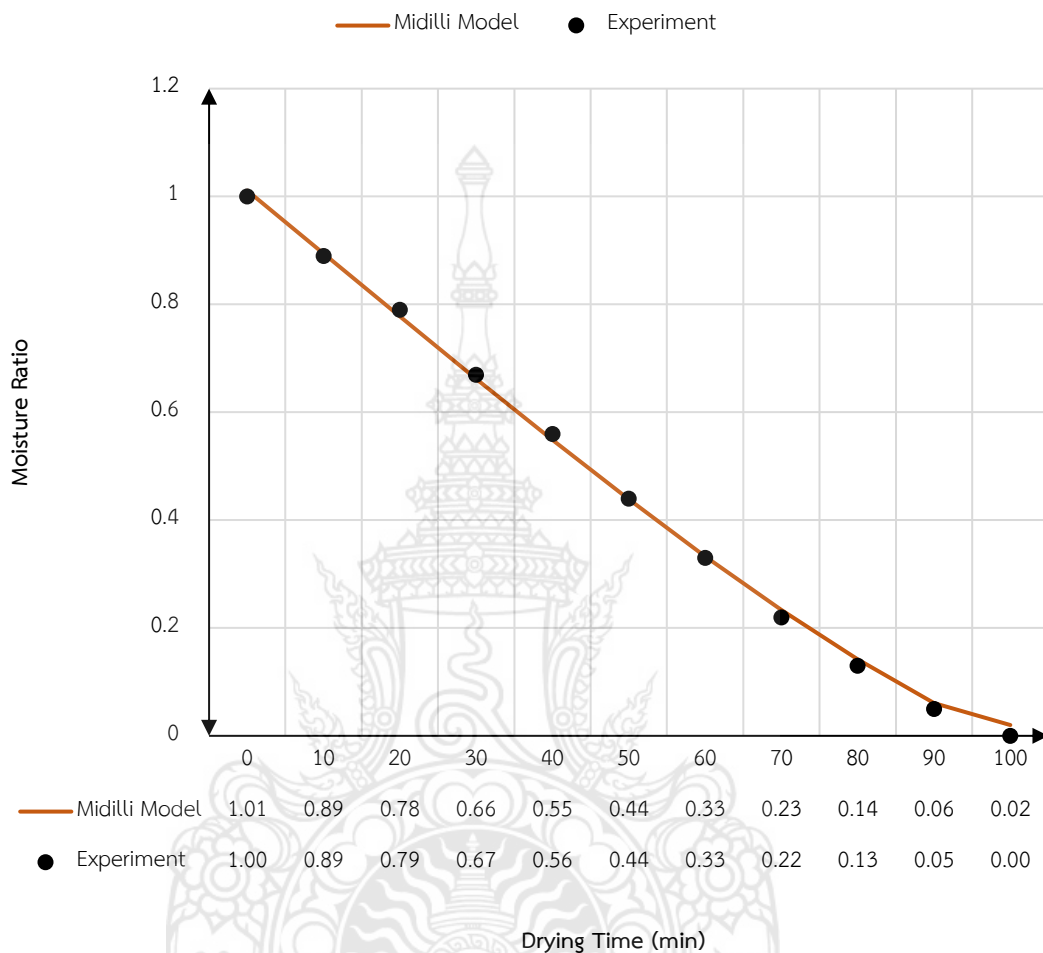
รูปที่ ง.81 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีมวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.43

ตารางที่ ง.43 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9992 ,RMSE = 0.0115							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	1.01	1.00	-1.10
10	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.89	0.89	-0.45
20	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.78	0.79	1.58
30	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.66	0.67	1.13
40	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.55	0.56	2.02
50	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.44	0.44	0.35
60	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.33	0.33	-0.84
70	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.23	0.22	-6.01
80	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.14	0.13	-9.02
90	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.06	0.05	-21.23
100	1.011	-1.31E-08	3.51E+00	-0.0117	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



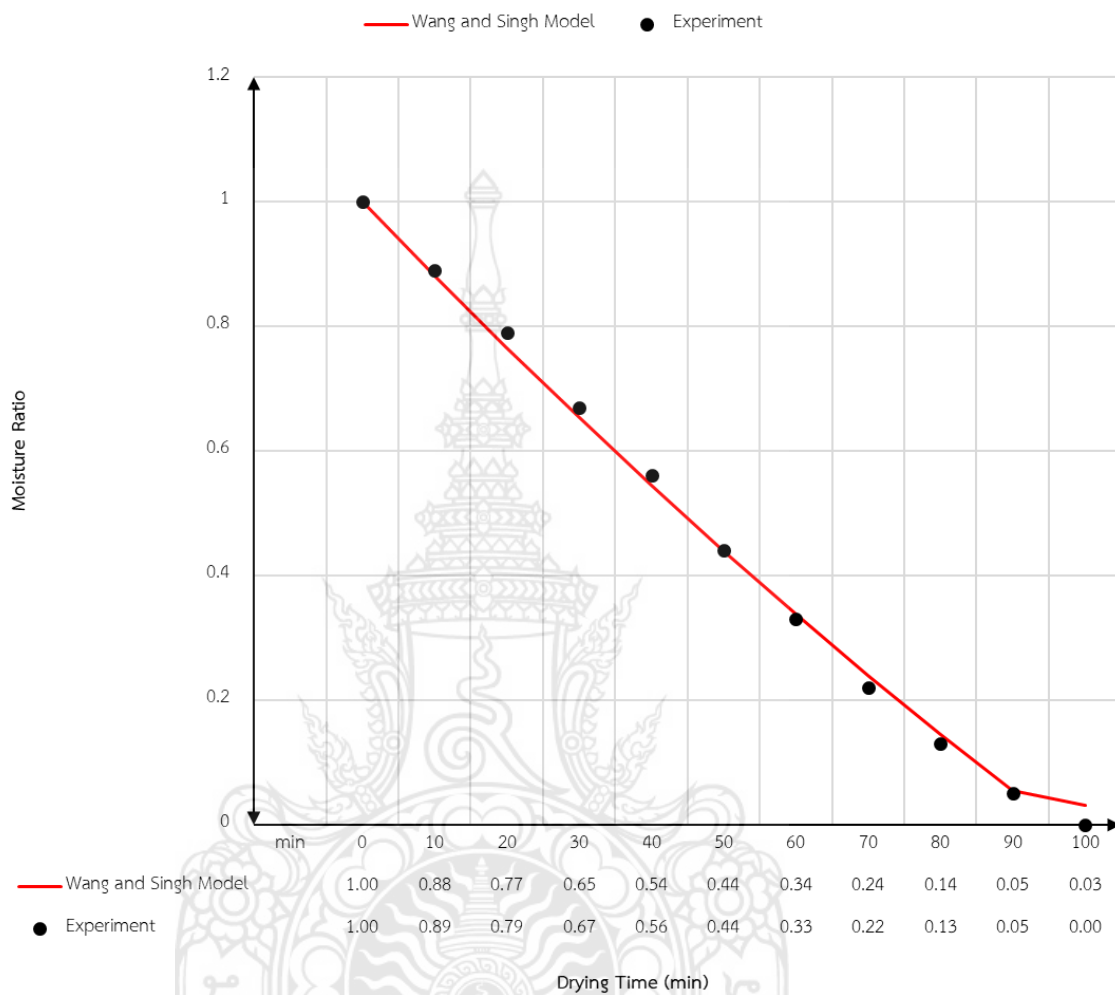
รูปที่ ง.43 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.44

ตารางที่ ง.44 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9975 ,RMSE = 0.0182					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0121	1.77E-05	1.00	1.00	0.00
10	-0.0121	1.77E-05	0.88	0.89	1.04
20	-0.0121	1.77E-05	0.77	0.79	3.16
30	-0.0121	1.77E-05	0.65	0.67	2.50
40	-0.0121	1.77E-05	0.54	0.56	2.81
50	-0.0121	1.77E-05	0.44	0.44	0.20
60	-0.0121	1.77E-05	0.34	0.33	-2.29
70	-0.0121	1.77E-05	0.24	0.22	-8.86
80	-0.0121	1.77E-05	0.14	0.13	-11.52
90	-0.0121	1.77E-05	0.05	0.05	-7.96
100	-0.0121	1.77E-05	0.03	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



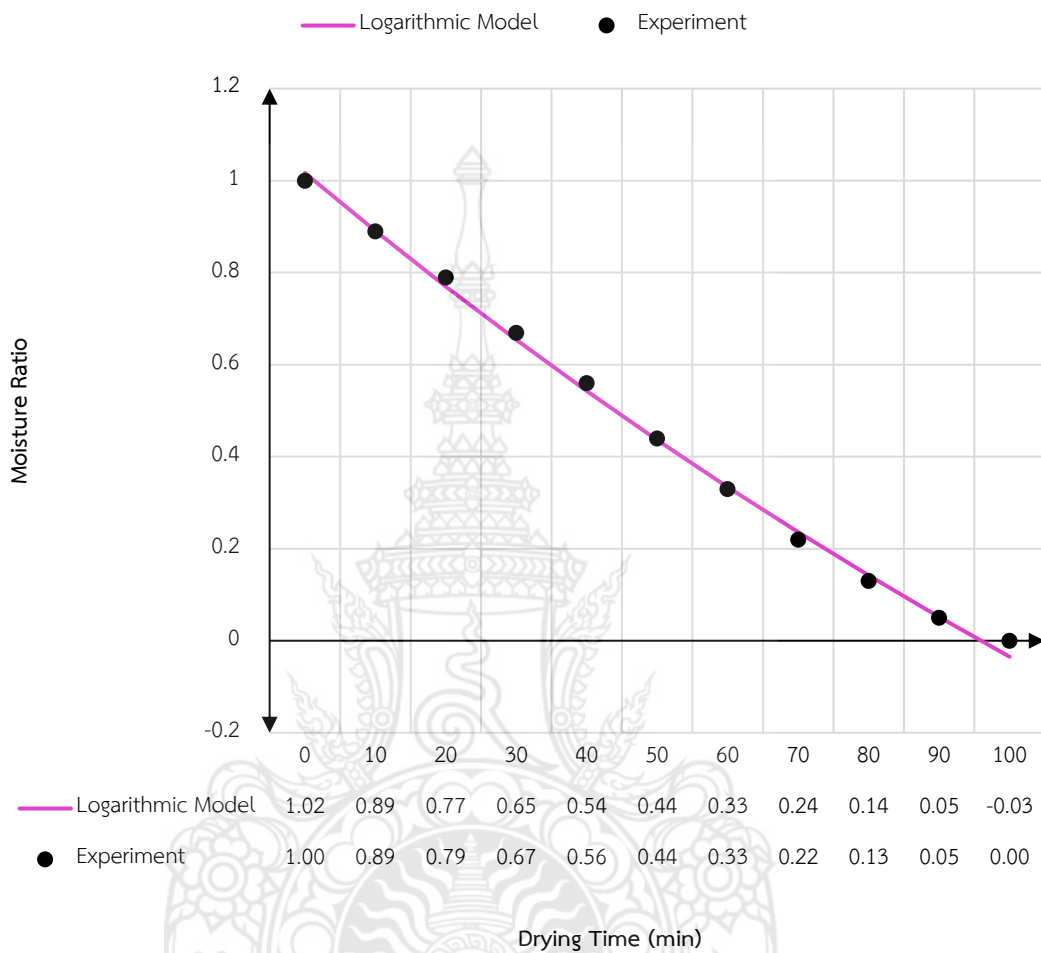
รูปที่ ง.44 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.45

ตารางที่ ง.45 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9978 ,RMSE = 0.0183						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	3.0666	0.0042	-2.0497	1.02	1.00	-1.69
10	3.0666	0.0042	-2.0497	0.89	0.89	-0.09
20	3.0666	0.0042	-2.0497	0.77	0.79	2.55
30	3.0666	0.0042	-2.0497	0.65	0.67	2.36
40	3.0666	0.0042	-2.0497	0.54	0.56	3.10
50	3.0666	0.0042	-2.0497	0.44	0.44	0.90
60	3.0666	0.0042	-2.0497	0.33	0.33	-1.15
70	3.0666	0.0042	-2.0497	0.24	0.22	-7.17
80	3.0666	0.0042	-2.0497	0.14	0.13	-9.05
90	3.0666	0.0042	-2.0497	0.05	0.05	-3.26
100	3.0666	0.0042	-2.0497	0.03	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.45 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

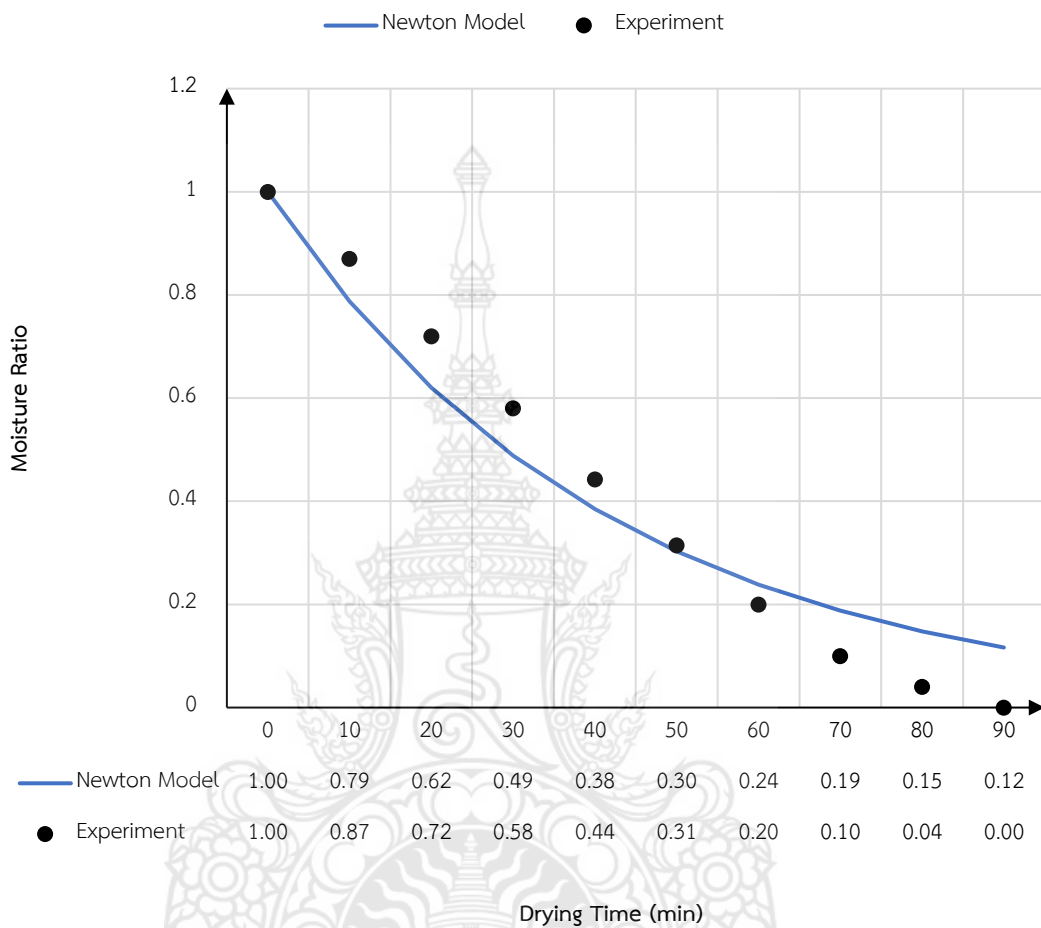
ง.1.10 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 70 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.46

ตารางที่ ง.46 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9449 ,RMSE = 0.0835				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0239	1.00	1.00	0.00
10	0.0239	0.79	0.87	9.49
20	0.0239	0.62	0.72	13.89
30	0.0239	0.49	0.58	15.83
40	0.0239	0.38	0.44	13.15
50	0.0239	0.30	0.31	3.85
60	0.0239	0.24	0.20	-19.18
70	0.0239	0.19	0.10	-87.68
80	0.0239	0.15	0.04	-269.46
90	0.0239	0.12	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



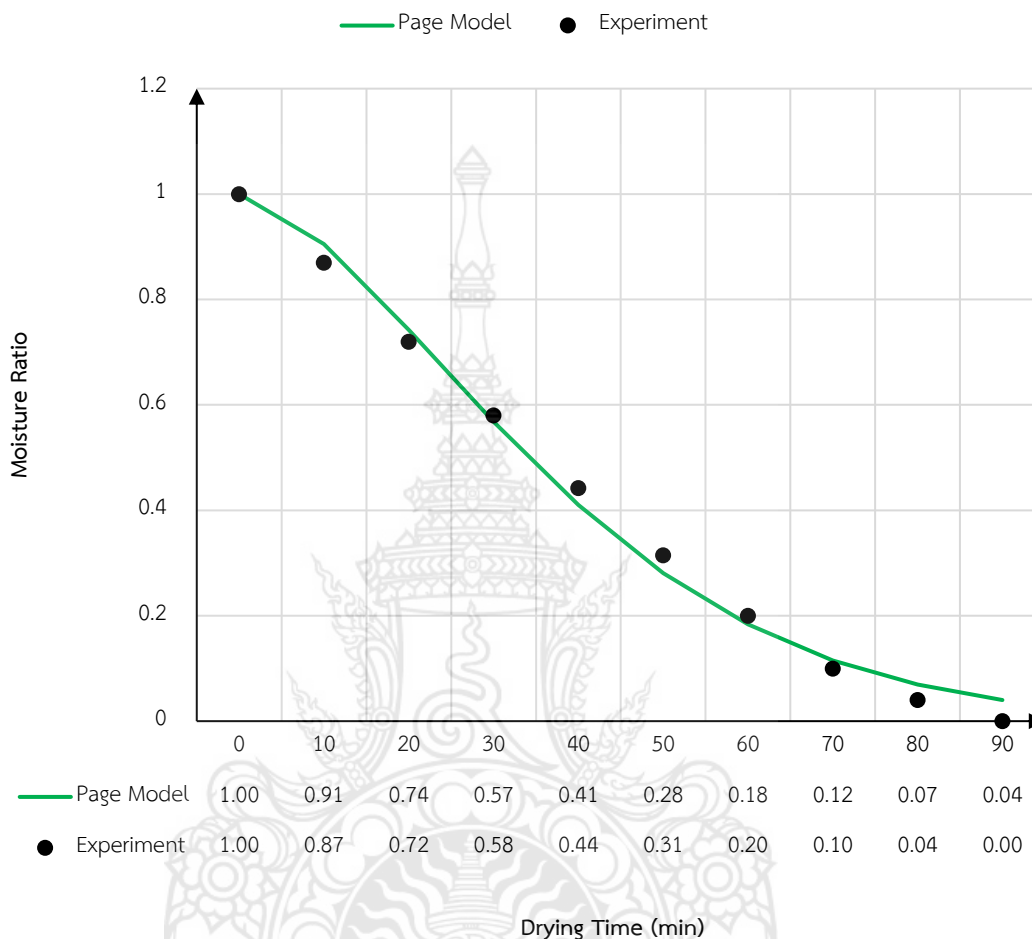
รูปที่ ง.46 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.47

ตารางที่ ง.47 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9943 ,RMSE = 0.0285					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	0.0026	1.5825	1.00	1.00	0
10	0.0026	1.5825	0.91	0.87	-4.06
20	0.0026	1.5825	0.74	0.72	-3.12
30	0.0026	1.5825	0.57	0.58	2.07
40	0.0026	1.5825	0.41	0.44	7.38
50	0.0026	1.5825	0.28	0.31	10.74
60	0.0026	1.5825	0.18	0.20	8.10
70	0.0026	1.5825	0.12	0.10	-15.10
80	0.0026	1.5825	0.07	0.04	-73.02
90	0.0026	1.5825	0.04	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



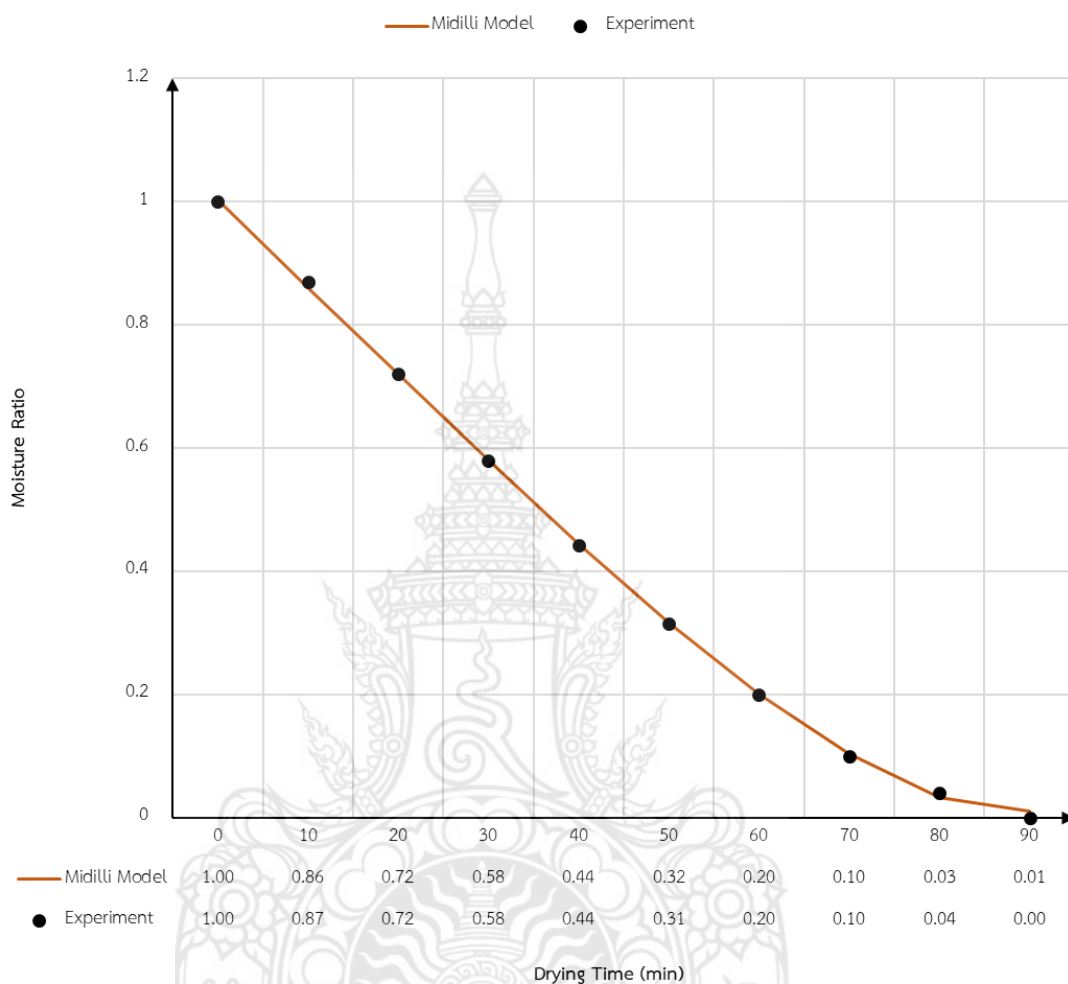
รูปที่ ง.47 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีมวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.48

ตารางที่ ง.48 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9998 ,RMSE = 0.0061							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	1.00	1.00	-0.23
10	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	0.86	0.87	1.11
20	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	0.72	0.72	0.15
30	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	0.58	0.58	0.11
40	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	0.44	0.44	-0.32
50	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	0.32	0.31	-0.46
60	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	0.20	0.20	-0.27
70	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	0.10	0.10	-3.20
80	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	0.03	0.04	16.71
90	1.0023	-3.93E-09	3.9903	-0.0142	0.01	0.00	0.00

COMPARE MOISTURE RATIO



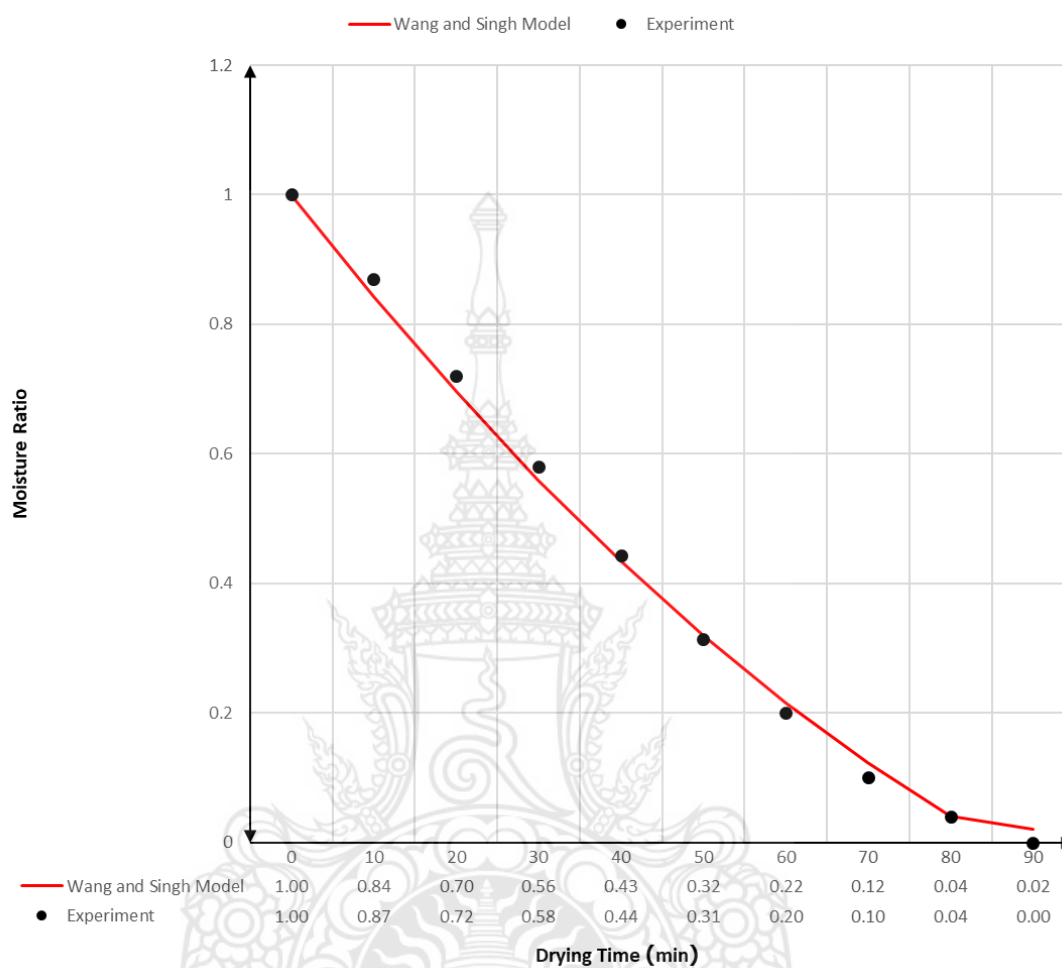
รูปที่ ง.48 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ l , a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.49

ตารางที่ ง.49 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9969 ,RMSE = 0.0211					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0163	5.39E-05	1.00	1.00	0.00
10	-0.0163	5.39E-05	0.84	0.87	3.17
20	-0.0163	5.39E-05	0.70	0.72	3.40
30	-0.0163	5.39E-05	0.56	0.58	3.54
40	-0.0163	5.39E-05	0.43	0.44	1.91
50	-0.0163	5.39E-05	0.32	0.31	-1.53
60	-0.0163	5.39E-05	0.22	0.20	-7.94
70	-0.0163	5.39E-05	0.12	0.10	-22.89
80	-0.0163	5.39E-05	0.04	0.04	-1.68
90	-0.0163	5.39E-05	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO

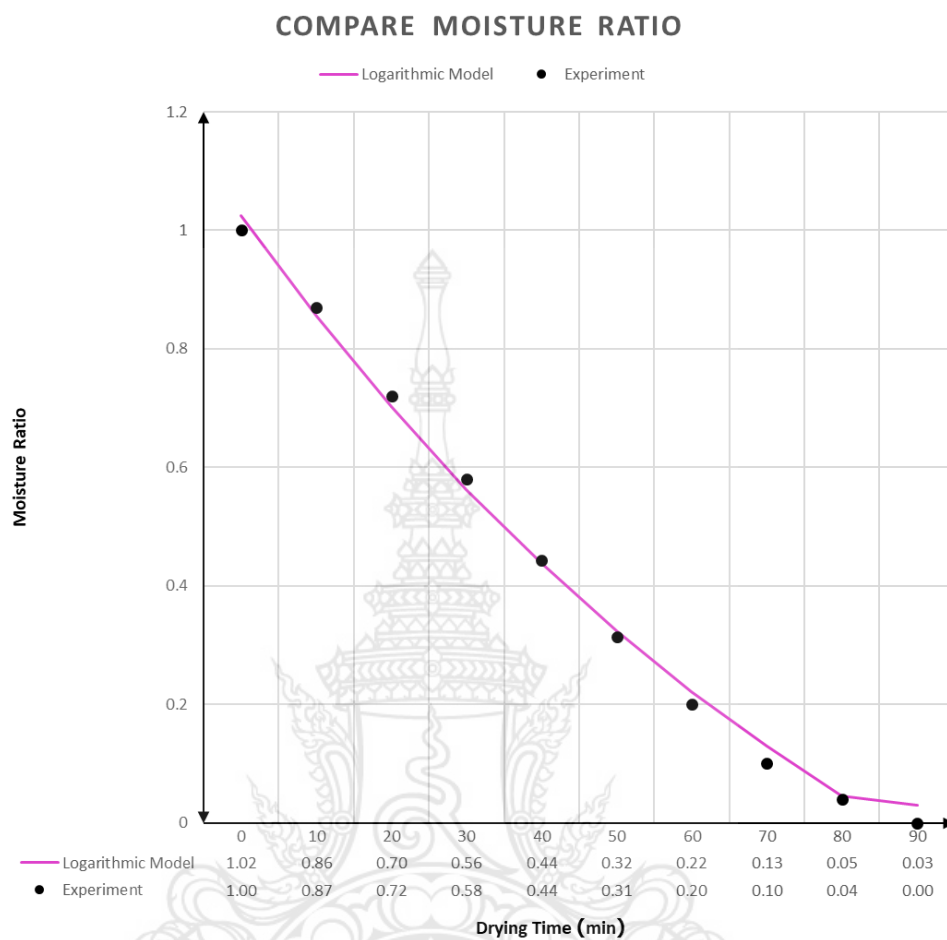


รูปที่ ง.49 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 2 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.50

ตารางที่ ง.50 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9966 ,RMSE = 0.0237						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	1.7661	0.0101	-0.7413	1.02	1.00	-2.48
10	1.7661	0.0101	-0.7413	0.86	0.87	1.71
20	1.7661	0.0101	-0.7413	0.70	0.72	2.53
30	1.7661	0.0101	-0.7413	0.56	0.58	2.91
40	1.7661	0.0101	-0.7413	0.44	0.44	1.09
50	1.7661	0.0101	-0.7413	0.32	0.31	-3.09
60	1.7661	0.0101	-0.7413	0.22	0.20	-11.08
70	1.7661	0.0101	-0.7413	0.13	0.10	-29.60
80	1.7661	0.0101	-0.7413	0.05	0.04	-14.84
90	1.7661	0.0101	-0.7413	0.03	0.00	100



รูปที่ ๕.50 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 2 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

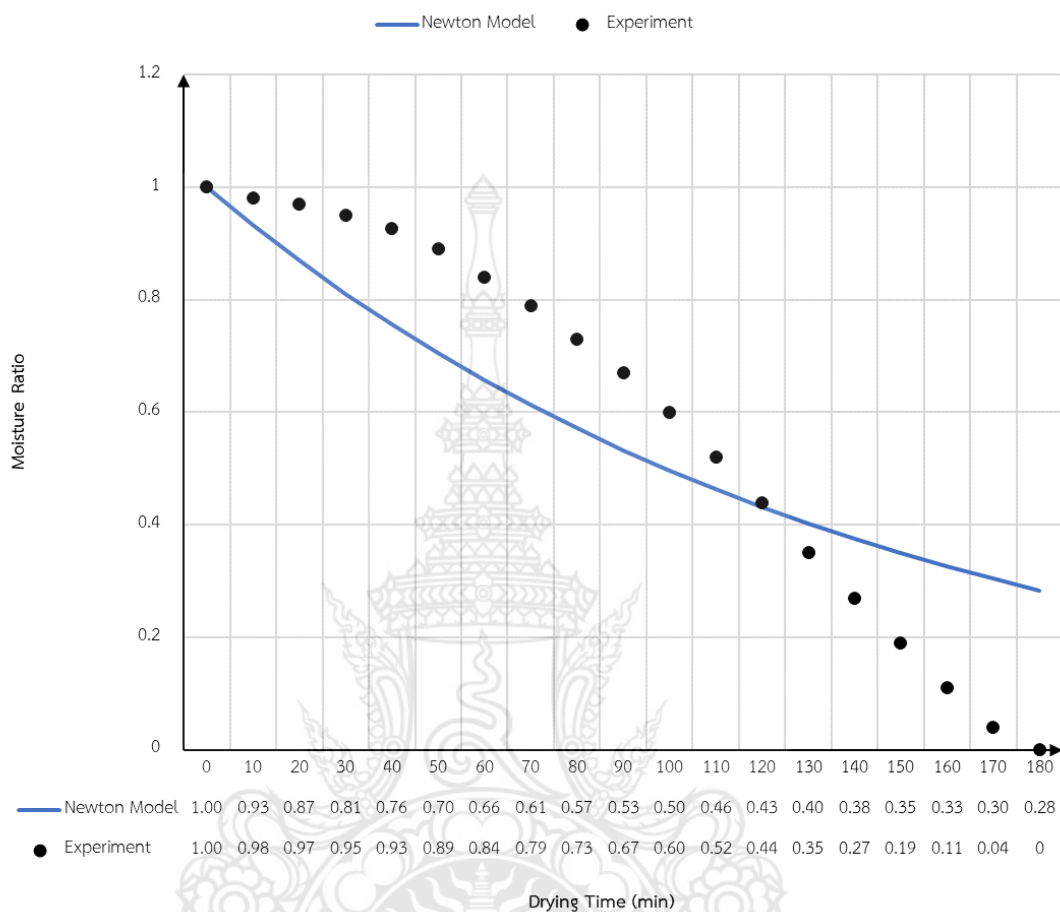
ง.1.11 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 50 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.51

ตารางที่ ง.51 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.7886 ,RMSE = 0.1592				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.007	1.00	1.00	0
10	0.007	0.93	0.98	4.86
20	0.007	0.87	0.97	10.38
30	0.007	0.81	0.95	14.68
40	0.007	0.76	0.93	18.38
50	0.007	0.70	0.89	20.82
60	0.007	0.66	0.84	21.78
70	0.007	0.61	0.79	22.45
80	0.007	0.57	0.73	21.75
90	0.007	0.53	0.67	20.51
100	0.007	0.50	0.60	17.24
110	0.007	0.46	0.52	10.96
120	0.007	0.43	0.44	1.88
130	0.007	0.40	0.35	-15.01
140	0.007	0.38	0.27	-39.00
150	0.007	0.35	0.19	-84.18
160	0.007	0.33	0.11	-196.62
170	0.007	0.30	0.04	-660.55
180	0.007	0.28	0	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



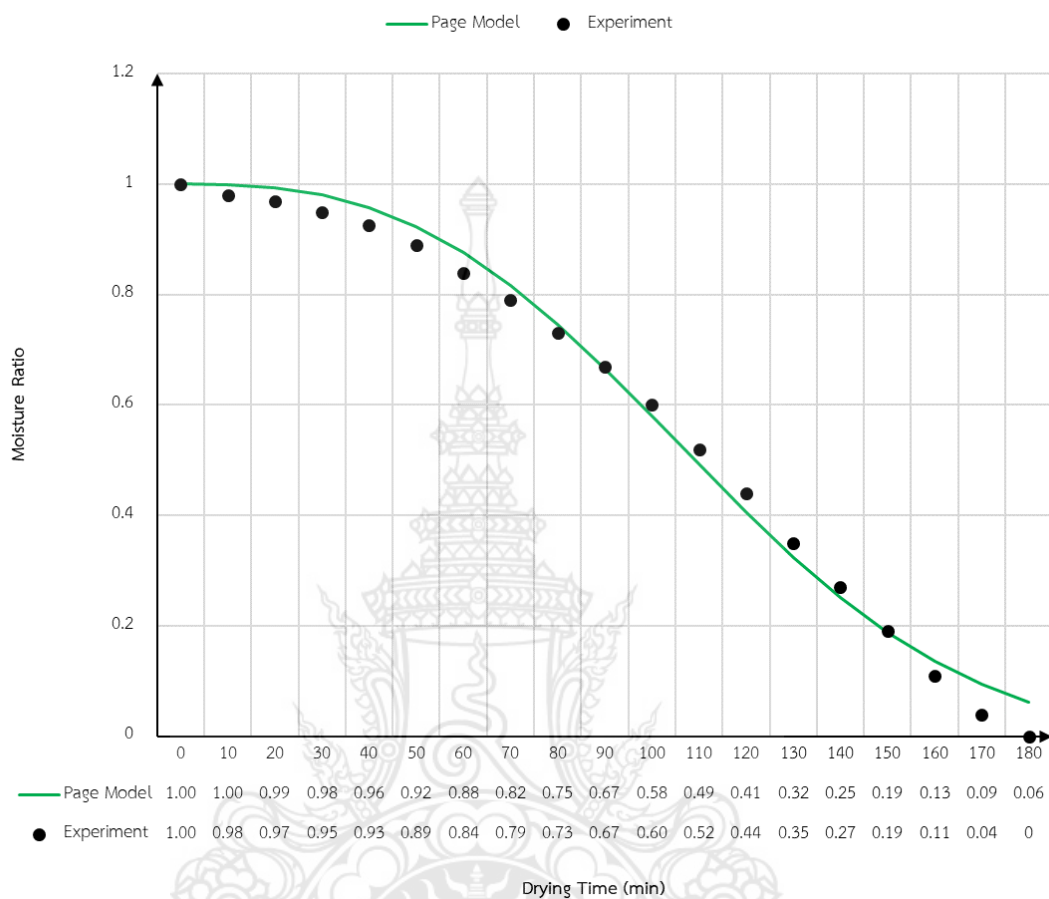
รูปที่ ง.51 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มีวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.52

ตารางที่ ง.52 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9922 ,RMSE = 0.0315					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	1.52E-06	2.7764	1.00	1.00	0
10	1.52E-06	2.7764	1.00	0.98	-1.95
20	1.52E-06	2.7764	0.99	0.97	-2.45
30	1.52E-06	2.7764	0.98	0.95	-3.26
40	1.52E-06	2.7764	0.96	0.93	-3.49
50	1.52E-06	2.7764	0.92	0.89	-3.79
60	1.52E-06	2.7764	0.88	0.84	-4.37
70	1.52E-06	2.7764	0.82	0.79	-3.45
80	1.52E-06	2.7764	0.75	0.73	-2.26
90	1.52E-06	2.7764	0.67	0.67	0.50
100	1.52E-06	2.7764	0.58	0.60	3.20
110	1.52E-06	2.7764	0.49	0.52	5.25
120	1.52E-06	2.7764	0.41	0.44	7.72031
130	1.52E-06	2.7764	0.32	0.35	7.30
140	1.52E-06	2.7764	0.25	0.27	7.08149
150	1.52E-06	2.7764	0.19	0.19	1.39
160	1.52E-06	2.7764	0.13	0.11	-22.6176
170	1.52E-06	2.7764	0.09	0.04	-133.56
180	1.52E-06	2.7764	0.06	0	-100

COMPARE MOISTURE RATIO

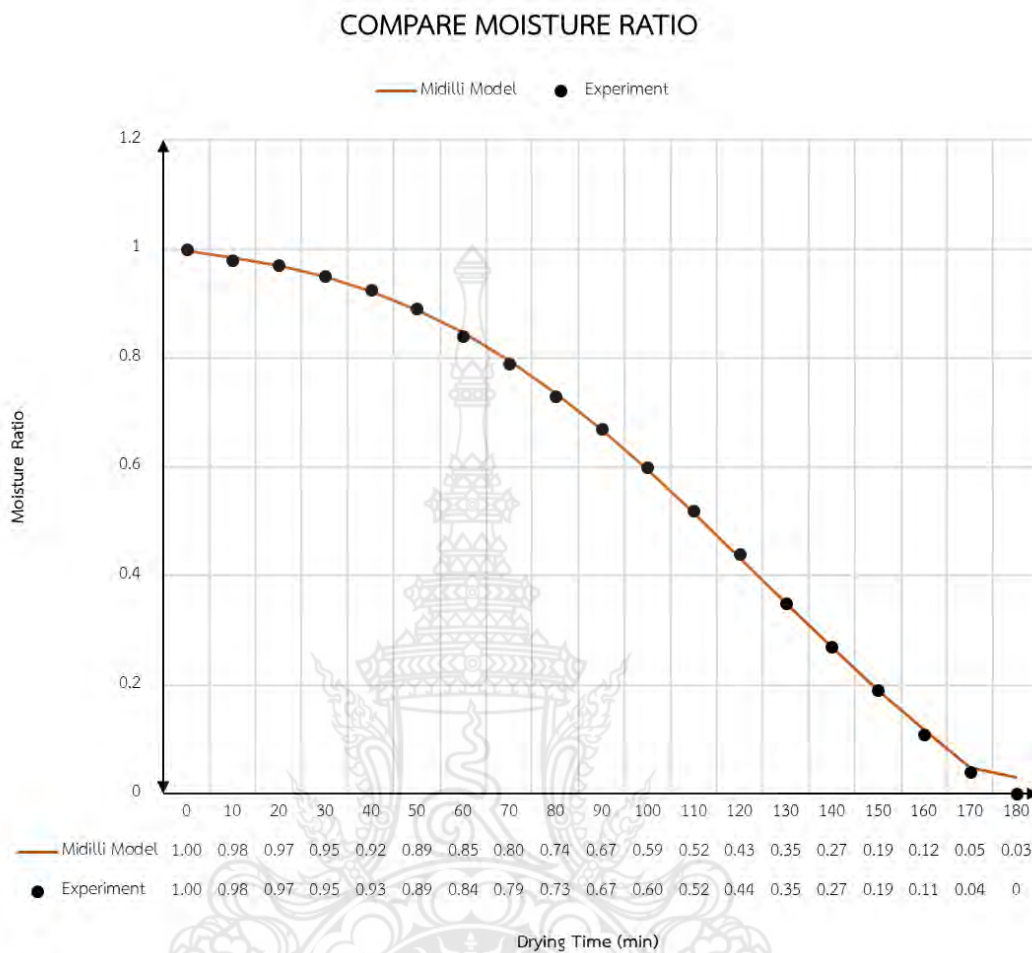


รูปที่ ง.52 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.53

ตารางที่ ง.53 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9997 ,RMSE = 0.006							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	1.00	1.00	0.40
10	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.98	0.98	-0.44
20	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.97	0.97	0.06
30	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.95	0.95	0.05
40	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.92	0.93	0.31
50	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.89	0.89	0.12
60	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.85	0.84	-0.76
70	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.80	0.79	-0.66
80	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.74	0.73	-0.77
90	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.67	0.67	0.25
100	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.59	0.60	0.91
110	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.52	0.52	0.81
120	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.43	0.44	1.37
130	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.35	0.35	-0.34
140	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.27	0.27	0.21
150	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.19	0.19	-0.38
160	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.12	0.11	-6.08
170	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.05	0.04	-21.62
180	0.996	1.46E-06	2.688	-0.0011	0.03	0	100



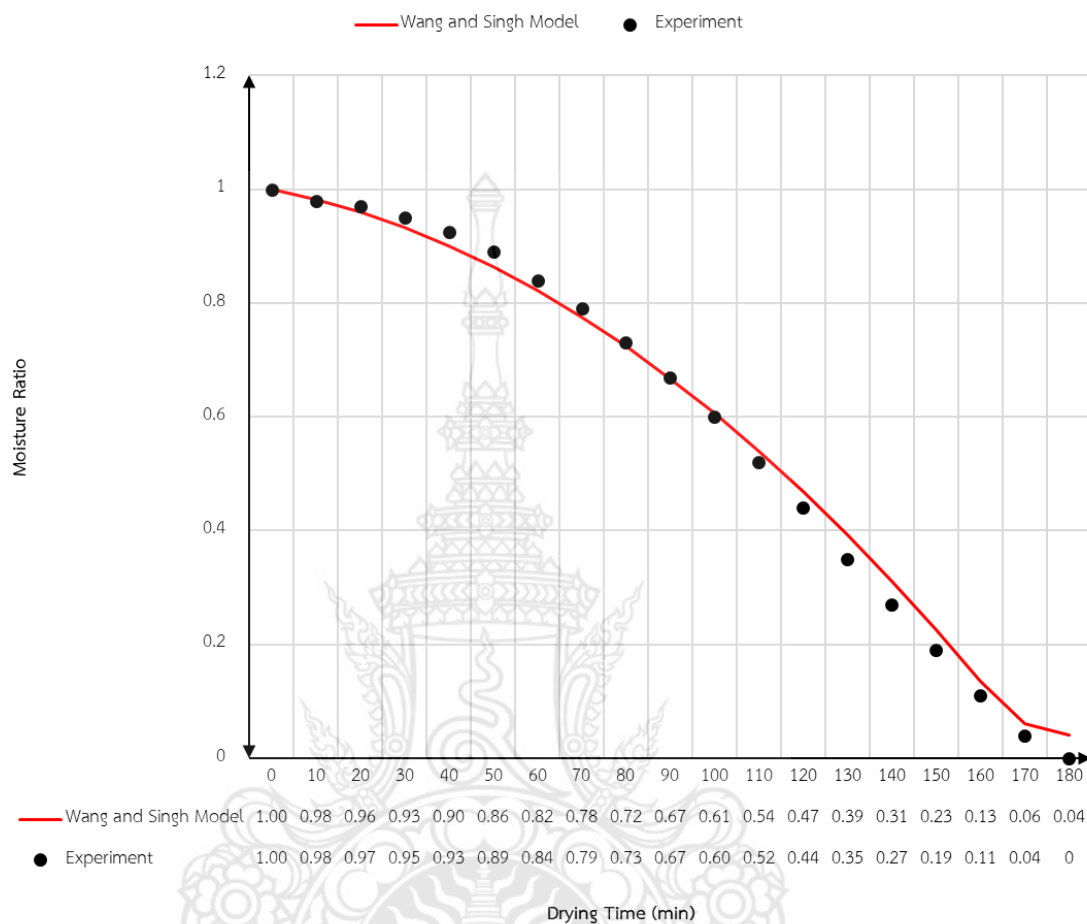
รูปที่ ง.53 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ๖.54

ตารางที่ ๖.54 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9942 ,RMSE = 0.027					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0015	-2.44E-05	1.00	1.00	0
10	-0.0015	-2.44E-05	0.98	0.98	-0.26
20	-0.0015	-2.44E-05	0.96	0.97	1.01
30	-0.0015	-2.44E-05	0.93	0.95	1.79
40	-0.0015	-2.44E-05	0.90	0.93	2.70
50	-0.0015	-2.44E-05	0.86	0.89	2.93
60	-0.0015	-2.44E-05	0.82	0.84	2.13
70	-0.0015	-2.44E-05	0.78	0.79	1.86
80	-0.0015	-2.44E-05	0.72	0.73	0.86
90	-0.0015	-2.44E-05	0.67	0.67	0.42
100	-0.0015	-2.44E-05	0.61	0.60	-0.96
110	-0.0015	-2.44E-05	0.54	0.52	-3.75
120	-0.0015	-2.44E-05	0.47	0.44	-6.43
130	-0.0015	-2.44E-05	0.39	0.35	-12.07
140	-0.0015	-2.44E-05	0.31	0.27	-15.30
150	-0.0015	-2.44E-05	0.23	0.19	-18.68
160	-0.0015	-2.44E-05	0.13	0.11	-22.52
170	-0.0015	-2.44E-05	0.06	0.04	2.06
180	-0.0015	-2.44E-05	0.04	0	100

COMPARE MOISTURE RATIO



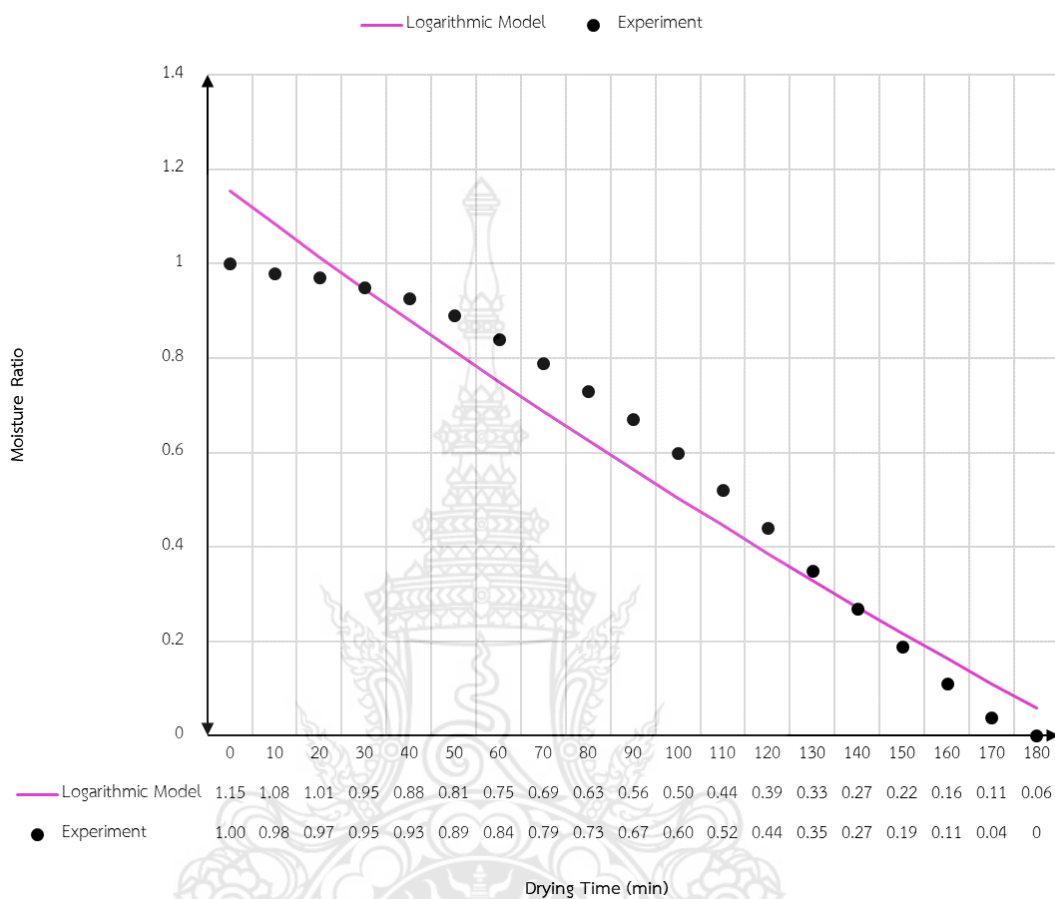
รูปที่ ง.54 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.35

ตารางที่ ง.55 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

R-Square = 0.9488 ,RMSE = 0.0831						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	4.1531	0.0017	-3	1.15	1.00	-15.31
10	4.1531	0.0017	-3	1.08	0.98	-10.52
20	4.1531	0.0017	-3	1.01	0.97	-4.56
30	4.1531	0.0017	-3	0.95	0.95	0.36
40	4.1531	0.0017	-3	0.88	0.93	4.95
50	4.1531	0.0017	-3	0.81	0.89	8.46
60	4.1531	0.0017	-3	0.75	0.84	10.67
70	4.1531	0.0017	-3	0.69	0.79	13.02
80	4.1531	0.0017	-3	0.63	0.73	14.38
90	4.1531	0.0017	-3	0.56	0.67	15.84
100	4.1531	0.0017	-3	0.50	0.60	16.03
110	4.1531	0.0017	-3	0.44	0.52	14.47
120	4.1531	0.0017	-3	0.39	0.44	12.11
130	4.1531	0.0017	-3	0.33	0.35	5.83
140	4.1531	0.0017	-3	0.27	0.27	-1.29
150	4.1531	0.0017	-3	0.22	0.19	-14.90
160	4.1531	0.0017	-3	0.16	0.11	-49.14
170	4.1531	0.0017	-3	0.11	0.04	-176.81
180	4.1531	0.0017	-3	0.06	0	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.55 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C

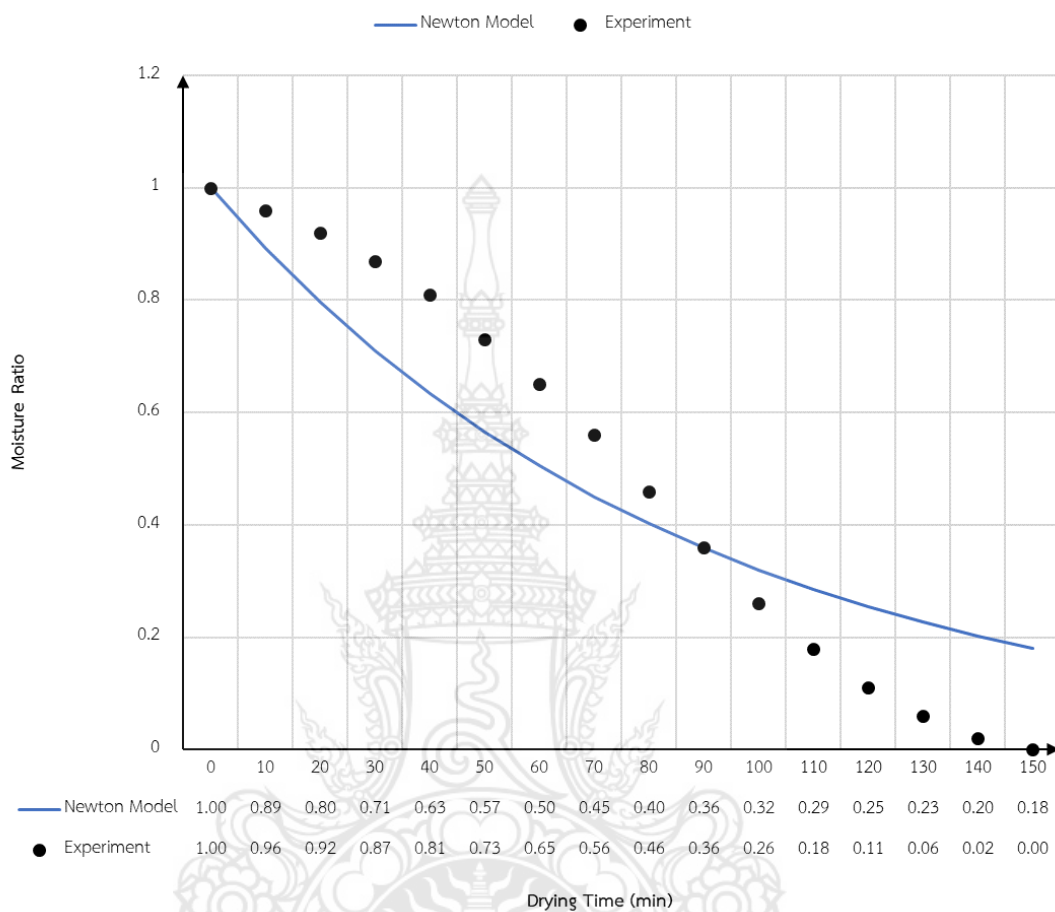
ง.1.12 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 55 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.56

ตารางที่ ง.56 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.8622 ,RMSE = 0.1341				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0114	1.00	1.00	0
10	0.0114	0.89	0.96	7.06
20	0.0114	0.80	0.92	13.46
30	0.0114	0.71	0.87	18.35
40	0.0114	0.63	0.81	21.75
50	0.0114	0.57	0.73	22.53
60	0.0114	0.50	0.65	22.37
70	0.0114	0.45	0.56	19.60
80	0.0114	0.40	0.46	12.67
90	0.0114	0.36	0.36	0.43
100	0.0114	0.32	0.26	-23.01
110	0.0114	0.29	0.18	-58.53
120	0.0114	0.25	0.11	-131.47
130	0.0114	0.23	0.06	-278.64
140	0.0114	0.20	0.02	-913.53
150	0.0114	0.18	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



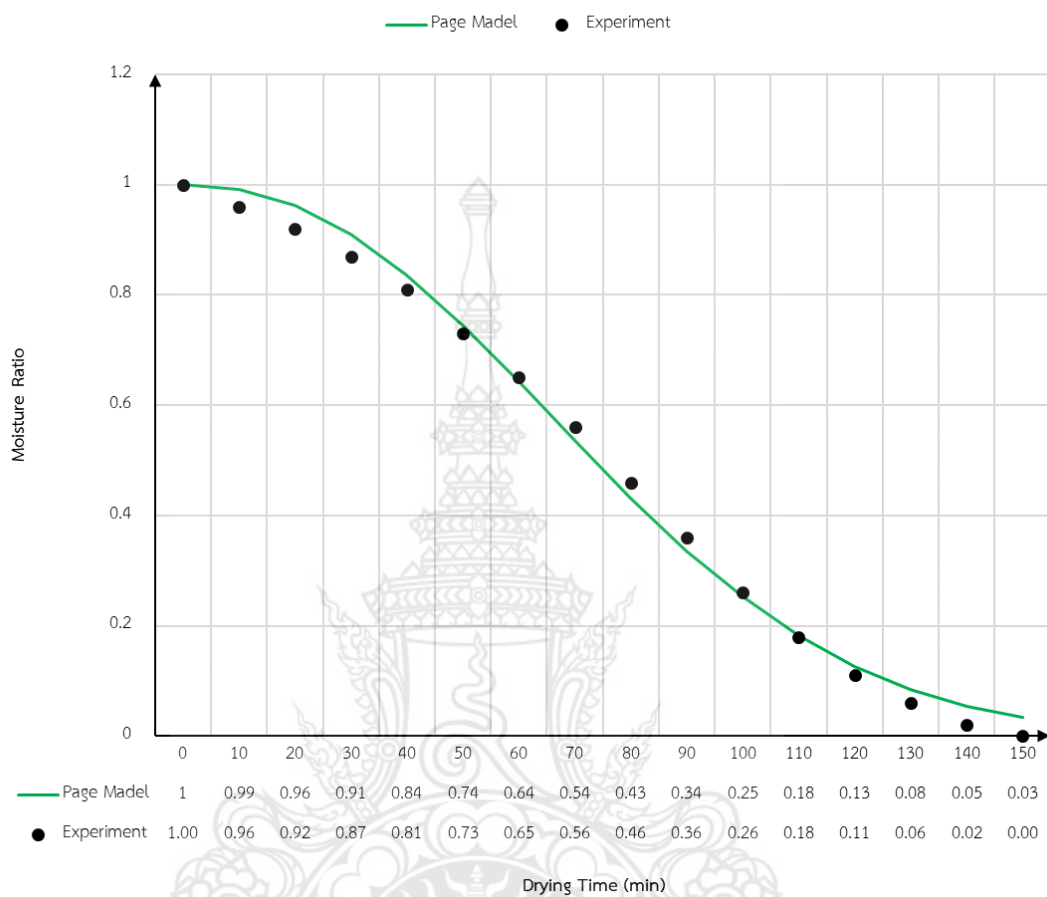
รูปที่ ง.56 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล ในตารางที่ ง.57

ตารางที่ ง.57 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9947 ,RMSE = 0.0273					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	4.98E-05	2.221	1	1.00	0
10	4.98E-05	2.221	0.99	0.96	-3.31
20	4.98E-05	2.221	0.96	0.92	-4.58
30	4.98E-05	2.221	0.91	0.87	-4.53
40	4.98E-05	2.221	0.84	0.81	-3.12
50	4.98E-05	2.221	0.74	0.73	-1.95
60	4.98E-05	2.221	0.64	0.65	1.20
70	4.98E-05	2.221	0.54	0.56	4.29
80	4.98E-05	2.221	0.43	0.46	6.05
90	4.98E-05	2.221	0.34	0.36	6.59
100	4.98E-05	2.221	0.25	0.26	2.96
110	4.98E-05	2.221	0.18	0.18	-1.31
120	4.98E-05	2.221	0.13	0.11	-15.33
130	4.98E-05	2.221	0.08	0.06	-41.50
140	4.98E-05	2.221	0.05	0.02	-173.05
150	4.98E-05	2.221	0.03	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO

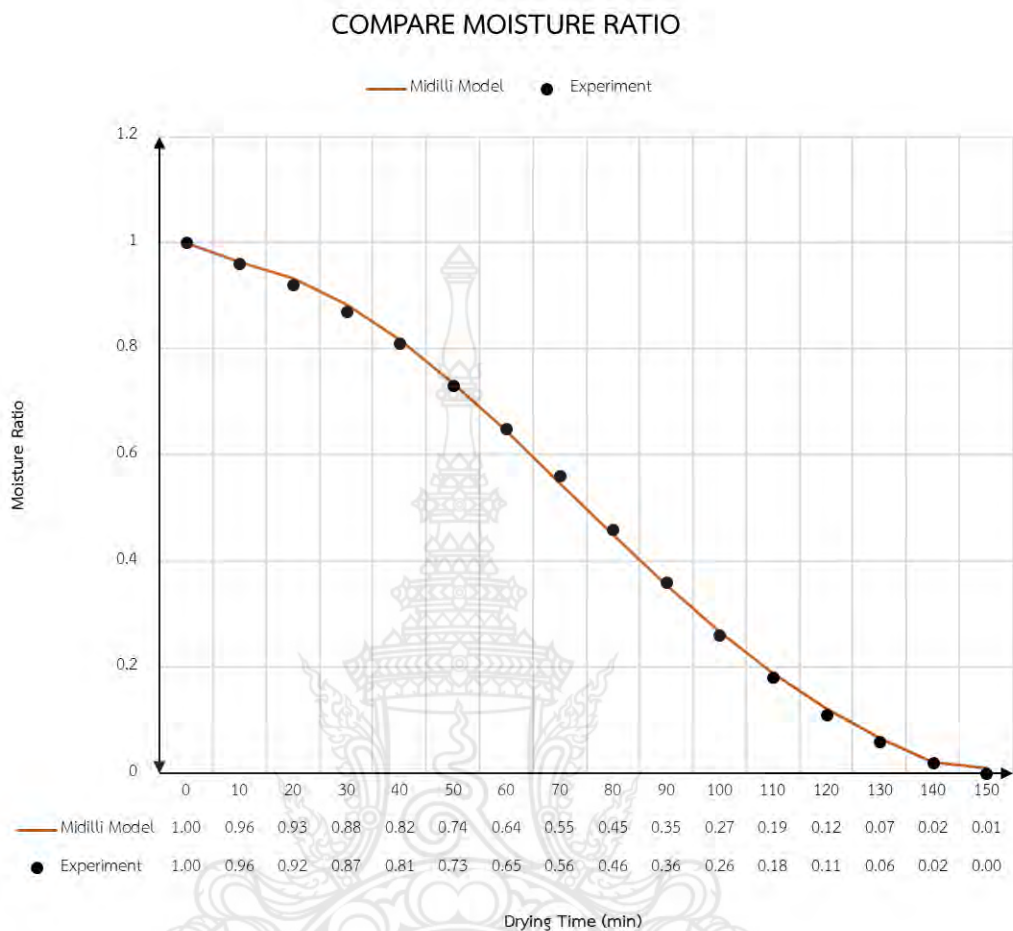


รูปที่ ง.57 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.58

ตารางที่ ง.58 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.999 ,RMSE = 0.0126							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	1	1.00	2.42
10	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.96	0.96	-0.31
20	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.93	0.92	-1.36
30	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.88	0.87	-1.53
40	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.82	0.81	-0.82
50	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.74	0.73	-0.76
60	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.64	0.65	0.91
70	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.55	0.56	2.32
80	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.45	0.46	2.39
90	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.35	0.36	1.53
100	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.27	0.26	-2.67
110	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.19	0.18	-4.92
120	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.12	0.11	-10.57
130	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.07	0.06	-9.26
140	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.02	0.02	-0.56
150	0.9758	5.00E-05	2.1728	-5.55E-04	0.01	0.00	100



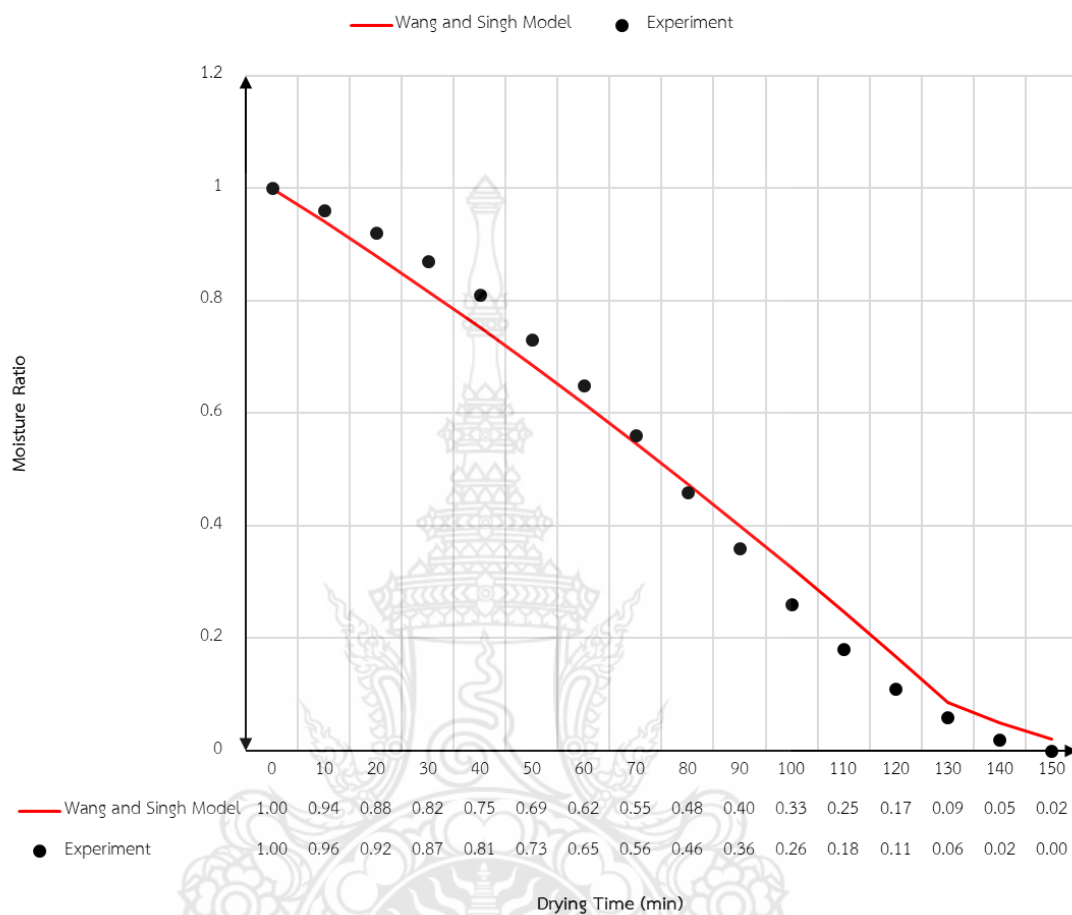
รูปที่ ๕.๕๘ เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ๕.59

ตารางที่ ๕.59 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9832 ,RMSE = 0.0484					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0058	-9.46E-06	1.00	1.00	0
10	-0.0058	-9.46E-06	0.94	0.96	1.97
20	-0.0058	-9.46E-06	0.88	0.92	4.32
30	-0.0058	-9.46E-06	0.82	0.87	6.04
40	-0.0058	-9.46E-06	0.75	0.81	7.05
50	-0.0058	-9.46E-06	0.69	0.73	5.98
60	-0.0058	-9.46E-06	0.62	0.65	4.93
70	-0.0058	-9.46E-06	0.55	0.56	2.21
80	-0.0058	-9.46E-06	0.48	0.46	-3.36
90	-0.0058	-9.46E-06	0.40	0.36	-11.49
100	-0.0058	-9.46E-06	0.33	0.26	-25.14
110	-0.0058	-9.46E-06	0.25	0.18	-37.50
120	-0.0058	-9.46E-06	0.17	0.11	-52.49
130	-0.0058	-9.46E-06	0.09	0.06	-43.47
140	-0.0058	-9.46E-06	0.05	0.02	87.32
150	-0.0058	-9.46E-06	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



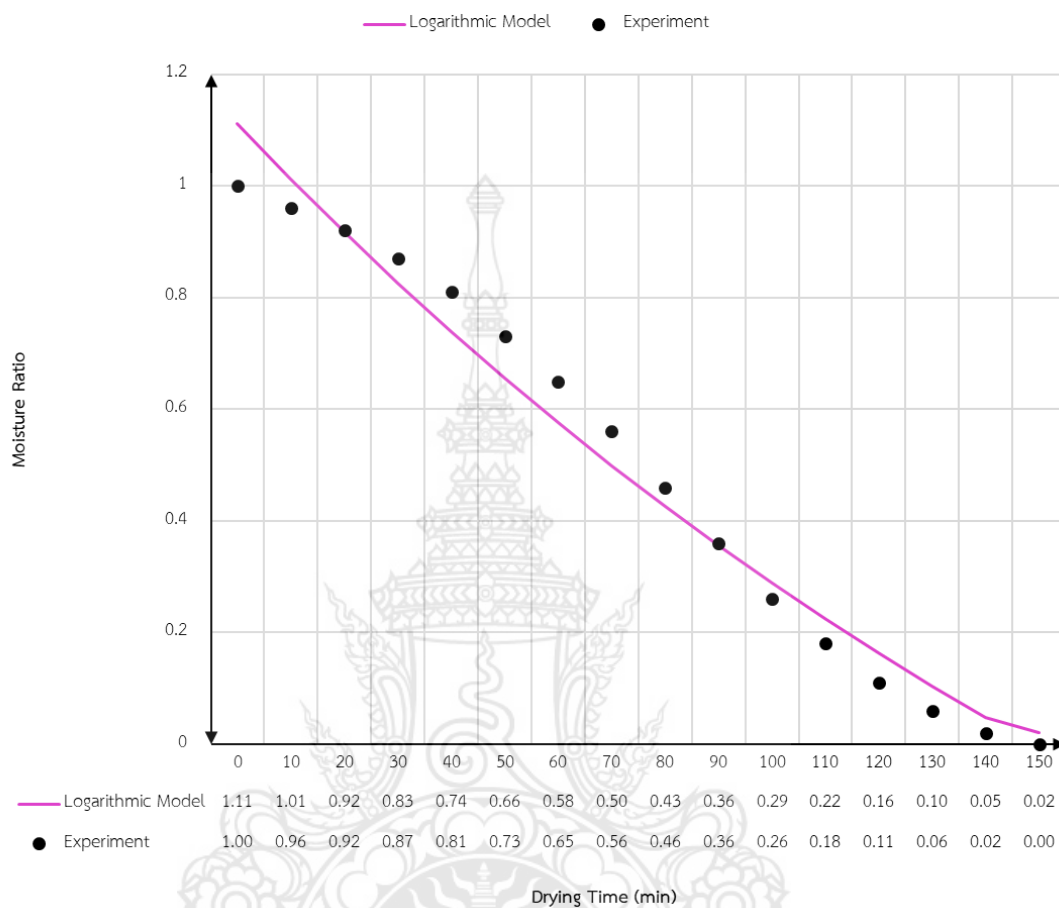
รูปที่ ๖.59 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.60

ตารางที่ ง.60 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

R-Square = 0.9761 ,RMSE = 0.06						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	2.3118	0.0044	-1.2	1.11	1.00	-11.18
10	2.3118	0.0044	-1.2	1.01	0.96	-5.45
20	2.3118	0.0044	-1.2	0.92	0.92	0.32
30	2.3118	0.0044	-1.2	0.83	0.87	5.07
40	2.3118	0.0044	-1.2	0.74	0.81	8.80
50	2.3118	0.0044	-1.2	0.66	0.73	10.24
60	2.3118	0.0044	-1.2	0.58	0.65	11.48
70	2.3118	0.0044	-1.2	0.50	0.56	10.90
80	2.3118	0.0044	-1.2	0.43	0.46	7.43
90	2.3118	0.0044	-1.2	0.36	0.36	1.15
100	2.3118	0.0044	-1.2	0.29	0.26	-11.11
110	2.3118	0.0044	-1.2	0.22	0.18	-24.88
120	2.3118	0.0044	-1.2	0.16	0.11	-48.60
130	2.3118	0.0044	-1.2	0.10	0.06	-74.62
140	2.3118	0.0044	-1.2	0.05	0.02	-143.02
150	2.3118	0.0044	-1.2	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.60 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 55 °C

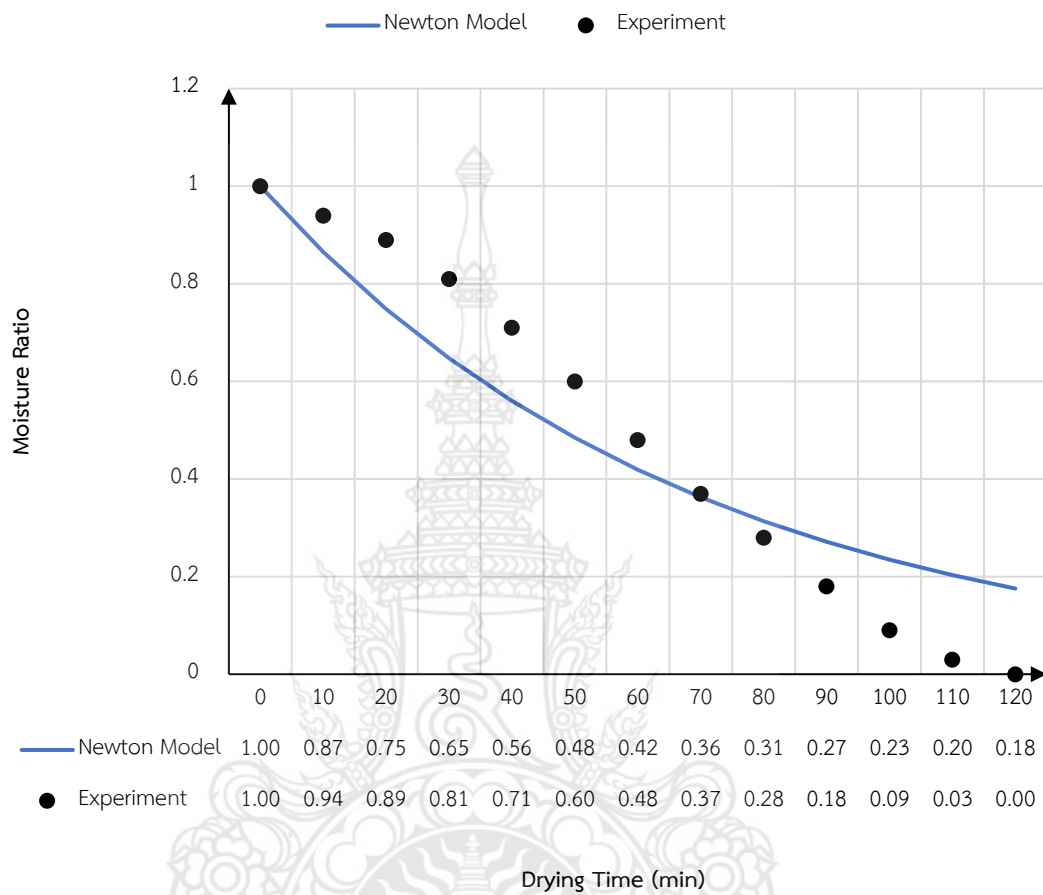
ง.1.13 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 60 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.61

ตารางที่ ง.61 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.8821 ,RMSE = 0.1235				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0145	1.00	1.00	0
10	0.0145	0.87	0.94	7.98
20	0.0145	0.75	0.89	15.93
30	0.0145	0.65	0.81	20.09
40	0.0145	0.56	0.71	21.14
50	0.0145	0.48	0.60	19.28
60	0.0145	0.42	0.48	12.72
70	0.0145	0.36	0.37	2.05
80	0.0145	0.31	0.28	-11.96
90	0.0145	0.27	0.18	-50.65
100	0.0145	0.23	0.09	-160.63
110	0.0145	0.20	0.03	-576.36
120	0.0145	0.18	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



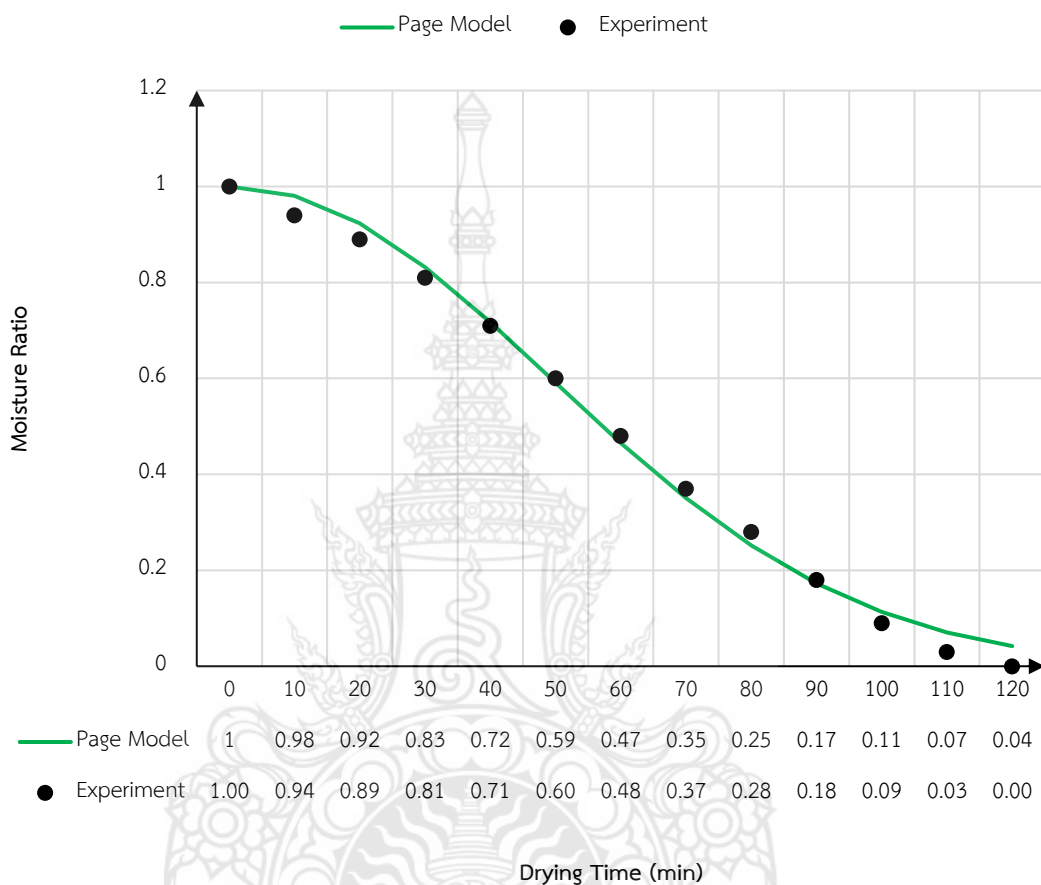
รูปที่ ง.61 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.62

ตารางที่ ง.62 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9944 ,RMSE = 0.0282					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	1.72E-04	2.0521	1	1.00	0
10	1.72E-04	2.0521	0.98	0.94	-4.35
20	1.72E-04	2.0521	0.92	0.89	-3.70
30	1.72E-04	2.0521	0.83	0.81	-2.68
40	1.72E-04	2.0521	0.72	0.71	-0.99
50	1.72E-04	2.0521	0.59	0.60	1.48
60	1.72E-04	2.0521	0.47	0.48	2.99
70	1.72E-04	2.0521	0.35	0.37	5.30
80	1.72E-04	2.0521	0.25	0.28	10.09
90	1.72E-04	2.0521	0.17	0.18	4.08
100	1.72E-04	2.0521	0.11	0.09	-25.55
110	1.72E-04	2.0521	0.07	0.03	-135.16
120	1.72E-04	2.0521	0.04	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO

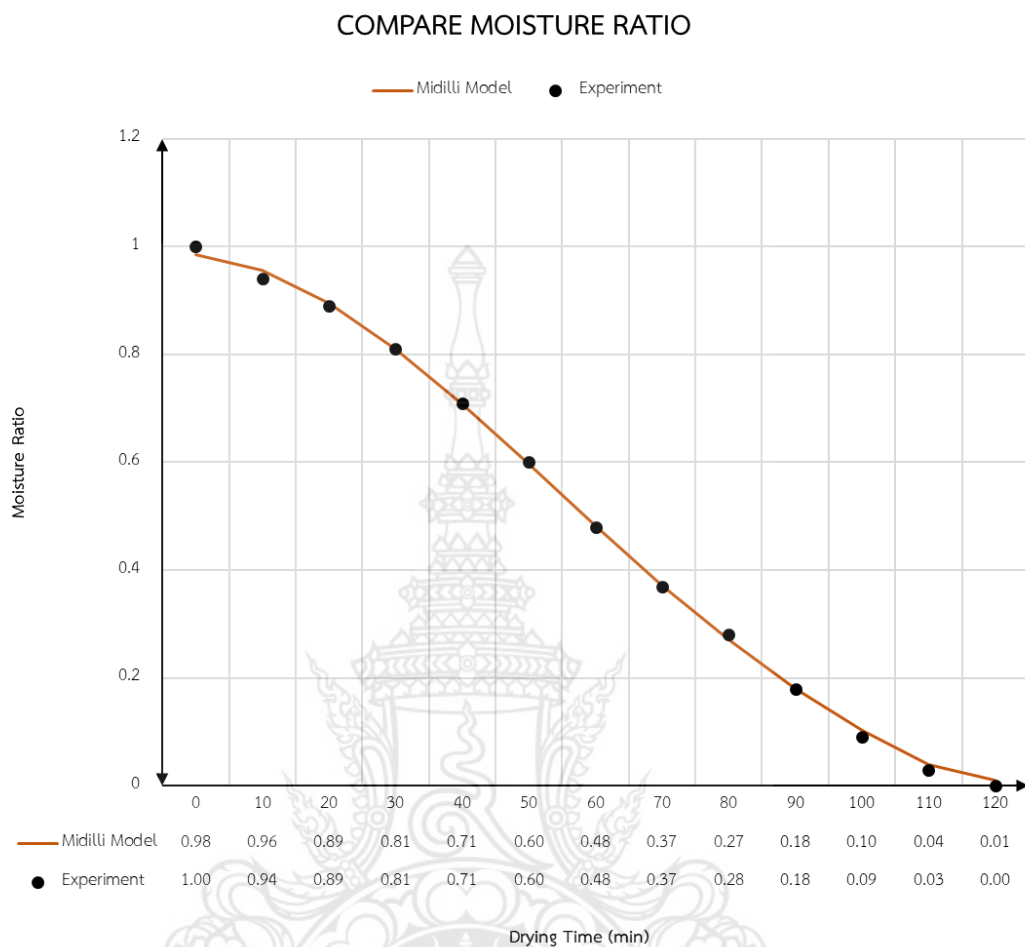


รูปที่ ง.62 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.63

ตารางที่ ง.63 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9993 ,RMSE = 0.0109							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.98	1.00	1.58
10	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.96	0.94	-1.64
20	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.89	0.89	-0.55
30	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.81	0.81	0.03
40	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.71	0.71	0.35
50	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.60	0.60	0.71
60	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.48	0.48	-0.37
70	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.37	0.37	-0.46
80	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.27	0.28	3.51
90	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.18	0.18	-0.07
100	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.10	0.09	-14.35
110	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.04	0.03	-28.66
120	0.9842	2.41E-04	1.9103	-9.75E-04	0.01	0.00	100

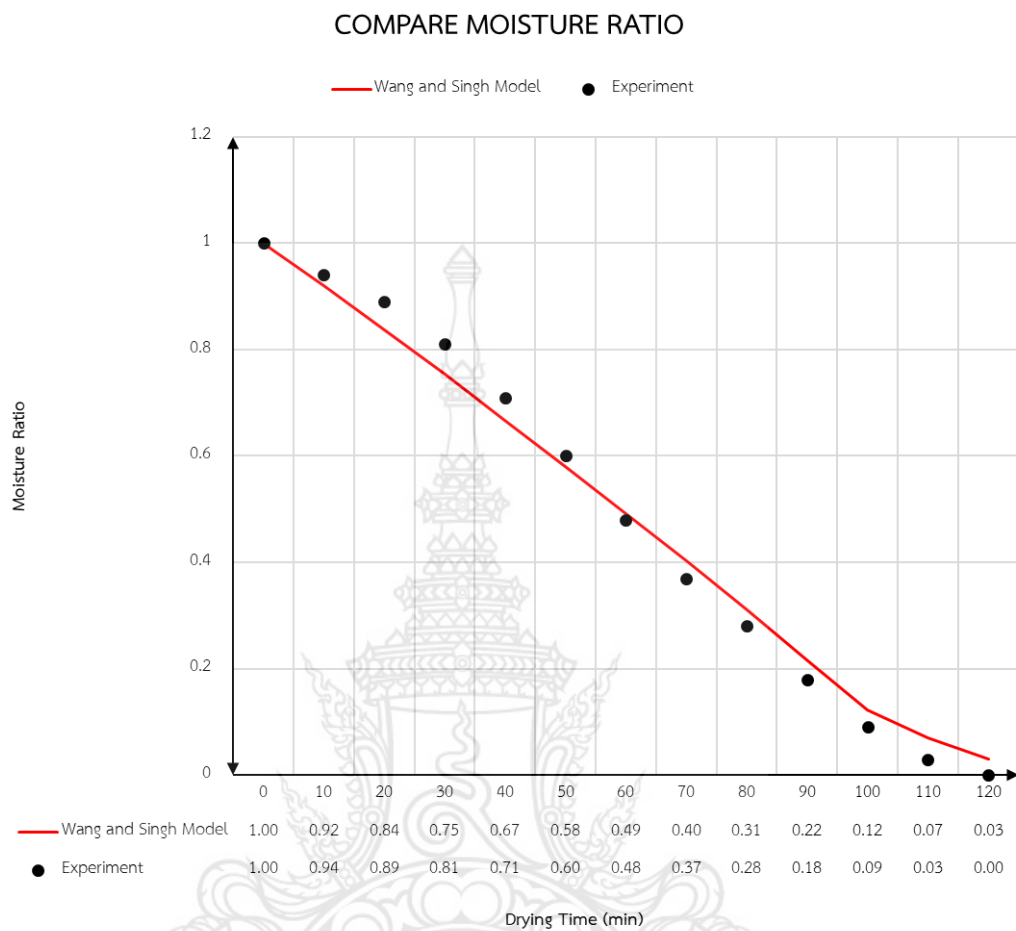


รูปที่ ง.63 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.64

ตารางที่ ง.64 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9882 ,RMSE = 0.0407					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.008	-7.81E-06	1.00	1.00	0
10	-0.008	-7.81E-06	0.92	0.94	2.21
20	-0.008	-7.81E-06	0.84	0.89	5.97
30	-0.008	-7.81E-06	0.75	0.81	7.04
40	-0.008	-7.81E-06	0.67	0.71	5.98
50	-0.008	-7.81E-06	0.58	0.60	3.25
60	-0.008	-7.81E-06	0.49	0.48	-2.48
70	-0.008	-7.81E-06	0.40	0.37	-8.58
80	-0.008	-7.81E-06	0.31	0.28	-10.73
90	-0.008	-7.81E-06	0.22	0.18	-20.43
100	-0.008	-7.81E-06	0.12	0.09	-35.49
110	-0.008	-7.81E-06	0.07	0.03	14.84
120	-0.008	-7.81E-06	0.03	0.00	100



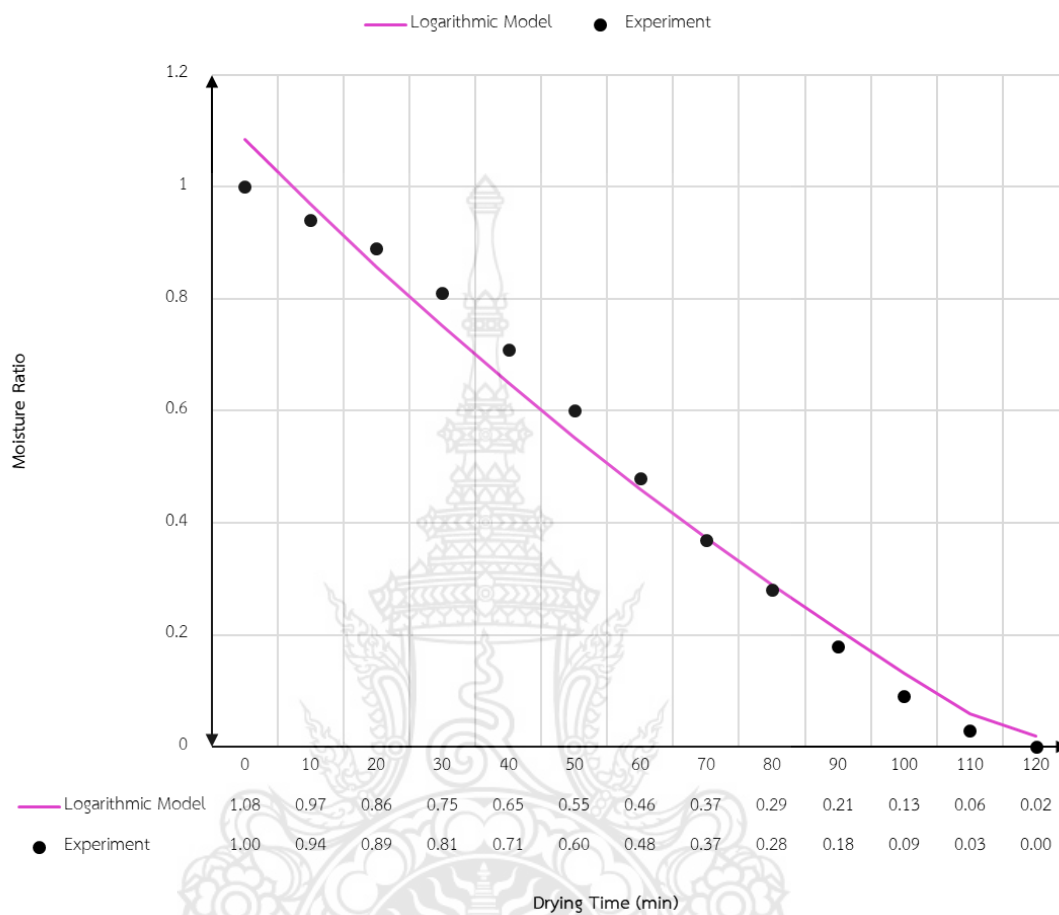
รูปที่ ง.64 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.65

ตารางที่ ง.65 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

R-Square = 0.9858 ,RMSE = 0.047						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	2.5844	0.0046	-1.5	1.08	1.00	-8.44
10	2.5844	0.0046	-1.5	0.97	0.94	-3.00
20	2.5844	0.0046	-1.5	0.86	0.89	3.68
30	2.5844	0.0046	-1.5	0.75	0.81	7.25
40	2.5844	0.0046	-1.5	0.65	0.71	8.44
50	2.5844	0.0046	-1.5	0.55	0.60	7.77
60	2.5844	0.0046	-1.5	0.46	0.48	3.94
70	2.5844	0.0046	-1.5	0.37	0.37	-0.79
80	2.5844	0.0046	-1.5	0.29	0.28	-3.11
90	2.5844	0.0046	-1.5	0.21	0.18	-15.72
100	2.5844	0.0046	-1.5	0.13	0.09	-46.10
110	2.5844	0.0046	-1.5	0.06	0.03	-93.80
120	2.5844	0.0046	-1.5	0.02	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ๔.65 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C

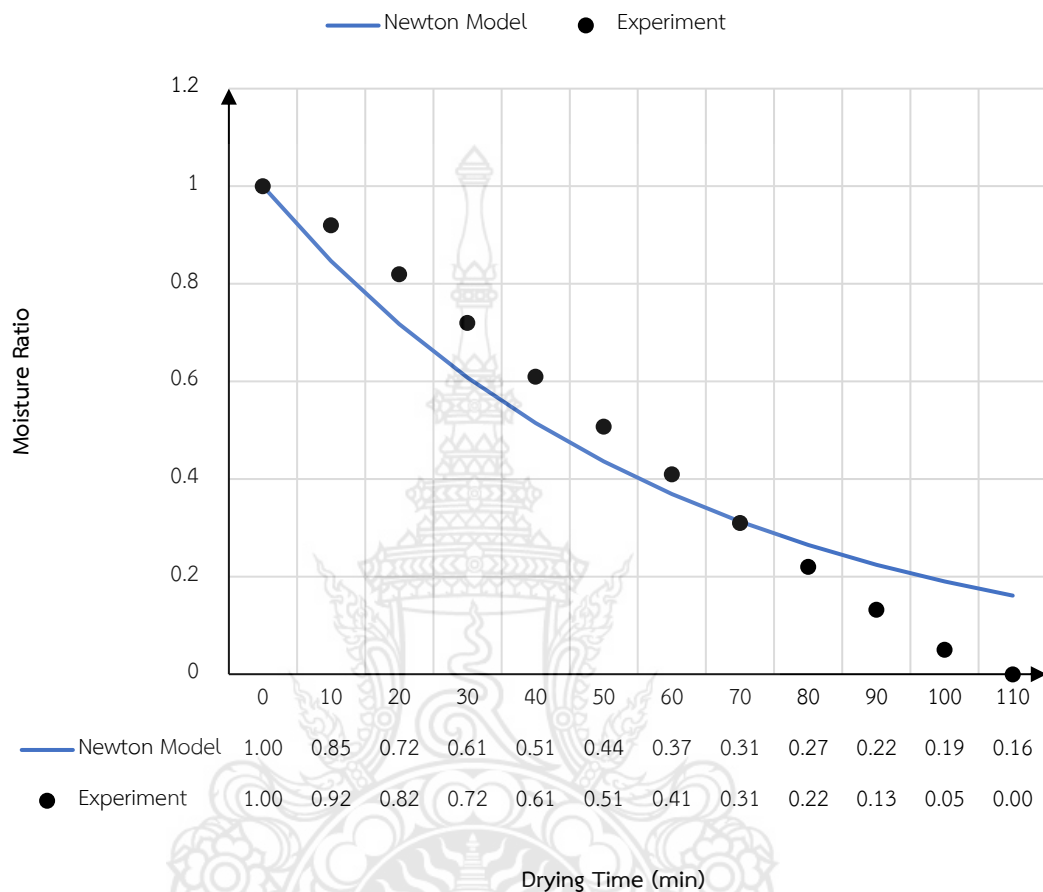
ง.1.14 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 65 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.66

ตารางที่ ง.66 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9218 ,RMSE = 0.0959				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0166	1.00	1.00	0
10	0.0166	0.85	0.92	7.93
20	0.0166	0.72	0.82	12.50
30	0.0166	0.61	0.72	15.59
40	0.0166	0.51	0.61	15.61
50	0.0166	0.44	0.51	13.2
60	0.0166	0.37	0.41	9.91
70	0.0166	0.31	0.31	-0.92
80	0.0166	0.27	0.22	-20.46
90	0.0166	0.22	0.13	-69.52
100	0.0166	0.19	0.05	-280.28
110	0.0166	0.16	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



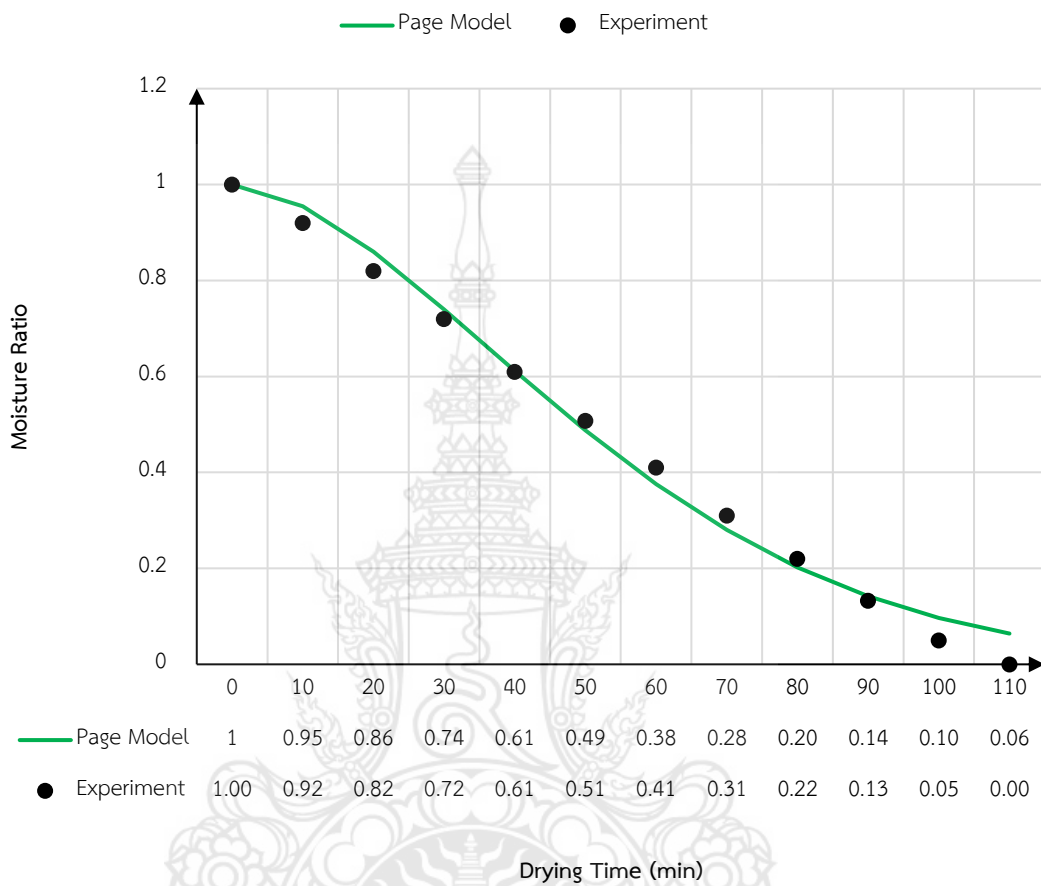
รูปที่ ๖.๖๖ เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.67

ตารางที่ ง.67 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9903 ,RMSE = 0.0354					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	9.24E-04	1.7014	1	1.00	0
10	9.24E-04	1.7014	0.95	0.92	-3.76
20	9.24E-04	1.7014	0.86	0.82	-4.85
30	9.24E-04	1.7014	0.74	0.72	-2.77
40	9.24E-04	1.7014	0.61	0.61	-0.29
50	9.24E-04	1.7014	0.49	0.51	3.98
60	9.24E-04	1.7014	0.38	0.41	8.41
70	9.24E-04	1.7014	0.28	0.31	9.70
80	9.24E-04	1.7014	0.20	0.22	8.04
90	9.24E-04	1.7014	0.14	0.13	-7.17
100	9.24E-04	1.7014	0.10	0.05	-93.45
110	9.24E-04	1.7014	0.06	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO

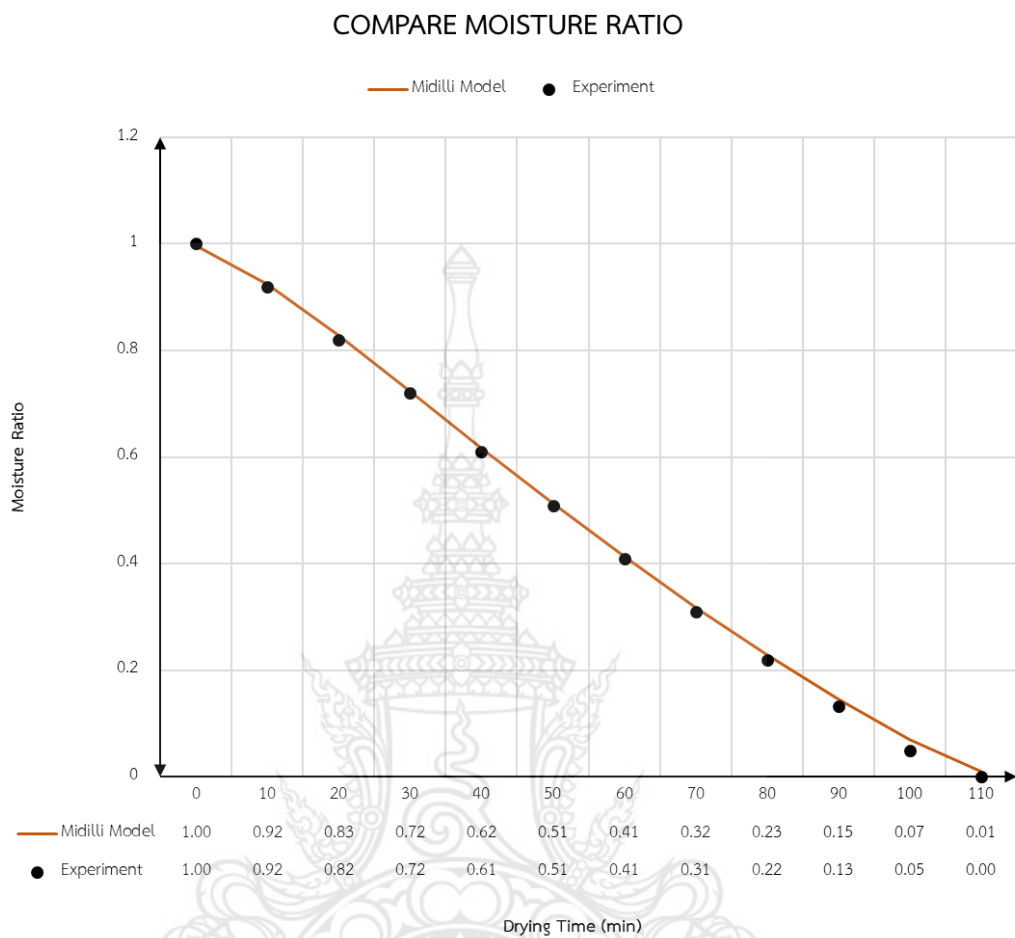


รูปที่ ง.67 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผล
การทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูล
ในตารางที่ ง.68

ตารางที่ ง.68 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9997 ,RMSE = 0.0065							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	1.00	1.00	0.31
10	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.92	0.92	-0.39
20	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.83	0.82	-0.86
30	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.72	0.72	-0.40
40	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.62	0.61	-1.15
50	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.51	0.51	-1.02
60	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.41	0.41	-0.70
70	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.32	0.31	-2.59
80	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.23	0.22	-4.14
90	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.15	0.13	-10.60
100	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.07	0.05	-40.08
110	0.9969	0.0022	1.3625	-0.0024	0.01	0.00	0.00

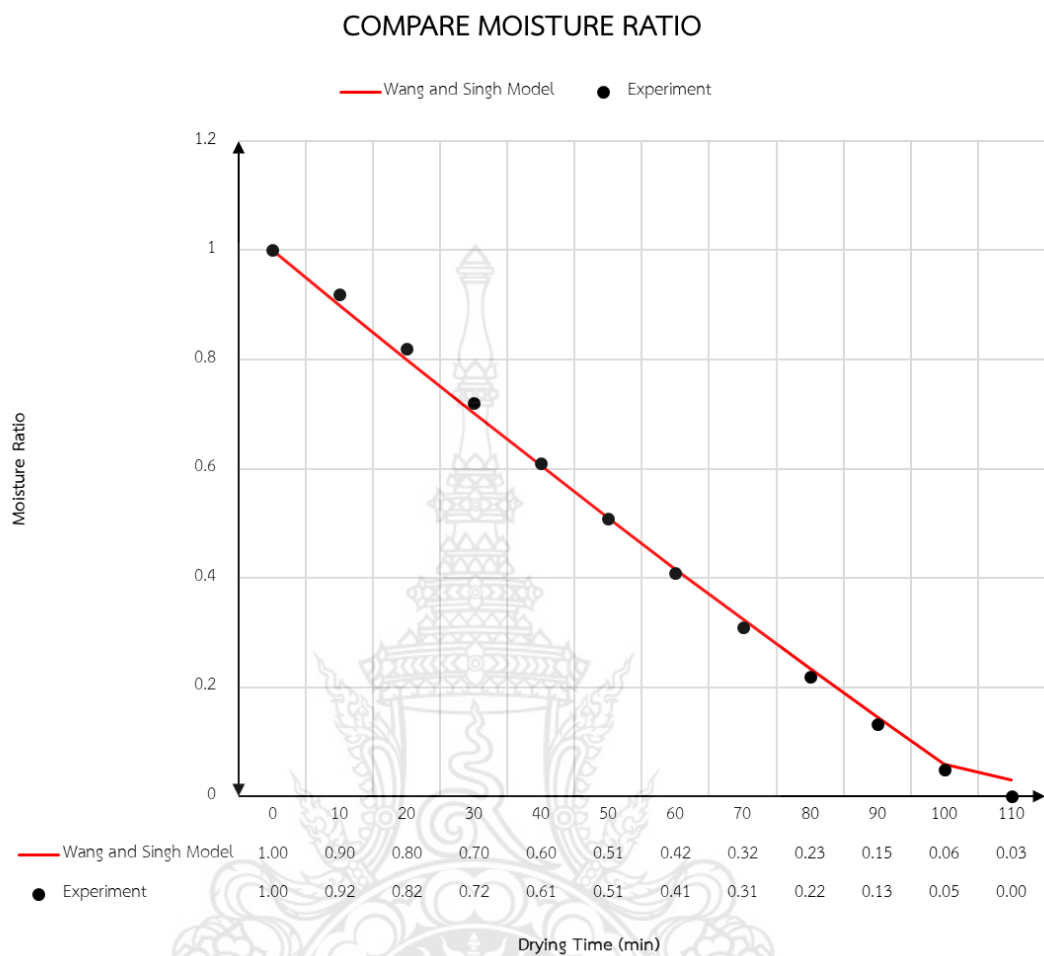


รูปที่ ง.68 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ๖.69

ตารางที่ ๖.69 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9979 ,RMSE = 0.0166					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0102	7.87E-06	1.00	1.00	0
10	-0.0102	7.87E-06	0.90	0.92	2.31
20	-0.0102	7.87E-06	0.80	0.82	2.54
30	-0.0102	7.87E-06	0.70	0.72	2.63
40	-0.0102	7.87E-06	0.60	0.61	0.89
50	-0.0102	7.87E-06	0.51	0.51	-0.37
60	-0.0102	7.87E-06	0.42	0.41	-1.54
70	-0.0102	7.87E-06	0.32	0.31	-4.70
80	-0.0102	7.87E-06	0.23	0.22	-6.53
90	-0.0102	7.87E-06	0.15	0.13	-10.07
100	-0.0102	7.87E-06	0.06	0.05	-17.40
110	-0.0102	7.87E-06	0.03	0.00	100



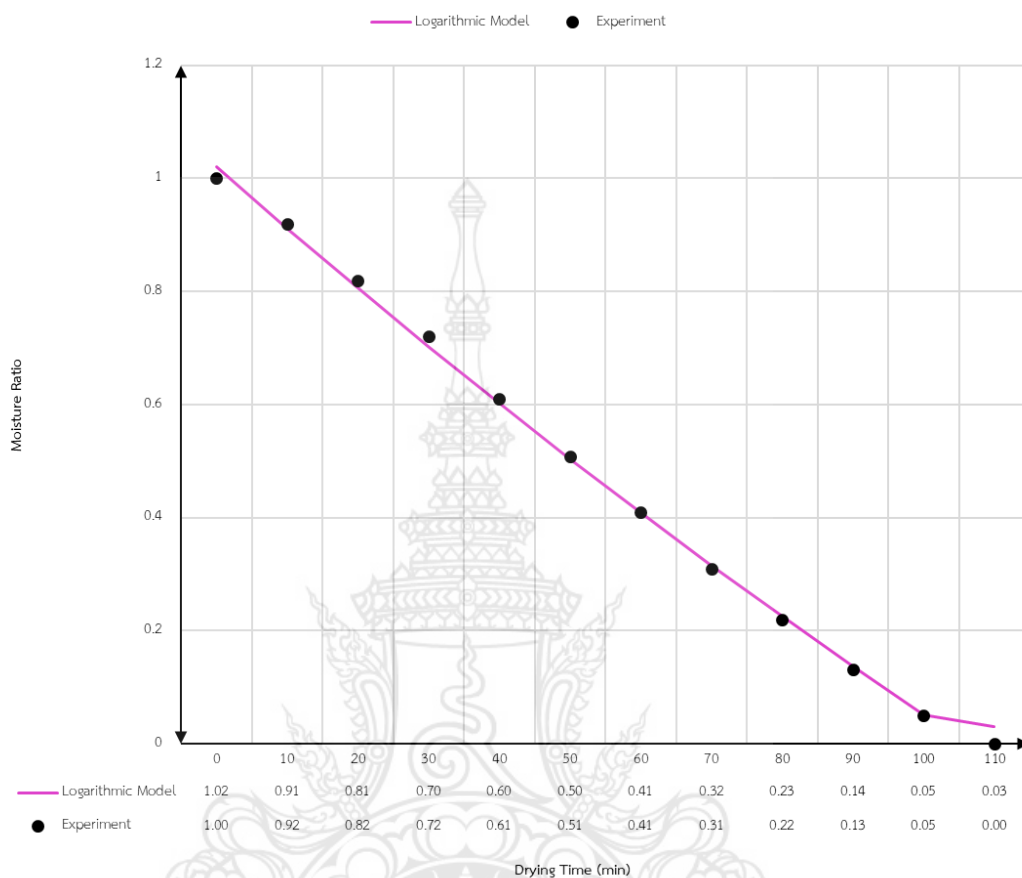
รูปที่ ๖.๖๙ เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.70

ตารางที่ ง.70 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

R-Square = 0.9984 ,RMSE = 0.0149						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	4.0959	0.0027	-3.0746	1.02	1.00	-2.13
10	4.0959	0.0027	-3.0746	0.91	0.92	0.85
20	4.0959	0.0027	-3.0746	0.81	0.82	1.71
30	4.0959	0.0027	-3.0746	0.70	0.72	2.41
40	4.0959	0.0027	-3.0746	0.60	0.61	1.31
50	4.0959	0.0027	-3.0746	0.50	0.51	0.74
60	4.0959	0.0027	-3.0746	0.41	0.41	0.31
70	4.0959	0.0027	-3.0746	0.32	0.31	-1.91
80	4.0959	0.0027	-3.0746	0.23	0.22	-2.55
90	4.0959	0.0027	-3.0746	0.14	0.13	-3.99
100	4.0959	0.0027	-3.0746	0.05	0.05	-4.25
110	4.0959	0.0027	-3.0746	0.03	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.70 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มีวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C

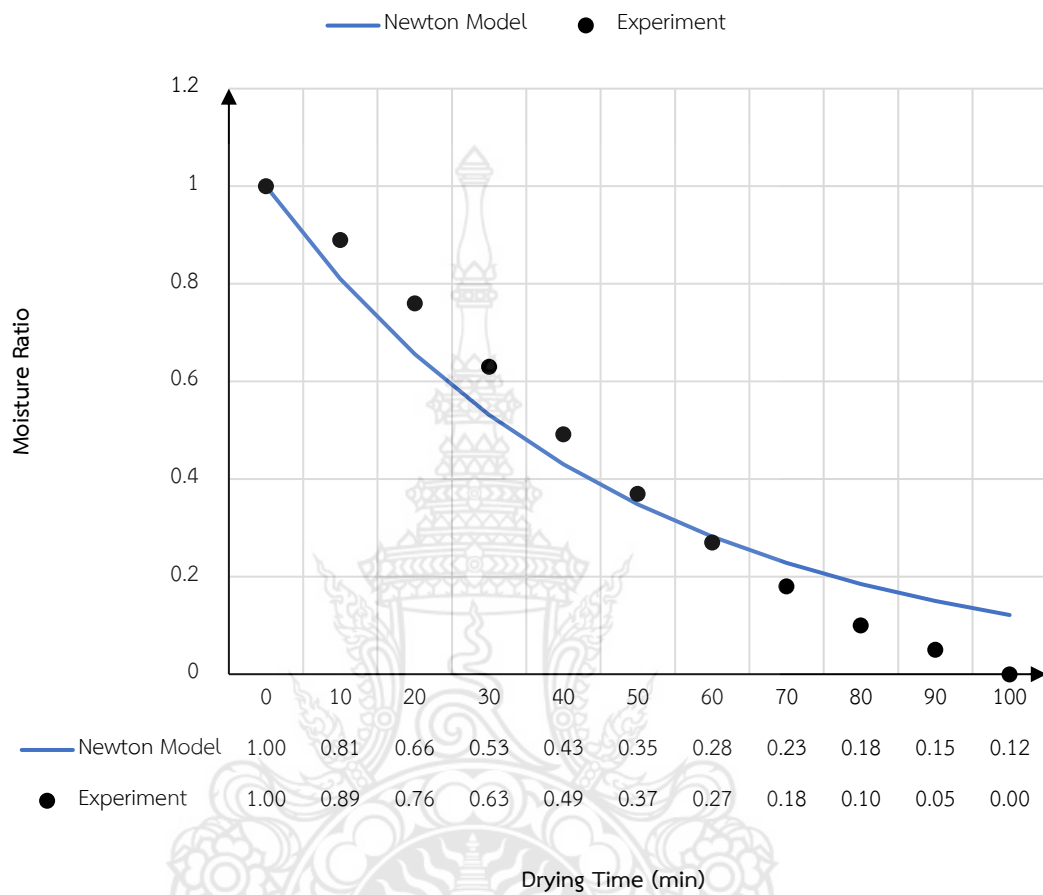
ง.1.15 ทำนายผลสำหรับการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 70 °C

1) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่ว่า $MR = \exp(-kt)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.66

ตารางที่ ง.71 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Newton ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9463 ,RMSE = 0.0809				
Dying Time	Constant	MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"			
0	0.0211	1.00	1.00	0
10	0.0211	0.81	0.89	9.01
20	0.0211	0.66	0.76	13.72
30	0.0211	0.53	0.63	15.71
40	0.0211	0.43	0.49	12.57
50	0.0211	0.35	0.37	5.89
60	0.0211	0.28	0.27	-4.43
70	0.0211	0.23	0.18	-26.85
80	0.0211	0.18	0.10	-84.89
90	0.0211	0.15	0.05	-199.44
100	0.0211	0.12	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



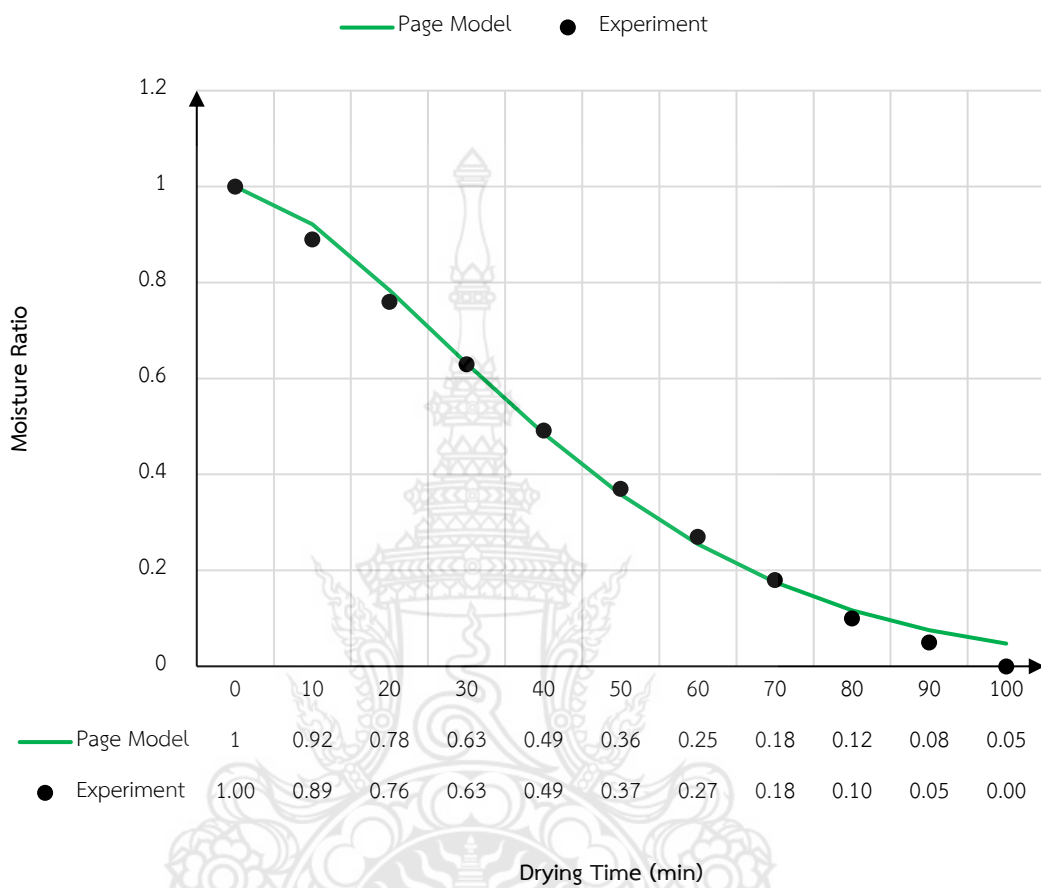
รูปที่ ง.71 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Newton ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

2) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่ว่า $MR = \exp(-k \cdot t^n)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ k, n, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.72

ตารางที่ ง.72 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Page ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9959 ,RMSE = 0.0235					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"k"	"n"			
0	0.0022	1.5709	1	1.00	0
10	0.0022	1.5709	0.92	0.89	-3.52
20	0.0022	1.5709	0.78	0.76	-3.16
30	0.0022	1.5709	0.63	0.63	-0.20
40	0.0022	1.5709	0.49	0.49	1.31
50	0.0022	1.5709	0.36	0.37	3.17
60	0.0022	1.5709	0.25	0.27	5.59
70	0.0022	1.5709	0.18	0.18	2.62
80	0.0022	1.5709	0.12	0.10	-16.74
90	0.0022	1.5709	0.08	0.05	-50.90
100	0.0022	1.5709	0.05	0.00	-100

COMPARE MOISTURE RATIO



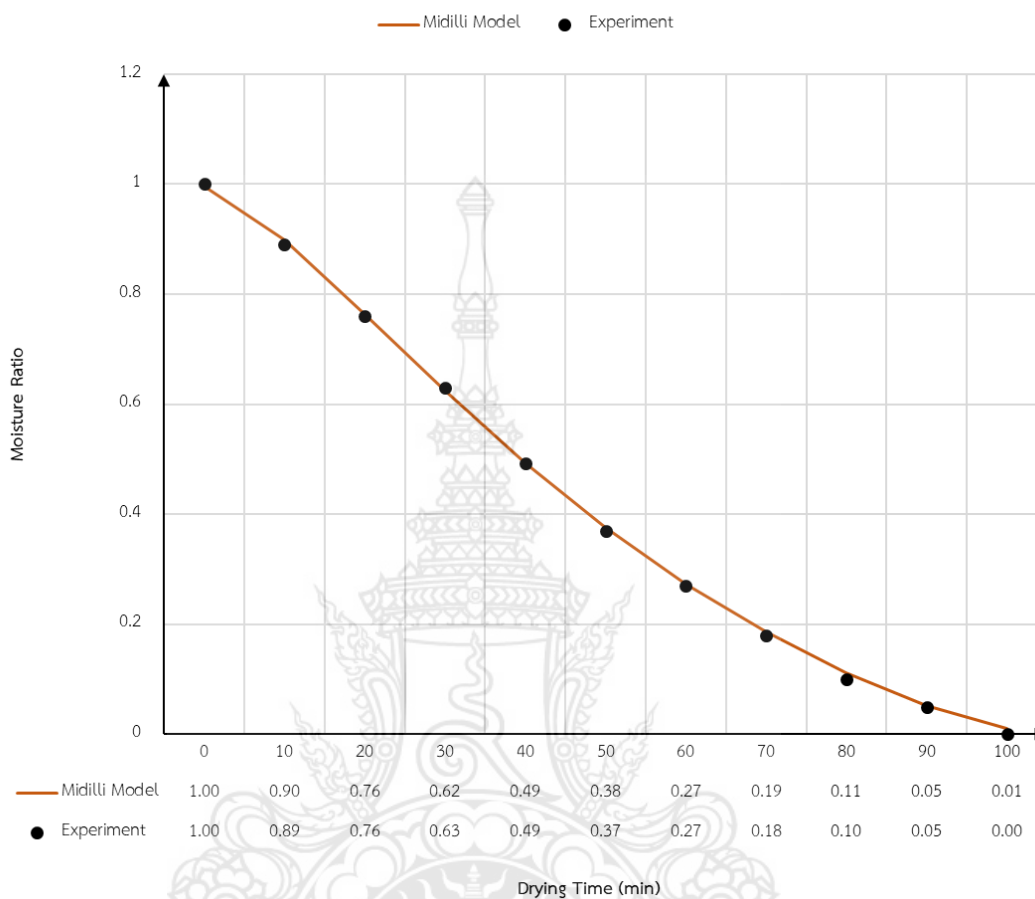
รูปที่ ง.72 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Page ที่มีวาลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

3) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + bt$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, n, b, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.73

ตารางที่ ง.73 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Midilli ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9998 ,RMSE = 0.0055							
Dying Time	Constant				MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"n"	"b"			
0	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	1.00	1.00	0.41
10	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.90	0.89	-0.92
20	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.76	0.76	-0.50
30	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.62	0.63	0.81
40	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.49	0.49	-0.36
50	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.38	0.37	-1.47
60	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.27	0.27	-0.97
70	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.19	0.18	-2.91
80	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.11	0.10	-12.21
90	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.05	0.05	-3.70
100	0.9959	0.0038	1.3796	-0.0011	0.01	0.00	0.00

COMPARE MOISTURE RATIO



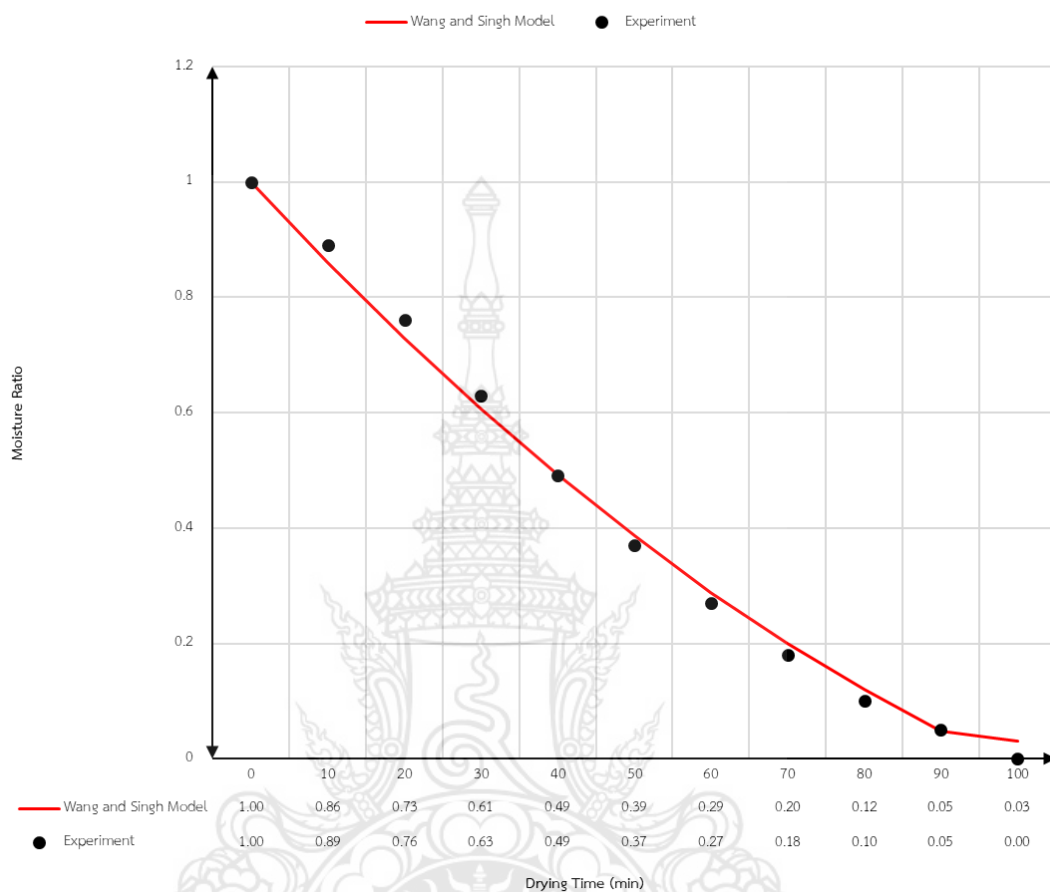
รูปที่ ง.73 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Midilli ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

4) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่ว่า $MR = 1 + (a \cdot t) + (b \cdot t^2)$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ l , a , b , ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.74

ตารางที่ ง.74 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Wang and Singh ที่มวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9967 ,RMSE = 0.0211					
Dying Time	Constant		MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"b"			
0	-0.0144	4.25E-05	1.00	1.00	0
10	-0.0144	4.25E-05	0.86	0.89	3.34
20	-0.0144	4.25E-05	0.73	0.76	4.08
30	-0.0144	4.25E-05	0.61	0.63	3.77
40	-0.0144	4.25E-05	0.49	0.49	-0.04
50	-0.0144	4.25E-05	0.39	0.37	-4.39
60	-0.0144	4.25E-05	0.29	0.27	-7.03
70	-0.0144	4.25E-05	0.20	0.18	-11.24
80	-0.0144	4.25E-05	0.12	0.10	-19.98
90	-0.0144	4.25E-05	0.05	0.05	3.55
100	-0.0144	4.25E-05	0.03	0.00	100

COMPARE MOISTURE RATIO



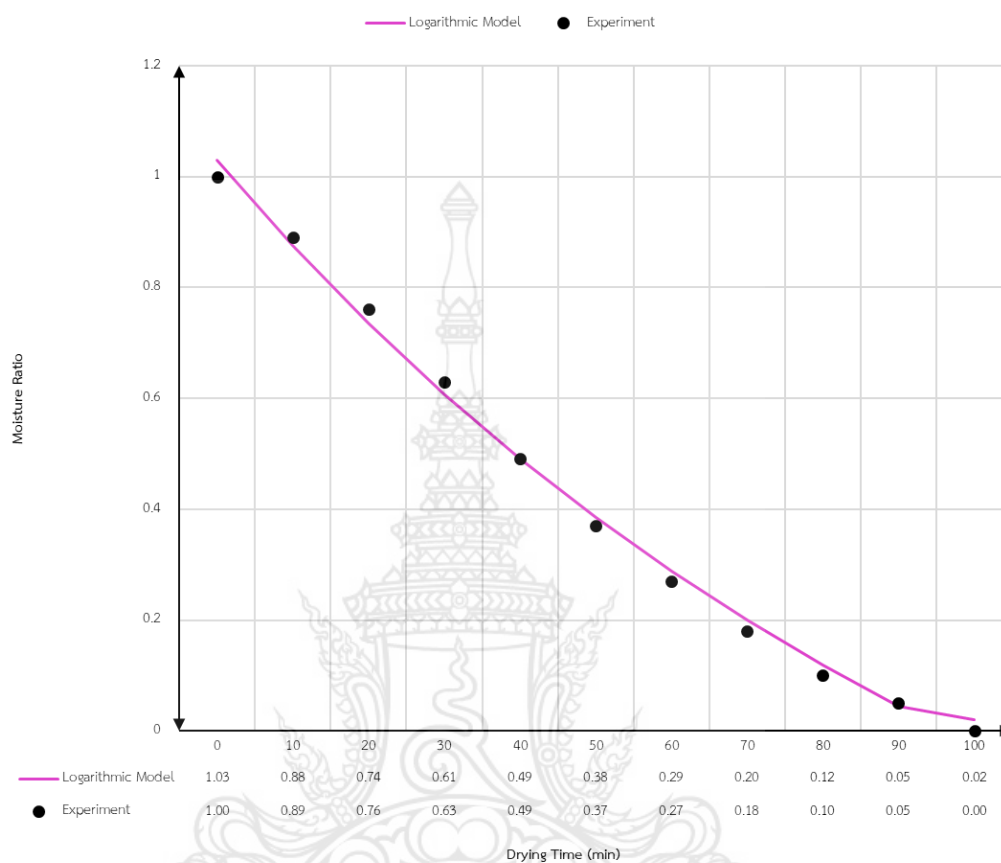
รูปที่ ง.74 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Wang and Singh ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

5) ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่ว่า $MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ ได้ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น MR ค่าคงที่ a, k, c, ค่า R^2 และค่า RMSE ดังข้อมูลในตารางที่ ง.75

ตารางที่ ง.75 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นตามแบบจำลอง Logarithmic ที่มวลเริ่มต้น 3 kg
อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

R-Square = 0.9968 ,RMSE = 0.0221						
Dying Time	Constant			MR (Model)	MR (Experiment)	% Error
min	"a"	"k"	"c"			
0	1.7478	0.0092	-0.7186	1.03	1.00	-2.92
10	1.7478	0.0092	-0.7186	0.88	0.89	1.62
20	1.7478	0.0092	-0.7186	0.74	0.76	3.23
30	1.7478	0.0092	-0.7186	0.61	0.63	3.55
40	1.7478	0.0092	-0.7186	0.49	0.49	0.14
50	1.7478	0.0092	-0.7186	0.38	0.37	-3.99
60	1.7478	0.0092	-0.7186	0.29	0.27	-6.58
70	1.7478	0.0092	-0.7186	0.20	0.18	-10.73
80	1.7478	0.0092	-0.7186	0.12	0.10	-18.64
90	1.7478	0.0092	-0.7186	0.05	0.05	9.89
100	1.7478	0.0092	-0.7186	0.02	0.00	100

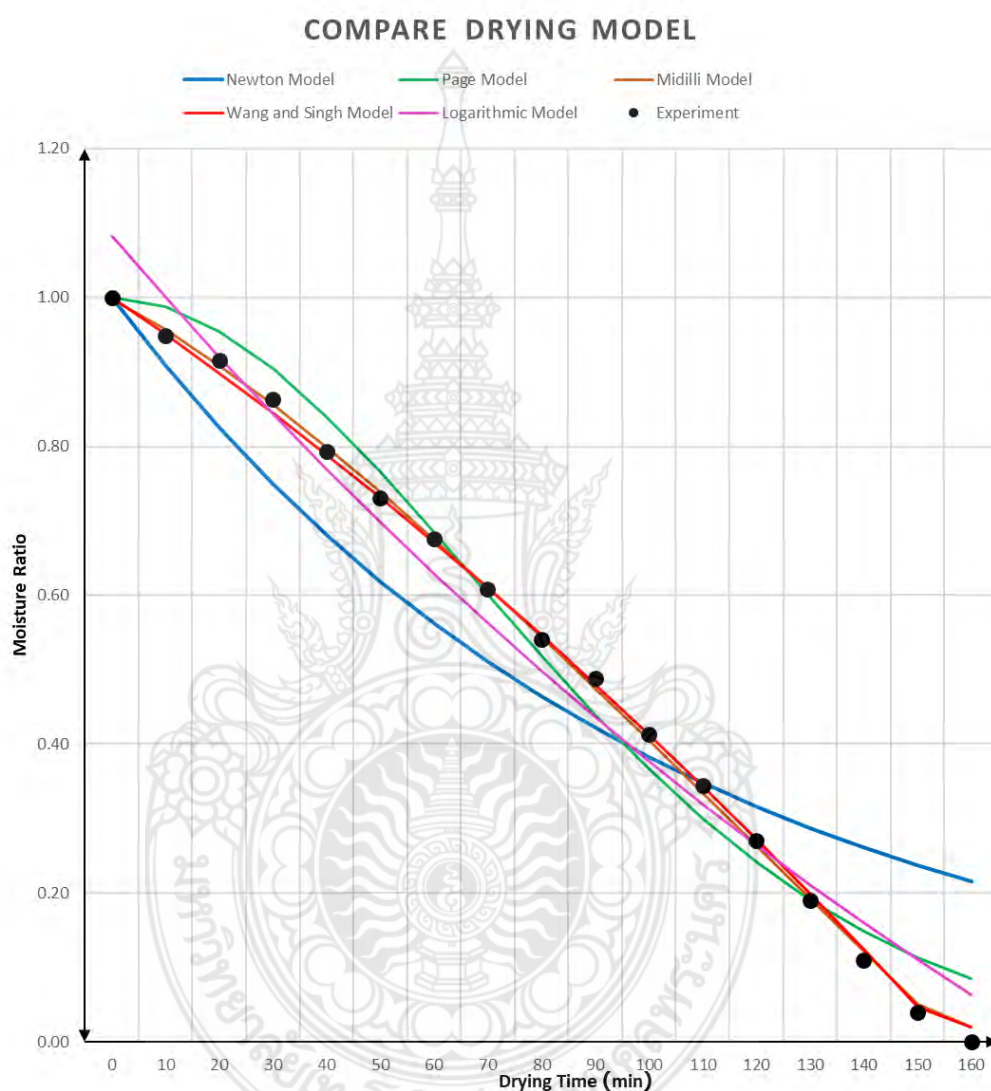
COMPARE MOISTURE RATIO



รูปที่ ง.75 เปรียบเทียบ MR จากการทดลองกับแบบจำลอง Logarithmic ที่มีมวลเริ่มต้น 3 kg อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C

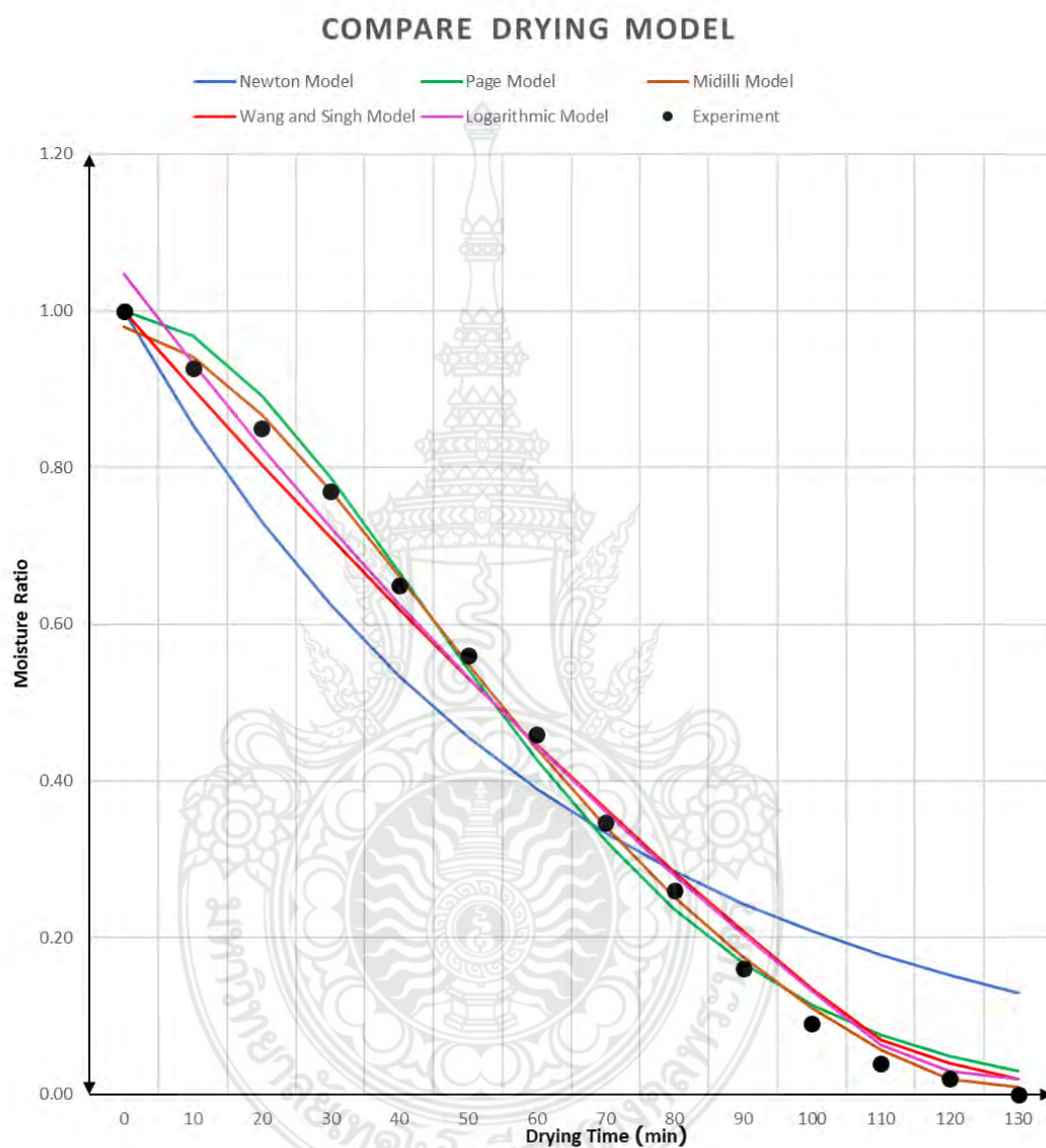
ง.2 การเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลอง

ง.2.1 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C แสดงดังภาพที่ 4.76



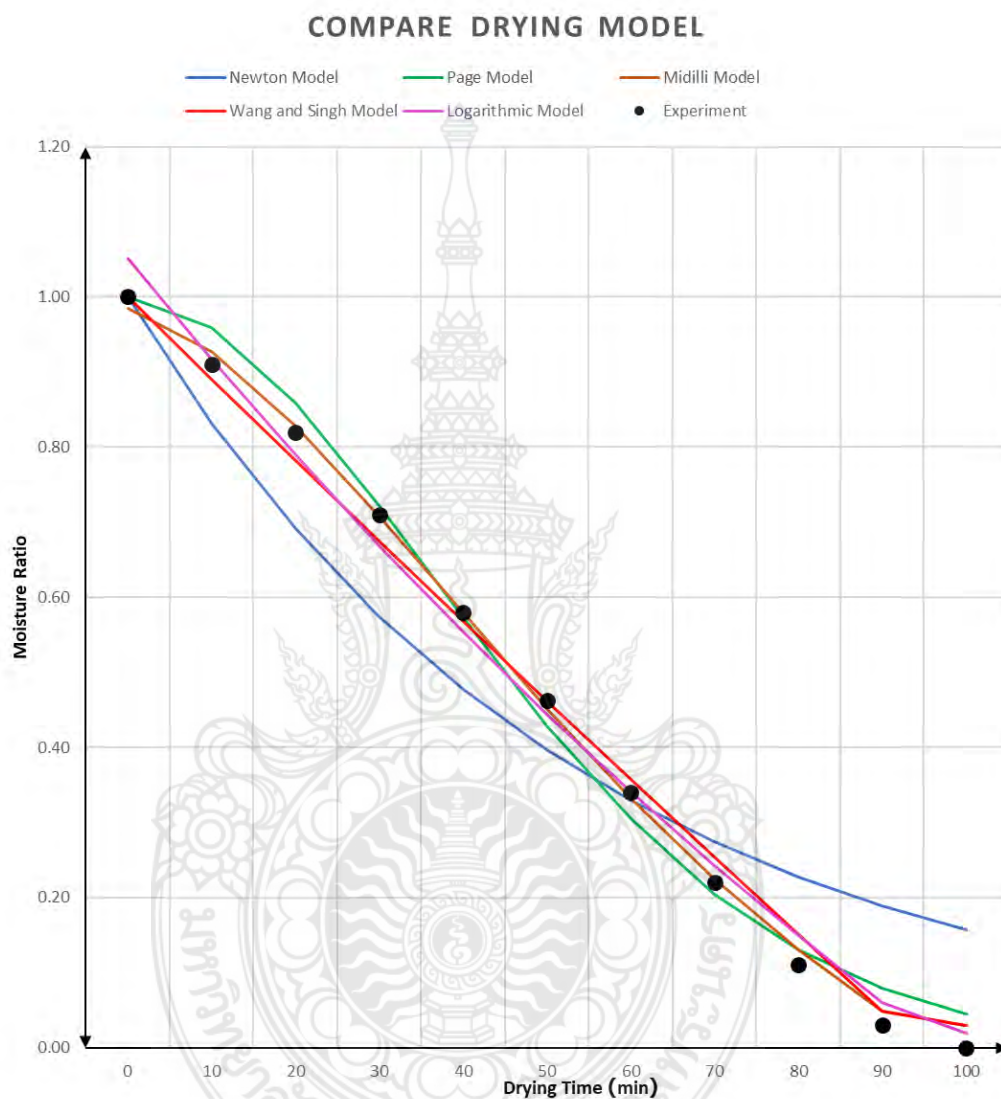
รูปที่ ง.76 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 50 °C

ง.2.2 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 55 °C แสดงดังภาพที่ 4.77



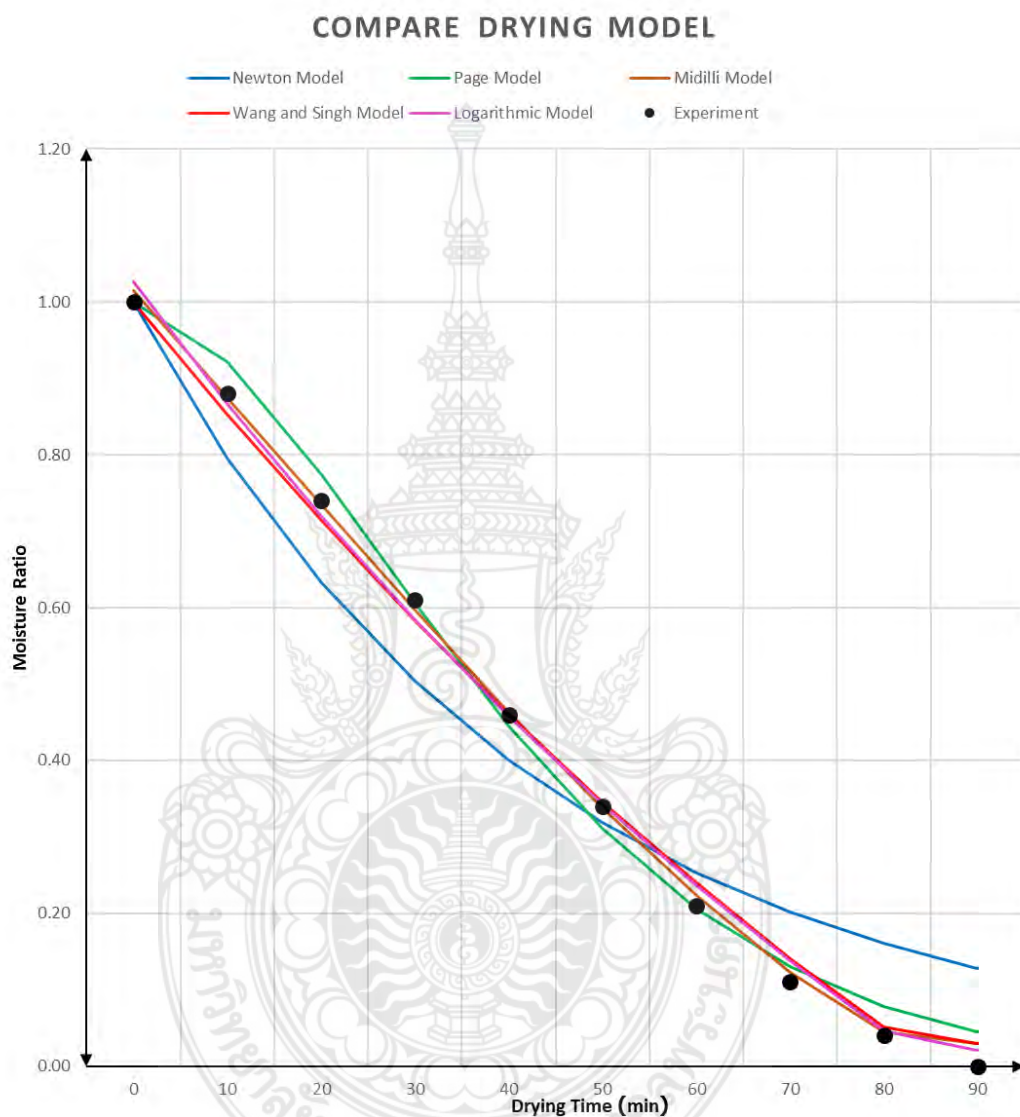
รูปที่ ง.77 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 55 °C

ง.2.3 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 60 °C แสดงดังภาพที่ 4.78



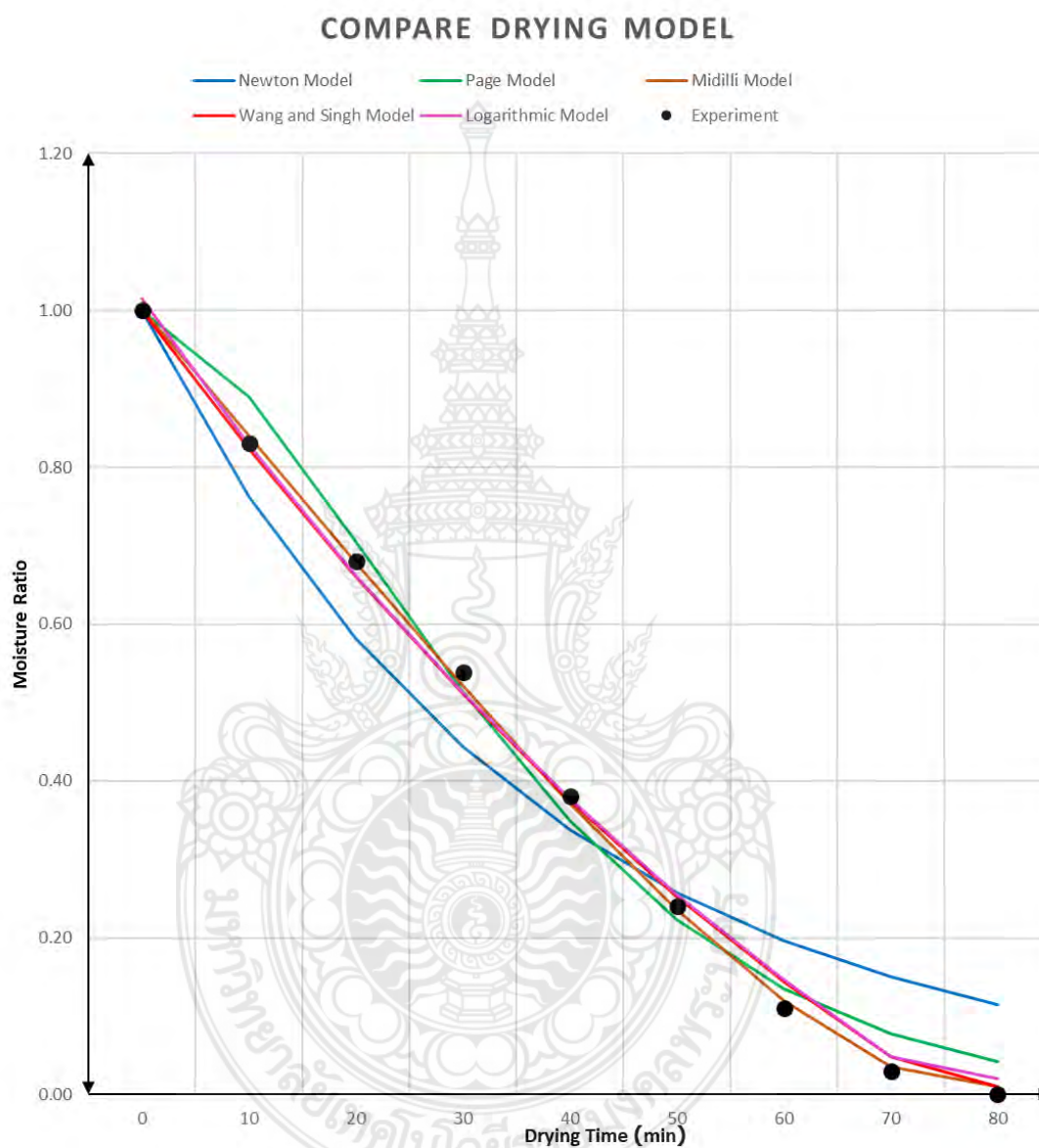
รูปที่ ง.78 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 60 °C

ง.2.4 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 65 °C แสดงดังภาพที่ 4.79



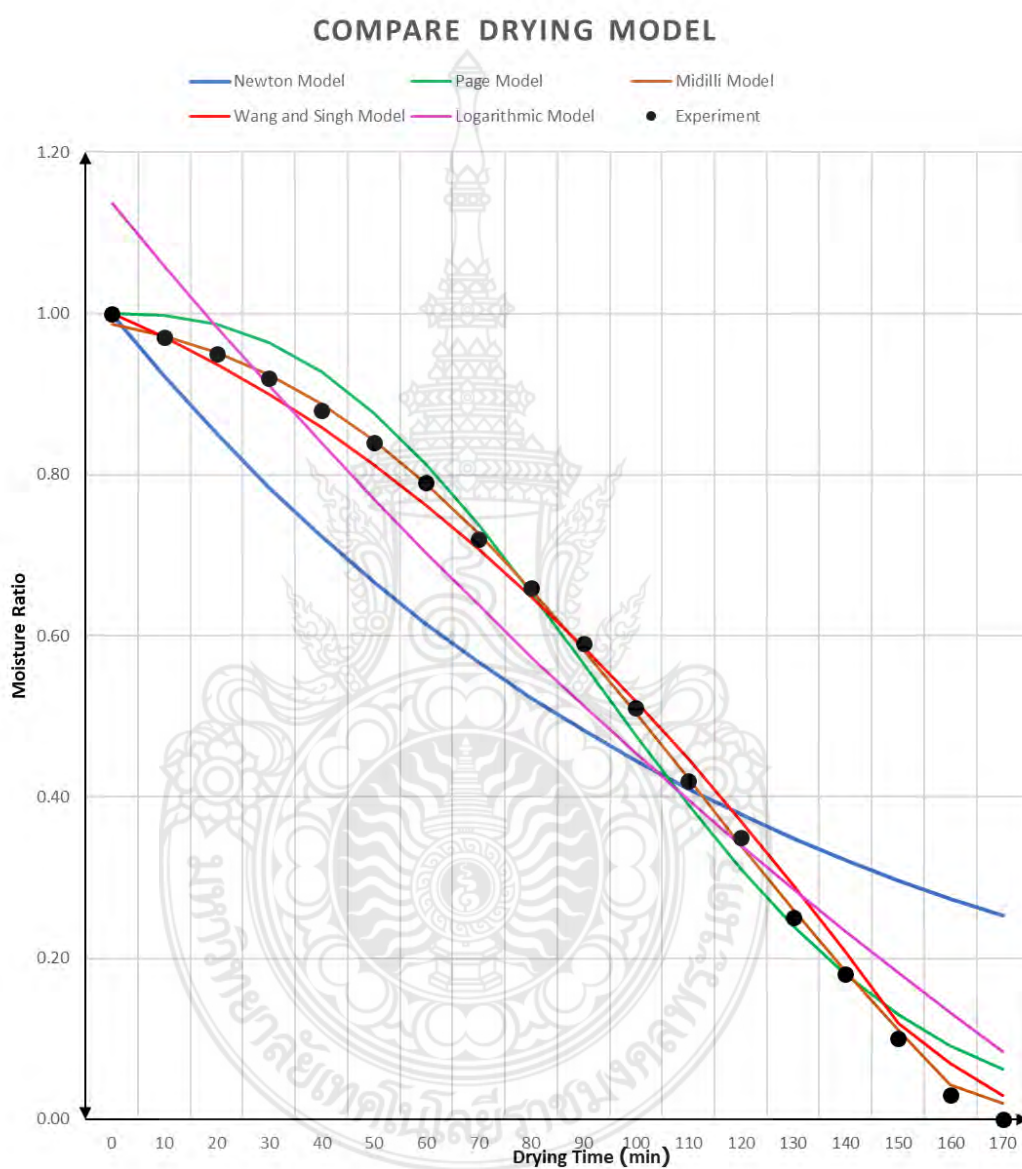
รูปที่ ง.79 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 65 °C

ง.2.5 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 70 °C แสดงดังภาพที่ 4.80



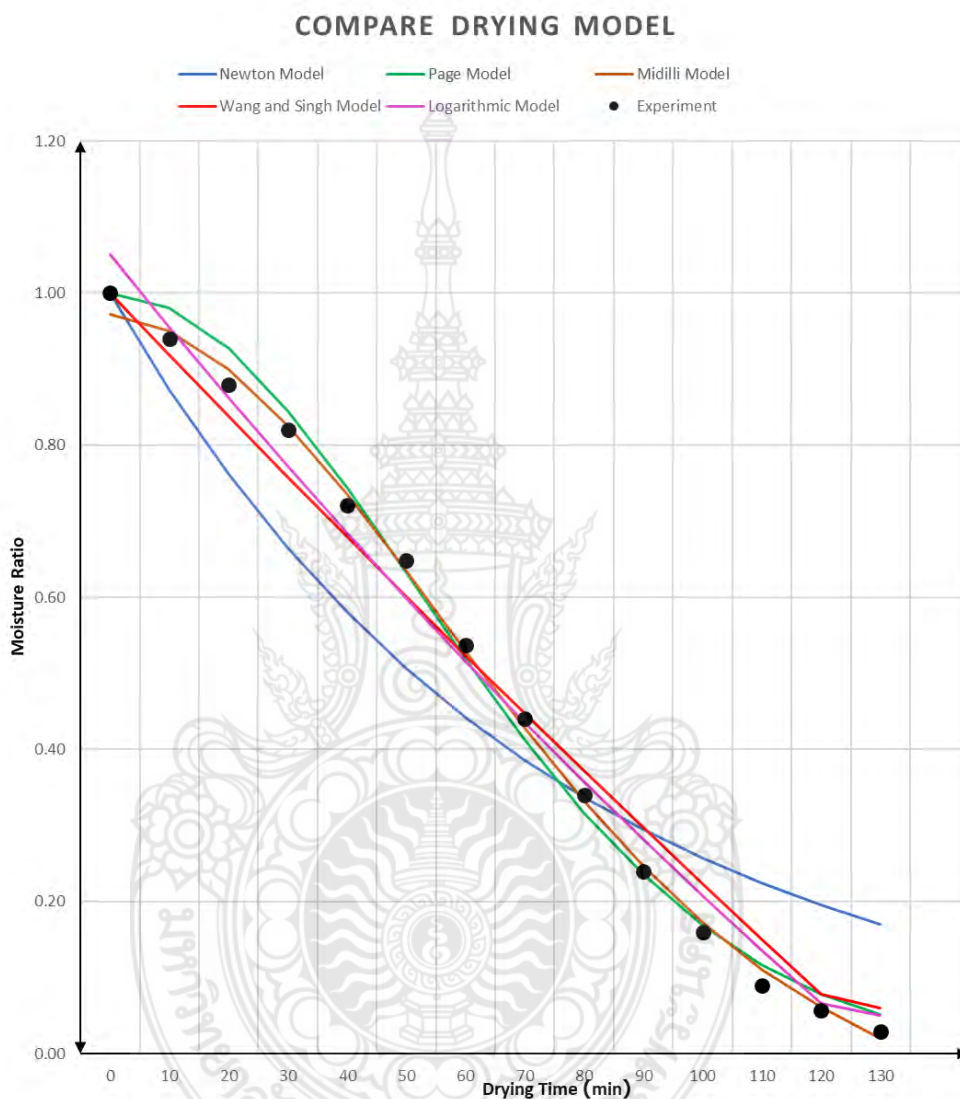
รูปที่ ง.80 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 1 kg อุณหภูมิ 70 °C

ง.2.6 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 50 °C แสดงดังภาพที่ 4.81



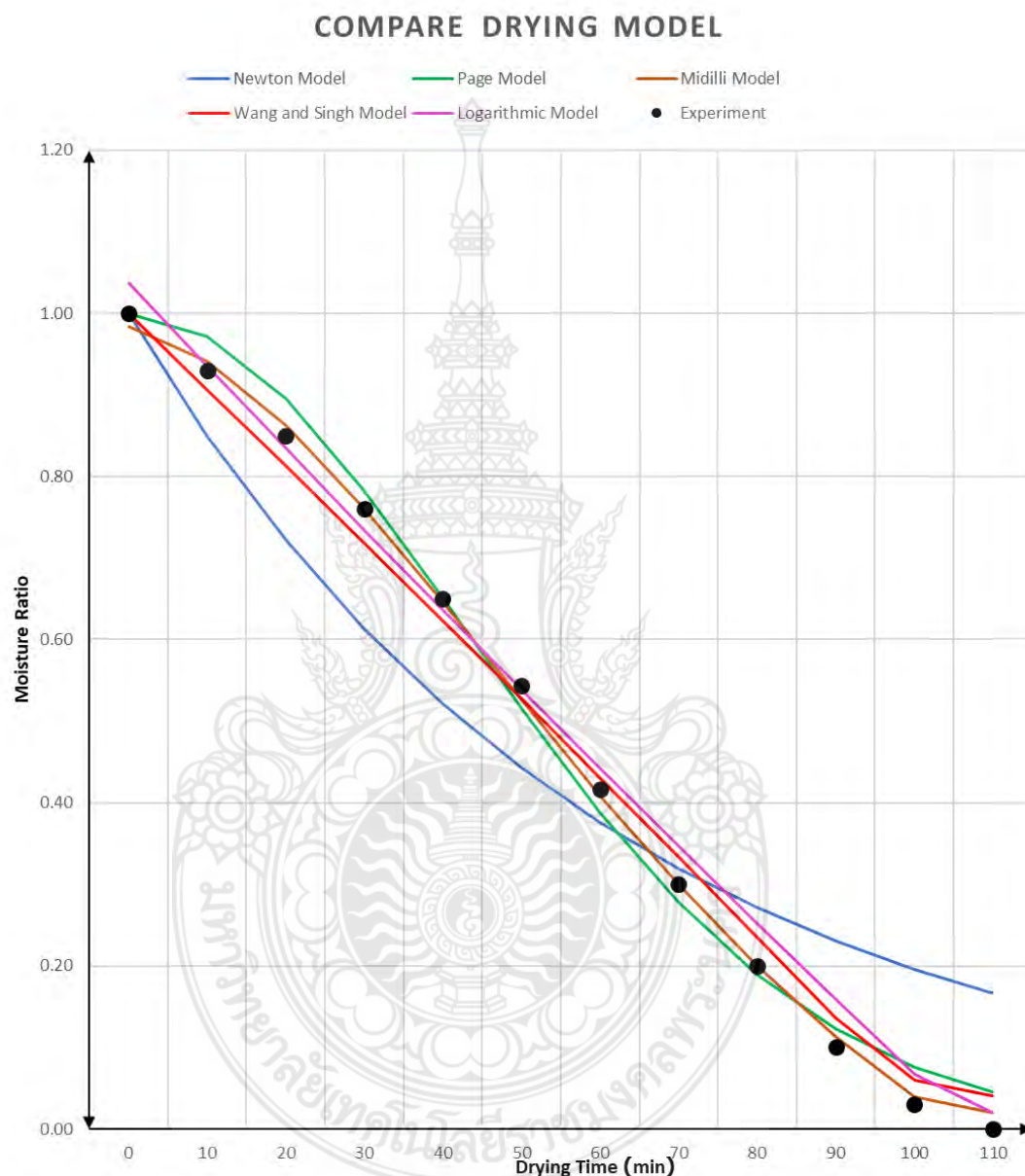
รูปที่ ง.81 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 50 °C

จ.2.7 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 55 °C แสดงดังภาพที่ 4.82



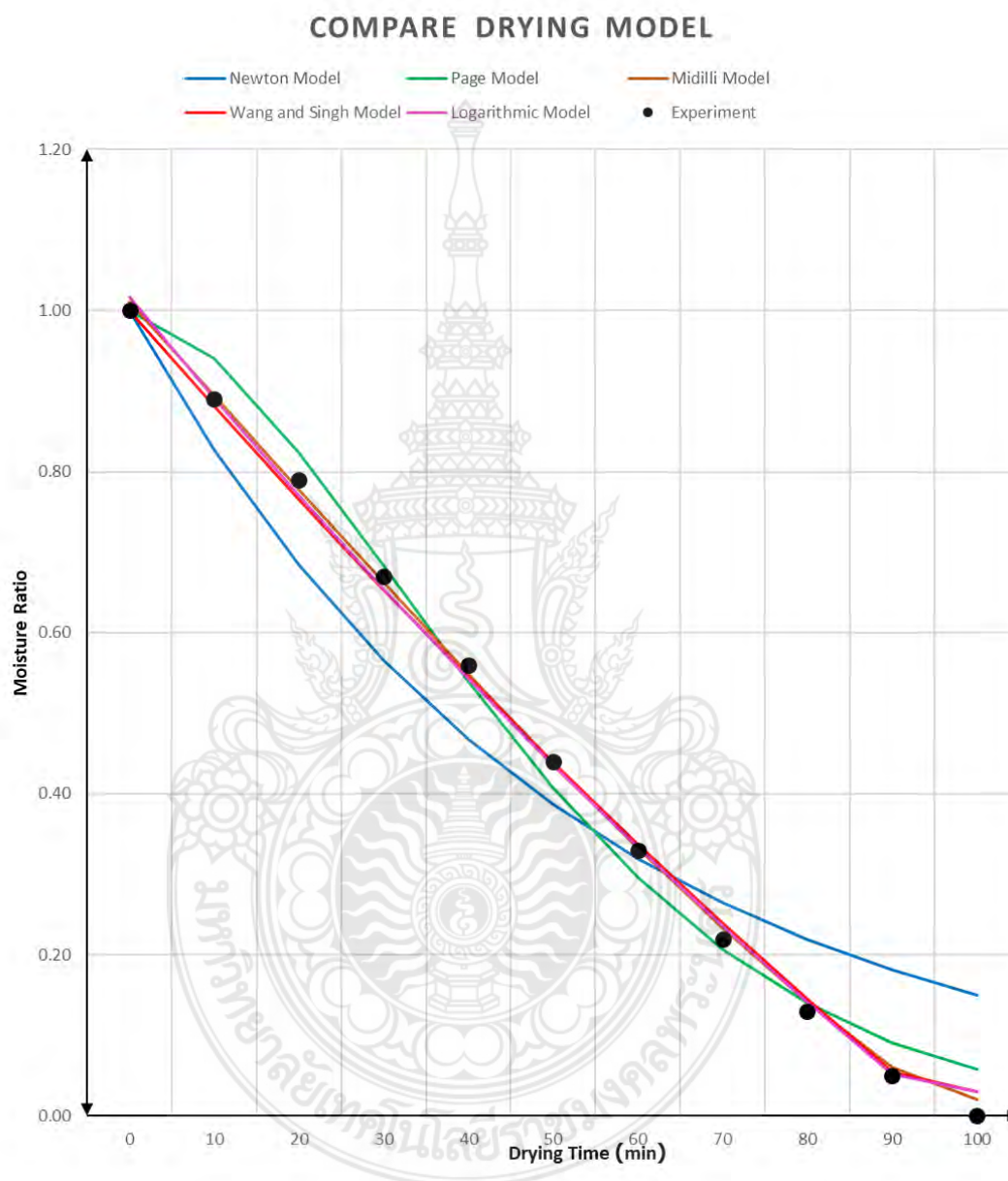
รูปที่ จ.82 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 55 °C

ง.2.8 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 60 °C แสดงดังภาพที่ 4.83



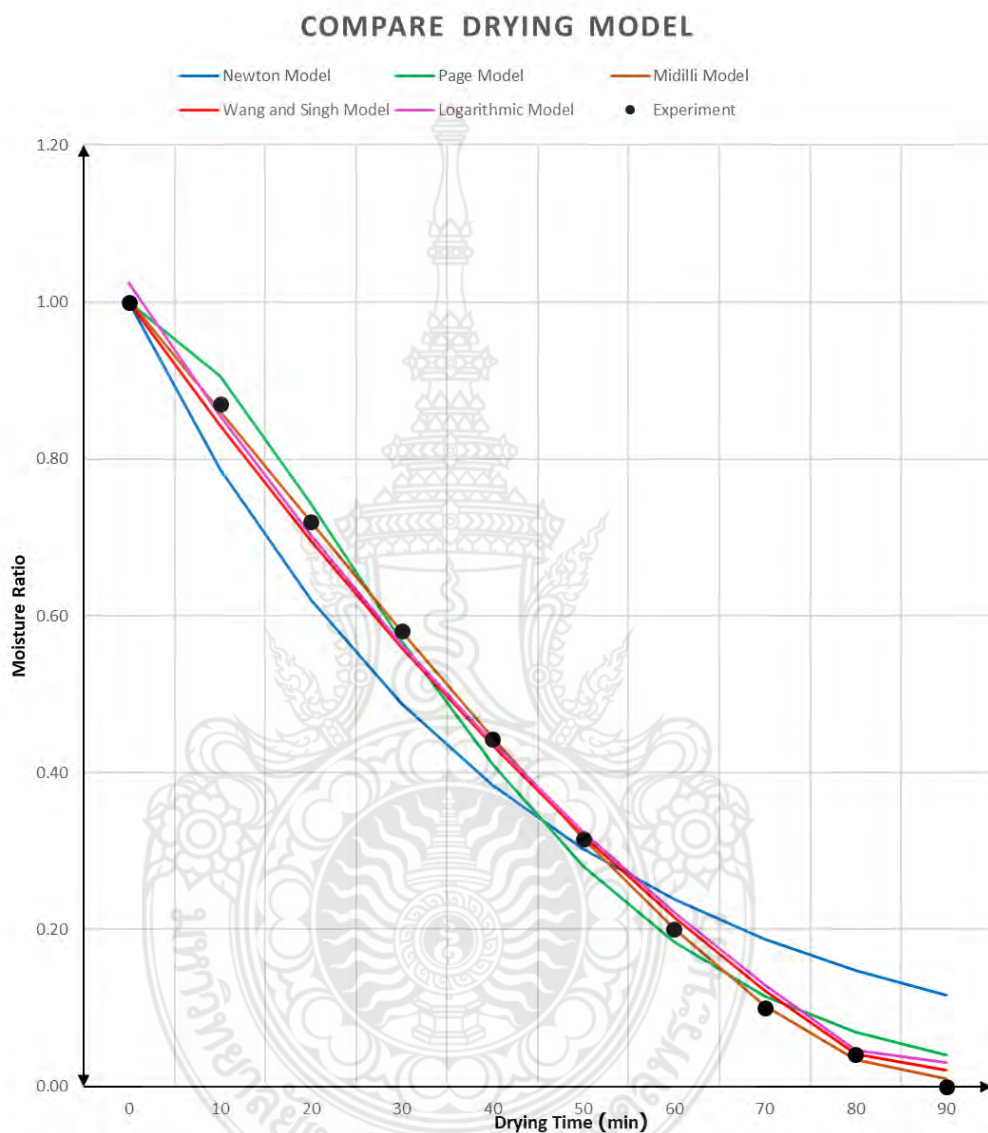
รูปที่ ง.83 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 60 °C

ง.2.9 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 65 °C แสดงดังภาพที่ 4.84



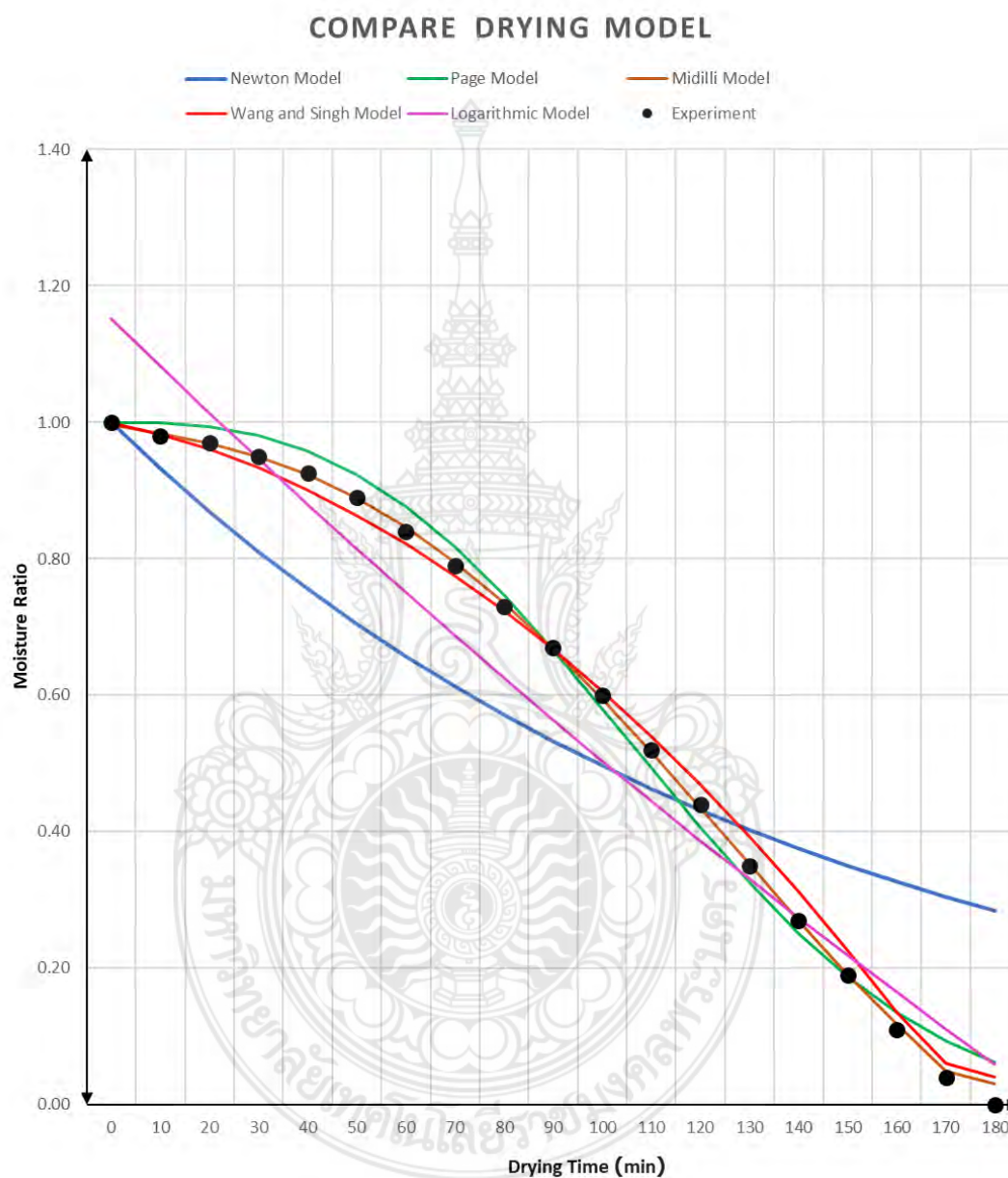
รูปที่ ๔.84 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 65 °C

ง.2.10 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 70 °C แสดงดังภาพที่ 4.85



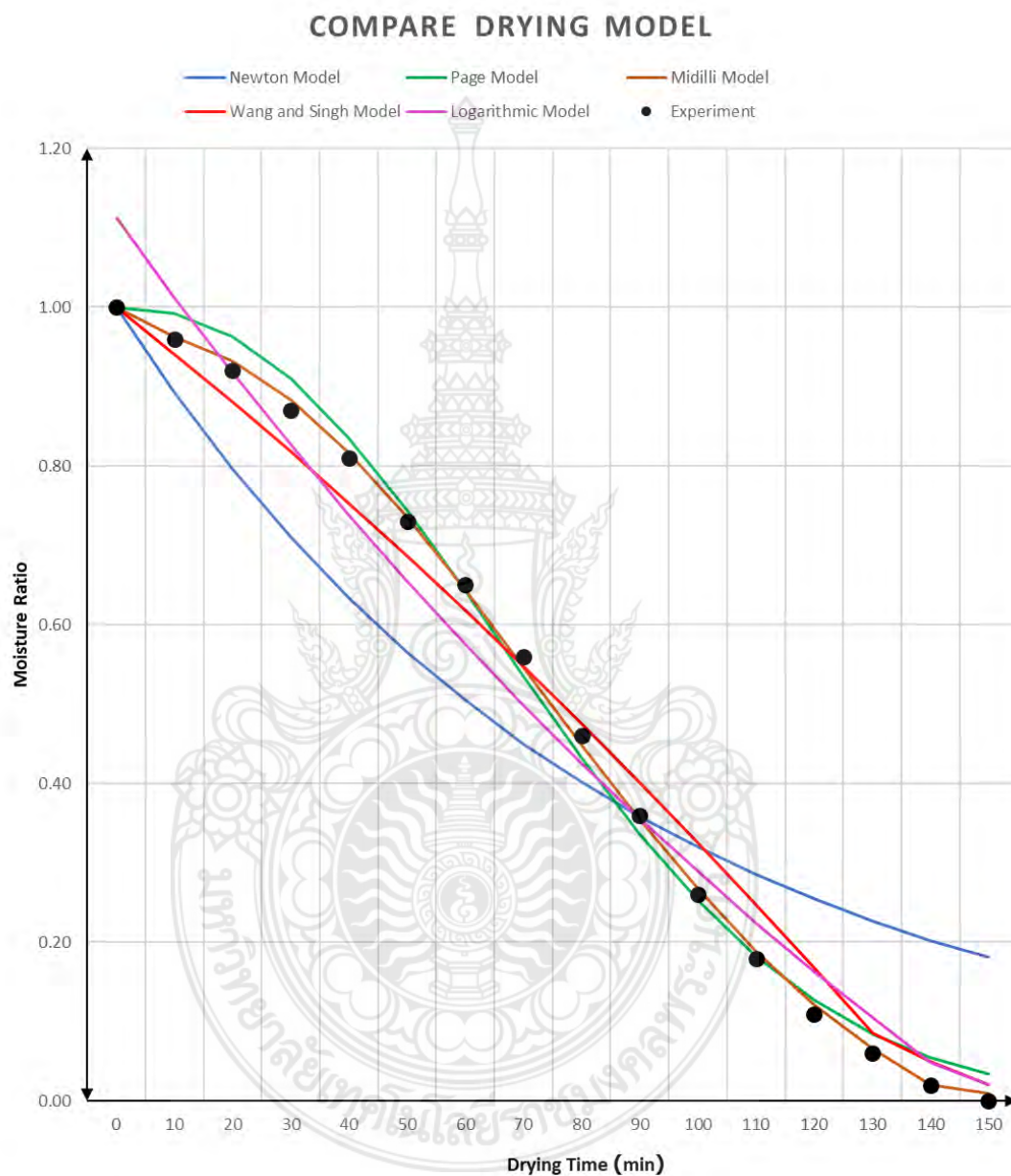
รูปที่ 4.85 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 2 kg อุณหภูมิ 70 °C

ง.2.11 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 50 °C แสดงดังภาพที่ 4.86



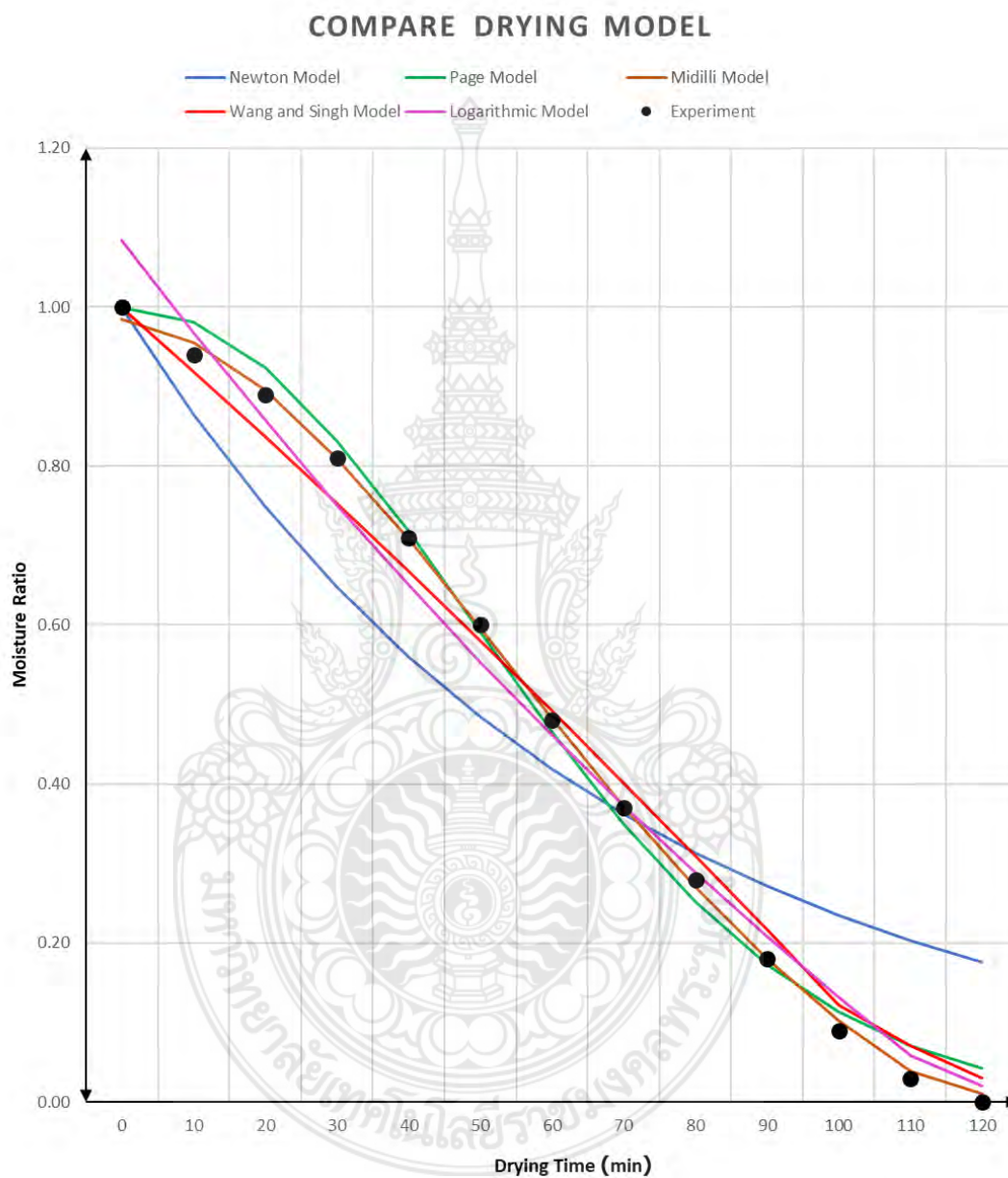
รูปที่ ๔.86 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 50 °C

ง.2.12 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 55 °C แสดงดังภาพที่ 4.87



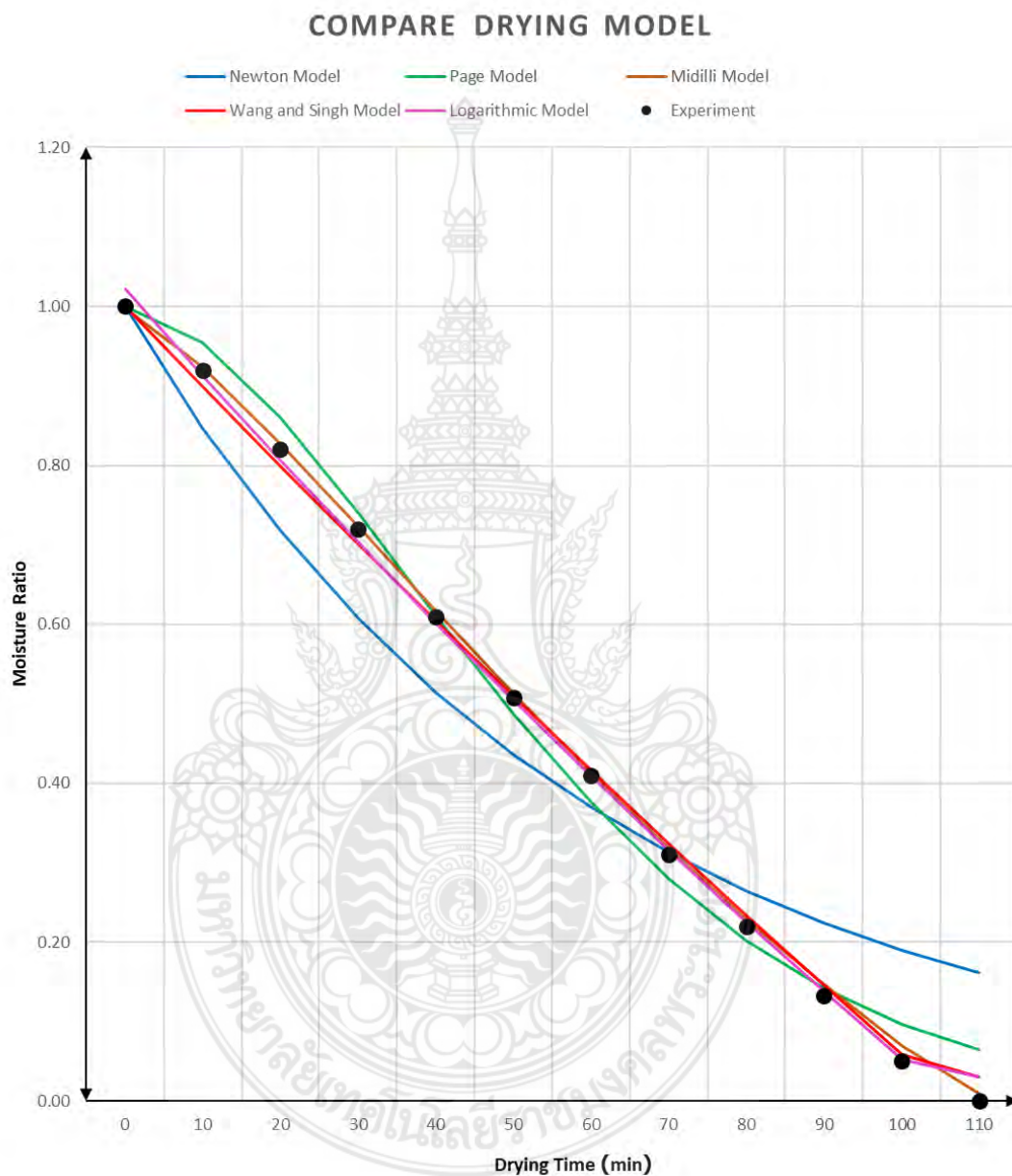
รูปที่ ง.87 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 55 °C

ง.2.13 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 60 °C แสดงดังภาพที่ 4.88



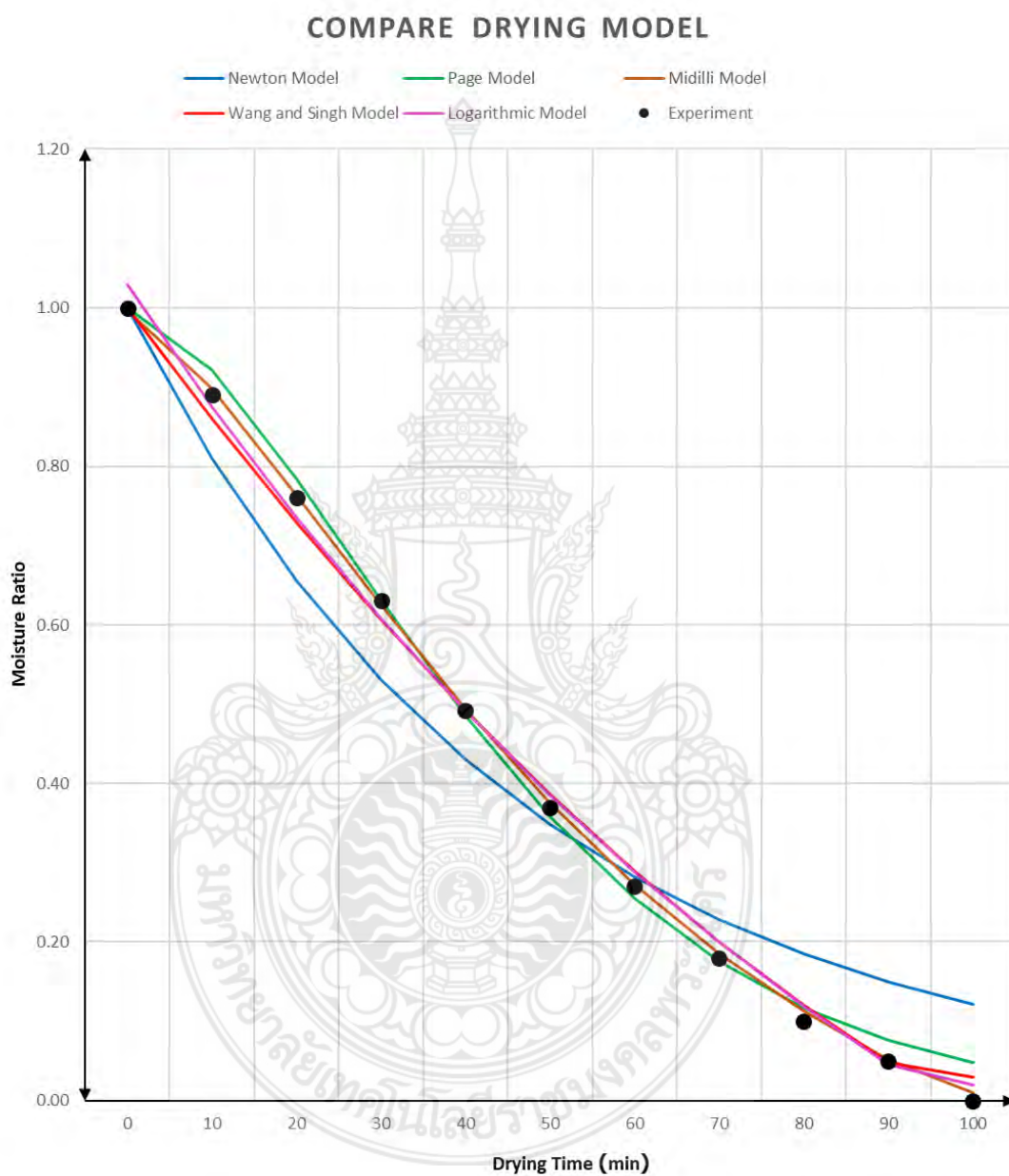
รูปที่ ๔.๘๘ เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 60 °C

ง.2.14 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 65 °C แสดงดังภาพที่ 4.89



รูปที่ ๔.89 เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 65 °C

ง.2.15 ผลการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 70 °C แสดงดังภาพที่ 4.90



รูปที่ ๔.๙๐ เปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น 5 แบบจำลอง กับผลการทดลองอบแห้งใบกระท่อมน้ำหนัก 3 kg อุณหภูมิ 70 °C

ประวัติการศึกษาและการทำงาน



ชื่อ นามสกุล นายประพนธ์ ทองพูล
 วัน เดือน ปีเกิด 21 มิถุนายน 2521
 ภูมิลำเนา ตำบลท่าหลวง อำเภอท่าหลวง จังหวัดลพบุรี

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา

ปวส.ช่างยนต์

ชื่อสถาบัน

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

วิทยาเขตพระนครเหนือ

ปีที่สำเร็จการศึกษา

2543

อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

วิทยาเขตนนทบุรี

2546

ประวัติการทำงาน

2567 -ปัจจุบัน

ผู้จัดการทั่วไป

บริษัท โอบบญ เอ็นจิเนียริง เซอร์วิส จำกัด

112 ม.2 ต.หนองโน อ.เมือง จ.สระบุรี