การศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

Drying of Andrographis Paniculate with Fluidized Bed

ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท

ณทพร จินดาประเสริฐ

ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2566

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Drying of Andrographis Paniculate with Fluidized Bed

Padipan Tinprabath

Nataporn Chindaprasert

Prasert Wirotcheewan

This Research in Funded by Faculty of Engineering

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

Year 2023

ชื่อเรื่อง การศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท อาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ
และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2566

บทคัดย่อ

ปัจจุบันฟ้าทะลายโจรเป็นที่ต้องการของตลาดสูงมาก เนื่องจากมีรายงานผลการวิจัยพบว่าฟ้าทะลายโจรช่วยรักษาอาการไข้ที่เป็นอาการหนึ่งของผู้ที่ติดเชื้อโควิด-19 ได้ ฟ้าทะลายโจรจัดเป็นสมุนไพรท้องถิ่นในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศทั่วทวีปเอเชีย โดยนิยมนำส่วนของใบและลำต้นใต้ดิน มาทำเป็นยารักษาโรค โดยเฉพาะโรคไข้หวัดใหญ่ สำหรับฟ้าทะลายโจรที่นำมาทำเป็นยารักษาโรคจะต้องผ่านวิธีทำให้แห้ง ในการทำให้แห้งปกติใช้วิธีการตากแดดตามธรรมชาติ ซึ่งมีข้อจำกัดเวลาในการผลิต จะทำให้การผลิตไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นโครงงานนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการนำฟ้าทะลายโจรมาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งเครื่องอบแห้งชนิดนี้สามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว โดยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่จะทำการศึกษาจะมีอุปกรณ์ประกอบด้วย 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 ความเร็วลมร้อนที่ผ่านถังอบ 1.5 m/s โดยจะบันทึกข้อมูลการทดลองทุก 15 min เพื่อหาความชื้นที่ลดลงต่อช่วงเวลา ผลการทดลองพบว่าที่น้ำหนักฟ้าทะลายโจร 2,000 g อุณหภูมิ 40 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 105 นาที และอุณหภูมิ 50 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 60 นาที ที่อุณหภูมิเท่ากันเมื่อเพิ่มน้ำหนักฟ้าทะลายโจรทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งจาก 40 °C เป็น 50 °C ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงและพบว่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าลดลงเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ 50 °C น้อยกว่า 40 °C

Title Drying of Andrographis paniculate with Fluidized bed

By Asst.Prof. Dr.Padipan Tinprabath Dr.Nataporn Chindaprasert

and Asst.Prof. Dr.Prasert Wirotcheewan

Faculty of Engineering

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

Year 2023

Abstract

At present, Andrographis paniculate is in high demand in the market. Because there are reports of research findings. Andrographis paniculate can help treat a fever that is one of the symptoms of people infected with Covid-19. Andrographis paniculate is a local herb in Southeast Asian countries. It is widely used in many countries throughout Asia. Most of the leaves and stems are used underground. to make medicine especially influenza For Andrographis paniculate to be used as medicine, it must be dried. In normal drying use natural methods of drying in the sun. which has limited production time will cause the production to be discontinued Therefore, this project is interested in studying the drying of Andrographis paniculate by using a fluidized bed dryer. This type of dryer can reduce humidity quickly. The fluidized bed dryers studied were equipped with Fan blower unit 2 HP at a maximum speed of 2,950 rpm blows air through a 6,000 W heater. Hot air is directed to a baking drum of 33 cm in diameter, 150 cm in height. Bake 500 g, 1,000 g, and 2,000 g at a time. Andrographis paniculate was tested twice per weight at 40°C and 50°C, hot air velocity through the baking drum 1.5 m/s. The experimental data was recorded every 15 min to find out. decreasing humidity over time The results showed that at the weight of Andrographis paniculate 2,000 g, temperature 40°C, drying time was 105 minutes, and temperature 50°C, drying time was 60 minutes. This increases the drying time. When the drying temperature was increased from 40°C to 50°C, the drying time was reduced and the specific energy consumption was reduced due to the drying time of 50°C less than 40°C

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ นายชนาธิป แซ่หลี นายธชย รัตนา นางสาวนันทรัตน์ สงทิพย์ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ช่วยดำเนินการปรับปรุงเครื่อง และช่วยทดสอบ จนงานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท
ณทพร จินดาประเสริฐ
ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ฟ้าทะลายโจร	3
2.2 ทฤษฎีการอบแห้ง	4
2.3 กราฟอัตราการอบแห้ง	8
2.4 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ	9
2.5 ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง	10
2.6 ตู้อบแบบฟลูอิดไดซ์เบด	10
2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่น	11
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 15

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย 15

3.2 การปรับปรุงเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 16

3.3 การปรับปรุงแก้ไขเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 19

บทที่ 4 ผลการศึกษา 20

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้การทดลอง 20

4.2 ขั้นตอนหลังจากการใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 21

4.3 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 21

4.4 ขั้นตอนในการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด 21

4.5 ข้อมูลและผลการอบแห้ง 33

4.6 อัตราการอบแห้ง 56

4.7 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 52

4.8 ประสิทธิภาพทางความร้อน 58

4.9 อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 54

4.10 สรุปผลการทดลอง 55

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย 57

5.1 ผลการศึกษา 57

5.2 ปัญหาและอุปสรรค 58

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา 58

บรรณานุกรม 59

ประวัติผู้วิจัย 61

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ฟ้าทะลายโจร	4
2.2 การเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ	5
2.3 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง	8
2.4 ตู้อบ Fluidized bed dryer	11
2.5 การก่อสภาพของไหล	12
3.1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน	15
3.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	16
3.3 เจาะโครงเพื่อติดเบรกเกอร์ และมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้า	17
3.4 Name plate	17
3.5 มิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้า	18
3.6 เบรกเกอร์	19
3.7 เครื่องอบแห้งหลังการปรับปรุง	19
4.1 การตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องอบแห้ง	21
4.2 ทำการวัดความเร็วลม	21
4.3 การเตรียมใบฟ้าทะลายโจร	22
4.4 นำฟ้าลายโจรมาชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่กำหนด	22
4.5 นำฟ้าทะลายโจรที่เตรียมไว้ใส่ในถังอบแห้ง	23

4.6 เปิดเบรกเกอร์ 24

4.7 เปิดสวิตช์ฉุกเฉิน 24

4.8 เปิดสวิตช์ 25

4.9 หมุนปรับตั้งอุณหภูมิของฮีตเตอร์ 25

4.10 อุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ 26

4.11 จับเวลาในการอบ 15 นาที 26

4.12 สังเกตการทำงาน 27

4.13 ปิดสวิตช์ และเบรกเกอร์ 27

4.14 นำใบฟ้าทะลายโจรมาชั่งน้ำหนัก 28

4.15 บันทึกค่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ 28

4.16 นำใบฟ้าทะลายโจรเข้าอบต่อ 29

4.17 ใบฟ้าทะลายโจรก่อนทำการอบแห้ง 29

4.18 ใบฟ้าทะลายโจรหลังทำการอบแห้ง 30

4.19 เครื่องวัดความเร็วลม 30

4.20 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบตาชั่ง 31

4.21 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล 31

4.22 ถังสำหรับใส่วัตถุดิบ 32

4.23 โทรศัพท์สำหรับจับเวลา 32

4.24 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ 34

4.25 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ 34

4.26 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 50℃ 36

4.27 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 50℃ 36

4.28 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 37

4.29 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 37

4.30 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ 39

4.31 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ 39

4.32 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 50 ℃ 41

4.33 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 50 ℃ 41

4.34 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 42

4.35 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 42

4.36 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ 44

4.37 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ 44

4.38 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 ℃ 45

4.39 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 ℃ 45

4.40 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 47

4.41 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 47

4.42 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ 48

4.43 เปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานแห้ง 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ 48

4.44 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 ℃ 49

4.45 เปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานแห้ง 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 ℃ 49

4.46 จุดอัตราความชื้นวิกฤต 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ℃ 50

4.47 จุดอัตราความชื้นวิกฤต 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 ℃ 50

4.48 อัตราการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 51

4.49 การสิ้นเปลืองพลังงาน ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 52

4.50 ประสิทธิภาพทางความร้อน ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 53

4.51 กำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 55

4.52 ค่าไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ 55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 500 g และอุณหภูมิ 40 ℃	33
4.2 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 500 g และอุณหภูมิ 50 ℃	35
4.3 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 1,000 g และอุณหภูมิ 40 ℃	32
4.4 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 1,000 g และอุณหภูมิ 50 ℃	40
4.5 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 2,000 g และอุณหภูมิ 40 ℃	44
4.6 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 2,000 g และอุณหภูมิ 50 ℃	45
4.7 อัตราการอบแห้ง	51
4.8 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ	52
4.9 ประสิทธิภาพทางความร้อน	53
4.10 การใช้พลังงานไฟฟ้า	54

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันฟ้าทะลายโจรเป็นที่ต้องการของตลาดสูงมาก เนื่องจากมีข้อมูลผลการวิจัยกล่าวว่าฟ้าทะลายโจรช่วยรักษาอาการไข้ที่เป็นอาการหนึ่งของผู้ที่ติดเชื้อโควิด-19 ได้ ฟ้าทะลายโจรจัดเป็นสมุนไพรท้องถิ่นในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศทั่วทวีปเอเชีย โดยนิยมนำส่วนของใบและลำต้นใต้ดิน มาทำเป็นยารักษาโรค โดยเฉพาะโรคไข้หวัดใหญ่ ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2542 ฟ้าทะลายโจรได้บรรจุอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ (บัญชียาจากสมุนไพร) ของกระทรวงสาธารณสุข ในหมวดหมู่ยารักษากลุ่มอาการของระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจ ฟ้าทะลายโจรเป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับเป็นสมุนไพรไทยมานาน การนำฟ้าทะลายโจรมาทำเป็นยาลูกกลอนหรือใส่แคปซูลเพื่อความสะดวกในการรับประทาน มีผู้ศึกษาค้นคว้าวิจัยถึงสรรพคุณยาและได้พบสารเคมีในส่วนต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรอยู่หลายชนิด รวมทั้งสารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) ที่เป็นตัวยาสำคัญที่มีอยู่ในทุกส่วนคือ ราก ต้น ใบและได้ทำการศึกษาทดลองเพื่อจำแนกโรคที่รักษาได้ดีให้ชัดเจน ซึ่งพบว่าฟ้าทะลายโจรรักษาโรคได้หลายโรค เช่น บรรเทาอาการปวดท้อง ท้องเสียและแก้กระเพาะอักเสบ ลำไส้อักเสบ แก้อาการไอเจ็บคอ คออักเสบ ต่อมทอนซิลอักเสบ หลอดลมอักเสบและแก้ไข้ทั่วไป ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561 มีเนื้อที่เพาะปลูกฟ้าทะลายโจรประมาณ 138 ไร่ ใน 3 จังหวัดหลัก คือ นครปฐม ราชบุรี และลำปาง ซึ่งให้ผลผลิตราว 188,724 กก./ปี โดยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในห่วงโซ่การผลิตฟ้าทะลายโจรจะมีอยู่ 3 กลุ่มหลัก คือ ผู้ผลิตขั้นต้น (กลุ่มเกษตรกร) ผู้ผลิตขั้นกลาง (โรงงานแปรรูปสมุนไพร) และผู้ผลิตขั้นปลาย (กลุ่มธุรกิจยาและโรงพยาบาล) โดยผลผลิตส่วนใหญ่ที่ผลิตได้จะถูกแปรรูปและนำมาสกัดเป็นสารตั้งต้นเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ซึ่งอุตสาหกรรมหลักก็คือ การผลิตสินค้าในกลุ่มยา เพื่อทดแทนยาแผนปัจจุบัน หากพิจารณาถึงราคาของฟ้าทะลายโจร ที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ยอยู่ที่ 36.8 บาท/กก. เมื่ออยู่ในรูปแบบผงฟ้าทะลายโจรจะอยู่ที่ 300-600 บาท/กก. ดังนั้นการผลิตฟ้าทะลายโจรแห้งจึงมีความสำคัญมากที่จะช่วยเพิ่มมูลค่า ของฟ้าทะลายโจรแต่ในการผลิตปกติของเกษตรกรอาจจะทำไม่ทันตามความต้องการของตลาด เนื่องจากการตากแดดฟ้าทะลายโจรในการผลิตปกติต้องใช้เวลานาน ต้องคำนึงถึงความสะอาด และการปนเปื้อนของกระบวนการตากแห้ง

การอบแห้ง คือ การนำน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุน้อยลง (ความชื้นลดลง)

จนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ของแข็ง วัสดุที่พึงพากระบวนการอบแห้งนั้นมีตั้งแต่จำพวกที่มีรูปร่างและสัดส่วนชัดเจน คือ วัสดุไม้ ไปจนถึงวัสดุอื่น ๆ เช่น วัสดุที่มีสภาพเป็นเม็ดผงที่มีความชื้น หรือกระทั่งมีสภาพเป็นของเหลว ซึ่งในปัจจุบันได้นำวิธีการอบแห้งมาเป็นวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ให้เป็นไปตามความต้องการของตลาดที่หลากหลายอีกด้วย การอบแห้งมีหลายรูปแบบ แต่มีหนึ่งรูปแบบที่สามารถอบแห้งได้ไวคือ การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งความหมายคือ การใช้วิธีเป่าลมร้อนเข้าไปที่ด้านล่างของชั้นวัตถุดิบที่เป็นผงวางบนแผ่นที่มีรูพรุน เพื่อให้ผงวัตถุดิบลอยขึ้นไป ผ่านท่อทางเข้าเพื่อเก็บผงผลิตภัณฑ์ของการอบแห้งไว้ ไม่ให้ลอยหายไปในอากาศ เพื่อไม่ให้เสียประสิทธิภาพของการทำงาน มีการเคลื่อนไหวของผงเสมือนตัวมันเป็นของไหล ซึ่งข้อดีของการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดคือการใช้เวลาที่น้อยกว่าการอบแห้งด้วยวิธีอื่น ๆ ได้วัตถุดิบที่ได้รับความร้อนสม่ำเสมอ

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดโดยใช้เทคนิคการอบแห้งใช้วิธีการเป่าลมร้อนจากเครื่องอบแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่สามารถทำลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการผลิตฟ้าทะลายโจรแห้งและเพิ่มมูลค่าสินค้าให้กับเกษตรกร

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

2.2 เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

3.1 ใช้ฮีตเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่ระบบ

3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส

3.3 เวลาที่ใช้ในการอบแห้งไม่เกิน 60 นาที

3.4 ใช้ฟ้าทะลายโจรในการอบแห้งครั้งละไม่เกิน 1 kg

3.5 ใช้โบลเวอร์มาเป็นอุปกรณ์ผลิตลม

3.6 ตัวแปรที่พิจารณาได้แก่ เวลาการอบแห้ง น้ำหนัก ความชื้น และการใช้พลังงานในการอบแห้ง

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ได้องค์ความรู้ในด้านวิศวกรรมในการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

4.2 ได้ทราบตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด

4.3 ใช้เป็นแนวทางในอบแห้งสำหรับเกษตรกรที่ผลิตฟ้าทะลายโจรอบแห้ง

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ทำการทบทวน ศึกษา ตำรา เอกสาร งานวิจัย ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อจะได้นำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในเบื้องต้น ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับฟ้าทะลายโจร ทฤษฎีการอบแห้ง กราฟอัตราการอบแห้ง การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง ตู้อบแบบฟลูอิดไดซ์เบด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟ้าทะลายโจร [2]

รูปที่ 2.1 ฟ้าทะลายโจร

ฟ้าทะลายโจร คือ สมุนไพรที่จัดให้เป็นสมุนไพรท้องถิ่นในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศทั่วทวีปเอเชีย โดยนิยมนำส่วนของใบและลำต้นใต้ดิน มาทำเป็นยารักษาโรค โดยเฉพาะโรคไข้หวัดใหญ่ ฟ้าทะลายโจรเป็นพืชล้มลุก สูงประมาณ 30-60 ซม. ลำต้นตั้งตรงกิ่งก้านเป็นสันสี่เหลี่ยม ใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม รูปใบหอก กว้าง 1-2.5 ซม. ยาว 4-10 ซม. โคนใบและปลายใบแหลม ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย เนื้อใบสีเขียวเข้ม เป็นมัน ก้านใบยาว 2-8 มม.

ดอกจะออกเป็นช่อใหญ่ที่ปลายกิ่งและซอกใบ ช่อโปร่งยาว 5-30 ซม. ดอกย่อยขนาดเล็ก ดอกสีขาวแกมม่วง มีขน กลีบเลี้ยงโคนติดกัน ผลเป็นฝักรูปทรงกระบอก สีเขียวอมน้ำตาล ปลายแหลม เมื่อผลแล้วแก่จะแตกดีดเมล็ดออกมา มีเมล็ด 8-14 เมล็ด ขนาดเล็ก สีน้ำตาลแดง ใช้เมล็ดขยายพันธุ์เนื่องจากเมล็ดฟ้าทะลายโจรมีเปลือกหุ้มหนาและแข็ง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการงอก นอกจากนี้เมล็ดยังมีการพักตัว จึงควรแก้การพักตัวของเมล็ดก่อนนำไปเพาะหรือก่อนการปลูก [2] การปลูกฟ้าทะลายโจรสามารถปลูกด้วยเมล็ดหรือต้นกล้า มี 4 วิธี คือ 1. นำเมล็ดผสมทรายหยาบอัตรา 1:1-2 ส่วน จากนั้นหว่านในแปลงปลูก 2. โรยเมล็ดเป็นแถวแนวขวาง แต่ละแถวห่างกันประมาณ 50 ซม. แล้วกลบด้วยดินบาง ๆ 3. เพาะต้นกล้าในถาดเพาะ แล้วย้ายกล้ามาปลูกในแปลง เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 30 วัน 4. เพาะต้นกล้าในแปลง การเตรียมแปลงเพาะต้นกล้าใช้วิธีเดียวกับการทำแปลงปลูก โดยรองพื้นด้วยปุ๋ยอินทรีย์ประมาณ 0.5-1 กิโลกรัม ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร [3] วิธีการแปรรูปฟ้าทะลายโจรมีหลายวิธี เช่น ทำเป็นยาชง ยาเม็ด (ลูกกลอน) แคปซูล ยาทิงเจอร์หรือยาดองเหล้าและยาผงใช้สูดดม [4] สมุนไพรฟ้าทะลายโจร มีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางยาสมุนไพรอยู่ 3 สารด้วยกัน โดยเป็นสาร ในกลุ่ม Lactone ซึ่งก็คือ สารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) สารนีโอแอนโดรกราโฟไลด์ (NeoAndrographolide) และสาร 14-ดีอ็อกซี่แอนโดรกราโฟไลด์ (14-deoxy-andrographolide) เป็นต้น โดยส่วนที่นำมาใช้เป็นยาสมุนไพรได้แก่ ใบสด ใบแห้ง และทั้งต้น โดยใบจะเก็บมาใช้ได้เมื่อต้นมีอายุได้ราว 3-5 เดือน

2.2 ทฤษฎีการอบแห้ง (Drying) [5]

การอบแห้ง (Drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบเมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบระเหยเป็นไอจะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง ซึ่งนอกจากจะมีกรณีที่วัตถุดิบมีสภาพเป็นของแข็งที่เปียกชื้น ยังมีกรณีที่อบของเหลวข้น (Slurry) หรือของเหลวใสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย

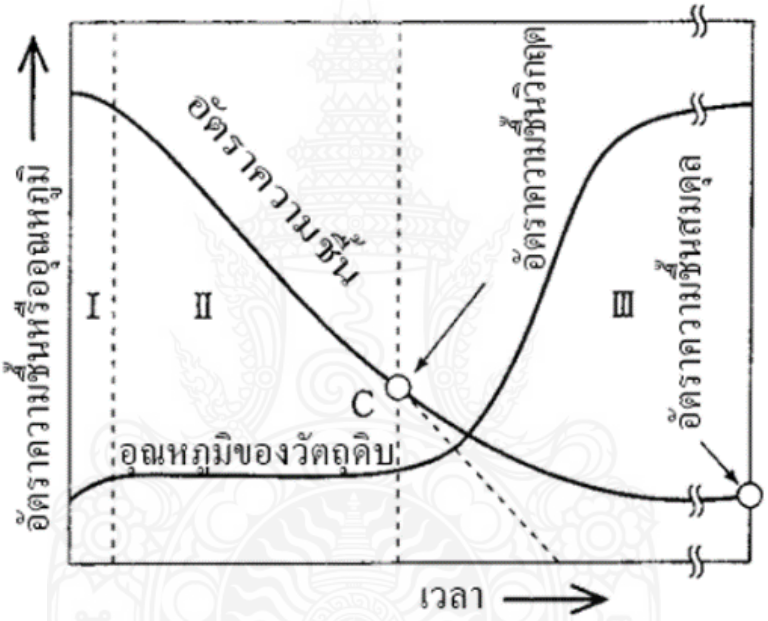
เครื่องอบแห้งโดยมากมักจะเป็นส่วนสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแล้ว จะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จทันที ดังนั้นการอบไม่สม่ำเสมอและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งปริมาณผลได้ (Yield) จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดการพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ

2.2.1 อัตราความชื้นในการแสดงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบ [5]

แสดงได้ด้วยปริมาณน้ำต่อปริมาณมวลรวมเปียก (ค่า Wet base) หรือปริมาณน้ำต่อปริมาณวัตถุดิบแห้ง (ค่า Dry base) ในขณะที่อบมวลรวมจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อคำนวณความชื้นแบบ Wet basis จะทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการคำนวณทาง

อุตสาหกรรมจะใช้ค่าความชื้นที่คำนวณแบบ Dry basis ซึ่งมวลแห้งเป็นฐานในการคำนวณ เนื่องจากมวลแห้งนี้มีค่าคงที่ตลอดการอบ จึงมีความสะดวกมากกว่า ถ้าให้ความชื้นที่ Wet basis เท่ากับ W_w และให้ความชื้นที่ Dry basis เท่ากับ W_d แล้ว ค่าทั้งสองจะมีความสัมพันธ์กัน

อัตราเร็วในการอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบเมื่อนำวัตถุดิบที่จะอบซึ่งเปียกชื้นอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสลมร้อนแล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบนั้น โดยทั่วไปจะได้ผลลัพธ์ดังรูปซึ่งกลไกการอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ [5]

1) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ [5]

ในช่วง I เป็นช่วงที่อุณหภูมิของวัตถุดิบจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้น (อุณหภูมิห้อง) จนถึงอุณหภูมิสมดุลที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการอบ เรียกว่า ช่วงอุ่นวัตถุดิบ ในกรณีที่วัตถุดิบได้รับความร้อนด้วยการพาความร้อนโดยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อน

2) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ [5]

ในช่วง II วัตถุดิบจะมีอุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจะถูกนำไปใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น ชั้นของการระเหยจะเกิดที่ผิวหน้าของวัตถุดิบโดยอัตราเร็วในการอบจะมี

ค่าคงที่ ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งจะดำเนินไปตราบเท่าที่จะมีความชื้นอิสระให้ระเหยอยู่ที่ผิวหน้าของวัตถุดิบ โดยอัตราความชื้นของวัตถุดิบจะลดลงด้วยอัตราเร็วคงที่

3) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง [5]

เมื่ออบไปเรื่อย ๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตถุดิบแห้งลง และความชื้นภายใน เนื้อวัตถุดิบเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัตถุดิบจะซึมขึ้นมาทดแทน ให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ III ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ชั้นของการระเหยจะค่อย ๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัตถุดิบ อุณหภูมิของวัตถุดิบจะเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิว ในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุดิบ นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัตถุดิบเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อย ๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป

ความสามารถในการดูดซับความชื้นของวัสดุชื้นกับกลไกการเคลื่อนที่สภาพของความชื้นที่มีอยู่ภายในวัตถุดิบชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นในวัตถุดิบ เปียกนอกจากจะมีความชื้นในรูปน้ำอิสระแล้ว ยังมีน้ำ Adsorption water ที่เกาะติดกับพื้นผิวของแข็งความชื้น Bonding water และไอน้ำในช่องว่างอีกด้วย

2.2.2 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง [6]

ความชื้นมาตรฐานแห่งนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์ของกระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือ เกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง เหตุที่เกือบจะคงที่เป็นเพราะว่าผลผลิตทางเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิต มีการหายใจ ดังนั้นสามารถหาความชื้นมาตรฐานแห้งได้ตามสมการที่มีการเผาผลาญสารอาหาร ทำให้มวลแห้งมีโอกาสลดลงได้ ส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเล็กน้อย ดังสมการที่ 2.1

$$M_d = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \qquad (2.1)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (d.b.)

m_w คือ มวลของผลผลิตชื้น (kg)

m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

2.2.3 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก [6]

การบอกค่าความชื้นก็คือการบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ สามารถบอกได้เป็นความชื้นมาตรฐานเปียก ดังสมการที่ 2.2

$$M_w = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (w.b.)

m_w คือ มวลของผลผลิตชื้น (kg)

m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

2.2.4 การคำนวณหาความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ [6]

ค่าความชื้นสุดท้ายคือปริมาณน้ำที่อยู่ในวัตถุดิบน้อยที่สุดของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่าง โดยจะต้องคำนึงถึงความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ สามารถคำนวณหาค่าได้ ดังสมการที่ 2.3

$$M_f = M_s - M_1 \quad (2.3)$$

เมื่อ M_f คือ ความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ

Ms คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ

M_1 คือ ความชื้นที่หายไป

หมายเหตุ ค่าความชื้นที่ใช้ในสูตรต้องใช้ความชื้นมาตรฐานชนิดเดียวกัน

2.2.5 สูตรการคำนวณหาอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio) [6]

ค่าอัตราส่วนความชื้นเป็นค่าที่นิยมนำมาใช้ในการเขียนกราฟ เพื่อแสดงผลการทดลอง ที่มีค่าสูงสุดเท่ากันทุกชนิด จึงเหมาะกับการเปรียบเทียบผลการทดลอง ดังสมาการที่ 2.4

$$M_R = \frac{M_t}{M_i} \quad (2.4)$$

เมื่อ M_R คือ อัตราส่วนความชื้น

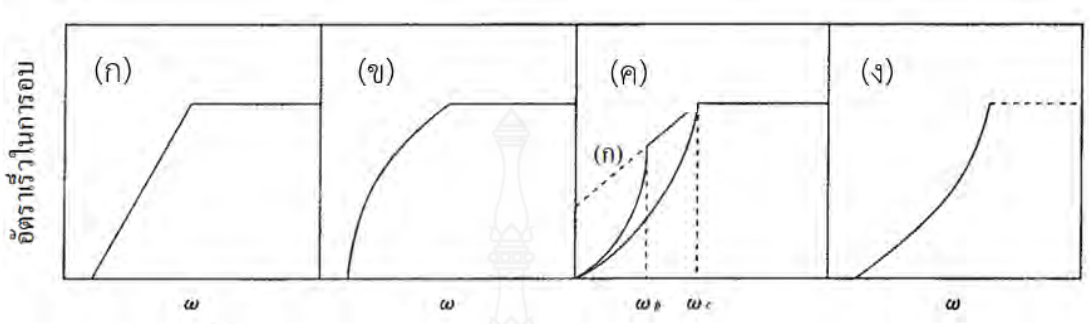
M_t คือ ความชื้นที่เวลาใด ๆ

M_i คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ

2.2.6 อัตราเร็วในการอบด้วยอัตราเร็วลดลง [5]

อัตราเร็วในการอบวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัตถุดิบและเงื่อนไขการอบ แต่รูปร่างของเส้นกราฟคุณลักษณะการอบในช่วงอัตราเร็วลดลงนี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขภายใน ได้แก่

ลักษณะของวัตถุดิบ สมบัติของความชื้นภายในวัตถุที่มีอยู่ ฯลฯ มากกว่าเงื่อนไขการอบภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของลมร้อน ฯลฯ เมื่อทำการวัดเส้นกราฟอัตราเร็วในช่วงอัตราเร็วลดลงของวัสดุต่าง ๆ จะแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง [6]

ในจำนวนประเภทต่าง ๆ ข้างต้น รูป (ก) จะพบในกรณีที่อนุภาคของวัตถุดิบมีน้ำอยู่ในรูปที่ค่อนข้างเป็นอิสระ กล่าวคือ การอบหยดของเหลว เยื่อบาง อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 5 mm เป็นต้น รูป (ข) พบได้ในอนุภาคขนาดจิ๋วที่มีคุณสมบัติ Non-hydrophilic หรือวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น ๆ เป็นต้น ทั้งรูป (ก) และ (ข) เป็นวัสดุที่น้ำจะเคลื่อนที่สู่ผิวหน้าด้วยแรง Capillary ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 รูป (ง) โดยมากจะพบในการอบสารเนื้อเดียว เช่น สบู่ กาว เจลาติน ฯลฯ ซึ่งไม่มีช่วงอบด้วยอัตราคงที่ โดยอัตราความชื้นที่ผิวจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเท่ากับอัตราความชื้นสมดุลกับลมร้อน หลังจากนั้นการแพร่ของน้ำภายในวัตถุดิบจะมีอิทธิพลเด่นชัดที่สุด การอบรูป (ค) วัตถุดิบมีสมบัติระหว่าง (ก), (ข) กับ (ง) โดยช่วงอัตราการอบแห้งลดลง จะมี 2 ช่วง คือหลังจากเกิดช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 แล้วจะเข้าสู่ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 2 โดยกรณี (ก) จะพบในวัสดุที่มี Osmotic water เช่น ดินเหนียว และกรณี (ข) เป็นรูปที่ทั่วไปที่สุด พบได้ในประเภทวัสดุหล่อ ชั้นตะกอน เป็นต้น

ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการอบโดยคร่าวๆ สำหรับรูป (ก), (ข) จะแปรผันตามความหนาของวัสดุ ขณะที่รูป (ง) จะแปรผันตามความหนาของวัตถุดิบกำลังสอง ส่วนรูป (ค) จะอยู่ระหว่างทั้งสองแบบข้างต้น

2.3 กราฟอัตราการอบแห้ง (Drying rate curve) [6]

กราฟอัตราการอบแห้ง (Drying rate curve) คือ กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาการอบแห้งกับอัตราการอบแห้ง ทั้งนี้อัตราการอบแห้ง (Drying rate, Dr) คือ มวล ของเหลวที่ระเหยต่อพื้นที่ที่เกิดการระเหยต่อเวลา จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเครื่องอบแห้ง คุณสมบัติ ของวัสดุ และขนาดของวัสดุที่ต้องการอบแห้ง ซึ่งมีผลอย่างมากต่อการอบแห้ง โดยเฉพาะในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และ

ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง โดยสามารถคำนวณหาอัตราการอบแห้งเพื่อนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับเวลาที่ใช้ ดังสมการที่ 2.5

$$DR = \frac{W_i - W_f}{t} \tag{2.5}$$

เมื่อ DR คือ อัตราการอบแห้ง (kgw/h)
W_i คือ น้ำหนักเริ่มต้น (kg)
W_f คือ น้ำหนักหลังอบ (kg)
t คือ เวลาในการอบแห้ง (h)

2.4 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) [7]

การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ใช้ในระบบอบแห้งต่อความชื้น ที่ระเหยออกจากวัสดุในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ดังสมการที่ 2.6

$$SEC = \frac{E_1}{m_{evap}} \tag{2.6}$$

เมื่อ SEC คือ การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Wh/kg)
E_1 คือ พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในระบบอบแห้ง (Wh)
m_{evap} คือ ความชื้นในวัสดุที่ระเหยในระหว่างกระบวนการอบแห้ง (kg)

2.4.1 ความชื้นในวัสดุที่ระเหยในระหว่างกระบวนการอบแห้ง [7]
ดังจากสมการที่ 2.7

$$m_{evap} = m_i - m_f \tag{2.7}$$

เมื่อ m_i คือ มวลของวัสดุก่อนกระบวนการอบแห้ง (kg)
m_f คือ มวลของวัสดุหลังกระบวนการอบแห้ง (kg)

2.5 ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบการอบแห้ง (Thermal Efficiency of drying System) [7]

เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ใช้ในการระเหยความชื้นต่อพลังงานที่ให้กับระบบการอบแห้ง คำนวณได้จากสมการที่ 2.8

$$\eta_{th} = \frac{m_{evap} h_{fg}}{E_1} \times 100 \qquad (2.8)$$

เมื่อ m_{evap} คือ ความชื้นในวัสดุที่ระเหยในระหว่างกระบวนการอบแห้ง (kg)

h_{fg} คือ พลังงานความร้อนแฝงของการระเหยเท่ากับ 671.83 (Wh/kg)

E_1 คือ พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในระบบอบแห้ง (Wh)

2.6 ตู้อบแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed dryer) [8]

วิธีเป่าลมร้อนเข้าไปจากด้านล่างของชั้นวัตถุดิบที่เป็นผงที่วางบนแผ่นที่มีรูพรุน เพื่อให้ผงวัตถุดิบลอยขึ้นและมีการเคลื่อนไหวเสมือนตัวมันเป็นของไหลตัวอย่างแสดงไว้ในตู้อบ

2.6.1 ตู้อบแบบนี้จะมีจุดเด่นดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 2.4

1) ผงวัตถุดิบจะสัมผัสกับก๊าซอย่างรุนแรงจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงและเนื่องจากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตรของผงวัตถุดิบมีค่ามาก จึงมีการถ่ายเทความร้อนรวมได้มาก

2) อนุภาคแต่ละตัวจะกระทบกันอย่างรุนแรงในขณะที่ถูกกวนไปมา ทำให้วัตถุดิบมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ

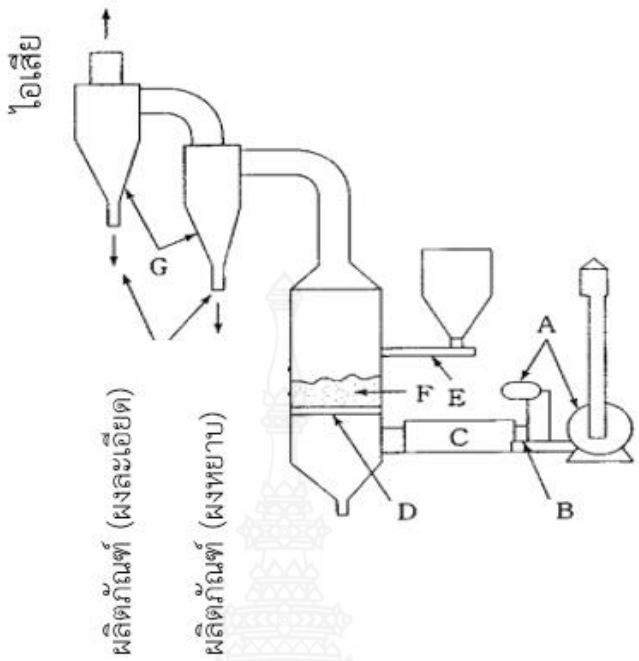
3) ระยะเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในเครื่องอบสามารถปรับให้เป็นเท่าใดก็ได้ จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องใช้เวลานานในการอบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราความชื้นต่ำ

2.6.2 ส่วนข้อเสียมีดังต่อไปนี้

1) ไม่สามารถใช้กับวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงและมีการเกาะตัว และรวมตัวสูง เพราะจะไม่สามารถทำให้เกิดสภาพ Fluidized bed ได้

2) อนุภาคจะกระเด็นออกมาพร้อมกับก๊าซได้ง่าย

3) แผ่นกระจายก๊าซและ Fluidized bed อาจจะทำให้เกิดความดันสูญเสียสูงจึงต้องใช้โบลเวอร์ เพื่อเป่าอากาศที่มีกำลังสูง



A. Blower
E. Feeder
B. Burner
F. Fluidized bed
C. Air heater
G. Cyclone
D. Fluidzed bed baseplatc

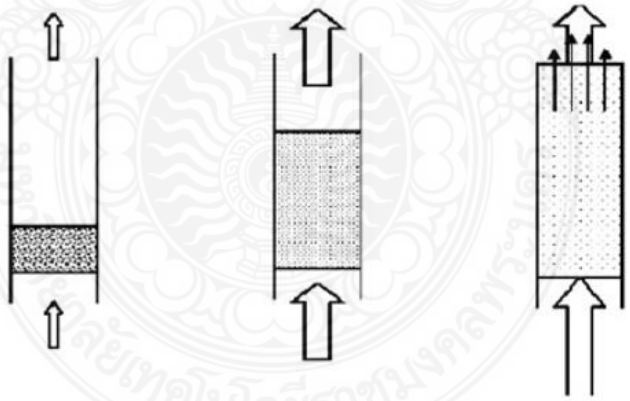
รูปที่ 2.4 ตู้อบ Fluidized bed dryer [9]

2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่น [9]

การก่อสภาพของไหล หรือ ฟลูอิไดเซชัน (Fluidization) เป็นเทคนิคใหม่ที่ได้รับความสนใจ ในวงการอุตสาหกรรม เช่น การตากแห้ง

2.7.1 คำว่า การก่อสภาพของไหล เป็นนิยามที่ใช้อธิบายกระบวนการหรือวิธีการ ที่มีของแข็งลักษณะเป็นเม็ด สัมผัสกับของไหล เม็ดเหล่านี้จะถูกวางไว้บนตะแกรงในหอทดลองที่มีรูปร่าง เป็นทรงกระบอก แต่ในปัจจุบันมีการดัดแปลง ให้อยู่ในรูปร่างต่าง ๆ อยู่ในแนวนอนก็มีของไหลที่ใช้ ก็มีก๊าซ หรือของเหลว ปล่อยให้ผ่านมาทางด้านล่างของตะแกรงที่รองรับเม็ดของแข็ง ของไหลก็จะไหลผ่านชั้นเม็ดของแข็ง แล้วไหลออกทางส่วนบนของหอทดลอง เมื่อเพิ่มความเร็วของไหลให้มากขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดจะเห็นเม็ดของแข็งขยับตัวและลอยตัวขึ้นเป็นอิสระไม่เกาะติดกัน ของแข็งที่อยู่ในลักษณะนี้จะมีสมบัติคล้ายของไหล กล่าวคือมีการไหลหมุนเวียนของเม็ดของแข็งภายในเบด (Bed) หรือภายในหอทดลองหรือระหว่างเบดต่อเบดก็ได้ เราจึงเรียกของแข็งในสถานะนี้ว่า การก่อสภาพของไหล

2.7.2 คำว่า เบด หมายถึง อาณาเขตในหอทดลองที่มีปริมาณเม็ดของแข็งบรรจุอยู่ ไม่ว่าเม็ดของแข็งนั้นจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนไหวด้วยของไหลในหอทดลองจะมีระดับตั้งแต่แผ่นโลหะทำเป็นตะแกรงรองรับ หรือเป็นตัวกระจายของไหล (Distributor) จนถึงระดับสูงสุดคือผิวหน้าของเม็ดของแข็งทีอยู่ในหอทดลอง เมื่อบรรจุเม็ดของแข็งเข้าไปในหอทดลองเรียบร้อยตามความต้องการแล้ว เริ่มปล่อยของไหลเข้าทางด้านล่างของหอทดลองอย่างช้า ๆ ในขณะที่ของไหลความเร็วยังน้อยอยู่ เม็ดของแข็งจะไม่ขยับตัวเลย ลักษณะของเบด เช่นนี้เรียกว่า เบดนิ่ง และเมื่อค่อย ๆ เพิ่มความเร็ว ของของไหลให้มากขึ้นทีละน้อยจนถึงความเร็วระดับหนึ่ง เม็ดของแข็งจะเริ่มขยับตัวและจัดตัวอย่างเป็นระเบียบ เมื่อความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเม็ดของแข็งจะหลุดออกจากกันลอยตัวเป็นอิสระ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า จุดเริ่มการก่อสภาพของไหลหลังจากจุดนี้ไปแล้วความเร็วของของไหลที่เพิ่มขึ้นจะไปทำให้เบดขยายตัวขึ้นตามความเร็วของของไหลเม็ดของแข็งจะยังอยู่ติดกันมากดูเหมือนว่าเม็ดของแข็งยังจับกันเป็นกลุ่มก้อนเบดลักษณะนี้ เรียกว่า ฐานก่อสภาพของไหลแบบหนาแน่น ถ้าความเร็วของของไหลเพิ่มมากขึ้นอีก ของไหลก็จะเกือบพาเอาเม็ดของแข็งออกจากหอทดลอง เบดลักษณะนี้เรียกว่า ฐานก่อสภาพของไหลแบบเจือจาง หลังจากนั้นเพิ่มความเร็วของไหลอีกเล็กน้อย เม็ดของแข็งก็จะหลุดลอยออกจากหอทดลองไป ซึ่งในลักษณะนี้ใช้เป็นการขนส่งของแข็งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ ถ้าใช้อากาศก็เป็นการขนส่งด้วยอากาศ (Pneumatics transport) เช่น การลำเลียงผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ ถ้าเป็นของเหลวก็เรียกว่า ขนส่งด้วยของเหลว (Hydraulics transport) เช่น การขนส่งเม็ดแร่ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การก่อสภาพของไหล [9]

2.7.3 ฐานก่อสภาพของไหลที่ของเหลวเป็นของเหลว การขยายตัวของเบดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ การลอยตัวและหมุนรอบตัวเองของเม็ดของแข็งเป็นไปอย่างช้า ๆ เรียกเบดนี้ว่า เบดสม่ำเสมอ หรือ เบดที่เป็นเนื้อเดียวกันฐานก่อสภาพของไหลที่ของไหลเป็นก๊าซ ลักษณะของเบดจะแตกต่างจากที่ใช้ของเหลวมาก เพราะว่าเมื่อความเร็วของก๊าซสูงกว่าความเร็วที่จะทำให้เกิดฐาน ก่อ

สภาพของไหลแล้ว ก๊าซส่วนหนึ่งยังทำหน้าที่ให้เกิดการลอยตัวของเม็ดของแข็งเหมือนเดิม แต่มี อีกส่วนหนึ่งรวมตัวกันแล้วก่อตัวกันเป็นฟองก๊าซเกิดขึ้น ฟองก๊าซจะแทรกตัวเองขึ้นมายังบนผิวหน้าของเบดและแตกตัวเองในที่สุด ขณะที่ฟองก๊าซลอยขึ้นมาจะทำให้เม็ดของแข็งไหลจากส่วนหลังคาของฟองก๊าซลงมายังส่วนล่าง พร้อมกันนั้นยังมีบางส่วนของเม็ดของแข็ง ลอยขึ้นติดตามฟองก๊าซขึ้นไปด้วย ภายในเบดจะเห็นว่า การเคลื่อนของเม็ดของแข็งเป็นไปอย่างชุลมุนวุ่นวาย เบดนี้เรียกว่า ฐานก่อสภาพของไหลแบบวุ่นวาย หรือ เบดวุ่นวาย

2.7.4 ประเภทของการก่อสภาพของไหล

1) การก่อสภาพของไหลสองสถานะ (Two-phase fluidization) หมายความว่า ในหอทดลองหรือเบดที่ใช้งาน จะประกอบด้วยของสองสถานะคือ ของแข็งกับของเหลว ของไหลนี้อาจจะเป็นก๊าซหรือของเหลวก็ได้ ดังนั้น การก่อสภาพของไหลสองสถานะ ยังแบ่งออกได้อีก 2 ประเภท คือ

1.ก) ก๊าซการก่อสภาพของไหล

2.ข) การก่อสภาพของไหลของเหลว

2) การก่อสภาพของไหลสามสถานะ (Three-phase fluidization) หมายความว่า ภายในหอทดลองหรือเบดจะประกอบไปด้วยของสามสถานะอยู่พร้อมกัน คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ สำหรับการก่อสภาพของไหลสามสถานะนี้ เป็นกระบวนการที่พัฒนาไปจากการก่อสภาพของไหลสองสถานะหอทดลองที่เป็นฟอง (Bubble column) และหอทดลองที่บรรจุด้วยของแข็ง (Packed bed)

2.7.5 การหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชั่น

ในขณะที่เม็ดของแข็งเริ่มลอยตัวเป็นอิสระอยู่นั้นอาจกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าเม็ดของแข็งอยู่ในภาวะสมดุลของแรงสองแรงที่เกิดขึ้นบนเม็ดของแข็ง คือแรงที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักเม็ดของแข็งนั้นทำให้เม็ดของแข็งเองเกิดแรงพยุงจากการไหลหรือเกิดจากแรงเสียดทานจากแรงต้านของของไหล

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติ สถาพรประสาธน์และคณะ [10] ได้ศึกษาการลดความชื้นของเมล็ดพริกไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลตัวแปร เช่น ความเร็วลมร้อน อุณหภูมิ เวลาที่ใช้อบแห้งต่อการใช้งานและคุณภาพ โดยใช้เครื่องอบแห้งเมล็ดพริกไทยด้วยเทคนิคสเปาท์ฟลูอิดเบด ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิของอากาศทางเข้าหออบแห้ง 3 ระดับคือ 70 ℃, 80 ℃ และ 90 ℃ ใช้เมล็ดพริกไทยสดมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 28.66±7.70 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ผลการทดลองพบว่า ที่ความเร็วลมสเปาท์ 24 m/s ความเร็มลมฟลูอิดไดซ์ 9 m/s อุณหภูมิ 90 ℃ ที่ความสูงเบด 10 cm สามารถลดค่าความชื้นได้รวดเร็วที่สุด การเปลี่ยนสีของเมล็ดพริกไทยที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีสีคล้ำและแดงมากกว่าการอบแห้งในอุณหภูมิต่ำ และมีการพบรอยแตกหักของเมล็ดพริกไทยอยู่ในช่วง 0.054–0.382 เปอร์เซ็นต์

จึงมีการปิดความเร็วลมของฟลูอิดไดซ์ ที่ความเร็วลมสเปาท์ 18 m/s อุณหภูมิ 90 ℃ ความสูงเบด 10 cm เพื่อลดการแตกหักของเมล็ดพริกไทย

ศุภรัตน์ เนินปลอดและคณะ [11] ได้ศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟาเรดไกลและสนามไฟฟ้าแรงดันสูง โดยมีวัตุประสงค์ที่จะศึกษาจลนพลศาสตร์ คุณภาพและ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกลและสนามไฟฟ้าแรงดันสูง จะทำการอบแห้งฟ้าทะลายโจรที่ความเร็วลม 0.2–0.4 m/s อุณหภูมิ 50 ℃, 60 ℃ และ 70 ℃ แรงดันไฟฟ้า 0 kv, 7.5 kv และ 15 kV โดยควบคุมอุณหภูมิที่ผิววัสดุ ให้เท่ากับอุณหภูมิลมร้อนเข้าห้องอบแห้ง ผลการทดลองจะทราบได้ว่าเวลาที่ใช้อบแห้งจะลดลง ถ้าเพิ่มสนามไฟฟ้าแรงดันสูงและอุณหภูมิในการอบแห้ง ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นเมื่อสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและที่ค่าสีเหลือง (b*) จะลดลง ปริมาณสารแอนโดกราโฟไลด์จะเพิ่มขึ้นเมื่อสนามไฟฟ้าและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณของแลคโตนรวมกันมีค่าอยู่ในช่วง 10.2-13.1 % w/w และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงเมื่อสนามไฟฟ้าแรงดันสูงเพิ่มขึ้น

พัชรินทร์ ตาด้วง [12] ได้ศึกษาการอบแห้งเมล็ดงาโดยเครื่องอบแห้งแบบที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบด โดยทราบว่าเมล็ดงาที่เก็บเกี่ยวมีความชื้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง จึงมีความจำเป็น ที่จะต้องทำการลดความชื้นเพื่อการเก็บรักษาและการขนย้าย การลดความชื้นของเมล็ดงาโดยทั่ว ๆ ไปใช้วิธีการตากแดดซึ่งใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศและคุณภาพของเมล็ดงาจึงแก้ไขปัญหาโดยการอบแห้งเมล็ดงาด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด การทดลองกำหนดภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งที่ความหนาเบด 1, 2 และ 3 cm ของเมล็ดงา และมีน้ำหนัก 100 g, 200 g และ 300 g อุณหภูมิของอากาศอบแห้ง คือ 45 ℃, 50 ℃, 55 ℃ และ 60 ℃ ผลการทดลองพบว่าความเร็วลมเฉลี่ยของอากาศร้อนที่เหมาะสมขณะทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เบดในห้องอบเท่ากับ 1.2 m/s และที่ความหนาเบด 3 cm เมล็ดงาจะถูกอบให้แห้งจากความชื้นเริ่มต้น 30 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง จนจะเหลือความชื้นสุดท้าย 4 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ใช้เวลาในการอบเท่ากับ 55 min, 45 min, 40 min และ 35 min

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อนการลงมือปฏิบัติและทดลอง อีกทั้งเพื่อให้การทดลองมีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพเครื่องรีดเมล็ดสะตอ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษารวมข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

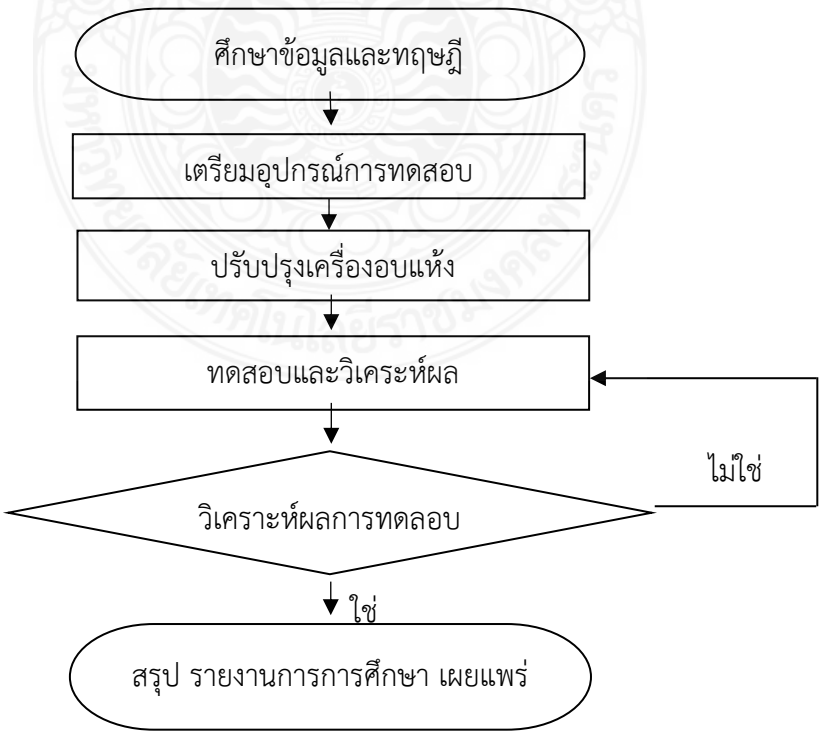
3.1.2 ดำเนินการปรับปรุงเครื่องอบแห้ง

3.1.3 ทำการทดสอบและวิเคราะห์ผล

3.1.4 ทดสอบซ้ำ/สรุป

3.1.5 รายงานการการศึกษา

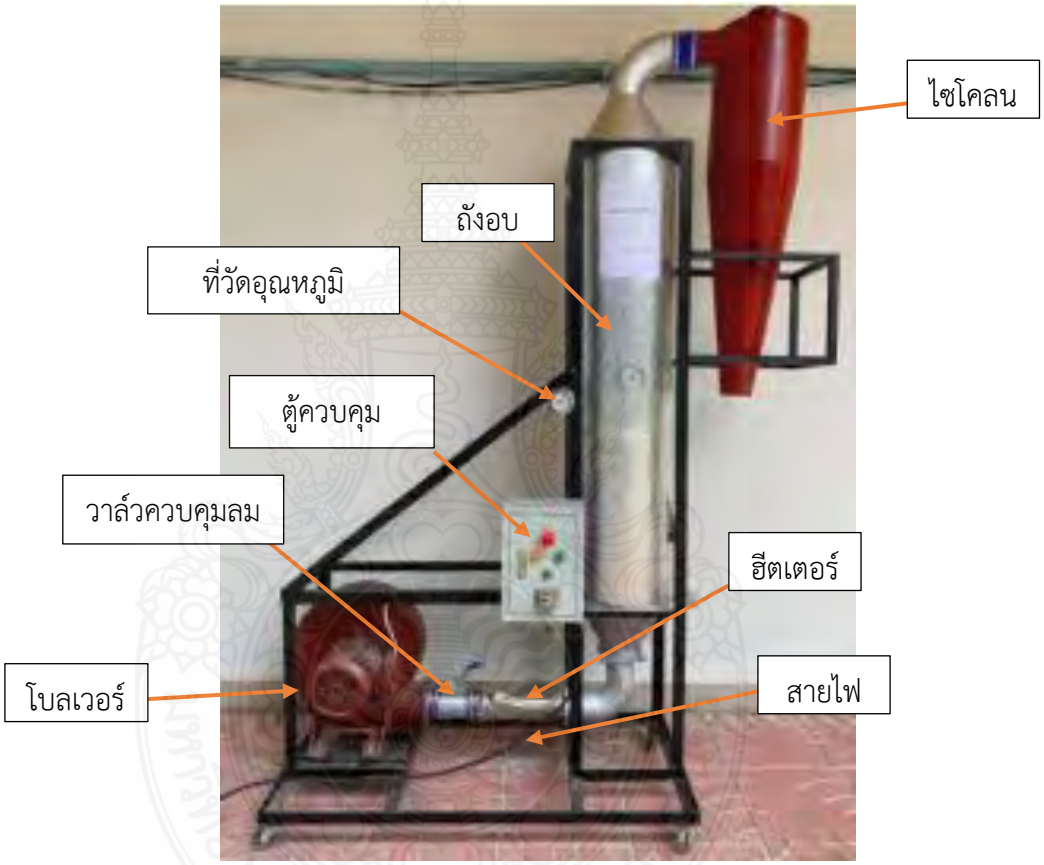
3.1.6 การถ่ายทอดและเผยแพร่งานวิจัยลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การปรับปรุงเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

การศึกษาเครื่องอบแห้งฟ้าทะลายโจร แบบฟลูอิดไดซ์เบด และเพื่อศึกษาคุณสมบัติค่าความชื้นฟ้าทะลายโทรเพื่อหาสภาวะอุณหภูมิ ที่เหมาะสมในการอบแห้งฟ้าทะลายโจร เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยดีจึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อนลงมือปฏิบัติและทดสอบเพื่อได้ผลทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อนให้น้อยที่สุดดังนั้นผู้จัดทำโครงงานมีขั้นตอนการดำเนินการดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

การปรับปรุงแก้ไขในส่วนของสายไฟที่นำไปใช้งาน ใช้งานแล้วไฟตัดจึงได้ทำการแยกสายไฟของโบเวอร์และฮีตเตอร์ออกจากกัน โดยต่อผ่านเบรกเกอร์เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานและได้ติดตั้งมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้าเพื่อนำไปคำนวณอัตราการใช้พลังงานในการอบแห้งฟ้าทะลายโจร

รูปที่ 3.3 เจาะโครงเพื่อติดเบรกเกอร์ และมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้า

3.2.1 การเลือกมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้าของโบว์เวอร์

เลือกมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้าโดยดูที่ Name plate ของโบลเวอร์เครื่องอบแห้งเดิม จะพบว่าอัตราการใช้ไฟกี่แอมป์แล้วจึงเลือกซื้อมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้าที่จ่ายกำลังไฟเพียงพอกับเครื่องที่ใช้งาน

รูปที่ 3.4 Name plate

บน Name plate ของโบลเวอร์ ได้ระบุว่า กำลังไฟ 12 แอมป์ จึงเลือกใช้มิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้าขนาด 15(45) แอมป์ ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.5 มิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้า

3.2.2 การเลือกวัตต์ฮาวมิเตอร์สำหรับฮีตเตอร์

คำนวณการเลือกขนาดของมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้า [13]

$$\frac{W}{V} = A$$

แทนค่า

$$\frac{6,000W}{220V} = 27.27A$$

และนำค่าแอมป์มาคูณกับค่า Safety factor จะได้เท่ากับ 27.27•1.4=38.18 A จึงเลือกใช้มิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้า ขนาด 15(45) แอมป์

3.2.3 จากการคำนวณข้างต้นจึงเลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 40 A แสดงดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เบรกเกอร์

3.3 การปรับปรุงแก้ไขเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

รูปที่ 3.7 เครื่องอบแห้งหลังการปรับปรุง

บทที่ 4
ผลการศึกษา

จากการกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานในบทที่ผ่านมาในบทนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองการเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด หลักการทำงานของเครื่องอบแห้ง แบบฟลูอิดไดซ์เบด ทำการทดสอบโดยการเดินเครื่องในลักษณะทำงานจริง ทำการทดสอบกับวัตถุดิบ ฟ้าทะลายโจร โดยกำหนดน้ำหนักวัตถุดิบในการอบครั้งละ 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ทดลองที่อุณหภูมิ 40 ℃ และ 50 ℃ จากงานวิจัยหากอบเกิน 70 ℃ คุณสมบัติการเป็นตัวยาจะลดลง [11] โดยหาค่าความชื้นที่ลดลงต่อช่วงเวลา จนถึงค่าความชื้นที่ต้องการ และดูความผิดพลาด ความเสียหายของวัตถุดิบ โดยได้ทดสอบที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร สามารถแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้การทดลอง

4.1 ขั้นตอนการใช้งานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

4.1.1 ตรวจสอบสภาพโดยรวมของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

1) ตรวจเช็คระบบไฟฟ้า

2) ตรวจเช็คระบบลม

3) ตรวจเช็คระบบความร้อน

4.1.2 ทำการวัดความเร็วลม

4.1.3 ทำการเตรียมใบฟ้าทะลายโจรและอุปกรณ์ในการอบแห้ง

4.1.4 นำใบฟ้าทะลายโจรที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในถังอบแห้ง

4.1.5 เปิดเบรกเกอร์ เปิดสวิตช์ฉุกเฉิน

4.1.6 เปิดสวิตช์ฮีตเตอร์

4.1.7 เปิดสวิตช์โบลเวอร์

4.1.8 หมุนปรับตั้งอุณภูมิในการอบ

4.1.9 จับเวลาในการอบ 15 min

4.1.10 สังเกตการทำงานโดยรวม

4.1.11 เมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดกดปุ่มปิดสวิตช์หยุดการทำงาน

4.1.12 ปิดเบรกเกอร์

4.1.13 นำวัตถุดิบออกมาชั่งน้ำหนัก

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 วัตถุดิบในการอบแห้งคือใบฟ้าทะลายโจร

4.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

4.3.4 เครื่องวัดความเร็วลม

4.3.5 โทรศัพท์มือถือในการจับเวลา

4.3.6 ถังสำหรับใส่วัตถุดิบ

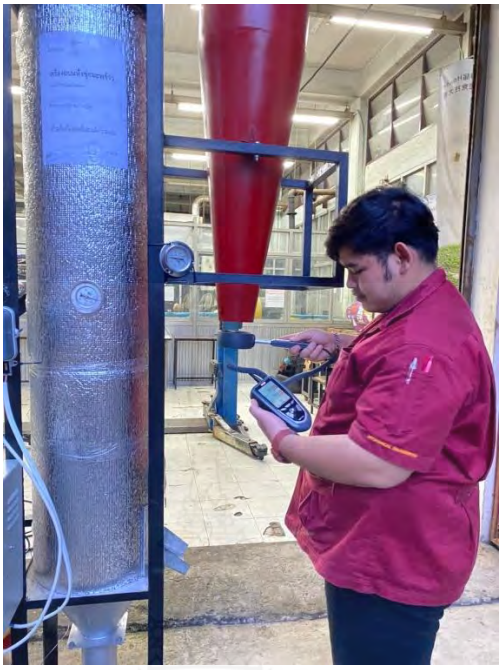
4.3.7 ผ้าสำหรับเช็ดทำความสะอาดเครื่อง

4.4 ขั้นตอนในการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

4.4.1 การตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องอบแห้ง ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องอบแห้ง

4.4.2 ทำการวัดความเร็วลม ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ทำการวัดความเร็วลม

4.4.3 การเตรียมใบฟ้าทะลายโจร ดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 การเตรียมใบฟ้าทะลายโจร

4.4.4 นำฟ้าทะลายโจรมาชั่งให้ได้ตามที่กำหนด ดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 นำฟ้าลายโจรมาชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่กำหนด

4.4.5 นำฟ้าทะลายโจรที่เตรียมไว้ใส่ในถังอบแห้ง ดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 นำฟ้าทะลายโจรที่เตรียมไว้ใส่ในถังอบแห้ง

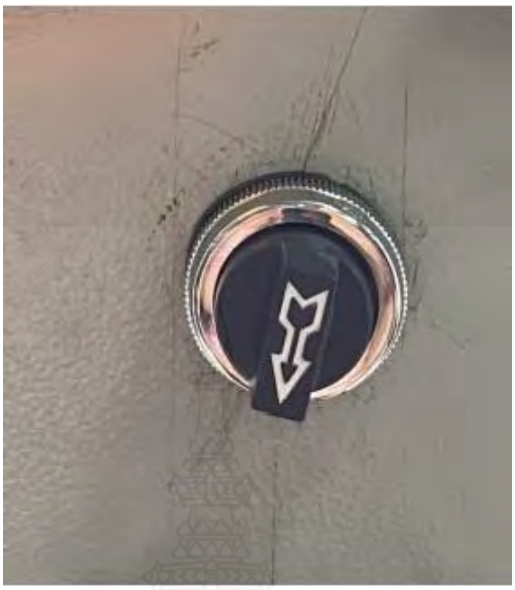
4.4.6 เปิดเบรกเกอร์ ดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.6 เปิดเบรกเกอร์

4.4.7 เปิดสวิตช์ฉุกเฉิน ดังรูปที่ 4.7

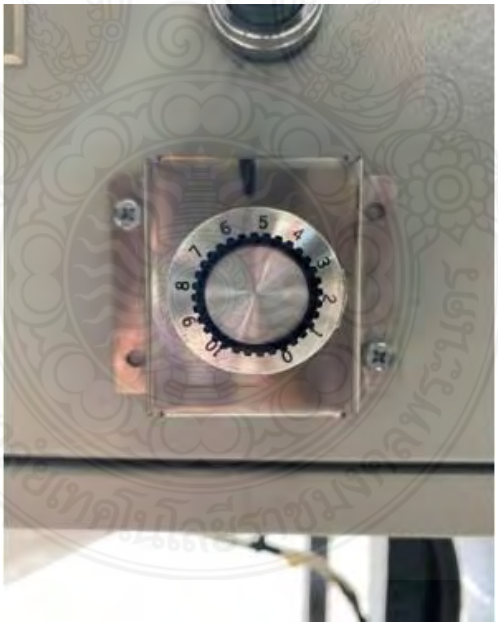
รูปที่ 4.7 เปิดสวิตช์ฉุกเฉิน

4.4.8 เปิดสวิตช์ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 เปิดสวิตช์

4.4.9 หมุนปรับตั้งอุณหภูมิของฮีตเตอร์ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 หมุนปรับตั้งอุณหภูมิของฮีตเตอร์

4.4.10 อุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 อุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ

4.4.11 จับเวลาในการอบ 15 นาที ดังรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.11 จับเวลาในการอบ 15 นาที

4.4.12 ขณะเครื่องอบแห้งทำงาน สังเกตการทำงานจนครบเวลาที่กำหนด ดังรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.12 สังเกตการทำงาน

4.4.13 เมื่อครบเวลา 15 นาที ปิดสวิตช์ และเบรกเกอร์ ดังรูปที่ 4.13

รูปที่ 4.13 ปิดสวิตช์ และเบรกเกอร์

4.4.14 นำใบฟ้าทะลายโจรออกจากถังอบแห้งเพื่อชั่งน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 นำใบฟ้าทะลายโจรมาชั่งน้ำหนัก

4.4.15 บันทึกค่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ดังรูปที่ 4.15

รูปที่ 4.15 บันทึกค่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้

4.4.16 นำใบฟ้าทะลายโจรที่ชั่งน้ำหนักเสร็จแล้วเข้าอบต่อ ดังรูปที่ 4.16

รูปที่ 4.16 นำใบฟ้าทะลายโจรเข้าอบต่อ

4.4.17 ใบฟ้าทะลายโจรก่อนทำการอบแห้ง ดังรูปที่ 4.17

รูปที่ 4.17 ใบฟ้าทะลายโจรก่อนทำการอบแห้ง

4.4.18 ใบฟ้าทะลายโจรหลังทำการอบแห้ง ดังรูปที่ 4.18

รูปที่ 4.18 ใบฟ้าทะลายโจรหลังทำการอบแห้ง

4.4.19 เครื่องวัดความเร็วลม ดังรูปที่ 4.19

รูปที่ 4.19 เครื่องวัดความเร็วลม

4.4.20 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบตาชั่ง ดังรูปที่ 4.20

รูปที่ 4.20 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบตาชั่ง

4.4.21 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล ดังรูปที่ 4.21

รูปที่ 4.21 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล

4.4.22 ถังสำหรับใส่วัตถุดิบ ดังรูปที่ 4.22

รูปที่ 4.22 ถังสำหรับใส่วัตถุดิบ

4.4.23 โทรศัพท์สำหรับจับเวลา ดังรูปที่ 4.23

รูปที่ 4.23 โทรศัพท์สำหรับจับเวลา

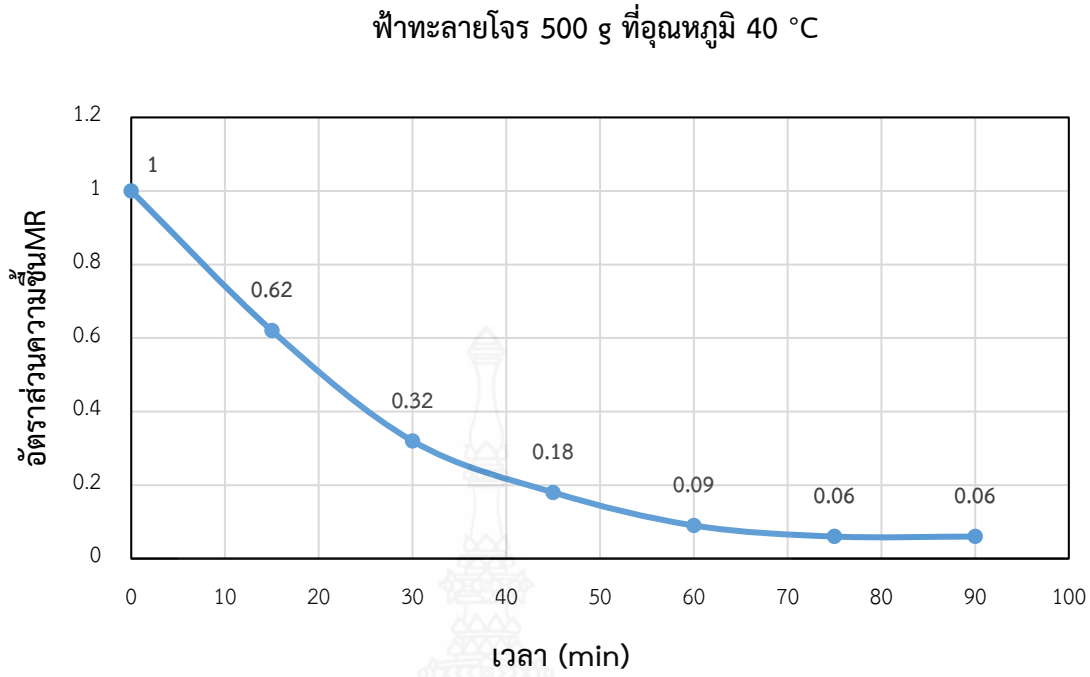
4.5 ข้อมูลและผลการอบแห้ง

4.5.1 ข้อมูลและผลการอบแห้งฟ้าทะลายโจร

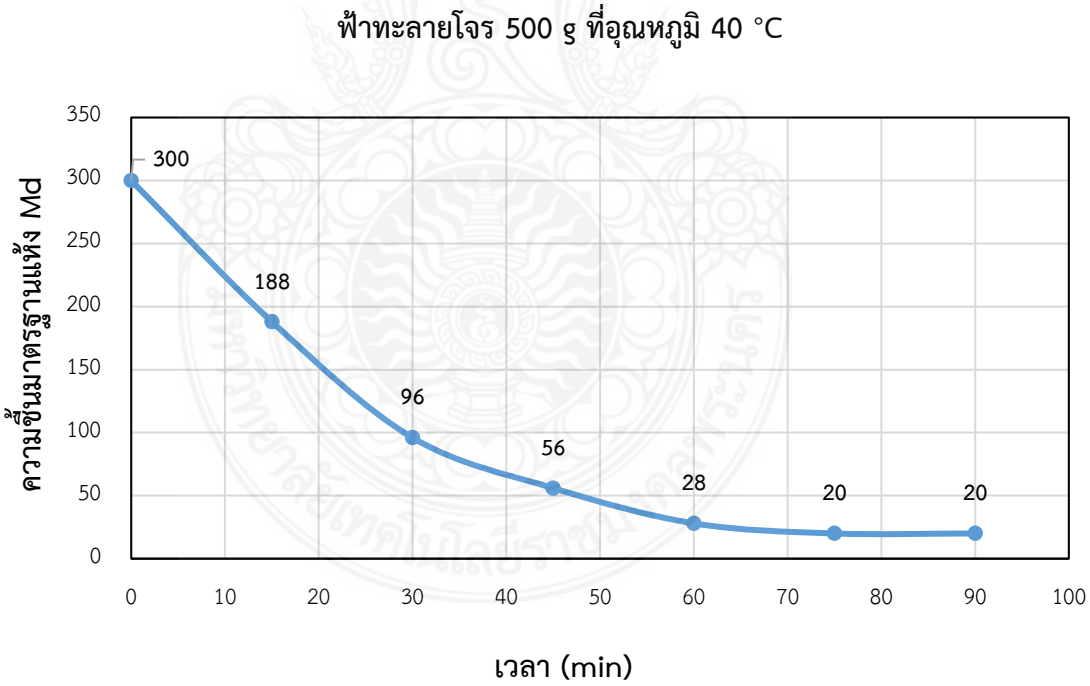
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบฟ้าทะลายโจร
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	40 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	500 g
น้ำหนักสุดท้าย	150 g
ความชื้นเริ่มต้นมาตรฐานแห้ง	300 %d.b.
ความชื้นสุดท้ายมาตรฐานแห้ง	20 %d.b.
อุณหภูมิอากาศภายนอก	33 °C
ความชื้นอากาศภายนอก	45 %
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	90 Min

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 500 g และอุณหภูมิ 40 °C

เวลา (min)	**น้ำหนัก (g)**	**ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)**	**อัตราส่วนความชื้น (MR)**	**อุณหภูมิภายนอก (°C)**	**อุณหภูมิภายใน (°C)**
0	500	300	1	33	40
15	360	188	0.62	33	40
30	245	96	0.32	33	40
45	195	56	0.18	33	40
60	160	28	0.09	33	40
75	150	20	0.06	33	40
90	150	20	0.06	33	40



รูปที่ 4.24 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 4.25 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 40 °C

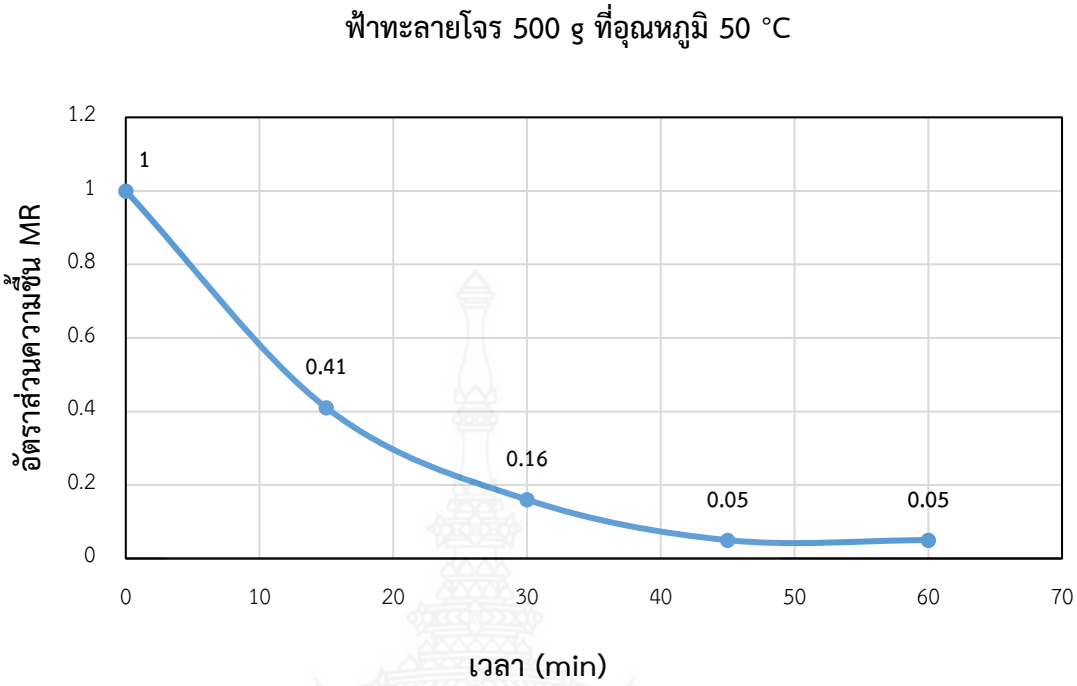
ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 40 ℃ ในระยะเวลาของการอบแห้ง 90 min พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.06 และความชื้นมาตรฐานแห้ง ลดลงจาก 300 เหลือ 20 %d.b. แสดงดังรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.25

4.5.2 ข้อมูลและผลการอบแห้งฟ้าทะลายโจร

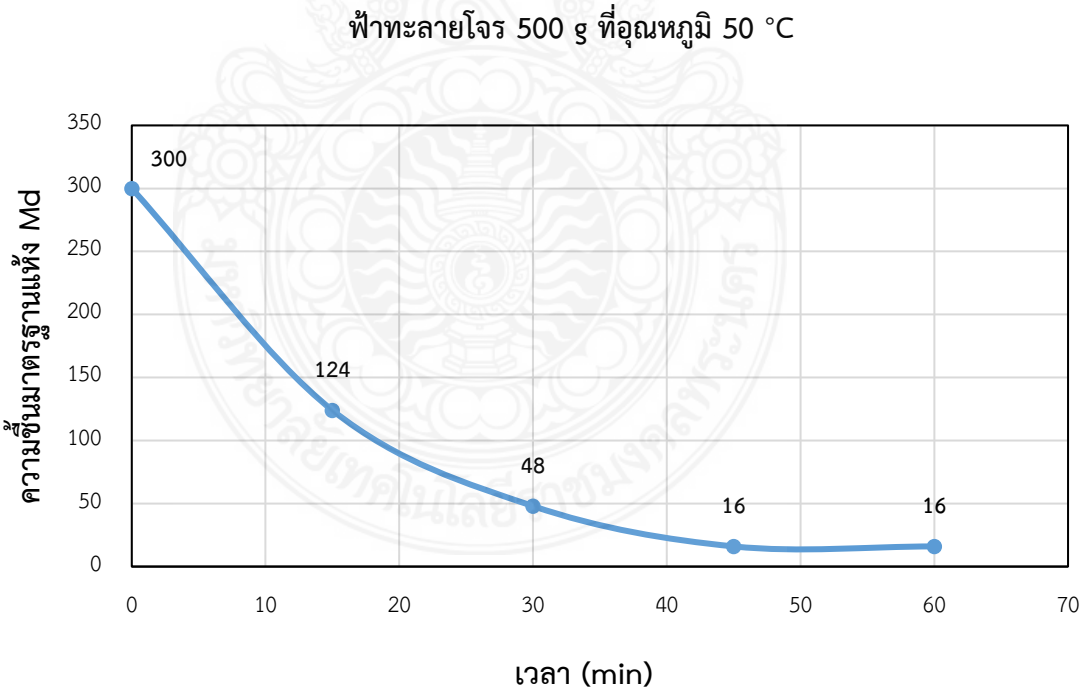
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบฟ้าทะลายโจร
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	50 ℃
น้ำหนักเริ่มต้น	500 g
น้ำหนักสุดท้าย	145 g
ความชื้นเริ่มต้นมาตรฐานแห้ง	300 %d.b.
ความชื้นสุดท้ายมาตรฐานแห้ง	16 %d.b.
อุณหภูมิอากาศภายนอก	33 ℃
ความชื้นอากาศภายนอก	45 %
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	60 Min

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 500 g และอุณหภูมิ 50 ℃

เวลา (min)	**น้ำหนัก (g)**	**ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)**	**อัตราส่วนความชื้น (MR)**	**อุณหภูมิภายนอก (°C)**	**อุณหภูมิภายใน (°C)**
0	500	300	1	33	50
15	280	124	0.41	33	50
30	185	48	0.16	33	50
45	145	16	0.05	33	50
60	145	16	0.05	33	50

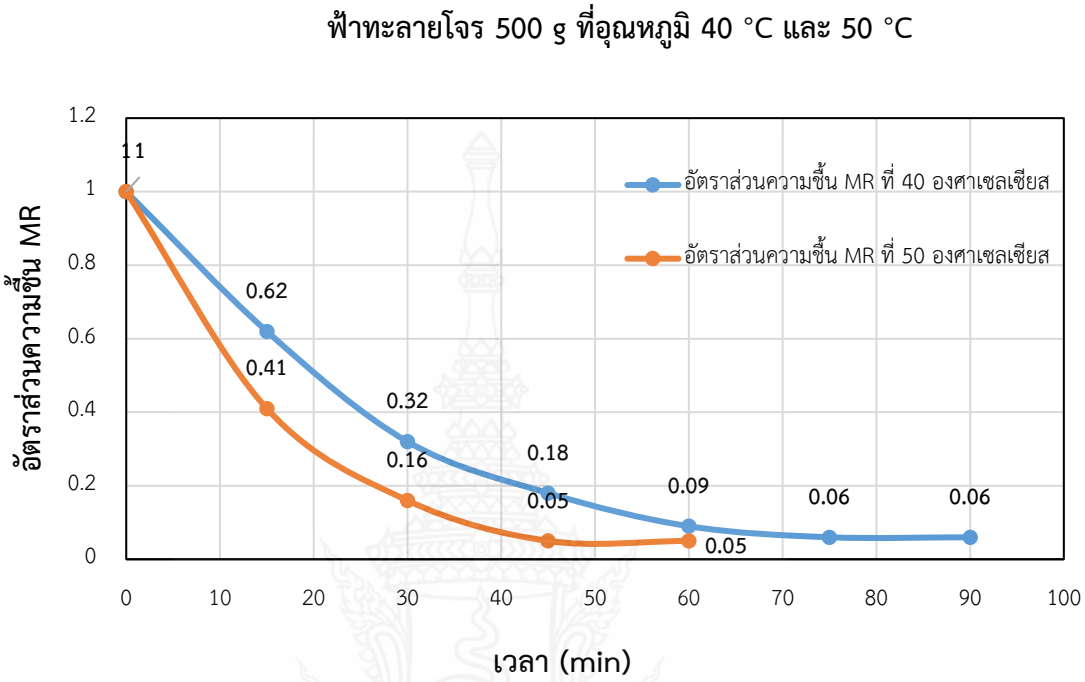


รูปที่ 4.26 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 50°C

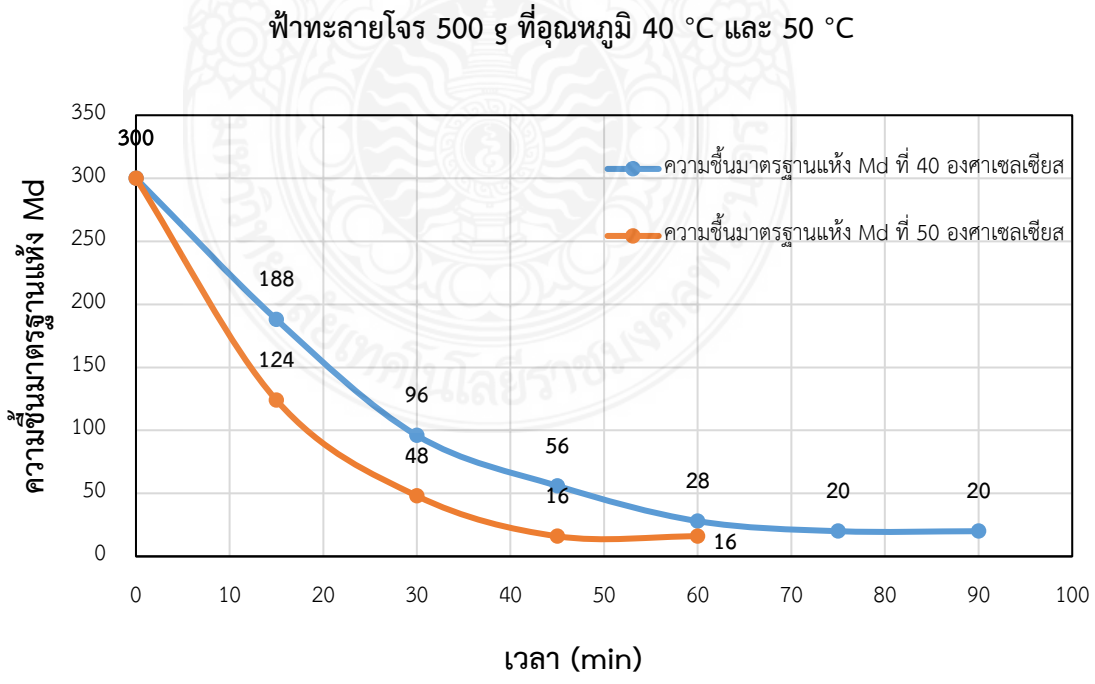


รูปที่ 4.27 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 50°C

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งด้วยฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 50 °C ในระยะเวลาของการอบแห้ง 60 min พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.05 และความชื้นมาตรฐานแห้ง ลดลงจาก 300 เหลือ 16 %d.b. แสดงดังรูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.28 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C



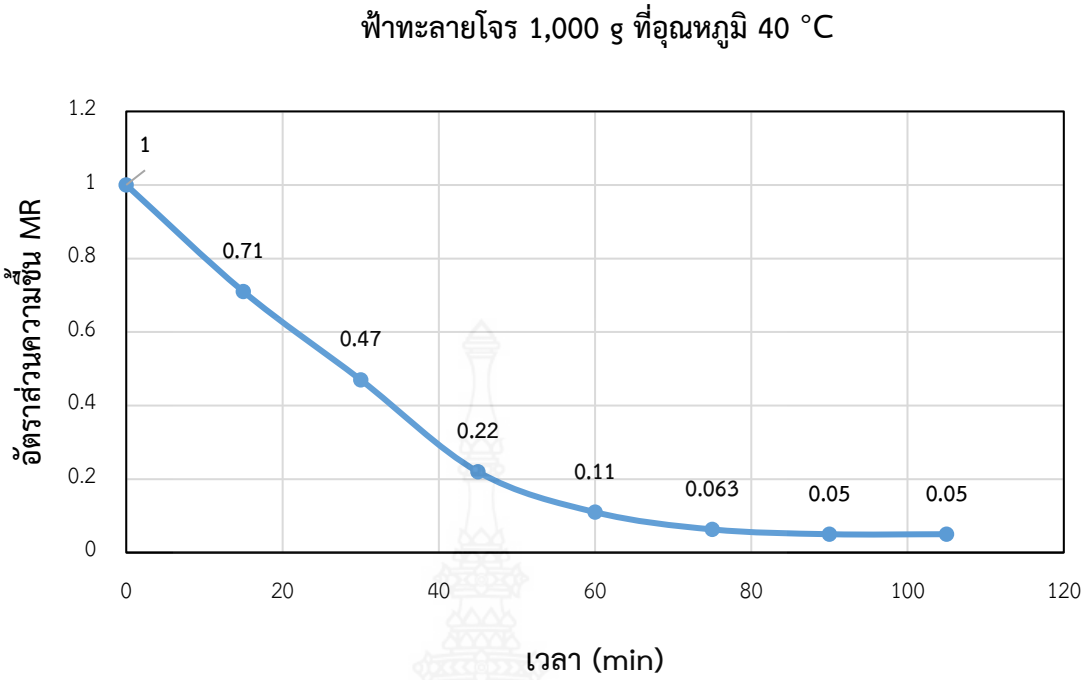
รูปที่ 4.29 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C

4.5.3 ข้อมูลและผลการอบแห้งฟ้าทะลายโจร

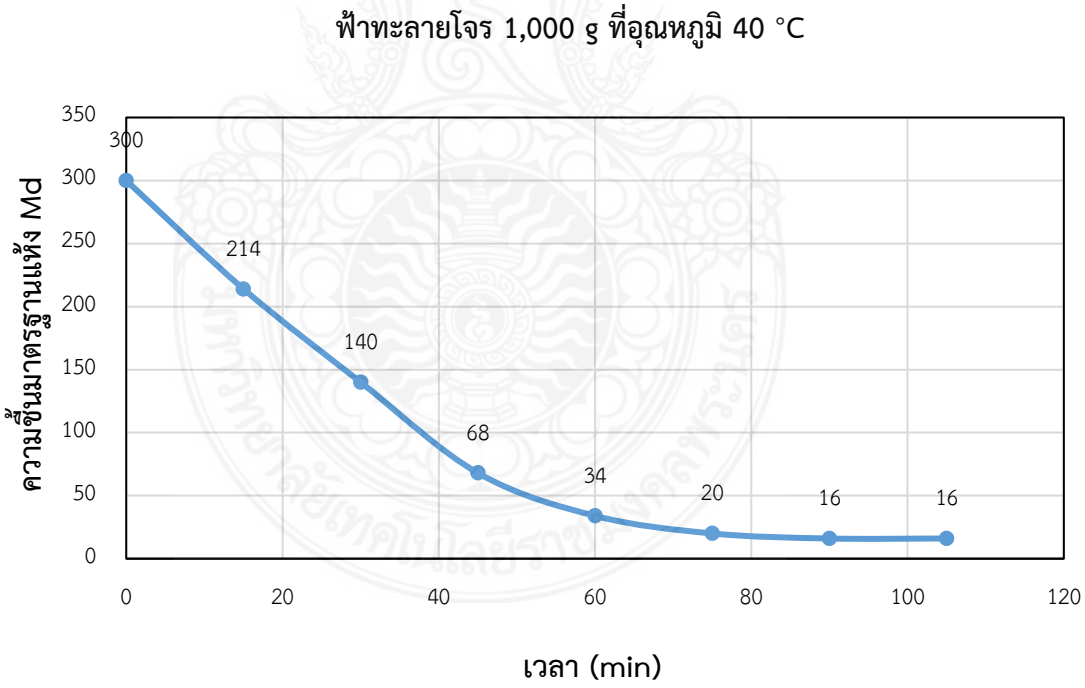
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบฟ้าทะลายโจร
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	40 ℃
น้ำหนักเริ่มต้น	1,000 g
น้ำหนักสุดท้าย	290 g
ความชื้นเริ่มต้นมาตรฐานแห้ง	300 %d.b.
ความชื้นสุดท้ายมาตรฐานแห้ง	16 %d.b.
อุณหภูมิอากาศภายนอก	33 ℃
ความชื้นอากาศภายนอก	45 %
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	105 min

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 1,000 g และอุณหภูมิ 40 ℃

เวลา (min)	**น้ำหนัก (g)**	**ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)**	**อัตราส่วนความชื้น (MR)**	**อุณหภูมิภายนอก (°C)**	**อุณหภูมิภายใน (°C)**
0	1,000	300	1	33	40
15	785	214	0.71	33	40
30	600	140	0.47	33	40
45	420	68	0.22	33	40
60	335	34	0.11	33	40
75	340	20	0.063	33	40
90	290	16	0.05	33	40
105	290	16	0.05	33	40



รูปที่ 4.30 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 4.31 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 40 °C ในระยะเวลาของการอบแห้ง 105 min พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1 ลดลง

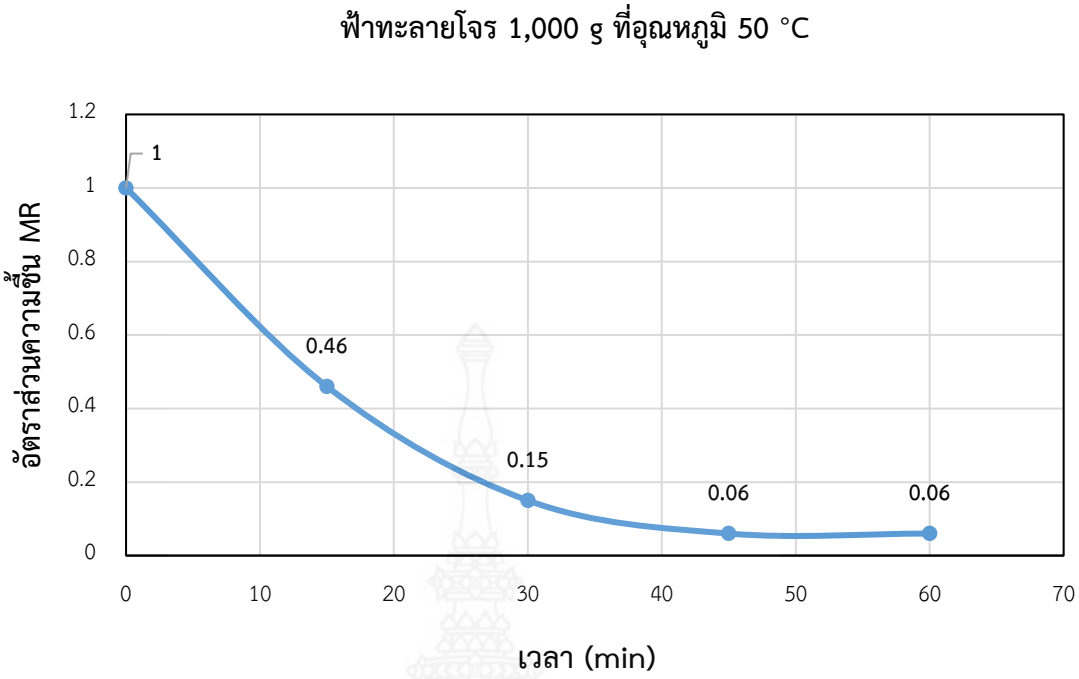
เหลืออยู่ที่ 0.05 และความชื้นมาตรฐานแห้ง ลดลงจาก 300 เหลือ 16 %d.b. แสดงดังรูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.31

4.5.4 ข้อมูลและผลการอบแห้งฟ้าทะลายโจร

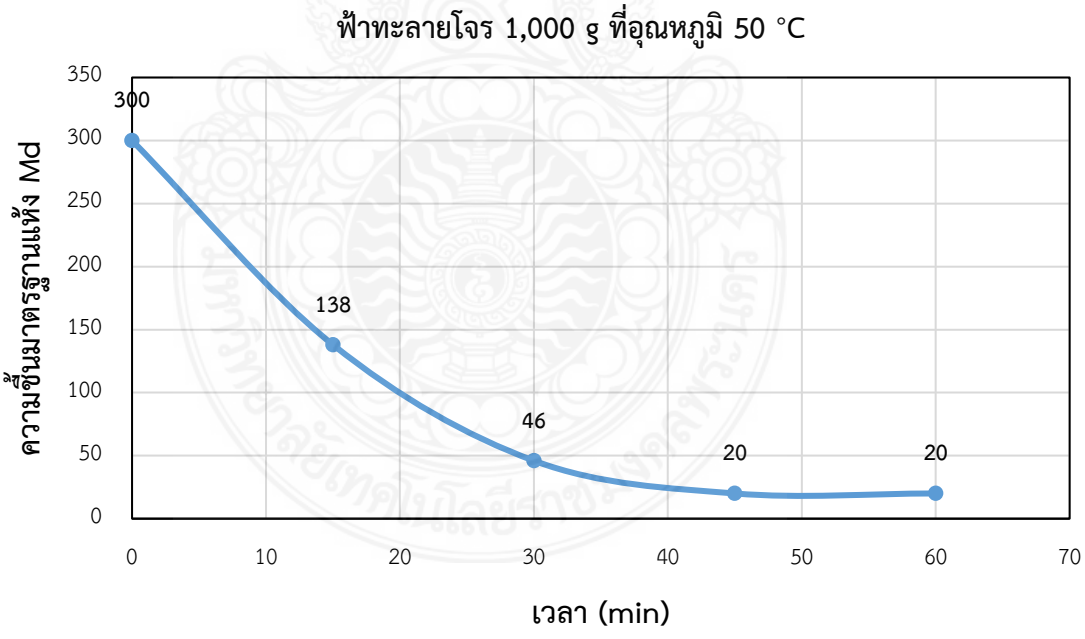
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบฟ้าทะลายโจร
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	50 ℃
น้ำหนักเริ่มต้น	1,000 g
น้ำหนักสุดท้าย	300 g
ความชื้นเริ่มต้นมาตรฐานแห้ง	300 %d.b.
ความชื้นสุดท้ายมาตรฐานแห้ง	20 %d.b.
อุณหภูมิอากาศภายนอก	33 ℃
ความชื้นอากาศภายนอก	45 %
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	60 Min

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 1,000 g และอุณหภูมิ 50 ℃

เวลา (min)	**น้ำหนัก (g)**	**ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)**	**อัตราส่วนความชื้น (MR)**	**อุณหภูมิภายนอก (°C)**	**อุณหภูมิภายใน (°C)**
0	1,000	300	1	33	50
15	595	138	0.46	33	50
30	365	46	0.15	33	50
45	300	20	0.06	33	50
60	300	20	0.06	33	50

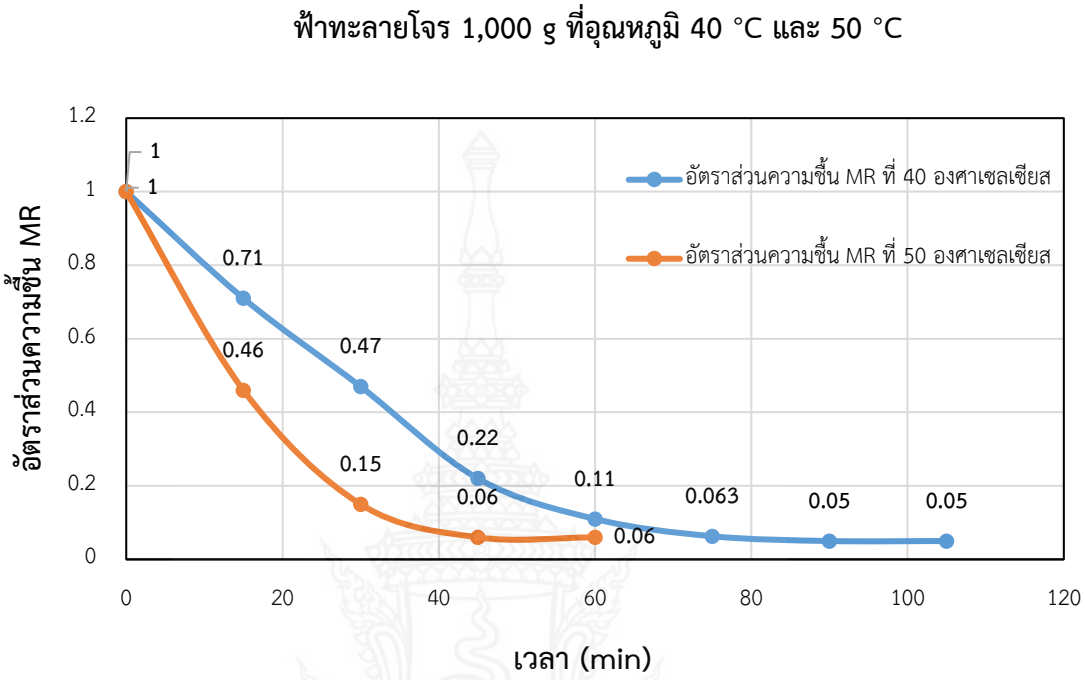


รูปที่ 4.32 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C

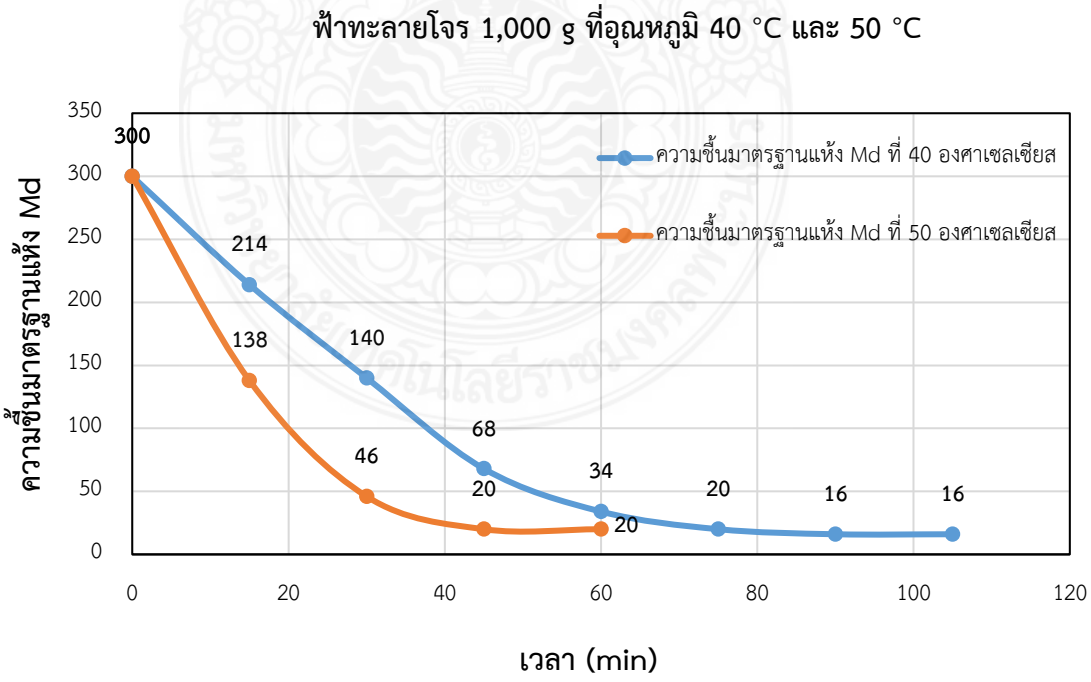


รูปที่ 4.33 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 50 °C ในระยะเวลาของการอบแห้ง 60 min พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.06 และความชื้นมาตรฐานแห้ง ลดลงจาก 300 เหลือ 20 %d.b. แสดงดังรูปที่ 4.32 และรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.34 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C



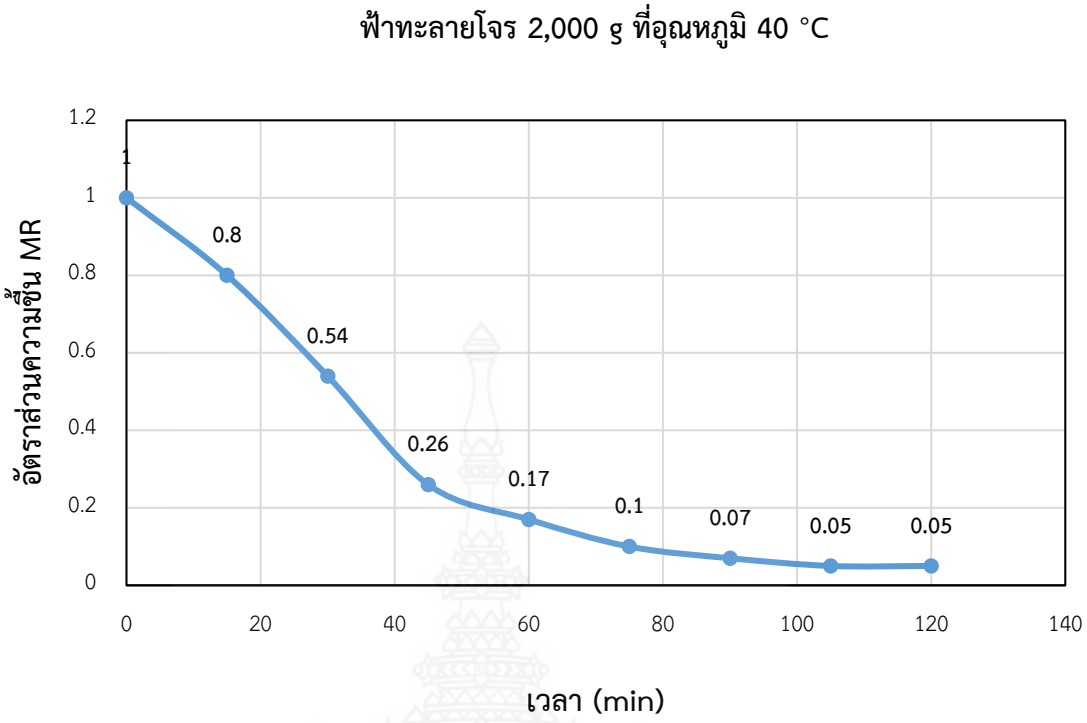
รูปที่ 4.35 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C

4.5.5 ข้อมูลและผลการอบแห้งฟ้าทะลายโจร

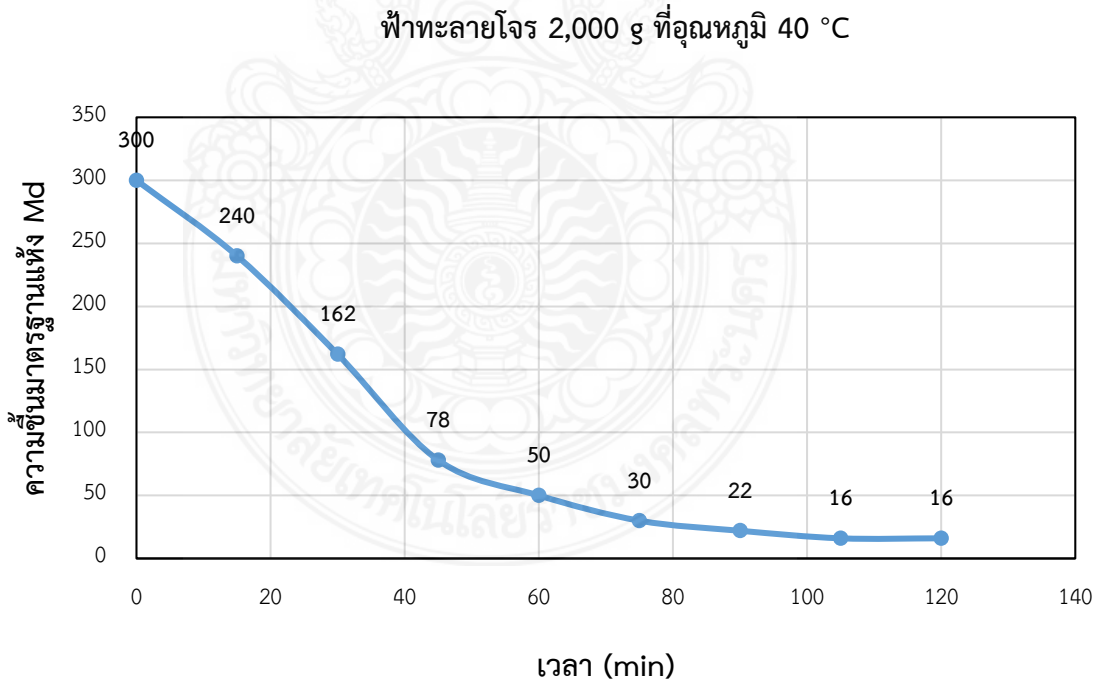
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบฟ้าทะลายโจร
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	40 ℃
น้ำหนักเริ่มต้น	2,000 g
น้ำหนักสุดท้าย	575 g
ความชื้นเริ่มต้นมาตรฐานแห้ง	300 %d.b.
ความชื้นสุดท้ายมาตรฐานแห้ง	16 %d.b.
อุณหภูมิอากาศภายนอก	33 ℃
ความชื้นอากาศภายนอก	45 %
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	120 min

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 2,000 g และอุณหภูมิ 40 ℃

เวลา (min)	**น้ำหนัก (g)**	**ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)**	**อัตราส่วนความชื้น (MR)**	**อุณหภูมิภายนอก (°C)**	**อุณหภูมิภายใน (°C)**
0	2,000	300	1	33	40
15	1,700	240	0.8	33	40
30	1,310	162	0.54	33	40
45	890	78	0.26	33	40
60	750	50	0.17	33	40
75	650	30	0.1	33	40
90	610	22	0.07	33	40
105	575	16	0.05	33	40
120	575	16	0.05	33	40



รูปที่ 4.36 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 4.37 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 40 °C ในระยะเวลาของการอบแห้ง 120 min พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1 ลดลง

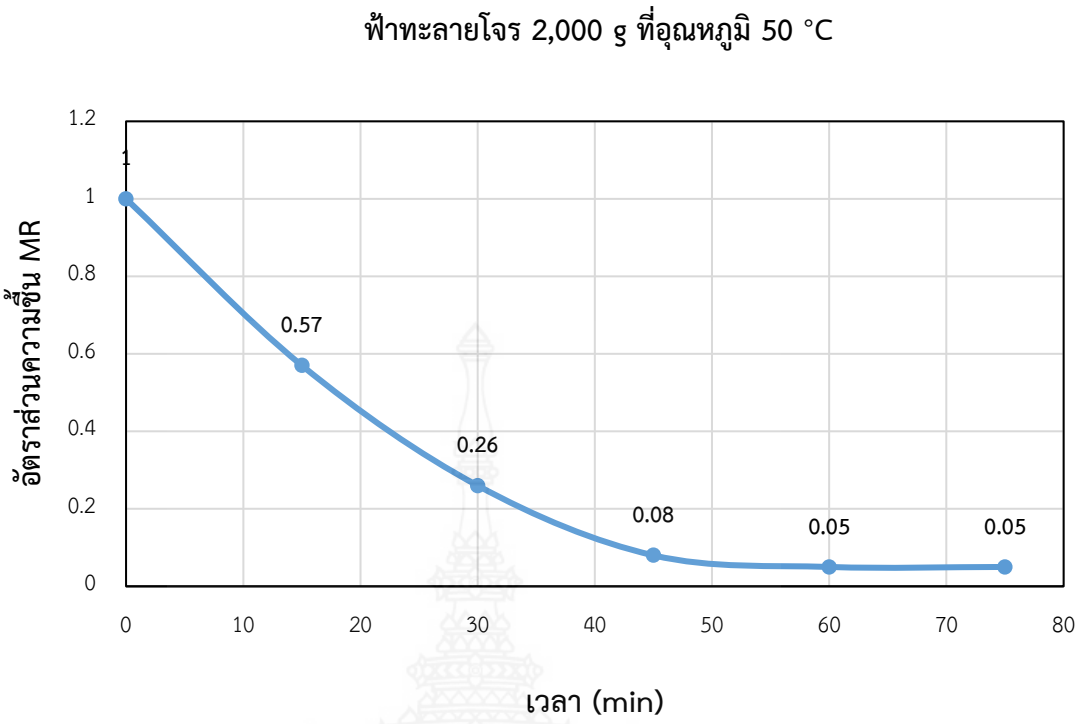
เหลืออยู่ที่ 0.05 และความชื้นมาตรฐานแห้ง ลดลงจาก 300 เหลือ 16 %d.b. แสดงดังรูปที่ 4.36 และรูปที่ 4.37

4.5.6 ข้อมูลและผลการอบแห้งฟ้าทะลายโจร

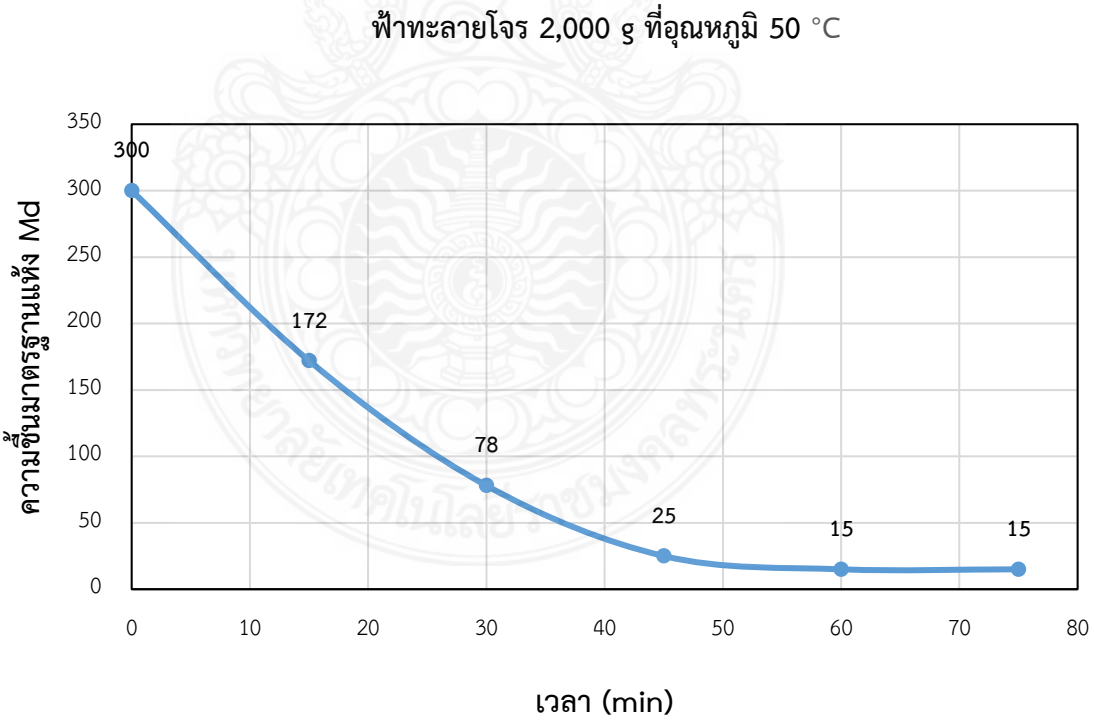
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ใบฟ้าทะลายโจร
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	50 ℃
น้ำหนักเริ่มต้น	2,000 g
น้ำหนักสุดท้าย	575 g
ความชื้นเริ่มต้นมาตรฐานแห้ง	300 %d.b.
ความชื้นสุดท้ายมาตรฐานแห้ง	15 %d.b.
อุณหภูมิอากาศภายนอก	33 ℃
ความชื้นอากาศภายนอก	45 %
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	75 min

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่น้ำหนัก 2,000 g และอุณหภูมิ 50 ℃

เวลา (min)	**น้ำหนัก (g)**	**ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)**	**อัตราส่วนความชื้น (MR)**	**อุณหภูมิภายนอก (°C)**	**อุณหภูมิภายใน (°C)**
0	2,000	300	1	33	50
15	1,360	172	0.57	33	50
30	890	78	0.26	33	50
45	625	25	0.08	33	50
60	575	15	0.05	33	50
75	575	15	0.05	33	50

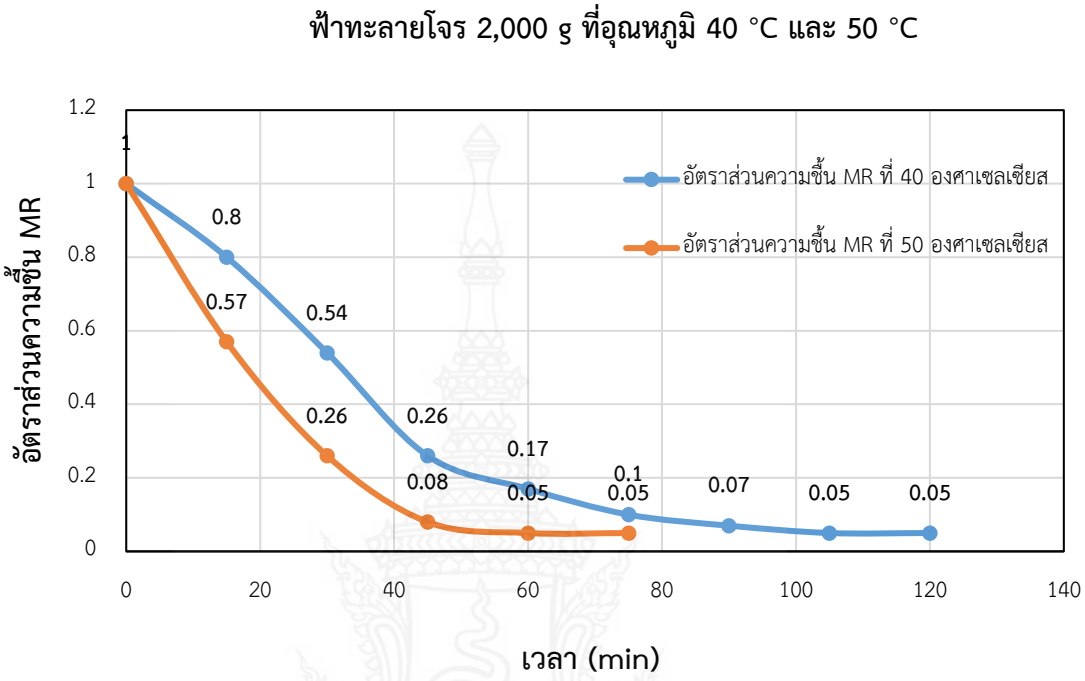


รูปที่ 4.38 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C

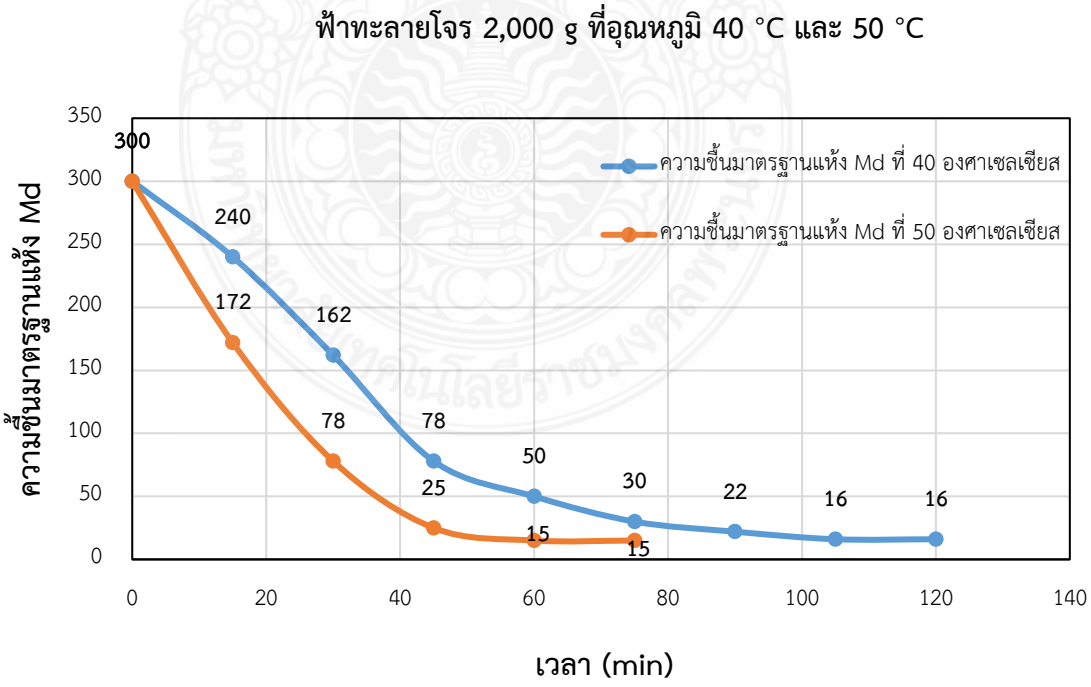


รูปที่ 4.39 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C

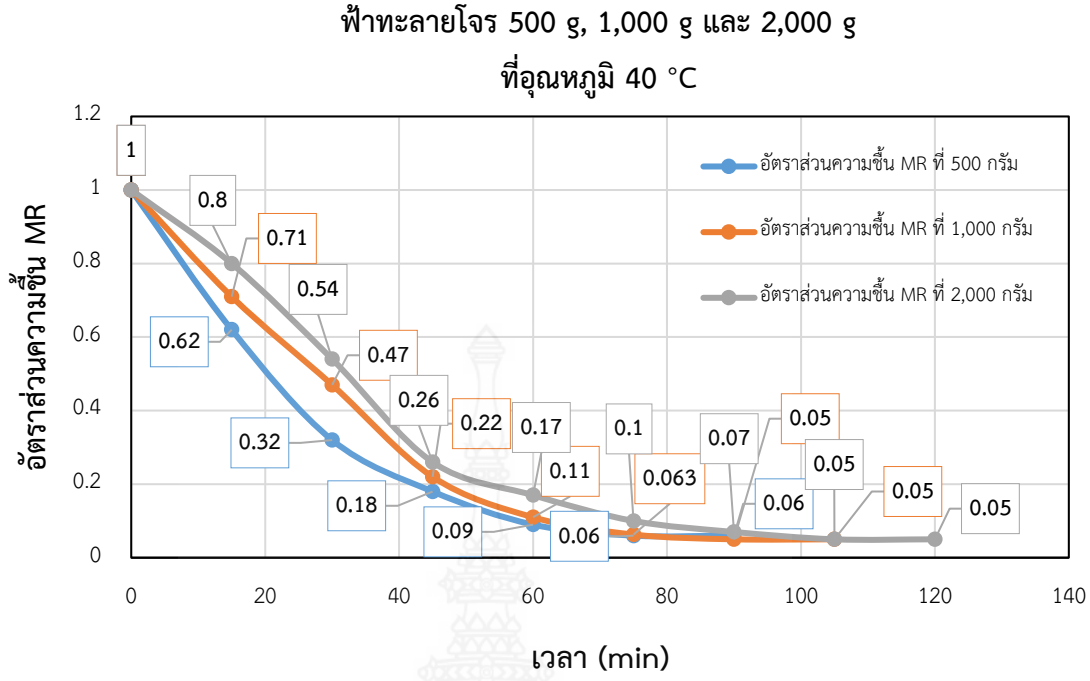
ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 50 °C ในระยะเวลาของการอบแห้ง 75 min พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.05 และความชื้นมาตรฐานแห้ง ลดลงจาก 300 เหลือ 15 %d.b. แสดงดังรูปที่ 4.38 และรูปที่ 4.39



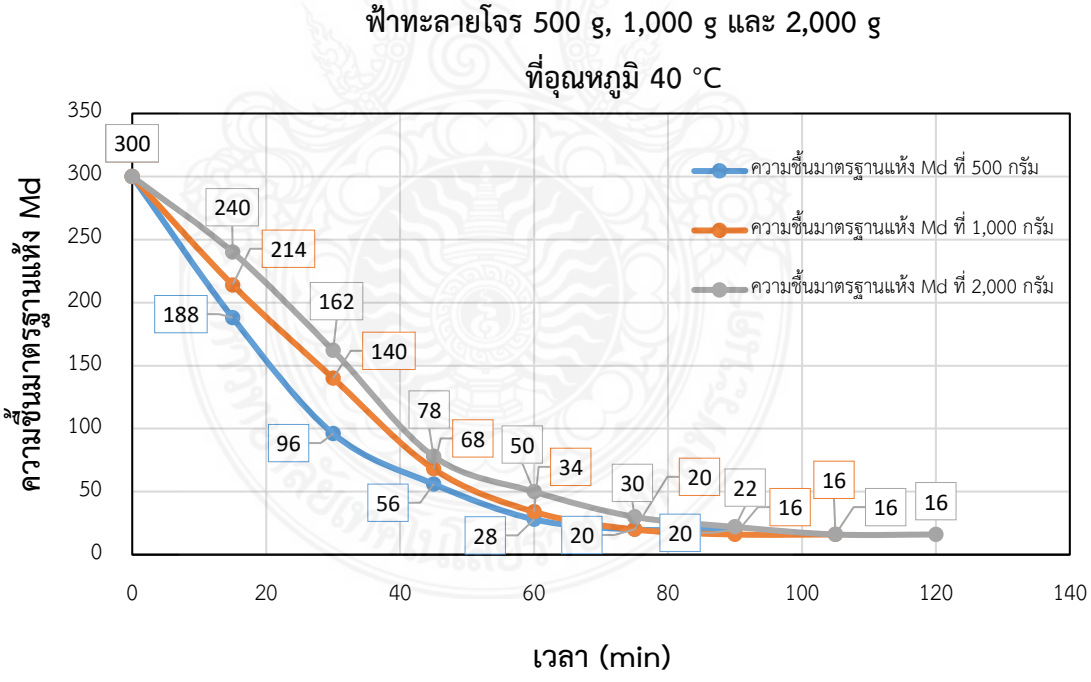
รูปที่ 4.40 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C



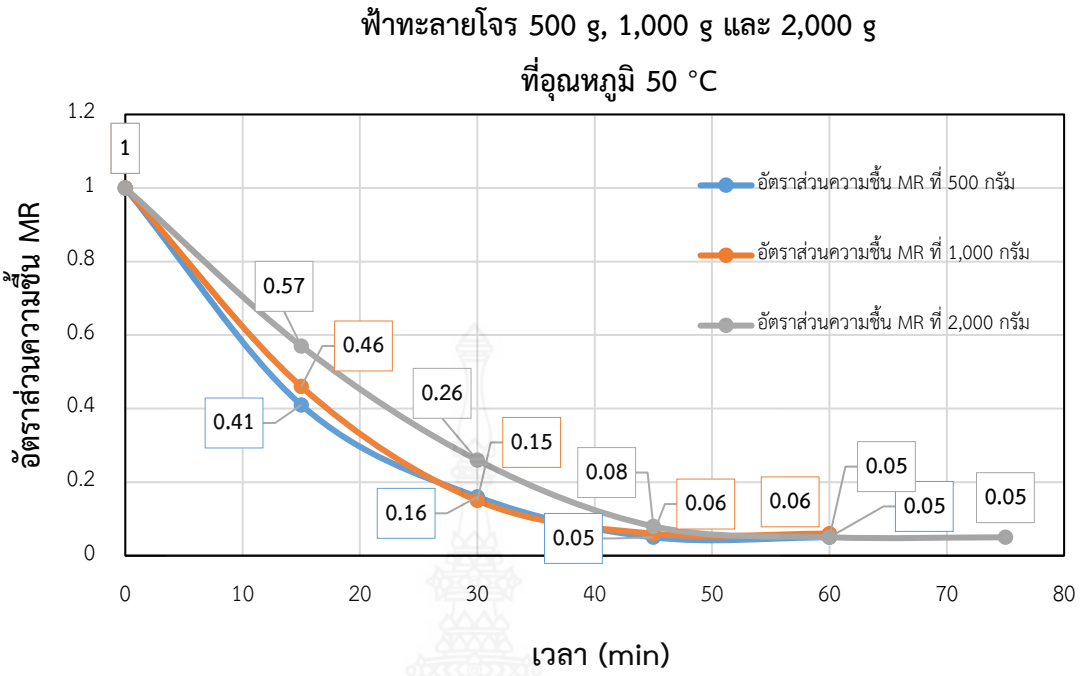
รูปที่ 4.41 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C



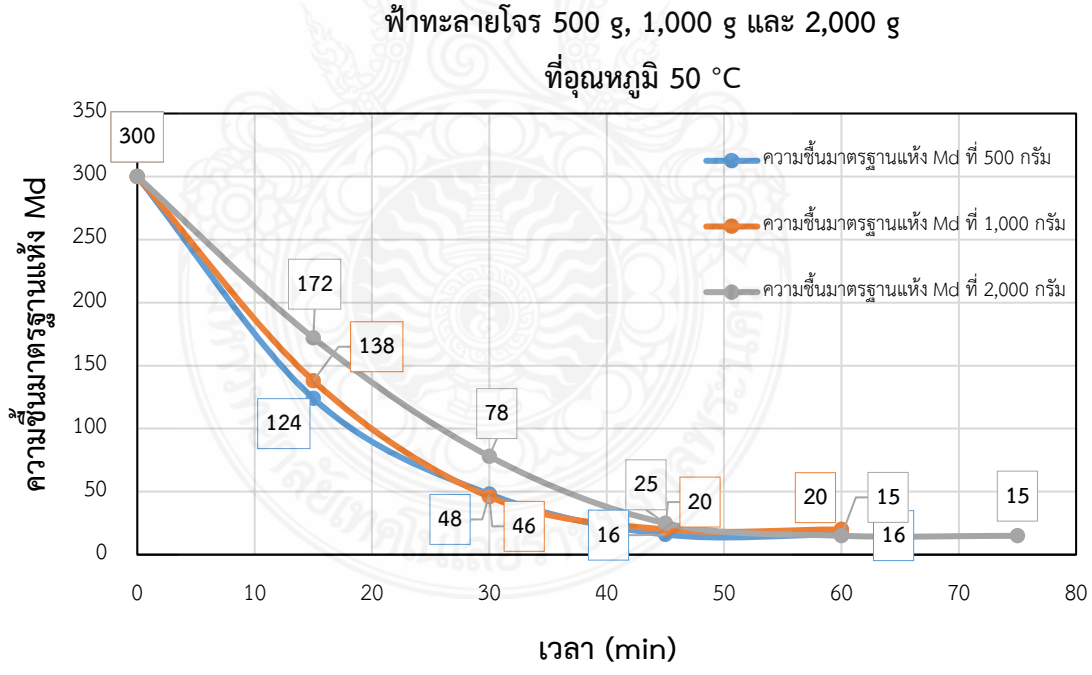
รูปที่ 4.42 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C



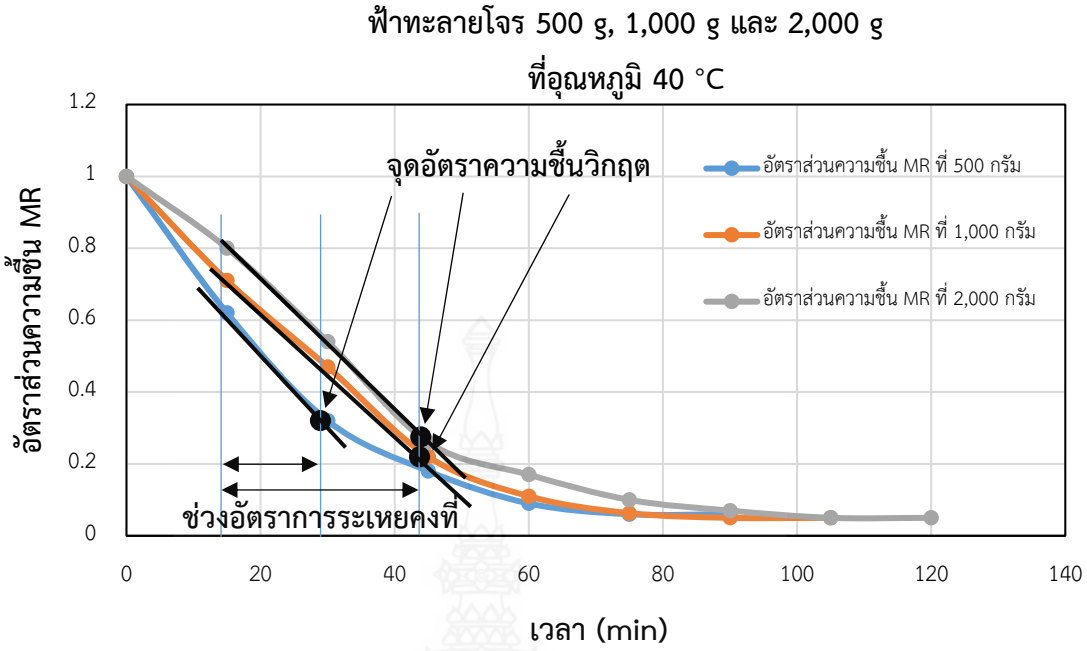
รูปที่ 4.43 เปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานแห้ง 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C



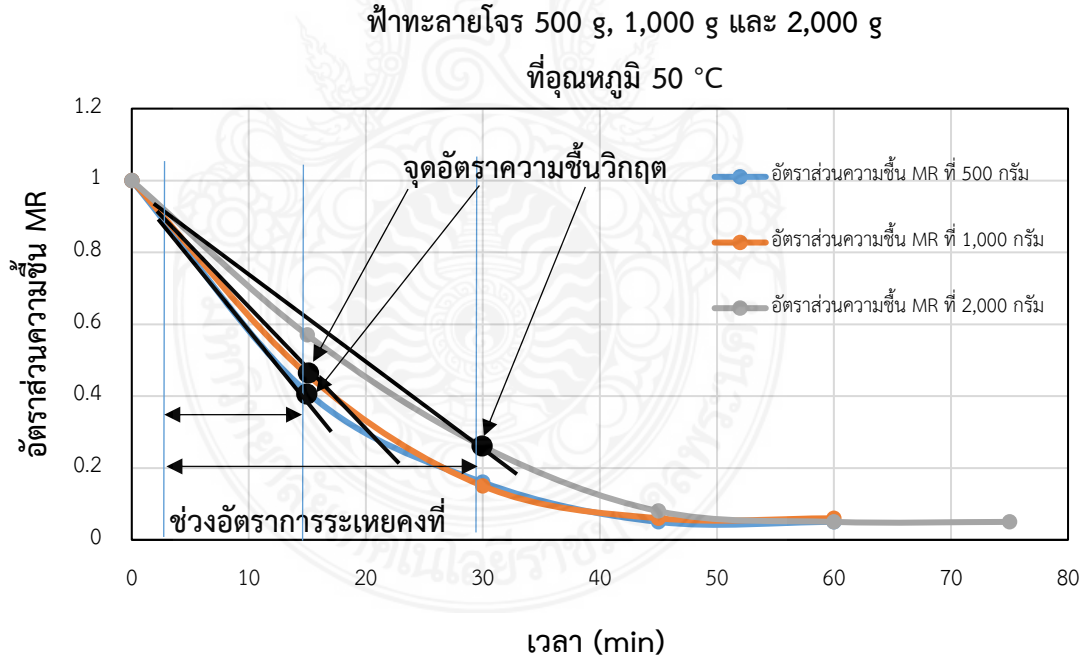
รูปที่ 4.44 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C



รูปที่ 4.45 เปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานแห้ง 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C



รูปที่ 4.46 จุดอัตราความชื้นวิกฤต 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C

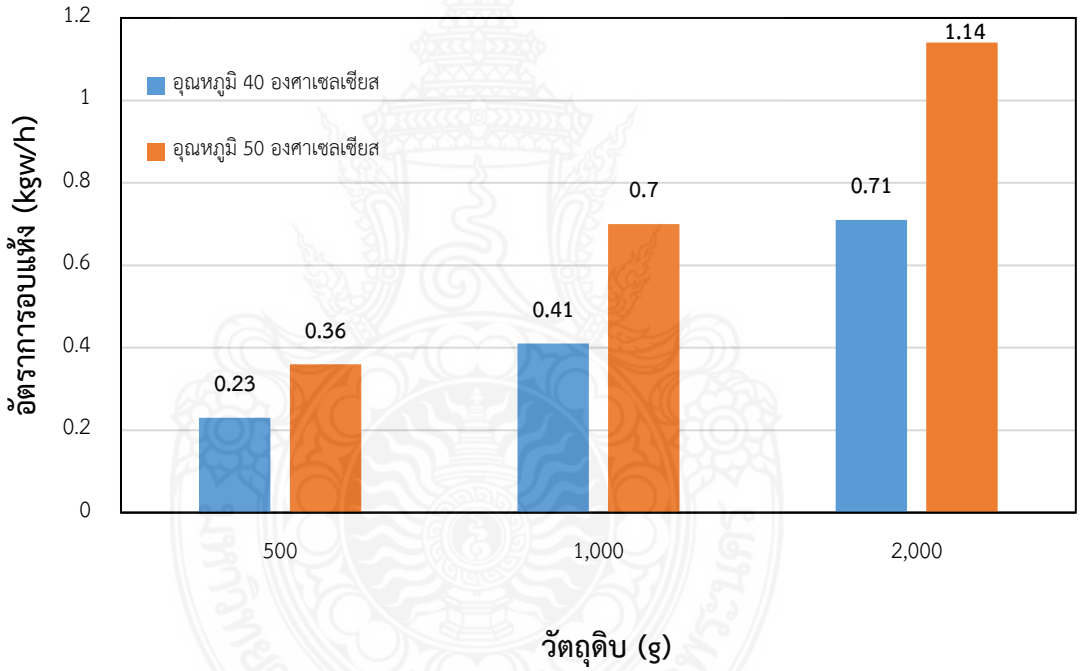


รูปที่ 4.47 จุดอัตราความชื้นวิกฤต 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C

4.6 อัตราการอบแห้ง

ตารางที่ 4.7 อัตราการอบแห้ง

วัตถุดิบ (g)	อุณหภูมิ (°C)	เวลาอบ (min)	อัตราการอบแห้ง (kgw/h)
500	40	90	0.23
500	50	60	0.36
1,000	40	105	0.41
1,000	50	60	0.70
2,000	40	120	0.71
2,000	50	75	1.14

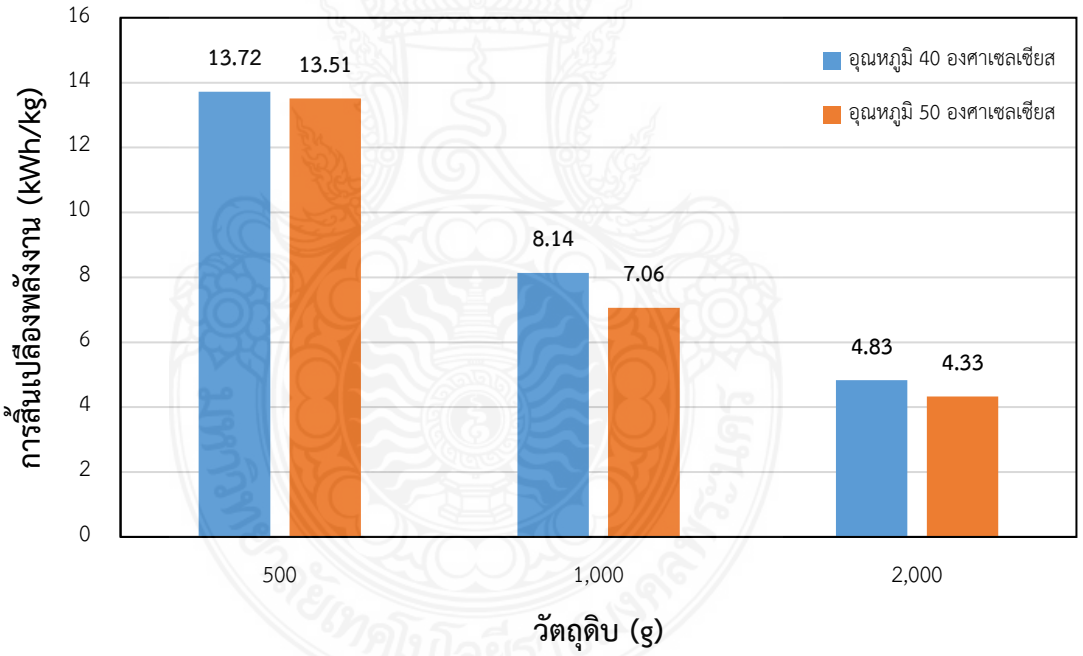


รูปที่ 4.48 อัตราการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C

4.7 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ตารางที่ 4.8 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

วัตถุดิบ (g)	อุณหภูมิ (°C)	เวลาอบ (min)	การสิ้นเปลืองพลังงาน (kWh/kg)
500	40	90	13.72
500	50	60	13.51
1,000	40	105	8.14
1,000	50	60	7.06
2,000	40	120	4.83
2,000	50	75	4.33

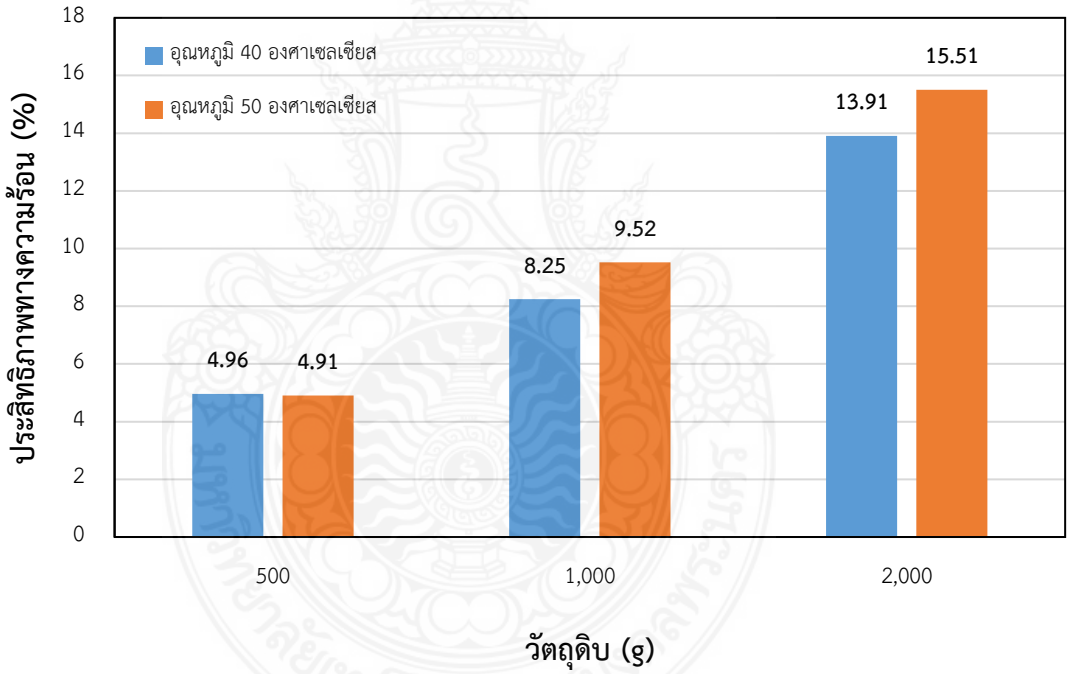


รูปที่ 4.49 การสิ้นเปลืองพลังงาน ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C

4.8 ประสิทธิภาพทางความร้อน

ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพทางความร้อน

วัตถุดิบ (g)	อุณหภูมิ (°C)	เวลาอบ (min)	ประสิทธิภาพทางความร้อน (%)
500	40	90	4.96
500	50	60	4.91
1,000	40	105	8.25
1,000	50	60	9.52
2,000	40	120	13.91
2,000	50	75	15.51



รูปที่ 4.50 ประสิทธิภาพทางความร้อน ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C

4.9 อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

ประเภทที่ 1.1 บ้านอยู่อาศัย (อัตราปกติ)

ประเภทที่ 1.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

ค่าพลังงานไฟฟ้า	2.35	บาท
ค่าบริการ	8.19	บาท
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	10.54	บาท

ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (F_t)

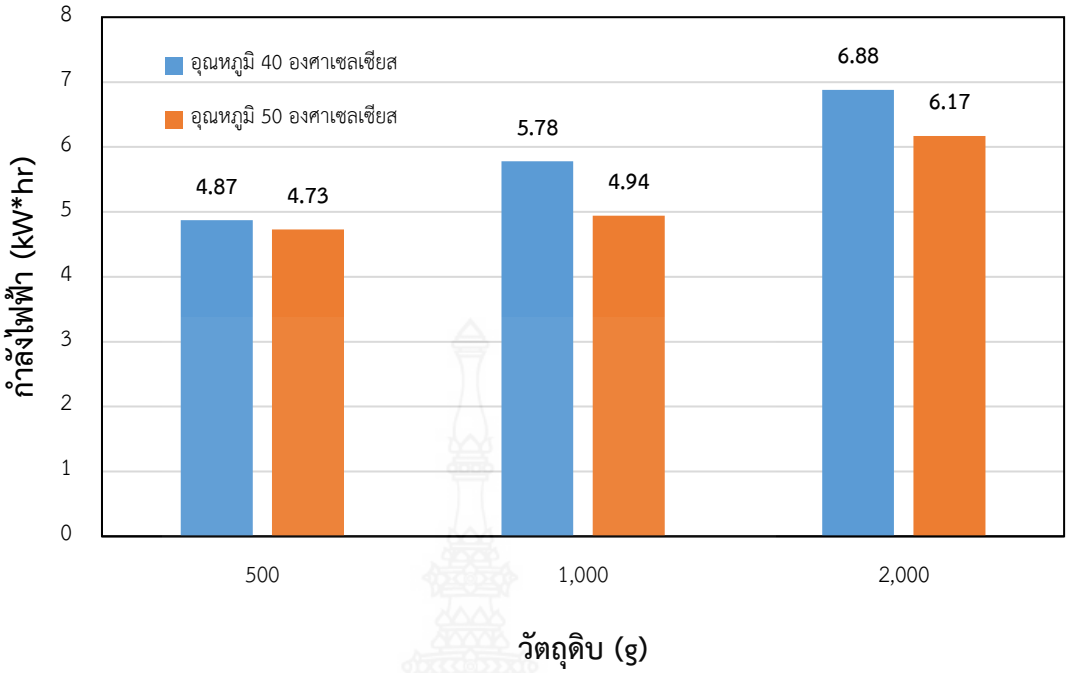
จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า F_t	0.93	บาท

ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

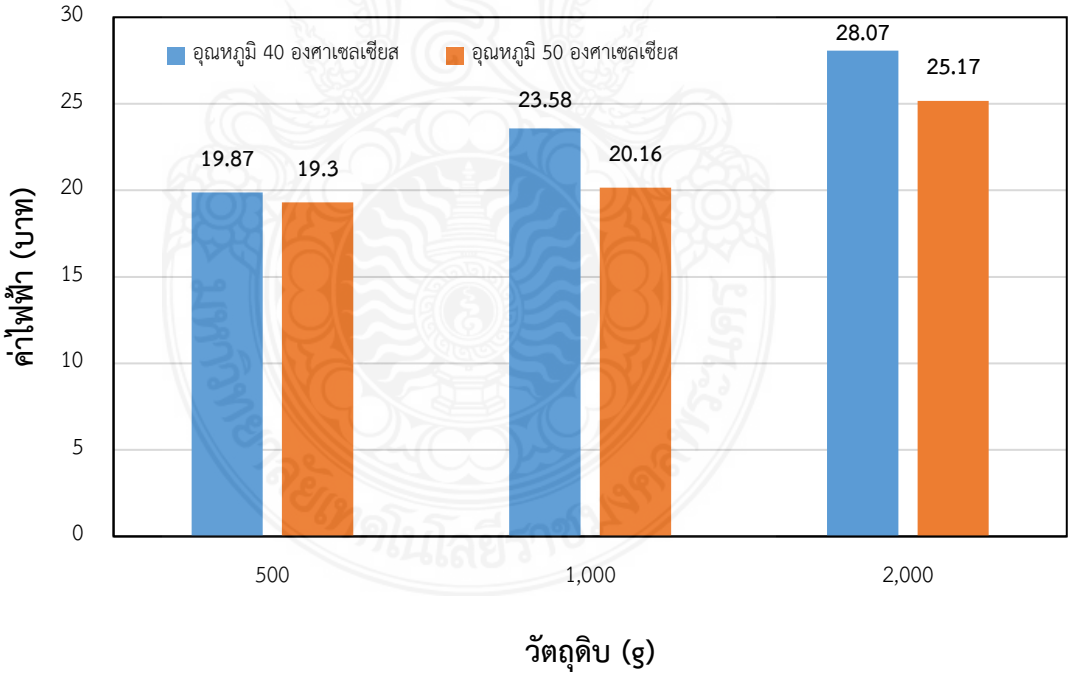
(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า F_t) x 7/100	0.80	บาท

ตารางที่ 4.10 การใช้พลังงานไฟฟ้า

วัตถุดิบ (g)	**อุณหภูมิ (°C)**	**เวลาอบ (min)**	**กำลังไฟฟ้า (kW•hr)**	**ค่าไฟฟ้า (บาท)**	**ค่าไฟฟ้า (g/บาท)**
500	40	90	4.87	19.87	25.16
500	50	60	4.73	19.30	25.90
1,000	40	105	5.78	23.58	42.40
1,000	50	60	4.94	20.16	49.60
2,000	40	120	6.88	28.07	71.25
2,000	50	75	6.17	25.17	79.46



รูปที่ 4.51 กำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C



รูปที่ 4.52 ค่าไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C

4.10 สรุปผลการทดลอง

ค่าที่ได้จากการทดลองการอบแห้งฟ้าทะลายโจร 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ในอุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C ในระยะเวลาการอบแห้งครั้งละ 15 min จากการทดลองฟ้าทะลายโจรที่ 500 g ที่อุณหภูมิ 40 °C ในระยะเวลา 90 min น้ำหนักเริ่มต้นที่ 500 g น้ำหนักสุดท้ายลดลงอยู่ที่ 150 g ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นที่ 300 %d.b. ลดลงอยู่ที่ 20 %d.b. อัตราส่วนความชื้น 1 MR ลดลงอยู่ที่ 0.06 MR ความชื้นจุดวิกฤตเกิดขึ้นที่เวลา 30 min และอัตราการระเหยคงที่อยู่ในช่วง 15-30 min จากการทดลองฟ้าทะลายโจรที่ 500 g ที่อุณหภูมิ 50 °C ในระยะเวลา 60 min น้ำหนักเริ่มต้นที่ 500 g น้ำหนักสุดท้ายลดลงอยู่ที่ 145 g ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นที่ 300 %d.b. ลดลงอยู่ที่ 16 %d.b. อัตราส่วนความชื้น 1 MR ลดลงอยู่ที่ 0.05 MR ความชื้นจุดวิกฤตเกิดขึ้นที่เวลา 15 min และอัตราการระเหยคงที่อยู่ในช่วง 1-15 min จากการทดลองฟ้าทะลายโจรที่ 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C ในระยะเวลา 105 min น้ำหนักเริ่มต้นที่ 1,000 g น้ำหนักสุดท้ายลดลงอยู่ที่ 290 g ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นที่ 300 %d.b. ลดลงอยู่ที่ 16 %d.b. อัตราส่วนความชื้น 1 MR ลดลงอยู่ที่ 0.05 MR ความชื้นจุดวิกฤตเกิดขึ้นที่เวลา 45 min และอัตราการระเหยคงที่อยู่ในช่วง 15-45 min จากการทดลองฟ้าทะลายโจรที่ 1,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C ในระยะเวลา 60 min น้ำหนักเริ่มต้นที่ 1,000 g น้ำหนักสุดท้ายลดลงอยู่ที่ 300 g ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นที่ 300 %d.b. ลดลงอยู่ที่ 20 %d.b. อัตราส่วนความชื้น 1 MR ลดลงอยู่ที่ 0.06 MR ความชื้นจุดวิกฤตเกิดขึ้นที่เวลา 15 min และอัตราการระเหยคงที่อยู่ในช่วง 1-15 min จากการทดลองฟ้าทะลายโจร ที่ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C ในระยะเวลา 120 min น้ำหนักเริ่มต้นที่ 2,000 g น้ำหนักสุดท้ายลดลงอยู่ที่ 575 g ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นที่ 300 %d.b. ลดลงอยู่ที่ 16 %d.b. อัตราส่วนความชื้น 1 MR ลดลงอยู่ที่ 0.05 MR ความชื้นจุดวิกฤตเกิดขึ้นที่เวลา 45 min และอัตราการระเหยคงที่ อยู่ในช่วง 15-45 min จากการทดลองฟ้าทะลายโจรที่ 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C ในระยะเวลา 75 min น้ำหนักเริ่มต้นที่ 2,000 g น้ำหนักสุดท้ายลดลงอยู่ที่ 575 g ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นที่ 300 %d.b. ลดลงอยู่ที่ 15 %d.b. อัตราส่วนความชื้น 1 MR ลดลงอยู่ที่ 0.05 MR ความชื้นจุดวิกฤตเกิดขึ้นที่เวลา 30 min และอัตราการระเหยคงที่อยู่ในช่วง 1-30 min จากการทดลองอบแห้ง ฟ้าทะลายโจร 500 g ที่อุณหภูมิ 40 °C มีการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 4.87 หน่วย คิดเป็นเงิน 19.87 บาท จากการทดลองอบแห้งฟ้าทะลายโจร 500 g ที่อุณหภูมิ 50 °C มีการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 4.73 หน่วย คิดเป็นเงิน 19.30 บาท จากการทดลองอบแห้งฟ้าทะลายโจร 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C มีการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 5.78 หน่วย คิดเป็นเงิน 23.58 บาท จากการทดลองอบแห้งฟ้าทะลายโจร 1,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C มีการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 4.94 หน่วย คิดเป็นเงิน 20.16 บาท จากการทดลองอบแห้งฟ้าทะลายโจร 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 °C มีการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 6.88 หน่วย คิดเป็นเงิน 28.07 บาท จากการทดลองอบแห้งฟ้าทะลายโจร 2,000 g ที่อุณหภูมิ 50 °C มีการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 6.17 หน่วย คิดเป็นเงิน 25.17 บาท รวมทั้งหมดในการทดลองครั้งนี้คิดเป็นเงิน 136.15 บาท

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัย

การศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Drying Fluidized bed) จากการทดลองผลของการอบแห้งฟ้าทะลายโจรแบบฟลูอิดไดซ์เบด เป็นการใช้อากาศร้อนหรือลมร้อนพัดผ่านวัตถุดิบ โดยให้วัตถุดิบเกิดการยกตัวขึ้นทำให้ลมร้อนสัมผัสกับวัตถุดิบได้ทั่วทุกทิศทุกทางเท่า ๆ กัน ไม่อยู่ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง เมื่อวัตถุดิบถูกความร้อนในทุกทิศทุกทางแล้วจะทำให้ความชื้น ที่วัตถุดิบถูกกำจัดออกได้ทุกทิศทุกทางที่เท่า ๆ กันมีผลทำให้วัตถุดิบมีการคลายความชื้นได้ไวกว่าการอบแห้งแบบวิธีอื่น ๆ ไม่ทำให้เกิดการไหม้ข้างใดข้างหนึ่ง และยังสามารถกำจัดฝุ่นละอองที่ปะปนอยู่ในวัตถุดิบได้อีกด้วย

5.1 ผลการศึกษา

5.1.1 ผลการทดลองกับวัตถุดิบ ฟ้าทะลายโจรที่อุณหภูมิ 40 ˚C และที่ 50 ˚C จะพบว่า ฟ้าทะลายโจรมีการลดความชื้นได้รวดเร็ว พบว่าระยะเวลาในการอบแห้งก็จะเพิ่มขึ้น ตามน้ำหนักของฟ้าทะลายโจร

5.1.2 ผลการทดลองที่น้ำหนัก 500 g ที่อุณหภูมิ 40 ˚C และ 50 ˚C อัตราส่วนความชื้นจะอยู่ที่ 0.06 และ 0.05 และค่าความชื้นมาตรฐานแห้งจะเหลืออยู่ที่ 20 และ 16 และเมื่อเพิ่มน้ำหนัก 1,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ˚C และ 50 ˚C อัตราส่วนความชื้นจะอยู่ที่ 0.05 และ 0.06 และค่าความชื้นมาตรฐานแห้งจะเหลืออยู่ที่ 16 และ 20 และที่น้ำหนัก 2,000 g ที่อุณหภูมิ 40 ˚C และ 50 ˚C อัตราส่วนความชื้นจะอยู่ที่ 0.05 และ 0.05 และค่าความชื้นมาตรฐานแห้งจะเหลืออยู่ที่ 16 และ 15 และการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่อุณหภูมิที่ 40 ˚C จะสูงกว่า 50 ˚C เพราะใช้ระยะเวลาในการอบที่นานกว่า

5.1.3 ผลการทดลองพบว่าการใช้อุณหภูมิที่ 50 ˚C เหมาะสมที่จะใช้อบแห้งมากกว่าอุณหภูมิที่ 40 ˚C เพราะเมื่อเพิ่มน้ำหนักฟ้าทะลายโจร ทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งจาก 40 ˚C เป็น 50 ˚C ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงและพบว่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าลดลงเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ 50 ˚C น้อยกว่า 40 ˚C

5.1.4 ผลการทดลองพบว่าเมื่อน้ำหนักของฟ้าทะลายโจรเพิ่มขึ้น การอบแห้งในช่วงอัตราการระเหยคงที่จะใช้เวลาเพิ่มขึ้น และการเกิดจุดอัตราความชื้นวกฤตจะเกิดช้าลง

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 การศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Drying Fluidized bed) ได้ทำการศึกษาและทดลองพัฒนาการใช้เทคนิคฟลิดไดซ์เบด ซึ่งในการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด จะใช้ฟ้าทะลายโจรเป็นวัตถุดิบ ซึ่งทำการเด็ดใบฟ้าทะลายโจรเอง ทำให้มีขนาดที่ไม่เท่ากัน เล็กบ้างใหญ่บ้าง ปะปนกันอยู่ ซึ่งมีลักษณะรูปร่างที่ไม่เป็นทรงกลม ทำให้ไม่เป็นเทคนิคการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ไดซ์เบดได้แบบร้อยเปอร์เซ็นต์

5.2.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่ได้ทำการศึกษาและทดลอง จะใช้กระแสไฟฟ้าที่สูงประมาณ 54.545 A จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งาน และขีดจำกัดของการใช้ไฟฟ้าในสถานที่ที่ใช้งาน

5.2.3 เมื่อทำการเปิดเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งจะทำงาน เมื่อเครื่องอบแห้งกินกระแสไฟฟ้าเกิน 30 A เบรกเกอร์ของอาคารเครื่องยนต์ 2 จะตัดทำให้ไฟฟ้าดับ

5.2.4 เมื่อทำการใส่ฟ้าทะลายโจรที่มากจนเกินไป จะทำให้ฟ้าทะลายโจรฟุ้งหรือโดนลมร้อนเพียงด้านเดียวภายในห้องอบแห้ง

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

5.3.1 ควรวางระบบสายไฟของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซเบดใหม่

5.3.2 ควรทำช่องใส่ฟ้าทะลายโจรใหม่ เพราะแบบเดิมเมื่อใส่ที่ 500 g หรือใส่ในปริมาณที่น้อยสามารถใส่ได้ แต่เมื่อจะใส่ที่ 1,000 g และ 2,000 g หรือใส่ในปริมาณที่มากก็จะทำให้ใส่ไม่สะดวก จึงควรทำใหม่เพื่อให้ใส่วัตถุดิบในปริมาณที่มาก ๆ ได้

5.3.3 ควรแก้ไขทิศทางของลมภายในห้องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดเพื่อให้ภายในห้องอบแห้งนี้ สามารถอบฟ้าทะลายโจรได้เสถียรมากยิ่งขึ้นและจะได้ใช้เวลาในการอบแห้งที่เร็วกว่าเดิม

5.3.4 ควรหาวิธีในการบันทึกค่าน้ำหนักของวัตถุดิบ โดยไม่ต้องนำวัตถุดิบออกมาจากถังอบ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

[1] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2563, **ฟ้าทะลายโจร ยกระดับการผลิตสมุนไพรไทยสู่อุตสาหกรรมยา** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages /ThaiHerb-FB200420.aspx. [13/07/2564]

[2] ธนโชติ ธรรมชาติ, 2555, ฟ้าทะลายโจร, **วารสารปศุสัตว์เกษตรศาสตร์**, ปีที่ 39, ฉบับ 153, หน้า 24-30.

[3] Siam Kubota Corporation, **เทคนิคการปลูกฟ้าทะลายโจร สมุนไพรไทยสรรพคุณเยี่ยม** [ออนไลน์], แหล่งที่มา:https://www.kubotasolutions.com/knowledge/plants/detail/721. [13/07/2564]

[4] Phoonzone, **ฟ้าทะลายโจร** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.phoonzone.com/article/7.html. [13/07/2564]

[5] Ienergyguru, 2558, **การอบแห้ง (Drying)** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://ienergyguru.com/2015/09/drying/. [13/07/2564]

[6] ณัฐพงษ์ วงศ์บับพา, กระวี ตรีอำนรรค และเทวรัตน์ ตรีอำนรรค, 2565, “อัตราการอบแห้ง”, **วารสารวิชาการมทร.พระนคร**, ปีที่ 16, ฉบับที่ 1, หน้าที่ 170.

[7] วสันต์ จีนธาดา, บัญญัติ นิยมวาส และอเนก ไทยกุล, 2561, “การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ”, **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, ปีที่ 28, ฉบับที่ 3, หน้าที่ 530.

[8] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2558, **การอบแห้ง** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://ienergyguru.com/2015/09/drying/. [13/07/2564]

[9] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ, 2553, **การก่อสภาพของไหล (Fluidization)** [ออนไลน์], แหล่งที่มา:http://nkc.tint.or.th/nkc53/content/nstkc53065.html?fbclid=IwAR3pwcmxzpF450CXULo62oe8REUYkrSRIYZ2QPhr8TdgwPq_FqOUF63Jmoc. [13/07/2564]

[10] กิตติ สถาพรประสาธน์, กรณัฐ ทวีเจริญธรรม,กรวิชญ์ ตลับทองและฉัตรนิดา พรมมาโอน, 2563, “การอบแห้งพริกไทยด้วยเทคนิคสเปาต์เต็ดเบดทำงานร่วมกับฟลูอิดไดซ์เบด”, **วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, ปีที่ 15, ฉบับที่1.

[11] ศุภรัตน์ เนินปลอด, ธนิต สวัสดิ์เสวี, ดลฤดี ใจสุทธิ์และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2556, “การอบแห้ง ฟ้าทะลายโจรด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟาเรดไกลและสนามไฟฟ้าแรงดันสูง”, **การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10**, 6–7 ธันวาคม, นครปฐม.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12] พัชรินทร์ ตาด้วง, 2555, “การอบแห้งเมล็ดงาโดยเครื่องอบแห้งที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบด”, **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13**, 4-5 เมษายน, เชียงใหม่.

[13] Ammk. (pseud.), 2565, **เรื่องน่ารู้ วัตต์ แอมป์ โวลต์ คืออะไร? มีความสำคัญอย่างไร?** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.kachathailand.com/. [1/10/2565]

ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ผศ.ดร.ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท

การศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาเอก Docteur en Énergétique (Mechanical Engineering)
University of Orleans, France

ปัจจุบัน

รับราชการ ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

อาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ

การศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาเอก Dr.-Ing. วิศวกรรมเครื่องกล จาก University of Rostock,
Germany

ปัจจุบัน

ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้วิจัย

ผศ.ดร.ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน

การศึกษา

ปริญญาตรี ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปริญญาเอก ปร.ด. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบัน

รับราชการ ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร