# บทที่ 4

## ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

สถานที่ทดสอบ ณ บ้านนาสีนวน ตำบลนาสีนวน จังหวัดมหาสารคาม

พิกัดละติจูดที่ 16° 14.48' 9.0" (องศาเหนือ)

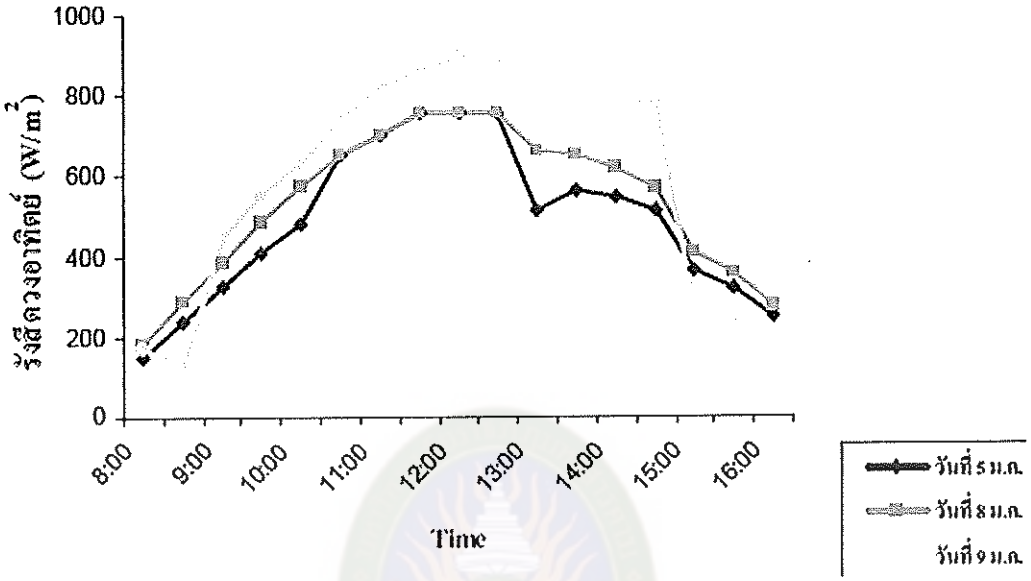
พิกัดลองติจูดที่ 103° 15' 8.5" (องศาตะวันออก)

ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 148 เมตร

ผลการทดลองอบแห้งใบหม่อน 10 กิโลกรัม ของวันที่ 5, 8 และ 9 มกราคม 2555 ในการเปลี่ยนแปลงของค่ารังสีดวงอาทิตย์

เริ่มทำการทดสอบ เมื่อเวลา 8.00 น. ได้ทำการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่า 149.65 184.50 และ 169.29 W/ $m^2$ ตามลำดับและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากความเข้มของรังสีอาทิตย์ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อทำการวัดทุก ๆ 30 นาที จนได้ค่าสูงสุดของแต่ละวันมีค่า 760.72 759.03 และ896.43 W/ $m^2$ ตามลำดับ แสดงว่าความเข้มของรังสีอาทิตย์มีค่าสูงสุด ณ ตำแหน่งนี้ อุณหภูมิอากาศแวดล้อมประมาณ 29.40 29.30 และ 29.00 °C ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงเวลา 12.00 น. – 13.00 น. เป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์ทำมุมใกล้เคียงมุมฉากกับพื้นผิวโลกมากที่สุด ในแต่ละวันค่ารังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาเดียวกันจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่จะไม่เท่ากัน เนื่องจากในแต่ละวันมีสภาพแวดล้อมไม่เหมือนกัน อาทิเช่นค่าความเร็วลมที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา หรือช่วงเวลานั้นมีเมฆมาบดบังชั่วขณะ และค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากดวงอาทิตย์ทำมุมลดลงกับพื้นผิวโลกเรื่อย ๆ เพราะโลกหมุนรอบตัวเอง ทำให้ความความเข้มของรังสีอาทิตย์ค่อยลดลง จนถึงสิ้นสุดการทดลองเมื่อเวลา 16.00 น. ได้ค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบ 489.16 534.82 และ 586.51 W/ $m^2$ ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 11

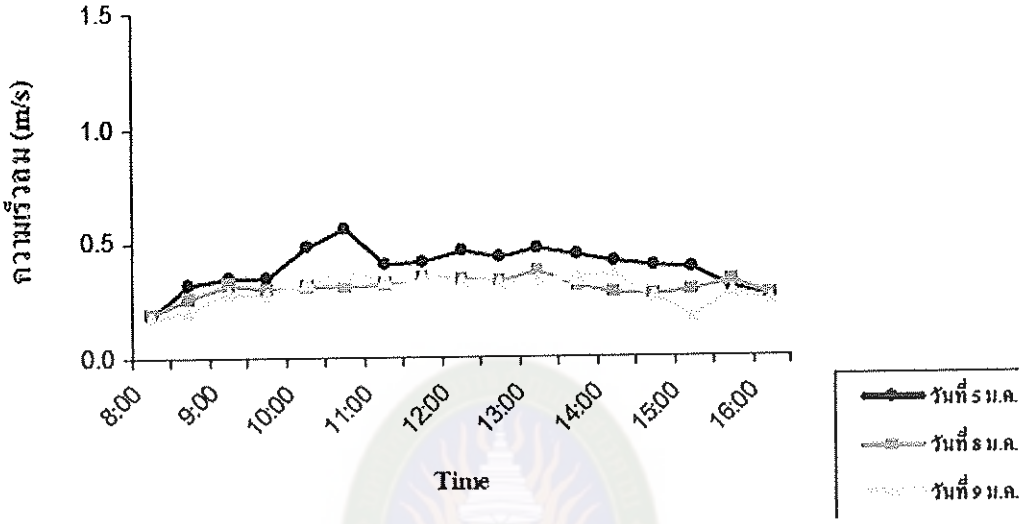
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY




ภาพประกอบ 11 ค่ารังสีอาทิตย์วันที่ 5, 8 และ 9 มกราคม 2555

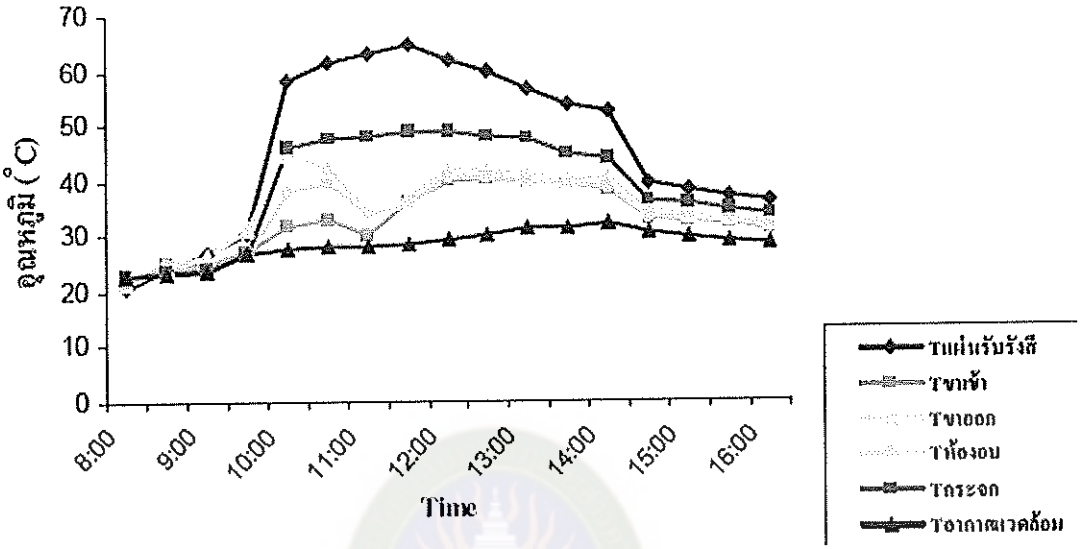
ความเร็วลม

สภาพความเร็วลมตามธรรมชาติที่ทำการทดสอบในวันที่ 5 8 และ 9 มกราคม 2555 ดังภาพประกอบ 12 ซึ่งทำการวัดโดยเครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อนโดยวัดค่าหลาย ๆ จุด ของ Chimney แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบจะพบว่าความเร็วลมจะเปลี่ยนแปลงไปตาม อุณหภูมิทางเข้าของห้องอบแห้ง กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิทางเข้าห้องอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ ความเร็วลมมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วยตามกฎของแรงลอยตัวและในทางกลับกันเราจะพบว่า เมื่อ อุณหภูมิทางเข้าห้องอบแห้งลดลงจะส่งผลให้ความเร็วลมลดลงตามไปด้วยเช่นกัน จากการวัด ความเร็วลมเฉลี่ยได้ค่า 0.35 0.30 และ 0.32 m/s ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิแตกต่างของ อุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง ซึ่งค่าที่ได้ในแต่ละวันแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ไม่มากนัก เพราะวันที่ทดสอบใกล้เคียงกันจึงอยู่ในสภาพอากาศใกล้เคียงกัน หรือเป็นฤดูกาล เดียวกัน ดังภาพประกอบ 12

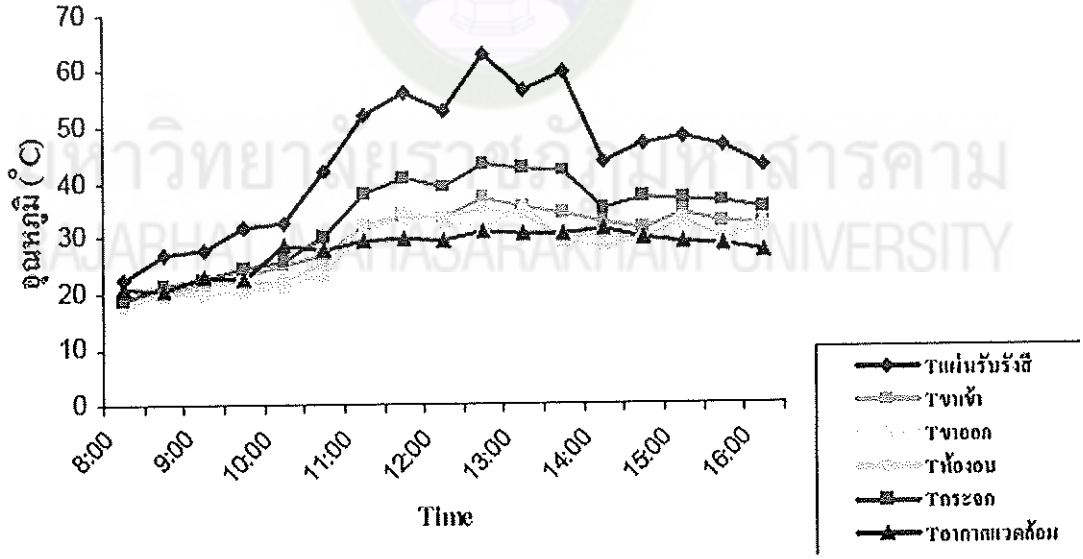



ภาพประกอบ 12 ค่าความเร็วลมวันที่ 5, 8 และ 9 มกราคม 2555

อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จากการทดลองเมื่อวันที่ 5 8 และ 9 มกราคม 2555 ดูภาพประกอบแล้วเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ จะเห็นว่าอุณหภูมิบรรยากาศจะเริ่มที่ค่าน้อยและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่ามากในช่วงเวลาประมาณ 12.00-14.00 น. ซึ่งมีค่ามากสุดของแต่ละวันคือ 32.1 31.5 และ 31.7 °C ตามลำดับ และพบว่าอุณหภูมิที่ทางเข้าจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ทางออก เนื่องจากมีการระเหยของน้ำที่อยู่ในใบหม่อนทำให้อุณหภูมิลดลง ความชื้นจากใบหม่อนทำให้เย็นลงนั่นเอง นอกจากนี้ยังพบว่า ถ้ารังสีดวงอาทิตย์ยิ่งมากก็ยิ่งส่งผลให้อุณหภูมิแผ่นรับรังสีมีค่ามากตามไปด้วยและจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบสูงขึ้นซึ่งมีผลต่อการอบแห้งใบหม่อนด้วย ผลการทดลองแสดง ดังภาพประกอบ 13, 14 และ 15

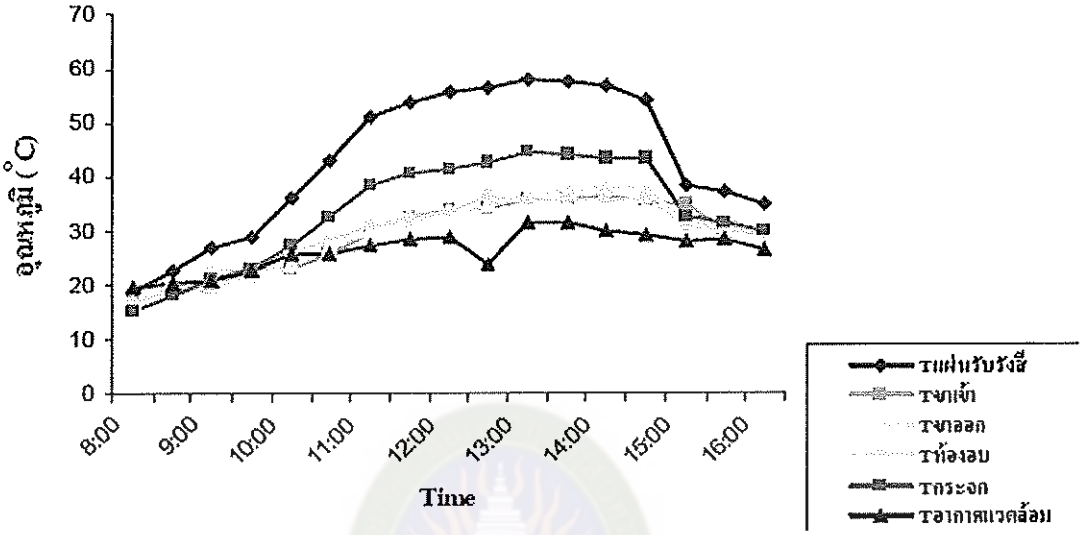



ภาพประกอบ 13 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วันที่ 5 มกราคม 2555




ภาพประกอบ 14 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วันที่ 8 มกราคม 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

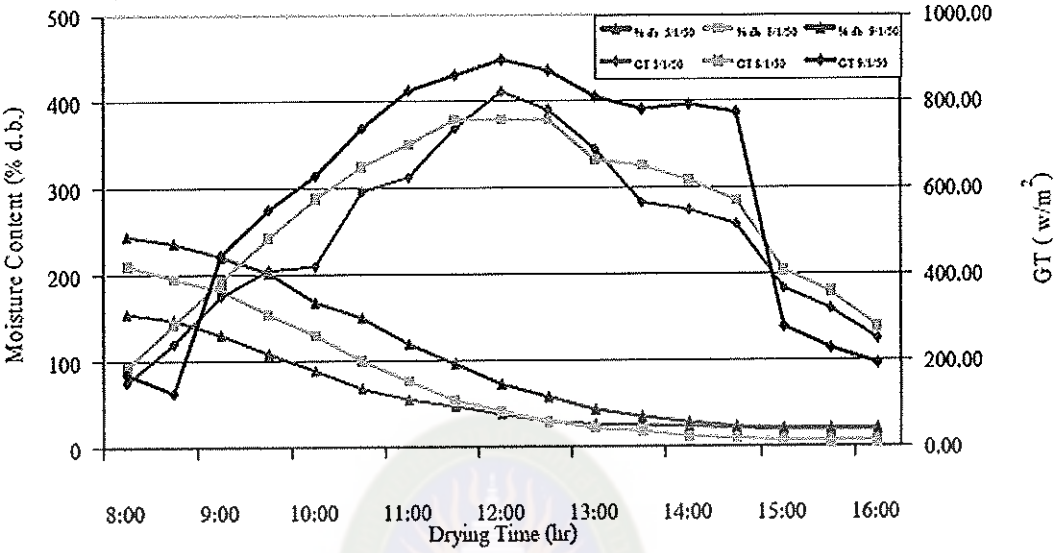



ภาพประกอบ 15 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆวันที่ 9 มกราคม 2555

เปรียบเทียบความชื้นลดลงกับเวลาและความเข้มของรังสีอาทิตย์

เริ่มทดสอบเมื่อเวลา 08.00 น. ของวันที่ 5 8 และ 9 มกราคม 2555 ความเข้มของรังสีอาทิตย์เริ่มต้นที่ 149.65 184.5 และ 169.29 w/ $m^2$ ส่วนความชื้นเริ่มต้น 154.65 %d 210.96 %db และ 244.63 %db ตามลำดับ ซึ่งค่าความชื้นมีค่าต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของใบหม่อนที่นำมาทดสอบ เมื่อเริ่มทำการทดสอบความชื้นของใบหม่อนจะลดลงเรื่อย ๆ ตามการเพิ่มขึ้นของพลังงานรังสีอาทิตย์จนกระทั่งเวลาประมาณ 13.00 น. เนื่องจากใบหม่อนคายความชื้นให้แก่อากาศร้อนที่ไหลเข้าสู่ห้องอบโดยการพาความร้อน จึงอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเพราะค่าความชื้นของใบหม่อนเริ่มมีค่าต่ำลงจนถึงช่วงของอัตราการอบแห้งคงที่ จนกระทั่งสุดท้ายมีค่า 18.6 6.5 และ 20.71 %db เมื่อเวลา 16.00 น. ซึ่งค่าความชื้นสุดท้ายจะมากน้อยขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้นเมื่อทำการอบแห้งและค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ในวันนั้น ๆ ด้วย โดยความเข้มรังสีอาทิตย์ตลอดการทดลองมีค่าเฉลี่ย 493.36 534.82 และ 586.28 w/ $m^2$ ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 16

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY




ภาพประกอบ 16 ค่าความชื้นใบหม่อนและความเข้มของรังสีอาทิตย์ วันที่ 5, 8 และ 9 มกราคม 2555

จากภาพประกอบ 16 สามารถแบ่งขั้นตอนการลดลงของความชื้นได้เป็น 3 ระยะคือ ระยะเริ่มต้นของการอบแห้ง ช่วงเวลาเริ่มทดสอบ 08.00 น. เป็นระยะที่ใบหม่อนยังมีความชื้นมากอยู่ในช่วงอุณหภูมิพื้นผิวจะเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อน และมีการระเหยของความชื้นเกิดขึ้นบริเวณผิวของใบหม่อน

ระยะการระเหยของไอน้ำลดลงอย่างรวดเร็วอบแห้งช่วงเวลาหลังจาก 08.00-10.30 น. เป็นระยะที่อุณหภูมิผิวใบหม่อนมีค่าค่อย ๆ คงที่และความชื้นผิวนอกอยู่ในสภาวะอิ่มตัวการกระจายความชื้นที่ผิวใบหม่อนมีค่าสม่ำเสมอซึ่งการเคลื่อนที่ของความชื้นจากผิวภายในมายังผิวภายนอกยังมีค่าเท่ากับการระเหยของน้ำที่ผิวนอกของใบหม่อนเป็นการอบแห้งค่อย ๆ คงที่และขึ้นอยู่กับการถ่ายเทความร้อนที่ผิวนอกของใบหม่อน

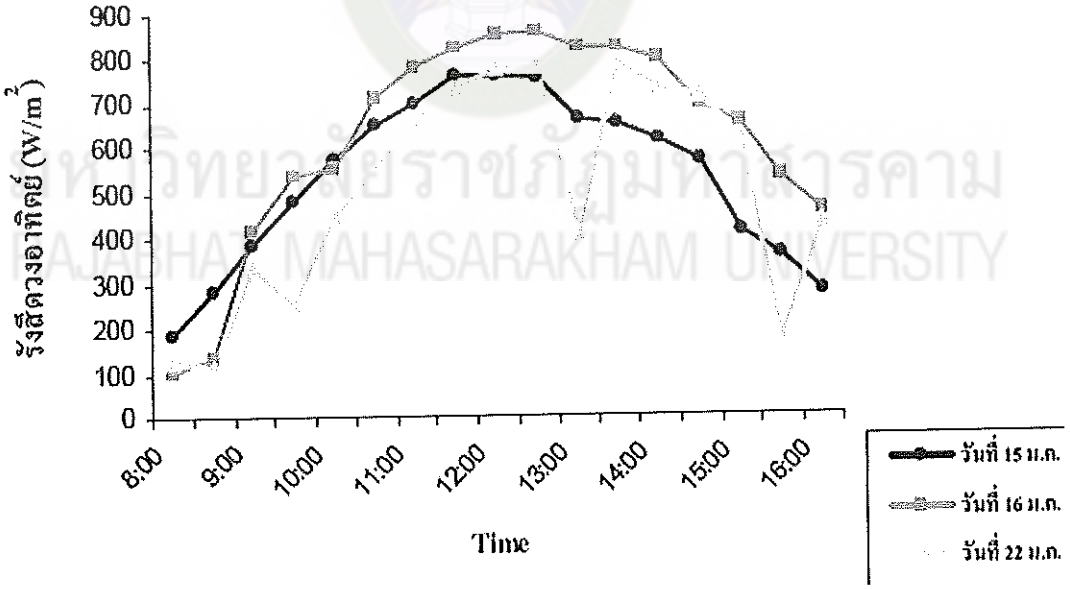
ระยะการระเหยของไอน้ำลดลงช่วงเวลาหลังจาก 10.30-16.00 น. เป็นระยะที่ความชื้นบริเวณผิวใบหม่อนไม่อิ่มตัว การเคลื่อนที่จากภายในไปยังพื้นผิวไม่สมดุล ซึ่งการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในมาสู่ผิวนอกมีค่าน้อยกว่าการระเหยของความชื้นที่ผิวนอกของใบหม่อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลการทดลองอบแห้งใบหม่อน 15 กิโลกรัม ของวันที่ 15, 16 และ 22 มกราคม 2555

การเปลี่ยนแปลงของค่ารังสีดวงอาทิตย์

เริ่มทำการทดสอบ เมื่อเวลา 8.00 น. ได้ทำการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่า 184.50 104.43 และ 129.43 W/ $m^2$ ตามลำดับและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อทำการวัดทุก ๆ 30 นาที จนได้ค่าสูงสุดของแต่ละวันมีค่า 759.03 857.14 และ 780.86 W/ $m^2$ ตามลำดับ อุณหภูมิอากาศแวดล้อมประมาณ 34.00 34.80 และ 31.30 °C ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงเวลา 12.00 น. – 13.00 น. เป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์ทำมุมใกล้เคียงมุมฉากกับพื้นผิวโลกมากที่สุด ในแต่ละวันค่ารังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาเดียวกันจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่จะไม่เท่ากัน เนื่องจากในแต่ละวันมีสภาพแวดล้อมไม่เหมือนกัน อาทิเช่นค่าความเร็วลมที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา และค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ จนถึงสิ้นสุดการทดลองเมื่อเวลา 16.00 น. ได้ค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบ 534.82 621.43 และ507.91 W/ $m^2$ ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 17




ภาพประกอบ 17 ค่ารังสีอาทิตย์วันที่ 15, 16 และ 22 มกราคม 2555

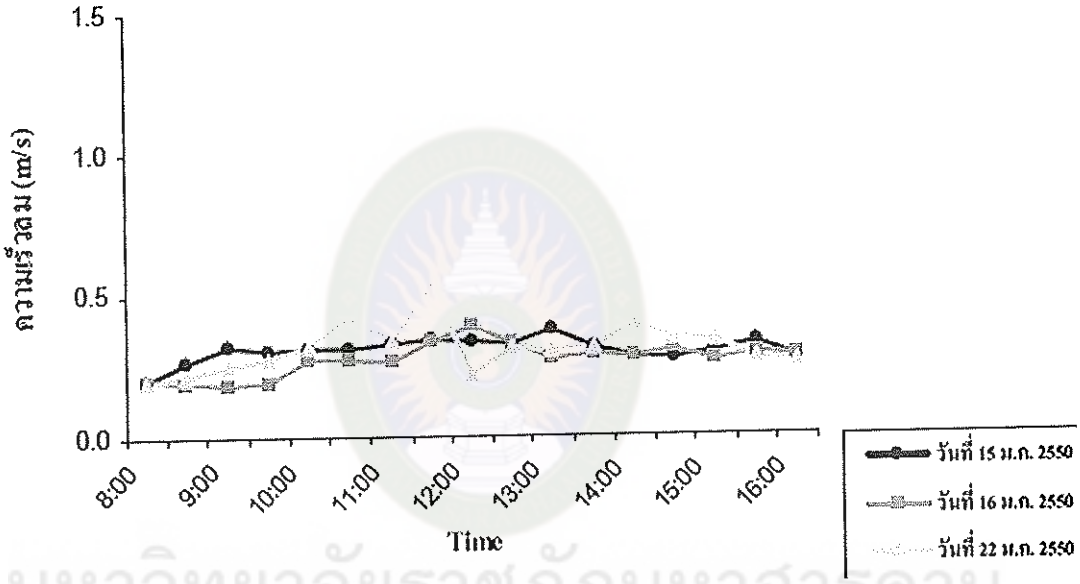
ความเร็วลม

สภาพความเร็วลมตามธรรมชาติที่ทำการทดสอบในวันที่ 15, 16 และ 22 มกราคม 2555 ดังภาพประกอบ 18 ซึ่งทำการวัดโดยเครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อนโดยวัดค่าหลาย ๆ จุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ของ Chimney แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบ จะพบว่าค่าที่ได้เป็นไปตามลักษณะการเพิ่มขึ้น

หรือลดลงของอุณหภูมิทางเข้าของห้องอบแห้ง นั่นคือเมื่ออุณหภูมิทางเข้าเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามความเร็วลมจะลดลงเมื่ออุณหภูมิทางเข้าลดลง จากการทดลอง ได้ค่า 0.32 0.55 และ 0.33 m/s ตามลำดับและมีค่าสูงสุดคือ 0.37 0.39 และ 0.37 m/s ดังภาพประกอบ 18

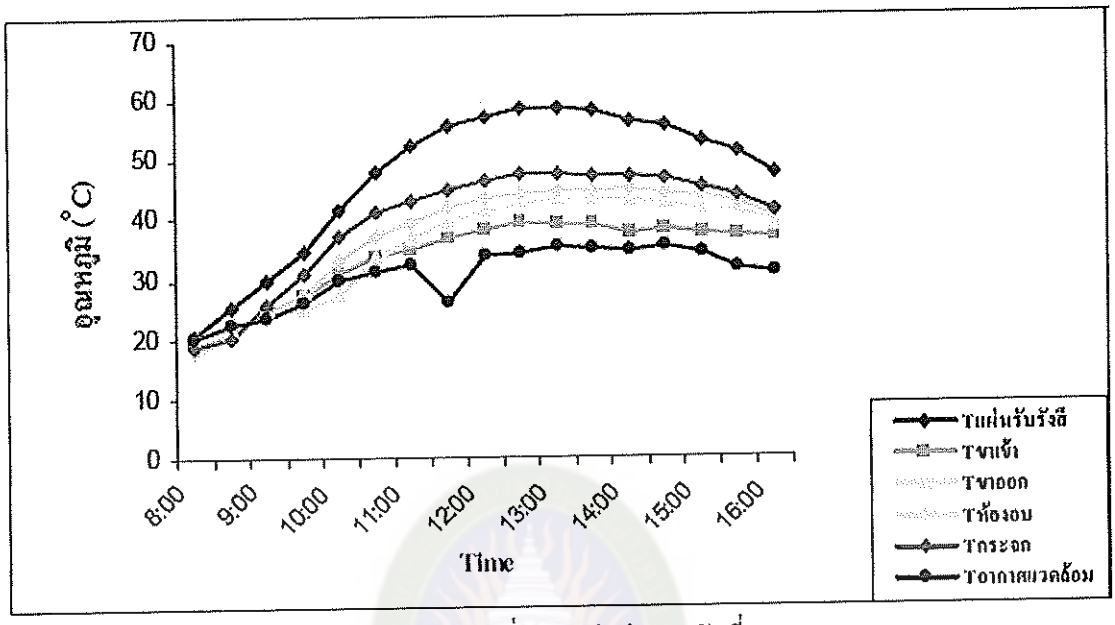



ภาพประกอบ 18 ค่าความเร็วลมวันที่ 15, 16 และ 22 มกราคม 2555

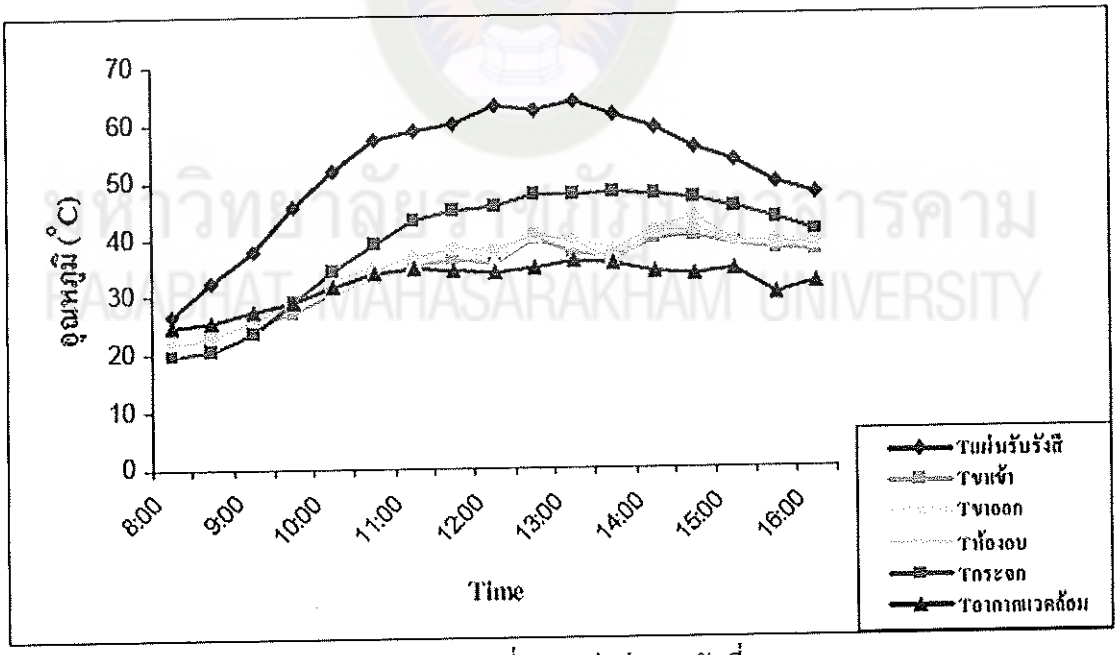
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการทดลองเมื่อวันที่ 15, 16 และ 22 มกราคม 2555 ดูภาพประกอบแล้วเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ จะเห็นว่าอุณหภูมิบรรยากาศจะเริ่มที่ค่าน้อยและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่ามากในช่วงเวลาประมาณ 12.00-14.00 น. ซึ่งมีค่ามากสุดของแต่ละวันคือ 58.58, 47.84 และ 64.20 $^{\circ}C$ ตามลำดับ และพบว่าอุณหภูมิที่ทางเข้าจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ทางออก เนื่องจากมีการระเหยของน้ำที่อยู่ในใบหม่อนทำให้อุณหภูมิลดลง ความชื้นจากใบหม่อนทำให้เย็นลงนั่นเอง นอกจากนี้ยังพบว่าถ้ารังสีดวงอาทิตย์ยิ่งมากก็ยิ่งส่งผลให้อุณหภูมิแผ่นรับรังสีมีค่ามากตามไปด้วยและจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบสูงขึ้นซึ่งมีผลต่อการอบแห้งใบหม่อนด้วย ผลการทดลองแสดงดังภาพประกอบ 19, 20, 21

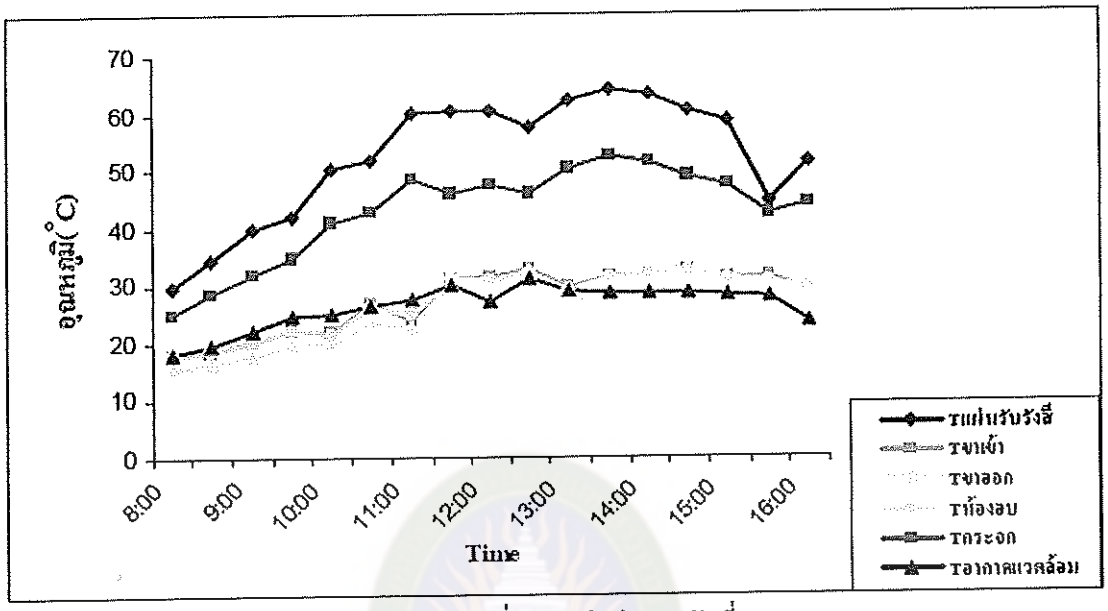



ภาพประกอบ 19 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วันที่ 15 มกราคม 2555




ภาพประกอบ 20 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วันที่ 16 มกราคม 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

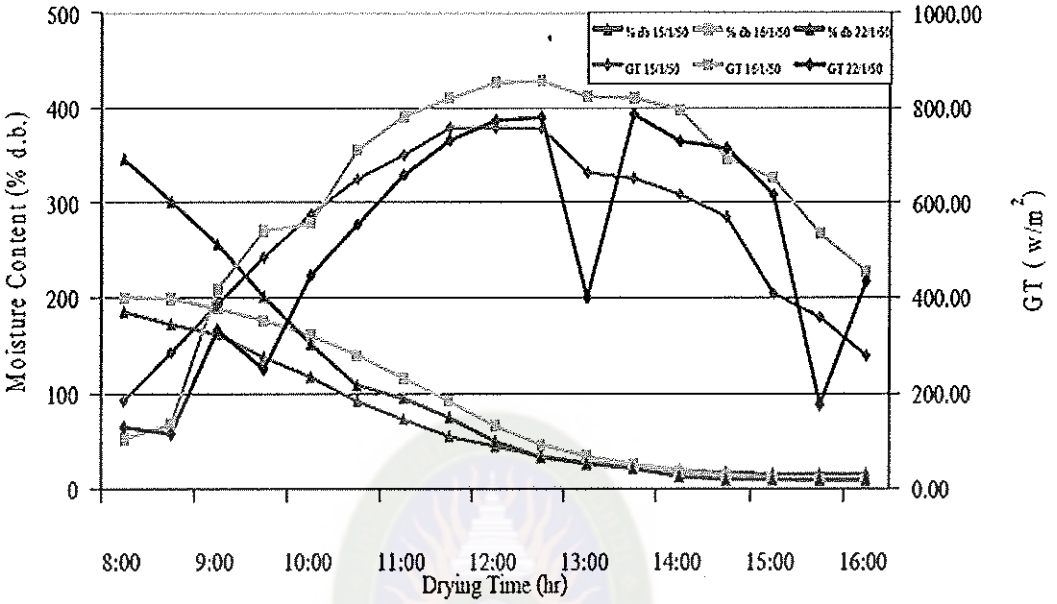



ภาพประกอบ 21 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วันที่ 22 มกราคม 2555

เปรียบเทียบความชื้นลดลงกับเวลาและค่าความเข้มรังสีอาทิตย์

เริ่มทดสอบเมื่อเวลา 08.00 น. ของวันที่ 15, 16 และ 22 มกราคม 2555 ที่ความชื้นเริ่มต้น 185.04 %db 200.30 %db และ 346.30 %db ตามลำดับซึ่งค่าความชื้นมีค่าต่างกัน และค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เริ่มต้นที่ 184.5 104.43 และ 129.43 w/ $m^2$ เมื่อเริ่มทำการอบใบหม่อน ความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ ตามค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งเวลาประมาณ 13.00 น. จึงอยู่ในช่วงการอบแห้งลดลงเพราะค่าความชื้นของใบหม่อนเริ่มมีค่าต่ำลงจนมีค่า 15.48, 7.96 และ 9.91 %db ดังภาพประกอบ 22

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY




ภาพประกอบ 22 ค่าความชื้นและค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ วันที่ 15, 16 และ 22 มกราคม 2555

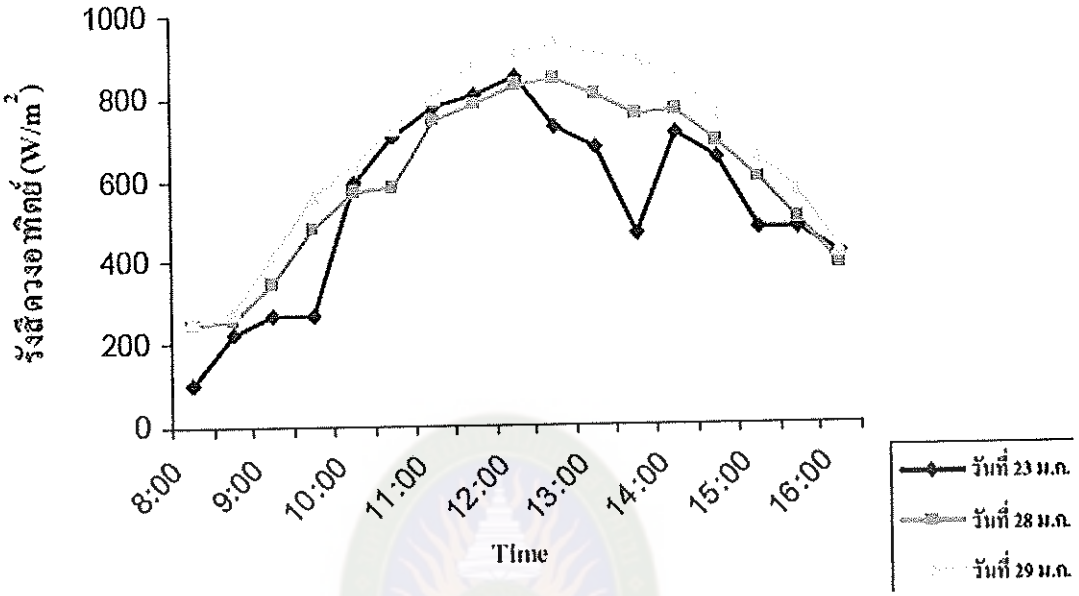
จากภาพประกอบ 22 สามารถแบ่งขั้นตอนการลดลงของความชื้นได้เป็น 3 ระยะเหมือนดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในหัวข้อความชื้นลดลงเทียบกับเวลา

ผลการทดลองอบแห้งใบหม่อน 18 กิโลกรัม ของวันที่ 23, 28 และ 29 มกราคม 2555

การเปลี่ยนแปลงของค่ารังสีดวงอาทิตย์

เริ่มทำการทดสอบ เมื่อเวลา 8.00 น. ได้ทำการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่า 101.00, 247.00 และ 254.57 W/ $m^2$ ตามลำดับและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อทำการวัดทุก ๆ 30 นาที จนได้ค่าสูงสุดของแต่ละวันมีค่า 851.57, 842.00 และ 927.00 W/ $m^2$ ตามลำดับ อุณหภูมิอากาศแวดล้อมประมาณ 32.50, 28.80 และ 29.40 °C ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงเวลา 12.00 น. – 13.00 น. เป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์ทำมุมใกล้เคียงมุมฉากกับพื้นผิวโลกมากที่สุด ในแต่ละวันค่ารังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาเดียวกันจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่จะไม่เท่ากัน เนื่องจากในแต่ละวันมีสภาพแวดล้อมไม่เหมือนกัน อาทิเช่นค่าความเร็วลมที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา และค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ จนถึงสิ้นสุดการทดลองเมื่อเวลา 16.00 น. ได้ค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบ 539.65ม 598.86 และ669.99 W/ $m^2$ ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 23

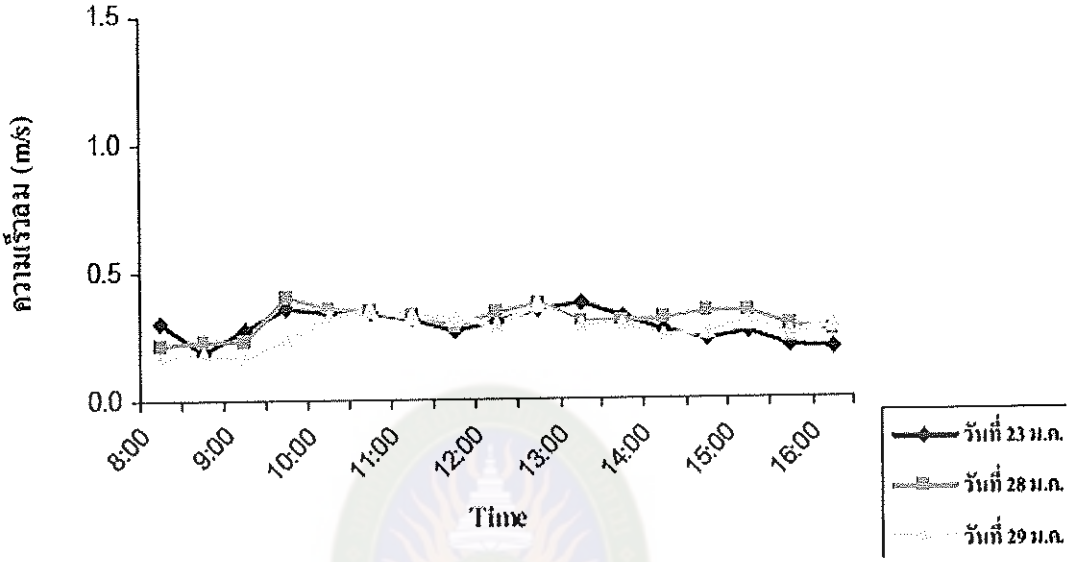
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY




ภาพประกอบ 23 ค่ารังสีอาทิตย์วันที่ 23 28 และ 29 มกราคม 2555

ความเร็วลม

สภาพความเร็วลมตามธรรมชาติที่ทำการทดสอบในวันที่ 23, 28 และ 29 มกราคม 2555 ดังภาพประกอบ 24 ซึ่งทำการวัดโดยเครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน โดยวัดค่าหลาย ๆ ครั้งที่จุดศูนย์กลางของ Chimney แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิทางเข้าห้องอบแห้งเพิ่มขึ้น ค่าความเร็วลมที่วัดได้จะเพิ่มขึ้น และค่าความเร็วลมจะลดลงเมื่ออุณหภูมิทางเข้าห้องอบแห้งลดลง ตามกฎของแรงลอยตัว จากการทดลองได้ค่าเฉลี่ย 0.29, 0.31 และ 0.27 m/s ตามลำดับและมีค่าสูงสุดคือ 0.37 m/s ดังภาพประกอบ 24

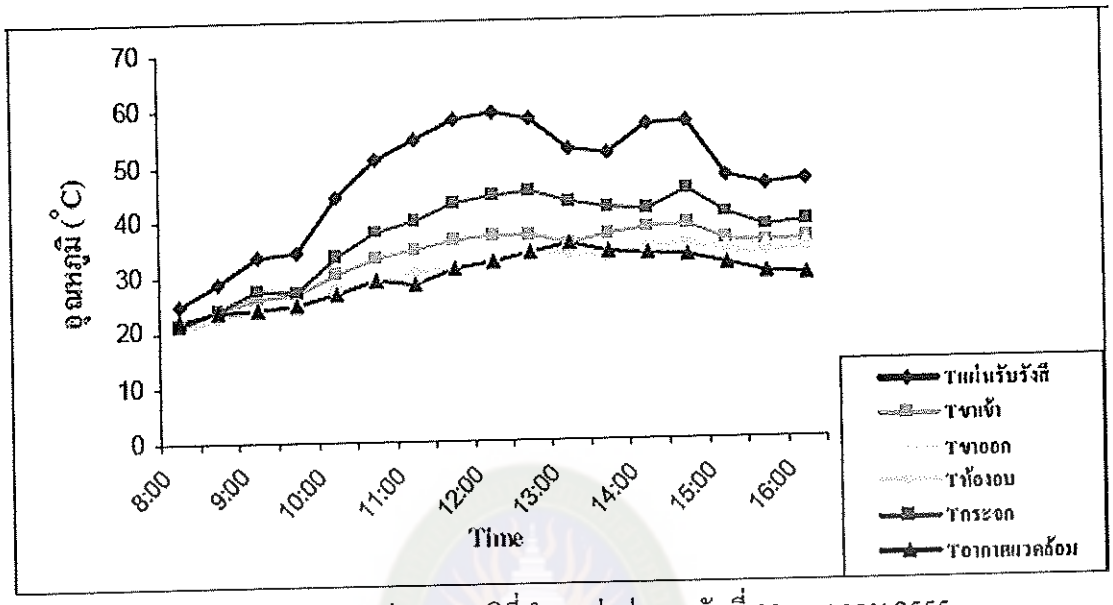



ภาพประกอบ 24 ค่าความเร็วลมวันที่ 23, 28 และ 29 มกราคม 2555

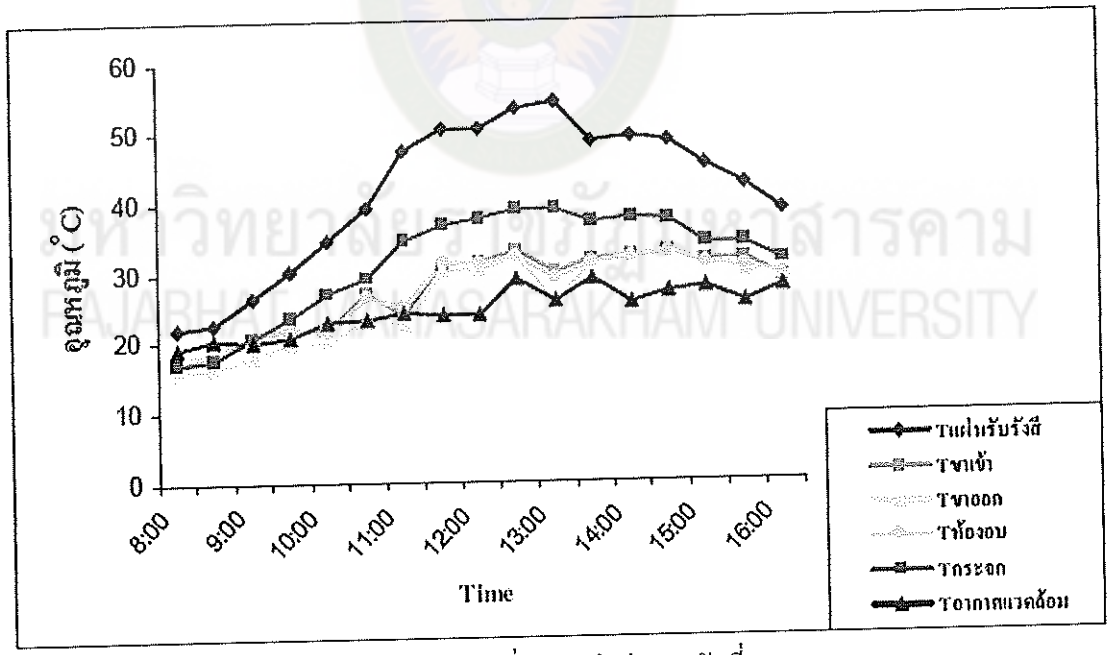
อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการทดลองเมื่อวันที่ 23, 28 และ 29 มกราคม 2555 ดูภาพประกอบแล้วเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ จะเห็นว่าอุณหภูมิบรรยากาศจะเริ่มที่ค่าน้อยและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่ามากในช่วงเวลาประมาณ 12.00-14.00 น. ซึ่งมีค่ามากสุดของแต่ละวันคือ 35.18, 32.30 และ 35.53 °C ตามลำดับและพบว่าอุณหภูมิที่ทางเข้าจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ทางออก เนื่องจากมีการระเหยของน้ำที่อยู่ในใบหม่อนทำให้อุณหภูมิลดลง ความชื้นจากใบหม่อนทำให้เย็นลงนั่นเอง นอกจากนี้ยังพบว่าถ้ารังสีดวงอาทิตย์ยิ่งมากก็ยิ่งส่งผลให้อุณหภูมิแผ่นรับรังสีมีค่ามากตามไปด้วยและจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบสูงขึ้นซึ่งมีผลต่อการอบแห้งใบหม่อนด้วย ผลการทดลองแสดง ดังภาพประกอบ 25, 26, 27

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHAGADAKHAM UNIVERSITY

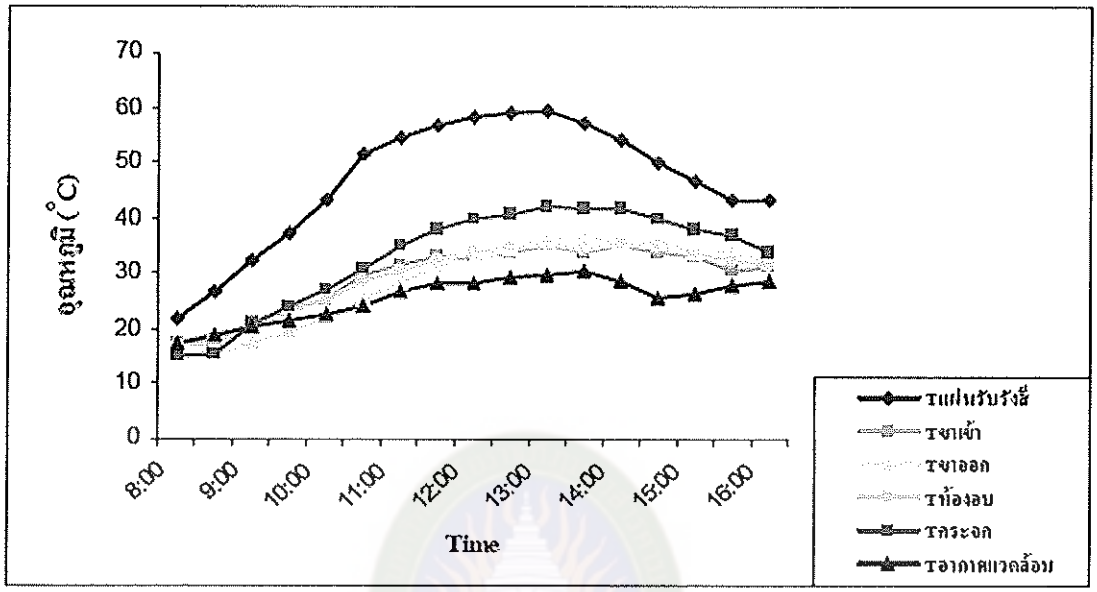



ภาพประกอบ 25 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วันที่ 23 มกราคม 2555




ภาพประกอบ 26 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วันที่ 28 มกราคม 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

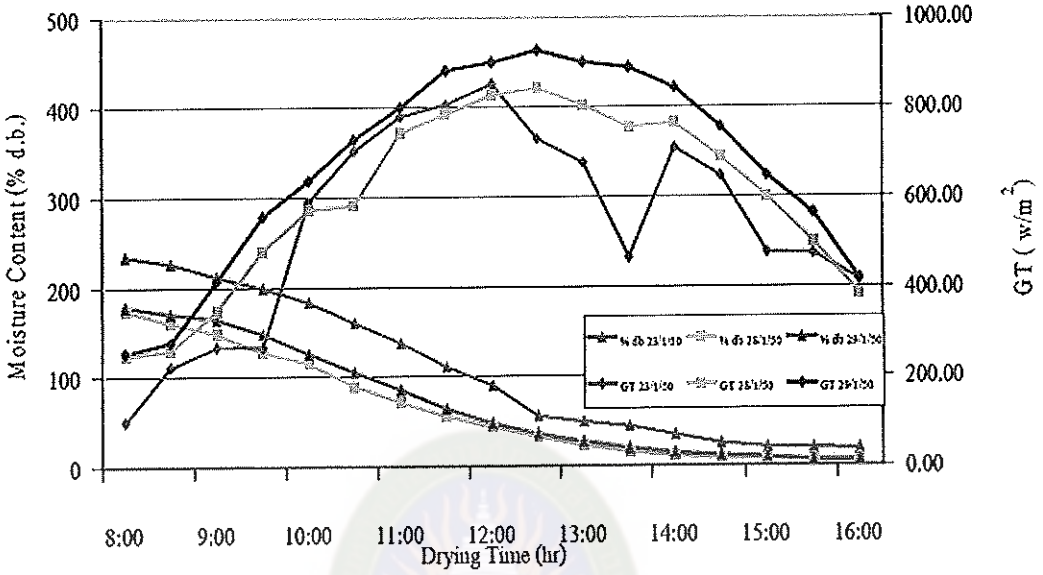



ภาพประกอบ 27 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วันที่ 29 มกราคม 2555

เปรียบเทียบความชื้นลดลงกับเวลาและความเข้มรังสีอาทิตย์

เริ่มทดสอบเมื่อเวลา 08.00 น. ของวันที่ 23 28 และ 29 มกราคม 2555 ที่ความชื้นเริ่มต้น 234.27 %db, 173.83 %db และ 178.52 %db ตามลำดับซึ่งค่าความชื้นมีค่าต่างกัน ความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเวลาประมาณ 13.00 น. จึงอยู่ในช่วงการอบแห้งลดลงเพราะค่าความชื้นของใบหม่อนเริ่มมีค่าต่ำลงจนมีค่า 19.22, 7.15 และ 5.39 %db ดังภาพประกอบ 28

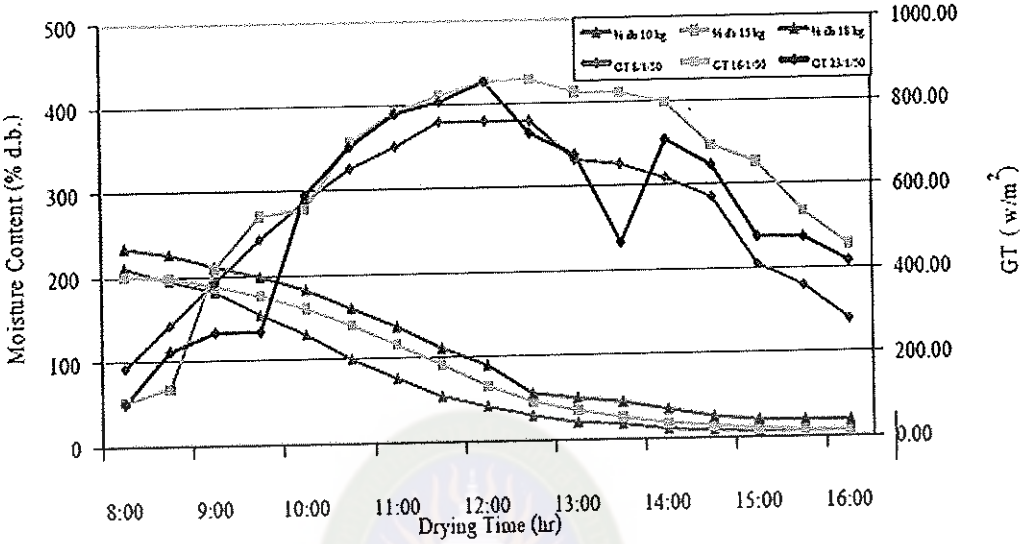
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY




ภาพประกอบ 28 ค่าความชื้นวันที่ 23 28 และ29 มกราคม 2555

จากภาพประกอบ 28 สามารถแบ่งขั้นตอนการลดลงของความชื้นได้เป็น 3 ระยะเหมือนดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในหัวข้อความชื้นลดลงเทียบกับเวลา

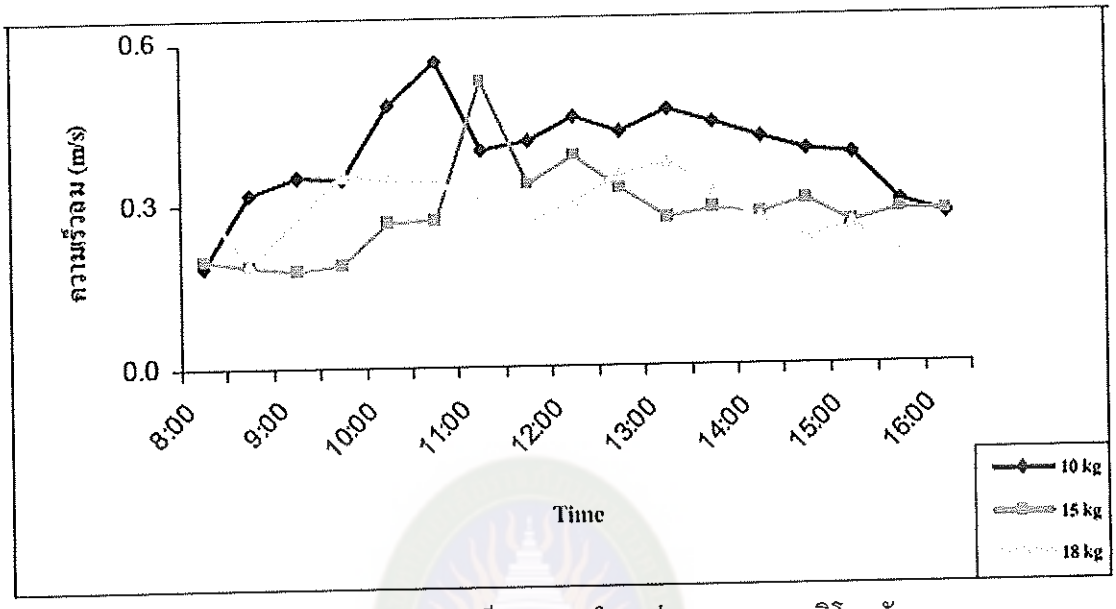
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



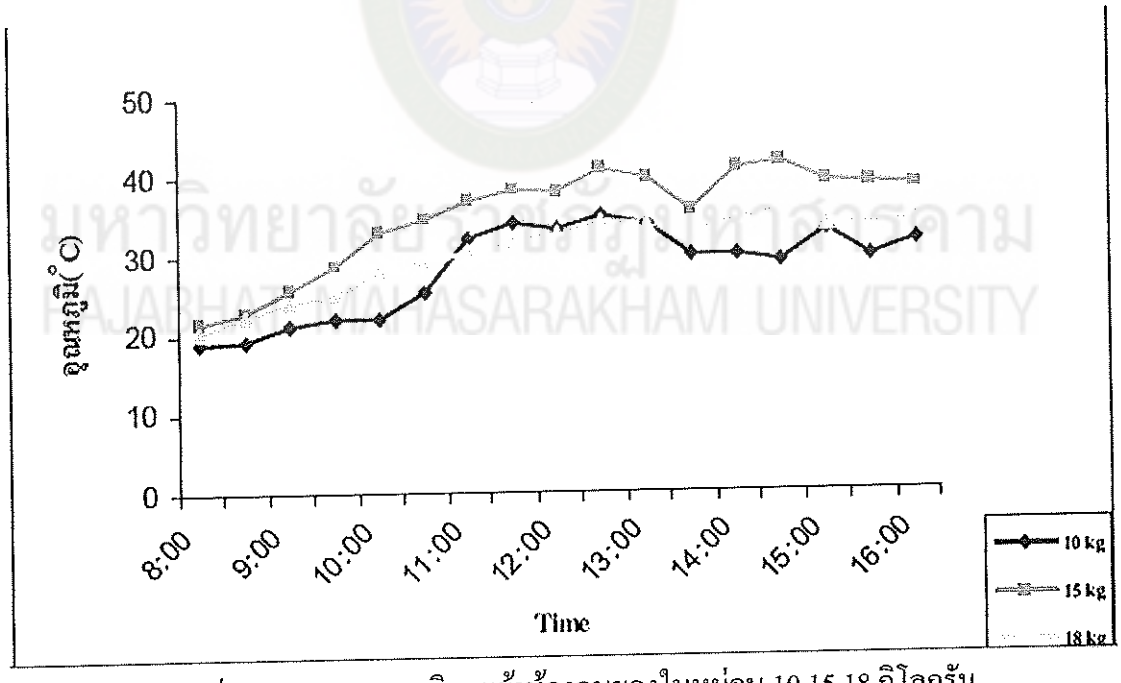

ภาพประกอบ 29 ความชื้นลดลงกับเวลาของใบหม่อน 10, 15, 18 กิโลกรัม และความเข้มรังสีอาทิตย์

จากภาพประกอบ 29 การเปรียบเทียบความชื้นลดลงกับเวลาของใบหม่อนสด เมื่อนำมาเปรียบเทียบจะเห็นว่าใบหม่อนสด 10 กิโลกรัมมีการลดลงค่อนข้างเร็วกว่าปริมาณอื่นคือ 15 และ 18 กิโลกรัม เนื่องมาจากปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้อยกว่า ทำให้ชั้นของการอบแห้งบางกว่าปริมาณมากจึงทำให้ได้รับลมร้อนได้ทั่วถึงมากกว่า ดังนั้นจึงทำให้แห้งเร็ว ดังภาพประกอบ 30, 31

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

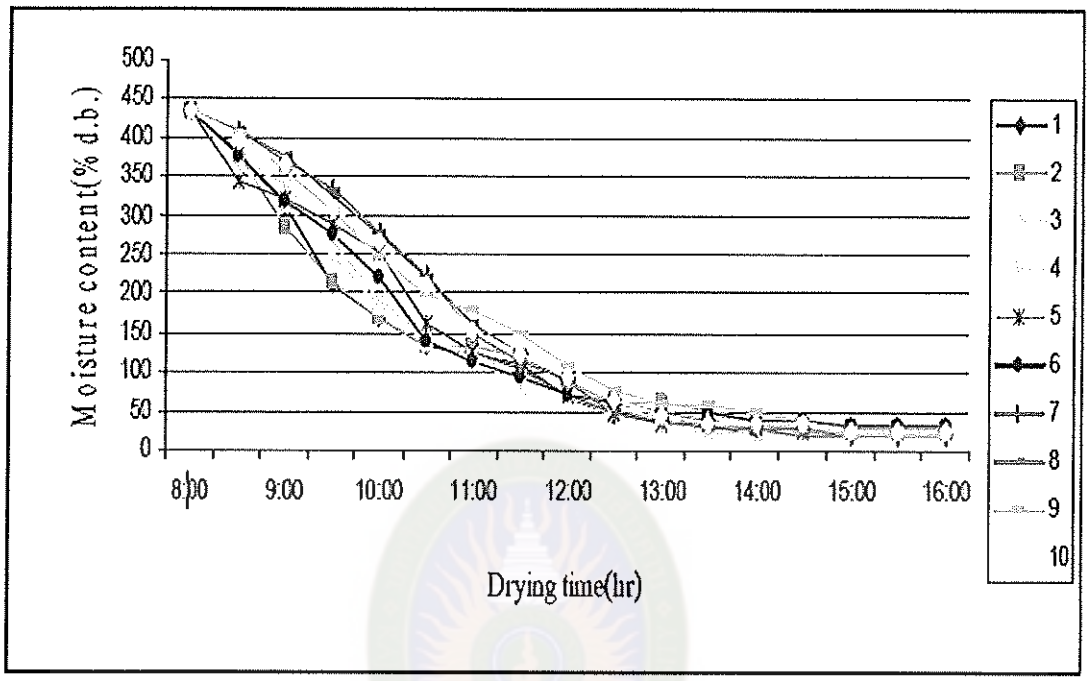



ภาพประกอบ 30 ความเร็วลมของใบหม่อน 10 15 18 กิโลกรัม




ภาพประกอบ 31 อุณหภูมิทางเข้าห้องอบของใบหม่อน 10 15 18 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

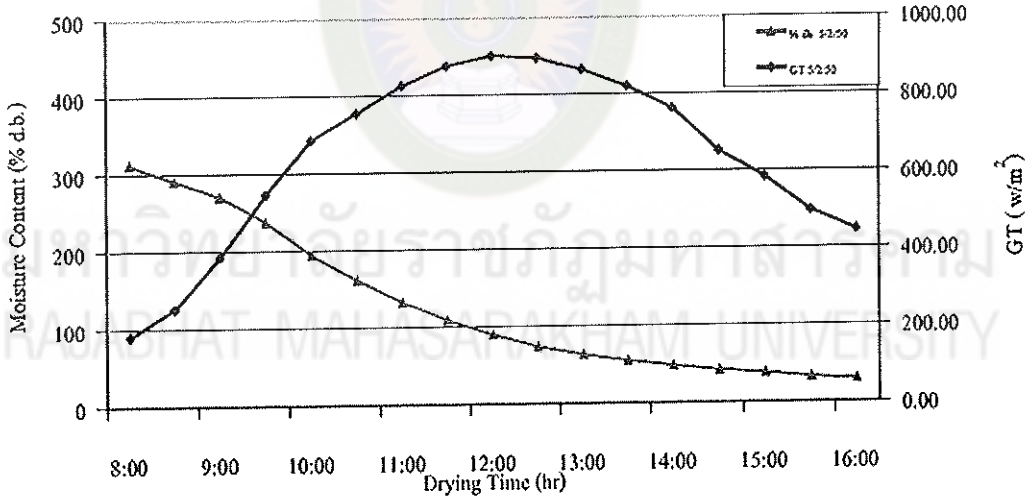



ภาพประกอบ 32 ค่าความชื้นลดลงของกลุ่มตัวอย่างใบหม่อนแต่ละถาด

จากภาพประกอบ 32 จะแสดงให้เห็นว่านำใบหม่อนจำนวน 18 กิโลกรัมที่มีค่าความชื้นเริ่มต้น 435.55 %d.b. เข้าห้องอบแห้ง โดยเกลี่ยให้ทั่วบนถาด ส่วนใบหม่อนตัวอย่างทำโดยการวางถาดเล็กให้กระจายทั่วพื้นที่ถาดใหญ่ในห้องอบแห้งแต่ละถาดเป็น 10 จุด เริ่มทำการอบแห้งค่าความชื้นเริ่มต้นจะเท่ากันทุกค่า เมื่อเวลาผ่านไประยะการระเหยของไอน้ำลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 08.00-11.30 น. ซึ่งค่าของแต่ละถาดจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่วางและชั้นหนาของใบหม่อน ณ จุดนั้น ๆ แต่ก็ใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นจนสิ้นสุดการทดลองค่าความชื้นค่อย ๆ ลดลงจนถึงความชื้นสุดท้ายที่ช่วง 18.01-25.34 %d.b. ซึ่งทุกค่ามีผลสุดท้ายใกล้เคียงกับ สรุปได้ว่าทุกถาดตัวอย่างใบหม่อนหลังจากการอบแห้งแล้วแห้งเท่ากันและนำมาหาค่าความชื้นเฉลี่ยได้ 19.22 %d.b.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลการทดลองอบแห้งใบหม่อน 20 กิโลกรัม ของวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2555 เริ่มทดสอบเมื่อเวลา 08.00 น. ของวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2555 ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์เริ่มต้น 180.51 w/ $m^2$ ความชื้นเริ่มต้น 312.93 %db น. เป็นระยะที่ใบหม่อนยังมีความชื้นมากอยู่ในช่วงอุณหภูมิพื้นผิวจะเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อน และมีการระเหยของความชื้นเกิดขึ้นบริเวณผิวของใบหม่อน ค่าความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเวลาประมาณ 12.00 น. ซึ่งมีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุด 902.42 w/ $m^2$ จึงอยู่ในช่วงการอบแห้งลดลงเพราะค่าความชื้นของใบหม่อนเริ่มมีค่าต่ำลงจนมีค่าสุดท้าย 29.82 %db ตลอดการทดลองค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 643.56 w/ $m^2$ แม้ว่าจะมีค่าสูงแต่เนื่องมาจากปริมาณใบหม่อนที่มีปริมาณมาก ทำให้ชั้นของการอบแห้งไม่เป็นชั้นบาง จึงทำให้ได้รับลมร้อนได้ไม่ทั่วถึง ดังนั้นจึงทำให้ใบหม่อนบางจุดยังไม่แห้งดีและมีความชื้นอยู่ ดังภาพประกอบ 33




ภาพประกอบ 33 ความชื้นลดลงกับเวลาและความเข้มรังสีอาทิตย์ของการอบใบหม่อน 20 กิโลกรัม ในวันที่ 5/2/55

ความสัมพันธ์ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ ค่าอุณหภูมิ และค่าอัตราไหลเชิงมวลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งใบหม่อนพลังงานแสงอาทิตย์ จากผลการทดลองและบันทึกค่า จะเห็นว่าในวันที่มีค่าเฉลี่ยของความเข้มรังสีอาทิตย์สูงจะทำให้แผ่นรับรังสีอาทิตย์ได้รับพลังงานมาก จึงเป็น

วันที่มีค่า □ T สูงด้วย แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิแวดล้อมในวันนั้น ๆ ด้วย และผลจากการที่มีค่า □ T สูงนี้ ก็จะมีผลต่อเนื่องถึงค่าอัตราไหลเชิงมวลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งใบหม่อนพลังงานแสงอาทิตย์ตามมา ดังได้ค่าดังแสดงในตาราง 3

| วันที่ | ใบหม่อน (ก.ก.) | พลังงานแสงอาทิตย์ เฉลี่ย/วัน $G_T$(w/m$^2$) | อุณหภูมิแวดล้อม เฉลี่ย/วัน $T_{amb}$ (° C) | อุณหภูมิแผ่นรับรังสี เฉลี่ย/วัน $\Delta T$ (° C) | อัตราไหลเชิงมวล เฉลี่ย/วัน $\dot{m}$ (kg/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| 5/1/2007 | 10 | 493.36 | 29.52 | 6.91 | 0.311 |
| 8/1/2007 | | 534.82 | 27.47 | 6.23 | 0.268 |
| 9/1/2007 | | 586.28 | 26.02 | 5.04 | 0.285 |
| 15/1/2007 | 15 | 534.82 | 30.43 | 3.27 | 0.268 |
| 16/1/2007 | | 621.40 | 31.12 | 2.68 | 0.253 |
| 22/1/2007 | | 553.91 | 25.17 | 2.15 | 0.274 |
| 23/1/2007 | 18 | 545.53 | 29.77 | 4.00 | 0.256 |
| 28/1/2007 | | 598.87 | 24.44 | 2.86 | 0.274 |
| 29/1/2007 | | 699.99 | 25.49 | 5.14 | 0.240 |

ค่าประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งใบหม่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ตาราง 3 ความสัมพันธ์ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ ค่าอุณหภูมิ และค่าอัตราไหลเชิงมวลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งใบหม่อนพลังงานแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งที่ได้ เกิดจากการนำเอาค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองมาคำนวณจากสมการในภาคผนวก ก พบว่าวันที่มีประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง มีค่าเท่ากับ 17.92 %, 62.69 % และ 10.41 %. ตามลำดับวัน ค่าประสิทธิภาพจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเร็วลม ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ค่ารังสีดวงอาทิตย์ และค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปตลอดการทดลอง จากการคำนวณได้ค่าดังแสดงในตาราง 4

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

| วันที่ | ใบหม่อน (ก.ก.) | η แผงรับรังสี (%) | η ห้องอบแห้ง (%) | η เครื่องอบแห้ง (%) | ความชื้นสุดท้าย % db |
|---|---|---|---|---|---|
| 5/1/2007 | 10 | 31.25 | 27.39 | 9.57 | 18.60 |
| 8/1/2007 | | 10.06 | 60.05 | 6.65 | 6.50 |
| 9/1/2007 | | 15.83 | 54.84 | 9.47 | 20.71 |
| 15/1/2007 | 15 | 39.04 | 30.38 | 13.07 | 15.46 |
| 16/1/2007 | | 15.22 | 79.60 | 14.20 | 7.96 |
| 22/1/2007 | | 10.15 | 79.56 | 8.54 | 9.91 |
| 23/1/2007 | 18 | 12.70 | 86.53 | 11.01 | 19.22 |
| 28/1/2007 | | 12.70 | 77.90 | 10.75 | 7.15 |
| 29/1/2007 | | 14.35 | 67.98 | 10.44 | 5.93 |

วอเตอร์แอกติวิตี้ (Water Activities)

ตาราง 4 ค่าประสิทธิภาพต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งใบหม่อนพลังงานแสงอาทิตย์และค่าความชื้นสุดท้ายหลังทำการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

วอเตอร์แอกติวิตี้ (Water Activities) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในวัสดุหลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งมาแล้ว เป็นปริมาณน้ำเหลือที่อยู่พอที่จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ สามารถเจริญเติบโตได้แล้ว จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าและเสียหายได้ จากการทดลองพบว่า ค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0.4 – 0.6 และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30 – 31 °C ซึ่งค่าในช่วงนี้แสดงว่าใบหม่อนหลังการอบแห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้ไม่ต่ำกว่า 6 เดือน ตลอดการทดลองนี้อยู่ระหว่าง 0.44-0.67 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารแสดงว่าใบหม่อนที่อบแห้งแล้วก็สามารถนำไปเก็บรักษา ส่วนค่าที่วัดได้แตกต่างกันเป็นตัวบอกปริมาณน้ำอิสระในใบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หม่อน ค่ามากน้อยสัมพันธ์กับความชื้นสุดท้ายหลังทำการอบแห้งและจากการทดลองได้ค่าต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 5

| วันที่ | ใบหม่อน (ก.ก.) | $A_w$ | ความชื้นสุดท้าย % db |
|---|---|---|---|
| 5/1/2007 | 10 | 0.48±0.126 | 18.60 |
| 8/1/2007 | | 0.44±0.021 | 6.50 |
| 9/1/2007 | | 0.51±0.023 | 20.71 |
| 15/1/2007 | 15 | 0.67±0.083 | 15.46 |
| 16/1/2007 | | 0.58±0.213 | 7.96 |
| 22/1/2007 | | 0.61±0.182 | 9.91 |
| 23/1/2007 | 18 | 0.66±0.002 | 19.22 |
| 28/1/2007 | | 0.62±0.370 | 7.15 |
| 29/1/2007 | | 0.56±0.152 | 5.93 |

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 5 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ที่ได้จากการอบแห้งใบหม่อน ด้วยเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์

วันที่ ใบหม่อน (ก.ก.) Aw

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab

ค่าสีจากตัวอย่างที่ได้ นำไปบดละเอียดแล้ววัดสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab พบว่าสีของใบหม่อนหลังอบแห้งแล้วมีค่า ค่าความสว่าง (L) อยู่ในช่วง 42.45 ถึง 45.32 โดยเฉลี่ย ค่าความเป็นสีแดง (a) อยู่ในช่วง -6.20 ถึง -3.60 โดยเฉลี่ย ค่าความเป็นสีเหลือง (b) อยู่ในช่วง 25.12 ถึง 34.68 แสดงว่าใบหม่อนหลังการอบแห้งยังคงความเป็นสีเขียว (สีของใบหม่อนก่อนที่จะนำไปอบแห้งมีค่าต่าง ๆ ดังนี้ ค่าความสว่าง (L) อยู่ในช่วง 46.23 ถึง 47.58โดยเฉลี่ย ค่าความเป็นสีแดง (a) อยู่ในช่วง -9.61 ถึง -11.74 โดยเฉลี่ย ค่าความเป็นสีเหลือง (b) อยู่ในช่วง 25.32 ถึง 26.84 โดยเฉลี่ย)

พิจารณาค่าที่ต้องการคือค่าความเป็นสีแดง (a*) ที่ติดลบ เพราะนั่นแสดงว่าใบหม่อนที่ได้มีความเป็นสีเขียวมาก

ซึ่งผลจากค่า a ทั้งสามค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าใบหม่อนก่อนและหลังจากการอบแห้งนั้นสีไม่เปลี่ยนแปลงมาก ผลการวัดค่าสีต่าง ๆ แสดงดังตาราง 6

| วันที่ | ใบหม่อน (ก.ก.) | L | a | b | ความชื้นสุดท้าย % db |
|---|---|---|---|---|---|
| 5/1/2007 | 10 | 42.94±0.253 | -5.61±0.275 | 34.68±0.901 | 18.60 |
| 8/1/2007 | | 43.05±0.263 | -4.72±0.662 | 30.54±0.163 | 6.50 |
| 9/1/2007 | | 40.45±0.005 | -4.94±0.425 | 25.12±0.388 | 20.71 |
| 15/1/2007 | 15 | 43.74±0.211 | -3.60±0.841 | 31.90±0.512 | 15.46 |
| 16/1/2007 | | 44.05±0.114 | -5.93±0.612 | 31.48±0.425 | 7.96 |
| 22/1/2007 | | 40.84±0.032 | -4.15±0.141 | 26.04±0.362 | 9.91 |
| 23/1/2007 | 18 | 45.32±0.325 | -4.27±0.643 | 29.66±0.354 | 19.22 |
| 28/1/2007 | | 42.28±0.346 | -5.57±0.384 | 30.16±0.361 | 7.15 |
| 29/1/2007 | | 42.04±0.634 | -6.20±0.804 | 27.66±0.412 | 5.93 |

ตาราง 6 ค่าสีที่วัดได้จากการอบแห้งใบหม่อน ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบแห้งโดยใช้แก๊ส LPG (ข้อมูลเครื่องได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์นวัตกรรมหม่อนไหมจังหวัดมหาสารคาม)

กำลังการผลิตเครื่องอบแห้งใช้พลังงานแสงอาทิตย์ครั้งละ 18 ก.ก./วัน ในเวลา 1 ปี เดินเครื่อง240 วัน จึงสามารถอบแห้งใบหม่อนได้จำนวน 4,320 ก.ก./ปี

กำลังการผลิตเครื่องอบแห้งใช้แก๊ส LPG ครั้งละ 27 ก.ก./วัน ในเวลา 1 ปี เดินเครื่อง 240 วัน จึงสามารถอบแห้งใบหม่อนได้จำนวน 6,480 ก.ก./ปี โดยสิ้นเปลืองค่าพลังงานในการอบครั้งละ 60 บาท รวมทั้งปีเป็นเงิน 14,400 บาท (แก๊ส LPG ราคา 12 บาท/ก.ก.)

จากข้อมูลความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์ กับเครื่องอบแห้งโดยใช้แก๊ส LPG พบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ค่าตัดสินใจโครงการและระยะเวลาคุ้มทุนจะดีกว่า สำหรับเครื่องอบแห้งโดยใช้แก๊ส LPG มีราคาแพง และต้องมีต้นทุนค่าเชื้อเพลิง ในการอบแห้งจึงทำให้ต้นทุนสูง เมื่อทำงานในเวลาเท่ากัน แสดงดังตาราง 7

| รายการ | หน่วย | พลังงานแสงอาทิตย์ | แก๊ส LPG |
|---|---|---|---|
| <u>เงินลงทุน</u> | บาท | 50,000 | 500,000 |
| <u>กำลังผลิตรายปี</u> | | | |
| วัตถุดิบใบหม่อนสด | ก.ก. | 4,320 | 6,480 |
| ผลผลิตใบหม่อนอบแห้ง | ก.ก. | 1,600 | 2,400 |
| จำนวนครั้งที่ผลิต/ปี | วัน | 240 | 240 |
| <u>ค่าใช้จ่ายรายปี</u> | | - | |
| ค่าบำรุงรักษา 5% ของราคาเครื่อง | บาท | 2,500 | 25,000 |
| ค่าพลังงาน | บาท | - | 14,400 |
| รายจ่ายค่าใบหม่อน 8 บาท/กก. | บาท | 34,560 | 51,840 |
| รายได้จากการขายใบหม่อนอบแห้ง 50 บาท/ก.ก. | บาท | 80,000 | 120,000 |
| <u>รายรับสุทธิ/ปี</u> | บาท | 42,940 | 28,760 |
| <u>การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน</u> | | | |
| อัตราดอกเบี้ย | % | 10 | 10 |
| ระยะเวลาคุ้มทุน | ปี | 1.29 | 25 |
| <u>การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน</u> | | | |
| อายุโครงการ | ปี | 10 | 10 |
| อัตราผลตอบแทน | % | 10.28 | 9.23 |

ตาราง 7 ข้อมูลเปรียบเทียบเครื่องอบแห้งใบหม่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งใบหม่อนโดยใช้แก๊ส LPG

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY