บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 สภาพแวดล้อมในการทดลอง

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบของเลมอนไทม์ เปปเปอร์มิ้นท์และยูเอสเอมิ้นท์ บันทึกโดยใช้ data logger วางไว้ 5 ตำแหน่งในแต่ละชั้นพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบจะมีค่าสูงในช่วงแรก เนื่องจากมีการระเหยน้ำออกจากผลผลิตมากและจะลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาการอบแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยชั้นบนในชั่วโมงแรกของการอบเลมอนไทม์ เปปเปอร์มิ้นท์และยูเอสเอมิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 m/s เป็น 60.87 68.83 และ 81.78 % ตามลำดับ สำหรับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยชั้นล่างเป็น 62.35 74.47 และ 90.96 % ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบที่มีค่าสูงนี้เนื่องจากมีการระเหยน้ำออกมา อากาศที่แห้งจะมีการรับไอน้ำเกิดขึ้น และเมื่อระยะเวลาผ่านไปความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบก็จะมีค่าลดลง เมื่อสิ้นสุดการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ชั้นบนของการทดลองอบเลมอนไทม์ เปปเปอร์มิ้นท์และยูเอสเอมิ้นท์ มีค่าเฉลี่ยคือ 16.34 16.16 และ 19.47 % ตามลำดับ และความชื้นสัมพัทธ์ชั้นล่างของการทดลองอบเลมอนไทม์ เปปเปอร์มิ้นท์และยูเอสเอมิ้นท์ จะมีค่าเฉลี่ยคือ 15.42 16.64 และ 12.91 % ตามลำดับ

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยชั้นบนในชั่วโมงแรกของการอบเลมอนไทม์ เปปเปอร์มิ้นท์และยูเอสเอมิ้นท์ที่ความเร็วลม 1.8 m/s เป็น 74.98 69.32 และ 80.82 % ตามลำดับ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของชั้นล่างเป็น 83.92 77.77 และ 87.27 % ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาผ่านไปความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบมีค่าลดลง เมื่อสิ้นสุดการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ชั้นบนของการทดลองอบเลมอนไทม์ เปปเปอร์มิ้นท์ และยูเอสเอมิ้นท์ มีค่าเฉลี่ยคือ 20.96 18.59 และ 22.7 % ตามลำดับ และความชื้นสัมพัทธ์ชั้นล่างของการทดลองอบเลมอนไทม์ เปปเปอร์มิ้นท์ และยูเอสเอมิ้นท์ มีค่าเฉลี่ยคือ 20.59 20.54 และ 24.94 % ตามลำดับ

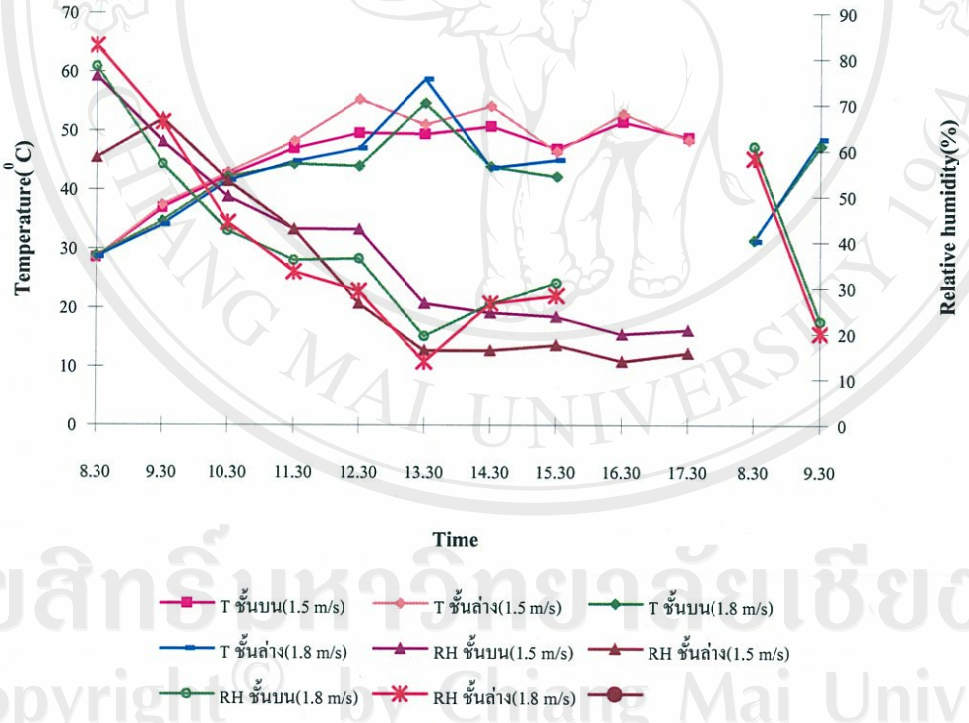
4.1.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

อุณหภูมิในแต่ละชั้นมีค่าใกล้เคียงกันโดยอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบนคือ 28.35 26.04 และ 29.94 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นล่างคือ 28.45 25.91 และ 27.94 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิในแต่ละชั้นจะมีค่าต่ำในช่วงแรกและค่อยๆเพิ่มสูงขึ้น โดยอุณหภูมิจะมีค่าสูงในช่วง11.00 – 15.00 นาฬิกา เนื่องจากเป็นช่วงที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์สูง เมื่อสิ้นสุดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

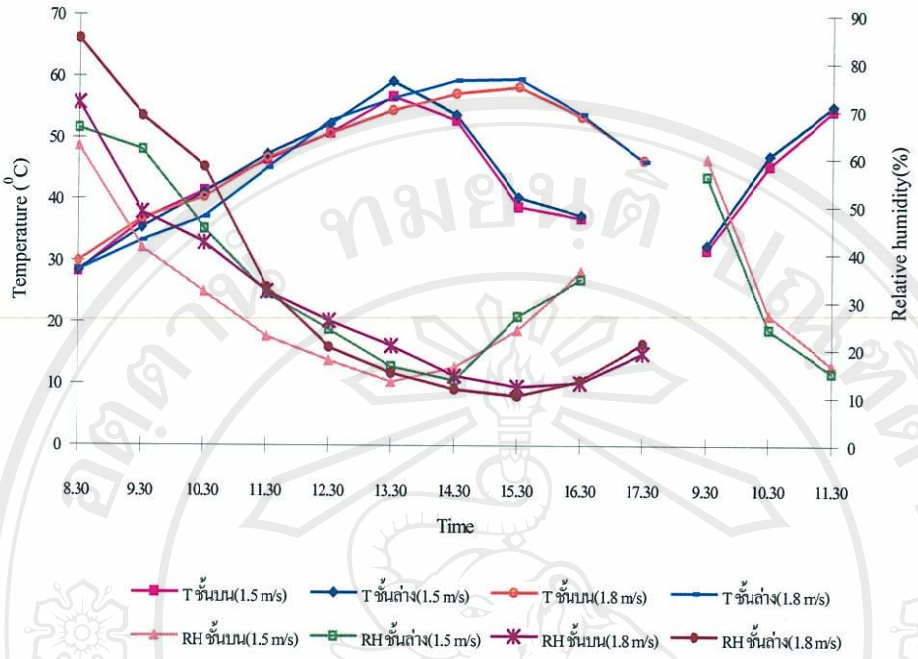
ทดลองอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบน คือ 51.50 43.31 และ 54.56 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นล่างคือ 51.79 41.72 และ 53.08 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

อุณหภูมิเฉลี่ยในชั่วโมงแรกของการอบพืชสมุนไพรทั้งสามชนิดที่ควบเร็วลม 1.5 m/s พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบนจะมีค่าเป็น 29.35 28.28 และ 28.67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นล่างจะมีค่าเป็น 28.51 27.9 และ 28.14 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากข้อมูลจะพบว่าอุณหภูมิแต่ละชั้นเมื่อเริ่มอบจะมีค่าต่ำและอุณหภูมิจะค่อยๆเพิ่มขึ้น อันเนื่องจากค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงขึ้น โดยอุณหภูมิช่วง 11.00 – 15.00 นาฬิกา จะเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูง หลังจากสิ้นสุดการทดลองอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบน คือ 46.93 44.07 และ45.26 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นล่าง คือ 47.41 41.82 และ 44.82 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังรูป 4.1(a) 4.1(b) 4.2(a) 4.2(b) และ 4.3(a) ,4.3(b)

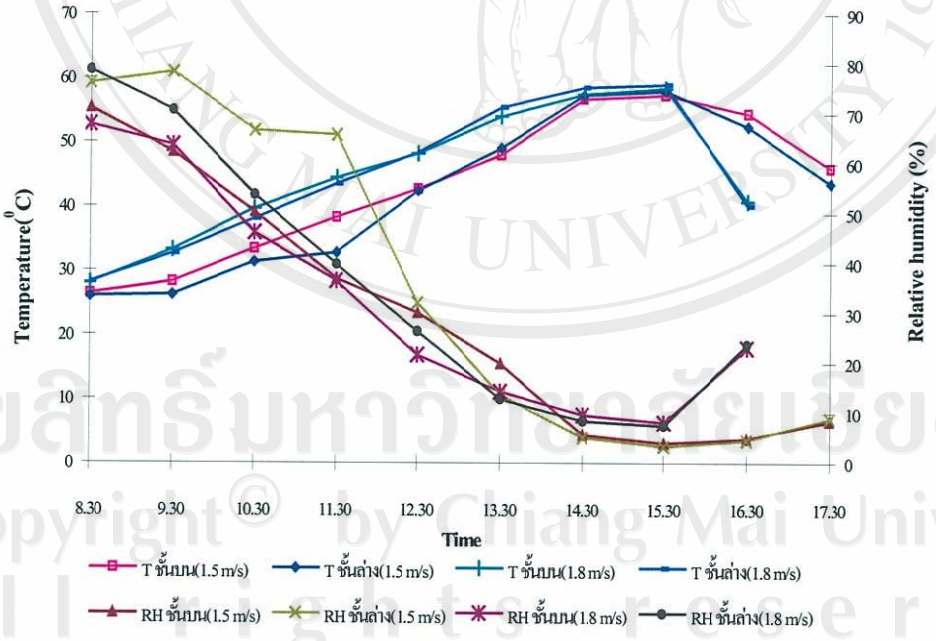


รูปที่ 4.1 (a) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในตู้อบที่อบเลมอนไทม์ ที่ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 1 (1/5/2547 – 11/5/2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

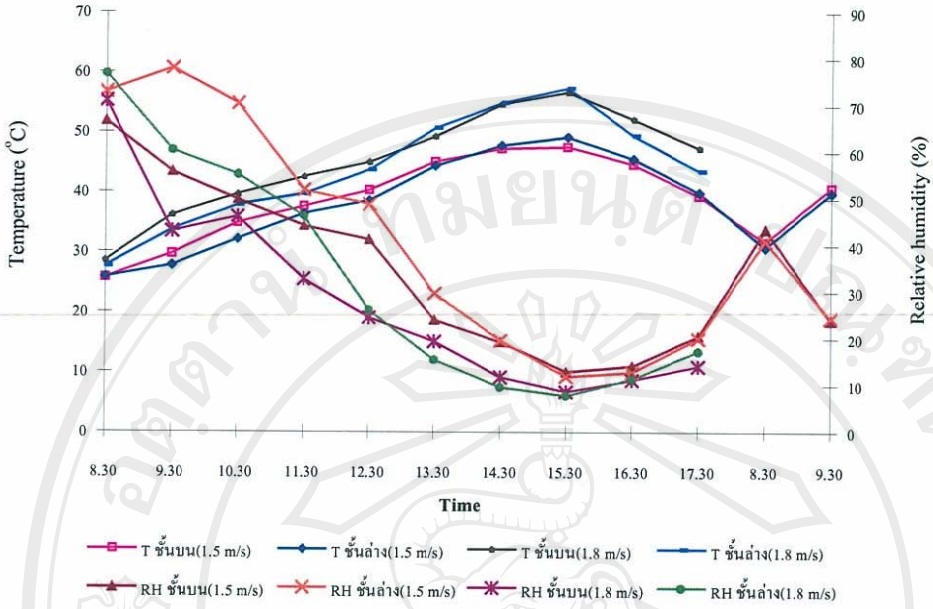


รูปที่ 4.1 (b) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในตู้อบที่อบเลมอนไทม์ ที่ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 2 (2/5/2547 – 13/5/2547)

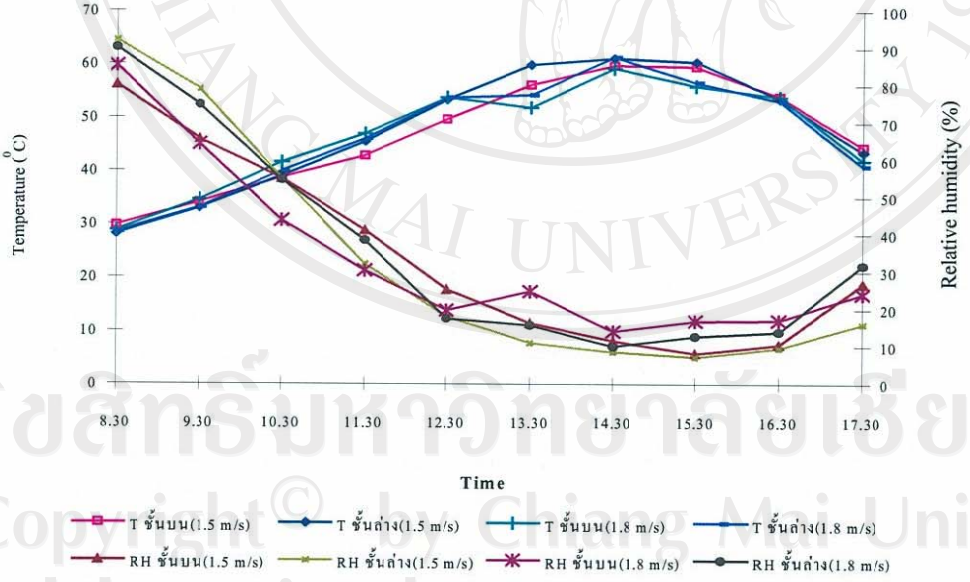


รูปที่ 4.2 (a) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในตู้อบที่อบเปปเปอร์มิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 1 (28/3/2547 – 20/4/2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

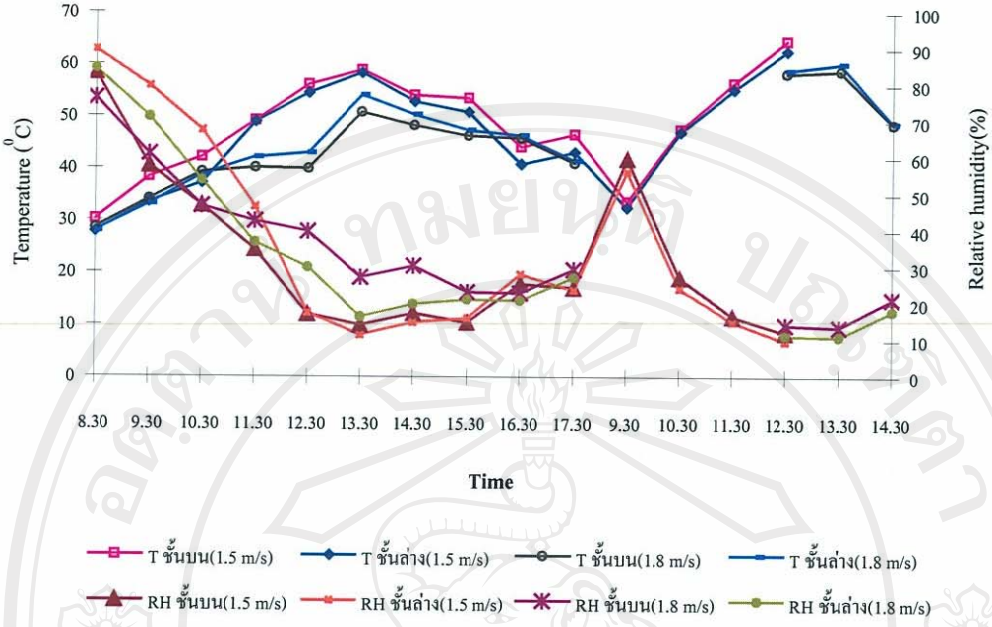


รูปที่ 4.2 (b) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในตู้อบที่อบเปปเปอร์มิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 2 (29-30/3/2547 – 21/4/2547)

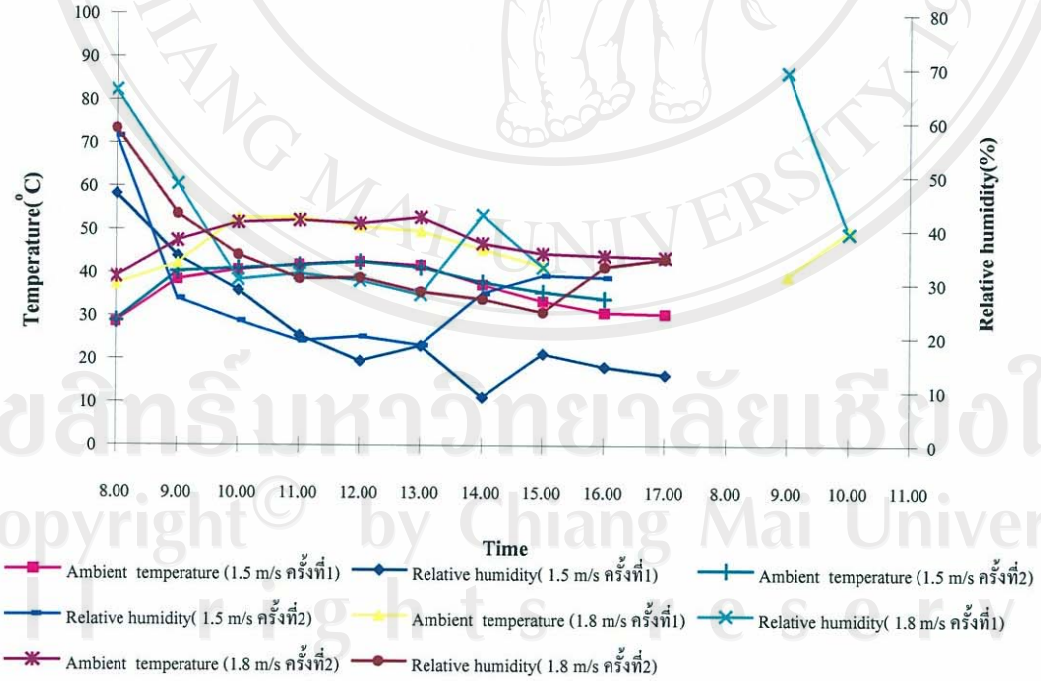


รูปที่ 4.3 (a) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบที่อบยูเอสเอมิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 1 (9/5/2547 – 14/5/2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

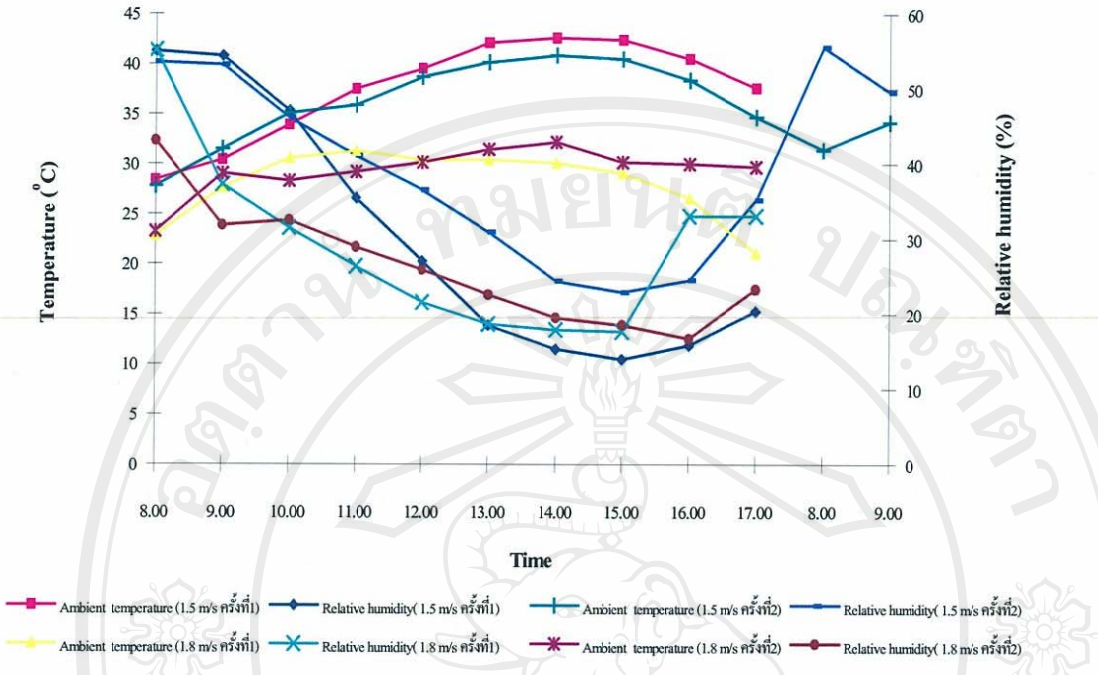


รูปที่ 4.3 (b) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในตู้อบที่อบยูเอสเอมิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 2 (10/5/2547 – 15/5/2547)

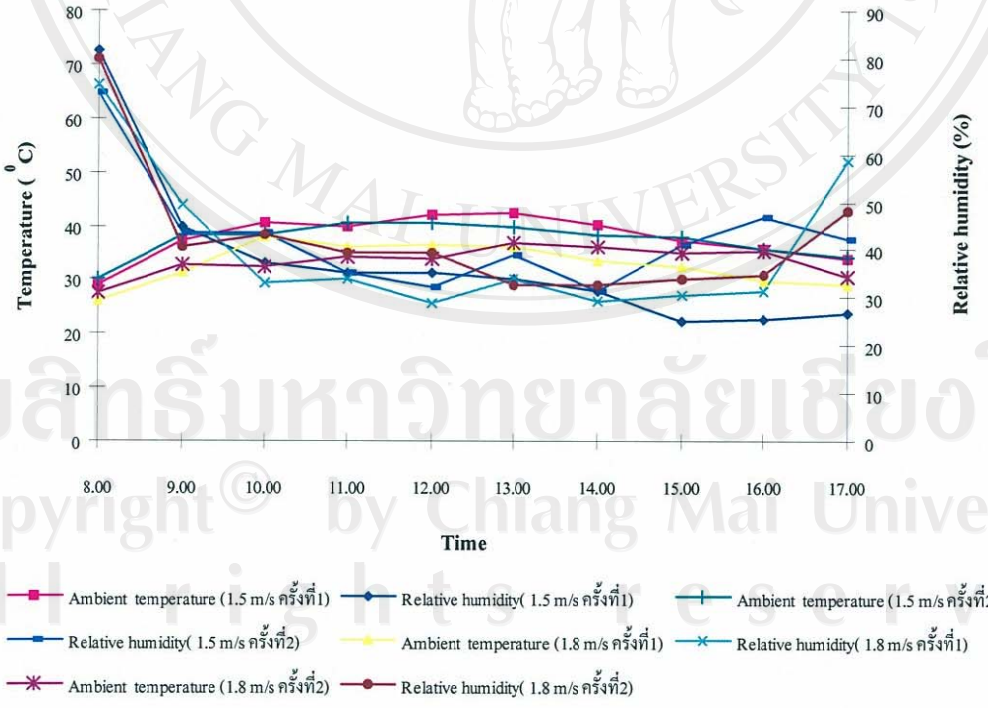


รูปที่ 4.4 (a) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกของเลมอนไทม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.4 (b) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกของเปปเปอร์มิ้นท์



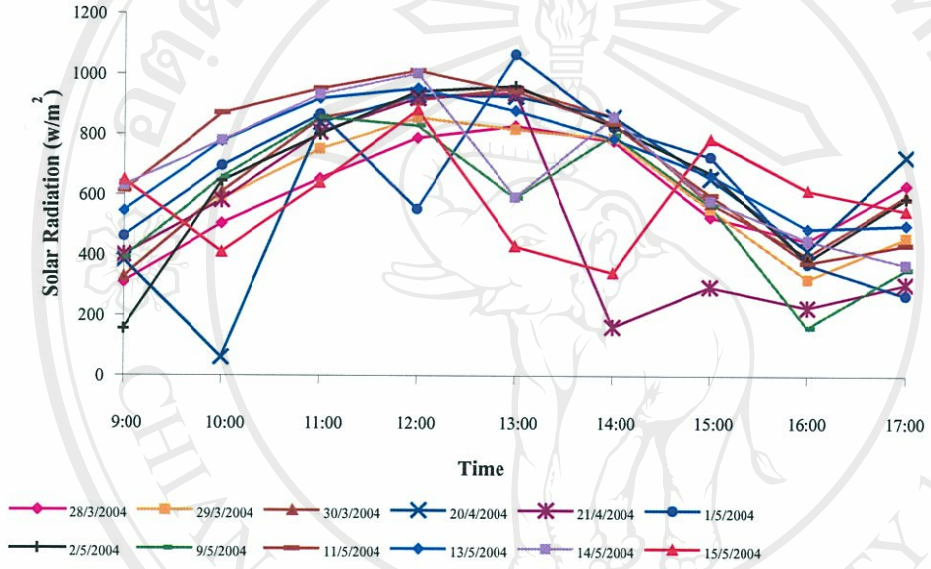
รูปที่ 4.4 (C) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกของยูเอสเอมิ้นท์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากกราฟ จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของพืชสมุนไพรภายในตู้อบทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันโดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดต่ำลงโดยที่อุณหภูมิอากาศภายในตู้อบอยู่ในช่วง 32.60 – 62.64 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วง 28.1–42.6 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอกอยู่ในช่วง 10.5 – 74.7 %โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกสูงขึ้นก็จะมีผลต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกลดลงเช่นกัน ดังรูปที่ 4.4(a), 4.4(b) และ 4.4(C) ซึ่งปัจจัยสองกลุ่มนี้ไม่สามารถที่จะควบคุมให้คงที่และสม่ำเสมอได้ จะผันแปรตามค่าพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นดังรูป 4.5 (จากรูปจะเห็นว่าในช่วง 16.00 น.ในทุกวันที่ทำการทดลองอบจะมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำ) เป็นผลเนื่องจากช่วงเดือนที่ทำการอบ คือ มีนาคม ถึง พฤษภาคมเป็นช่วงที่มีอากาศแปรปรวนมีเมฆมากและมีฝนตกในช่วงบ่าย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์มีความสัมพัทธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 11.00 – 13.00 น. ค่าพลังงานแสงอาทิตย์จะอยู่ในช่วง 640 – 1065 W/m^2 โดยที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในเครื่องอบแห้งแตกต่างไปตามช่วงวัน ที่ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s เมื่อพิจารณาจากกราฟ (รูปที่ 4.1(a), 4.1(b), 4.2(a), 4.2(b), 4.3(a), 4.3(b), 4.4(a) และ4.4(b)) ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในขณะอบที่ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ความเร็วลม 1.5 m/s อุณหภูมิภายในตู้อบจะสูงกว่าที่ความเร็วลม 1.8 m/s ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบที่ความเร็วลม 1.5 m/s ต่ำกว่า ที่ความเร็วลม 1.8 m/s โดยที่ทิศทางในการเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันเช่นเดียวกับการทดลองของ Bala *et al.*(2003) ซึ่งพบว่า การเปลี่ยนแปลงของความเร็วลม มีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้ง ในช่วงระหว่างการอบแห้งเมื่อได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากทำให้ การสะสมความร้อนมีมากขึ้น และส่งผลให้อุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น จากการทดลองเมื่อใช้ความเร็วลมที่สูงขึ้นความสามารถในการไหลผ่านจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งจะดีกว่า นอกจากนั้นความเร็วลมที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดกระแสลมที่ปั่นป่วนภายในตู้อบทำให้การพาความร้อนจากพืชสมุนไพรสู่อากาศเป็นไปได้ดีกว่าและอุณหภูมิภายในตู้อบจะมีความสม่ำเสมอมากกว่าที่ความเร็วลมต่ำซึ่งส่งผลต่ออัตราการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นด้วย Lyes และ Azeddin (2003) ซึ่งพบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะมีผลต่อความสามารถในการอบแห้งซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน ลักษณะทางกายภาพมีผลต่อเวลาในการอบแห้ง พืชทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกันโดยขนาดใบของเลมอนไทม์มีขนาดเล็ก กว่ายูเอสเอมิ้นท์และเปปเปอร์มิ้นท์มาก รวมถึงพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักที่มีน้อยกว่าจึงส่งผลต่อการระเหยน้ำที่เกิดขึ้นช้ากว่าในระหว่างการอบ มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าใกล้เคียงกัน และยังคงมีทิศทางไปในทางเดียวกัน จะเห็นได้ว่าปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่สม่ำเสมอนั้นมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เกิดการแปรเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการอบแห้งที่ไม่สม่ำเสมอและเวลาอบที่เร็วหรือช้าของผลผลิต



รูปที่ 4.5 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการอบแห้งพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา ; ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การลดความชื้นของพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

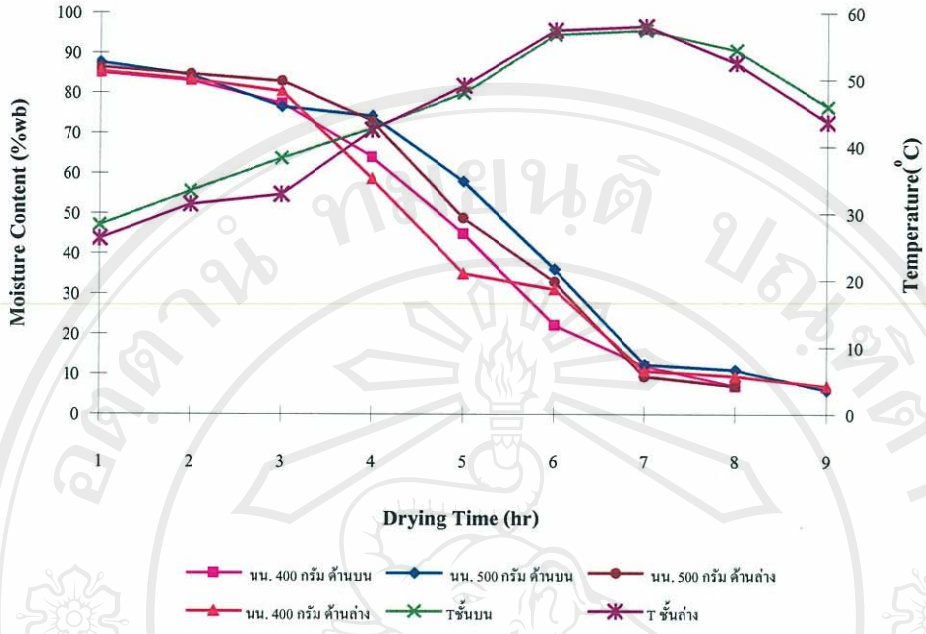
ทดลองอบพืชสมุนไพร ที่ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s และทำการทดลองอบที่ความเร็วลมละ 2 ซ้ำ โดยทำการจัดวางตัวอย่างภายในเครื่องอบดังนี้ ตะแกรงชั้นบนวางน้ำหนัก 400 กรัมไว้ด้านในของตะแกรง และน้ำหนัก 500 กรัมไว้ด้านนอกของตะแกรง สำหรับตะแกรงชั้นล่างวางน้ำหนัก 500 กรัมไว้ด้านในของตะแกรงและวางน้ำหนัก 400 กรัมไว้ด้านนอกของตะแกรง เพื่อควบคุมค่าพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ที่อาจมีผลกับคุณภาพหลังการอบ

4.2.1 การลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์

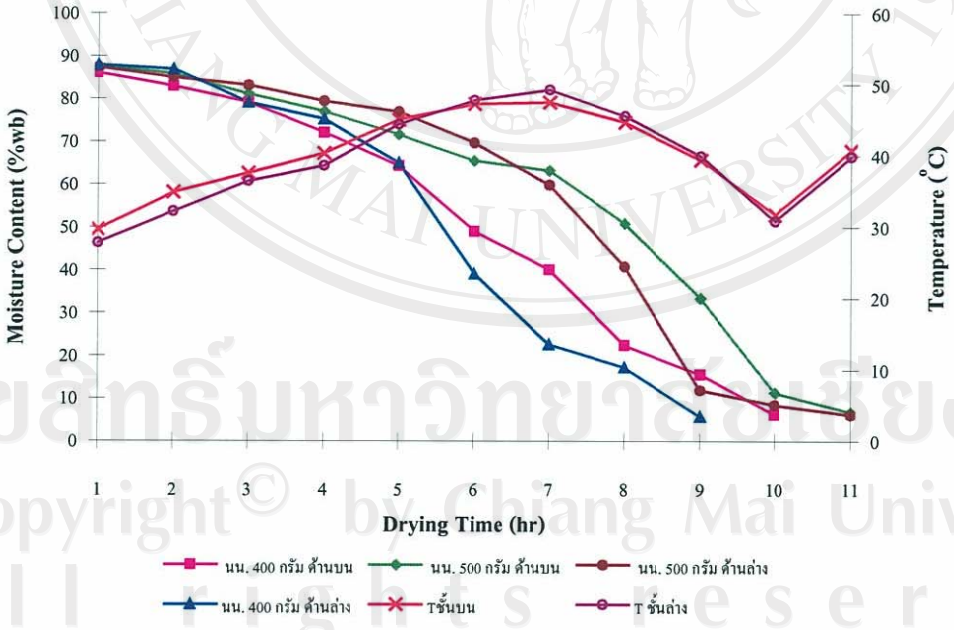
จากการศึกษาการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 m/s โดยทดลองครั้งที่ 1ในวันที่ 28 มีนาคม 2547 ความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งมีค่า 88.27 % (wb) พบว่าความชื้นของทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาในการอบเฉลี่ย 8.50 ชั่วโมง โดยที่ชั่วโมงที่ 1 – 5 ตัวอย่างมีการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อพิจารณาช่วง 4 ชั่วโมงสุดท้ายของการอบการลดความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆจนมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.76 % (wb) ดังรูป 4.6 และจากการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 29-30/3/2547) ความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งเฉลี่ยมีค่า 89.05 % (wb) ความชื้นของทุกตัวอย่าง มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาในการอบ 10.25 ชั่วโมง จะเห็นว่าตั้งแต่เริ่มต้นการอบจนถึงชั่วโมงที่ 7 ของการอบ ตัวอย่างทุกตัวอย่างมีการลดลงของความชื้นเป็นไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 8 – 11 ความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆจนมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.26 % (wb) ดังแสดงในรูป4.7

ที่ความเร็วลม 1.8 m/s ในการศึกษาการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ โดยทดลองครั้งที่1ในวันที่ 20 เมษายน 2547 พบว่าตัวอย่างในการอบมีความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งเฉลี่ยเป็น 87.77 % (wb)ความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการอบเฉลี่ย 7.50 ชั่วโมง จากกราฟในช่วงเริ่มต้นของการอบจนถึงชั่วโมงที่ 4 ทุกตัวอย่างมีการลดความชื้นเป็นไปอย่างรวดเร็วเมื่อเข้า สู่ช่วงชั่วโมงที่ 7 การลดลงของความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆจนสิ้นสุดการทดลองซึ่งมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.09 % (wb) ดังแสดงในรูป 4.8 และการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 21/4/2547)ความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งเฉลี่ยเป็น 86.51 % (wb) การลดลงของความชื้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการอบเฉลี่ย 8 ชั่วโมง จะเห็นว่าน้ำหนัก 400 กรัมชั้นล่างมีการลดลงของความชื้นอย่างสม่ำเสมอจนถึงชั่วโมงที่ 6 ในช่วงชั่วโมงที่ 6 การลดความชื้นจะเริ่มช้าลงจนสิ้นสุดการทดลองซึ่งมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.79% (wb) ดังแสดงในรูป 4.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

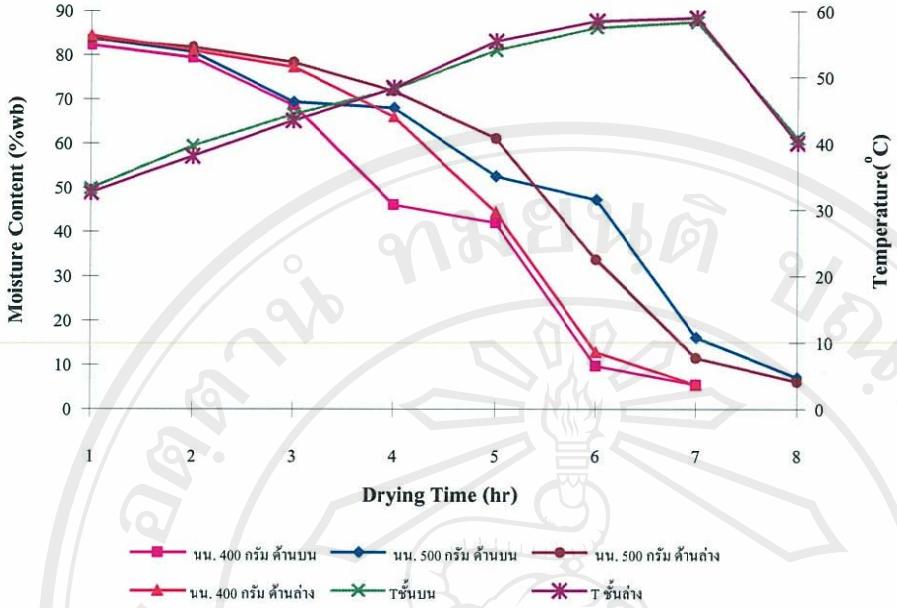


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ครั้งที่ 1 (วันที่ 28/3/2547)
ที่ความเร็วลม 1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 641.005 W/m^2

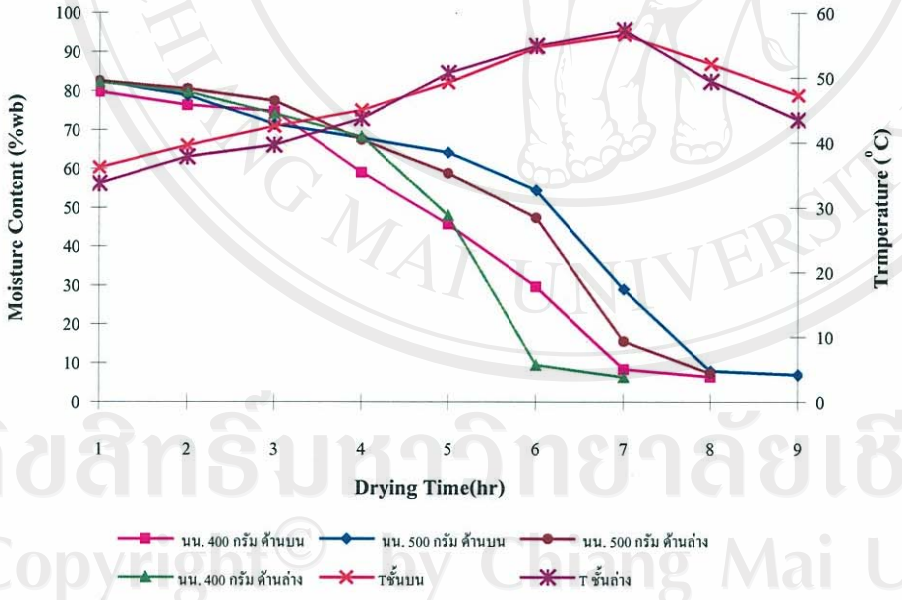


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ครั้งที่ 2 (วันที่ 29 – 30/3/2547)
ที่ความเร็วลม 1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ 616.582 W/m^2



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ครั้งที่ 1 (วันที่20/4/2547) ที่ความเร็วลม 1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 688.273 W/m^2



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ครั้งที่ 2 (วันที่21/5/2547) ที่ความเร็วลม 1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 476.091 W/m^2

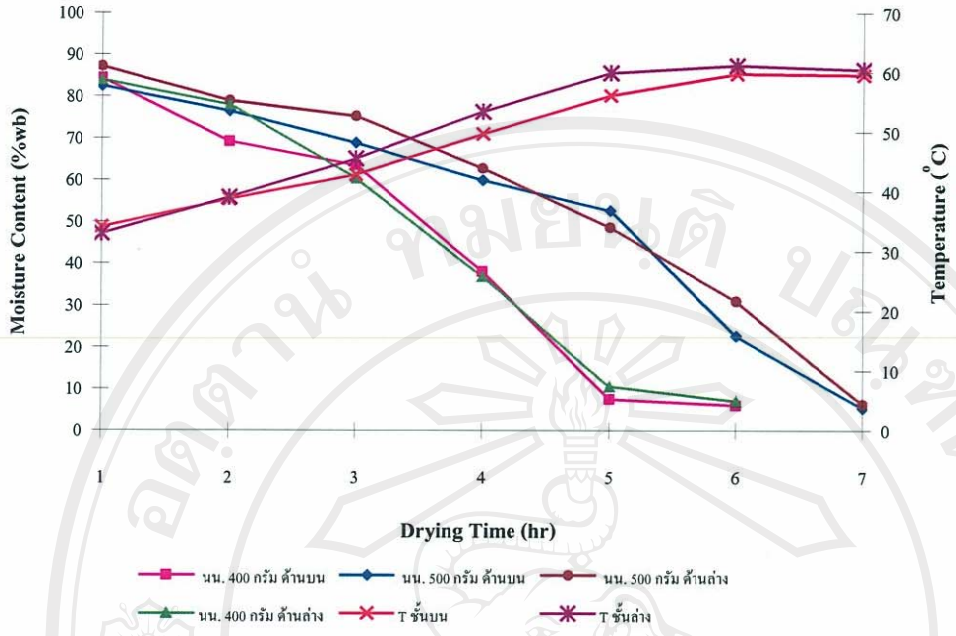
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 การลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์

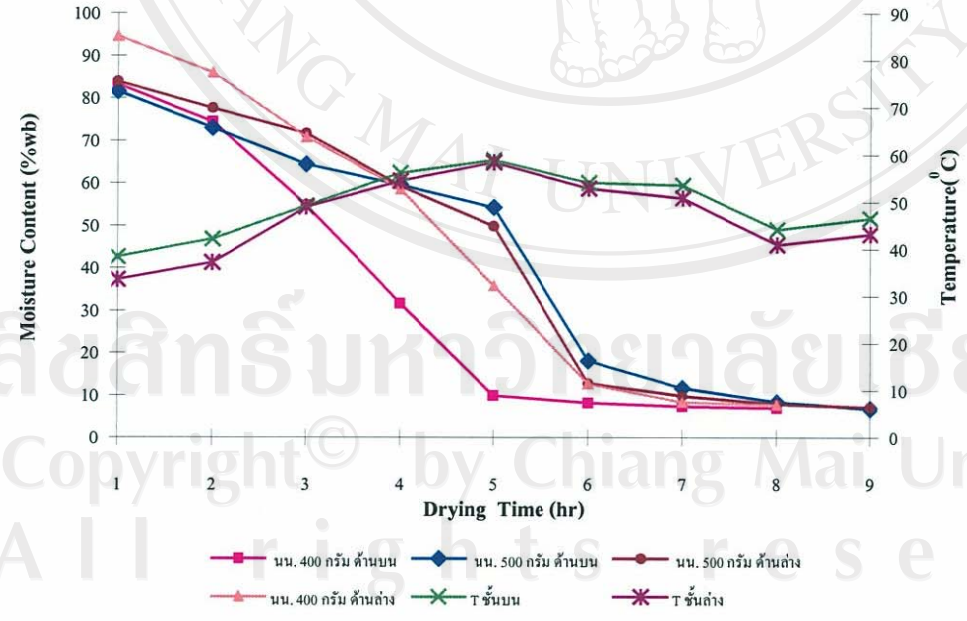
การลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์โดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s ในทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 9/5/2547) ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งเฉลี่ยเป็น 84.31 % (wb) เมื่อพิจารณากราฟการลดความชื้น (รูป4.10) จะเห็นว่าตัวอย่างในการอบมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการอบเฉลี่ยประมาณ 7.25 ชั่วโมงแต่ในช่วงชั่วโมงที่ 1 – 2 ของทุกตัวอย่างการลดความชื้นจะเป็นไปอย่างช้าๆเมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 3 ของทุกตัวอย่างการลดความชื้นจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว จนถึงชั่วโมงที่ 5 ความชื้นจะลดลงช้าๆจนสิ้นสุดการทดลองมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.04 % (wb) และทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 10/5/2547) ความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งเฉลี่ยเป็น 83.17 % (wb) กราฟของการลดความชื้นจะลดลงไปในทิศทางเดียวกัน ในช่วงการเริ่มต้นของการอบจนถึงชั่วโมงที่ 4 การลดความชื้นเป็นไปอย่างรวดเร็ว และจะเริ่มช้าลงจนถึงชั่วโมงที่ 6 หลังจากนั้นการลดความชื้นจะเป็นไปอย่างช้าๆตลอดระยะเวลาในการอบโดยใช้เวลาใน การอบเฉลี่ย 8.50 ชั่วโมงโดยมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.95 % (wb) ดังแสดงในรูป 4.11

สำหรับการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์โดยใช้ความเร็วลม 1.8 m/s ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (วันที่ 14/5/2547 และวันที่ 15/5/2547) ซึ่งตัวอย่างมีความชื้นเฉลี่ยก่อนการอบแห้งเป็น 86.50 และ 84.12 % (wb) ตามลำดับ กราฟ(รูป4.12 และ4.13) การลดลงของความชื้นมีแนวโน้มเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอคล้ายกันตลอดระยะเวลาในการอบ 8.25 และ 10.00 ชั่วโมง โดยในช่วงชั่วโมงที่ 1–4 ของการอบทั้ง 2 วัน การลดความชื้นจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นความชื้นจะลดลงอย่างต่อเนื่องและจะเริ่มช้าลงอย่างช้าๆตลอดจนสิ้นสุดการทดลองและมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.16 และ 6.29 % (wb) ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

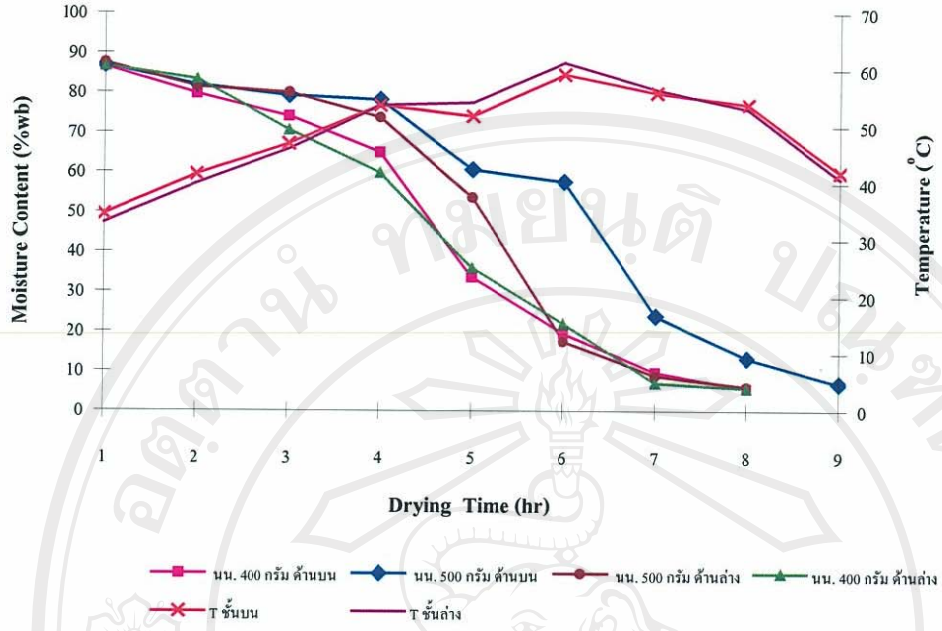


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ครั้งที่ 1 (วันที่ 9/5/2547)
ที่ความเร็วลม 1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 569.727 W/m^2

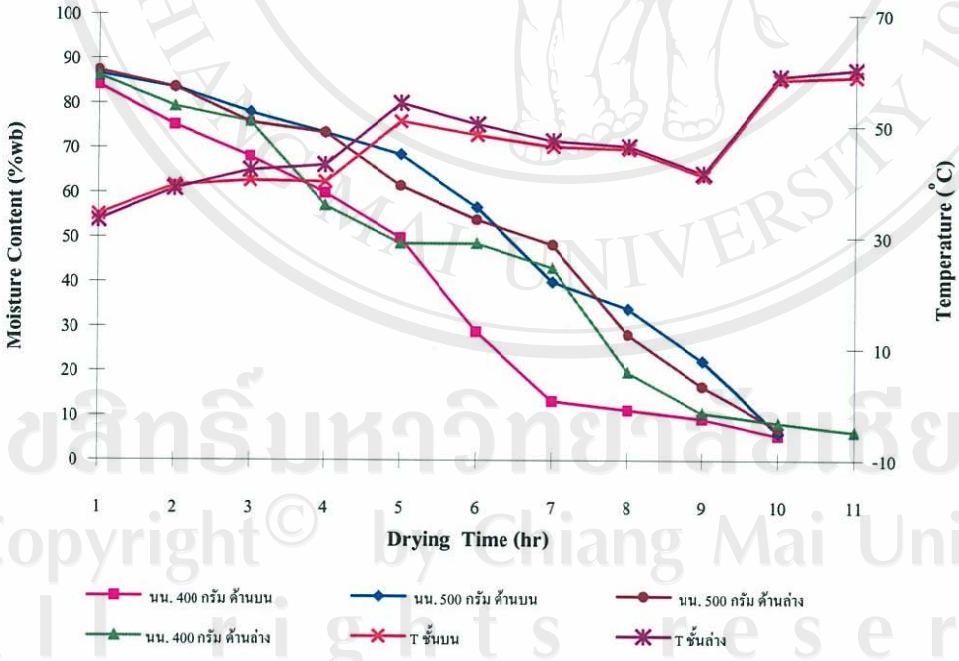


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ครั้งที่ 2(วันที่ 10/5/2547)
ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ครั้งที่ 1 (วันที่ 14/5/2547)
ที่ความเร็วลม 1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 688.636 W/m^2



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ครั้งที่ 2 (วันที่ 15/5/2547)
ที่ความเร็วลม 1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 569.913 W/m^2

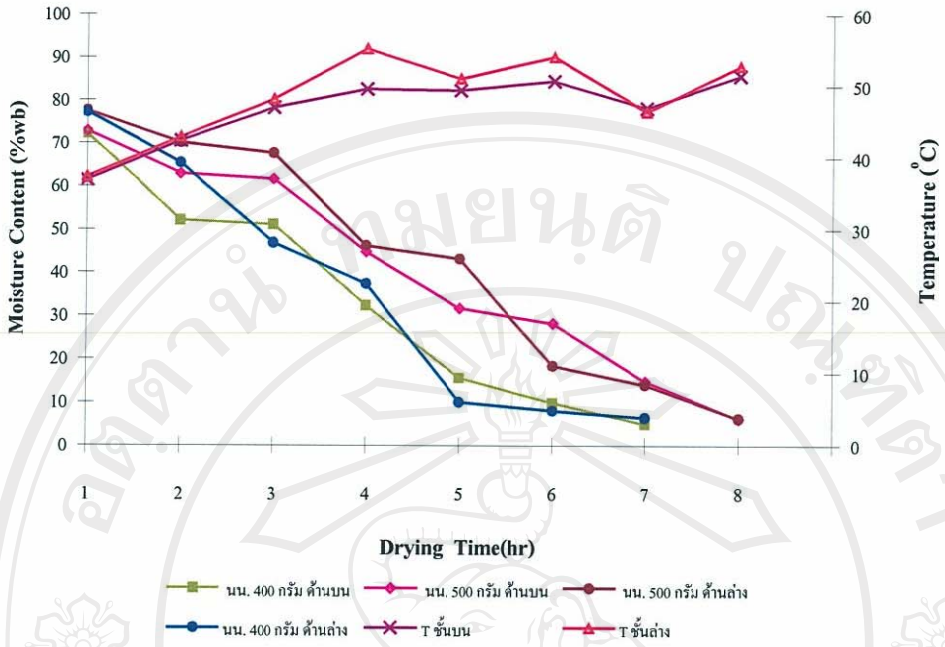
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3 การลดความชื้นของเลมอนไทม์

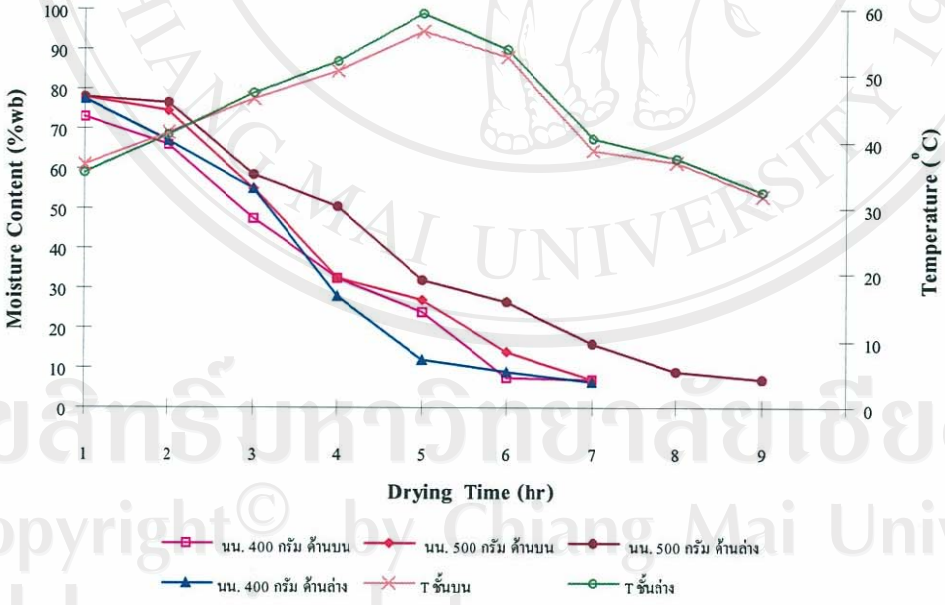
จากการศึกษาการลดความชื้นของเลมอนไทม์ โดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s .ในการทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 1/5/2547) ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งเฉลี่ยเป็น72.17 % (wb) กราฟการลดความชื้น (รูป4.14) พบว่าทุกตัวอย่างมีแนวโน้มการลดความชื้นอย่างต่อเนื่องและมีทิศทางไปในทางเดียวกันตลอดระยะเวลาในการอบเฉลี่ย 7.25 ชั่วโมง เมื่อพิจารณากราฟการลดความชื้น (รูป4.14) ของตัวอย่างน้ำหนัก 400 กรัมชั้นล่าง ในช่วงชั่วโมงที่ 1 – 3 มีการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว และอีก 3 ตัวอย่างการลดความชื้นจะเป็นไปอย่างรวดเร็วในช่วงชั่วโมงที่ 1 – 2 เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 6 ความชื้นของทุกตัวอย่างจะช้าลงจนสิ้นสุดการทดลองโดยมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 5.95 % (wb) สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 2/5/2547) ตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยก่อนการอบแห้งเป็น 73.16 % (wb) กราฟการลดความชื้น (รูป4.15) ตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาในการอบเฉลี่ย 7.50 ชั่วโมง โดยจะเห็นว่าในชั่วโมงที่ 1 – 4 จะมีการลดความชื้นอย่างรวดเร็วและในช่วงชั่วโมงที่ 5 – 7 การลดความชื้นเป็นไปอย่างช้าๆ ตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.81 % (wb)

เมื่อทดลองโดยใช้ความเร็วลม 1.8 m/s ในการทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 11/5/47) โดยตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยก่อนการอบแห้งเป็น 78.42% (wb) ทุกตัวอย่างในการอบกราฟการลดความชื้น (รูป4.16) มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการอบเฉลี่ย 7.50 ชั่วโมง การลดความชื้นจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ในช่วงชั่วโมงที่ 1 – 4 เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 5 การลดความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆไปจนสิ้นสุดการทดลองโดยมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.53 % (wb) และการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 13/5/2547) แนวโน้มการลดความชื้นก็ยังคงสม่ำเสมอและต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการอบเฉลี่ย 7.25 ชั่วโมงซึ่งความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยก่อนการอบเป็น 72.00 % (wb) จะเห็นได้ว่าทุกตัวอย่างมีการลดความชื้นอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 1 – 4 แต่เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 5 ตัวอย่างน้ำหนัก 500 กรัมชั้นล่าง การลดความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่อีก 3 ตัวอย่าง มีการลดความชื้นอย่างช้าๆ และทุกตัวอย่างการลดความชื้นจะเป็นไปอย่างช้าๆตลอดจนสิ้นสุดการทดลองซึ่งจะมีความสุดท้ายเฉลี่ย 6.41 % (wb) ดังแสดงในรูป 4.17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

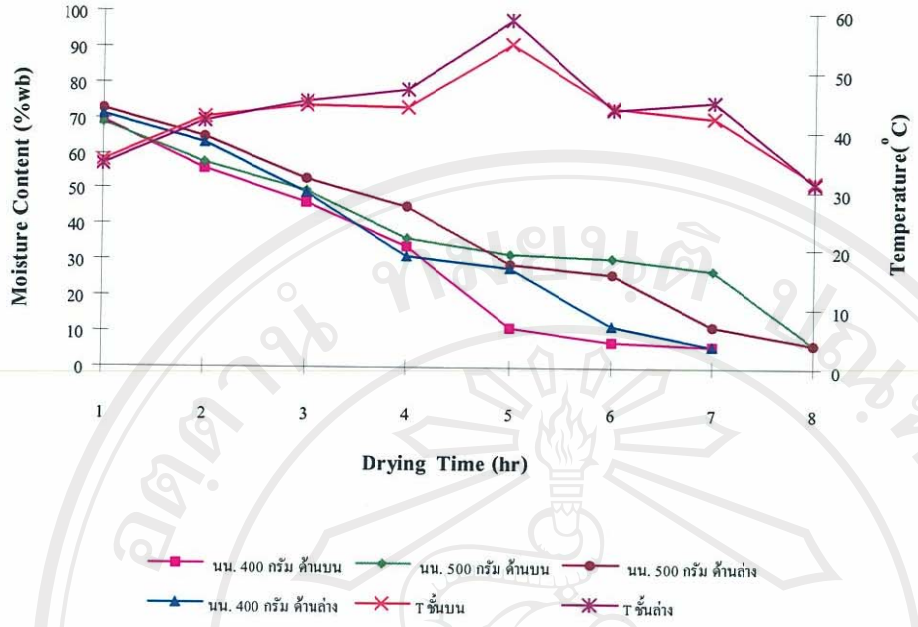


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ครั้งที่ 1 (วันที่ 1/5/2547)
ที่ความเร็วลม 1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 639.909 W/m^2

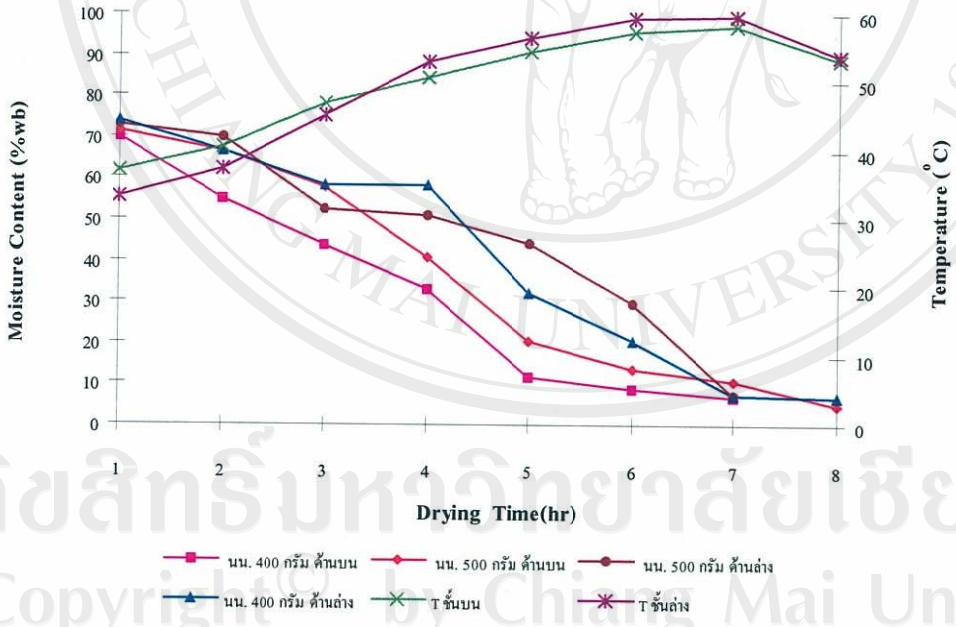


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ครั้งที่ 2 (วันที่ 2/5/2547)
ที่ความเร็วลม 1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ 674.72 W/m^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ครั้งที่ 1 (วันที่ 11/5/2547) ที่ความเร็วลม 1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 716.758 W/m^2



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ครั้งที่ 2 (วันที่ 13/5/2547) ที่ความเร็วลม 1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 712.545 W/m^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ความเร็วลมและน้ำหนักต่อพื้นที่ที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

ปัจจัย	เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์			เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นของเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
ความเร็วลม						
1.5 m/s	7.500	9.375*	7.500	5.000*	4.225*	3.250
1.8m/s	7.375	7.750*	6.875	4.275*	3.315*	3.050
น้ำหนักต่อตารางเมตร						
2068	7.000	8.125	8.000	-	-	-
2585	7.875	9.000	8.625	-	-	-

* หมายถึง มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบลดความชื้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
ค่า $LSD_{ความเร็วลม}$ ของเปปเปอร์มิ้นท์ที่อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ = 0.8937 ; ค่า$LSD_{ของความเร็วลม}$ของเปปเปอร์มิ้นท์ที่อบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด = 0.1254 ; ค่า$LSD_{ของความเร็วลม}$ของเลมอนไทม์ที่อบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด = 0.325

จากข้อมูลข้างต้นและตารางที่ 4.1 จะเห็นว่า ความเร็วลมในการอบของเปปเปอร์มิ้นท์มีผลกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)โดยที่ความเร็วลม 1.8 m/s อุณหภูมิเฉลี่ยในการอบ 44.72 องศาเซลเซียส มีอัตราการลดความชื้นเร็วกว่าและใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าที่ความเร็วลม 1.5 m/s ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยในการอบเป็น 40.50 องศาเซลเซียส เป็นผลจากการที่ความเร็วลมสูงขึ้นทำให้การกระจายตัวของอากาศภายในตู้อบเป็นไปได้ดีมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง ความสามารถในการอบแห้งก็เพิ่มขึ้นตาม รวมถึงลักษณะทางกายภาพของเปปเปอร์มิ้นท์ที่มีพื้นที่ใบมากกว่าพืชอีก 2 ชนิด ซึ่งจะมีผลต้านทานการไหลของอากาศ เนื่องจากการไหลของอากาศภายในตู้อบมีทิศทางการไหลจากด้านล่างขึ้นด้านบนเมื่อพื้นที่ใบของเปปเปอร์มิ้นท์มีมากจะส่งผลให้เกิดช่องว่างน้อย การไหลของอากาศจึงเป็นไปได้ยาก สำหรับเลมอนไทม์และยูเอสเอมิ้นท์นั้นความเร็วลมจะไม่มีผลกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับน้ำหนักต่อพื้นที่ของพืชสมุนไพรนั้นทั้ง 3 ชนิด พบว่าไม่มีผลต่อเวลาในการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

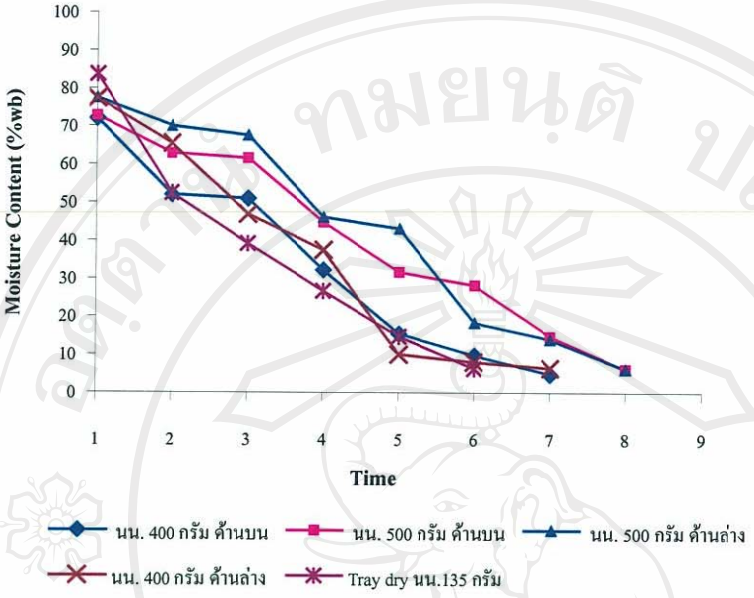
4.3 การเปรียบเทียบการลดความชื้นระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด

4.3.1 การลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์

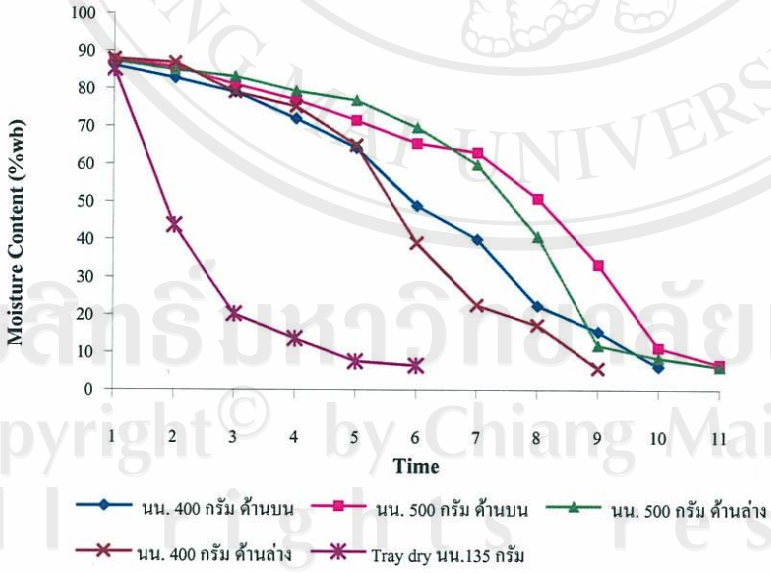
จากการทดลองอบเปปเปอร์มิ้นท์ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s โดยทำการทดลองอบครั้งที่ 1ในวันที่ 28 มีนาคม 2547 ตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 88.27 % (wb) สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 29-30/3/2547) ตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 89.05 % (wb) ตามลำดับ ทำการอบแห้งจนความชื้นของพืชสมุนไพรเหลือประมาณ 7% (wb) ในการทดลองครั้งที่ 1 เปปเปอร์มิ้นท์มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.76 % (wb) ในการทดลองครั้งที่ 2 ตัวอย่างจะมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.26 % (wb) ใช้เวลาในการอบ 8.25 และ 10.25 ชั่วโมงตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาดโดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s โดยทำการทดลอง 2 ครั้งและตัวอย่างความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 86.53 และ 85.21% (wb) ตามลำดับ ทำการอบแห้งจนพืชสมุนไพรมีความชื้นเหลือประมาณ 7 % (wb) โดยความชื้นเฉลี่ยสุดท้าย เป็น 6.64 และ 6.50 % (wb) ใช้เวลาในการอบ 4.25 และ 4.20 ชั่วโมง ทั้งนี้เครื่องอบไฟฟ้าแบบถาดมีการลดความชื้นได้เร็วกว่าเครื่องอบแห้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงชั่วโมงแรก ดังแสดงในรูป 4.18 และ 4.19 จากกราฟจะสังเกตได้ว่าเส้นกราฟจะมีความชันมากกว่า เนื่องจากเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดสามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิในการอบเป็น 50 องศาเซลเซียส ได้ตั้งแต่เริ่มต้นการอบและคงที่อยู่ตลอดเวลาทำให้การถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างเปปเปอร์มิ้นท์และอากาศร้อนเกิดได้อย่างสม่ำเสมอกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งการที่อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นได้นั้น จำเป็นจะต้องอาศัยค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากในช่วงเช้าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีค่าต่ำ มีผลให้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิภายในเครื่องอบต่ำส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างเปปเปอร์มิ้นท์และอากาศร้อนเกิดขึ้นได้ช้ากว่า

การทดลองอบแห้งเปปเปอร์มิ้นท์ที่ความเร็วลม 1.8 m/s ในการทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 20/4/2547) และ ครั้งที่ 2 (วันที่ 21/4/2547) โดยเปปเปอร์มิ้นท์มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 87.77% (wb) และ 86.51% (wb) ตามลำดับ ทำการอบจนความชื้นสุดท้ายเหลือเป็น 7 % (wb) ใช้เวลาใน การอบเฉลี่ย 7และ 8.0 ชั่วโมงตามลำดับ จะมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.09 % (wb) และ 6.79 % (wb) ตามลำดับ เปรียบเทียบกับเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาดที่มีความชื้นเริ่มต้นเป็น 82.37 และ 80.15 % (wb) ตามลำดับ ทำการอบแห้งจนความชื้นมีค่าประมาณ 7% (wb) ใช้เวลาในการอบเป็น 3.33 และ3.30 ชั่วโมง มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 7.05 และ 6.87 % (wb) จากกราฟ (รูป4.20 และ 4.21) จะเห็นได้ว่าเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดนั้นจะมีการลดความชื้นได้เร็วกว่า ลักษณะเส้นกราฟจะมีความชันมากกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงชั่วโมงแรก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

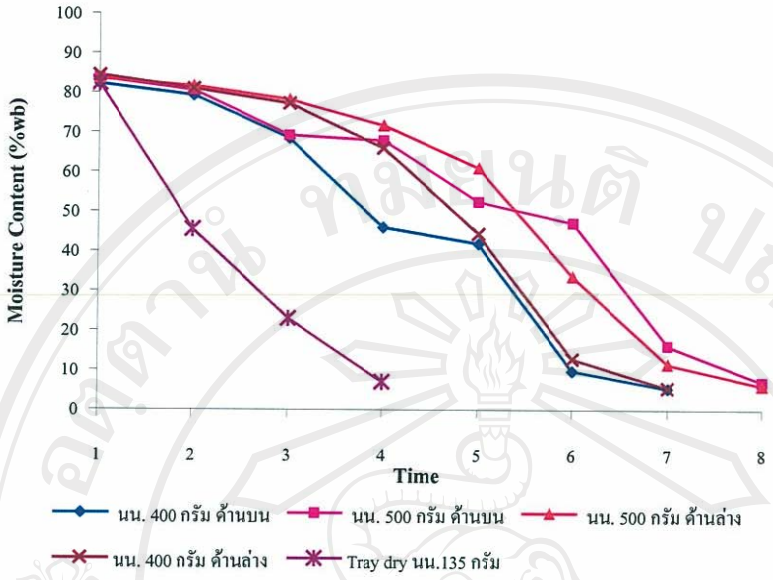


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ครั้งที่ 1 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

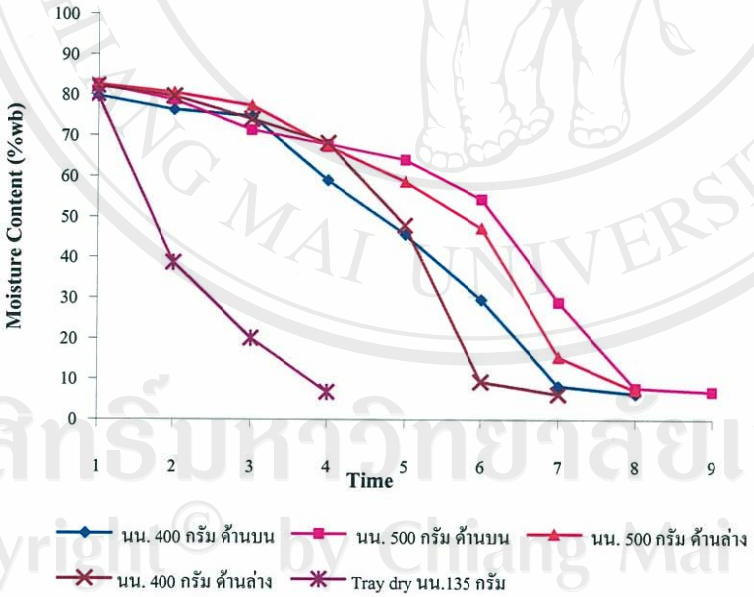


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ครั้งที่ 2 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ครั้งที่ 1 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s



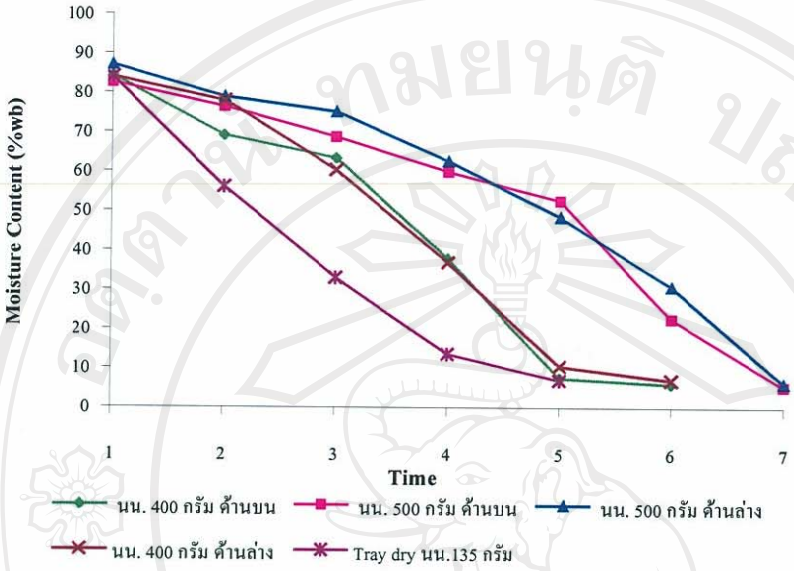
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ครั้งที่ 2 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

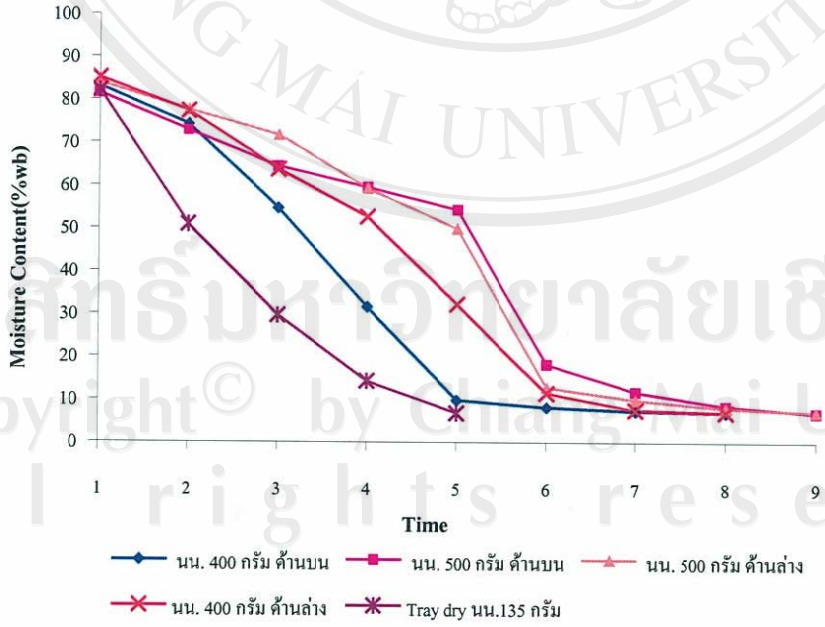
4.3.2 การลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์

ทดลองอบยูเอสเอมิ้นท์ ที่ใช้ความเร็วลม 1.5 m/s โดยทดลองครั้งที่ 1 ในวันที่ 9 พฤษภาคม 2547 และครั้งที่ 2 ในวันที่ 10 พฤษภาคม 2547 ตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยในการอบเป็น 84.31% (wb) และ83.17 % (wb) ตามลำดับ ทำการลดความชื้นจนความชื้นเหลือประมาณ 7% (wb) ใช้เวลาในการอบเฉลี่ย7.25 และ 8.50 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการอบตัวอย่างมีความชื้นเฉลี่ยเป็น 6.04 % (wb) และ 6.95% (wb) ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 83.95 และ 82.15 % (wb) ตามลำดับ ทำการอบจนความชื้นมีค่าประมาณ 7% (wb) ใช้เวลาในการอบเป็น 3.30 และ 3.20 ชั่วโมง ตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.93 และ 6.76 % (wb) ตามลำดับ สำหรับการทดลองโดยใช้ความเร็วลม 1.8 m/s ทำการทดลองอบครั้งที่ 1ในวันที่ 14 พฤษภาคม 2547 และครั้งที่ 2 ในวันที่ 15 พฤษภาคม 2547 ตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยในการอบเป็น 86.50 % (wb) และ 84.12 % (wb) ตามลำดับ ทำการลดความชื้นจนตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 6.16 % (wb) และ 6.29 % (wb) ตามลำดับ ใช้เวลาใน การอบเป็น 8.25 และ 10.00 ชั่วโมง ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 84.08 และ 83.34 % (wb) ใช้เวลาในการอบแห้งเป็น 3.10 และ 3.00 ชั่วโมง มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 7.04 และ 6.53% (wb) จากกราฟของการลดความชื้นทั้ง 2 ความเร็วลม เครื่องอบไฟฟ้าแบบถาดการลดลงของความชื้นจะเป็นไปอย่างรวดเร็วในชั่วโมงแรกของการอบซึ่งลักษณะกราฟจะมีความชันมากกว่า แนวโน้มการลดความชื้นคล้ายกับการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ เนื่องจากอุณหภูมิภายในตู้อบสูงตั้งแต่เริ่มต้นในการอบและจะคงที่ตลอดระยะเวลาในการอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.22 และ 4.23

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

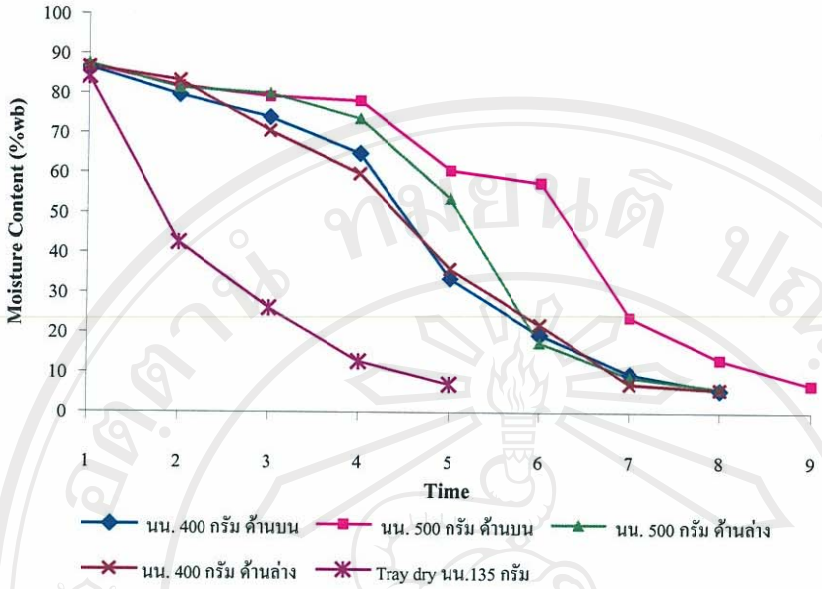


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ครั้งที่ 1 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

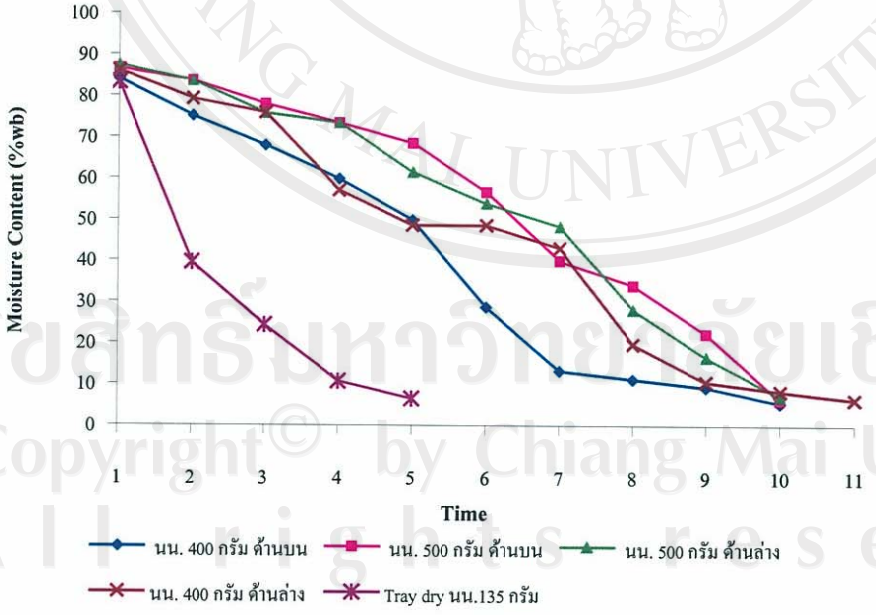


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ครั้งที่ 2 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ครั้งที่ 1 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s



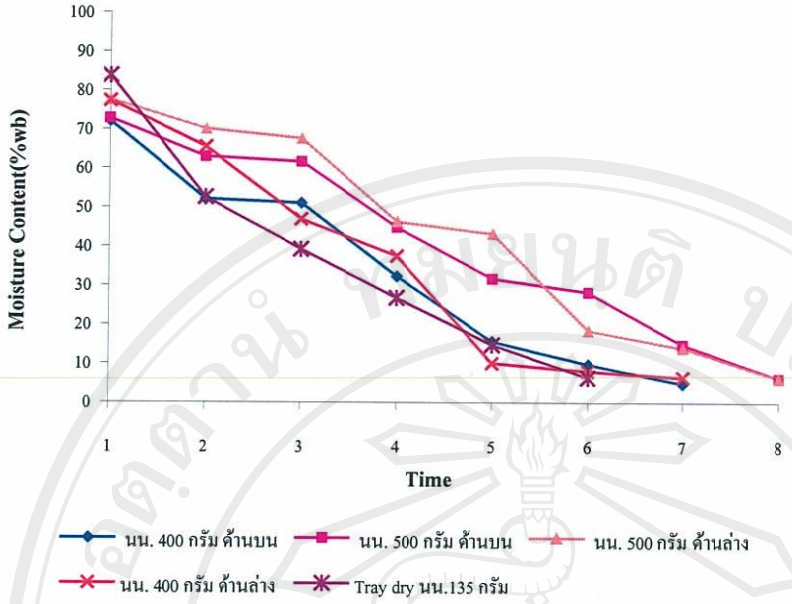
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ครั้งที่ 2 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

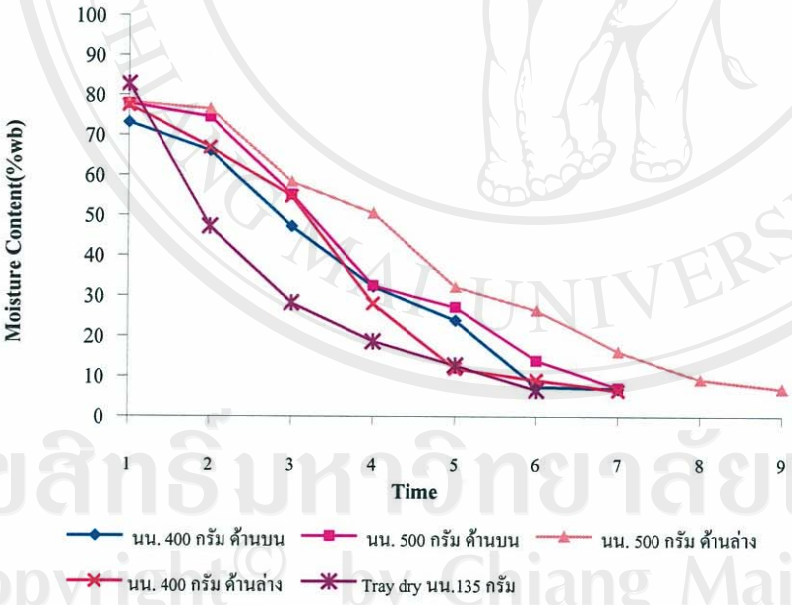
4.3.3 การลดความชื้นของเลมอนไทม์

ทดลองอบเลมอนไทม์ ที่ความเร็วลม 1.5 m/s โดยทดลองครั้งที่ 1ในวันที่ 1 พฤษภาคม 2547 และครั้งที่ 2 ในวันที่ 2 พฤษภาคม 2547 ตัวอย่างมีความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นในการอบของทั้ง 2 วันเป็น 72.17 % (wb) และ 73.16 % (wb) ตามลำดับ ทำการอบจนความชื้นเหลือประมาณ 7 % (wb) ใช้เวลาในการอบเฉลี่ยเป็น 7.25 และ 7.50 ชั่วโมง สิ้นสุดระยะเวลาในการอบตัวอย่างมีความชื้นเฉลี่ยเป็น 5.95 % (wb) และ 6.81 % (wb) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 83.75 และ 88.86 % (wb) ตามลำดับ ทำการอบแห้งจนความชื้นประมาณ 7% (wb) ใช้เวลาในการอบเป็น 5.00 ชั่วโมงโดยมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.40 และ 6.52 % (wb) ตามลำดับ ดังแสดงในรูป 4.24 และ 4.25 ในการทดลองอบที่ความเร็วลม 1.8 m/s โดยทดลองครั้งที่ 1 ในวันที่ 11 พฤษภาคม 2547 และครั้งที่ 2 ในวันที่ 13 พฤษภาคม 2547 ตัวอย่างจะความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยในการอบเป็น 78.42 % (wb) และ 72.00 % (wb) ตามลำดับ อบจนความชื้นเหลือ 7 % (wb) จะใช้เวลาในการอบเป็น 7.50 และ7.25 ชั่วโมงตามลำดับ โดยมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.53 และ 6.41 % (wb)ตามลำดับ เมื่อใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดเพื่อเปรียบเทียบ พบว่าจะมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยในการอบเป็น 82.70 และ 81.86 %(wb) ตามลำดับ โดยทำการอบจนความชื้นมีค่าประมาณ 7% (db) ใช้เวลาในการอบเป็น 4.30 และ 4.25 ชั่วโมง อบจนมีความชื้นเฉลี่ยเป็น 6.59 และ 6.76 % (wb) ตามลำดับ ดังรูป 4.26 และ 4.27 จากกราฟจะเห็นได้ว่าการลดความชื้นของเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด จะลดลงอย่างรวดเร็วในชั่วโมงแรกของการอบ การลดความชื้นมีแนวโน้มการลดลงเช่นเดียวกับการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์และ ยูเอสเอมิ้นท์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

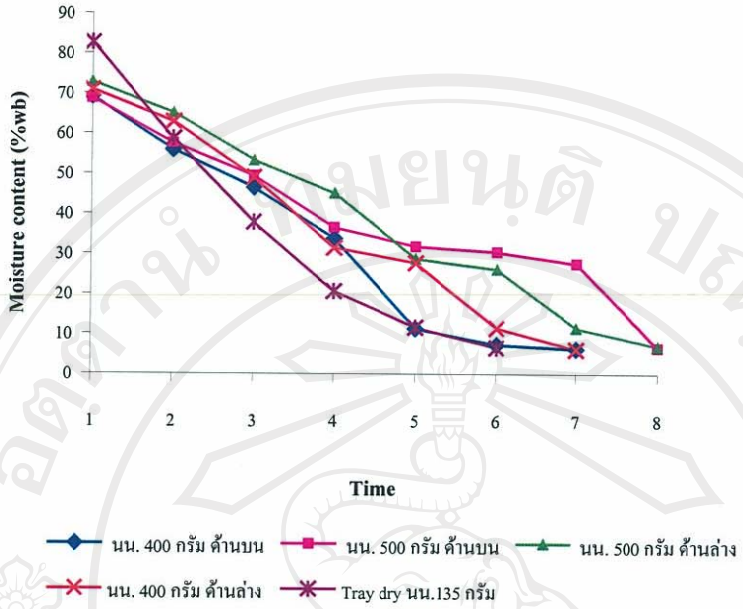


รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ครั้งที่ 1 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

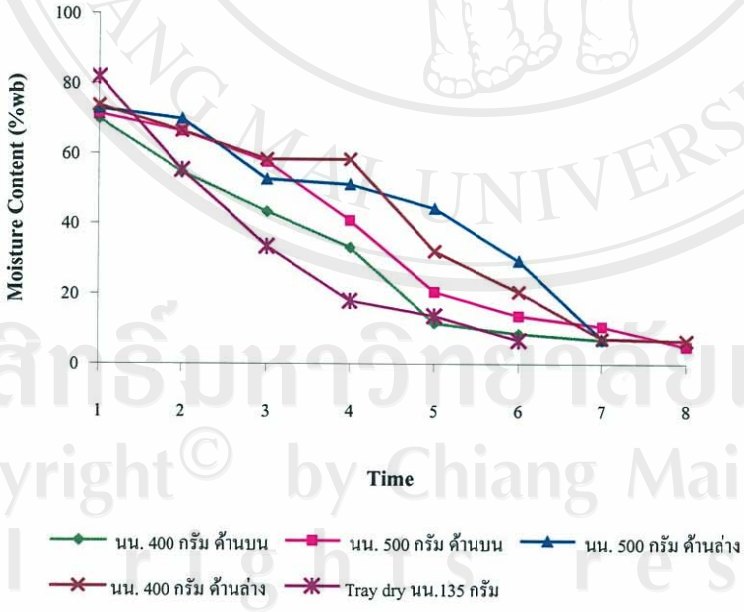


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ครั้งที่ 2 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



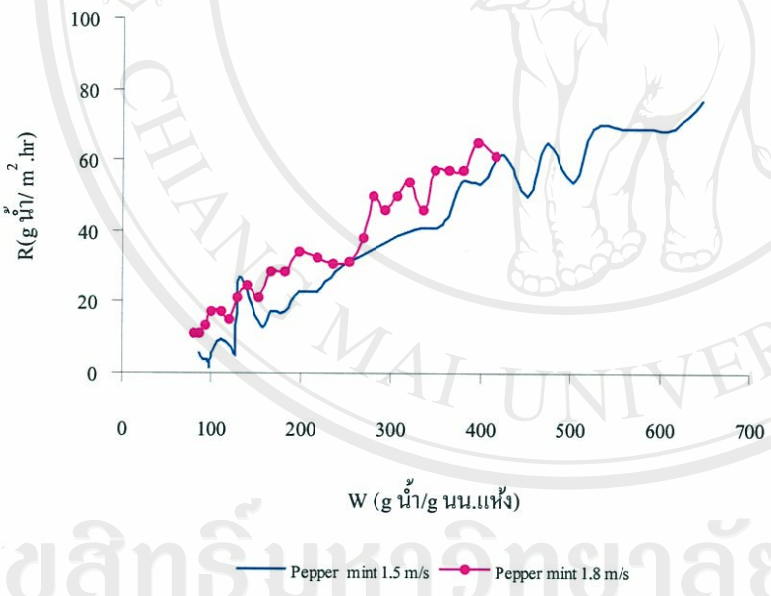
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ครั้งที่ 1 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ครั้งที่ 2 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s

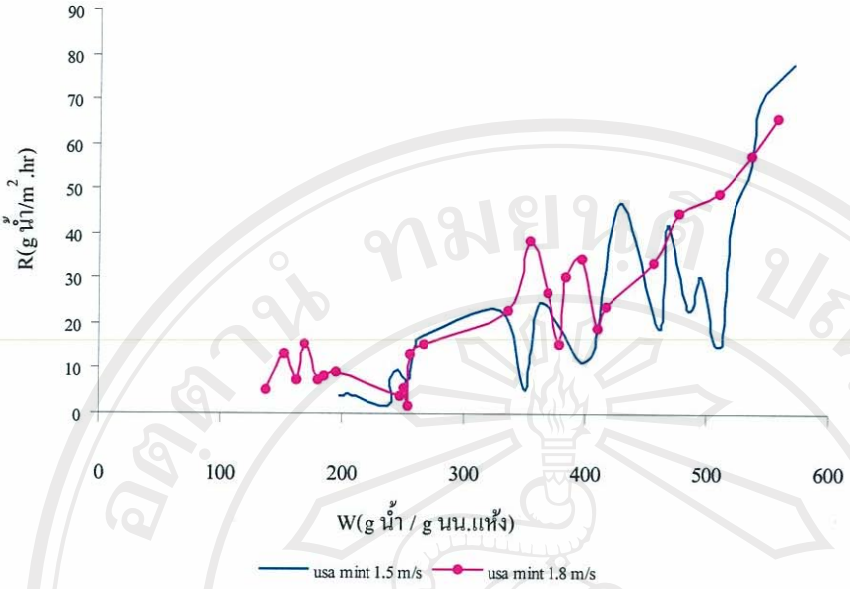
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นว่า การอบแห้งพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ด้วย เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดใช้เวลาในการอบแห้งสั้น เพราะมีอัตราการลดความชื้นที่สูงกว่าซึ่งลักษณะกราฟจะมีความชันมากกว่าอัตราการอบแห้งของการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูป รูป 4.30 4.31 และ 4.32 จะสังเกตได้ว่าการลดความชื้นของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดจะอยู่ในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (falling rate) โดยที่เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดสามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้สม่ำเสมอตลอดการอบแห้ง สามารถอบแห้งได้ทุกฤดูกาลและทุกช่วงเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ทำการอบได้อย่างต่อเนื่อง แต่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศ สำหรับการอบแห้งพืชสมุนไพรด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่า เพราะอัตราการลดความชื้นที่ต่ำกว่า การอบแห้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง เพราะถูกจำกัดด้วยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งการอบแห้งด้วยวิธีนี้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้สม่ำเสมอได้

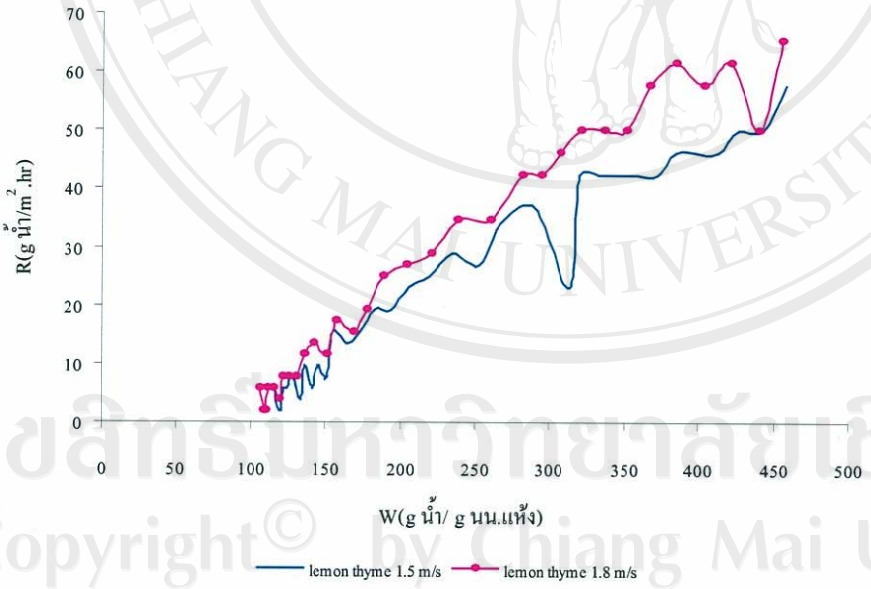


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งและความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งและความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งและความชื้นของเลมอนไทม์ที่อบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าถาดความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ผลการศึกษาเพื่อหาระดับความเร็วลมที่มีผลต่อคุณภาพหลังการอบของพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด

4.4.1.1 ค่าสีของพืชสมุนไพรหลังการอบแห้ง

ค่าสีของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดหลังจากผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีการเปลี่ยนแปลงค่า Lightness (L* value), Chroma (C*) และ Hue Angle (h^0) ดังต่อไปนี้

จากการทดสอบผลที่ต่างกันอันเนื่องจากการเลือกใช้ความเร็วลมที่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่าความสว่าง (L* value) ของเลมอนไทม์และยูเอสเอมิ้นท์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ค่าความสว่าง (L* value) ของเปปเปอร์มิ้นท์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยพบว่าค่าความสว่างที่ความเร็วลม 1.8 m/s จะมีค่าความสว่างมากกว่าที่ความเร็วลม 1.5 m/s เมื่อพิจารณาด้วยตาเปล่าจะพบว่าที่ความเร็วลม 1.5 m/s จะให้สีของเปปเปอร์มิ้นท์คล้ำมากกว่าที่ความเร็วลม 1.8 m/s เป็นผลจากการที่ความเร็วลม 1.8 m/s มีผลกับเวลาในการอบแห้งเปปเปอร์มิ้นท์ที่เร็วกว่าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีขณะทำการอบช้ากว่า ซึ่งจะสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.2

ค่า C* เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความเข้มของสี ถ้าค่า C* เข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าวัตถุมีสีซีดจาง (เทา) หากค่า C* เข้าใกล้ 60 แสดงว่าวัตถุมีสีเข้ม จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า C* พบว่าทั้งเลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)โดยที่ความเร็วลม 1.8 m/s จะมีค่า C* สูงกว่าที่ความเร็วลม 1.5 m/s ดังตารางที่ 4.3

ค่า h^0 เป็นค่าที่แสดงช่วงสีของวัตถุ จากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s พบว่าทั้งเลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ จะให้ ค่า h^0 ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Lightness (L* value) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	L* value		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	50.94	47.13	52.08
1.5 m/s	35.68	28.94a	30.91
1.8 m/s	36.16	33.64b	30.81

$LSD(0.05)_{L^*เปปเปอร์มิ้นท์} = 2.5595$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Chroma (C*) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	Chroma		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	10.35	10.08	10.27
1.5 m/s	13.73	10.42	13.09
1.8 m/s	14.44	11.20	13.59

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าHue Angle (h^0) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	Hue Angle		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	100.26	118.73	113.09
1.5 m/s	94.15	99.39	91.74
1.8 m/s	89.83	102.76	87.50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.1.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w)

จากการตรวจวัดค่า A_w ของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด พบว่าค่า A_w ที่ได้จากการอบแห้งมีค่าดังตารางที่ 4.5 สมุนไพรทั้ง 3 ชนิดที่อบโดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s นั้นจะมีค่า A_w อยู่ในช่วง 0.46 – 0.60 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียแก่พืชสมุนไพรอบแห้งได้ โดยค่าA_w ที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w) และค่าความชื้น (%)หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	วอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w) และค่าความชื้น (%)					
	เลมอนไทม์		เปปเปอร์มิ้นท์		ยูเอสเอมิ้นท์	
	MC (%)	A_w	MC (%)	A_w	MC (%)	A_w
พืชสมุนไพรสด	72.34	0.90	88.64	0.90	84.72	0.86
1.5 m/s	5.67	0.52	5.21	0.46	5.77	0.54
1.8 m/s	6.08	0.57	6.65	0.51	6.44	0.60

4.4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด

4.4.2.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหย

เมื่อนำพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ มาทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) นาน 5 ชั่วโมง พืชสมุนไพรก่อนการอบแห้งมีปริมาณน้ำมันเป็น 1.43 1.96 และ 1.63 มิลลิลิตรต่อ100 กรัมน้ำหนักสด พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการอบโดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยจะพบว่าที่ความเร็วลม 1.8 m/s ของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด จะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงกว่า ที่ความเร็วลม 1.5 m/s ดังตารางที่ 4.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ml /100g น้ำหนักแห้ง) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ml /100 g น้ำหนักแห้ง)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	1.43	1.63	1.96
1.5 m/s	0.90a	1.25a	1.60a
1.8 m/s	1.27b	1.53b	1.98b

$LSD(0.05)_{oil\ ของเลมอนไทม์} = 0.3190$, $LSD(0.05)_{oil\ ของเปปเปอร์มิ้นท์} = 0.2372$

$LSD(0.05)_{oil\ ของยูเอสเอมิ้นท์} = 0.1865$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.4.2.2 ปริมาณเถ้าทั้งหมด (Total Ash)

จากการตรวจวัดปริมาณเถ้าทั้งหมดของ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ ที่ได้จากการอบโดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s พบว่าปริมาณเถ้าทั้งหมดมีค่าดังตารางที่ 4.7 โดยที่พืชสมุนไพรทั้ง3 ก่อนการอบแห้งมีปริมาณเถ้าทั้งหมดเป็น 5.40 4.93 และ 5.87% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณเถ้าทั้งหมดของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด นี้พบว่าจะอยู่ในช่วง 5.97 – 7.73 % ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.)ซึ่งกำหนดไว้ไม่ให้เกิน 8 %

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณเถ้าทั้งหมด (%)หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	5.40	5.87	4.93
1.5 m/s	7.35	7.73	5.97
1.8 m/s	6.96	6.80	6.24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2.3 ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (Water Soluble Ash)

จากการตรวจวัดปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ที่ได้จากการอบ โดยใช้ความเร็วลมที่ 1.5 m/s และ 1.8 m/s พบว่าปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.8 โดยปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของพืชสมุนไพรก่อนการอบแห้งเป็น 62.73 57.66 และ 59.38 % ตามลำดับ ค่าปริมาณเถ้าทั้งหมดของพืชสมุนไพรหลังการอบอยู่ในช่วง 50.00 – 59.35% ซึ่งมีค่าที่อยู่ในช่วงมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.)ได้กำหนดไว้ โดยกำหนดไว้ว่าจะต้องปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำไม่ต่ำกว่า45 %ของตัวอย่าง

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (%) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (%)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	62.73	59.38	57.66
1.5 m/s	52.67	51.67	51.09
1.8 m/s	59.35	50.00	50.36

4.4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด

4.4.3.1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการตรวจวัด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ก่อนอบแห้ง จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เป็น 3.04 4.23 และ 4.10 (logcfu /1g sample) หลังจากการอบโดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu / 1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
ก่อนอบ(ไม่แช่คลอรีน)	4.88	7.51	5.10
ก่อนอบ(แช่คลอรีน)	3.04	4.10	4.23
1.5 m/s	3.69	3.76	4.12
1.8 m/s	3.62	4.14	4.57

4.4.3.2 ปริมาณยีสต์และรา

จากการตรวจวัด ปริมาณยีสต์และรา ของเลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ที่ได้จากการอบโดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณยีสต์และรา (log cfu / 1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	ปริมาณยีสต์และรา (log cfu / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
ก่อนอบ(ไม่แช่คลอรีน)	-	-	-
ก่อนอบ(แช่คลอรีน)	-	-	-
1.5 m/s	0.68	1.33	3.50
1.8 m/s	0.50	1.12	4.50

4.4.3.3 ปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล

จากการตรวจวัด ปริมาณโคลิฟอร์ม ของเลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ ที่ได้จากการอบโดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s พบว่าในพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยที่ปริมาณโคลิฟอร์มของเลมอนไทม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และเปปเปอร์มิ้นท์มีค่าน้อยกว่าที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนด และจะพบว่าในพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดไม่พบเชื้อ อี.โคไล ในตัวอย่างหลังการอบแห้งดังตารางที่ 4.11 ซึ่งจะเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ได้ระบุไว้

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล (MPN /1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ

ความเร็วลม	โคลิฟอร์ม (MPN / 1g sample)			อี.โคไล (MPN / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์	เลมอนไทม์ E.coli	เปปเปอร์มิ้นท์ E.coli	ยูเอสเอมิ้นท์ E.coli
ก่อนอบ (ไม่แช่คลอรีน)	2.24	< 2.00	2.11	+	-	+
ก่อนอบ (แช่คลอรีน)	< 2.00	< 2.00	< 2.00	-	-	-
1.5 m/s	< 2.00	< 2.00	2.06	-	-	-
1.8 m/s	< 2.00	< 2.00	2.55	-	-	-

หมายเหตุ - ; Negative *E.coli* + ; Possitive *E.coli*

4.5 ผลของน้ำหนักที่ใช้ในการศึกษาที่มีผลต่อคุณภาพหลังการอบของพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4.5.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด

4.5.1.1 ค่าสีของพืชสมุนไพรหลังการอบแห้ง

ค่าสีของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดหลังจากผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าการเปลี่ยนแปลงค่า Lightness (L* value), Chroma (C*) และ Hue Angle (h^0) ดังต่อไปนี้ จากการทดสอบการอบแห้งเลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ โดยทำการศึกษาน้ำหนักต่อพื้นที่ ที่มีผลต่อค่าสี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ค่าความสว่าง L* value C* และ Hue Angle ของพืชสมุนไพร 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.12 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.12 แสดงค่า Lightness (L* value) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	L* value		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	50.94	47.13	52.08
2068 g/m^2	35.57	28.94a	30.75
2585 g/m^2	36.26	33.64b	30.97

LSD(0.05) $_{\text{L*ของเปปเปอร์มิ้นท์}}$ = 2.5595

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.13 แสดงค่า Chroma (C*) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	Chroma		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	10.35	10.08	10.27
2068 g/m^2	13.99	10.98	13.27
2585 g/m^2	14.18	10.63	13.41

ตารางที่ 4.14 แสดงค่า Hue Angle (h^0) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	Hue Angle		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	100.26	118.73	113.09
2068 g/m^2	94.15	100.66	90.28
2585 g/m^2	89.83	101.50	88.97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.1.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w)

จากการตรวจวัด ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w) ของเลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ พบว่า ค่า A_w ของทั้ง 2 น้ำหนัก มีค่าดังตารางที่ 4.15 โดยมี ค่า A_w อยู่ในช่วง 0.54 – 0.58 % ซึ่ง ค่า A_w ที่ได้จะอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ โดยค่า A_wที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w) และค่าความชื้น (%) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	วอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w) และค่าความชื้น (%)					
	เลมอนไทม์		เปปเปอร์มิ้นท์		ยูเอสเอมิ้นท์	
	MC (%)	A_w	MC (%)	A_w	MC (%)	A_w
พืชสมุนไพรสด	72.34	0.90	88.64	0.90	84.72	0.86
2068 g/m^2	5.63	0.55	5.99	0.58	6.22	0.57
2585 g/m^2	5.59	0.54	5.90	0.58	5.97	0.56

4.5.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด

4.5.2.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหย

เมื่อนำพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ มาทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) นาน 5 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการอบโดยใช้ น้ำหนัก 400 กรัม และน้ำหนัก 500 กรัม ของ พืชทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ml /100g น้ำหนักแห้ง) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ml / 100 g น้ำหนักแห้ง)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	1.43	1.63	1.96
2068 g/m^2	1.07	1.43	1.82
2585 g/m^2	1.10	1.35	1.77

4.5.2.2 ปริมาณเถ้าทั้งหมด (Total Ash)

จากการตรวจวัดปริมาณเถ้าทั้งหมดของ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ ที่ได้จากการอบโดยใช้ น้ำหนักในการอบ 2 น้ำหนัก พบว่า ปริมาณเถ้าทั้งหมดของพืชทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.17 เมื่อพิจารณาปริมาณเถ้าทั้งหมดของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด นี้พบว่าจะอยู่ในช่วง 6.07 – 7.40 % ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) กำหนดไว้ว่าไม่ให้เกิน 8 %

ตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณเถ้าทั้งหมด (%) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	5.40	5.87	4.93
2068 g/m^2	7.22	7.14	6.07
2585 g/m^2	7.09	7.40	6.12

4.5.2.3 ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (Water Soluble Ash)

จากการตรวจวัดปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ที่ได้จากการอบ โดยใช้น้ำหนัก 2 น้ำหนัก พบว่าปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.18 โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง 50.66 – 57.01 % ซึ่งมีค่าที่อยู่ในช่วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มาตรฐานที่อุตสาหกรรม (มอก.)ได้กำหนดไว้ โดยกำหนดไว้ว่าจะต้องปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำไม่ต่ำกว่า45 % ของตัวอย่าง

ตารางที่ 4.18 แสดงปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (%) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (%)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	62.73	59.38	57.66
2068 g/m^2	55.02	50.66	51.23
2585 g/m^2	57.01	51.02	53.22

4.5.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด

4.5.3.1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการตรวจวัด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ของ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ที่ได้จากการอบ โดยใช้น้ำหนัก 2 น้ำหนักในการศึกษา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu / 1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
ก่อนอบ(ไม่แช่คลอรีน)	4.88	7.51	5.10
ก่อนอบ(แช่คลอรีน)	3.04	4.10	4.23
2068 g/m^2	3.79	3.67	4.38
2585 g/m^2	3.52	4.22	4.31

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.3.2 ปริมาณยีสต์และรา

จากการตรวจวัด ปริมาณยีสต์และรา ของ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ที่ได้จากการอบโดยใช้น้ำหนัก 2 น้ำหนักในการศึกษา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 แสดงปริมาณยีสต์และรา (log cfu / 1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	ปริมาณยีสต์และรา (log cfu / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
ก่อนอบ(ไม่แช่คลอรีน)	-	-	-
ก่อนอบ(แช่คลอรีน)	-	-	-
2068 g/m^2	0.6750	0.8250	4.1250
2585 g/m^2	0.5000	1.6200	3.8725

4.5.3.3 ปริมาณโคลิฟอร์มและ อี.โคไล

จากการตรวจวัด ปริมาณโคลิฟอร์ม ของ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ที่ได้จาก การอบโดยใช้น้ำหนัก 2 น้ำหนักในการศึกษา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยจะพบว่าปริมาณโคลิฟอร์มของเลมอนไทม์และเปปเปอร์มิ้นท์มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมที่ได้กำหนดไว้ และจะไม่พบเชื้อ อี.โคไล ในตัวอย่างของทั้ง 3 พืชสมุนไพรซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ได้ระบุไว้ ดังตารางที่ 4.21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.21 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล (MPN /1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก

น้ำหนักต่อพื้นที่	ปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN /1g sample)			ปริมาณอี.โคไล (MPN /1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์	เลมอนไทม์ E.coli	เปปเปอร์มิ้นท์ E.coli	ยูเอสเอมิ้นท์ E.coli
ก่อนอบ (ไม่แช่คลอรีน)	2.24	< 2.00	2.11	+	-	+
ก่อนอบ (แช่คลอรีน)	< 2.00	< 2.00	< 2.00	-	-	-
2068 g/m^2	< 2.00	< 2.00	2.20	-	-	-
2585 g/m^2	< 2.00	< 2.00	2.41	-	-	-

หมายเหตุ - ; Negative *E.coli* +; Possitive *E.coli*

4.6 การเปรียบเทียบคุณภาพหลังการอบโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

เมื่อนำพืชสมุนไพร 3 ชนิด คือ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง 3 ชนิดคือ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน เพื่อนำคุณภาพหลังการอบมาเปรียบเทียบกัน โดยแบ่งการเปรียบเทียบเป็น 7 วิธีดังนี้ คือ

1.ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s ที่น้ำหนัก 400 กรัม

2.ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ความเร็วลม 1.8 m/s ที่น้ำหนัก 400 กรัม

3.ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s ที่น้ำหนัก 500 กรัม

4.ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ความเร็วลม 1.8 m/s ที่น้ำหนัก 500 กรัม

5.ใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด โดยใช้ความเร็วลม 1.5 m/s ที่น้ำหนัก 135 กรัม

6.ใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด โดยใช้ความเร็วลม 1.8 m/s ที่น้ำหนัก 135 กรัม

7.ใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6.1 ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านกายภาพหลังการอบของพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

4.6.1.1 ค่าสีของพืชสมุนไพรหลังการอบแห้ง

จากการตรวจวัดผลที่ต่างกันอันเนื่องจากการเลือกใช้เครื่องอบแห้งที่ต่างกัน พบว่าค่าความสว่าง (L* value) ของเลมอนไทม์ ทั้ง 7 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ ของทั้ง 7 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ซึ่งยูเอสเอมิ้นท์ การใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน มีค่าความสว่างมากที่สุด ส่วนเปปเปอร์มิ้นท์การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ความเร็วลม 1.8 m/s น้ำหนัก 400 กรัม จะมีค่าความสว่างมากที่สุด ดังตารางที่ 4.22

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า C* ของทั้ง 7 วิธี ของเลมอนไทม์และยูเอสเอมิ้นท์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เปปเปอร์มิ้นท์นั้น ค่า C* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยที่การใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ที่ความเร็วลม 1.8 m/s จะมีค่า C* มากที่สุด ดังตารางที่ 4.23

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า h^0ของ เลมอนไทม์และยูเอสเอมิ้นท์ ทั้ง 7 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับ เปปเปอร์มิ้นท์ ค่า h^0 ของทั้ง 7 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยการใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบสุญญากาศ จะให้ค่า h^0 ต่ำสุด ดังตารางที่ 4.24

เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า สีเป็นปัจจัยสำคัญแห่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่ผู้ซื้อให้ความสำคัญอย่างยิ่ง (Rocha,1992) เมื่อพิจารณาคุณภาพสีโดยรวมของพืชสมุนไพรที่ได้จากการใช้เครื่องอบแห้งทั้ง 3 ชนิด พบว่าคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีสีใกล้เคียงกับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด จากการศึกษาจะเห็นว่าการใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุนจะให้สีที่ด้อยกว่าเป็นผลจากการที่ใช้สภาวะในการศึกษาสภาวะเดียวคือ อุณหภูมิสุดท้ายที่ใช้ในการอบ 50 องศาเซลเซียส ใช้แมกนิตรอน 6 ตัว และใช้พลังงาน 100 % ซึ่งอาจจะเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบที่สูงจะมีผลไปทำลายคลอโรฟิลล์ในพืชได้และอาจส่งผลต่ออัตราการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบสูงจะทำให้มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับ (Rocha,1992) ที่ศึกษาอุณหภูมิใน การอบแห้งที่มีผลต่อสีของมิ้นท์และโหระพา โดยพบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลอย่างมากต่อสีของสมุนไพร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบค่า Lightness (L* value) หลังการอบของพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	L* value		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
1	35.34	29.08b	30.11c
2	35.81	34.26a	31.39b
3	36.98	28.80b	31.70b
4	35.55	33.03a	30.24bc
5	31.34	32.05ab	28.16cd
6	31.70	33.24a	27.31d
7	29.95	22.78c	37.17a

$LSD(0.05)_{L^*\text{ของเปปเปอร์มิ้นท์}}$ =3.3374 , $LSD(0.05)_{L^*\text{ของยูเอสเอมิ้นท์}}$ = 2.3397

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบค่า Chroma (C*) หลังการอบของพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	Chroma		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
1	13.54	10.19c	12.93
2	14.44	11.77bc	13.61
3	13.93	10.65c	13.26
4	14.44	10.62c	13.56
5	12.79	13.67ab	11.20
6	11.74	14.32a	10.57
7	10.49	4.208d	12.87

$LSD(0.05)_{C^*\text{ของเปปเปอร์มิ้นท์}}$ = 2.2174

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบค่า Hue Angle (h^0) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	Hue Angle		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
1	93.98	99.03a	92.67
2	94.33	102.29a	87.89
3	91.07	99.76a	90.82
4	88.58	103.24a	87.12
5	89.66	101.21a	91.09
6	90.09	102.83a	92.49
7	86.41	83.47b	88.86

$LSD(0.05)_{h0ของเปปเปอร์มิ้นท์} = 5.2401$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.6.1.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w) ของพืชสมุนไพรหลังการอบแห้ง

จากการตรวจวัดค่า A_w ที่ต่างกันเนื่องจากการเลือกใช้ เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด ของพืชสมุนไพร 3 ชนิด คือ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปเปอร์มิ้นท์ พบว่า มีค่า A_w ดังตารางที่ 4.25 และเมื่อพิจารณา ค่าA_wของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด จะเห็นว่า ค่า A_wจะอยู่ในช่วง 0.41 – 0.58 ซึ่งจัดว่าอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งได้ ดังตารางที่ 4.25

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเสียหายของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหาย จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อค่า วอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.6 – 1.0 โดยเฉพาะยีสต์และราซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในระดับต่ำ คือ 0.6 ในทางตรงกันข้ามเชื้อแบคทีเรียจะเจริญได้ดี เมื่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่า 0.75 และมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญได้เมื่อค่าวอเตอร์แอคติวอตี้ต่ำกว่า 0.86 (Macrae,*et al*, 1993) ดังนั้น การลดปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ให้น้อยลงเพื่อให้ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดต่ำลง จึงเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ วิธีการลดปริมาณน้ำอาจใช้วิธี การทำแห้งได้ (นิธิยา, 2539)

ตารางที่ 4.25 เปรียบเทียบค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w) หลังการอบของพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
1	0.56	0.48	0.54
2	0.52	0.48	0.50
3	0.58	0.54	0.55
4	0.52	0.44	0.50
5	0.58	0.49	0.42
6	0.58	0.41	0.41
7	0.54	0.43	0.50

4.6.2 ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านเคมีหลังการอบ ของพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบอแห้ง 3 ชนิด

4.6.2.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหย

จากการตรวจวัด ปริมาณน้ำมันหอมระเหย ที่ต่างกัน เนื่องจากการเลือกใช้เครื่องอบแห้งที่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้น พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหย ของ เลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ ทั้ง 7 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ความเร็วลม 1.8 m/s ที่น้ำหนัก 400 กรัม จะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด ดังตารางที่ 4.26

เมื่อพิจารณาปริมาณของน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด แล้วพบว่า กระบวนการอบแห้งจะมีอิทธิพลอย่างสูงต่อปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย โดย Venskutonis (1997) กล่าวว่า กระบวนการอบแห้งจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยในการอบ โรสแมรี่ และไทม์ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึง เนื่องจากพืชสมุนไพรเป็นผลิตผลที่ไวต่อการสูญเสียสารที่เป็นฤทธิ์ทางยาและน้ำมันหอมระเหย จากการทดลองอบพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด จะเห็นว่า การใช้เครื่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าการใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบสุญญากาศ อาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งต่ำกว่าอีก 2 แบบ โดยมีอุณหภูมิในการอบอยู่ในช่วง 44.18-45.10 องศาเซลเซียส สอดคล้องกัน Diaz – Maroto *et al.*(2002) ที่ศึกษาพบว่า การอบแห้ง parsley ด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ลดความเข้มข้นขององค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยของ parsley ลง รวมถึง Blanco *et al.* ที่ให้ความเห็นว่า ในการใช้อุณหภูมิสูงอบใบเปปเปอร์มิ้นท์ที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส นั้นจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลงจาก 1.0 % (40 องศาเซลเซียส), 0.14% (60 องศาเซลเซียส) และ 0.12% (80 องศาเซลเซียส) รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยก็จะลดลงด้วย

ตารางที่ 4.26 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ml/100g น้ำหนักแห้ง) หลังการอบของพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ml/100g น้ำหนักแห้ง)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
พืชสมุนไพรสด	1.43	1.63	1.96
1	0.80cd	1.30bc	1.60b
2	1.33a	1.57a	1.83a
3	1.00bc	1.20cd	1.60b
4	1.20bc	1.50ab	1.93a
5	0.55d	1.00d	0.52e
6	0.72d	1.12cd	0.80d
7	0.57d	0.43c	1.10c

$LSD(0.05)_{\text{oilของเลมอนไทม์}} = 0.2653$, $LSD(0.05)_{\text{oilของเปปเปอร์มิ้นท์}} = 0.2075$,

$LSD\ (0.05)_{\text{oilของยูเอสเอมิ้นท์}} = 0.1383$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6.2.2 ปริมาณเถ้าทั้งหมด (Total Ash)

จากการตรวจวัด ปริมาณเถ้าทั้งหมดที่ต่างกัน เนื่องจากการเลือกใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิดพบว่า ปริมาณเถ้าทั้งหมดของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.27

เมื่อพิจารณา เครื่องอบแห้งทั้ง 3 แบบแล้ว จะเห็นว่าเป็นระบบปิด การปนเปื้อนของฝุ่นขณะทำการอบจึงเป็นไปได้ยาก อาจเกิดการปนเปื้อนในขั้นตอนอื่น ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของ Esper and Muhlbauer (1998) ที่ว่าขั้นตอนของการอบแห้งจะไม่มีผลต่อปริมาณเถ้าของพืชสมุนไพรที่อบแห้ง อาจขึ้นอยู่กับกระบวนการหลังเก็บเกี่ยวอื่นๆ เช่น การขนส่ง การทำความสะอาด และ การเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม การประยุกต์เพื่อสร้างเครื่องอบแห้งขึ้นมาก็จะช่วยทำให้ปริมาณเถ้าน้อยลงได้ เนื่องจากอาจลดการถูกปนเปื้อนจากฝุ่นและแมลงจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ รวมถึง Baladin and Headley (1998) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเถ้าจาก ไทม์สด และไทม์ที่อบจากตู้อบ และอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง พบว่ามี ปริมาณเถ้าเป็น 1.6%, 2.03% และ 2.25 % ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการอบโดยไม่ใช้ตู้อบจะมีปริมาณเถ้าสูงกว่า สำหรับปริมาณเถ้าของพืชทั้ง 3 ชนิดนี้จะอยู่ในช่วง 5.25 – 7.87 % ซึ่งถือว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ที่กำหนดไว้ไม่ให้เกิน 8 %

ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบปริมาณเถ้าทั้งหมด (%) หลังการอบของพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
1	7.48	7.59	5.94
2	6.95	6.69	6.20
3	7.21	7.87	5.99
4	6.96	6.92	6.24
5	6.23	6.54	6.23
6	6.18	6.12	5.25
7	6.19	7.19b	6.66

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6.2.3 ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (Water Soluble Ash)

จากการตรวจวัด ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ ที่ต่างกัน เนื่องจากการเลือกใช้ เครื่องอบแห้ง 3 ชนิดพบว่า ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ ของเลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ มีค่าดังตารางที่ 4.28 เมื่อพิจารณา ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ ของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 48.25 – 60.97 % ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ที่กำหนดไว้ให้มีปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า45 %

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (%)หลังการอบของพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (%)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
1	52.29	51.62	54.22
2	57.74	49.69	48.25
3	53.06	51.71	53.96
4	60.97	50.32	52.48
5	57.19	52.41	50.50
6	59.75	52.87	52.74
7	53.20	54.94	51.61

4.6.3 ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาหลังการอบ ของพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

จากตาราง 4.29 4.30 4.31 และ 4.32 จะเห็นว่าการใช้สารละลายคลอรีนในรูปโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เข้มข้น 10 % กับพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณโคลิฟอร์มและ อี.โคไล มีผลให้ก่อนอบด้วยเครื่องอบแห้งทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณเชื้อน้อยลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.29 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/1g sample) ก่อนการอบพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	4.88	7.51	5.10
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	3.04	4.10	4.23
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด	5.21	4.00	4.22
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด	3.30	2.70	3.08
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศ	4.88	5.51	5.10
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศ	3.04	2.36	4.23

ตารางที่ 4.30 แสดงปริมาณยีสต์และรา (log cfu / 1g sample) ก่อนการอบพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณยีสต์และรา(log cfu / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	-	-	-
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	-	-	-
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด	5.00	3.00	5.00
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด	2.30	2.00	2.00
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศ	-	-	-
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศ	-	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.31 แสดงปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN / 1g sample) ก่อนการอบพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	2.24	< 2.00	2.11
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	< 2.00	< 2.00	< 2.00
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด	2.73	< 2.00	< 2.00
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด	< 2.00	< 2.00	< 2.00
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศ	2.24	< 2.00	2.11
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศ	< 2.00	< 2.00	< 2.00

ตารางที่ 4.32 แสดงปริมาณอี.โคไล (MPN / 1g sample) ก่อนการอบพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณอี.โคไล (MPN / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	+	-	+
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	-	-	-
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด	+	+	-
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด	-	-	-
ก่อนแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศ	+	-	+
หลังแช่คลอรีนอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศ	-	-	-

หมายเหตุ - ; Negative *E.coli* , + ; Possitive *E.coli*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6.3.1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการตรวจวัด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เนื่องจากการเลือกใช้ เครื่องอบแห้งที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้น พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ของเลมอนไทม์ ทั้ง 7 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่การใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำที่สุด สำหรับยูเอสเอมิ้นท์และเปปเปอร์มิ้นท์นั้น ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ของทั้ง 7 วิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 เปรียบเทียบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu /1g sample) หลังการอบของพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu /1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
1	4.05ab	3.38	4.16
2	3.54b	3.98	4.61
3	3.34b	4.14	4.08
4	3.71ab	4.31	4.54
5	3.18b	3.46	3.95
6	4.63a	4.13	4.25
7	2.19c	2.71	2.29

$LSD(0.05)_{\text{total plate count ของ เลมอนไทม์}} = 0.9383$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.6.3.2 ปริมาณยีสต์และรา

จากการตรวจวัด ปริมาณยีสต์และราที่แตกต่างกัน เนื่องจากการเลือกใช้เครื่องอบแห้งที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้น พบว่า ปริมาณยีสต์และราของยูเอสเอมิ้นท์ ทั้ง 7 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ที่ความเร็วลม 1.8 m/s และการใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน นั้นจะเป็นกลุ่มที่มีปริมาณยีสต์และราต่ำที่สุด สำหรับ เลมอนไทม์และเปปเปอร์มิ้นท์ พบว่าปริมาณยีสต์และรา ของทั้ง 7 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.34

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบปริมาณยีสต์และรา (log cfu/1gsample) หลังการอบของพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณยีสต์และรา (log cfu / 1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
1	0.85	1.65	3.54bc
2	0.50	0.00	4.71a
3	0.50	1.00	3.45bc
4	0.50	2.24	4.30ab
5	1.30	1.65	3.04c
6	1.00	2.00	1.74d
7	0.00	0.00	1.75d

$LSD(0.05)_{\text{yeast and fungi ของ ยูเอสเอมิ้นท์}} = 0.9437$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.6.3.3 ปริมาณโคลิฟอร์มและ อี.โคไล

จากการตรวจวัด ปริมาณโคลิฟอร์มที่ต่างกัน เนื่องจากการเลือกใช้เครื่องอบแห้งที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้น พบว่า ปริมาณโคลิฟอร์มของพืชสมุนไพร ทั้ง 7 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับ ($P>0.05$) โดยที่ปริมาณโคลิฟอร์มที่ตรวจพบมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมที่ได้กำหนดไว้ และจะพบว่า ทุกกรรมวิธีในการอบพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด จะไม่พบปริมาณของเชื้อ อี.โคไล ในตัวอย่างหลังการอบแห้ง ดังตารางที่ 4.35

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล (MPN /1g sample) หลังการอบของพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด

วิธีการทดลอง	ปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN/1g sample)			อี.โคไล (MPN /1g sample)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์	เลมอนไทม์E.coli	เปปเปอร์มิ้นท์ E.coli	ยูเอสเอมิ้นท์ E.coli
1	< 2.00	< 2.00	< 2.00	-	-	-
2	< 2.00	< 2.00	2.26	-	-	-
3	< 2.00	< 2.00	2.29	-	-	-
4	< 2.00	< 2.00	2.24	-	-	-
5	< 2.00	< 2.00	< 2.00	-	-	-
6	2.11	< 2.00	< 2.00	-	-	-
7	< 2.00	< 2.00	< 2.00	-	-	-

$LSD\ (0.05)_{\text{coliform ของยูเอสเอมิ้นท์}} = 0.6406$

หมายเหตุ - ; Negative *E.coli* + ; Possitive *E.coli*

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาหลังการอบโดยใช้วิธีการอบ 7 วิธีของเลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์แล้วจะเห็นว่า การใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน จะช่วยทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด, ปริมาณยีสต์และรา มีปริมาณต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 6 วิธี เป็นผลจากระยะเวลาในการอบที่สั้นเชื้อไม่สามารถที่จะเจริญเติบโตได้รวมถึงอุณหภูมิในการอบแห้งที่สามารถเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างที่ทำการอบ จึงมีผลยับยั้งหรือทำลายเชื้อได้มากกว่า เช่นเดียวกับความคิดเห็นของบุญเลิศและวินัย (2530) ที่พบว่าการทำแห้งเป็นการระเหยน้ำออกไปทำให้จุลินทรีย์ขาดน้ำที่ใช้ประโยชน์ได้ มีผลทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยจะพบว่า อุณหภูมิที่รา ยีสต์และแบคทีเรีย สามารถเจริญเติบโตได้อยู่ระหว่าง 0 – 45, 25 – 47 และ 5 – 43 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (บัญญัติ, 2536) จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องอบแห้งทั้ง 3 ชนิดมีผลทำลายหรือยับยั้งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้แต่จะพบว่าทั้ง 7 วิธีที่ใช้ในการอบแห้งเลมอนไทม์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเปปเปอร์มิ้นท์ หลังการอบแห้งยังตรวจพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมด ปริมาณยีสต์และรา และปริมาณโคลิฟอร์มอยู่ อาจเป็นเชื้อที่เกิดจากการปนเปื้อนภายหลังจากสิ้นสุดการอบแห้งแล้วสอดคล้องกับ นิธิยา (2543) ที่กล่าวว่า ระหว่างการอบแห้งอาจมีจุลินทรีย์บางส่วนลดจำนวนลงหรือถูกทำลายไป แต่ก็อาจมีจุลินทรีย์บางส่วนที่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ค่า A_w ผลิตภัณฑ์อบแห้ง ค่าออกซิเจน รวมถึงปัจจัยอื่นๆอีก ไม่ว่าจะใช้กระบวนการอบแห้งวิธีใด ก็ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้อย่างสมบูรณ์จึงมีบางส่วนที่มีชีวิตรอดอยู่ได้ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนได้ดี ได้แก่ สปอร์ของแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ดังนั้นอาจมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เกิดขึ้นตั้งแต่ก่อนที่0จะทำการอบแห้ง ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อจำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์อบแห้ง คือ จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งช่วงระยะเวลาการเตรียมวัตถุดิบถึงเมื่อเริ่มต้นการอบแห้ง อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบ ปริมาณความชื้นสุดท้าย และค่า A_w ของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้

4.7 การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า

การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า ของการอบแห้งพืชสมุนไพร เปปเปอร์มิ้นท์ ยูเอสเอมิ้นท์ และเลมอนไทม์ โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.34 โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขในการวิเคราะห์ดังนี้

1.เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1.1ใช้เวลาในการอบ

1.1.1 เลมอนไทม์	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (1/5/47) ใช้เวลาในการอบ	7.25 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (2/5/47) ใช้เวลาในการอบ	7.50 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s (11/5/47)ใช้เวลาในการอบ	7.50 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s (13/5/47)ใช้เวลาในการอบ	7.25 ชั่วโมง
1.1.2 ยูเอสเอมิ้นท์	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (9/5/47)ใช้เวลาในการอบ	7.25 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (10/5/47)ใช้เวลาในการอบ	8.50 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(14/5/47)ใช้เวลาในการอบ	8.25 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(15/5/47)ใช้เวลาในการอบ	10.00 ชั่วโมง
1.1.3 เปปเปอร์มิ้นท์	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (28/4/47)ใช้เวลาในการอบ	8.50 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s(29-30/4/47)ใช้เวลาในการอบ	10.25ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(20/5/47)ใช้เวลาในการอบ	7.50 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(21/5/47)ใช้เวลาในการอบ	8.00 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ขนาดกำลังไฟฟ้าของพัดลม ตัวละ = 0.05 kW

1.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต = 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ,กิจการขนาดเล็ก)

1.4 น้ำหนักที่ใช้ในการอบ 1800 กรัม

2 เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด

2.1 ใช้เวลาในการอบ

2.1.1 เลมอนไทม์	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (ครั้งที่ 1)	ใช้เวลาในการอบ 5.00 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (ครั้งที่ 2)	ใช้เวลาในการอบ 5.00 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(ครั้งที่ 1)	ใช้เวลาในการอบ 4.30 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(ครั้งที่ 2)	ใช้เวลาในการอบ 4.25 ชั่วโมง
2.1.2 ยูเอสเอมิ้นท์	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (ครั้งที่ 1)	ใช้เวลาในการอบ 3.30 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (ครั้งที่ 2)	ใช้เวลาในการอบ 3.20 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(ครั้งที่ 1)	ใช้เวลาในการอบ 3.10 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(ครั้งที่ 2)	ใช้เวลาในการอบ 3.00 ชั่วโมง
2.1.3 เปปเปอร์มิ้นท์	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s (ครั้งที่ 1)	ใช้เวลาในการอบ 4.25 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.5 m/s(ครั้งที่ 2)	ใช้เวลาในการอบ 4.20 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(ครั้งที่ 1)	ใช้เวลาในการอบ 3.33 ชั่วโมง
	ที่ความเร็วลม 1.8 m/s(ครั้งที่ 2)	ใช้เวลาในการอบ 3.30 ชั่วโมง

2.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยชั่วโมงละ 1.98 kwh

2.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต = 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, กิจการขนาดเล็ก)

2.4 น้ำหนักที่ใช้ในการอบ = 135 กรัม

3. เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

3.1 ใช้เวลาในการอบ

3.1.1 เลมอนไทม์		
ครั้งที่ 1	ใช้เวลาในการอบ	0.58 ชั่วโมง
ครั้งที่ 2	ใช้เวลาในการอบ	0.55 ชั่วโมง
3.1.2 ยูเอสเอมิ้นท์		
ครั้งที่ 1	ใช้เวลาในการอบ	0.61 ชั่วโมง
ครั้งที่ 2	ใช้เวลาในการอบ	0.61 ชั่วโมง
3.1.3 เปปเปอร์มิ้นท์		
ครั้งที่ 1	ใช้เวลาในการอบ	0.71 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ครั้งที่ 2 ใช้เวลาในการอบ 0.70 ชั่วโมง

3.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยชั่วโมงละ 10.0584 kwh

3.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต = 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, กิจการขนาดเล็ก)

การแสดงการคำนวณ แสดงดังภาคผนวก ค.

ตารางที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า

ชนิดของเครื่องอบแห้ง	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อ 1800 กรัม)		
	เลมอนไทม์	เปปเปอร์มิ้นท์	ยูเอสเอมิ้นท์
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์			
- ความเร็วลม 1.5 m/s	1.82	2.31	1.94
- ความเร็วลม 1.8 m/s	1.82	1.91	2.25
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด			
- ความเร็วลม 1.5 m/s	108.35	91.55	70.43
- ความเร็วลม 1.8 m/s	92.64	71.83	66.00
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบสุญญากาศ	14.00	17.50	15.12

จากตารางที่ 4.36 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อ 1800 กรัม) ของการอบแห้งพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด นั้นการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด สามารถลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงได้แต่จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาในการอบนานกว่าเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุนหลายเท่า หากต้องการทำการผลิตเป็นจำนวนมากในเชิงธุรกิจ อาจไม่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เนื่องจากต้นทุนด้านพลังงานเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่จะนำไปพิจารณาเท่านั้น ยังมีต้นทุนในด้านอื่นๆอีกที่ผู้ประกอบการต้องนำมาพิจารณาประกอบ ซึ่งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะเหมาะกับผู้ใช้ในกลุ่มเกษตรกร เป็นผลจากการที่เกษตรกรมีปริมาณการผลิตไม่มาก ลักษณะของธุรกิจเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กภายในท้องถิ่นมีความไม่สม่ำเสมอของปริมาณผลผลิต จึงสามารถที่จะยืดหยุ่นเรื่องเวลาในการอบได้ รวมถึงราคาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งอีก 2 ชนิด ทำให้กลุ่มเกษตรกรสามารถที่จะประหยัดต้นทุนทั้งใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้านอุปกรณ์และด้านพลังงาน นอกเหนือจากการลดต้นทุนแล้ว ข้อดีของการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ คือ เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรที่มีปริมาณมากในประเทศที่กำลังพัฒนา เป็นการใช้พลังงานธรรมชาติที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด เครื่องอบแห้งที่ออกแบบมานั้น จะป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง สิ่งสกปรก นก แมลงและจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติดี ลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร ปลอดภัย ใช้แรงงานน้อย คุ้มค่าแก่การลงทุนและค่าใช้จ่ายเพื่อดำเนินการ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับกลุ่มเกษตรกรที่จะนำเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ในการอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved