บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

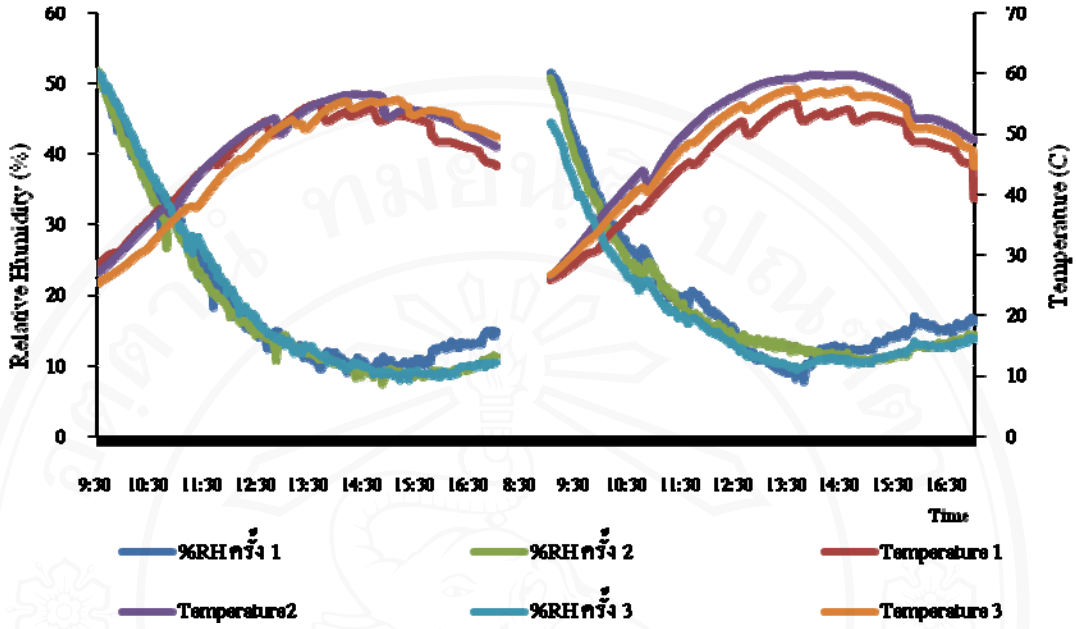
ตอนที่ 1 ศึกษาหาอัตราการอบแห้ง เวลาการทำแห้ง ในการอบแห้งพืชสมุนไพรโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที

การใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอาศัยแหล่งความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในส่วนอบแห้ง จึงขึ้นอยู่กับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เช่นกัน ซึ่งทำให้อุณหภูมิในแต่ละช่วงของวันมีค่าไม่คงที่ จากการศึกษาการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ศึกษากราฟการอบแห้ง (drying curve) และกราฟอัตราการอบแห้ง (drying rate curve) โดยทำการอบแห้งจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ (wb)

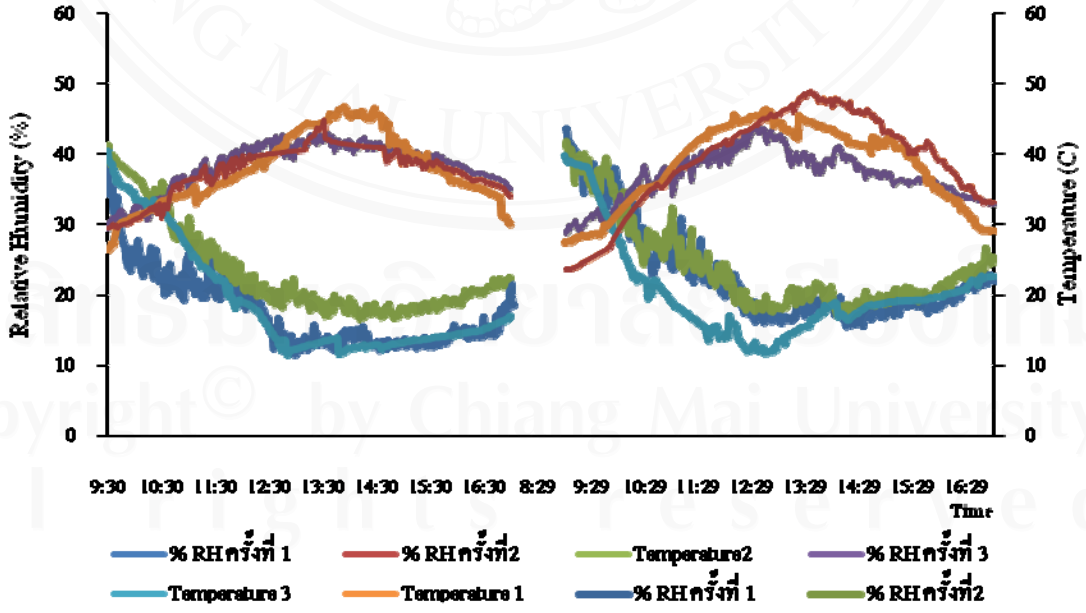
4.1 ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบ บันทึกโดยใช้ data logger วางไว้ 2 ตำแหน่ง พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของชั้นบนและล่างในช่วงโมงแรกเท่ากับ 51.73, 40.8 และ 55.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบมีค่าสูงในช่วงแรก ทั้งนี้เนื่องมาจากการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นมาก อากาศแห้งมีการรับไอน้ำเกิดขึ้น และเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงตามระยะเวลาการอบแห้ง จากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลงจนถึงเวลา 17.00 น. ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นน้อยมาก และเมื่อสิ้นสุดการทดลองความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งชั้นบนและล่างของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบมีค่าเท่ากับ 15.80, 23.8 และ 14.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

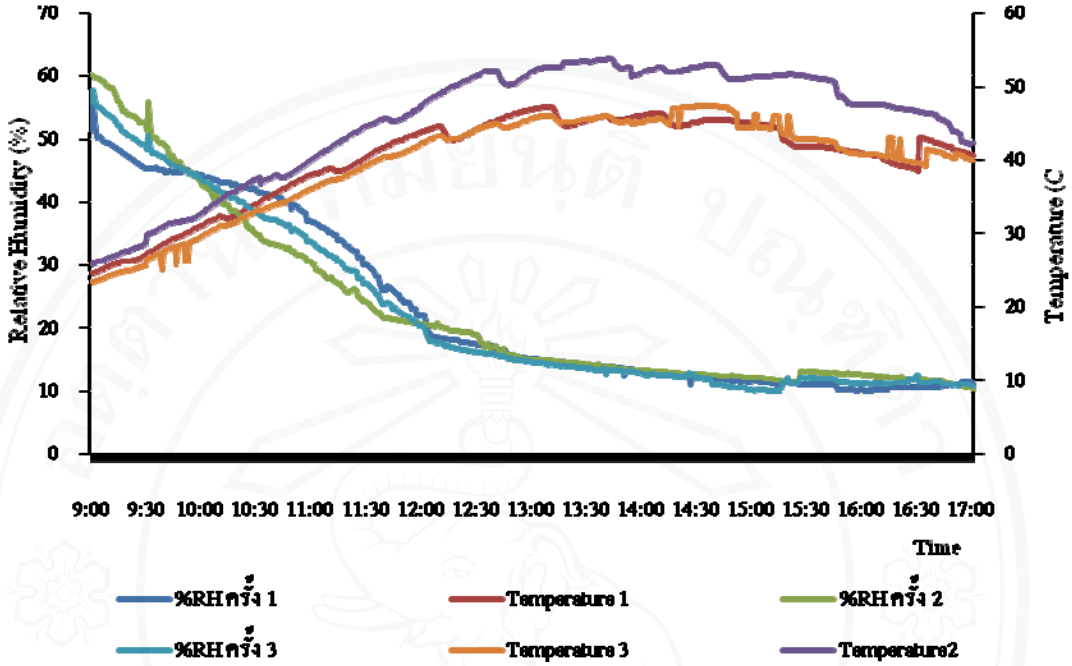


ภาพ 4.1 กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศภายในและภายนอก ตู้อบใบโรสแมรี่ครั้งที่ 1 (12-13 ก.พ. 50) ครั้งที่ 2 (14-15 ก.พ. 50) และครั้งที่ 3 (17-18 ก.พ. 50)



ภาพ 4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศภายในและภายนอก ของตู้อบลาเวนเดอร์ ครั้งที่ 1 (1–2 มี.ค. 50) ครั้งที่ 2 (11–12 มี.ค. 50) ครั้งที่ 3 (22–23 มี.ค. 50)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.3 กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศภายในและภายนอก ของตู้อบกลีบดอกกุหลาบ ครั้งที่ 1 (6 มิ.ย. 50) ครั้งที่ 2 (11 มิ.ย. 50) ครั้งที่ 3 (16 มิ.ย. 50)

4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

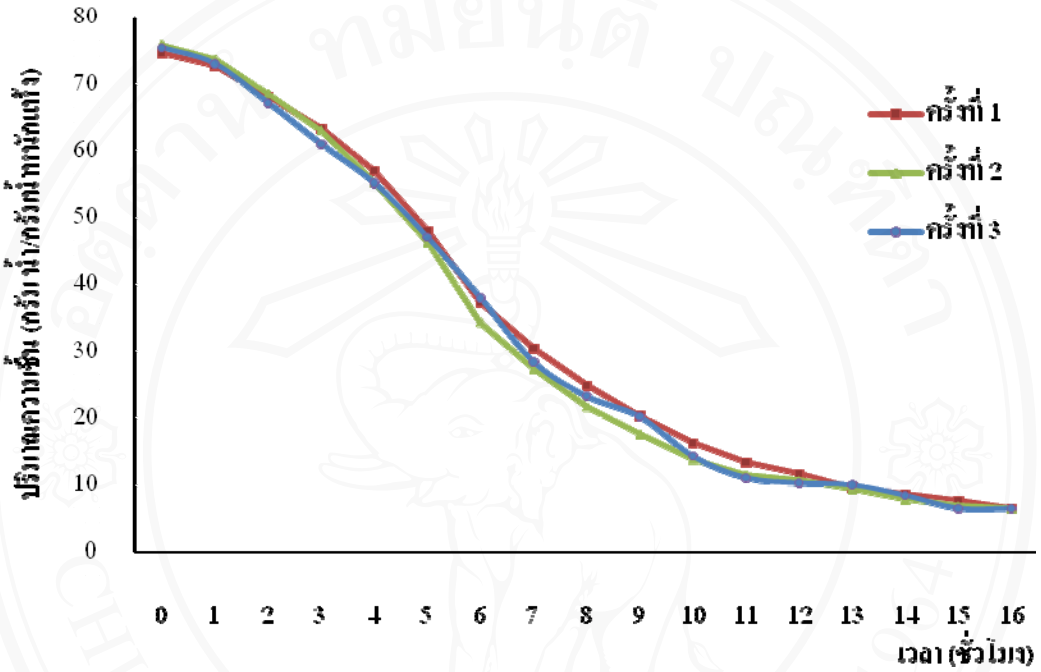
อุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบ บันทึกโดยใช้ data logger วางไว้ 2 ตำแหน่ง พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบนและล่างในชั่วโมงแรกเป็น 27.10, 28.33 และ 27.15 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิจะมีค่าต่ำในช่วงแรกและจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเป็นช่วงที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์สูงขึ้นโดยอุณหภูมิจะมีค่าสูงในช่วง 12.00-14.30 นาฬิกา เมื่อสิ้นสุดการทดลองอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบนและล่าง คือ 44.3, 31.62 และ 43.19 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

4.3 การลดความชื้นของใบโรสแมรี่โดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาการลดความชื้นของใบโรสแมรี่ พบว่าทดลองครั้งที่ 1 ในวันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ 2550 ครั้งที่ 2 ในวันที่ 14-15 กุมภาพันธ์ 2550 และครั้งที่ 3 ในวันที่ 17-18 กุมภาพันธ์ 2550 มีค่าความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งเท่ากับ 74.72 77.67 และ75.44 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ โดยความชื้นมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการอบเฉลี่ย 16 ชั่วโมง โดยชั่วโมงที่ 1-7 ตัวอย่างมีการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อพิจารณาช่วง 8 ชั่วโมงสุดท้ายของการอบการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.54, 6.71 และ 6.64 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ ดังภาพ 4.4

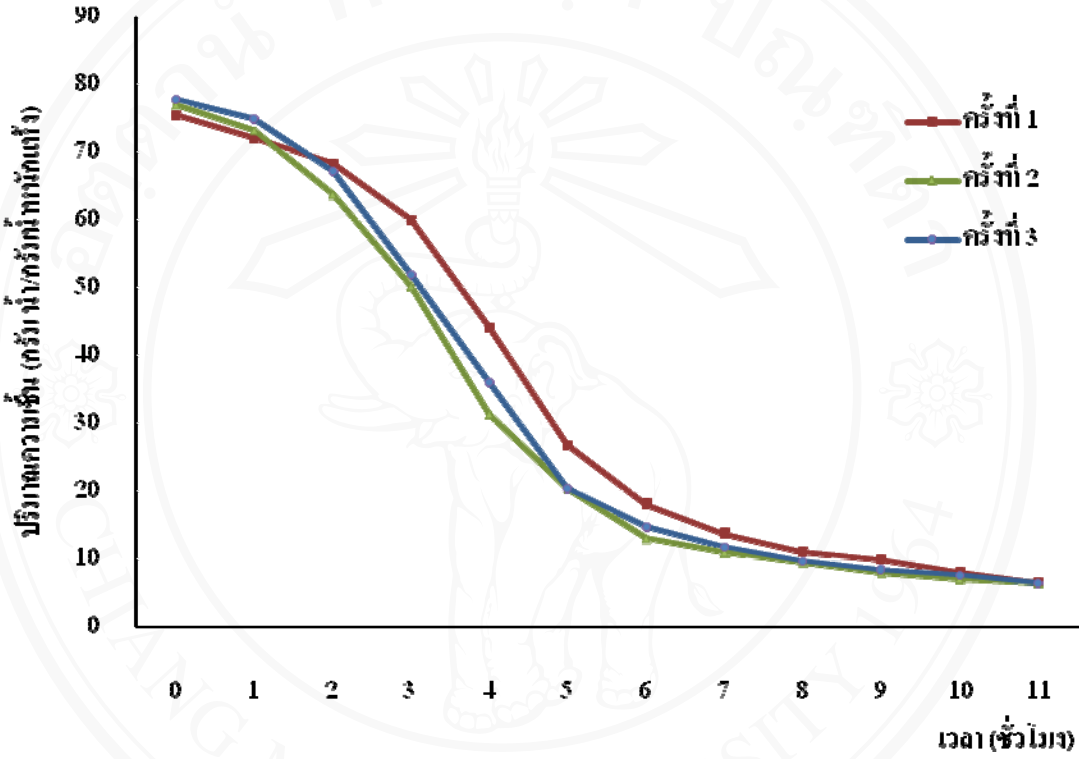


ภาพ 4.4 กราฟแสดงการลดความชื้นของใบโรสแมรี่ ระหว่างการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4.4 การลดความชื้นของดอกลาเวนเดอร์โดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาการลดความชื้นของดอกลาเวนเดอร์พบว่าทดลองครั้งที่ 1 ในวันที่ 1-2 มีนาคม 2550 มีค่าความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งเท่ากับ 75.54 เปอร์เซ็นต์ (wb) โดยความชื้นมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการอบเฉลี่ย 11 ชั่วโมง โดยชั่วโมงที่ 1-5 ตัวอย่างมีการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อพิจารณาช่วง 6 ชั่วโมงสุดท้ายของการอบ พบว่าการลดความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.57 เปอร์เซ็นต์ (wb) ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 ในวันที่ 11-12 มีนาคม 2550 ความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 77.00 เปอร์เซ็นต์ (wb) ความชื้นของทุกตัวอย่าง มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการอบ 11 ชั่วโมง จะเห็นว่าตั้งแต่เริ่มอบจนถึงชั่วโมงที่ 6 ตัวอย่างทุกตัวอย่างมีการลดลงของความชื้นเป็นไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 8-16 ความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.48 เปอร์เซ็นต์ (wb) และการทดลองครั้งที่ 3 ในวันที่ 22-23 มีนาคม 2550 ความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งมีค่า 75.77 เปอร์เซ็นต์

(wb) พบว่าความชื้นมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการอบเฉลี่ย 11 ชั่วโมง โดยชั่วโมงที่ 1–5 ตัวอย่างมีการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อพิจารณาช่วง 8 ชั่วโมงสุดท้ายของการอบการลดความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.52 เปอร์เซ็นต์ (wb) ดังภาพ 4.5

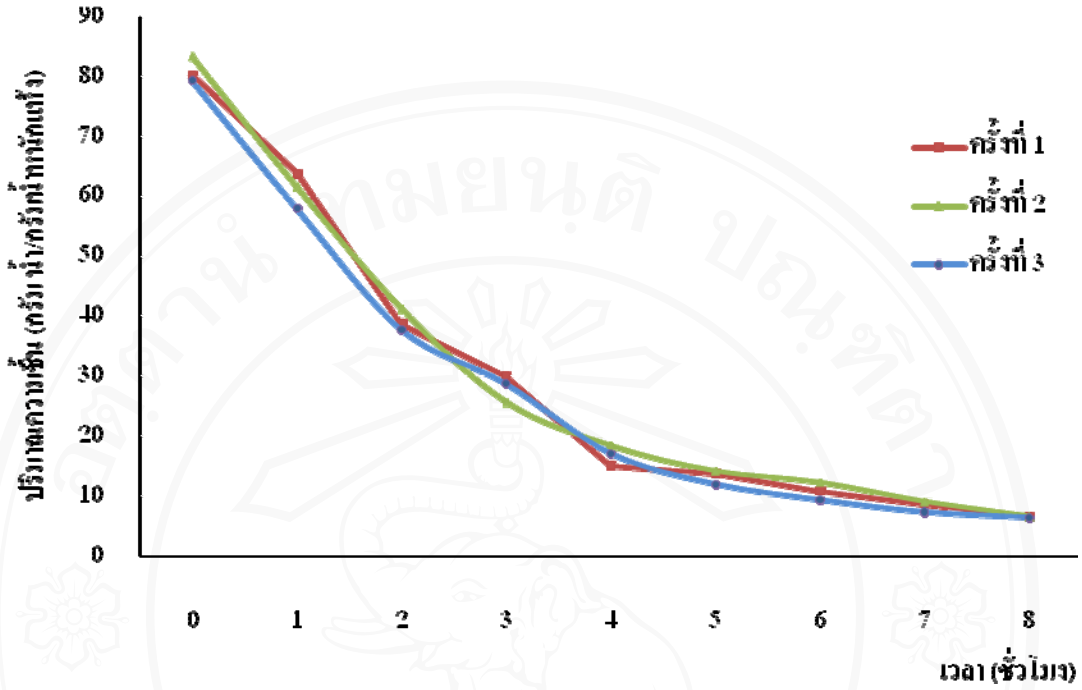


ภาพ 4.5 กราฟแสดงการลดความชื้นของดอกลาเวนเดอร์ระหว่างการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4.5 การลดความชื้นของกลีบดอกกุหลาบโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาการลดความชื้นของกลีบดอกกุหลาบ พบว่าทดลองครั้งที่ 1 ในวันที่ 6 มิถุนายน 2550 ครั้งที่ 2 ในวันที่ 11 มิถุนายน 2550 และครั้งที่ 3 ในวันที่ 16 มิถุนายน 2550 มีค่าความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งเท่ากับ 80.14, 83.26 และ 79.20 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ โดยความชื้นมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการอบเฉลี่ย 7 ชั่วโมง โดยชั่วโมงที่ 1-3 ตัวอย่างมีการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อพิจารณาช่วง 4 ชั่วโมงสุดท้ายของการอบ การลดความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.38, 6.46 และ 6.32 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ ดังภาพ 4.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.6 กราฟแสดงการลดความชื้นของกลีบดอกกุหลาบระหว่างการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

อัตราการอบแห้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ โดยอัตราการอบแห้งในช่วงเริ่มต้นมีค่าสูง เนื่องจากมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์สูง ทำให้บริเวณผิวหน้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเพียงพอต่อการระเหยจึงเร่งให้อัตราการอบแห้งเกิดเร็วขึ้น หลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) เนื่องจากปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้น้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์เกิดการเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่ออัตราการระเหย จึงทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการอบแห้งลูกแพร์หนาม (prickly pear fruit) ของ Lahsasni *et al.* (2004) การอบแห้งพริกแดงและพริกเขียว (red and green chilies) ของ Hossain and Bala (2006) ซึ่งผลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่ากลไกการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในมาที่ผิวภายนอกน่าจะเป็นแบบการแพร่ (diffusion) มากที่สุด (Lahsasni *et al.*, 2004)

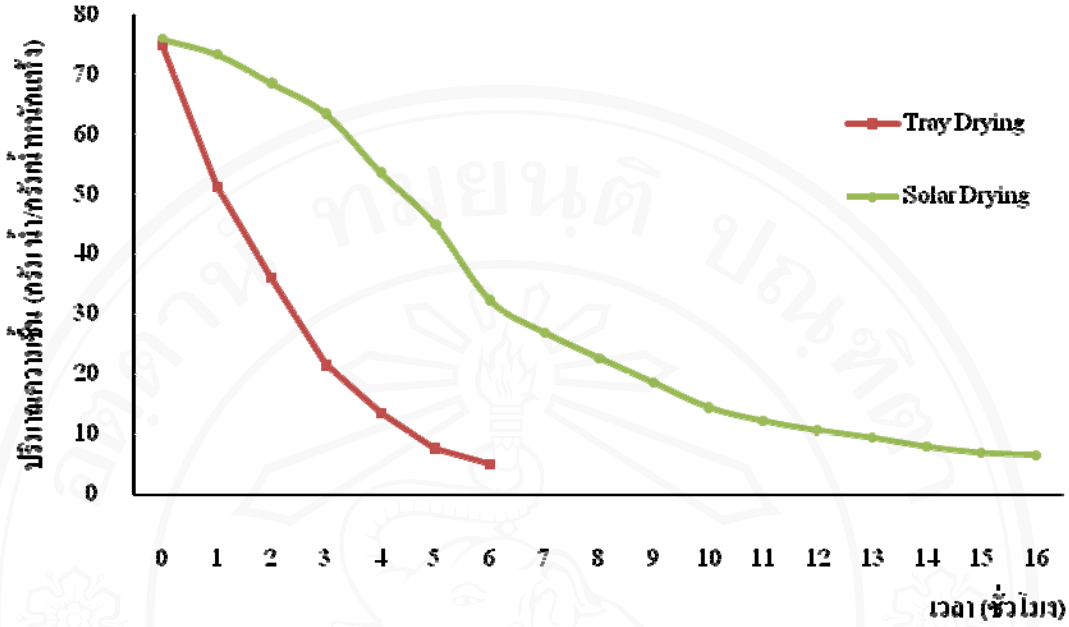
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพหลังการอบ โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้ง 2 ชนิด

4.6 การเปรียบเทียบการลดความชื้นระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ของใบโรสแมรี่

จากการทดลองอบตัวอย่างด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการอบครั้งที่ 1 ในระหว่างวันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ 2550 ความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งมีค่า 74.72 เปอร์เซ็นต์ (wb) สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 ในระหว่างวันที่ 14-15 กุมภาพันธ์ 2550 ความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งเฉลี่ยมีค่า 77.67 เปอร์เซ็นต์ (wb) และการทดลองครั้งที่ 3 ในระหว่างวันที่ 17-18 กุมภาพันธ์ 2550 มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 75.45 ทำการอบแห้งจนความชื้นสุดท้ายของตัวอย่างเหลือประมาณ 7เปอร์เซ็นต์ (wb) หรือน้อยกว่า ในการอบครั้งที่ 1 ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.54 เปอร์เซ็นต์ (wb) ส่วนการอบครั้งที่ 2 ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.71 เปอร์เซ็นต์ (wb) และการอบครั้งที่ 3 ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.64 เปอร์เซ็นต์ (wb) การอบทั้ง 3 ครั้งใช้เวลาในการอบ 16 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาดซึ่งได้ทำการทดลอง 3 ครั้งโดยครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 74.59 74.60 และ 75.76 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ ทำการอบแห้งจนพืชสมุนไพรมีความชื้นเหลือประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ (wb) หรือน้อยกว่า โดยความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายของการอบครั้งที่ 1 เป็น 6.51เปอร์เซ็นต์ (wb) ครั้งที่ 2 เป็น 6.57 เปอร์เซ็นต์ (wb) และครั้งที่ 3 เท่ากับ 6.49 เปอร์เซ็นต์ (wb) โดยการอบทั้ง 3 ครั้งใช้เวลาในการอบเท่ากับ 360 นาที ทั้งนี้เครื่องอบแห้งแบบถาดมีการลดความชื้นได้เร็วกว่าเครื่องอบแห้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์ในชั่วโมงแรก ดังแสดงในภาพที่ 4.7 จากกราฟจะเห็นว่าเส้นกราฟมีความชันมากกว่า เนื่องจากเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดสามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบเป็น 50 องศาเซลเซียส ได้ตั้งแต่เริ่มต้นการอบและคงที่อยู่ตลอดเวลาทำให้การถ่ายเทความร้อน ความชื้นระหว่างตัวอย่างและอากาศร้อนเกิดได้อย่างสม่ำเสมอกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ การที่อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นได้นั้น จำเป็นจะต้องอาศัยค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากในช่วงเช้าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีค่าต่ำ มีผลให้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิภายในเครื่องอบต่ำ ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างตัวอย่างกับอากาศร้อนเกิดได้ช้ากว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



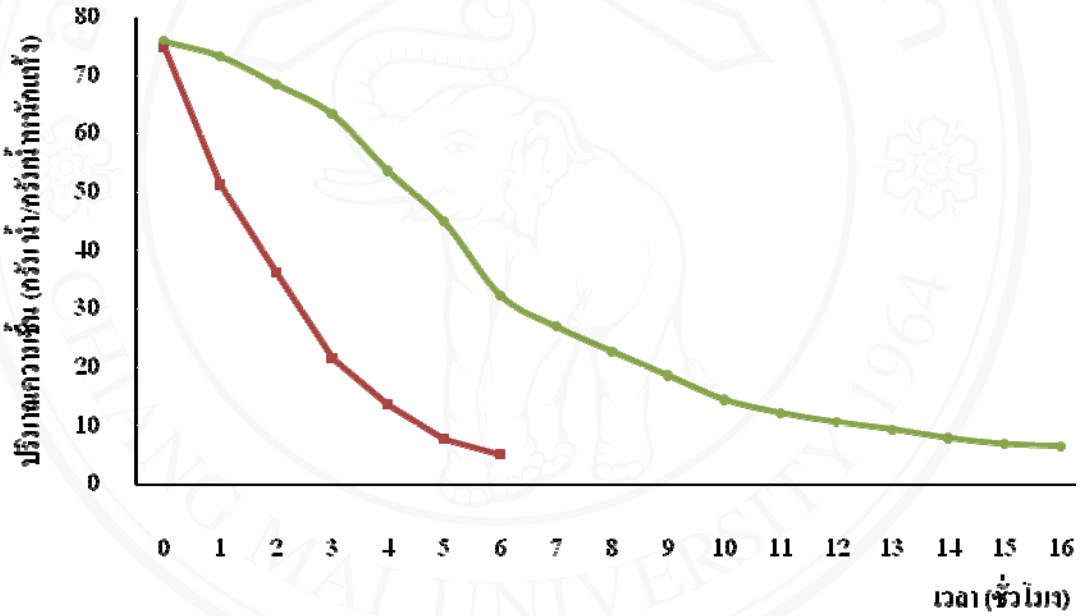
ภาพ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของใบโรสแมรี่ระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบพลังงานไฟฟ้าแบบถาด

4.7 การเปรียบเทียบการลดความชื้นระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ของดอกลาเวนเดอร์

จากการทดลองอบตัวอย่างด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการอบครั้งที่ 1 ในระหว่างครั้งที่ 1 วันที่ 1-2 มี.ค. 2550 มีความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งมีค่า 75.54เปอร์เซ็นต์ (wb) สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 ในระหว่างวันที่ วันที่ 11-12 มี.ค. 2550 ความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งเฉลี่ยมีค่า 77.0 เปอร์เซ็นต์ (wb) ส่วนการทดลองครั้งที่ 3 วันที่ 22-23 มี.ค. 2550 ความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 75.77 เปอร์เซ็นต์ (wb) ทำการอบแห้งจนความชื้นสุดท้ายของตัวอย่างเหลือประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ (wb) หรือน้อยกว่า ในการอบครั้งที่ 1 ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.69 เปอร์เซ็นต์ (wb) การอบครั้งที่ 2 ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.83 เปอร์เซ็นต์ (wb) และการอบครั้งที่ 3 มีค่าความชื้นสุดท้ายเป็น 6.72 เปอร์เซ็นต์ (wb) การอบแห้งทั้ง 3 ครั้งใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 11 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาดซึ่งได้ทำการทดลอง 3 ครั้ง และตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 75.54 76.27 และ 77.0 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ ทำการอบแห้งจนพืชสมุนไพรมีความชื้นเหลือประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ (wb) หรือน้อยกว่า โดยความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายของการอบครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 เท่ากับ 6.53 6.67และ เป็น 6.51 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ การอบทั้ง 3 ครั้งใช้เวลาในการอบ 345 นาทีหรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 45

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นาทีทั้งนี้เครื่องอบแห้งแบบถาดมีการลดความชื้นได้เร็วกว่าเครื่องอบแห้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์ในชั่วโมงแรก ดังแสดงในภาพที่ 4.8 จากกราฟจะเห็นว่าเส้นกราฟมีความชันมากกว่า เนื่องจากเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดสามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส ได้ตั้งแต่เริ่มต้นการอบและคงที่อยู่ตลอดเวลาทำให้การถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างตัวอย่างและอากาศร้อนเกิดได้อย่างสม่ำเสมอกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งการที่อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นได้นั้น จำเป็นจะต้องอาศัยค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากในช่วงเช้าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีค่าต่ำ มีผลให้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิภายในเครื่องอบต่ำส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างตัวอย่างกับอากาศร้อนเกิดได้ช้ากว่า



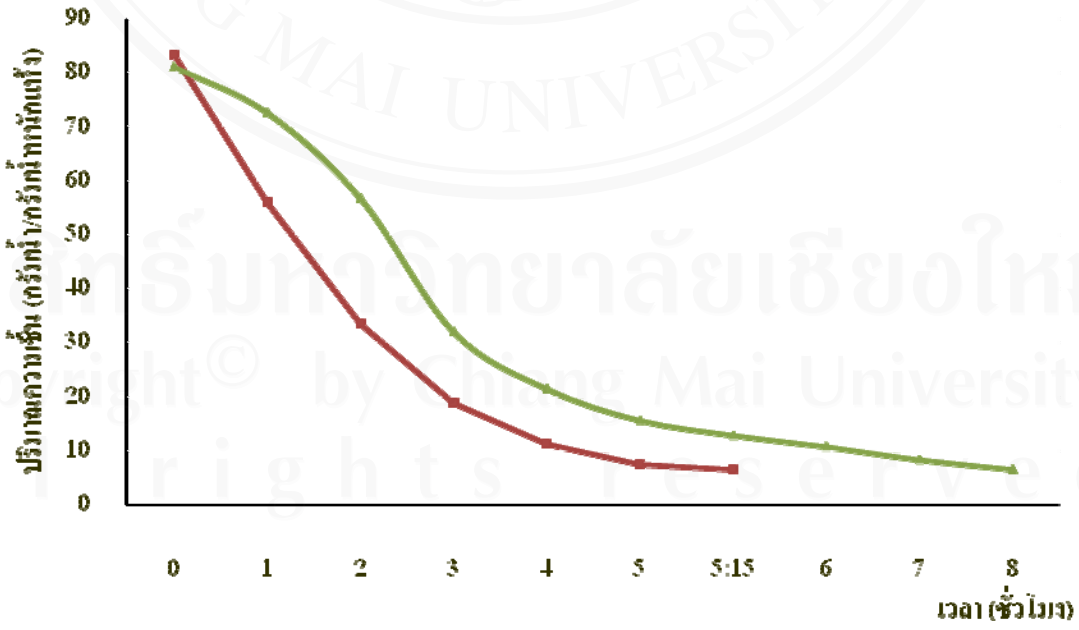
ภาพ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของดอกลาเวนเดอร์ระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบพลังงานไฟฟ้าแบบถาด

4.8 การเปรียบเทียบการลดความชื้นระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ของกลีบดอกกุหลาบ

จากการทดลองอบตัวอย่างด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการอบครั้งที่ 1 ในระหว่างวันที่ 6-7 มิถุนายน 2550 ความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งมีค่า 80.14 เปอร์เซ็นต์ (wb) สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 ในระหว่างวันที่ 11-12 มิถุนายน 2550 ความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งเฉลี่ยมีค่า 83.26 เปอร์เซ็นต์ (wb) ส่วนการทดลองครั้งที่ 3 วันที่ 16-17 มิถุนายน2550 ความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 80.20 เปอร์เซ็นต์ (wb) ทำการอบแห้งจนความชื้นสุดท้ายของตัวอย่างเหลือประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ (wb) หรือน้อยกว่า ในการอบครั้งที่ 1 ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็น 6.71เปอร์เซ็นต์ (wb) การอบครั้งที่ 2 ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเป็น 6.66 เปอร์เซ็นต์ (wb) และการอบครั้งที่ 3 มีค่าความชื้นสุดท้ายเป็น 6.69 เปอร์เซ็นต์ (wb) โดยใช้เวลาในการอบ 8ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาดซึ่งได้ทำการทดลอง 3 ครั้ง และเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบไฟฟ้าแบบถาดซึ่งได้ทำการทดลอง 3 ครั้งและตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเป็น 81.21 82.42 และ 83.64 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ ทำการอบแห้งจนพืชสมุนไพรมีความชื้นเหลือประมาณ 7เปอร์เซ็นต์ (wb) หรือน้อยกว่า โดยความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายของการอบครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 เท่ากับ 6.53 6.56 และ เป็น 6.64 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ การอบทั้ง 3 ครั้งใช้เวลาในการอบ 315 นาทีหรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 15 นาที ทั้งนี้เครื่องอบแห้งแบบถาดมีการลดความชื้นได้เร็วกว่าเครื่องอบแห้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์ในชั่วโมงแรก ดังแสดงในรูปที่ 4.9 จากกราฟจะเห็นว่าเส้นกราฟมีความชันมากกว่า เนื่องจากเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดสามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบเป็น 50 องศาเซลเซียส ได้ตั้งแต่เริ่มต้นการอบและคงที่อยู่ตลอดเวลาทำให้การถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างตัวอย่างและอากาศร้อนเกิดได้อย่างสม่ำเสมอกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งการที่อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นได้นั้น จำเป็นจะต้องอาศัยค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากในช่วงเช้าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีค่าต่ำ มีผลให้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิภายในเครื่องอบต่ำส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างตัวอย่างกับอากาศร้อนเกิดได้ช้ากว่า อีกทั้งกลีบดอกกุหลาบมีลักษณะพื้นที่ผิวมากกว่าใบโรสแมรี่ และดอกลาเวนเดอร์จึงส่งผลทำให้ใช้เวลาในการลดความชื้นน้อยกว่าพืชสมุนไพรดังกล่าว



ภาพ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของกลีบดอกกุหลาบระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบพลังงานไฟฟ้าแบบถาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.9 ค่าความชื้นของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบหลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

จากการตรวจวัดความชื้นของใบโรสแมรี่โดยการใช้เครื่องอบแห้งทั้ง 3 ชนิด พบว่าค่าความชื้นของใบโรสแมรี่ที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และค่าความชื้นที่ได้จากเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.63, 6.52 และ 4.99 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามลำดับ และความชื้นของใบโรสแมรี่ที่ผ่านการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 กระบวนการจะพบว่ามีค่าความชื้นที่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้คือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามมาตรฐานของ มอก.

ส่วนดอกลาเวนเดอร์จากการใช้เครื่องอบแห้งทั้ง 3 ชนิด โดยการใช้ตู้อบลมร้อน พบว่าค่าความชื้นของดอกลาเวนเดอร์ที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเป็น 6.680 เปอร์เซ็นต์ (wb) ค่าความชื้นของดอกลาเวนเดอร์ที่ได้จากเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดมีค่าเฉลี่ยเป็น 6.57 เปอร์เซ็นต์ (wb) และค่าความชื้นของดอกลาเวนเดอร์ที่ได้จากเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศมีค่าเฉลี่ยเป็น 5.14 เปอร์เซ็นต์ (wb) ค่าความชื้นทั้ง 3 กระบวนการให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 กระบวนการจะพบว่ามีค่าความชื้นที่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้คือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามมาตรฐานของ มอก.

ความชื้นของกลีบดอกกุหลาบจากการใช้เครื่องอบแห้งทั้ง 3 ชนิด โดยการใช้ตู้อบลม-ร้อน พบว่าค่าความชื้นของกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเป็น 6.69 เปอร์เซ็นต์ (wb) ค่าความชื้นของกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดมีค่าเฉลี่ยเป็น 6.59 เปอร์เซ็นต์ (wb) และค่าความชื้นของกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศมีค่าเฉลี่ยเป็น 4.37 เปอร์เซ็นต์ (wb) ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 กระบวนการจะพบว่ามีค่าความชื้นที่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้คือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามมาตรฐานของ มอก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความชื้นหลังการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

วิธีการอบแห้ง	ค่าความชื้นเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ (wb)		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	6.630 ± 0.085^{b}	6.363 ± 0.015^{b}	6.687 ± 0.287^{b}
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	6.523 ± 0.416^{b}	5.477 ± 0.049^{b}	6.593 ± 0.416^{b}
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	4.993 ± 0.146^{a}	5.137 ± 0.015^{a}	4.370 ± 0.252^{a}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลใน แนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\leq0.05$

4.10 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของใบโรสแมรี่หลังการอบแห้ง

จากการตรวจวัดค่า a_w ของใบโรสแมรี่พบว่าค่า a_w ที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.219 ค่า a_w ที่ได้จากเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.123 และค่า a_w ของใบโรสแมรี่ที่ได้จากเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.197 ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 กระบวนการจะพบว่ามีค่า a_w อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง ดังตาราง

4.11 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของดอกลาเวนเดอร์หลังการอบแห้ง

จากการตรวจวัดค่า a_w ของดอกลาเวนเดอร์พบว่าค่า a_w ที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.331 ค่า a_w ที่ได้จากเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.260 และค่า a_w ของดอกลาเวนเดอร์ที่ได้จากเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.194 ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 กระบวนการจะพบว่ามีค่า a_w อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งดังตารางที่ 4.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.12 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของกลีบดอกกุหลาบหลังการอบแห้ง

จากการตรวจวัดค่า a_w ของกลีบดอกกุหลาบพบว่าค่า a_w ที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.441 ค่า a_w ที่ได้จากเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.426 และค่า a_w ของกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.349 ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 กระบวนการจะพบว่ามีค่า a_w อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) หลังการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบสุญญากาศแบบถังหมุน

วิธีการอบแห้ง	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) เฉลี่ย		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	0.219 ± 0.003^{b}	0.331 ± 0.009^{c}	0.441 ± 0.007^{b}
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	0.213 ± 0.001^{b}	0.260 ± 0.007^{b}	0.426 ± 0.006^{b}
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	0.197 ± 0.006^{a}	0.194 ± 0.005^{a}	0.349 ± 0.005^{a}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลใน แนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\leq0.05$

4.13 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายจลนศาสตร์ของการอบแห้ง (drying kinetics) **ใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบ**

การอบแห้งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการถนอมอาหาร และเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย การอธิบายพฤติกรรมการอบแห้งของวัสดุเกษตรนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนศาสตร์ของการอบแห้ง โดยสมการที่ใช้ในการอธิบายพฤติกรรมการอบแห้งของวัสดุเกษตรนั้นจะอยู่ในรูปของสมการที่เรียกว่า logarithmic model หรือที่เรียกกันว่าเป็นสมการการอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎี (semi-theoretical drying equation) จึงมีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาจลนศาสตร์ของการอบแห้ง ซึ่งแบบจำลองที่นิยมใช้และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการทำนายกลไกลการอบแห้งของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบ ได้แก่ (Doymaz, 2004, Goyal *et al*, 2007 and Vega *et al*, 2007)

Lewis equation :

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-kt) \quad (1)$$

Page equation :

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-kt^n) \quad (2)$$

Henderson and Pabis equation :

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = a \cdot \exp(-kt) \quad (3)$$

เมื่อ M_0, M, M_e, MR คือปริมาณความชื้นเริ่มต้นฐานแห้ง ความชื้นที่เวลาใดๆ(ฐานแห้ง) ความชื้นสมดุล (ฐานแห้ง) และอัตราส่วนความชื้นที่เวลาใดๆ ตามลำดับ t คือ เวลาในการอบแห้ง a และ n คือค่าคงที่ของแบบจำลอง k คือค่าคงที่ของการอบแห้ง

จากสมการ (1) (2) และ (3) จะพบว่าค่าความชื้นสมดุลเป็นตัวแปรที่สำคัญในการสร้างสมการจลนศาสตร์การอบแห้ง การหาค่าความชื้นสมดุลของวัสดุสามารถหาได้หลายวิธี แต่ที่นิยมใช้การหาค่าความชื้นสมดุลด้วยวิธีสถิต ทั้งนี้เนื่องจากให้ค่า sorption isotherms ที่สมบูรณ์ (Aviara *et al*., 2004)

เมื่อนำข้อมูลการอบแห้งใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด และข้อมูลการลดลงของความชื้นมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ ดังนี้ คือ Page, Henderson & Pabis และ Lewis โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าคงที่ของสมการในรูปแบบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.4

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ต่างๆ การวิเคราะห์ค่าคงที่ และอัตราส่วนความชื้นจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear regression) โดยใช้โปรแกรม SigmaPlot 8.0 for windows พิจารณาจากค่า coefficient of determination (R^2), Standard Error of Estimate (*SEE*), Residual Summation Square (*RSS*) และ Root Means Square Error (*RMSE*) โดยพิจารณาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ให้ค่า R^2 สูงสุด ให้ค่า *SEE* และ *RMSE* ต่ำสุด ซึ่งค่า R^2 *SEE* RSS และ RMSE หาได้จากสมการที่ (4), (5), (6) และ (7)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(MR_{pred,i} - MR_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^{N}(MR_{pred} - MR_{pred,i})^2} \quad (4)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(M_{exp,i} - M_{pred})^2}{df}} \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(MR_{exp,i} - MR_{pred,i})^2}{N}} \quad (6)$$

$$RSS = \sum_{i=1}^{N}(M_{exp,i} - M_{pred,i})^2 \quad (7)$$

เมื่อ $MR_{exp,i}$ คือ ค่าอัตราส่วนความชื้นที่จากการทดลอง

$MR_{pred,i}$ คือ ค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทำนาย

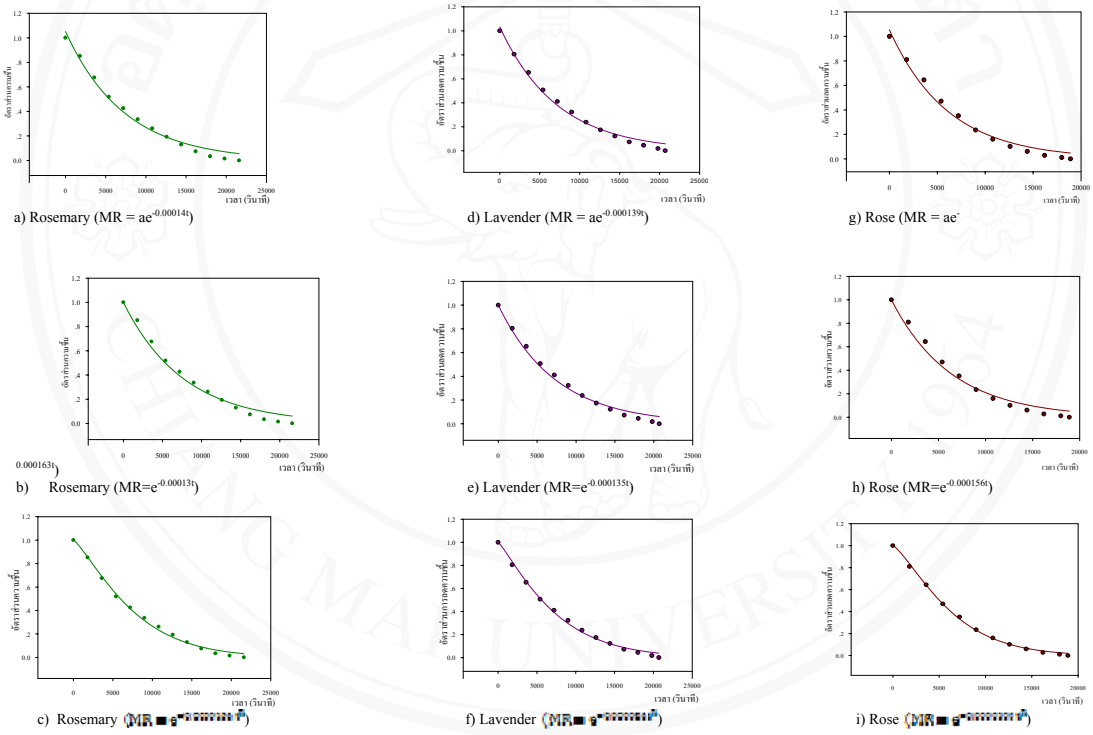
N คือ จำนวนข้อมูลของการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าคงที่ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชั้นบางในรูปแบบต่างๆ

Material	Model	Model constants			R^2	SEE	RSS	RMSE
		$K\ (min^{-1})$	n	a				
ใบโรสแมรี่	Page	0.0000136	1.2467	-	0.9956	0.0228	0.00571	0.00022
	Lewis	0.0001295	-	-	0.9825	0.0436	0.02281	0.00088
	Henderson and Pabis	0.0001359	-	1.0517	0.9859	0.0409	0.01837	0.00071
ดอกลาเวนเดอร์	Page	0.000026	1.1791	-	0.9958	0.0218	0.00524	0.00020
	Lewis	0.000135	-	-	0.9884	0.0347	0.01446	0.00056
	Henderson and Pabis	0.000139	-	1.0321	0.9897	0.0341	0.01277	0.00049
กลีบดอกกุหลาบ	Page	0.0000103	1.3037	-	0.9984	0.0140	0.00197	0.00008
	Lewis	0.0001561	-	-	0.9818	0.0457	0.02295	0.00096
	Henderson and Pabis	0.0001637	-	1.0540	0.9853	0.0431	0.01855	0.00077

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



a) Rosemary (MR = ae$^{-0.00014t}$)

d) Lavender (MR = ae$^{-0.000139t}$)

g) Rose (MR = ae^{-}

b) Rosemary (MR=e$^{-0.00013t}$)

e) Lavender (MR=e$^{-0.000135t}$)

h) Rose (MR=e$^{-0.000156t}$)

c) Rosemary (MR = e^{-})

f) Lavender (MR = e^{-})

i) Rose (MR = e^{-})

ภาพ 4.10 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการทดลองกับอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทำนายโดยใช้สมการของ Henderson and Pabis, Lewis และ Page

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลอง เมื่อทำการวิเคราะห์หารูปแบบสมการที่เหมาะสมกับค่าความชื้นสมดุลของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด โดยวิธีการถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear regression) โดยใช้โปรแกรม SigmaPlot 8.0 for windows ได้ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทั้ง 3 แบบ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งพบว่าแบบจำลอง Page Model มีค่า coefficient of determination (R^2) ของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบ มีค่าเท่ากับ 0.9956, 0.9958 และ 0.9984 ตามลำดับซึ่งจะให้ค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2แบบจำลองทีเหลือ และมีค่า Standard Error of Estimate (*SEE*) เท่ากับ 0.0228, 0.0218 และ 0.0140 ตามลำกับ ส่วนค่า Residual Summation Square (*RSS*) มีค่าเป็น 0.00571, 0.00524 และ0.00197 ตามลำดับ และและสำหรับค่า Root Means Error (*RMSE*) มีค่าเท่ากับ 0.00022, 0.00020 และ 0.00008 ตามลำดับ ซึ่งค่าของ *SEE*, *RSS* และ *RMSE* ที่ได้จากแบบจำลอง Page Model ให้ค่าต่ำกว่าอีก 2 แบบจำลอง ดังนั้นสมการ Page Model จึงสามารถทำนายผลการทดลองได้ดีคลอบคลุมมากที่สุด

4.14 ค่าสีของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบหลังการอบแห้ง

ค่าสีของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดหลังจากผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟ มีการเปลี่ยนแปลงค่า Lightness ($L^{*\,value}$), Chroma (C^*) และ Hue Angle (h) ดังต่อไปนี้

ค่าความสว่าง lightness (L^* value)

ค่าสี L^* หรือความสว่างของใบโรสแมรี่ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า L^* จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีความแตกต่างกับการอบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบสุญญากาศ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนดอกลาเวนเดอร์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า L^* จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีความแตกต่างกับการอบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบสุญญากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และกลีบดอกกุหลาบ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า L^* จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีความแตกต่างกับการอบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบสุญญากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

($p \leq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาด้วยตาเปล่าจะพบว่ากลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด จะให้สีของกลีบดอกกุหลาบอบแห้งที่คล้ำกว่าการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุนทั้งนี้เป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิสูงตั้งแต่เริ่มต้นและคงที่ตลอดระยะเวลาการอบ (50 องศาเซลเซียส) ส่วนกลีบดอกกุหลาบที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะให้สีที่ดีกว่าทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิในการอบไม่คงที่ตลอดระยะเวลาของการอบ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีขณะทำการอบช้ากว่า ซึ่งจะสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 4.3 แต่ค่า L^* ของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ให้ผลใกล้เคียงกันคือ ค่าความสว่างที่ได้จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะให้ค่าความสว่างน้อยกว่าการอบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความสว่าง lightness (L*) หลังการอบใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี

วิธีการอบแห้ง	ค่าความสว่าง lightness (L*)		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอก
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	28.87 ± 1.07^{b}	35.97 ± 0.57^{c}	33.71 ± 0.67^{b}
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	34.15 ± 1.41^{a}	41.53 ± 0.13^{b}	28.04 ± 0.55^{c}
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุน	34.58 ± 1.11^{a}	43.77 ± 0.51^{a}	38.85 ± 1.79^{a}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลใน แนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ค่า Chroma (C*)

ใบโรสแมรี่; จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า C^* จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีความแตกต่างกับการอบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด แต่มีความแตกต่างกับเครื่องอบแห้งไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ดอกลาเวนเดอร์; จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า C^* จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลีบดอกกุหลาบ; จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า C^* จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีความแตกต่างกับการอบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด แต่มีความแตกต่างกับเครื่องอบแห้งไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า Chroma (C^*) หลังการอบใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี

วิธีการอบแห้ง	ค่า Chroma (C* value)		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอก
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	5.50 ± 0.29^b	7.23 ± 0.71^c	37.03 ± 4.27^b
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	6.60 ± 1.18^b	9.00 ± 0.48^b	37.59 ± 1.79^b
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุน	13.88 ± 2.38^a	15.16 ± 0.65^a	45.63 ± 1.14^a

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลใน แนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ค่า Hue Angle (h^0)

ใบโรสแมรี่; จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า h^0 จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ดอกลาเวนเดอร์; จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีความแตกต่างกับการอบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด แต่มีความแตกต่างกับเครื่องอบแห้งไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กลีบดอกกุหลาบ; จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีความแตกต่างกับการอบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด แต่มีความแตกต่างกับเครื่องอบแห้งไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า สีเป็นปัจจัยสำคัญแห่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่ผู้ซื้อให้ความสำคัญอย่างยิ่ง (Rocha,1992) เมื่อพิจารณาคุณภาพสีโดยรวมของพืชสมุนไพรที่ได้จาก การใช้เครื่องอบแห้งทั้ง 3 ชนิด พบว่าคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พลังงานแสงอาทิตย์มีสีใกล้เคียงกับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด จากการศึกษาจะเห็นว่า การใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุนจะให้สีที่ด้อยกว่าเป็นผลจากการที่ใช้สภาวะในการศึกษาสภาวะเดียวคือ อุณหภูมิสุดท้ายที่ใช้ในการอบ 50 องศาเซลเซียส ใช้แมก-นิตรอน 6 ตัว และใช้พลังงาน 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจจะเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบที่สูงจะมีผลไปทำ ลายคลอโรฟิลล์ในพืชได้ และอาจส่งผลต่ออัตราการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบสูงจะทำ ให้มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับ (Rocha,1992) ที่ศึกษาอุณหภูมิใน การอบแห้งที่มีผลต่อสีของมิ้นท์และโหระพาโดยพบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลอย่างมากต่อสีของสมุนไพร

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า Hue Angle (h^0) หลังการอบใบโรสแมรี่ที่รับมา 3 lot และผ่านการอบแห้ง 3 กรรมวิธี

วิธีการอบแห้ง	ค่า Hue Angle		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอก
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	82.87 ± 0.75^{c}	89.65 ± 0.27^{b}	10.60 ± 0.48^{b}
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	92.70 ± 4.92^{b}	91.83 ± 3.44^{b}	9.42 ± 0.87^{b}
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุน	114.01 ± 4.81^{a}	102.43 ± 1.15^{a}	13.41 ± 1.17^{a}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลใน แนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\leq0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านเคมีหลังการอบใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบ

วัตถุดิบ	วิธีการอบ	คุณภาพทางด้านเคมี					
		เถ้าทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	เถ้าละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	เถ้าไม่ละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	สารที่สกัดได้ด้วยน้ำ(เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแทนนิน (เปอร์เซ็นต์)	สารประกอบฟีนอลิก (เปอร์เซ็นต์)
ใบโรสแมรี่	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	6.627±0.103 [a]	53.574±0.015 [a]	50.430±0.059[a]	2.216±1.446[a]	0.158±0.003[a]	8.043±0.464[a]
	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	6.483 ±0.040 [b]	46.004±0.013 [b]	47.802±0.088[b]	1.564±0.968[b]	0.152±0.010[a]	7.793±0.491[a]
	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	5.817± 0.075 [c]	45.113±0.018 [b]	45.728±0.059[c]	1.176±1.458[c]	0.070±0.007[b]	4.057±0.257[b]
ดอกลาเวนเดอร์	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	8.520±0.181[a]	52.559±0.027[a]	40.094±0.068[a]	7.326±0.053[a]	0.024±0.001[a]	1.173±0.061[a]
	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	8.125±0.172[b]	46.015±0.023[b]	38.634±0.048[a]	6.602±0.121[b]	0.023±0.001[a]	1.133±0.035[a]
	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	7.741±0.237[c]	45.152±0.020[b]	35.176±0.172[b]	6.147±0.116[c]	0.018±0.002[b]	0.960±0.044[b]
กลีบดอกกุหลาบ	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	3.659±0.235	52.652±0.043[a]	44.657±0.097	10.170±0.164[a]	0.208±0.004[a]	10.803±0.219[a]
	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	3.604±0.043	48.671±0.086[b]	43.479±0.033	9.998±0.119[a]	0.164±0.014[b]	9.023±0.219[b]
	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	3.417±0.104	45.735±0.054[c]	44.483±0.048	8.950±0.431[b]	0.072±0.003[c]	4.640±0.026[c]

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลใน แนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.15 คุณภาพทางด้านเคมีหลังการอบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบ

4.15.1 ปริมาณเถ้าทั้งหมด (total ash)

จากการตรวจวัดปริมาณเถ้าทั้งหมดของ ใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบพบว่า ปริมาณเถ้าทั้งหมดของพืชทั้ง3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาปริมาณเถ้าทั้งหมดของใบโรสแมรี่และกลีบดอกกุหลาบ พบว่าจะอยู่ในช่วง 6.627 – 3.417 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) กำหนดไว้จะต้องเถ้าทั้งหมด (total ash) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 และไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนักชาแห้ง แต่ปริมาณเถ้าทั้งหมดของดอกลาเวนเดอร์พบอยู่ในช่วง 7.741-8.52 และเปอร์เซ็นต์เถ้าทั้งหมดของใบโรสแมรี่ และดอกลาเวนเดอร์ ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มี เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ ส่วนกลีบดอกกุหลาบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.15.2 ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (water soluble ash)

จากการตรวจวัดปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของ ใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ พบว่าปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.8 โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง 53.547-45.113 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.)ได้กำหนดไว้ โดยกำหนดไว้ว่าจะต้องปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 ของเถ้าทั้งหมด และปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของใบโรสแมรี่ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.15.3 ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายน้ำ (water non-soluble ash)

จากการตรวจวัดปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของ ใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบ พบว่าปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายน้ำของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.8 โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง 50.430-35.176 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายน้ำของใบโรสแมรี่ที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 วิธีให้ผลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนดอกลาเวน-เดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน สำหรับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธีให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.15.4 ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำ(เปอร์เซ็นต์)

จากการตรวจวัดปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งพบว่า ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของพืชทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด นี้พบว่าจะอยู่ในช่วง 10.170-1.176 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำและอยู่ในช่วงที่มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.)ได้กำหนดไว้ ปริมาณมีสารที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน (hot water extract) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 32 ของน้ำหนักชาแห้ง ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของใบโรสแมรี่ และดอกลาเวนเดอร์ ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ

4.15.5 ปริมาณแทนนิน (เปอร์เซ็นต์)

จากการตรวจวัดปริมาณแทนนินของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งพบว่า ปริมาณแทนนินของพืชทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.8 พบว่าจะอยู่ในช่วง 0.208-0.018 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแทนนินของใบโรสแมรี่ และดอกลาเวนเดอร์ ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ สำหรับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.15.6 สารประกอบฟีนอลิก (เปอร์เซ็นต์)

จากการตรวจวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งพบว่า ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของพืชทั้ง 3 ชนิด มีค่าดัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด นี้พบว่าจะอยู่ในช่วง 10.80-0.960 เปอร์เซ็นต์ ใบโรสแมรี่และดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับใบโรสแมรี่และดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ สำหรับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด

วัตถุดิบ	วิธีการอบ	คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา			
		ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu / 1g sample)	ปริมาณยีสต์และรา (log cfu / 1g sample)	ปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN /1g sample)	ปริมาณอี. โคไล (MPN /1g sample)
ใบโรสแมรี่	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	3.030±0.112	0.862±0.290	2.11	-
	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	2.830±0.167	0.807±0.208	<2.0	-
	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	2.818±0.026	0.773±0.108	<2.0	-
ดอกลาเวนเดอร์	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	2.938±0.268	0.982±0.108	2.24	+
	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	2.881±0.180	1.235±0.209	<2.0	-
	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	2.831±0.167	0.877±0.108	<2.0	-
กลีบดอกกุหลาบ	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	2.6547±0.123	0.750±0.224	<2.0	-
	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	2.8093±0.064	0.724±0.132	2.11	-
	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	2.6547±0.176	0.719±0.041	<2.0	-

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด

4.16.1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการตรวจวัด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ,มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.6547-3.030 (log cfu / 1g sample) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.9 ทั้งนี้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดก็ยังมีค่าน้อยกว่ากว่าเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) กำหนดไว้ให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.16.2 ปริมาณยีสต์และรา

จากการตรวจวัด ปริมาณยีสต์และของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ มีปริมาณยีสต์และราอยู่ในช่วง 0.719-1.235 (log cfu / 1g sample) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.9

4.16.3 ปริมาณโคลิฟอร์มและ อี.โคไล

จากการตรวจวัด ปริมาณโคลิฟอร์ม ของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจะพบว่าปริมาณโคลิฟอร์มใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมที่ได้กำหนดไว้และจะไม่พบเชื้อ อี.โคไล ในตัวอย่างของทั้ง 3 พืชสมุนไพรซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ได้ระบุไว้ ดังตารางที่ 4.23

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.17 ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะ ได้ผลแสดงดังตาราง**ที่** 4.10-4.12

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด

วิธีการอบแห้ง	คุณภาพด้านกลิ่น		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	5.70±0.67	5.80±0.62	5.85±0.64
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	5.75±0.72	5.90±0.64	5.90±0.74
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	5.90±0.78	6.10±0.79	6.0±0.73

ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณภาพทางด้านกลิ่นพบว่า ใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3ชนิด

วิธีการอบแห้ง	คุณภาพด้านรสชาติ		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	5.50±0.51	5.40±0.60^{b}	5.6±0.68
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	5.85±0.87	5.75±0.39^{ab}	5.65±0.74
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	5.95±0.67	6.35±0.67^{a}	6.10±0.64

การวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณภาพทางด้านรสชาติพบว่า ใบโรสแมรี่ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สถิติ (p>0.05) ส่วนดอกลาเวนเดอร์พบว่าดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (p>0.05) กับการอบด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน และดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีที่ปรากฏ ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3ชนิด

วิธีการอบแห้ง	คุณภาพด้านสีที่ปรากฏ		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	5.75±0.44	5.85±0.58	5.80±0.52[b]
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	5.80±0.69	6.00±0.56	5.85±0.49[b]
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	6.10±0.64	6.15±0.37	6.95±0.39[a]

การวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณภาพทางด้านสีที่ปรากฏพบว่า ใบโรสแมรี่ และดอกลาเวนเดอร์ที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ส่วนกลีบดอกกุหลาบพบว่าที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) กับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด แต่ทั้ง 2 กรรมวิธีให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (p>0.05) กับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

4.18 การอบแห้งการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า

การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า ของการอบแห้งโรสแมรี่ โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.13 โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขในการวิเคราะห์ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1.1 ใช้เวลาในการอบ 16 ชั่วโมง

1.2 ขนาดกำลังไฟฟ้าของพัดลม ตัวละ 0.05 kW

1.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกิจการขนาดเล็ก)

1.4 น้ำหนักที่ใช้ในการอบประมาณ 600 กรัม

2. เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด

1.1 ใช้เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง

1.2 ใช้พลังงานในการอบเฉลี่ยชั่วโมงละ 1.98 kW/h

1.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกิจการขนาดเล็ก)

1.4 น้ำหนักที่ใช้ในการอบประมาณ 200 กรัม

3. เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

1.1 ใช้เวลาในการอบครั้งที่ 0.6 ชั่วโมง

1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยชั่วโมงละ 10.0584 kW/h

1.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกิจการขนาดเล็ก)

1.4 น้ำหนักที่ใช้ในการอบประมาณ 1000 กรัม

การแสดงการคำนวณ แสดงดังภาคผนวก ค.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า (ต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ชนิดของเครื่องอบแห้ง	ชั่วโมงการทำงาน			พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kw*hr)			คิดเป็นเงิน (บาท)		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	16	11	8	0.8	0.55	0.5	6.92	7.54	6.16
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	6	5.45	5.15	5.15	10.19	10.79	195.22	204.61	251.35
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	0.6	0.67	0.367	6.04	6.74	3.69	14.88	16.61	9.09

จากตารางที่ 4.13 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อ 1000 กรัม) ของการอบโรสแมรี่นั้น การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดสามารถลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงได้ แต่จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาในการอบนานกว่าเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุนหลาเท่า นอกเหนือจากการลดต้นทุนแล้ว ข้อดีของการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ คือ เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรในประเทศที่กำลังพัฒนา เป็นการใช้พลังงานธรรมชาติที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด เครื่องอบแห้งที่ออกแบบมานั้น จะป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง สิ่งสกปรก นก แมลงและจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติดี ลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร ปลอดภัย ใช้แรงงานน้อย คุ้มค่าแก่การลงทุนและค่าใช้จ่ายเพื่อการดำเนินการ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับกลุ่มเกษตรกรที่จะนำเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ในการอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน สำหรับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธีให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.15.4 ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำ(เปอร์เซ็นต์)

จากการตรวจวัดปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งพบว่า ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของพืชทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด นี้พบว่าจะอยู่ในช่วง 10.170-1.176 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำและอยู่ในช่วงที่มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.)ได้กำหนดไว้ ปริมาณมีสารที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน (hot water extract) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 32 ของน้ำหนักชาแห้ง ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของใบโรสแมรี่ และดอกลาเวนเดอร์ ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ

4.15.5 ปริมาณแทนนิน (เปอร์เซ็นต์)

จากการตรวจวัดปริมาณแทนนินของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งพบว่า ปริมาณแทนนินของพืชทั้ง 3 ชนิด มีค่าดังตารางที่ 4.8 พบว่าจะอยู่ในช่วง 0.208-0.018 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแทนนินของใบโรสแมรี่ และดอกลาเวนเดอร์ ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ สำหรับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.15.6 สารประกอบฟีนอลิก (เปอร์เซ็นต์)

จากการตรวจวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งพบว่า ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำของพืชทั้ง 3 ชนิด มีค่าดัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด นี้พบว่าจะอยู่ในช่วง 10.80-0.960 เปอร์เซ็นต์ ใบโรสแมรี่และดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับใบโรสแมรี่และดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ สำหรับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด

วัตถุดิบ	วิธีการอบ	คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา			
		ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu / 1g sample)	ปริมาณยีสต์และรา (log cfu / 1g sample)	ปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN /1g sample)	ปริมาณอี.โคไล (MPN /1g sample)
ใบโรสแมรี่	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	3.030±0.112	0.862±0.290	2.11	-
	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	2.830±0.167	0.807±0.208	<2.0	-
	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	2.818±0.026	0.773±0.108	<2.0	-
ดอกลาเวนเดอร์	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	2.938±0.268	0.982±0.108	2.24	+
	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	2.881±0.180	1.235±0.209	<2.0	-
	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	2.831±0.167	0.877±0.108	<2.0	-
กลีบดอกกุหลาบ	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	2.6547±0.123	0.750±0.224	<2.0	-
	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	2.8093±0.064	0.724±0.132	2.11	-
	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	2.6547±0.176	0.719±0.041	<2.0	-

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

4.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด

4.16.1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการตรวจวัด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ,มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.6547-3.030 (log cfu / 1g sample) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.9 ทั้งนี้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดก็ยังมีค่าน้อยกว่ากว่าเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) กำหนดไว้ให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.16.2 ปริมาณยีสต์และรา

จากการตรวจวัด ปริมาณยีสต์และของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ มีปริมาณยีสต์และราอยู่ในช่วง 0.719-1.235 (log cfu / 1g sample) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.9

4.16.3 ปริมาณโคลิฟอร์มและ อี.โคไล

จากการตรวจวัด ปริมาณโคลิฟอร์ม ของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนสุญญากาศ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจะพบว่าปริมาณโคลิฟอร์มใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมที่ได้กำหนดไว้และจะไม่พบเชื้อ อี.โคไล ในตัวอย่างของทั้ง 3 พืชสมุนไพรซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ได้ระบุไว้ ดังตารางที่ 4.23

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.17 ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.10-4.12

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด

วิธีการอบแห้ง	คุณภาพด้านกลิ่น		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	5.70±0.67	5.80±0.62	5.85±0.64
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	5.75±0.72	5.90±0.64	5.90±0.74
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	5.90±0.78	6.10±0.79	6.0±0.73

ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณภาพทางด้านกลิ่นพบว่า ใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3ชนิด

วิธีการอบแห้ง	คุณภาพด้านรสชาติ		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	5.50±0.51	5.40±0.60^{b}	5.6±0.68
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	5.85±0.87	5.75±0.39^{ab}	5.65±0.74
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	5.95±0.67	6.35±0.67^{a}	6.10±0.64

การวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณภาพทางด้านรสชาติพบว่า ใบโรสแมรี่ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สถิติ ($p>0.05$) ส่วนดอกลาเวนเดอร์พบว่าดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($p>0.05$) กับการอบด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน และดอกลาเวนเดอร์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีที่ปรากฏ ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3ชนิด

วิธีการอบแห้ง	คุณภาพด้านสีที่ปรากฏ		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	5.75±0.44	5.85±0.58	5.80±0.52[b]
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	5.80±0.69	6.00±0.56	5.85±0.49[b]
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	6.10±0.64	6.15±0.37	6.95±0.39[a]

การวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณภาพทางด้านสีที่ปรากฏพบว่า ใบโรสแมรี่ และดอกลาเวนเดอร์ที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนกลีบดอกกุหลาบพบว่าที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด แต่ทั้ง 2 กรรมวิธีให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($p>0.05$) กับกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

4.18 การอบแห้งการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า

การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า ของการอบแห้งโรสแมรี่ โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.13 โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขในการวิเคราะห์ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1.1 ใช้เวลาในการอบ 16 ชั่วโมง

1.2 ขนาดกำลังไฟฟ้าของพัดลม ตัวละ 0.05 kW

1.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกิจการขนาดเล็ก)

1.4 น้ำหนักที่ใช้ในการอบประมาณ 600 กรัม

2. เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด

1.1 ใช้เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง

1.2 ใช้พลังงานในการอบเฉลี่ยชั่วโมงละ 1.98 kW/h

1.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกิจการขนาดเล็ก)

1.4 น้ำหนักที่ใช้ในการอบประมาณ 200 กรัม

3. เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

1.1 ใช้เวลาในการอบครั้งที่ 0.6 ชั่วโมง

1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยชั่วโมงละ 10.0584 kW/h

1.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกิจการขนาดเล็ก)

1.4 น้ำหนักที่ใช้ในการอบประมาณ 1000 กรัม

การแสดงการคำนวณ แสดงดังภาคผนวก ค.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ **4.12** ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า (ต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ชนิดของเครื่องอบแห้ง	ชั่วโมงการทำงาน			พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kw*hr)			คิดเป็นเงิน (บาท)		
	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ	ใบโรสแมรี่	ดอกลาเวนเดอร์	กลีบดอกกุหลาบ
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	16	11	8	0.8	0.55	0.5	6.92	7.54	6.16
เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	6	5.45	5.15	5.15	10.19	10.79	195.22	204.61	251.35
เครื่องอบแห้งไมโครเวฟถังหมุนแบบสุญญากาศ	0.6	0.67	0.367	6.04	6.74	3.69	14.88	16.61	9.09

จากตารางที่ 4.13 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อ 1000 กรัม) ของการอบโรสแมรี่นั้น การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดสามารถลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงได้ แต่จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาในการอบนานกว่าเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุนหลาเท่า นอกเหนือจากการลดต้นทุนแล้ว ข้อดีของการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ คือ เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรในประเทศที่กำลังพัฒนา เป็นการใช้พลังงานธรรมชาติที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด เครื่องอบแห้งที่ออกแบบมานั้น จะป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง สิ่งสกปรก นก แมลงและจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติดี ลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร ปลอดภัย ใช้แรงงานน้อย คุ้มค่าแก่การลงทุนและค่าใช้จ่ายเพื่อการดำเนินการ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับกลุ่มเกษตรกรที่จะนำเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ในการอบแห้ง