บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุเกษตร

1. โรสแมรี่ ช่วงเดือน ธ.ค.- ก.พ. 2550 (จากโครงการหลวง)
2. ลาเวนเดอร์ ช่วงเดือน ม.ค.-มี.ค. 2550 (จากโครงการหลวง)
3. กุหลาบ ช่วงเดือน มี.ค.-มิ.ย. (จากสวนกุหลาบ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่)

3.1.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น (Distillation Water)
2. เจลาติน (Gelatin)
3. กลูโคส (Glucose)
4. ดินขาว (Kaolin)
5. Indigro carmine
6. สารละลายคลอรีนในรูปของโซเดียมไฮโปคลอไรท์
7. เกลือ (Sodium Chloride: NaCl, Merck, Germany)
8. เอทานอล (Ethanol: C_2H_5OH, AR grade, Merck, England)
9. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide: NaOH, AR grade, Merck, England)
10. กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid: H_2SO_4, AR grade, Merck, England)
11. ด่างทับทิม (Potassium permanganate: $KMnO_4$, AR grade, Merck, England)
12. Methyl orange
13. Foin-Ciocalteu reagent
14. Sodium carbonate
15. สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid)

3.1.3 อุปกรณ์

1. เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. เตาอบไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน (Microwave-vacuum dryer: March Cool,Thailand)
3. เตาอบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer, Armfield Limited Ringwood Hampshire, England)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. โถดูดความชื้น (Desiccator)

5. เครื่องวัดค่า water activity (Aqualab : Model CX3TE, USA)

6. เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น BA 3100 P ของบริษัท Sartorius ประเทศเยอรมันและแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น AB 204-S ของบริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิทเซอร์แลนด์

7. เครื่องวัดอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ Data Logger ยี่ห้อ Digicon รุ่น DM-700

8. เครื่องวัดความเร็วลม Thermoanemometer รุ่น 445 ยี่ห้อ Testo

9. เครื่องวัดอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ Data Logger (Testo USB interface,175-H)

10. เครื่องวัดสี (Minolta chroma meter CR-300, Japan)

11. เตาเผาเถ้า (Muffle Furnace) รุ่น CWF 11/13/20 ยี่ห้อ Carbolite ประเทศอังกฤษ

12. ตู้อบหาความชื้น (Hot air oven, Termarks, England)

13. heat reflux extraction

14. กระป๋องหาความชื้น (Moisture can)

15. ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)

16. เครื่องปั่น (Blender, Imarflex: IF-308, Thailand)

3.1.4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง พัฒนาขึ้นโดยภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ภาพ 3.1) มีขนาดของตู้อบ 79x72x132 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งแผงรับพลังงานความร้อนทำจากแผ่นสังกะสีลูกฟูกสีดำนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้แบบ indirect ภายในเครื่องประกอบด้วยพัดลม 2 ตัว เพื่อช่วยในการดูดลมร้อนเข้าและนำความชื้นออก ไปโดยมีช่องลมเข้าและออกตะแกรง 2 ชั้นขนาด 62x54 เซนติเมตร สำหรับบรรจุวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 3.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (solar dryer) ที่พัฒนาขึ้นโดย ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่มา : ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.1.5 เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด (Tray Dryer)

ใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดระดับห้องทดลอง (lab scale) สามารถอบแห้งได้ครั้งละ 3 ถาด ถาดที่ใช้เป็นถาดสแตนเลสตัน มีขนาด 18.4x28.3x1.4 เซนติเมตร ลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้งเป็นแบบทางขวาง คือ ไหลจากซ้ายไปขวา การปรับระดับอุณหภูมิของลมร้อนและความเร็วลม สามารถปรับตั้งได้ด้วยปุ่มปรับระดับอุณหภูมิและปุ่มปรับระดับความเร็วลม ซึ่งอยู่ด้านหน้าเครื่องอบแห้ง การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดเป็นการอบแห้งที่อาศัยลมร้อนจากฮีทเตอร์ (heater) โดยลมร้อนจะไหลผ่านชั้นของถาดที่มีผลิตภัณฑ์บรรจุอยู่เป็นชั้นบางๆ เพื่อให้สัมผัสกับอากาศร้อน แหล่งกำเนิดความร้อนติดตั้งอยู่ทางด้านข้าง ตำแหน่งของใบพัดติดตั้งใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดความร้อน เพื่อกระจายความร้อนสู่ผลิตภัณฑ์ได้อย่างทั่วถึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 3.2 เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer)
ที่มา : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.1.6 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

ใช้เครื่องอบแห้งระบบไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของห้องอบจะเป็นถังรับความดันสูง ขนาดความจุ 200 ลิตรทำจากสแตนเลส ซึ่งใช้สำหรับอุตสาหกรรมอาหารโดยจะมีถังพลาสติกขนาดความจุ 125 ลิตร หมุนอยู่ภายใน จะเป็นส่วนที่ใช้ใส่ผลิตภัณฑ์ที่จะทำการอบ ชุดถังอบจะมีชุดยิงพลังงานไมโครเวฟ 6 ชุด พลังงานไมโครเวฟทั้งหมด 4,800 วัตต์ (ชุดละ 800 วัตต์) ซึ่งมีชุดควบคุมการจ่ายพลังงานอยู่ด้านหน้าของเครื่องส่วนที่ 2 เป็นส่วนชุดปั๊มสุญญากาศและตัวดักไอน้ำ โดยที่ตัวดักไอน้ำจะเป็นตัวทำให้ประสิทธิภาพของปั๊มไม่ลดลงตามปริมาณของไอน้ำที่ขยายตัว ดังนั้นปั๊มสุญญากาศและตัวดักไอน้ำจึงทำงานไปพร้อมๆกัน เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน เป็นการอบแห้งที่สภาวะสุญญากาศประมาณ [(-600)–(-760)] mmHg เพื่อให้น้ำในผลิตภัณฑ์เกิดการระเหยที่อุณหภูมิ 45–65 องศาเซลเซียส โดยใช้พลังงานจากคลื่นไมโครเวฟ ห้องอบแห้งเป็นทรงกระบอก และมีท่อนำคลื่นไมโครเวฟต่ออยู่ด้านข้างของผนังถัง เพื่อนำคลื่นไมโครเวฟจากแหล่งกำเนิด (แมกนิตรอน) มาสู่บริเวณภายในห้องอบมีถังหมุน (ถังพลาสติก) ซึ่งมีใบกวาดเป็นครีบอยู่ภายใน ทำหน้าที่พาผลิตภัณฑ์ขึ้นไปแล้วปล่อยให้ตกอย่างอิสระ ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับพลังงานไมโครเวฟอย่างทั่วถึง และไอน้ำที่ระเหยออกมาจากผลิตภัณฑ์ สามารถเคลื่อนที่ออกไปได้สะดวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 3.3 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบสุญญากาศแบบถังหมุน
ที่มา : ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

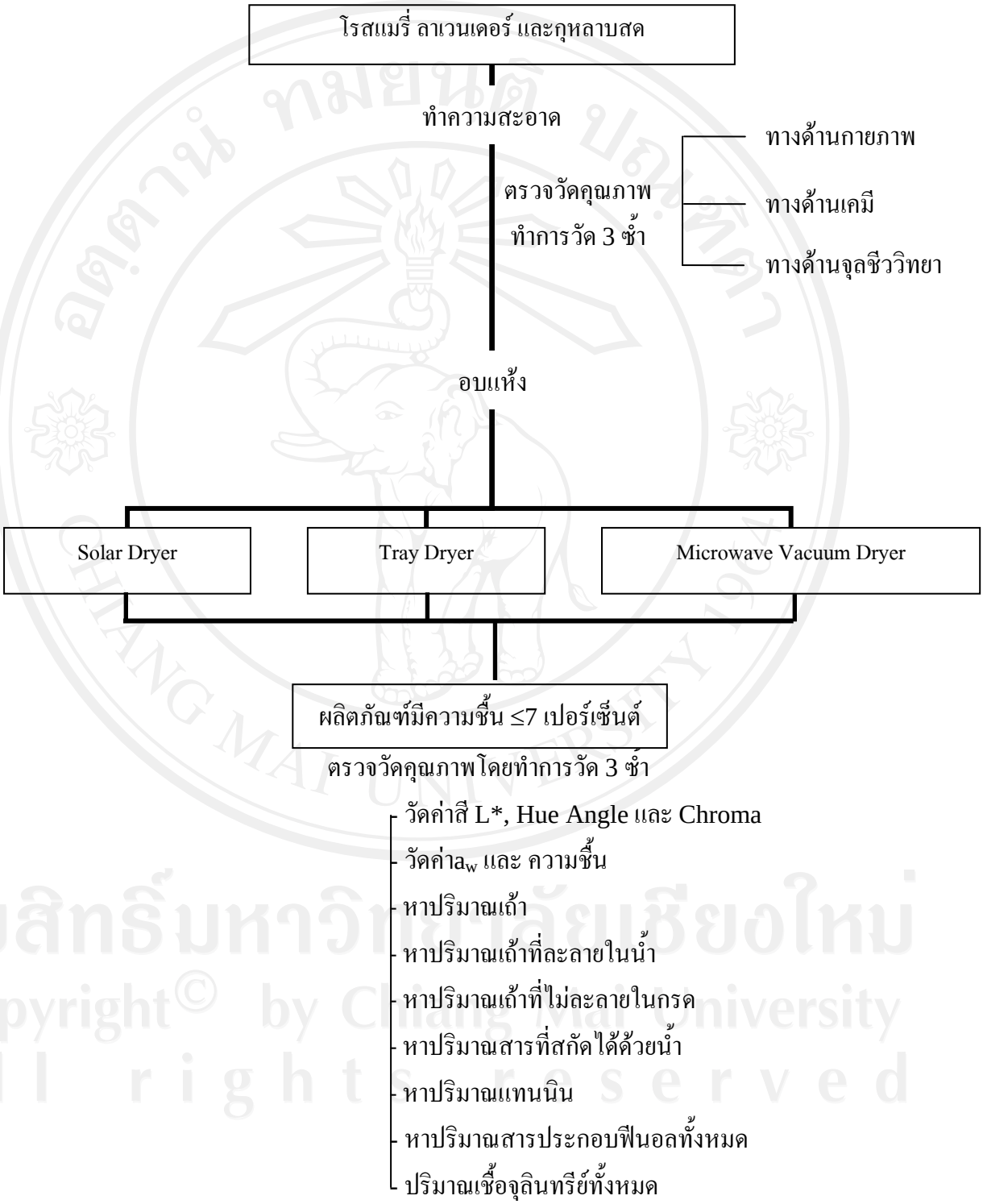
ดำเนินงานวิจัยในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกรกฎาคม พืชสมุนไพรที่นำมาศึกษามี 3 ชนิดคือ โรสแมรี่ ลาเวนเดอร์ และกุหลาบ โดยทำการอบแห้งจนมีความชื้นต่ำกว่าหรือเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ (wb) ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

3.2.1 วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยจัดให้กรรมวิธีการอบทั้งสามวิธีเป็นทรีตเมนต์ และจัดการรับผลิตผลแต่ละครั้ง (รับมาทั้งหมด 3 ครั้งครั้งละ 10 กิโลกรัม) เป็นบล็อก ทำการอบแห้งแต่ละครั้ง 3 ซ้ำทุกกรรมวิธีการอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.1 แผนการทดลอง



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 ทดลองเก็บข้อมูลของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในสภาวะที่ไม่มีวัตถุดิบ

วิธีการทดลอง

1. ตรวจเช็คความพร้อมของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

2. ทำความสะอาดเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

3. เปิดเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์และวัดความเร็วลมของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

4. วัดค่า เปอร์เซ็นต์ RH และอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมทั้งภายนอกตู้อบ และภายในตู้อบ โดยใช้เครื่อง Data Logger ทำการเก็บข้อมูล 2 วัน ตั้งแต่เวลา 8.30 น. ถึง 17.30 น.

5. นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่าง อุณหภูมิกับเวลา และ เปอร์เซ็นต์ RH กับเวลา

3.2.3 กระบวนการอบแห้ง

ตอนที่ 1 ศึกษาหาอัตราการอบแห้ง เวลาการทำแห้ง ในการอบแห้งพืชสมุนไพรโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ความเร็วลมที่ใช้คือ 0.5 เมตรต่อวินาที

วิธีการทดลอง

1. นำสมุนไพรมาคัดแยกสิ่งปลอมปนออก

2. ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

3. นำไปล้างทำความสะอาดแล้วนำไปแช่สารละลายคลอรีนในรูปของโซเดียมไฮโปคลอ-ไรท์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที ทำให้สะเด็ดน้ำ (ธีรศักดิ์, 2545)

4. ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบหลังการล้างทำความสะอาด

5. เก็บข้อมูลเบื้องต้นของโรสแมรี่สด ได้แก่ ค่าความชื้นเริ่มต้น ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของพืชสมุนไพร ก่อนนำเข้าเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

6. ชั่งน้ำหนักของถาดทั้งชั้นบนและชั้นล่าง ผ้าขาวบาง และตัวอย่าง

7. นำพืชสมุนไพร เรียงใส่ถาดชั้นบนและชั้นล่างของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์โดยเกลี่ยเป็นชั้นบางๆ ให้เต็มบนผ้าขาวบาง แล้วทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นรวมของผ้าและตัวอย่าง

8. เปิดเครื่องวัดอุณหภูมิ-ความชื้นสัมพัทธ์ และ Thermocouple Data Logger ทั้ง 2 เครื่องให้ทำงานพร้อมกับเปิดสวิตซ์ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทำการเก็บข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศภายในและภายนอกตู้อบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9. ทำการชั่งน้ำหนักรวมของผ้าและตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมงตั้งแต่เริ่มอบจนมีความชื้นต่ำกว่าหรือประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ นำข้อมูลคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นต่อเวลาในการอบแห้งใบโรสแมรี่, ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบ

10. นำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นมาคำนวณหาค่าคงที่ k, a และ n ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Page, Henderson & Pabis และ Newton ในการอบแห้งใบโรสแมรี่, ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบ โดยวิธีการถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear regression)

ตอนที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพหลังการอบ โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้ง 2 ชนิดได้แก่

1 เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด

ความเร็วลมที่ใช้ในการอบคือ 0.5 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส

วิธีการทดลอง

1. นำสมุนไพรมาคัดแยกสิ่งปลอมปนออก

2. ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

3. นำไปล้างทำความสะอาดแล้วนำไปแช่สารละลายคลอรีนในรูปของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำให้สะเด็ดน้ำ

4. ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบหลังการล้างทำความสะอาด

5. บันทึกข้อมูลทางคุณภาพเบื้องต้นของโรสแมรี่สด ได้แก่ ค่าความชื้นเริ่มต้น ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของพืชสมุนไพรก่อนเข้าเครื่องอบ

6. เปิดสวิตซ์ตู้อบลมร้อนแบบถาดให้ทำงานพร้อมทั้งตั้งค่าอุณหภูมิและความเร็วลมให้อยู่ในสภาวะใกล้เคียงกับตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ คือ 50 องศาเซลเซียส 0.5 เมตรต่อวินาที

7. นำโรสแมรี่ เรียงใส่ถาดทั้ง 4 ชั้นของตู้อบลมร้อนแบบถาดจนเต็ม และบันทึกน้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการอบไว้

8. บันทึกน้ำหนักทุก 5 นาที ตลอดระยะเวลาการอบและอบจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำกว่าหรือประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งระบบโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุนนั้น ใช้ปริมาณโรสแมรี่ในการอบครั้งละ 1000 กรัม ใช้ชุดยิงพลังงานไมโครเวฟ 6 ชุด ที่กำลัง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยให้อุณหภูมิสุดท้ายในการอบเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส เครื่องอบประเภทนี้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความดันให้คงที่ได้ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง

วิธีการทดลอง

1. นำสมุนไพรมาคัดแยกสิ่งปลอมปนออก

2. ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

3. นำไปล้างทำความสะอาดแล้วนำไปแช่สารละลายคลอรีนในรูปของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำให้สะเด็ดน้ำ

4. ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบหลังการทำความสะอาด

5. นำเข้าเครื่องอบโดยนำพืชสมุนไพรใส่ในถัง น้ำหนักที่ใช้ในการอบแห้งครั้งละ 1,000 กรัม

6. ทำการบันทึกเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเมื่อสิ้นสุดการอบ

7. ตรวจสอบคุณภาพหลังการอบทดลองอบแห้งสมุนไพร โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งระบบไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน และเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ในแง่ของคุณภาพของสมุนไพรหลังการอบและเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้การตรวจสอบคุณภาพโดยทำการวิเคราะห์ทางด้านต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. ทางด้านกายภาพ

1.1 ตรวจวัดสี ของสมุนไพรโดยใช้เครื่องวัดสี

เป็นการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta chroma meter : Model CR-300 ซึ่งวัดค่าสีในระบบ CIE LAB Color Space CIE กำหนดขึ้น คือ L^*, a^*, b^* color space โดยที่แกน L^* จะบ่งบอกถึง lightness ของสี โดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) ค่า a^* มีค่าอยู่ในช่วง–60 ถึง+60 เมื่อ a^* มีค่าเป็นบวกจะแสดงถึงสีแดง และมีค่าเป็นลบจะแสดงถึงสีเขียว ส่วนแกน b^* จะบ่งถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าเป็นบวกก็จะมีความเป็นสีเหลือง และถ้าค่าเป็นลบก็จะมีความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น ส่วนค่า Chroma มีค่าเท่ากับศูนย์ หมายถึง วัตถุมีสีเทา หากมีค่าเพิ่มมากขึ้น สีของวัตถุมีความเข้มมากขึ้นและทำ การคำนวณหาค่า hue angle ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-60 องศา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ทางด้านเคมี

2.1 ตรวจวัดค่า Water Activity (a_w)

2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นก่อนอบและหลังอบ ตามวิธีของ AOAC (2000)

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม ตามวิธีของ AOAC (2000)

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ

2.5 การวิเคราะห์หาความเป็นด่างของเถ้าที่ละลายในน้ำ

2.6 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

2.7 การหาปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำ

2.8 การวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินตามวิธีของ AOAC (1984)

2.9 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic compound) ในรูปของกรดแกลลิค โดยวิธี Folin Ciocalteu (Zoecklein *et al*., 1995)

3. ทางจุลชีววิทยา

3.1 การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1984)

3.2 การหาปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.3 การหาปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล (Coliform and *Ecsherichia coli*) โดยวิธี MPN (Most Probable Number Method) ตามวิธีของ AOAC (2000)

ตอนที่ 3 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาลาเวนเดอร์ ชาโรสแมรี่ และชากุหลาบ ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ประเมินคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม โดยใช้ 9-Point Hedonic Scale

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 4 ศึกษาคำนวณค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอบแห้งแต่ละชนิด

คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า ของการอบแห้ง

1. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

คำนวณการใช้พลังงานจากขนาดกำลังไฟฟ้าของพัดลมตัวละ 0.05 กิโลวัตต์ โดยใช้พัดลม 2 ตัว ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต เท่ากับ 2.4649 บาท ปริมาณพืชสมุนไพรที่ใช้คือ 1,000 กรัม ค่าพลังงานไฟฟ้าหาได้จากสูตร

ค่าพลังงานไฟฟ้า = ขนาดกำลังไฟฟ้าของพัดลม (กิโลวัตต์) x ชั่วโมงการทำงาน x ราคาต่อหน่วย (บาท) x จำนวนพัดลม (ตัว)

2. เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด

วัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยวัดกระแสของเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด โดยใช้เครื่อง Digital Clamp Meter ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต เท่ากับ 2.4649 บาท ปริมาณพืชสมุนไพรที่ใช้คือ 135 กรัม ค่าพลังงานไฟฟ้าหาได้จากสูตร

ค่าพลังงานไฟฟ้า = การใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมง x ชั่วโมงการทำงาน x ราคาต่อหน่วย (บาท) x จำนวนเท่าของน้ำหนัก (เทียบกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์)

3. เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน

วัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยวัดกระแสของเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน โดยใช้เครื่อง Digital Clamp Meter ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต เท่ากับ 2.4649 บาท ปริมาณพืชสมุนไพรที่ใช้คือ 1,000 กรัม ค่าพลังงานไฟฟ้าหาได้จากสูตร

ค่าพลังงานไฟฟ้า = การใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมง x ชั่วโมงการทำงาน x ราคาต่อหน่วย (บาท)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved