

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การทำแห้งแบบสุญญากาศสำหรับใบมะรุม

VACUUM DRYING FOR MORINGA OLEIFERA LAM'S LEAVES

ไทรท ศรีโยธา¹, พัฒนสิน เหล่ารุ่งฤทธา¹, สิทธิชัย แสงโสภา¹ และ ศักดิ์ณรงค์ ภูทอง¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

*E-mail: saithong777@yahoo.com, โทร 0-433-6371 ต่อ 2601, เบอร์โทรสาร 0-4323-7483

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ในการศึกษาการทำแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Drying) เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และเพื่อศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์เทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง โดยใช้ใบมะรุมสดตามธรรมชาติเป็นกรณีศึกษา มีการควบคุมอุณหภูมิในการทำแห้งสูงสุดไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส และใช้คอยล์เย็นในการควบแน่นความชื้นที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการทดสอบกระบวนการทำแห้งสุญญากาศ ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ คือ 7 เปอร์เซนต์มาตรฐานเปียก(ตามมาตราฐาน มอก. 919-2532) ผลการศึกษาในครั้งนี้ เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่พัฒนาขึ้น สามารถทำใบมะรุมสดให้แห้งได้ โดยมีความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่ 7 เปอร์เซนต์มาตรฐานเปียก ที่อุณหภูมิการทำแห้งระหว่าง 35 ถึง 70 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเวลาในการทำแห้งจะลดลงตามไปด้วย การใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำแห้งขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิทำแห้ง ที่อุณหภูมิสูงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมกับกระบวนการการทำแห้งในครั้งนี้ คือ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิที่ทำให้ใบมะรุมไม่เกิดการไหม้ เสียหายจากความร้อนและยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกระบวนการทำแห้งในปริมาณที่น้อย คือ 2.65 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อน้ำหนักใบมะรุมสด 500 กรัม โดยใช้เวลาในการทำแห้ง 3 ชั่วโมง

คำสำคัญ: การทำแห้งแบบสุญญากาศ การทำแห้งใบมะรุม

Abstract

The objectives of this research were to study of vacuum drying in order to design and develop the vacuum drying machine that is suitable for small scale industries and to study the change rate of the moisture of the product comparing with the time for vacuum drying. This study used the natural Moringa oleifera Lam's leaves to be the case study. There was the temperature control in drying process by using PID controller to control the maximum temperature not more than 70 celsius degree. The cold coil was used for condensing the moisture that evaporated from the product and the final moisture content of the product in the vacuum drying test process was at 7 %w.b. (following the the Thai Industrial Standards Institute 919-2532).

The test results showed that the developed vacuum drying machine was able to dry the fresh *Moringa oleifera* Lam's leaves with the last moisture of the product at 7 %w.b. with the drying temperature between 35 to 70 celsius degree. When the researchers increased the temperature, the drying time decreased. The electric usage for drying depended on the time and the drying temperature. The higher temperature used more electric power. The suitable temperature for this drying process was at 50 celsius degree, because, *Moringa oleifera* Lam's leaves did not get burnt and damaged from the heat and the electric power was used in less amount at 2.65 kilowatt hour with 3 hours drying process.

Keywords: vacuum drying, *Moringa oleifera* Lam's leaves

1. บทนำ

การทำแห้งแบบสุญญากาศ เป็นการทำให้ความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดต่ำลง โดยการทำให้อากาศโดยรอบของผลิตภัณฑ์มีสถานะเป็นสุญญากาศซึ่งจะทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์เกิดการระเหยกลายเป็นไอน้ำได้ง่ายกว่าที่ความดันบรรยากาศ จากนั้น ไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกไปกลั่นตัวที่อุปกรณ์ควบแน่นไอน้ำ มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความชื้นลดต่ำลงโดยไม่ต้องให้ความร้อนสูงแก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อนำกระบวนการนี้ไปใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางอาหารหรือพืชสมุนไพรจะทำให้วิตามิน และคุณค่าทางอาหารเกิดความเสียหายในปริมาณน้อย และยังคงสภาพของสีกลิ่นและรสชาติของอาหารไว้ได้ดี [1]

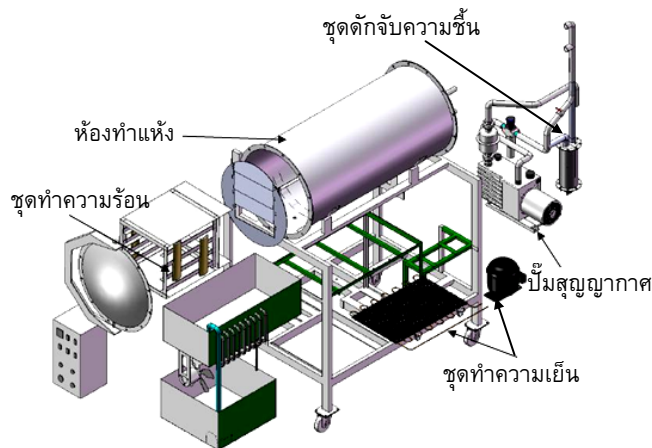
ปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับพืชสมุนไพรเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการนำมาแปรรูปหรือสกัดเป็นยารักษาโรคและเนื่องจากวัตถุดิบสามารถหาและผลิตได้เองในท้องถิ่น ดังนั้นธุรกิจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สมุนไพรจึงเป็นธุรกิจที่น่าสนใจและมีแนวโน้มที่ดีอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหากมีการส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรในแต่ละท้องถิ่นของประเทศสามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์สมุนไพรและอาหารเพื่อสุขภาพ ตามกระบวนการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยในกระบวนการผลิต จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรและอาหารเพื่อสุขภาพที่มีคุณภาพออกจำหน่ายสู่ท้องตลาด ซึ่งกรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารด้วยวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในปัจจุบันประเทศไทยยังอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่

ต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงมาก ดังนั้นการศึกษาในงานวิจัยนี้จึงเป็นการมุ่งเน้นด้านการออกแบบ และพัฒนาเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานกับกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยมีการศึกษาความเหมาะสมของอัตราการเปลี่ยนแปลงของความชื้นใบมะรุมสดที่อุณหภูมิแตกต่างกันเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำแห้งโดยใช้ความชื้นสุดท้ายของใบมะรุมที่ 7 เปอร์เซ็นต์ (ตามมาตรฐาน มอก. 919-2532)

ใบมะรุมมีสารอยู่หลายชนิดซึ่งจะช่วยให้ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยเบาหวาน ใช้ควบคุมภาวะความดันโลหิตสูง [2] ช่วยเพิ่มและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย ถ้ามีการใช้ควบคู่กับยาแผนปัจจุบันจะช่วยรักษาโรคไขข้ออักเสบ โรคภูมิแพ้และรักษาโรคตาได้เกือบทุกชนิด และสารสกัดน้ำของมะรุมเป็นสมุนไพรที่ช่วยลดโอกาสการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

2. วัสดุและวิธีการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องทำแห้งสุญญากาศ ได้มีการสร้างห้องทำแห้งจากแผ่นสแตนเลสหนา 3 มิลลิเมตร โดยม้วนให้มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องทำแห้งสุญญากาศ

ภายในห้องทำแห้งประกอบไปด้วย ชั้นวางถาดผลิตภัณฑ์ จำนวน 4 ชั้นโดยสามารถบรรจุใบมะรุมสดได้สูงสุดจำนวน 800 กรัม และมีชุดทำความร้อนแบบอินฟราเรดขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 4000 วัตต์ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้โดยตัวควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี ภายในห้องทำแห้งมีการควบคุมให้เกิดสภาวะสุญญากาศที่ประมาณ -91.9 กิโลปาสกาล โดยปั๊มสุญญากาศขนาด 1 แรงม้า ซึ่งความชื้นที่ระเหยออกจากใบมะรุมสดก่อนที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศจะถูกทำให้เกิดการควบแน่นโดยชุดดักจับความชื้นที่อุณหภูมิประมาณ -8 องศาเซลเซียสเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นทำความเสียหายแก่ปั๊มสุญญากาศ



รูปที่ 2 ลักษณะเครื่องทำแห้งสุญญากาศที่สร้างขึ้น

ในกระบวนการศึกษาการทำแห้งแบบสุญญากาศ ในเบื้องต้นมีการนำใบมะรุมสดที่ผ่านการ

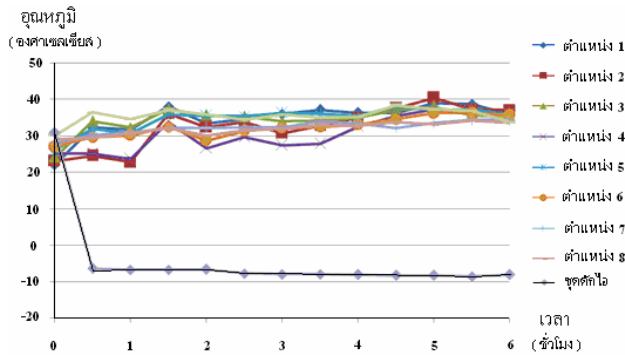
ทำความสะอาดแล้วจำนวน 400 กรัม แบ่งใส่ในชั้นวางภายในห้องทำแห้ง จำนวน 4 ชั้น ชั้นละ 100 กรัม แล้วทำการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลชั้นละ 2 ตำแหน่ง รวมทั้งหมด 8 ตำแหน่ง เพื่อวัดอุณหภูมิใบมะรุมทุก ๆ 30 วินาที จากนั้นปิดฝาหน้าของห้องทำแห้งแล้วทำการเปิดระบบทำความเย็นของชุดดักจับความชื้นและเปิดการทำงานของปั๊มสุญญากาศ

การควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการทำแห้ง มีการปรับตั้งอุณหภูมิภายในห้องทำแห้งให้มีค่าเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 องศาเซลเซียส โดยมีการควบคุมให้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 35 ถึง 70 องศาเซลเซียส เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นของใบมะรุมซึ่งมีความชื้นสุดท้ายที่ 7 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการเปิดห้องทำแห้งทุก ๆ 30 นาทีเพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและลักษณะของใบมะรุม จนกว่าจะได้ใบมะรุมที่มีความชื้นตามที่กำหนด และในการทำแห้งในแต่ละค่าอุณหภูมิ มีการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อหาปัจจัยการทำแห้งที่เหมาะสมที่สุด

3. ผลและการวิเคราะห์

3.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิใบมะรุมในแต่ละชั้นภายในห้องทำแห้ง

จากการทดสอบนำใบมะรุมสดซึ่งแยกกันใบออกแล้วจำนวน 400 กรัม มาทดสอบกระบวนการทำแห้งแบบสุญญากาศให้กลายเป็นใบมะรุมแห้ง โดยนำใบมะรุมวางบนชั้นตะแกรง 4 ชั้นในปริมาณเท่า ๆ กัน แล้วทำการวัดอุณหภูมิชั้นละ 2 ตำแหน่ง รวมทั้งหมด 8 ตำแหน่ง(ตำแหน่งที่ 1 2 เป็นถาดชั้นล่าง ตำแหน่งที่ 7 8 เป็นถาดชั้นล่าง) เพื่อทดสอบการกระจายของอุณหภูมิภายในห้องทำแห้ง ผลที่ปรากฏคืออุณหภูมิใบมะรุมแต่ละตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกันดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การกระจายตัวของอุณหภูมิใบมะรุมในแต่ละตำแหน่งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส การกระจายตัวของอุณหภูมิในแต่ละชั้นภายในห้องทำแห้งจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ใกล้เคียงอุณหภูมิที่กำหนด และที่อุณหภูมิ 40 45 50 55 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส ก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิทุกจุดภายในห้องทำแห้งสามารถควบคุมให้ค่าใกล้เคียงกันตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ ส่วนอุณหภูมิที่ถึงดักจับความชื้นมีอุณหภูมิที่ -8 องศาเซลเซียส



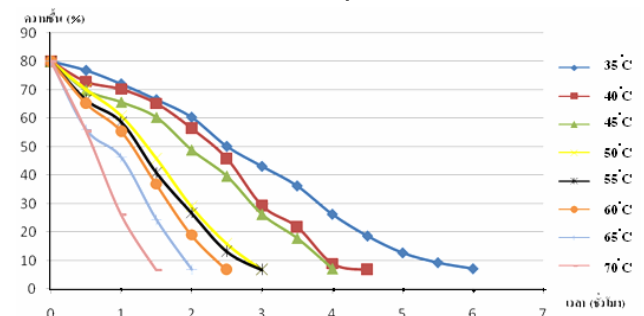
รูปที่ 4 ลักษณะของใบมะรุมก่อนการทำแห้ง



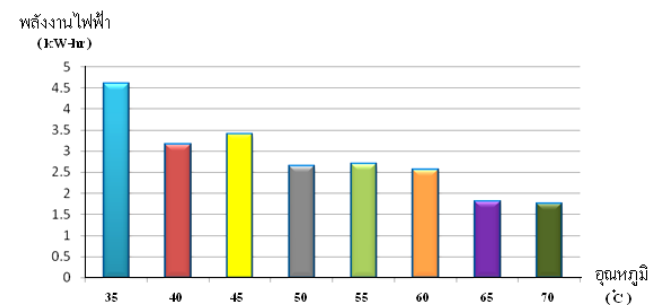
รูปที่ 5 ลักษณะของใบมะรุมหลังการทำแห้ง

จากรูปที่ 4 และ รูปที่ 5 ใบมะรุมสดที่น้ำหนัก 400 กรัมก่อนการทำแห้ง มีลักษณะใบสีเขียวอ่อน จากนั้นนำใบมะรุมไปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบสุญญากาศจนน้ำหนักสุดท้ายเหลือ 86 กรัม (ความชื้น 7 เปอร์เซ็นต์) จะได้ใบมะรุมมีลักษณะแห้งซีด กรอบ ใบสีเขียวอ่อน

3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อที่มีผลต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้งใบมะรุม



รูปที่ 6 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อที่มีผลต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้ง

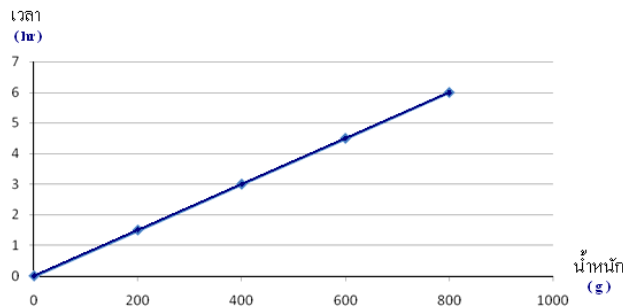


รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการทำแห้งกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

จากรูปที่ 6 และ รูปที่ 7 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิในการทำแห้งใบมะรุมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 35 ถึง 45 องศาเซลเซียส เป็นค่าไม่เหมาะสมเพราะกระบวนการทำแห้งใช้ระยะเวลานาน และใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณมาก และที่อุณหภูมิ 50 55 60 องศาเซลเซียส จะเป็นค่าที่เหมาะสมมากกว่า โดยที่ 50 และ 55 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งที่ 3 ชั่วโมงเท่ากัน และใช้ปริมาณไฟฟ้ามากกว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพียงเล็กน้อย ดังนั้นอุณหภูมิต่ำสุดที่เหมาะสมในการทำแห้ง คือ 50 องศา

เซลเซียส ซึ่งใช้ไฟฟ้าในกระบวนการทำแห้งทั้งหมด
2.65 กิโลวัตต์ชั่วโมง

3.3 การทำนายระยะเวลาและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ในการทำแห้งใบมะรุมที่อุณหภูมิ 50 องศา เซลเซียส



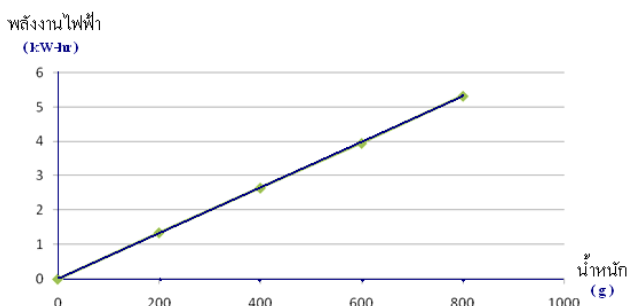
รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักใบ
มะรุมสดกับเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง

จากรูปที่ 8 นำกราฟที่ได้จากการทดลองไป
เขียนสมการการถดถอยของข้อมูลโดยใช้วิธีของ
Least Squares จะได้สมการดังนี้

$$t = 0.0075(m) \quad (1)$$

เมื่อ m = น้ำหนักใบมะรุม (กรัม)
 t = เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)

จากผลการทดสอบการทำแห้งใบมะรุมที่อุณหภูมิ
50 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสุดท้าย 7 เปอร์เซ็นต์
(มาตรฐานเปียก) แล้วทำการเปรียบเทียบสัดส่วนของ
การทำแห้ง จะเห็นได้ว่าอัตราการแห้งจะแปรผัน
ตรงกันน้ำหนัก ยิ่งใช้ใบมะรุมสดมาทำแห้งปริมาณ
มากเวลาที่ใช้ในการทำแห้งก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างน้ำหนัก
ใบมะรุมสดกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทำแห้ง

จากรูปที่ 9 นำกราฟที่ได้จากการทดลองไป
เขียนสมการการถดถอยของข้อมูลจะได้สมการดังนี้

$$P = 0.006625(m) \quad (2)$$

เมื่อ m = น้ำหนักใบมะรุม (กรัม)

P = พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

จากการวิเคราะห์หาอุณหภูมิที่เหมาะสมใน
กระบวนการทำแห้งสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศา
เซลเซียส มาทำการทดสอบการทำแห้งใบมะรุมที่
น้ำหนัก 400 กรัม แล้วเพิ่มเป็น 800 กรัมที่ความจุ
สูงสุดของถาดทำแห้งโดยใช้เวลาในการทำแห้งที่ 6
ชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เท่ากับ 5.3 กิโลวัตต์ชั่วโมง
จากนั้นลดปริมาณของใบมะรุมเหลือ 600 กรัม ใช้เวลา
ในการทำแห้งที่ 4 ชั่วโมง 30 นาที พลังงานไฟฟ้าที่ใช้
เท่ากับ 3.975 กิโลวัตต์ชั่วโมง ลดปริมาณของใบมะรุม
ลงเหลือ 200 กรัม ใช้เวลาในการทำแห้งที่ 1 ชั่วโมง
30 นาที พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เท่ากับ 1.325 กิโลวัตต์
ชั่วโมง

4. สรุป

ในการศึกษาระบบการทำแห้งแบบสุญญากาศ
โดยใช้เครื่องทำแห้งที่สร้างขึ้นนี้ ผลสรุปคือสามารถ
ทำแห้งใบมะรุมสดได้ ภายใต้สภาวะสุญญากาศที่
-91.9 กิโลปาสกาล และในการศึกษาอัตราการ
เปลี่ยนแปลงความชื้นของใบมะรุมในกระบวนการทำ
แห้งสุญญากาศนี้ ใช้ความชื้นสุดท้ายของใบมะรุมที่ 7
เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน
เทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง สรุปได้ว่า อุณหภูมิที่
เหมาะสมกับกระบวนการทำแห้งในครั้งนี้คือ 50 องศา
เซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมินี้ใบมะรุมไม่เกิดการ
ไหม้ เสียหายจากความร้อนและยังมีการใช้พลังงาน
ไฟฟ้าในปริมาณที่น้อย โดยมีสมการความสัมพันธ์
ระหว่างเวลาในการทำแห้งกับน้ำหนักของใบมะรุมสด
ที่ใช้ ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลดิบ
ของ Least Squares ได้สมการคือ $t = 0.0075(m)$
และได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้
กับน้ำหนักใบมะรุมสดที่ใช้เป็น $P = 0.006625(m)$
เมื่อ m คือ น้ำหนักใบมะรุม (กรัม)

P คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง) และ t คือ เวลาที่ใช้ในกระบวนการทำแห้ง (ชั่วโมง)

การศึกษาระบบการทำแห้งแบบสุญญากาศในครั้งนี้ใช้ตัวทำความร้อนแบบอินฟราเรดในการให้ความร้อนภายในห้องทำแห้งซึ่งในอนาคตควรมีการใช้ตัวทำความร้อนแบบไมโครเวฟมาเป็นตัวทำความร้อนเปรียบเทียบกันเพื่อศึกษาถึงพลังงานไฟฟ้าและระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งเมื่อมีปริมาณไบโม่รุ่มสดหรือผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นในปริมาณเท่าๆกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น สำหรับคำแนะนำและการสนับสนุนในด้านต่างๆ จนงานนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วิสัย รังสาดทอง (2545). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] ผกากรอง ขวัญข้าว (2552). รายงานการวิจัยเรื่องไบโม่รุ่ม, มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร, จังหวัดปราจีนบุรี