

อิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อการลดลงของความชื้นในวุ้นหางจระเข้ที่อบแห้งด้วยเทคนิครังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน

Effect of Drying Temperature on Reduction of Moisture Content of Aloe vera Dried by Far – Infrared Radiation Combined with Hot – Air Technique

วีระ ศรีอริยะกุล^{1*}

Weera Sriariyakul^{1*}

* อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

* E-mail: weera.sri@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งและการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งวุ้นหางจระเข้ โดยใช้เทคนิครังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน โดยมีเงื่อนไขในการทดลองมีดังนี้ วุ้นหางจระเข้สายพันธุ์ *Aloe Barbadensis* Mill. ที่มีความชื้นเริ่มต้น 98 % w.b. ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C ที่ความเร็วลม 0.6 m/s จนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้าย 5 % w.b. จากผลทดลองพบว่า การใช้อุณหภูมิมอบแห้งสูงขึ้นจะสามารถลดความชื้นของวุ้นหางจระเข้และระยะเวลาในการอบแห้ง โดยเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของการอบแห้งวุ้นหางจระเข้ด้วยเทคนิครังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน คือที่อุณหภูมิการอบแห้ง 70 °C จากความชื้นเริ่มต้นที่ 98 % w.b. จนเหลือความชื้นสุดท้ายที่ 5 % w.b. ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ 170 min ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ 1.12 kWh และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) 45.891 MJ/kg_{water}

คำสำคัญ: การอบแห้งวุ้นหางจระเข้, รังสีอินฟราเรดไกล, ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

Abstract

This research is to study on the kinetics of drying and electrical energy consumption of aloe vera dried by far-infrared radiation (FIR) combined with hot air (HA) technique. The experiment conditions of aloe vera (*Aloe Barbadensis* Mill.) drying were set up a velocity of 0.6 m/s, drying temperature at 50, 60 and 70 °C, initial moisture of 98 % w.b. and final moisture of 5 % w.b. The results found that drying temperature increased could reduce the moisture content and drying time of dried aloe vera. The optimization condition of dried aloe vera by FIR combined with HA was aloe vera dried by drying temperature at 70 °C which had drying time of 170 minutes, electrical energy consumption of 1.12 kWh and specific energy consumption of evaporation of 45.891 MJ/kg_{water}.

Keywords: Dried aloe vera, Far-infrared radiation, Specific energy consumption

1. บทนำ

ว่านหางจระเข้ เป็นสมุนไพรที่มีการนำไปแปรรูปได้หลากหลาย มีทั้งการบริโภคแบบวันสด เครื่องดื่ม เครื่องสำอาง การแปรรูปเป็นยารักษาโรค และอาหารเสริม ทั้งนี้เป็นเพราะสรรพคุณของตัวว่านหางจระเข้ อย่างไรก็ตามว่านหางจระเข้จะเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วหลังจากการเก็บเกี่ยว จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคการอบแห้งที่เหมาะสม เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของว่านหางจระเข้ให้ยาวนานขึ้น โดยเทคนิคอากาศร้อน(Hot-air: HA) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมใช้กันมาอย่างยาวนาน เนื่องจากเป็นเทคนิคที่สามารถควบคุมการอบแห้งได้ง่าย ราคาเครื่องอบแห้งไม่สูงมากนัก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคอากาศร้อนใช้ระยะเวลาในการอบแห้งค่อนข้างนาน ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง ปัจจุบันเทคนิคการอบแห้งแบบรังสีอินฟราเรดไกล (Far-infrared radiation: FIR) ได้รับความสนใจ ซึ่งเป็นแหล่งความร้อนเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้ง พลังงานจากการแผ่รังสีสามารถทะลุผ่านตัวผลิตภัณฑ์และเปลี่ยนเป็นความร้อน [1] ดังนั้นผลิตภัณฑ์จะถูกให้ความร้อนอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ โดยไม่ต้องทำความร้อนกับอากาศโดยรอบ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการการอบแห้งแบบรังสีอินฟราเรดไกลต่ำ เมื่อเทียบกับการอบแห้งแบบทั่วไป

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งและการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งว่านหางจระเข้โดยใช้เทคนิครังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน

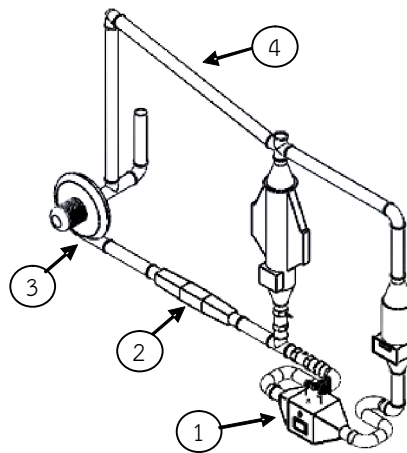
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการทดลองคือ ว่านหางจระเข้ สายพันธุ์ Aloe Barbadensis Mill. โดยนำส่วนของใบว่านหางจระเข้มาล้างทำความสะอาด หลังจากนั้นทำการลอกเปลือกออก แล้วนำส่วนเนื้อว่านหางจระเข้เข้าเครื่องสไลด์ เพื่อให้ได้ขนาดความกว้าง 3 cm ความยาว 3 cm และความหนา 1 cm การหาความชื้นเริ่มต้นของว่านหางจระเข้ [2] โดยความชื้นเริ่มต้นของว่านหางจระเข้ 98 % w.b.

2.2. อุปกรณ์

เครื่องอบแห้งแบบรังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน ที่นำมาใช้ในงานทดลองนี้ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ พัดลมชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางใบพัดชนิดโค้งหลัง อุปกรณ์ทำความร้อนขนาด 2 kW จำนวน 5 ชุด หีกรอบแห้งทำด้วยสแตนเลสขนาด 30 x 30 x 30 cm ด้านนอกหีกรอบแห้งมีการหุ้มฉนวนชนิดใยแก้ว อุปกรณ์ให้ความร้อนใช้หลอดรังสีอินฟราเรดถูกติดตั้งไว้ด้านบนหีกรอบแห้งขนาด 0.4 kW จำนวน 2 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดรังสีอินฟราเรดกับภาตใส่วัสดุเท่ากับ 15 cm อุณหภูมิของชั้นว่านหางจระเข้โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ และนำไปสั่งงานเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบ PID เพื่อควบคุมการทำงานของหลอดรังสีอินฟราเรดไกล สำหรับการวัดการสูญเสียน้ำหนักของว่านหางจระเข้ในระหว่างกระบวนการอบแห้งโดยใช้โหลดเซลล์และต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้บันทึกผล



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งภายใต้รังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน; 1 ห้องอบแห้ง, 2 อุปกรณ์ทำความร้อน, 3 พัดลม, 4 ท่อนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

2.3 วิธีการทดลอง

การทดลองอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน เริ่มจากเปิดเครื่องอบแห้งแบบรังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน ปรับตั้งอุณหภูมิตามเงื่อนไขการทดลอง นำวุ้นหางจระเข้ที่มีความชื้นเริ่มต้น 98 % w.b. วางลงบนถาดในห้องอบแห้ง ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่กึ่งกลางของชิ้นวุ้นหางจระเข้ เพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิการอบแห้ง 50, 60 และ 70 °C ที่ความเร็วลม 0.6 m/s ทำการอบแห้งจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายของวุ้นหางจระเข้ 5 % w.b. บันทึกค่าน้ำหนักและค่าอุณหภูมิของวุ้นหางจระเข้ทุกๆ 1 min นำตัวอย่างใส่โถดูดความชื้นเพื่อลดอุณหภูมิ หลังจากนั้นเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงสุญญากาศแบบอะลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อรอการทดสอบคุณภาพต่อไป

2.4 การหาความชื้นของวุ้นหางจระเข้

การหาความชื้นของวุ้นหางจระเข้ สามารถหาได้ตามวิธี [2] โดยนำส่วนของเนื้อวุ้นหางจระเข้ที่บดละเอียดปริมาณ 3-5 g ใส่ในกระป๋องความชื้น (Moisture can) ต่อจากนั้นนำเข้าตู้อบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum oven) ที่อุณหภูมิ 70 °C ที่ความดันไม่เกิน 100 mmHg เป็นเวลา 6 h ต่อมานำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักหลังการอบแห้ง จะได้มวลของวัสดุแห้ง แล้วคำนวณเป็นความชื้นมาตรฐานแห่งดังสมการที่ 1

$$M_w = \left(\frac{w - d}{w} \right) \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.)
 w คือ มวลของวัสดุ (kg)
 d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

2.5 การหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะวุ้นหางจระเข้

ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในระหว่างการอบแห้งสามารถหาได้จากความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ โดยความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) คือ พลังงานที่ต้องใช้ในการอบแห้งเพื่อนำน้ำจำนวน 1 kg ออกจากวัสดุ สามารถหาได้จากสมการที่ 2

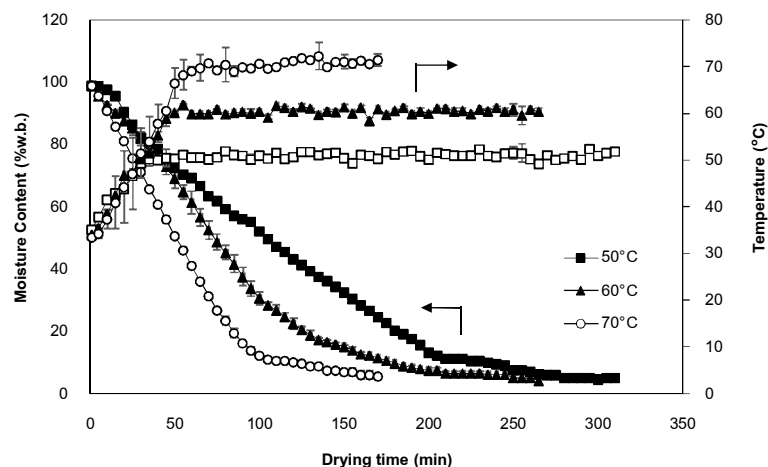
$$SEC = \frac{E_{heater} + E_{FIR}}{m_{water}} \quad (2)$$

เมื่อ	SEC	คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, (MJ/kg _{water})
	E _{heater}	คือ พลังงานที่ใช้ในอุปกรณ์ทำความร้อน, (MJ)
	E _{FIR}	คือ พลังงานที่ใช้ในหลอดรังสีอินฟราเรด, (MJ)
	m _{water}	คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเนื้อวัสดุ, (kg _{water})

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อการลดลงของความชื้นและอุณหภูมิของวุ้นหางจระเข้

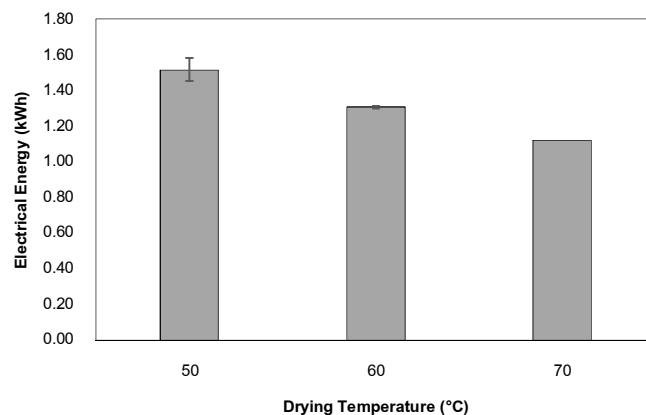
รูปที่ 2 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อการลดลงของความชื้นและอุณหภูมิของวุ้นหางจระเข้โดยใช้เทคนิครังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน พบว่าที่ความเร็วลม 0.6 m/s อุณหภูมิการอบแห้งที่ 50, 60 และ 70 °C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเท่ากับ 310, 265 และ 170 min ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวชั้นวุ้นหางจระเข้และภายในเนื้อวัสดุมากขึ้น [3] และไอน้ำเกิดการเคลื่อนที่จากภายในเนื้อวุ้นหางจระเข้มายังผิวนอกวุ้นหางจระเข้ เนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากขึ้น [4] สำหรับรังสีอินฟราเรดไกลช่วยให้อุณหภูมิของชั้นวุ้นหางจระเข้จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ เนื่องจากวุ้นหางจระเข้มีปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้สามารถดูดซับพลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลได้ดี [5]



รูปที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อการลดลงของความชื้นและอุณหภูมิของวุ้นหางจระเข้

3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งวุ้นหางจระเข้

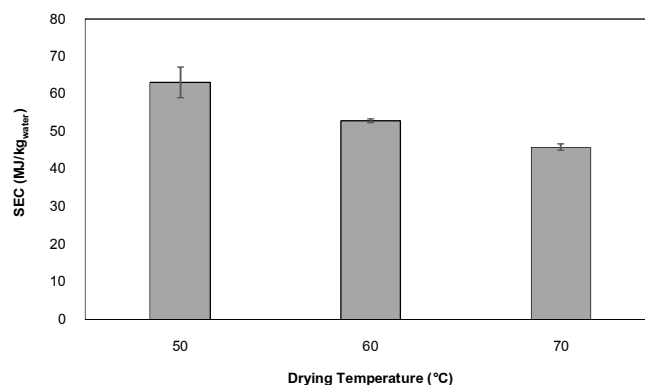
รูปที่ 3 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งวุ้นหางจระเข้โดยใช้เทคนิคครั้งสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน ที่ความเร็วลม 0.6 m/s พบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้ง 50, 60 และ 70 °C จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.515, 1.305 และ 1.12 kWh ตามลำดับ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งวุ้นหางจระเข้ลดลง เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากอุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ระยะเวลาการอบแห้งลดลง เมื่อนำมาคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งจึงมีค่าลดลง



รูปที่ 3 อิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งว่านหางจระเข้

3.3 อิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

รูปที่ 4 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งว่านหางจระเข้โดยใช้เทคนิคครั้งสั้นฟราเรตไกลร่วมกับอากาศร้อน ที่ความเร็วลม 0.6 m/s พบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้ง 50, 60 และ 70 °C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 63.196, 52.925 และ 45.891 MJ/kg_{water} ตามลำดับ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งว่านหางจระเข้ลดลง เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาการอบแห้งลดลง เมื่อนำมาคำนวณความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งจึงมีค่าลดลง



รูปที่ 4 อิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งและการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งว่านหางจระเข้โดยใช้เทคนิคครั้งสั้นฟราเรตไกลร่วมกับอากาศร้อน พบว่าเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น สามารถลดความชื้นของว่านหางจระเข้และระยะเวลาในการอบแห้ง นอกจากนั้นยังสามารถช่วยลดการพลังงานไฟฟ้าและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ โดยเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของการอบแห้งว่านหางจระเข้ด้วยเทคนิคครั้งสั้นฟราเรตไกลร่วมกับอากาศร้อน คือที่อุณหภูมิการอบแห้ง 70 °C จากความชื้นเริ่มต้นที่ 98 % w.b. จนเหลือความชื้นสุดท้ายที่ 5 % w.b. ใช้

ระยะเวลาในการอบแห้งที่ 170 min ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ 1.12 kWh และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) 45.891 MJ/kg_{water}

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณวิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่ให้การสนับสนุนด้านงานวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] A.S. Ginzburg, Application of infrared radiation in food processing, Chemical and Process Engineering Series, Leonard Hill, London, 1969.
- [2] AOAC, Official Methods of Analysis, 15th edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 1990.
- [3] T. Swasdisevi, W. Sriariyakula, W. Tia, and S. Soponronnarit, "Effect of pre-steaming on production of partially-parboiled rice using hot-air fluidization technique", *Journal of Food Engineering*, vol. 96, 2010, pp. 455 – 462.
- [4] สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท, กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.
- [5] W. Sriariyakul, T. Swasdisevi, S. Devahastin, and S. Soponronnarit, "Drying of aloe vera puree using hot air in combination with far-infrared radiation and high-voltage electric field: Drying kinetics, energy consumption and product quality evaluation", *Food and Bioprocess Processing*, vol. 100, 2016, pp. 391 – 400.