ระบบการอบแห้งเห็ดหูหนูขาวโดยใช้ไมโครเวฟกำลังต่ำที่ป้อนคลื่นสองตำแหน่งร่วมกับระบบสุญญากาศ

Commercialized Drier Processing Using a Combined Unsymmetrical Double-Feed Low Power Microwave and Vacuum System

ปองพล สุดวิไลพร, ณัฐพงศ์ พุทธสะแสง และ สมศักดิ์ วงษ์ประดับไชย*

ศูนย์แห่งความเป็นเลิศทางวิชาการด้านการใช้ประโยชน์จากพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในงานวิศวกรรม (CEEE)
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
99 หมู่ 18 ต. คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120
*ติดต่อ: vsomsak@engr.tu.ac.th, 025643001-9, Fax: 025643023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลการทดลองจากการอบแห้งเห็ดหูหนูโดยใช้ไมโครเวฟกำลังต่ำที่ป้อนคลื่นสองตำแหน่งร่วมกับระบบสุญญากาศ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของกำลังคลื่นไมโครเวฟ (800 และ 1600 วัตต์) และความดันสุญญากาศ (30 และ 50 กิโลปาสคาล) ที่ส่งผลต่อค่าอุณหภูมิ ความชื้นและคุณภาพของเห็ดหูหนูขาว โดยระบบของเครื่องที่ใช้ประกอบด้วยแมกนีตรอน 2x800 วัตต์ เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ โดยวัสดุที่นำมาอบด้วยระบบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ คือ เห็ดหูหนูขาว มีค่าความชื้นเริ่มต้นที่ 93-95 %w.b. จากนั้นทำการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟกำลังต่ำที่ป้อนคลื่นสองตำแหน่งร่วมกับระบบสุญญากาศเพื่อให้ค่าความชื้นสุดท้ายมีค่าประมาณ 10 %w.b.

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อป้อนคลื่นไมโครเวฟให้กับวัสดุ จะทำให้เห็ดหูหนูมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นมีค่าที่สูง ส่งผลให้มีค่าไดอิเล็กตริกสูง ทำให้ดูดซับคลื่นไมโครเวฟและแปรเปลี่ยนเป็นความร้อนได้ดี เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นลดลง การดูดซับคลื่นลดลง ส่งผลให้เห็ดมีอุณหภูมิเริ่มคงที่ เนื่องจากมีความร้อนสะสมภายใน และเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของวัสดุ พบว่า กรณีของเห็ดหูหนูขาวที่ป้อน 1600 วัตต์ ความดันสุญญากาศ 50 กิโลปาสคาล และป้อนคลื่นแบบต่อเนื่อง จะให้ค่าความต่างสีน้อยที่สุด นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า ที่ความดันต่ำๆ จะทำให้การอบผลิตภัณฑ์แห้งเร็วกว่าความดันสูง เนื่องจากเป็นการลดจุดเดือดและทำให้การระเหยเร็วขึ้น

คำสำคัญ: ระบบสุญญากาศ, แมกนีตรอน, เห็ดหูหนูขาว, ไดอิเล็กตริก, คลื่นไมโครเวฟ

Abstract

The purpose of this research is to conduct an experiment of drying fungus using a combined double-feed low power microwave and vacuum system to study how microwave power (800 and 1600 W) and vacuum pressure (30 kPa and 50 kPa) could affect the temperature, humidity, and quality of the white jelly fungus. The microwave that was used is installed with magnetrons (2x800 W), and the

materials that were tested are white jelly fungus, which had a 90-95%w.b. humidity before drying in a combined double-feed low power microwave and vacuum, and finally dropped to 10%w.b.

From the experiment, when the fungus were being dried in the microwave, its temperature rises because of its high level of humidity, resulting a high dielectric constant and making the fungus absorbs the waves and heats up. As it become less humid, it absorbed less wave and created a stable temperature. Considering about the quality, we found that white jelly fungus, using a 1600 W microwave with 50 kPa vacuum pressure will give the least color contrast ratio. Moreover, the experiment also shows that places with low pressure will make the process of drying the materials to dry faster than places with higher pressure, since it reduces their boiling points and makes evaporation faster.

Keyword: Vacuum system, Magnetron, White jelly fungus, Dielectric, microwave

1.บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมและอุสาหกรรมการเกษตรเป็นหลัก ผลผลิตของประเทศไทยมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจเป็นอย่างมากเพราะเป็นรายได้หลักของประเทศ วิธีการหนึ่งที่จะรักษาคุณภาพผลผลิตทางเกษตรเหล่านั้นไว้ได้ คือ การลดความชื้นหรือการอบแห้งผลผลิตก่อนที่จะนำไปเก็บรักษาหรือแปรรูปต่อไป อย่างไรก็ตามการที่จะลดความชื้นหรือการอบผลิตภัณฑ์นั้น สามารถทำได้หลายวิธีทั้งแบบใช้ความร้อนจากธรรมชาติ เช่น การตากแดด การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งระบบลมร้อน เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง แต่ในการทดลองของโครงการนี้เราจะใช้เครื่องอบแห้งในระบบสุญญากาศ[1]

การอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟสุญญากาศจะอาศัยสมบัติการดูดกลืนไมโครเวฟของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่นำมาทำการอบแห้ง ดังนั้นวัสดุทางการเกษตรที่นำมาทำการอบแห้งจะเกิดความร้อนขึ้นมาพร้อมกันทั้งวัสดุ[8] แต่ผิวด้านนอกมีการพาความร้อนร่วมด้วยจึงทำให้อุณหภูมิที่ผิวน้อยกว่าด้านในด้วยหลักการนี้จะทำให้ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการอบแห้งไม่เสียหายหรือต่างไปจากเดิม นอกจากนั้นวิธีการอบแห้งระบบนี้จะทำให้เกิดการระเหยของน้ำในชิ้นงาน ส่งผลให้เกิดความดันไอผิวของผลผลิตให้มีรูปร่างสวยงาม ไม่เหี่ยวย่น และเนื่องจากการอบแห้งนี้ได้ทำการอบที่สภาวะสุญญากาศ จึงทำให้น้ำที่อยู่ในผลผลิตระเหยได้ง่ายขึ้น[1] โดยที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก การอบแห้งจึงใช้เวลาน้อยลง จากประโยชน์ที่กล่าวมาจึงมีการประยุกต์นำระบบสุญญากาศมาใช้ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ช่วยให้ลดระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งน้อยลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลการทดลองจากการอบแห้งเห็ดหูหนูขาวโดยใช้ไมโครเวฟกำลังต่ำที่ป้อนคลื่นสองตำแหน่งร่วมกับระบบสุญญากาศ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของกำลังคลื่นไมโครเวฟ (800 และ 1600 วัตต์) และความดันสุญญากาศ (30 และ 50 กิโลปาสคาล) ที่ส่งผลต่อค่าอุณหภูมิ ความชื้นและคุณภาพของเห็ดหูหนูขาว

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมการพื้นฐานของการทำความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟเมื่อทะลุผ่านวัสดุไดอิเล็กตริกจะถูกดูดซับและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน เรียกว่าการกำเนิดปริมาณความร้อนภายในต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (Density of Microwave Power Absorbed,Q) ซึ่งสัมพันธ์กับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กภายใน วัสดุไดอิเล็กตริกอย่างไรก็ตามวัสดุไดอิเล็กตริกไม่มีผลต่อสภาพเชิงขั้วแม่เหล็กเมื่อ

อยู่ในสนามแม่เหล็ก ดังนั้นจึงไม่มีสนามแม่เหล็กสูญเสียในระหว่างการแผ่รังสีไมโครเวฟ แต่วัสดุไดอิเล็กตริกจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเฟสของสนามไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยเวลา ดังนั้นค่าเฉลี่ยรากที่สองของความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกใช้ในการประมาณค่าพลังงานไมโครเวฟที่ถูกดูดซับโดยวัสดุไดอิเล็กตริก เมื่อสมมติให้ไม่มีการสูญเสียสนามแม่เหล็กค่าของการกำเนิดปริมาณความร้อนภายในต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรสามารถแสดงได้ดังนี้

$$Q = \omega \varepsilon_0 \varepsilon_r'' E^2 = 2\pi \cdot f \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r' (tan\delta) E^2 \quad (1)$$

เมื่อ E คือ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่ง f คือ ค่าความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ ω คือความเร็วเชิงมุมของคลื่นไมโครเวฟ ε_r' คือ relative dielectric constant ซึ่งบอกถึงคุณสมบัติของวัตถุใดๆที่อธิบายถึงความสามารถในการดูดซับ ส่งผ่านและสะท้อนพลังงานจากส่วนที่เป็นสนามไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟ โดย ε_0 คือ Dielectric Constant ของอากาศ และ $tan\delta$ คือ Dielectric Loss Tangent Coefficient ซึ่งบอกถึงความสามารถในการแปรเปลี่ยนพลังงานที่วัสดุดูดซับเป็นพลังงานความร้อน จากสมการที่ 1 ค่าพลังงานไมโครเวฟที่ถูกดูดซับจะแปรผันตรงกับค่าความถี่ของสนามไฟฟ้า $tan\delta$ และค่ากำลังสองของสนามไฟฟ้า แต่ถ้าค่า $tan\delta$ ของวัสดุมีค่ามาก จะส่งผลให้การดูดซับพลังงานไม่โครเวฟและปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นมีมากขึ้น แต่ถ้าค่า $tan\delta$ มีค่าน้อย คลื่นไมโครเวฟจะทะลุผ่านวัสดุโดยไม่เกิดความร้อนขึ้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจจะขึ้นกับตัวแปรอื่น เช่น ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) ของวัสดุและขนาดของวัสดุด้วย ส่วนค่าความลึกในการทะลุทะลวงหรือระยะทางที่สนามไฟฟ้าทะลุเข้าไปได้สามารถหาได้จาก

$$D_p = \frac{1}{\frac{2\pi f}{v}\sqrt{\frac{\varepsilon_r'\left(\sqrt{1+\left(\frac{\varepsilon_r''}{\varepsilon_r'}\right)^2}-1\right)}{2}}} = \frac{1}{\frac{2\pi f}{v}\sqrt{\frac{\varepsilon_r'\left(\sqrt{1+(tan\delta)^2}-1\right)}{2}}} \quad (2)$$

เมื่อ v = ความเร็วแสง $(3 \times 10^8 \mathrm{m/s})$ f คือ ค่าความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ, ε_r' คือ Relative Dielectric Constant, $tan\delta$ คือ Dielectric Loss Tangent Coefficient จะเห็นว่าเมื่อค่า Dielectric Constant และ Loss Tangent coefficient มีค่าเปลี่ยนแปลงความลึกในการทะลุทะลวงและสนามไฟฟ้าภายในวัสดุไดอิเล็กตริกก็จะเปลี่ยนแปลงด้วย

3.ระเบียบวิธีวิจัย

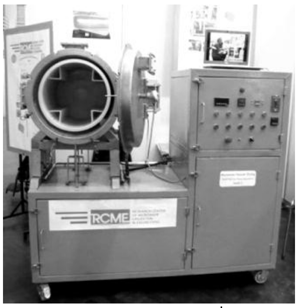
(1) การเตรียมวัสดุ

- เตรียมเห็ดหูหนูขาวปริมาณ1000 กรัม
- เก็บในตู้เย็น 24 ชั่วโมง
- วัดความชื้น และชั่งน้ำหนัก
- ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง

(2) ขั้นตอนการอบและตัวแปรที่สำคัญ

ตัวแปร	จำนวน/วิธีการทดลอง
อัตราการป้อนกำลังคลื่น	800 W และ 1600 W
ลักษณะการป้อนคลื่น	ต่อเนื่องและเป็นจังหวะ
ความดันสุญญากาศ	30 kPaและ 50 kPa

(3) เครื่องอบแห้งเชิงพาณิชย์โดยใช้คลื่นไมโครเวฟกำลังต่ำที่ป้อนคลื่นสองตำแหน่งร่วมกับระบบสุญญากาศ



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งเชิงพาณิชย์โดยใช้คลื่นไมโครเวฟกำลังต่ำที่ป้อนคลื่นสองตำแหน่งร่วมกับระบบสุญญากาศ

4.ผลการทดลอง

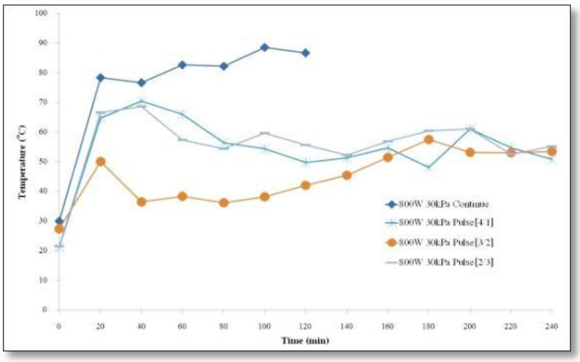
จากการทดลองการอบแห้งเห็ดหูหนูขาวด้วยระบบอบแห้งเชิงพาณิชย์โดยใช้ไมโครเวฟกำลังต่ำที่ป้อนคลื่นสองตำแหน่งร่วมกับระบบสุญญากาศโดยการศึกษาอิทธิพลของลักษณะการป้อนคลื่น ความดันสุญญากาศ และกำลังไมโครเวฟ ของการอบแห้งเห็ดหูหนู ที่ส่งผลต่อจลนพลศาสตร์คุณภาพและของเห็ดหูหนูหลังการอบแห้งและสามารถนำมาวิเคราะห์ผลในลักษณะความสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.1 อิทธิพลของลักษณะการป้อนคลื่นไมโครเวฟ

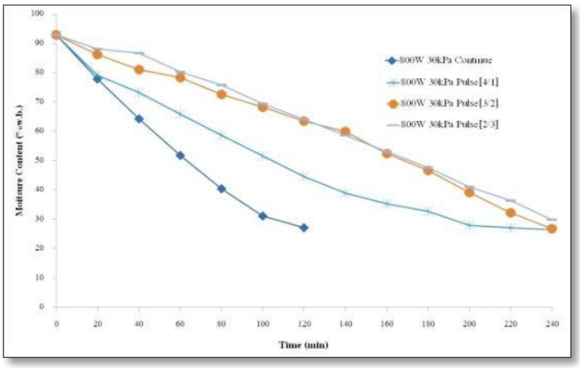
ในการทดลองอบแห้งเห็ดหูหนูขาวจะใช้การป้อนคลื่นไมโครเวฟ 2 ลักษณะ คือ การป้อนคลื่นแบบต่อเนื่อง (Continuous mode) คือจ่ายคลื่นตลอดเวลาการอบแห้งและการป้อนคลื่นแบบเป็นจังหวะ (Pulse mode) คือ

1. จ่ายคลื่น 4 นาทีและหยุดจ่าย 1 นาที [4/1]
2. จ่ายคลื่น 3 นาทีและหยุดจ่าย 2 นาที [3/2]
3. จ่ายคลื่น 2 นาทีและหยุดจ่าย 3 นาที [2/3]

พบว่าที่เวลาเท่ากัน ความชื้นของเห็ดหูหนูขาวที่ทำการอบแห้งด้วยการป้อนคลื่นแบบต่อเนื่องจะน้อยกว่าและใช้เวลาในการอบแห้งเห็ดหูหนูขาวน้อยกว่า เพราะว่าการป้อนคลื่นแบบต่อเนื่องนั้นจะใช้เวลาในการอบแห้งเห็ดหูหนูขาวน้อยกว่า เพราะว่าการป้อนคลื่นแบบต่อเนื่องนั้นจะให้พลังงานไมโครเวฟกับเห็ดหูหนูขาวได้อย่างต่อเนื่อง จึงทำให้เห็ดหูหนูขาวสามารถผลิตความร้อนที่จะนำไปใช้ในการไล่ความชื้นได้มากกว่าและผลที่ตามมาคือ เห็ดหูหนูขาวมีสีเปลี่ยนไปจากเดิมน้อยกว่าการป้อนคลื่นแบบเป็นจังหวะ



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาด้วยอิทธิพลของลักษณะการป้อนคลื่นไมโครเวฟ



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาด้วยอิทธิพลของลักษณะการป้อนคลื่นไมโครเวฟ

4.2 อิทธิพลของความดันสุญญากาศ

พบว่าที่ความดันสุญญากาศ 30 kPa จะสามารถดึงความชื้นออกจากเห็ดหูหนูขาวได้รวดเร็วกว่าที่ความดันสุญญากาศ 50 kPa เพราะความเป็นสุญญากาศจะมีผลต่อกลไกการไล่ความชื้นเนื่องจากที่ความดันต่ำจุดเดือดของน้ำก็จะต่ำลง สามารถเปลี่ยนสถานะจากน้ำกลายเป็นไอได้เร็วขึ้น ทำให้ใช้เวลาในการไล่ความชื้นน้อยลง ถ้าเป็นการป้อนคลื่นแบบต่อเนื่องการไล่ความชื้นออกจากเห็ดหูหนูขาวจะทำได้อย่างรวดเร็วมากขึ้นเพราะว่าปริมาณความชื้นในเห็ดหูหนูขาวที่อบแห้งจะสามารถไล่ความชื้นได้รวดเร็วชึ้นหากมีการป้อนคลื่นแบบต่อเนื่องที่ความดันต่ำกว่าและยิ่งมีปริมาณพลังงานไมโครเวฟที่มีค่าสูง

การไล่ความชื้นออกจากเห็ดหูหนูขาวจะทำได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น โดยพฤติกรรมดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ น้ำหรือความชื้นเป็นวัสดุไดอิเล็กตริกที่สามารถดูดซับพลังงานไมโครเวฟและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้มาก ดังนั้นเมื่อความชื้นได้รับพลังงานไมโครเวฟทำให้อุณหภูมิของเห็ดหูหนูขาวจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะปริมาณความชื้น (น้ำ) ภายในโครงสร้าง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเห็ดหูหนูขาวจะส่งผลต่อกลไกการเคลื่อนย้ายมวลสารในเห็ดหูหนูขาว

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเมื่อเราลดความดันในถังอบลงจะทำให้น้ำสามารถระเหยที่อุณหภูมิต่ำกว่าเดิมได้ ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จะ

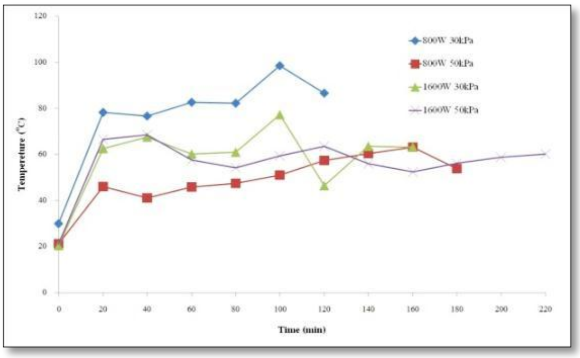
ใช้ความดันสุญญากาศที่ 30 kPa เป็นหลักแต่จะทำการทดลองที่ 50 kPa เพื่อยืนยันผลด้วย

4.3 อิทธิพลของกำลังไมโครเวฟ

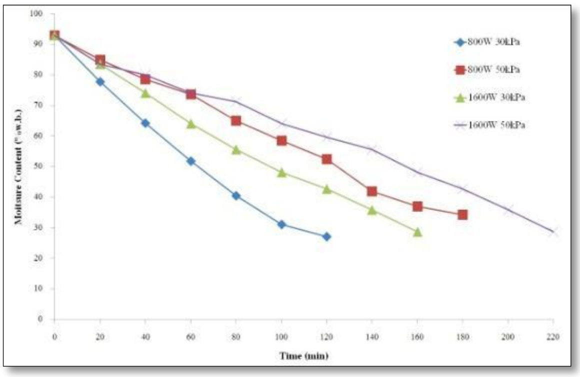
จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าการอบแห้งเห็ดหูหนูขาวโดยใช้อัตราการป้อนคลื่นที่ 800 W แบบต่อเนื่องและใช้ความดันสุญญากาศ 30 kPa นั้นเป็นวิธีที่เหมาะสมในการอบแห้งมากกว่าแบบอื่นทั้งในด้านของระยะเวลาในการอบและสีของวัสดุ ดังนั้นจึงทำการอบเห็ดหูหนูขาวด้วยอัตราการป้อนคลื่นที่ 1600 W ในสภาวะเดียวกันเพื่อทำการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นในด้านของอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นที่ผิวเห็ดหูหนูขาว โดยจะทำการนำเสนอในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาด้วยอิทธิพลของกำลังไมโครเวฟและความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาด้วยอิทธิพลของกำลังไมโครเวฟรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.3 เมื่อเพิ่มพลังงานไมโครเวฟจาก 800 W เป็น 1600 W พบว่าที่เวลาเท่ากันนั้นการใช้กำลังไมโครเวฟ 800 W จะทำให้ความชื้นของเห็ดหูหนูขาวมีค่าน้อยกว่าอย่างมากและใช้เวลาในการอบแห้งที่สั้นกว่า เนื่องมาจากผลของการเพิ่มกำลังไมโครเวฟขึ้นทำให้พลังงานไมโครเวฟมากขึ้นกว่าเดิมและเห็ดหูหนูขาวสามารถดูดซับคลื่นไมโครเวฟเพื่อการทำให้เกิดความร้อนได้มากขึ้น

จากรูปที่ 4.4 จะพบว่าอุณหภูมิที่ผิวของเห็ดหูหนูขาวที่อบแห้งโดยใช้อัตราการป้อนคลื่นที่ 1600 W มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ผิวของเห็ดหูหนูขาวที่อบแห้งโดยใช้อัตราการป้อนคลื่นที่ 800 W แต่ใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่า เนื่องจากการใช้กำลังวัตต์ที่สูงขั้นนั้นจะทำให้การดูดซับพลังงานทำได้มากขึ้น เห็ดหูหนูขาวจึงมีความร้อนสะสมอยู่มากทำให้สามารถไล่ความชื้นได้อย่างรวดเร็ว แต่ผลที่ตามมาคือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่อาจเสื่อมลงเนื่องจากสะสมความร้อนที่มากเกินไป ซึ่งสามารถสังเกตคร่าว ๆ ได้จากการเปลี่ยนแปลงสีของเห็ดหูหนูขาวระหว่างทำการอบแห้งนั่นเอง



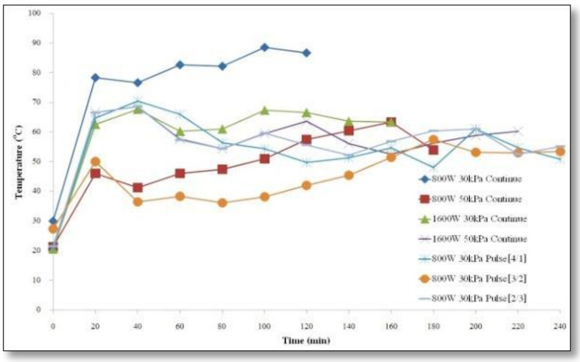
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาด้วยอิทธิพลของความดันสุญญากาศและกำลังไมโครเวฟ



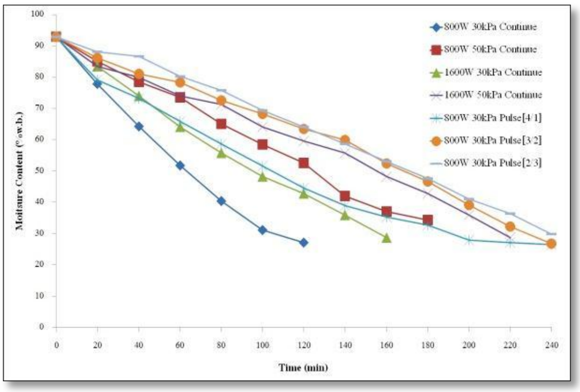
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาด้วยอิทธิพลของความดันสุญญากาศ และกำลังไมโครเวฟ

จากการศึกษาอิทธิพลของการป้อนคลื่นความดันสุญญากาศและกำลังไมโครเวฟพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผิวของเห็ดหูหนู เมื่อเทียบกับทุกกรณีเพราะฉะนั้นจึงทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงความชื้น และอุณหภูมิที่ผิวของเห็ดหูหนูที่อบแห้งด้วยลมร้อน โดยจะทำการเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟสุญญากาศและจะนำเสนอในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาดังรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.5 และ 4.6 เมื่ออุณหภูมิเพิ่งขึ้นความชื้นจะระเหยได้มากขึ้นตามไปด้วย และเมื่อเวลาผ่านไปซักช่วงเวลาหนึ่งอุณหภูมิจะเริ่มคงที่ ทำให้ความชื้นระเหยได้น้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในกรณีต่าง ๆ



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในกรณีต่าง ๆ

ตารางแสดงค่าจากการตรวจวัดสีของเห็นหูหนูขาวด้วยการอบแห้งแบบต่าง

กรณีศึกษา	L*	a*	b*	ΔE*
800W, 30kPa , Continuous	53.11±0.85	0.11±0.09	20.55±0.37	7.17±0.71
800W, 50kPa , Continuous	49.02±0.67	1.35±0.12	22.74±0.54	5.98±0.62
1600W,30kPa , Continuous	42.41±0.67	1.01±0.08	16.64±0.16	4.47±0.51
1600W,50kPa , Continuous	46.46±0.51	0.59±0.03	17.36±0.09	0.61±0.36
800W, 30kPa, Pulse[4/1]	53.07±0.53	2.98±0.10	25.01±0.23	10.02±0.37
800W, 30kPa, Pulse[3/2]	45.72±0.41	6.45±0.02	26.05±0.45	10.45±0.35
800W, 30kPa, Pulse[2/3]	51.21±0.10	3.41±0.03	23.04±0.21	7.68±0.06
เห็ดหูหนูขาว (สด)	46.85±0.16	1.03±0.03	17.18±0.20	

***หมายเหตุ

- L* คือ ค่าความสว่าง (brightness)
- a* คือ ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว
  ถ้า a* เป็นบวกแสดงถึงค่าความเป็นสีแดง
  ถ้า a* เป็นลบแสดงถึงค่าความเป็นสีเขียว
- b* คือ ค่าความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน
  ถ้า b* เป็นบวกแสดงถึงค่าความเป็นสีเหลือง
  ถ้า b* เป็นลบแสดงถึงค่าความเป็นสีน้ำเงิน
- ΔE คือ ค่าความต่างของสี

5. สรุปผลการทดลอง

การทดลองการอบแห้งเห็ดหูหนูขาวด้วยระบบอบแห้งเชิงพาณิชย์โดยใช้ไมโครเวฟกำลังต่ำป้อนคลื่นสองตำแหน่งร่วมกับระบบสุญญากาศ

พบว่าการป้อนคลื่นแบบเป็นจังหวะจะใช้เวลานานกว่าการป้อนคลื่นแบบต่อเนื่อง อีกทั้งความดันสุญญากาศยังมีผลต่อการลดปริมาณความชื้นในเห็ดหูหนูขาว กล่าวคือ ความดันสุญญากาศที่ต่ำลงจะส่งผลให้ลดปริมาณความชื้นได้เร็วขึ้นพลังงานไมโครเวฟหรือกำลังวัตต์ที่ป้อนเข้าในเครื่องอบมีผลต่อความสามารถในการผลิตปริมาณความร้อนและการลดปริมาณความชื้นในวัสดุหรือกล่าวได้ว่าพลังงานที่ป้อนเข้ามาส่งผลให้อุณหภูมิของวัสดุสูงตามไปด้วย

คุณภาพสีเป็นไปตามลักษณะของการป้อนคลื่นและความดันสุญญากาศ กำลังการป้อนคลื่นไมโครเวฟ แต่ถ้าเปรียบเทียบสีของเห็ดหูหนูขาวด้วยระบบอบแห้งเชิงพาณิชย์กับที่ขายตามท้องตลาดแล้วค่าความต่างสีจะใกล้เคียงกัน คือมีคุณภาพใกล้เคียงกับท้องตลาด

เครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศมีระบบควบคุมอุณหภูมิของตัวถังอบ ซึ่งตั้งค่าไว้ที่ 60°C ซึ่งเมื่อมีการอบเห็ดหูหนูและมีการตั้งอัตราการป้อนคลื่นเป็น 1600 W แม้ว่าอุณหภูมิที่อบเห็ดหูหนูจะสูงขึ้นแต่เมื่อสูงขึ้นเกินกว่า 60°C ตัวถังอบแห้งจะทำการหยุดการป้อนคลื่นไมโครเวฟ กล่าวคือเป็นการหยุดการป้อนคลื่นไมโครเวฟออกมาเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบโดยตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุดไว้ในระบบ

6.กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

7.เอกสารอ้างอิง

7.1 บทความจากวารสาร (Journal)

1. Jaya, S, Das, H (2003). A Vacuum Drying Model for Mango Pulp. Drying Technology, 21 (7), 1215-1234

2. Henry, P.S.H, Diffusion in absorbing Media, Proc.R.Soc.171A, pp.215-241.

3. Fu, W.B. and Metaxas ,A.C., "Numerical Prediction of Three-Dimension Finite Element Analysis of Microwave Heating", J. Microwave Power and Electro-Magnetic Energy ,Vol.29,pp313-322

4. Dawis, H.T., Ayappa, K.G., Dawis, E.A., and Gordon, J., "Analysis of Microwave Heating of Materials with Temperature-Dependent Properties", A.I.Ch.E.Journal, Vol.37, pp.313-322.

5. A.C. Mataxas and R.J. Meridith, 1983, Industrial Microwave Heating: Peter Peregrinus, Ltd., London, pp.1-100

6. Pierre and Turner, "Trends in microwave-related drying of Wood" Journal of Research in Engineering and Technology, Vol. 1, No. 3, 1999, pp. 276-285.

7. Ranganna, S. (1977). Manual of analysis of fruit and vegetable products. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, Vew Delhi. 634p.

8. นาย นที ล้อมลาย และนายจาตุรงค์ มีวงษ์ (2554) การอบแห้งวัสดุทางการเกษตรด้วยระบบไมโครเวฟสุญญากาศ (ใบหอมสับ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

7.2 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

9. กาญจนา ขยัน, วิบูลย์ ช่างเรือ และ ศุภศักดิ์ ลิมปิติ. (2009) การอบแห้งตะไคร้ด้วยเทคนิคการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟที่ควบคุมอุณหภูมิได้. การประชุมวิชาการพืชสวยแห้งชาติครั้งที่ 8

10. วิไล รังสาดทอง (2543) เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

7.3 หนังสือ

11. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช (2547) "วิเคราะห์กระบวนการอบแห้งในวัสดุพรุน"วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.