

การศึกษาอิทธิพลของวัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลสสำหรับการอบแห้งมันสำปะหลังด้วยลมร้อน
A Study the Influence of Wire Mesh Stainless Porous Material on Cassava Hot Air Drying

คมเพชร อินลา¹, สังวาลย์ บุญจันทร์³, จินรงค์ศักดิ์ โยธา², บัณฑิต กฤตาคม³, รตินันท์ เหลือมพล^{3*}

¹ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
145 หมู่ 15 ต.นอกเมือง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000

² สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

³ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: ratinun.lu@rmuti.ac.th 08-4030-7600

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลสสำหรับการอบแห้งมันสำปะหลังด้วยลมร้อน ในการทดลองใช้มันสำปะหลังสดที่หั่นเป็นแว่นขนาดความหนา 3 mm มาทำการอบแห้งด้วยลมร้อนที่มีแหล่งความร้อนจากหัวเผา LPG ที่อุณหภูมิลมร้อน 70 °C ความเร็วลมร้อน 2 m/s และให้ไหลผ่านวัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลสเกรด 304 ก่อนที่จะไหลเข้าสู่ห้องอบแห้ง เพื่อทำการกักเก็บพลังงานและช่วยส่งเสริมการถ่ายเทความร้อน ด้วยขนาดตาข่ายช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (Pores per inch, PPI) เท่ากับ 6, 8 และ 12 PPI ความหนาของชั้นตาข่าย (W_L) เท่ากับ 4, 8 และ 12 ชั้น ในระหว่างกระบวนการอบแห้งทำการบันทึกผลทุกช่วงเวลา 5 นาที จนถึงความชื้นสุดท้ายประมาณ 14 %w.b. จึงหยุดกระบวนการอบแห้ง โดยตัวแปรที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบไปด้วย ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis moisture content, M_w) และค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) จากการทดลองพบว่า วัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลสมีอิทธิพลในกระบวนการอบแห้ง คือ เมื่อขนาด PPI เพิ่มขึ้นและ W_L เพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณความชื้นมีค่าลดลงส่งผลให้มีอัตราการอบแห้งสูงขึ้นใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลงและทำให้ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยลง ซึ่งในการทดลองนี้ PPI = 8 และ $W_L = 12$ มีระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดและมีค่า SEC ต่ำที่สุด

คำหลัก: การอบแห้ง; มันสำปะหลัง; วัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลส; ปริมาณความชื้น; การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

Abstract

This research was purposed to study the influence of wire mesh stainless porous material on cassava hot air drying. In experiment, cassava was sliced with thickness 3 mm and drying with hot air from LPG burner at hot air temperature 70 °C, velocity 2 m/s and flowed through wire mesh stainless porous material grade 304 for storage energy and enhance heat transfer with wire mesh pores per inch (PPI) 6, 8 and 12 PPI and wire mesh layer (W_L) 4, 8 and 12 layers. Experimental data was collected at interval 5 minute during process and drying process was finished when moisture content was 14 %w.b.

Drying parameters in this study were consist of Wet basis moisture content (M_w) and Specific energy consumption (SEC). From experimental result it was found that, the influence of wire mesh stainless porous material on drying process was increased of PPI and W_L with moisture content was decreased, drying rate was increased, drying time was decreased and SEC was decreased. In this study drying time was shortest and SEC was lowest as PPI = 8 and W_L = 12.

Keywords: Drying; Cassava; Wire mesh stainless porous material; Moisture content; Specific energy consumption

1. บทนำ

มันสำปะหลัง (Cassava) เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยมากชนิดหนึ่ง เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่ายทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวน ในปัจจุบันได้เป็นอย่างดีเกษตรกรไทยนิยมหันมาปลูกมันสำปะหลังกันอย่างกว้างขวางกระจายปลูกทั่วไปในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศ [1] ผลผลิตที่ได้จากมันสำปะหลังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังในรูปแบบต่างๆ ทั้งในรูปแบบอาหารและไม่ใช่อาหาร อันก่อให้เกิดอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องเช่นอุตสาหกรรมมันเส้นอุตสาหกรรมมันอัดเม็ดอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังและอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล เป็นต้น ดังนั้นมันสำปะหลังจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกมันสำปะหลังมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยมันเส้นเป็นผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังที่มีการส่งออกสูงสุดคิดเป็น 32% ของมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทั้งหมดจากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่ามูลค่าในการส่งออกมันเส้นในปี 2559 สูงถึง 39,036 ล้านบาท [2] เนื่องจากมันเส้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางกล่าวคือสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ สุรา เอทานอลและกรดซิตริก เป็นต้น ซึ่งมันเส้นที่ต้องใช้เป็น

วัตถุดิบในอุตสาหกรรมดังกล่าวข้างต้นต้องการมันเส้นที่มีคุณภาพดีหรือที่เรียกว่ามันเส้นสะอาด [3] นอกจากนี้ในปัจจุบันสถานการณ์ด้านพลังงานในประเทศส่งผลให้มีการผลิตเอทานอลเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการนำพืชอาหารเช่น ข้าว อ้อย กากน้ำตาล และมันสำปะหลังมาใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอล ทำให้เกิดผลกระทบต่อพืชอาหาร แต่จากรายงานวิจัยของกล้าณรงค์และคณะ [4] พบว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาผลิตเอทานอลมากที่สุดเนื่องจากไม่สามารถลดพื้นที่การปลูกมันให้น้อยลงกว่า 6.5 ล้านไร่ได้เพราะพื้นที่เหล่านี้ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชอื่นนอกจากมันสำปะหลังและผลผลิตมันสำปะหลังต่อพื้นที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทำให้มีมันสำปะหลังส่วนเกินที่จะนำมาผลิตเอทานอลได้ นอกจากนี้ยังได้แนะนำว่าในการนำมันสำปะหลังที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลควรอยู่ในรูปของมันเส้น ทั้งนี้เนื่องจากมันเส้นสามารถเก็บสต็อกไว้ได้ตลอดทั้งปี ขนย้ายได้สะดวกและเป็นการเตรียมวัตถุดิบให้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นจากนโยบายของรัฐที่ผลักดันการผลิตแก๊สโซฮอล์ E85 อีกด้วย สำหรับการทำมันเส้นหัวมันสดจะถูกนำมาสับให้เป็นชิ้นๆ จากนั้นนำไปตากลานเพื่อให้ได้มันเส้นแห้ง จากการศึกษาของชยะ [5] ในการทำมันเส้นของพื้นที่ 6 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา ขอนแก่น อุดรธานี กาฬสินธุ์ มหาสารคาม และชัยภูมิ รวมจำนวน 104 โรงงาน พบว่ามันเส้นที่ได้จากการตากลาน

อัตราการเปลี่ยนหัวมันสดให้เป็นมันเส้นอยู่ที่ 2.13:1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำแห้งมันเส้นที่ตากลานประกอบด้วยความเข้มแสงแดด ความเร็วลม ความชื้นของอากาศ ลักษณะเฉพาะของชั้นมัน เช่นความหนาของชั้น ความสม่ำเสมอของขนาดชั้น และความหนาของชั้นที่ตาก Olufayo and Ogunkunle [6] ได้ศึกษาการตากมันสำปะหลังด้วยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบต่างๆ ในบริเวณโซนอากาศชื้นของประเทศไนจีเรีย ซึ่งจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ในพื้นที่ที่มีความชื้นอากาศสูงการตากแดดไม่สามารถช่วยให้ชั้นมันแห้งได้ตามต้องการจากปัญหาเรื่องสภาวะอากาศที่ส่งผลต่อการทำชั้นมันเส้นแห้งนี้ เครื่องอบแห้งจึงเป็นแนวทางที่ดีในการผลิตมันเส้นถ้าหากมองกลับไปในอดีตราคามันเส้นค่อนข้างต่ำและมีความผันผวนมาก แต่ในปัจจุบันความต้องการมันเส้นมีสูงขึ้นประกอบกับผลผลิตที่มีในประเทศลดต่ำลงทำให้ราคามันเส้นมีแนวโน้มสูงขึ้น การลงทุนเครื่องอบแห้งจะช่วยลดข้อจำกัดของการทำแห้งมันเส้นที่ตากลานตากลงได้

การเพิ่มขึ้นของประชากรในโลกส่งผลให้มีปัญหาเกี่ยวกับความต้องการอาหาร ทำให้กำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ การศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาด้านการเก็บเกี่ยวผลผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและการลดการสูญเสียระหว่างการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในการเพิ่มอัตราการผลิตอาหาร จึงเป็นเหตุผลให้ต้องมีการศึกษามากขึ้น สำหรับการอบแห้งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้ โดยปัจจุบันมีวิธีการอบแห้งอยู่หลายวิธีที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งมีประสิทธิภาพสูงแต่มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่สูงตามไปด้วย โดยส่วนใหญ่ในระดับอุตสาหกรรมการอบแห้งจะใช้เวลาและความร้อนจากขดลวดความร้อนและใช้อากาศพาความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์อบแห้งเพื่อทำให้น้ำระเหยออกมาจากผลิตภัณฑ์อบแห้ง สามารถอบแห้งได้ที่อุณหภูมิสูงแต่

พลังงานความร้อนที่ได้จากขดลวดจำเป็นต้องใช้พลังงานจากไฟฟ้าจึงทำให้มีการสิ้นเปลืองมาก [7] ในระดับชุมชนและครัวเรือนการอบแห้งที่นิยมใช้คือ การใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์เพราะเป็นการอบแห้งที่ใช้พลังงานจากธรรมชาติแต่เป็นการอบแห้งที่มีอัตราการอบแห้งต่ำเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ออบแห้งต่ำและไม่สม่ำเสมอ [8] ซึ่งในปัจจุบันการอบแห้งได้มีการศึกษาและพัฒนามากขึ้น โดยแหล่งความร้อนที่นิยมใช้สำหรับผลิตลมร้อนได้จากแก๊สหุงต้ม (LPG) เนื่องจากราคาถูกและสามารถหาซื้อได้ง่าย แต่ยังมีปัญหาคือในการอบแห้งแต่ละครั้งมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานมาก การใช้วัสดุพูนจึงเป็นแนวทางที่จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้เนื่องจากวัสดุพูนมีความสามารถในการดูดซับความร้อนและแผ่รังสีความร้อนจึงทำให้เกิดการส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ที่จะทำการอบแห้งได้มากขึ้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยได้ทำการพัฒนาหัวพ่นไฟร่วมกับวัสดุพูนมากมาย ซึ่งผลของการพัฒนาหัวพ่นไฟร่วมกับวัสดุพูนนี้ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าหัวพ่นไฟที่ไม่ได้ติดตั้งวัสดุพูน กล่าวคือมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นใช้เชื้อเพลิงน้อยลง เนื่องจากวัสดุพูนมีคุณสมบัติดูดซับและแผ่รังสีความร้อน [9-12] สำหรับการศึกษาการใช้วัสดุพูนกับการอบแห้งแบบลมร้อน ได้มีงานวิจัยของ Luampon & Krittakom (2016) [13] ศึกษาการอบแห้งปลาชนิดเดียวการใช้วัสดุพุนตาข่ายร่วมกับหัวพ่นไฟพบว่าที่ช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (PPI) เท่ากับ 8 และความหนา (H_T) เท่ากับ 6 แผ่น จะมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ น้อยสุด ซึ่งจะได้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 2.25 MJ/kg จากข้อดีของวัสดุพูนที่กล่าวมาข้างต้นในการศึกษานี้จะใช้วัสดุพูนชนิดตาข่ายสแตนเลสมาวางขวางการไหลของลมร้อนที่ได้จากเตาแก๊สหุงต้มเพื่อส่งเสริมการถ่ายเทความร้อน ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงการแปรรูปและถนอมอาหารอื่น ๆ ต่อไป

2. รายการสัญลักษณ์

PPI	ขนาดตาข่ายช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว
W_L	ความหนาของชั้นตาข่าย
M_w	ค่าความชื้น (%w.b.)
SEC	ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (kJ/kg)
v	ความเร็วลม (m/s)
T	อุณหภูมิสมร้อน ($^{\circ}\text{C}$)
W	มวลของผลิตภัณฑ์ขึ้น (kg)
d	มวลของผลิตภัณฑ์แห้ง (kg)
$m_{\text{water, evap}}$	ปริมาณน้ำที่ออกจากวัสดุอบแห้ง (kg)
Q_{all}	อัตราการใช้พลังงานรวมของเครื่องอบแห้ง (MJ)
$T_{\text{water, l}}$	อัตราการใช้พลังงานรวมของเครื่องอบแห้ง (kJ)
R	อัตราการอบแห้ง (%w.b./min)
W_t	มวลที่เวลา t ใด ๆ
W_{t-1}	มวลที่เวลา t-1

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

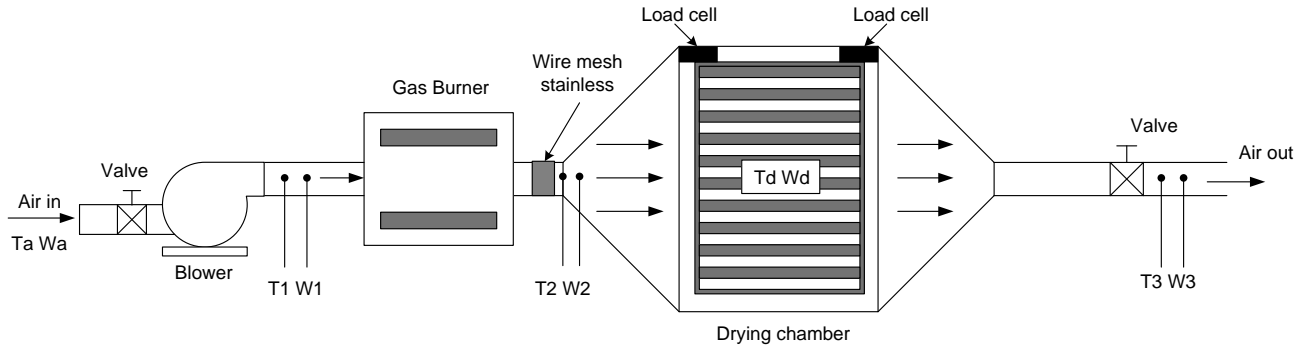
ห้องอบแห้งที่สร้างขึ้นทำมาจากโครงเหล็กและแผ่นสังกะสีหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ภายในห้องอบแห้งประกอบด้วย ถาดอบแห้งทำมาจากตะแกรงสแตนเลสถูกแขวนไว้ด้วยโหนดเซลล์เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักมีโบลเวอร์สำหรับเป่าอากาศและความชื้นออกจากห้องอบแห้ง แหล่งกำเนิดความร้อนจะอยู่ด้านล่างของห้องอบแห้งเป็นหัวพันไฟแบบอินฟราเรด ก่อนที่ลมร้อนจะไหลเข้าสู่ห้องอบแห้ง จะไหลผ่านวัสดุพอร์ซันชนิดตาข่ายสแตนเลสเพื่อทำการแลกเปลี่ยนและส่งเสริมการถ่ายเทความร้อน ความร้อน อุปกรณ์การทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 1

3.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองจะทำการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ในห้องอบแห้ง 3 ตำแหน่ง คือ ทางเข้าทางออกและตรงกลางห้องอบแห้ง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะวัดที่ทางออกของห้องอบแห้ง การทดลองจะเริ่มจากเตรียมผลิตภัณฑ์อบแห้งให้มีขนาดใกล้เคียงกัน จัดเตรียมวัสดุพอร์ซันให้ได้ขนาดตามต้องการแล้วนำไปวางไว้ที่ทางเข้าห้องอบแห้ง จากนั้นจะทำการตั้งอุณหภูมิและปรับความเร็วของลมร้อนให้ได้ตามเงื่อนไขที่ใช้ออบแห้ง เมื่อตั้งค่าได้ตามต้องการแล้วจะวางผลิตภัณฑ์อบแห้งบนถาดอบแห้งแล้วทำการบันทึกค่าเริ่มต้นทั้งหมด เช่น อุณหภูมิอากาศก่อนไหลเข้าเครื่องอบแห้ง อุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและภายนอกห้องอบแห้ง และน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นทำการอบแห้งจนถึงความชื้นสุดท้ายที่ต้องการ โดยในระหว่างกระบวนการอบแห้งจะทำการบันทึกผลค่าตัวแปรต่าง ๆ เข้าไปใน Data logger ทุก 5 นาที เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป สำหรับเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง คือ อุณหภูมิ 70°C ความเร็วลมร้อน 2 m/s ตาข่ายสแตนเลสเบอร์ 304 มีขนาดความพอร์ซัน (Pore per inch, PPI) เท่ากับ 6, 8 และ 12 PPI ความหนาของชั้นตาข่าย (W_L) 4, 8 และ 12 ชั้น

3.3 การเตรียมมันสำปะหลัง

เลือกมันที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกัน ในการทดลองนี้จะใช้มันสำปะหลังจากแหล่งเดียวกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm ทำการปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นชิ้นขนาดความหนา 3 mm น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง 500 กก. จากนั้นทำการหาความชื้นเริ่มต้นของมันสำปะหลังด้วยวิธีการหาความชื้นแบบอินฟราเรด ความชื้นเริ่มต้นที่ 68 %w.b. เมื่อได้ตัวอย่างมันสำปะหลังแล้วจะนำไปวางไว้บนถาดอบแห้ง เรียงเป็นระเบียบเป็นแถว จากนั้นทำการอบแห้งตามสภาวะที่ได้กำหนดไว้จนถึงความชื้นสุดท้ายที่ 14 %w.b.



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนโดยใช้หัวพ่นไฟกับวัสดุพูนชนิดตาข่ายสแตนเลส

4. การวิเคราะห์การอบแห้ง

4.1 การหาค่าความชื้น (Moisture content, M_w)

การหาค่าความชื้น คือ ค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเทียบกับมวลของวัสดุตามมาตรฐาน AOAC ความชื้นในวัสดุ คือความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis, M_w) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

ความชื้นมาตรฐานเปียก (M_w)

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

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)

W คือ มวลของผลิตภัณฑ์ขึ้น (kg)

d คือ มวลของผลิตภัณฑ์แห้ง (kg)

4.2 อัตราการอบแห้ง (Drying Rate, R)

อัตราการแห้ง คือ อัตราการระเหยน้ำออกจากวัสดุต่อพื้นที่ที่เกิดการระเหยต่อหน่วยเวลาระหว่างการ ทำแห้ง (dehydration) สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$R = \frac{W}{t} = \frac{W_t - W_{t-1}}{\Delta t} \quad (2)$$

เมื่อ R คือ อัตราการอบแห้ง (%w.b./min)

W_t คือ มวลที่เวลา t ใด ๆ

W_{t-1} คือ มวลที่เวลา $t-1$

4.3 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC)

ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะนำมาใช้ชี้วัดค่าประสิทธิภาพการอบแห้ง มีหน่วยเป็น MJ/kg of water evaporated สามารถหาได้ดังนี้

$$SEC = \frac{Q_{all}}{m_{water, evap}} \quad (3)$$

เมื่อ $m_{water, evap}$ = ปริมาณน้ำที่ออกจากวัสดุอบแห้ง (kg)

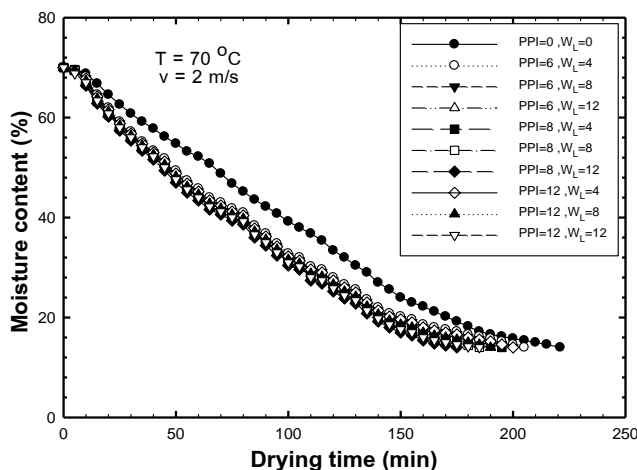
Q_{all} = อัตราการใช้พลังงานรวมของเครื่องอบแห้ง (MJ)

5. การวิเคราะห์และผลการทดลอง

5.1 อิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (PPI) และความหนาของชั้นตาข่าย (W_L) ที่มีผลต่อปริมาณความชื้นและอัตราการอบแห้ง

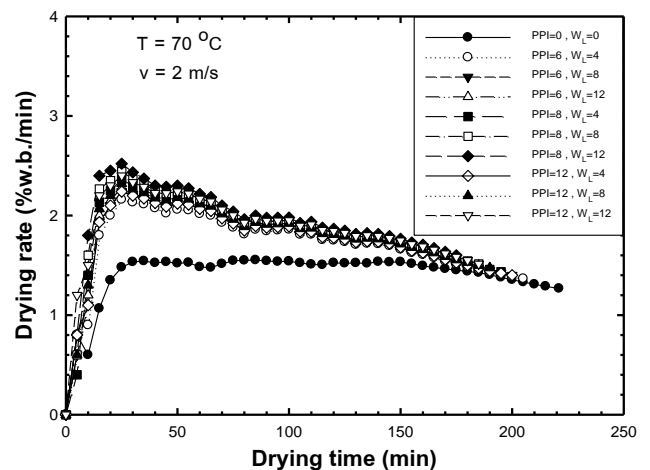
รูปที่ 2 แสดงอิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (PPI) และความหนาของชั้นตาข่าย (W_L) ที่มีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ โดยมันสำปะหลังที่ใช้ทดลองมีความชื้นเริ่มต้นที่ 68 %w.b. ในการทดลองนี้จะใช้ PPI = 0, 6, 8 และ 12 ที่ความหนาของชั้นตาข่าย (W_L) เท่ากับ 0, 4, 8 และ 12 ชั้น อุณหภูมิลมร้อนและความเร็วลมคงที่ 70 °C และ 2 m/s ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าความชื้นจะลดลงตามเวลาอบที่เพิ่มขึ้น (Drying time) หากพิจารณาถึงอิทธิพล PPI ของวัสดุพูน

ชนิดตาข่าย สแตนเลสที่ติดตั้งในชุดอบแห้งพบว่า เมื่อเพิ่มค่า PPI และ W_L จากไม่มีการติดตั้งวัสดุพรุณ (PPI = 0, W_L = 0) จนถึง PPI = 8, W_L = 12 จะใช้เวลาในการอบแห้งลดลงโดยที่ PPI = 8, W_L = 12 จะใช้เวลาน้อยที่สุด คือ 175 นาที แต่หากเพิ่มค่า PPI = 12, W_L = 12 กลับพบว่าเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น 10 นาที ซึ่งนานกว่ากรณี PPI = 8, W_L = 12 จากผลที่ได้นี้อธิบายได้ว่า ด้วยข้อเด่นของวัสดุพรุณเมื่อวัสดุพรุณมีค่า PPI และ W_L เพิ่มขึ้นจะช่วยส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนโดยเฉพาะการแผ่รังสีความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์จะเป็นพลังงานอีกส่วนหนึ่ง นอกเหนือจากความร้อนของลมร้อนเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้เวลาในการอบแห้งลดลง แต่ในขณะเดียวกันหากเพิ่ม PPI และ W_L ขึ้น เนื้อหรือปริมาตรของตาข่ายสแตนเลสจะเพิ่มขึ้นจึงทำหน้าที่ดูดซับความร้อนไว้มากกว่าการแผ่รังสีความร้อนออกไป ทำให้เวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์จนเข้าสู่สภาวะคงตัวเพิ่มขึ้นเมื่อ PPI = 12, W_L = 12



รูปที่ 2 อิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (PPI) และความหนาของชั้นตาข่าย (W_L) ที่มีผลต่อปริมาณความชื้น

รูปที่ 3 แสดงอิทธิพล PPI และ W_L ที่มีผลต่อการอบแห้ง (R) พบว่าค่า R ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (2) มีค่าเพิ่มขึ้น ช่วงแรกของค่าความชื้นเริ่มต้น เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวกลางลมร้อนกับผลิตภัณฑ์ จนถึงช่วง R คงที่ เป็นช่วงที่น้ำภายในวัสดุเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ พลังงานความร้อนที่วัสดุได้รับจะใช้ในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะลดลงตามเวลาในการอบแห้ง อัตราการอบแห้งจะเริ่มลดลง เป็นช่วงที่ความชื้นในผลิตภัณฑ์เหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าผลิตภัณฑ์อย่างไม่ต่อเนื่อง ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เริ่มแห้ง ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นเรื่อยๆ R และปริมาณความชื้นจึงลดลงเรื่อยๆ จนถึงค่าความชื้นสุดท้าย

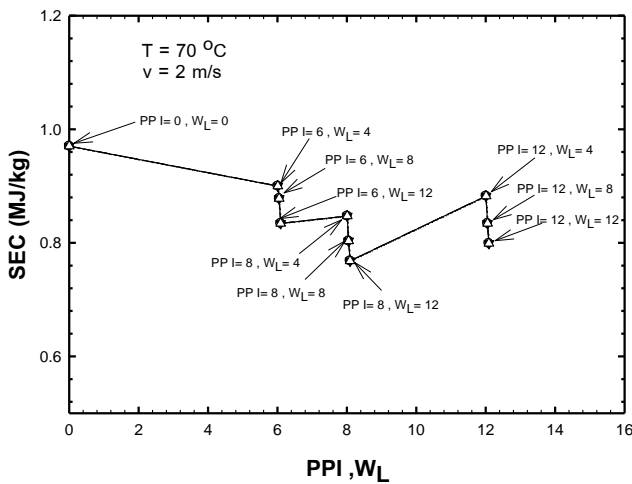


รูปที่ 3 แสดงอิทธิพล PPI และ W_L ที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง

5.2 ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC)

รูปที่ 4 แสดงอิทธิพล PPI และ W_L ที่มีผลต่อค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) พบว่าค่า SEC ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (3) มีค่าลดลงตามค่า PPI และ W_L ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ PPI = 8, W_L = 12 จะมีค่า SEC น้อย

ที่สุดเท่ากับ 0.77 MJ/kg ซึ่งสามารถลดการสิ้นเปลืองพลังงานลงได้ 23.17 % เมื่อเปรียบเทียบกับแบบไม่ติดตั้งวัสดุพรมชนิดตาข่ายสแตนเลส เนื่องจากเวลาของการอบแห้งมวลผลิตภัณฑ์จนเข้าสู่สภาวะคงตัวมีค่าน้อยลง ทำให้มีการสันดาปพลังงานต่าง ๆ คือจากลมร้อนและเชื้อเพลิงมีปริมาณลดต่ำลง ส่งผลให้ SEC ลดลง แต่เมื่อเพิ่ม PPI = 12, $W_L = 12$ ทำให้ SEC มีค่าสูงขึ้นเนื่องจากการใช้พลังงานก็ต้องใช้ปริมาณที่มากกว่าตามหลักการทั่วไปของทฤษฎีการเผาไหม้



รูปที่ 4 แสดงอิทธิพล PPI และ W_L ที่มีผลต่อค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC)

6. สรุปผลการทดลอง

1. ความชื้นของผลิตภัณฑ์ (M_w) มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อ PPI และ W_L เพิ่มสูงขึ้นจนค่า PPI = 8, $W_L = 12$ ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด
2. อัตราการอบแห้ง (R) จะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรกจนถึงช่วง R คงที่ อัตราเร็วในการอบแห้งจะเริ่มลดลงตามค่า R ที่ลดลง ความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงค่าความชื้นสุดท้าย
3. ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) จะมีแนวโน้มลดต่ำลง เมื่อค่า PPI และ W_L โดย PPI = 8, $W_L = 12$ จะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด คือ

175 นาที (2 ชั่วโมง 55 นาที) และมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.77 MJ/kg ลดการสิ้นเปลืองพลังงานลงได้ 23.17 % เนื่องจากมีพื้นที่มากเพียงพอและช่องว่างที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับและการแผ่รังสีความร้อนร่วมกับการพาความร้อนของแก๊สร้อนไปยังผลิตภัณฑ์

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้เงินทุนสนับสนุนโครงการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2562 โดยโครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตามสัญญาเลขที่ NKR2562REV006 และขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และ มทร. อีสาน วช.สุรินทร์ ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์การทดลองและสถานที่ในการทดลอง เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2558 21 ม.ค: มั่นสำปะหลัง: เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่เป็นรายจังหวัด ปี 2558.
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. มั่นสำปะหลัง ทำเป็นฝอย : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน
- [3] วรินทร์ ถนัดคำ (2548). การวิเคราะห์การลงทุนในการผลิต มันเส้นสะอาด : กรณีศึกษาอำเภอเสิงสาง จังหวัด นครราชสีมา. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [4] กล้าณรงค์ ศรีรอด เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ วิจารณ์ วิชชุกิจ เอ็จ สโรบล พิพัฒน์ วีระถาวร และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ (2544). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาสถานภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้ใน

อุตสาหกรรมการผลิตแก๊สโซฮอล. สำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

[5] ชยะ หัสดีเสวี (2530). การใช้ปัจจัยในการผลิตต้นทุน
การผลิตและกำไรของโรงงานมันเส้นในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พ.ศ. 2528.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[6] Olufayo, A.A. and Ogunkunle, O.J. (1996).
Natural Drying of Cassava Chips in the Humid
Zone of Nigeria. Bioresource Technology 58 :
pp. 89-91.

[7] เวียงอากรชี, วิบูลย์เท เพนทร์ และอัคคพล เสนา
ณรงค์ (2553). รายงานประจำปีงานวิจัยสิ้นสุด. วิจัย
และพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และความร้อน
ร่วมสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการ
เกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

[8] หริรักษ์ ควรประดิษฐ์ อัมพร กุญชรรัตน์ และธนรัตน์
แต่วัฒนา (2556). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสี
อาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้ง
ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร. วารสารวิชาการอุตสาหกรรม
ศึกษา. 7(2), น. 81-90.

[9] พีรยุทธ ทองเต็ม และสำเร็จ จักรใจ (2551). Non
premixed porous burners for gaseous fuels การ
ประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 22, 15-17 ตุลาคม 2551,
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต

[10] Mital, R., Gore, J.P. and Viskanta, R. (1997).
A study of the structure of submerged reaction
zone in porous ceramic radiant burners,
Combustion and flame, Vol. 111, pp. 175-184.

[11] ศาสตรา บุญมาก สมภพ ลือพงศ์พัฒนา และบัณฑิต
กฤตาคม (2555). การประยุกต์ใช้หินตุ้ปลาเป็นวัสดุพูน
ชนิดเม็ดกลมอัดแน่นในหัวพ่นไฟวัสดุพูนเชื้อเพลิงแก๊ส,
การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, 18 – 20 ธันวาคม 2555,
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

[12] ปรีชา ศรีสุวรรณ วัฒนธรรพ์ ขวัญรัฐสินธรณ์ และ
บัณฑิต กฤตาคม (2555). การประยุกต์ใช้หินตุ้ปลาเป็น
วัสดุพูนชนิดเม็ดกลมอัดแน่นในหัวพ่นไฟวัสดุพูน
เชื้อเพลิงแก๊ส, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงาน
ทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, 18-20
ธันวาคม 2555, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

[13] Luampon, R. and Krittacom, B. (2016). Study
Drying Kinetic of Tilapia using Hot Air Flowing
through the Porous Media, 13th Eco- Energy and
Materials Science and Engineering Symposium,
1-4 December 2016, Udonthani, Thailand.