

## การอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งหมุนแบบกะ Cassava Chip Drying with a Batch Type of Rotary Dryer

ธนัท มุขพันธ์<sup>1</sup> เทวรัตน์ ทิพย์วิมล<sup>2</sup> พรรษา ลิปลับ<sup>2</sup> และวีรัชย์ อัจหาญ<sup>2</sup>

Thanathat Mookkhan<sup>1</sup>, Tawarat Tipyavimol<sup>2</sup>, Pansa Liplap<sup>2</sup> and Weerachai Arjham<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งหมุนแบบกะ การศึกษาจะทำการทดลองอบแห้งมันเส้นสดจำนวน 100, 140 และ 180 กิโลกรัม ด้วยเครื่องอบแห้งต้นแบบ ซึ่งใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง ที่อัตราการไหลอากาศร้อน  $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$  ความเร็วรอบของโรตารี 2.5 rpm อุณหภูมิอากาศร้อน 90, 100 และ  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ประเมินผลการอบแห้งจากลักษณะของมันเส้นที่ได้ เส้น คุณลักษณะการอบแห้ง ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (specific energy consumption, SEC) ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมันเส้นมีผลต่ออัตราการอบแห้งเป็นอย่างมากโดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งมันเส้นคือ  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  เนื่องจากให้อัตราการอบแห้งสูงที่สุด และไม่เกิดการเสียสภาพของมันเส้นเนื่องจากความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณการบรรจุมันเส้นลงในถังอบแห้งมีผลต่อความสามารถในการอบแห้ง โดยพบว่าที่ความจุต่ำสุดคือ 100 กิโลกรัม มันเส้นสด สามารถลดความชื้นมันเส้นได้เร็วที่สุด

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งหมุนแบบกะ มันเส้น การอบแห้ง

### ABSTRACT

This research was carried out to determine the optimum conditions of cassava chip drying with a batch type rotary dryer. The experiment was performed by drying 100, 140 and 180 kg of fresh cassava root chips in a prototype dryer using LPG as fuel. The  $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$  of hot air flow rate, 2.5 rpm of rotating speed and different drying air temperatures of 90, 100 and  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  were set as drying conditions, each of which were conducted by 6 hours. Physical appearances, drying characteristics, final moisture content and specific energy consumption (SEC) were determined to evaluate the cassava chip drying. The results showed that the most suitable temperature was  $110^\circ\text{C}$  since it gave the highest drying rate with no significant effect on heating degradation of final product. It was also

<sup>1</sup> วิศวกรประจำศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000  
Engineer, Center of Excellence in Biomass, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima 30000

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต. สุรนารี อ. เมือง จ.นครราชสีมา 30000  
School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima 30000

\* Corresponding author. Tel.: 0-4422-4583; Fax: 0-4422-4610; E-mail: t\_tipyavimol@sut.ac.th

found that the amount of fresh cassava chips fed to the dryer would affect the capability of drying. The lowest loading of 100 kg cassava chips presented the fastest drying time.

**Keywords :** rotary dryer, cassava chip, drying

E-mail : tawarat@sut.ac.th, kim\_unity@hotmail.com

## คำนำ

มันสำปะหลัง (Cassava) เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยมากชนิดหนึ่งเนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี เกษตรกรไทยนิยมหันมาปลูกมันสำปะหลังกันอย่างกว้างขวางกระจายปลูกทั่วไปในภาคเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551a) ผลผลิตที่ได้จากมันสำปะหลังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังในรูปแบบต่างๆ ทั้งในรูปอาหารและไม่ใช่อาหาร อันก่อให้เกิดอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น อุตสาหกรรมมันเส้น อุตสาหกรรมมันอัดเม็ด อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง และอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล เป็นต้น ดังนั้นมันสำปะหลังจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกมันสำปะหลังมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยมันเส้นเป็นผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังที่มีการส่งออกสูงสุด คิดเป็น 32% ของมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทั้งหมด จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่ามูลค่าในการส่งออกมันเส้นในปี 2550 สูงถึง 11,135.7 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551b) เนื่องจากมันเส้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง กล่าวคือสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ สุรา เอทานอล และกรดซิตริก เป็นต้น ซึ่งมันเส้นที่ต้องใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมดังกล่าวข้างต้นต้องการมันเส้นที่มีคุณภาพดีหรือที่เรียกว่ามันเส้นสะอาด (วรินธร, 2548) นอกจากนี้ในปัจจุบันสถานการณ์ด้านพลังงานในประเทศส่งผลให้มีการผลิตเอทานอลเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการนำพืชอาหาร เช่น ข้าว อ้อย กากน้ำตาล และมันสำปะหลังมาใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอล ทำให้เกิดผลกระทบต่อพืชอาหาร แต่จากรายงานวิจัยของ กล้าณรงค์และคณะ (2544) พบว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาผลิตเอทานอลมากที่สุด เนื่องจากไม่สามารถลดพื้นที่การปลูกมันให้น้อยลงกว่า 6.5 ล้านไร่ได้ เพราะพื้นที่เหล่านี้ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชอื่นนอกจากมันสำปะหลัง และผลผลิตมันสำปะหลังต่อพื้นที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้มีมันสำปะหลังส่วนเกินที่จะนำมาผลิตเอทานอลได้ นอกจากนี้ยังได้แนะนำว่าในการนำมันสำปะหลังที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลควรอยู่ในรูปของมันเส้น ทั้งนี้เนื่องจากมันเส้นสามารถเก็บสต็อกไว้ได้ตลอดทั้งปี ขนย้ายได้สะดวก และเป็นการเตรียมวัตถุดิบให้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นจากนโยบายของรัฐที่ผลักดันการผลิตแก๊สโซฮอล์ E85 อีกด้วย

สำหรับการทำมันเส้นหั่วมันสดจะถูกนำมาสับให้เป็นชิ้นๆ จากนั้นนำไปตากลานเพื่อให้ได้มันเส้นแห้งจากการศึกษาของ ชยะ (2530) ในการทำมันเส้นของพื้นที่ 6 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งประกอบด้วย จังหวัดนครราชสีมา ขอนแก่น อุดรธานี กาฬสินธุ์ มหาสารคาม และชัยภูมิ รวมจำนวน 104 โรงงานพบว่ามันเส้นที่ได้จากการตากลานอัตราการเปลี่ยนหั่วมันสดให้เป็นมันเส้นอยู่ที่ 2.13:1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำแห้งมันเส้นที่ตากลานประกอบด้วย ความเข้มแสงแดด ความเร็วลม ความชื้นของอากาศ ลักษณะเฉพาะของชิ้นมัน เช่น

ความหนาของชั้น ความสม่ำเสมอของขนาดชั้น และความหนาของชั้นที่ตาก Olufayo and Ogunkunle (1996) ได้ศึกษาการตากมันสำปะหลังด้วยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบต่างๆ ในบริเวณโซนอากาศชื้นของประเทศในจีเรียซึ่งจากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าในพื้นที่ที่มีความชื้นอากาศสูงการตากแดดไม่สามารถช่วยให้ชั้นมันแห้งได้ตามต้องการ จากปัญหาเรื่องสภาวะอากาศที่ส่งผลต่อการทำชั้นมันเส้นแห้งนี้ เครื่องอบแห้งจึงเป็นแนวทางที่ดีในการผลิตมันเส้น ถ้าหากมองกลับไปในอดีตราคามันเส้นค่อนข้างต่ำและมีความผันผวนมาก แต่ในปัจจุบันความต้องการมันเส้นมีสูงขึ้นประกอบกับผลผลิตที่มีในประเทศลดต่ำลงทำให้ราคามันเส้นมีแนวโน้มสูงขึ้น การลงทุนเครื่องอบแห้งจะช่วยลดข้อจำกัดของการทำแห้งมันด้วยลานตากได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งหมุนแบบกะ เพื่อดูผลกระทบของอุณหภูมิ และปริมาณการบรรจุที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งมันสำปะหลัง

### อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองอบแห้งมันสำปะหลังเพื่อทำมันเส้นจะทำการทดสอบโดยอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งหมุนแบบกะ ซึ่งใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้งโดยจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ **ส่วนที่ 1** การทดสอบเพื่อดูผลของอุณหภูมิที่มีต่อการอบแห้งมันเส้น โดยทำการกำหนดสภาวะการทดสอบดังนี้ อัตราการไหลอากาศ 0.25 m<sup>3</sup>/s ความเร็วรอบการหมุนของถังอบแห้ง 2.5 rpm ปริมาณมันสดที่ผ่านการสับด้วยเครื่องสับมีความหนาเฉลี่ย 0.5 cm จำนวน 180 kg และอุณหภูมิในการอบแห้ง 90, 100 และ 110 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมงเพื่อสามารถทำการอบแห้งและเตรียมวัตถุดิบได้ในช่วงระยะเวลาทำงานปกติ ในระหว่างการทดลองจะทำการเก็บตัวอย่างมันเพื่อหาความชื้นเริ่ม และความชื้นในระหว่างการอบแห้งทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตรวจสอบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG และค่าพลังงานไฟฟ้า **ส่วนที่ 2** เมื่อได้ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจากส่วนที่ 1 จะทำการทดสอบอบแห้งมันเส้นด้วยสภาวะการทดสอบเดียวกันกับส่วนที่ 1 แต่ปรับปริมาณมันที่จุในถังอบแห้งเป็น 100, 140, 180 kg จากนั้นทำการประเมินสมรรถนะการอบแห้งจากค่าอัตราการอบแห้ง (Drying Rate) โดยคิดจากปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อระยะเวลาในการอบแห้ง มีหน่วยเป็น kg/h ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (1) และประเมินค่าพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งในรูปของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) คือ ค่าพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณน้ำระเหย มีหน่วยเป็น MJ/kg<sub>water</sub> ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$DR = \frac{m_{pi} - m_{pf}}{t} \quad (1)$$

เมื่อ  $m_{pi}$  คือ น้ำหนักวัสดุก่อนอบแห้ง (kg)

$m_{pf}$  คือ น้ำหนักวัสดุหลังอบแห้ง (kg)

$t$  คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการอบแห้ง (h)

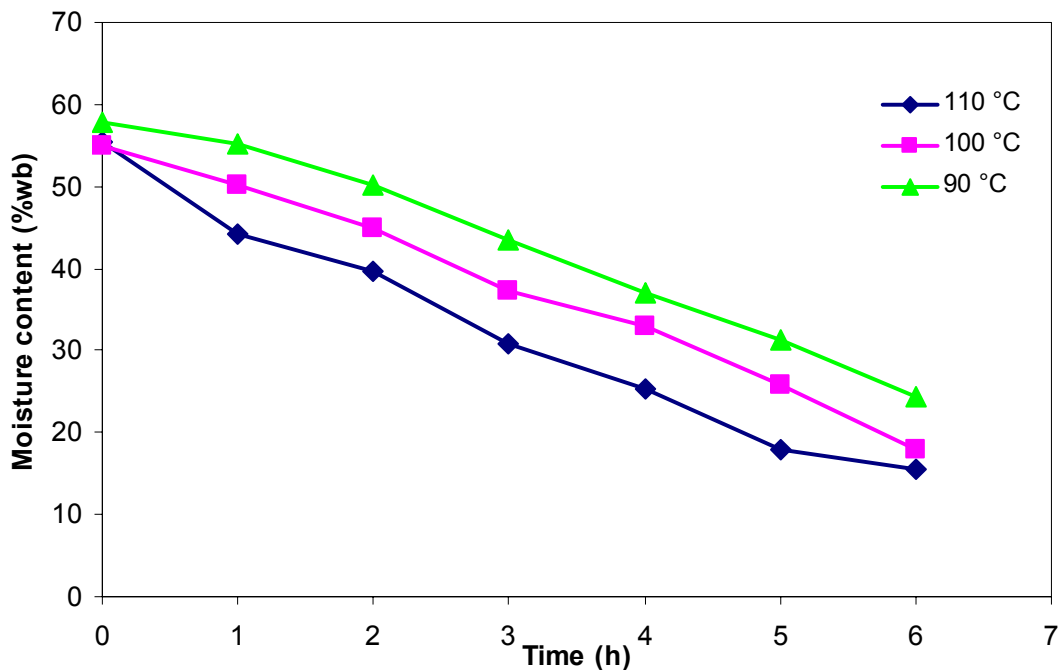
$$\begin{aligned} SEC &= \text{พลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง} / \text{ปริมาณน้ำระเหย} \\ &= (\text{พลังงานจากระบบไฟฟ้า} + \text{พลังงานความร้อนจากแก๊ส}) / \text{ปริมาณน้ำระเหย} \\ &= (3.6Pe) + (\text{kg LPG} \times \text{HV}) / \text{ปริมาณน้ำระเหย} \end{aligned} \quad (2)$$

เมื่อ  $P_e$  คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)

HV คือ ค่า Heating value ของแก๊ส LPG (บริษัท ปตท. จำกัด มหาชน, 2552)

### ผลและวิจารณ์

ผลจากการทดสอบอบแห้งมันเส้นที่ค่าปริมาณความชื้นเดียวกันแต่ปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิตั้งแต่  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  ถึง  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  ในส่วนที่ 1 พบว่า พฤติกรรมการอบแห้งมันเส้นมีลักษณะเป็นไปตามภาพที่ 1 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากเส้นคุณสมบัติการอบแห้งจะพบว่าที่อุณหภูมิ  $90, 100$  และ  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  ไม่สามารถทำการอบแห้งมันเส้นให้มีความชื้นลดลงเหลือ  $13\text{ \%wb}$  ได้ภายในเวลา 6 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณมันที่อยู่ในถังอบมีปริมาณมากเกินไป เนื่องจากถังอบแห้งสามารถบรรจุมันสดที่ความชื้น  $55-60\text{ \%wb}$  ประมาณ 235 กิโลกรัม เมื่อทำการบรรจุมัน 180 กิโลกรัม คิดเป็น  $76.60\%$  ของความสามารถในการจุทั้งหมดซึ่งถึงแม้จะทำให้มีที่ว่างสำหรับการเคลื่อนที่ของชั้นมันอยู่บ้างแต่ก็ไม่เพียงพอให้เกิดการโรยชั้นมันเพื่อสัมผัสกับลมร้อนได้อย่างทั่วถึง จึงทำให้การระเหยความชื้นเกิดขึ้นได้ยาก ผลการประเมินสมรรถนะการอบแห้งในส่วนนี้ แสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งเมื่อบรรจุมันในถังอบ 180 kg

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า ค่าพลังงานจำเพาะในการอบแห้งมันเส้นที่อุณหภูมิลมร้อนทั้งสามค่ามีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองอบแห้งได้กำหนดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเป็นเกณฑ์ จึงเป็นสาเหตุให้การระเหยความชื้นออกจากชั้นมันไม่ถึงค่าความชื้นที่ต้องการ คือค่าความชื้นต่ำกว่า  $13\text{ \%wb}$  โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสุดท้ายที่ได้มีค่า สูงถึง  $24.40\text{ \%wb}$  ซึ่งค่าความชื้นที่สูงขนาดนี้ไม่สามารถทำการเก็บรักษามันเส้นได้ เมื่อทิ้งไว้มันเส้นจะเกิดการขึ้นรา และเน่าเสียได้ และพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงท้ายของการอบแห้ง ที่เรียกว่า (Falling rate period) ดังนั้นหากต้องการให้การอบแห้งจนได้ความชื้นที่ต้องการคือ  $13\text{ \%wb}$  ภายในระยะเวลาที่กำหนด จึงมีทางเลือก 2 ทางคือ ทำการเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งขึ้น

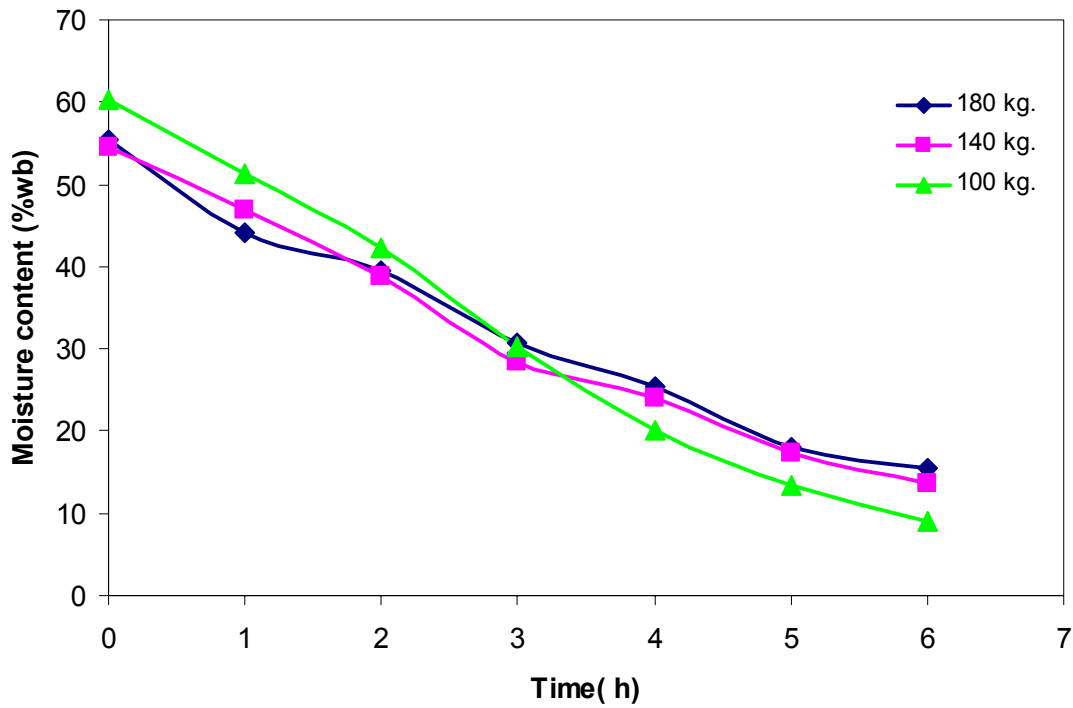
หรือทำการปรับปริมาณการบรรจุขึ้นมันในถังอบแห้งลง เพื่อให้ลมร้อนสามารถสัมผัสกับขึ้นมันได้อย่างทั่วถึงมากขึ้นเป็นการเพิ่มอัตราการอบแห้ง

ตารางที่ 1 ผลการอบแห้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิลมร้อนต่างๆ

รายการ	อุณหภูมิลมร้อน		
	110°C	100 °C	90 °C
น้ำหนักมันก่อนอบ (kg)	180.00	180.00	180.00
ความชื้นก่อนอบ (%wb)	55.34	55.01	57.77
น้ำหนักมันหลังอบ (kg)	95.19	98.76	100.55
ความชื้นหลังอบ (%wb)	15.55	18.00	24.40
น้ำหนักน้ำระเหย (kg)	84.81	81.24	79.45
ปริมาณแก๊สที่ใช้ในการอบแห้ง(kg)	10.70	10.70	10.3
พลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง(MJ)	532.11	532.11	512.22
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง(kWh)	10.80	10.80	10.80
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง(MJ)	38.88	38.88	38.88
SEC (MJ/kg <sub>water</sub> )	6.73	7.03	6.94
DR (kg/h)	14.14	13.54	13.24

หมายเหตุ: ค่าที่ได้เป็นผลการทดลองเฉลี่ย

ดังนั้นจากผลการทดลองในส่วนนี้จึงได้ทำการปรับปริมาณบรรจุขึ้นมันอีก 2 ระดับคือ 140 และ 100 กิโลกรัม ซึ่งผลจากการทดลองในส่วนที่ 1 เมื่อพิจารณาถึงความชื้นสุดท้าย ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ และค่าอัตราการอบแห้ง ประกอบกับการสังเกตลักษณะของขึ้นมันเส้นที่ได้หลังการอบแห้งว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นจากการเสื่อมสภาพด้วยความร้อนแล้ว จึงได้เลือกใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 110 °C มาใช้ในการทดสอบส่วนที่ 2 ซึ่งผลจากการทดสอบจะได้พฤติกรรมการอบแห้งมันเส้นที่ความจุต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2 จะเห็นว่าที่ความจุต่ำค่าอัตราการลดลงของความชื้นสูงกว่าที่ความจุสูง ทำให้มันสามารถลดความชื้นลงได้ต่ำกว่าความชื้นที่ต้องการ คือ 13 %wb เมื่อพิจารณาถึงสมรรถนะในการอบแห้งในรูปของอัตราการอบแห้งและค่าระเหยน้ำจำเพาะที่สถานะดังแสดงในตารางที่ 2 จะพบว่าค่าพลังงานจำเพาะที่ได้จากการอบแห้งที่ความจุ ขึ้นมัน 100 kg มีค่าสูงที่สุดคือ คือ 10.86 MJ/kg<sub>water</sub> ส่วนที่ความจุขึ้นมัน 180 kg คือ 6.73 MJ/kg<sub>water</sub> มีค่าต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำหรือความชื้นในระบบที่ความจุมัน 180 kg มีมากกว่า และการทดลองเป็นการทดลองที่จำกัดเวลา ไม่ได้ทำการทดลองจนกระทั่งได้ความชื้นสุดท้ายที่เท่ากัน ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองจะพบว่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และแก๊สค่อนข้างคงที่ซึ่งหากใช้เวลาเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะในช่วงท้ายของการอบแห้ง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงค่าความชื้นสุดท้ายที่ต้องการคือไม่เกิน 13% wb ประกอบกับลักษณะของขึ้นมันที่ได้ไม่ปรากฏความเสียหายเนื่องจากความร้อน ที่ปริมาณการบรรจุ 100 kg จึงมีความเหมาะสมสำหรับการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งหมุนแบบกะมากที่สุด



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของไขมันกับเวลาที่ปริมาณบรรจุต่างๆ

ตารางที่ 2 ผลการอบแห้งมันสำปะหลังที่ปริมาณการบรรจุต่างๆ

รายการ	ปริมาณบรรจุไขมันในถังอบแห้ง		
	180 kg	140 kg	100 kg
น้ำหนักมันก่อนอบ (kg)	180.00	140.00	100.00
ความชื้นก่อนอบ (%wb)	55.34	54.62	60.39
น้ำหนักมันหลังอบ (kg)	95.19	73.63	44.31
ความชื้นหลังอบ (%wb)	15.55	13.71	10.61
น้ำหนักน้ำระเหย (kg)	84.81	71.70	40.00
ปริมาณแก๊สที่ใช้ในการอบแห้ง(kg)	10.70	11.00	11.60
พลังงานความร้อนแก๊สที่ใช้ในการอบแห้ง(MJ)	532.11	547.03	576.87
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง(kWh)	10.80	9.00	7.80
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง(MJ)	38.88	32.4	28.08
SEC (MJ/kg <sub>water</sub> )	6.73	8.72	10.86
DR (kg/h)	14.14	11.06	9.28

หมายเหตุ: ค่าที่ได้เป็นผลการทดลองเฉลี่ย

## สรุปผลการทดลอง

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งหมุนแบบกะ คือ อุณหภูมิอากาศอบแห้ง ปริมาณมันเส้นที่บรรจุอยู่ในถังอบแห้ง โดยอัตราการบรรจุที่มากเกินไปจะทำให้พื้นที่สัมผัสอากาศร้อนของชิ้นวัสดุน้อยกว่าปริมาณการบรรจุที่ต่ำกว่า ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งหมุนแบบกะ คือ อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 110 °C ที่ความจุ 100 kg สามารถทำการอบแห้งมันเส้นให้มีความชื้นต่ำกว่า 13 %wb โดยมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 10.86 MJ/kg<sub>water</sub> และมีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 9.28 kg/h ใช้เวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์มันเส้นที่ได้หลังการอบแห้งมีคุณภาพที่ดี ไม่เกิดความเสียหายจากความร้อน

## คำขอขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ประเภททุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อนวัตกรรมประจำปีงบประมาณ 2551 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

## เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, วิจารณ์ วิชชุกิจ, เอ็จ สโรบล, พิพัฒน์ วีระถาวร และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2544. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาสถานภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแก๊สโซฮอลล์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- ชยะ หัสดีเสวี. 2530. การใช้ปัจจัยในการผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรของโรงงานมันเส้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พ.ศ. 2528. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรินทร์ ถนัดคำ. 2548. การวิเคราะห์การลงทุนในการผลิตมันเส้นสะอาด: กรณีศึกษา อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บริษัท ปตท.จำกัด(มหาชน). 2552. ค่าความร้อนเฉลี่ยเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ, available on [http://www.pttplc.com/Files/Document/Pdf/energy/nc\\_en\\_ee-01\\_01.pdf](http://www.pttplc.com/Files/Document/Pdf/energy/nc_en_ee-01_01.pdf), สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2552.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551a. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2549: ตารางที่ 24 มันสำปะหลัง: เนื้อที่ ผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายจังหวัด ปี 2548-2550. <http://www.oae.go.th/statistic/yearbook49/section1/sec1table24.pdf>, สืบค้นเมื่อ วันที่ 14 กันยายน 2551
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551b. มันสำปะหลังทำเป็นฝอย : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. <http://www.oae.go.th/statistic/export/ExCa1.xls>, สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2551
- Olufayo, A.A. and O.J. Ogunkunle. 1996. Natural Drying of Cassava Chips in the Humid Zone of Nigeria. Bioresource Technology 58: 89-91.