

# การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลสำหรับครัวเรือน

## Study of factors affecting thermal efficiency of biomass stove for household

ธนกร ทอมจำปา<sup>1</sup> คมสันต์ ทองปัญญา<sup>1</sup> ณัฐพร กรรมพระอินทร์<sup>1</sup> แสงเทียน กุหลาบ<sup>2</sup>  
ประพันธ์พงษ์ สมศิลา<sup>1</sup>

Received: June, 2014; Accepted: September, 2014

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลสำหรับครัวเรือน เตาที่ใช้ทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.245 m สูง 0.40 m ชีวมวลที่ใช้ทดสอบคือ ชี้อ้อย โดยอัดเป็นแท่งรูปทรงกระบอก ตรงกลางและด้านข้างจะทำเป็นรูกลวงสำหรับการไหลของอากาศ (อากาศไหลเข้าแบบตัวแอล) ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ความหนาแน่นของชี้อ้อย 300 kg/m<sup>3</sup> ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้า 2, 3 และ 4" และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟ 2, 3 และ 4" ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้าส่งผลให้ประสิทธิภาพของเตาลดลง แต่เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟส่งผลให้ประสิทธิภาพของเตาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เตาชีวมวลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้า 2" เส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟ 4" ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 14.60%

คำสำคัญ : เตาชีวมวล; ชี้อ้อย; ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

<sup>1</sup> คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

<sup>2</sup> หน่วยงานส่วนจำกัด รุ่งเรืองทรัพย์คิวิลอปเม้นท์ จังหวัดอุบลราชธานี

E-mail : book\_kingkong@hotmail.com

## Abstract

The objective of this research was to study of factors affecting thermal efficiency of biomass stove for household. The stove diameter 0.245 m and high 0.400 m and Sawdust biomass type were used in this research. It was compressed to make a cylinder shape. The hole of air flow was builded at the center and side of wall (L shape). The density of sawdust 300 kg/m<sup>3</sup>, diameter of air intake 2, 3 and 4 “ and diameter of the chimney 2, 3 and 4” were examined. The results of this study were found that increase the diameter of the air intake with decrease of the thermal efficiency and increase of diameter of the chimney with increase of the thermal efficiency. Furthermore, it showed that the maximum of the thermal efficiency is 14.60% on the conditions of air intake diameter 2” and chimney diameter 4”

Keywords : Biomass stove; Sawdust; Thermal efficiency

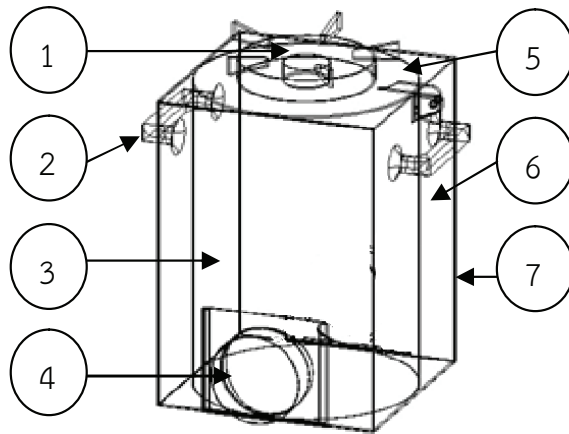
## บทนำ

ปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานชีวมวลเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมและจากการเกษตรมากขึ้น เช่น อุตสาหกรรมเตาเผาอิฐ โรงสีข้าว รวมทั้งการหุงต้มต่างๆ (อนันตศักดิ์, 2543) ชีวมวลมีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูก การนำชีวมวลมาใช้จึงช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิงและลดรายจ่ายให้กับคนท้องถิ่น การพัฒนาโครงการเกี่ยวกับชีวมวลจะสามารถเสริมสร้างความเข้มแข็งและการมีส่วนร่วมของชุมชนได้อีกด้วย

เตาเป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่มีทุกครัวเรือน เชื้อเพลิงที่ใช้คือ ถ่านและฟืน ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้จากป่าไม้ทำให้มีปริมาณป่าไม้ลดลงก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม หากมีการส่งเสริมการใช้พลังงานชีวมวลที่มีอยู่ภายในชุมชนและพัฒนาอุปกรณ์ที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นก็จะเป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเตาชีวมวล โดยนักวิจัยหลายท่าน เช่น นิรมล สุลีเลิศวิทยากรณ์ และคณะ (นิรมล และคณะ, 2537) ศึกษาหาภาวะที่ผลิตคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ต่ำที่สุดของเครื่องผลิตแก๊สชีวมวลแบบไหลขึ้นใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง รัตนะ เลทวนิช (รัตนะ, 2550) ศึกษาการออกแบบและทดสอบเตาผลิตก๊าซแบบไหลขึ้นเพื่อใช้แทนเตาฟืนในกระบวนการอบปุ๋ยอินทรีย์ (สุพิน, 2553) ศึกษาพฤติกรรมกรมการเผาไหม้และทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลทรงกระบอก อนิรุตต์ มัทธจักร และคณะ (อนิรุตต์ และคณะ, 2546) ทดลองถึงความเป็นไปได้ในการนำเอาฟางมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตก๊าซชีวมวล โดยใช้เตาผลิตแก๊สแบบไหลลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะพัฒนาเตาชีวมวลสำหรับใช้ในครัวเรือน โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้ดีขึ้นและเป็นข้อมูลในการพัฒนาเตาชีวมวลต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เตาชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบมีลักษณะดังรูปที่ 1 ซึ่งถึงด้านนอกมีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ  $0.35 \times 0.35 \times 0.40 \text{ m}^3$  โดยท่อบรรจุเชื้อเพลิงด้านในทำจากเหล็กแผ่นม้วนเป็นทรงกระบอก ขนาดผ่านศูนย์กลาง  $0.225 \text{ m}$  สูง  $0.4 \text{ m}$  ช่องว่างระหว่างถึงด้านนอกและท่อบรรจุเชื้อเพลิง ใช้แล้วกลับค่าเป็นฉนวน เตาชีวมวลนี้ใช้ชี้เลื่อยชนิดละเอียดในการทดสอบ โดยอัดเป็นแท่งรูปทรงกระบอก ตรงกลางและด้านข้างจะทำเป็นรูกลวงสำหรับการไหลของอากาศ (อากาศไหลเข้าแบบตัวแอล)



รูปที่ 1 เตาชีวมวล 1) ปล่องไฟ 2) ที่จับ 3) ท่อบรรจุเชื้อเพลิง 4) ช่องอากาศเข้า 5) ฝาปิด 6) ฉนวน 7) ผนังเตาด้านนอก

### วิธีการทดลอง

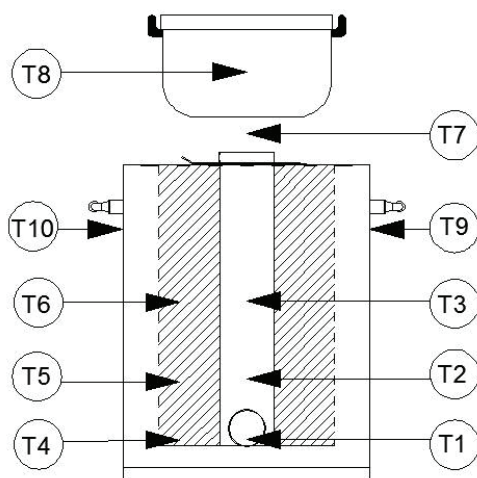
การทดลองจะทำการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลสำหรับครัวเรือนด้วยวิธี Water boiling test (Rob Bailis et al., 2007) ภายในห้องที่ไม่มีกระแสลมพัดผ่าน ทำการทดลองเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยพลังงานความร้อนถ่ายเทไปยังน้ำที่ต้มให้เดือดให้น้ำสามารถระเหยกลายเป็นไอน้ำได้อย่างอิสระ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 และทำการทดลองภายใต้เงื่อนไข ค่าความหนาแน่นของชี้เลื่อย  $300 \text{ kg/m}^3$  ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้า 2, 3 และ 4 นิ้ว และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟ 2, 3 และ 4 นิ้ว ตามลำดับ ในช่วงการทดลอง จะทำการบันทึกอุณหภูมิด้วย Data logger และใช้สาย Thermocouple type K ในการวัดอุณหภูมิภายในเตาชีวมวล 6 จุด ผนังเตาด้านนอก 2 จุด เปลวไฟ 1 จุด และน้ำ 1 จุด ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2

$$\eta_{th} = \frac{MC_p(T_2 - T_1) + (M_1)L}{m_f H} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ

$\eta_{th}$  คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, %  
 $M$  คือ น้ำหนักของน้ำทั้งหมด, kg

$C_p$	คือ	ความร้อนจำเพาะของน้ำ, kcal/kg (1 kcal/kg-°C)
$T_1$	คือ	อุณหภูมิน้ำก่อนการทดลอง, °C
$T_2$	คือ	อุณหภูมิน้ำเดือด, °C
$M_1$	คือ	น้ำหนักของน้ำที่หายไป, kg
$L$	คือ	ความร้อนแฝงของน้ำ, 540 kcal/kg
$m_f$	คือ	น้ำหนักของเชื้อเพลิงที่หายไป, kg
$H$	คือ	ค่าความร้อนเชื้อเพลิง, kcal/kg



รูปที่ 2 จุดวัดอุณหภูมิเตาซีวมวล

## ผลและวิจารณ์

### ค่าความร้อนและค่าความชื้น

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาซีวมวลสำหรับครัวเรือนนี้ ได้ใช้ซีลี้อยชนิดละเอียดในการทดสอบ ซึ่งได้ทำการทดสอบหาค่าความร้อนและค่าความชื้นของซีลี้อย โดยใช้ Bomb Calorimeter ในการหาค่าความร้อนและใช้เตาอบหาค่าความชื้น จากการทดสอบพบว่าค่าความร้อนเฉลี่ยซีลี้อยมีค่าเท่ากับ 4,292.33 kcal/kg และค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 8.89% d.b.

### ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาซีวมวลสำหรับครัวเรือนด้วยวิธี Water boiling test ที่ความหนาแน่นเท่ากับ 300 kg/m<sup>3</sup> สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลที่ความหนาแน่น 300 kg/m<sup>3</sup>

การทดลอง	เส้นผ่านศูนย์กลาง		เวลา (นาที)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)
	อากาศเข้า (")	ปล่องไฟ (")		
1	2	2	200	13.54
2	2	3	150	14.04
3	2	4	125	14.60
4	3	2	200	12.71
5	3	3	110	12.68
6	3	4	105	13.29
7	4	2	220	11.19
8	4	3	95	11.51
9	4	4	80	11.71

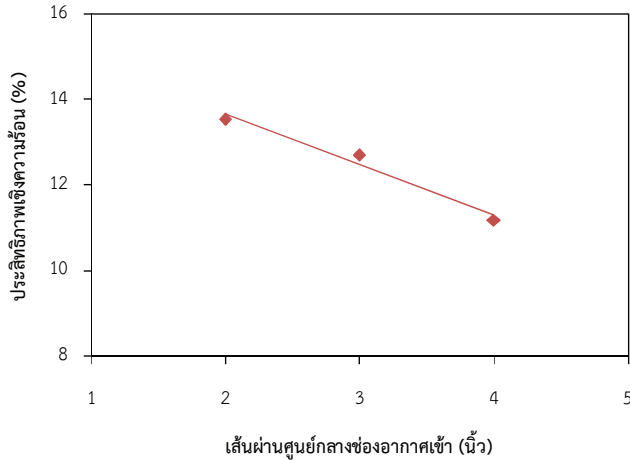
จากข้อมูลตารางที่ 1 สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลสำหรับครัวเรือนได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ขนาดช่องอากาศเข้าเท่ากับขนาดปล่องไฟ (การทดลองที่ 1, 5, 9) ผลการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดคือ 13.54 % รองลงมา คือ การทดลองที่ 5 และ 9 โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 12.68 % และ 11.71 % ตามลำดับ

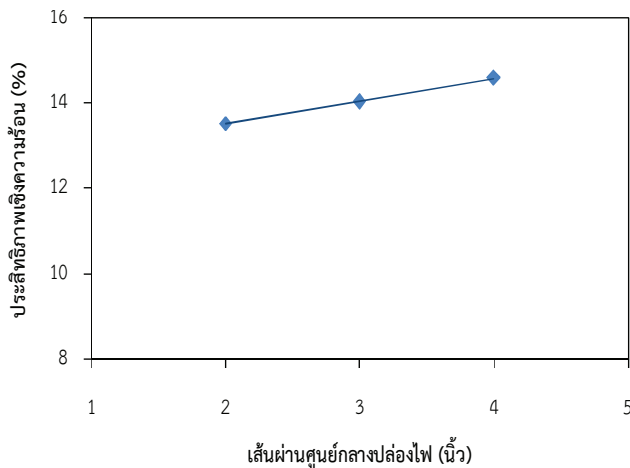
กรณีที่ 2 ขนาดช่องอากาศเข้าเล็กกว่าขนาดปล่องไฟ (การทดลองที่ 2, 3 และ 6) ผลจากการทดลองพบว่า การทดลองที่ 3 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด คือ 14.60 % รองลงมา คือ การทดลองที่ 2 และ 6 โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 14.04 % และ 13.29 %

กรณีที่ 3 ขนาดช่องอากาศเข้าใหญ่กว่าขนาดปล่องไฟ (การทดลองที่ 4, 7 และ 8) ผลจากการทดลองพบว่า การทดลองที่ 4 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด คือ 12.71 % รองลงมา คือ การทดลองที่ 8 และ 7 โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 11.51 % และ 11.19 % ตามลำดับ

จากทั้ง 3 กรณีข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า กรณีที่ 2 ขนาดช่องอากาศเข้าเล็กกว่าขนาดปล่องไฟออก มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยสูงสุดคือ 13.97 % ซึ่งเกิดจากขนาดช่องอากาศเข้าเล็กกว่าขนาดปล่องไฟออกเป็นการจำกัดปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าสู่บริเวณเผาไหม้ ทำให้ปริมาณอากาศที่ไหลเข้าเหมาะสมกว่า จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่ากรณีอื่น โดยกรณีที่ 1 และ 3 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 12.64 % และ 11.80 % ตามลำดับ ซึ่งกรณีที่ 3 ยังเกิดปรากฏการณ์เปลวไฟย้อนกลับ เนื่องจากปล่องไฟมีขนาดเล็กกว่าช่องอากาศเข้าทำให้อากาศที่ไหลเข้าไปในปริมาณเยอะไม่สามารถไหลขึ้นสู่ปล่องไฟได้ ทั้งหมดจึงส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เปลวไฟย้อนกลับ นอกจากนี้จากผลการทดลองยังพบว่า เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้าส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาลดลง ข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3 แต่เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเพิ่มขึ้น ข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4 เนื่องจากการเพิ่มขนาดปล่องไฟเป็นการเพิ่มพื้นที่เผาไหม้ ทำให้ปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีความเหมาะสมกว่าจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น



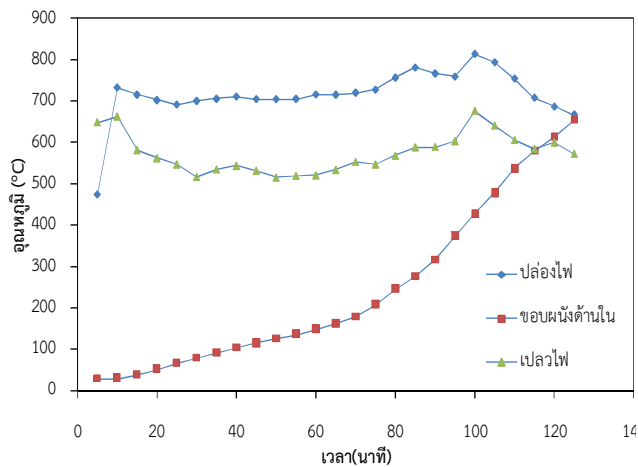
รูปที่ 3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ภายใต้เงื่อนไข ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเท่ากับ  $300 \text{ kg/m}^3$  ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟขนาด 2"



รูปที่ 4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนภายใต้เงื่อนไข ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเท่ากับ  $300 \text{ kg/m}^3$  ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอากาศเข้า 2"

#### อุณหภูมิของเตาชีวมวล

การศึกษาอุณหภูมิการเผาไหม้ของเตาชีวมวล ได้ศึกษาภายใต้เงื่อนไข ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเท่ากับ  $300 \text{ kg/m}^3$  ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอากาศเข้า 2" และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟขนาด 4" โดยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ 10 จุด ทุกๆ 5 นาที ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดอุณหภูมิปล่องไฟที่ตำแหน่งต่างๆ และอุณหภูมิของเปลวไฟ แสดงดังรูปที่ 5 จากข้อมูลพบว่า อุณหภูมิปล่องไฟมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ  $717.11^\circ\text{C}$  อุณหภูมิเปลวไฟมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ  $573.69^\circ\text{C}$  อุณหภูมิขอบผนังด้านในมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ  $242.95^\circ\text{C}$  อุณหภูมิฟิวส์ด้านนอกเตามีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ  $75^\circ\text{C}$  และใช้เวลาในการเผาไหม้ปริมาณ 125 นาที



รูปที่ 5 อุณหภูมิเตาชีวมวล ภายใต้เงื่อนไข ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเท่ากับ  $300 \text{ kg/m}^3$  ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอากาศเข้า 2" และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟขนาด 4"

## สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลสำหรับครัวเรือนผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้าส่งผลให้ประสิทธิภาพของเตาลดลง แต่เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟส่งผลให้ประสิทธิภาพของเตาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เตาชีวมวลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้า 2" เส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟ 4" ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 14.60% ซึ่งมีอุณหภูมิปล่องไฟมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ  $717.11^\circ\text{C}$  อุณหภูมิเปลวไฟมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ  $573.69^\circ\text{C}$  และใช้เวลาในการเผาไหม้ปริมาณ 125 นาที

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยจนทำให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

## บรรณานุกรม

นิรมล ชุติเลิศวิทยากรณ์, พงนิย์ ชุมมมงคล และ ดำรุ่ง ชุมมมงคล (2537). การหาภาวะที่ผลิตคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ดีที่สุดของเครื่องผลิตแก๊สชีวมวลแบบไหลขึ้นโดยวิธีการค้นหาแบบ Simplex. ใน การประชุมทางวิชาการคณะวิศวกรรมศาสตร์ สจธ. ครั้งที่ 2. 7-8 มิถุนายน 2537

- รัตนะ เลทวนิช (2550). การออกแบบและทดสอบเตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบไหลลงสำหรับกระบวนการอบแห้งปุ๋ย. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2550.
- สุพิน จอดนอก (2553). ขบวนการเผาไหม้และสมรรถนะของเตาชีวมวลทรงกระบอก. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีการศึกษา 2553.
- อนันตศักดิ์ ศักดิ์อำนาจ (2543). การศึกษาเตาหุงต้มในอุตสาหกรรมครัวเรือนโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2543.
- อนิรุตต์ มัทธูจักร, กษมา เจนวิจิตรสกุล และกุลเชษฐ์ เพียรทอง (2546). การศึกษาการผลิตก๊าซชีวมวลจากฟางข้าวโดยใช้เตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง. ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17. 15-17 ตุลาคม 2546
- Rob Bailis, Victor Berrueta, Chaya Chengappa, Karabi Dutta, Rufus Edwards, Omar Masera, Dean Still and Kirk R. Smith. (2007). Performance testing for monitoring improved biomass stove interventions: experiences of the household energy and health project. *Energy for Sustainable Development*, Vol. 11. No. 2. June 2007. pp. 57-70