วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 2 (111-116) เมษายน – มิถุนายน 2554 บทความวิจัย
KKU Engineering Journal Vol.38 No.2 (111-116) April – June 2011

การพัฒนาเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน

พรประสิทธิ์ คงบุญ[1] จีระศักดิ์ เพียรเจริญ[1] และ สุเทพ ชูกลิ่น [2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือน หลักการทำงานของเครื่องผลิตไอน้ำดังกล่าวจะอาศัยการทำงานร่วมกันของการผลิตไอน้ำแบบ **ท่อ**น้ำและแบบท่อไฟ โดยชุดท่อน้ำและท่อไฟถูกออกแบบให้เป็นชุดเดียวกันภายในตัวเรือน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวรับความร้อนจากก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ให้ได้มากที่สุด ตัวเครื่องจะทำงานที่ความดันบรรยากาศ มีการเติมน้ำอย่างต่อเนื่องโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ไฟฟ้าในการทำงาน โดยใช้ LPG เป็นแหล่งพลังงานความร้อน จากการทดสอบเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ความสูงของระดับน้ำในถังเติมที่ระดับ 17 เซนติเมตร 20 เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตร พบว่าประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำที่ระดับน้ำ 17 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 71.3% เมื่อทำการศึกษาต้นทุนการผลิตไอน้ำ พบว่าต้นทุนรวมในการผลิตไอน้ำที่ได้มีค่าเท่ากับ 1.69 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: ไอน้ำ เครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ พลังงาน

---

[1] อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยสงขลา จังหวัดสงขลา 90000 อีเมล์: p_kongboon@hotmail.com

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยสงขลา จังหวัดสงขลา 90000 อีเมล์: sutep.ck@hotmail.com

DEVELOPMENT OF LOW PRESSURE STEAM GENERATOR FOR HOUSEHOLD INDUSTRY

Pornprasit Kongboon[1)]Jeerasak Peanjaroan[1)]and Sutep Chooklin [2)]

Abstract

This research aims to develop and manufacture of a high efficiency low pressure steam generator for the household industry. The principle of the low pressure steam generator will require the collaboration of the steam production of water tubes and fire tubes. The water tube and fire tube sets are designed to be within the same case to increase the ultimate surface area for heat from the hot gas that generated by the combustion. The generator will run at atmospheric pressure. The water is filled continuously by the gravitational force. Thus, it does not require an electricity equipment to run but using LPG as a source of heat energy instead. From the test of the low pressure steam generator, using the level of water in the receiver at 17 centimeters 20 centimeters and 25 centimeters, it is found that its performance of the thermal efficiency at 17 centimeters was the most effective about 71.3%. The study of cost on steam production found that the total cost to produce steam was equal to 1.69 Bath per kilogram.

Keywords: Steam, Low Pressure Steam Generator, Energy

[1)]Lecturer, Department of Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkla 90000, E-mail: p_kongboon@hotmail.com

[2)] Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkla90000,E-mail: sutep.ck@hotmail.com

1. บทนำ

การผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน เช่น การผลิตฟองเต้าหู้ การนึ่งเชื้อก้อนเห็ด ส่วนใหญ่จะเป็นเตาที่ก่ออิฐฉาบปูนหรือใช้ถังขนาด 200 ลิตรดังรูปที่ 1 และใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ได้แก่ เศษไม้ ไม้ยางพารา และอื่นๆ เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพของเตามีค่าต่ำมาก โดยจะสูญเสียความร้อนส่วนใหญ่ไปกับไอเสีย อีกทั้งมีพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนน้อย ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะถูกถ่ายเทไปที่ก้นถังภาชนะและพื้นผิวอื่นบางส่วนเท่านั้น ทำให้ต้องเสียเวลาในกระบวนการทำงานยาวนานออกไปด้วย อีกทั้งยังก่อเกิดมลพิษจากการเผาไหม้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน โดยเน้นให้ตัวเครื่องมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง ผลิตไอน้ำได้รวดเร็ว และมีมลพิษจากการเผาไหม้น้อย โดยการประยุกต์ใช้หลักการผลิตไอน้ำแบบท่อน้ำและแบบท่อไฟให้ทำงานร่วมกัน โดยชุดท่อน้ำ (Water tube) จะทำหน้าที่ต้มน้ำในปริมาณน้อยๆ เพื่อทำให้เกิดการผลิตไอน้ำได้อย่างรวดเร็ว และชุดท่อไฟ (Fire tube) จะทำหน้าที่เพิ่มพื้นผิวการถ่ายเทความร้อน ส่งผลให้สามารถถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนสู่น้ำได้มากขึ้น นอกจากนี้ชุดท่อน้ำและท่อไฟจะบรรจุในตัวเรือนเดียวกัน สามารถควบคุมการสูญเสียความร้อนได้ดี และใช้ LPG เป็นแหล่งพลังงานความร้อนเพื่อลดมลพิษจากการเผาไหม้ จากลักษณะการทำงานดังกล่าว สามารถผลิตไอน้ำได้รวดเร็วขึ้น มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น อันเป็นผลในการลดค่าใช้จ่ายและประหยัดเวลาในการดำเนินการได้มากกว่าการผลิตไอน้ำแบบเดิมของชาวบ้าน

2. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการผลิตไอน้ำมาใช้ในอุตสาหกรรมในครัวเรือน ซึ่งส่วนใหญ่พบว่าจะใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง และใช้เตาแบบดั้งเดิม ซึ่งจะทำให้มีประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำ และมีมลพิษจากการเผาไหม้ ดังนั้นจึงได้พัฒนาเครื่องผลิตไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง และเกิดมลพิษจากการเผาไหม้น้อย สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือนได้สะดวก โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

รูปที่ 1 เครื่องผลิตไอน้ำแบบชาวบ้าน

การพัฒนาและจัดสร้างเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือนจะแตกต่างจากการผลิตไอน้ำโดยทั่วไป คือจะพัฒนาให้มีชุดท่อน้ำและชุดท่อไฟรวมเป็นชุดเดียวกัน รับความร้อนจากการเผาไหม้ LPG ด้านล่าง การเติมน้ำจะเติมน้ำอย่างต่อเนื่องโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อน้ำในถังควบคุมระดับน้ำ ตัวเครื่องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 90 เซนติเมตร ลักษณะส่วนประกอบของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำแสดงดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3

รูปที่ 2 เครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน

รูปที่ 3 ชุดกำเนิดความร้อน

จากการพัฒนาเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ จะอาศัยการทำงานร่วมกันของชุดท่อน้ำและชุดท่อไฟ ซึ่งชุดท่อน้ำจะมีท่อน้ำจำนวน 30 ท่อ โดยท่อน้ำจะใช้ท่อแสตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 1/2 นิ้ว เพื่อให้ทำงานโดยใช้หลักการปั๊มฟอง (bubble pump)คือการต้มน้ำในปริมาณน้อย ทำให้ผลิตไอน้ำอย่างรวดเร็ว และเติมน้ำอย่างต่อเนื่องโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก [จำปา สอนเผือก(2546)] และชุดท่อไฟจะมีท่อไฟจำนวน 50 ท่อ โดยมีพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนรวม 1.2 ตารางเมตร ดังรูปที่ 4

เมื่อสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ได้ทำการศึกษาความสามารถในการผลิตไอน้ำ และคำนวณหาประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ โดยใช้สมการที่ (1)

$$\eta = \frac{m_{wi} c_{pi} (T_f - T_i) + (m_{wi} - m_{wo})h}{m_f LHV} \qquad (1)$$

m_{wi} คือ มวลของน้ำเริ่มต้น, kg

m_{wo} คือ มวลของน้ำที่เหลือ, kg

c_{pi} คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิเริ่มต้น, kJ/kg°C

T_f คือ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น, °C

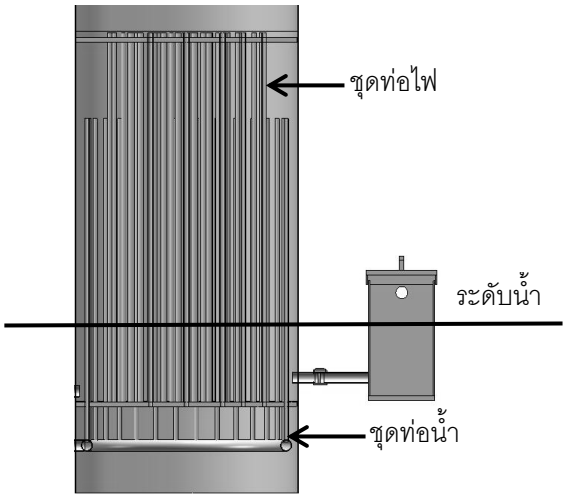
T_i คือ อุณหภูมิน้ำสุดท้าย, °C

h คือ ค่าเอนทาลปีของไอน้ำ, kJ/kg

m_f คือ มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้, kg

LHV คือ ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง LPG, kJ/kg

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการคำนวณหาประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ จะได้จากการทดลอง โดยทำการชั่งน้ำหนักน้ำเริ่มต้น หลังจากนั้นต้มน้ำเพื่อผลิตไอน้ำไปเรื่อยๆ จนครบ 1 ชั่วโมง บันทึกเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณน้ำที่เหลือ อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิไอน้ำ นำไปคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไอน้ำ การทดลองจะควบคุมระดับการเติมน้ำ 3 ระดับ คือ ระดับความสูงน้ำจากก้นถัง 17 เซนติเมตร 20 เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตรดังรูปที่ 4 ซึ่งเป็นระดับที่เทคนิคปั๊มฟอง(ท่อน้ำ) ทำงานได้ดีและมีสมรรถนะสูงสุด



รูปที่ 4 ชุดท่อน้ำ ชุดท่อไฟและ การวัดระดับการเติมน้ำ

3. ผลการทดสอบเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ

3.1 *ข้อมูลประสิทธิภาพทางความร้อนในการทำความร้อนของเตาในอุตสาหกรรมครัวเรือน*

จากการสำรวจของนักวิจัยต่างๆ พบว่า เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด เตานึ่งฟองเต้าหู้ เตาต้มก๋วยเตี๋ยว เตาต้มขนมจีน และเตาต้มน้ำร้อนเพื่อผลิตน้ำร้อนใช้ในเรือนอบผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ มีค่าประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ คือ อยู่ในช่วงประมาณ 19-41 เปอร์เซนต์ [ณัฐวุฒิ ดุษฎี และคณะ (2545)], [ทนงเกียรติและศรีธร(2546)], [ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และคณะ(2551)] แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาแต่ละชนิด

ชนิดเตา	ประสิทธิภาพทางความร้อน
เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด	30.23%
เตานึ่งฟองเต้าหู้	35.50%
เตาต้มก๋วยเตี๋ยว	35.20%
เตาต้มขนมจีน	20.65%
เตาต้มน้ำร้อนเพื่อใช้ในเรือน อบผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์	40.64%

จากตารางที่ 1 พบว่าเตาต้มต่างๆ จะมีประสิทธิภาพทางความร้อนค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเตา

ส่วนใหญ่มีพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนมีค่าน้อยและมีการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมและสูญเสียความร้อนไปกับไอเสียมาก

3.2 *ผลการทดสอบและประสิทธิภาพเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ*

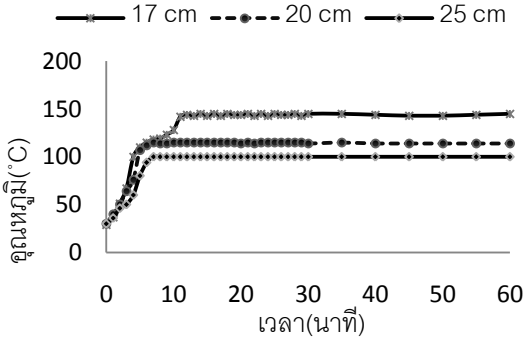
การทดสอบเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำที่สร้างขึ้นจะทำการทดสอบที่ความดันบรรยากาศ (ระบบเปิด) และที่ระดับการเติมน้ำ 3 ระดับ คือ 17 เซนติเมตร 20 เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตร ในการทดสอบจะควบคุมให้ระดับน้ำและอัตราการใช้เชื้อเพลิงคงที่ตลอดเวลาเริ่มต้นการทดลอง โดยทำการชั่งน้ำหนักน้ำเริ่มต้น ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงเริ่มต้น หลังจากนั้นต้มน้ำเพื่อผลิตไอน้ำไปเรื่อยๆ จนครบ 1 ชั่วโมง บันทึกเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณน้ำที่เหลือ อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิไอน้ำ นำไปคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำที่พัฒนาขึ้นสามารถผลิตไอน้ำได้ภายใน 4 นาที ที่ระดับการเติมน้ำ 17 เซนติเมตร สามารถผลิตไอน้ำได้สูงสุด 22.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมงประสิทธิภาพทางความร้อน 71.3 % สูงกว่าที่ระดับ 20 เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการผลิตไอน้ำของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ

รายการ	ระดับ 17cm.	ระดับ 20cm.	ระดับ 25cm.
ปริมาณน้ำที่ใช้	25 kg	25 kg	25 kg
เชื้อเพลิงที่ใช้	1.7 kg	1.7 kg	1.7 kg
ปริมาณไอน้ำ	22.7 kg	21.8 kg	21.8 kg
อุณหภูมิไอน้ำ	145˚C	115˚C	100˚C
ประสิทธิภาพทางความร้อน	71.3%	70.8%	70.6%

3.3 *ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไอน้ำที่ได้จากเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ*

การทดสอบเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำที่ระดับน้ำต่างๆ จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของอุณภูมิน้ำและไอน้ำตลอดการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งพบว่า อุณหภูมิไอน้ำสามารถเพิ่มขึ้นได้รวดเร็วมาก เนื่องจากมีพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนมาก และการต้มน้ำในปริมาณน้อยๆ ของท่อน้ำ โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภุมิจาก 30 ˚C–100 ˚Cทำได้ภายในเวลาประมาณ 4 นาที การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิ แสดงให้เห็นว่าเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำมีประสิทธิภาพสูง ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานและเวลาในการทำงาน



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไอน้ำ

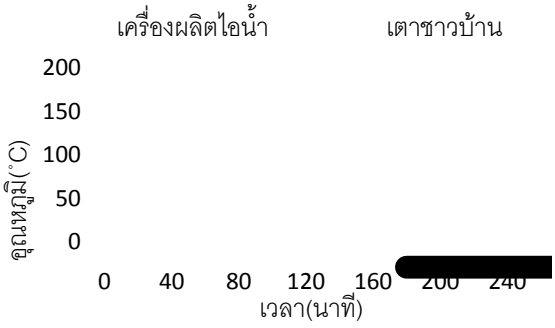
3.4 *ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำกับเตาแบบชาวบ้าน*

คณะผู้วิจัยได้ทดสอบการผลิตไอน้ำโดยใช้เตาแบบชาวบ้านรูปที่ 1 โดยใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง ในการทดสอบจะใช้น้ำเริ่มต้นเท่ากับการทดสอบเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ พบว่า เครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำสามารถผลิตไอน้ำได้รวดเร็วกว่า ผลิตไอน้ำได้มากกว่า และมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเตาแบบชาวบ้าน ดังตารางที่ 3

เมื่อนำการเปลี่ยนแปลงของอุณหูภูมิไอน้ำมาเปรียบเทียบดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่าเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้เร็วกว่าและสูงกว่าเตาแบบชาวบ้าน

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบการผลิตไอน้ำของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำและเตาแบบชาวบ้าน

รายการ	เครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ	เตาแบบชาวบ้าน
ปริมาณน้ำที่ใช้	102 kg	102 kg
เชื้อเพลิงที่ใช้	7 kg	7 kg
อุณหภูมิไอน้ำ	145˚C	100˚C
เวลาเริ่มเกิดไอน้ำ	4 min	60 min
ปริมาณไอน้ำ	92 kg	64 kg
ประสิทธิภาพทางความร้อน	72.0%	45.0%



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไอน้ำของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำและเตาแบบชาวบ้าน

3.5 *ผลการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำ*

ภายหลังจากการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำและเก็บข้อมูลด้านต้นทุน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น และนำข้อมูลต้นทุนค่าใช้จ่ายจากการผลิตไอน้ำของเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำมาคำนวณ พบว่าค่าใช้จ่ายในการผลิตไอน้ำมีค่าประมาณ 1.69 บาทต่อกิโลกรัมไอน้ำ ซึ่งต่ำกว่าการผลิตไอน้ำโดยใช้เตาแบบชาวบ้านที่มีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 2.71 บาทต่อกิโลกรัมไอน้ำ

4. สรุป

การพัฒนาเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน ที่มีชุดท่อน้ำและท่อไฟทำงานร่วมกัน สามารถเพิ่มพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนจากก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ได้มากขึ้น จากการทดสอบพบว่า สามารถเพิ่มอุณหภูมิและผลิตไอน้ำได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าการผลิตไอน้ำด้วยเตาของชาวบ้านทั่วไป สามารถประหยัดพลังงานและเวลาในการทำงาน เหมาะแก่การเผยแพร่เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือนต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

จำปา สอนเผือก (2546). การกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคปั๊มฟอง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณัฐวุฒิ ดุษฎี, ดนุวัต เพ้งอ้น, อนันต์ ปินตารักษ์, อุเทน กันทา, ประวิทย์ ลี้เหมือดภัย และอติพงษ์ นันทพันธุ์ (2545). รายงานโครงการสำรวจเตาต้มในอุตสาหกรรมครัวเรือน ด้านเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด เตาทอดหนังหมู เตาต้มขนมจีน เตาต้มปอสา และเตาต้มต้มก๋วยเตี๋ยว ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.

ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ ศรีธร อุปคำ(2546). เรือนอบผลิตภัณฑ์ไม้เฟอร์นิเจอร์ประหยัดพลังงาน. รายงานเสนอสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เครือข่ายภาคเหนือ. รหัสโครงการ MM-NN-46-MAC-10-004-G.

ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, ณัฐวุฒิ ดุษฎี และชูรัตน์ ธารารักษ์(2551). การพัฒนาเตาต้มที่มีส่วนทำความร้อนภายนอกสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน. รายงานเสนอสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.)สัญญาเลขที่ RDG4950052.

อัตราดอกเบี้ยเงินกู้(MLR). (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.ktb.co.th/. (13Sep 2010).

อัตราเงินเฟ้อ. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.bot.or.th/. (13Sep 2010).