SWU Engineering Journal (2013) 8(1), 24-33
วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน พ.ศ.2556

การทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลขนาด 20 kW

Performance Testing of the 20 kW Biomass Gas Stove

สมมาส แก้วล้วน[1*] ดำรงศักดิ์ จันโทสี[1] สุรชัย จันทร์ศรี[2] เวคิน ปิยรัตน์[3]

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล[1*] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า[3] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โครงการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานทดแทนจากชีวมวลสู่ชุมชน[1,2,3]
ต.องครักษ์ อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
E-mail: sommas@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะของเตาชีวมวลขนาด 20 kW ที่ใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิงกับเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำ (KB-5)และประสิทธิภาพสูง (SG5) ที่ใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิง เตาชีวมวลที่ใช้ทดสอบสมรรถนะประกอบด้วยตัวเตาที่มีผนัง 2 ชั้น (ห้องปฏิกิริยาและช่องอุ่นอากาศ) ห้องเผาไหม้แก๊สชีวมวล ช่องปากเตาสำหรับป้อนชีวมวล ช่องใต้เตาสำหรับถ่ายขี้เถ้าออก นอกจากนี้ยังมีวาล์วควบคุมการป้อนอากาศส่วนที่ 1 เข้าสู่ห้องปฏิกิริยา และวาล์วควบคุมการป้อนอากาศส่วนที่ 2 เข้าสู่ช่องอุ่นอากาศด้วย จากการทดสอบต้มระเหยน้ำ 15 kg ในเวลา 100 นาที โดยใช้เตาชีวมวลและเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำ (KB-5) และประสิทธิภาพสูง (SG5) ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า เตาชีวมวลมีประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำกว่าเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำ (KB-5) และต่ำกว่าเตาหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพสูง (SG5) ประมาณ 29% และ 41% ตามลำดับ ในขณะที่ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงต่ำกว่าเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำ (KB-5) และต่ำกว่าเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพสูง (SG5) ประมาณ 67% และ 60% ตามลำดับ เมื่อคิดราคาแก๊ส LPG ที่ 18 บาทต่อกิโลกรัม หากราคาแก๊ส LPG ปรับตัวเพิ่มขึ้นเป็น 30 บาทต่อกิโลกรัมจะส่งผลให้การใช้เตาชีวมวลมีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงต่ำกว่าการใช้เตาแก๊สหุงต้มทั้งสองแบบ 80% และ 76% ตามลำดับ ดังนั้นการนำเตาชีวมวลมาใช้แทนเตาแก๊สหุงต้มจึงสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายให้ครัวเรือนได้อย่างมาก จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการนำเตาชีวมวลมาใช้เป็นเตาความร้อนสำหรับการประกอบอาหารในครัวเรือน หรือประกอบกิจการร้านอาหารขนาดเล็ก นอกจากนั้นการใช้เตาชีวมวลยังมีส่วนช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เตาแก๊สหุงต้มที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นเชื้อเพลิงอีกด้วย

คำสำคัญ: ชีวมวล เตาชีวมวล เตาแก๊สหุงต้ม

ABSTRACT

An investigation on a 20 kW power stove was studied. In the study, efficiency of a biomass gas stove using eucalyptus wood as fuel was investigated by comparing with two types of high pressure liquefied petroleum gas stoves, a low (KB-5) and a high efficiency (SG5). The biomass gas stove consisted of main body in double wall (reaction chamber and warming air chamber), ash tray and biomass fuel filler. Moreover, two valves were installed under the bottom of stove. The first one was used to control air flowing into reaction chamber. The second one was used to control air flowing into warming air chamber. The efficiency of biomass gas stove was tested by boiling 15 kg of water with 10 kg of eucalyptus wood in about 100 minutes. The result indicated that the biomass gas stove had lower efficiency comparing with the KB-5 and the SG5 of high pressure liquefied petroleum gas stove with approximately 29% and 41% respectively. However, high pressure liquefied petroleum gas stoves replacement with biomass gas stove could be reduced energy cost by 67% and 60% respectively. Therefore, it was suitable to use for cooking in households or in small restaurants. Moreover, the biomass gas stove was considering environmental friendly.

Keyword: Biomass, Biomass gas stove, LPG Gas Stove

1. บทนำ

เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์นับแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและต่อไปในอนาคต ปัจจุบันจำนวนประชากรโลกมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้การใช้พลังงานมีอัตราสูงขึ้นตามไปด้วย หากแนวโน้มการใช้พลังงานของมนุษย์ยังมีอัตราเพิ่มขึ้นด้วยปริมาณสำรองของวัตถุดิบสิ้นเปลืองของโลกที่เหลืออยู่ (น้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สปิโตรเลียม) คาดว่าอนาคตวัตถุดิบเหล่านี้อาจขาดแคลนหรือหมดไปจากโลก [1-2] ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันและก๊าซเชื้อเพลิงอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นการผลิตการใช้พลังงานยังก่อมลพิษและปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของโรงงานอุตสาหกรรมและการคมนาคมขนส่งก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) และก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ตามมาซึ่งภัยพิบัติตามธรรมชาติที่รุนแรงขึ้น [2] จากวิกฤตการณ์พลังงานดังกล่าว ทำให้ทุกภาคส่วนของประเทศไทยให้ความสนใจและตระหนักถึงความสำคัญและผลกระทบจากการใช้พลังงานมากขึ้น รัฐบาลจึงได้กำหนดยุทธศาสตร์พลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนของประเทศขึ้น โดยรณรงค์ให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้น เช่น พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ [1-2]

แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) จัดได้ว่าเป็นพลังงานสำคัญที่นำมาใช้ในกิจกรรมของครัวเรือนของประเทศที่กำลังพัฒนา เนื่องจากใช้งานได้สะดวกสบาย ทำให้เป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง [3] เช่น ประเทศไทยมีการใช้แก๊สหุงต้มในครัวเรือนปริมาณมากถึง 54% ของปริมาณการใช้แก๊ส LPG ทั้งประเทศ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี [4] การเพิ่มราคาของน้ำมันดิบในตลาดโลกอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ราคาแก๊ส LPG เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย [3] ดังนั้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการใช้แก๊ส

LPG ให้กับครัวเรือน จึงมีการหาวิธีการเพื่อให้สามารถใช้แก๊ส LPG อย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงสุด อำพล และคณะ [4] ได้พัฒนาระบบเตาแก๊สหุงต้มให้หัวเตาแก๊สมีส่วนอุ่นอากาศก่อนส่งอากาศไปเผาไหม้กับแก๊ส LPG พบว่า ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดของหัวเตาในลักษณะนี้จะมีค่าอยู่ที่ 50% ซึ่งมีมากกว่าหัวเตาแก๊สทั่วไปอยู่ประมาณ 4% และระยะเวลาที่ใช้ต้มน้ำมีค่าน้อยกว่าประมาณ 2 นาที แต่เนื่องด้วยการเพิ่มราคาของแก๊ส LPG ในอัตรารวดเร็ว แม้ว่าจะมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของหัวเตาแก๊สแล้วก็ตาม แต่คาดว่าประชาชนไม่สามารถรับภาระค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับก๊าซหุงต้มในครัวเรือนได้ ดังนั้นโครงการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานทดแทนจากชีวมวลสู่ชุมชนจึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเตาชีวมวล สำหรับใช้ในการประกอบอาหารในครัวเรือนโดยใช้วัสดุเชื้อเพลิงทางเลือกที่สามารถทดแทนแก๊ส LPG ได้ พบว่า วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร หรืออุตสาหกรรมการเกษตร เช่น กิ่งไม้ เศษไม้ ชานอ้อย แกลบ ทางปาล์ม เหง้ามันสำปะหลัง และกะลาปาล์ม เป็นต้น เป็นวัสดุทางเลือกที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงวัตถุดิบในการผลิตพลังงานสะอาดอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีปริมาณกำมะถันต่ำ ราคาต่อหน่วยความร้อนที่เท่ากันถูกกว่าพลังงานเชิงพาณิชย์ สามารถจัดหาได้ง่ายในประเทศ และไม่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก [5-6] แม้พลังงานที่เกิดจากชีวมวลเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่ถ้าใช้เทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสม พลังงานที่เกิดจากชีวมวลอาจให้ค่าพลังงานความร้อนที่ต่ำและเกิดแก๊สพิษที่ทำลายสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นจึงมุ่งสร้างเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงซึ่งเป็นเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในการผลิตพลังงานเพื่อใช้ประกอบอาหารทดแทนแก๊ส LPG ซึ่งเทคโนโลยีนี้สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก

2. เตาชีวมวล

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเตาชีวมวล คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลด้วยการจำกัดปริมาณอากาศในระหว่างการทำปฏิกิริยา ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ได้ผลผลิตเป็นแก๊สที่สามารถจุดติดไฟได้ มีขั้นตอนดังนี้ นำชีวมวลใส่เข้าไปในเตาและให้ความร้อน ความชื้นในชีวมวลถูกไล่ออก (Drying) ด้วยอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง 100-135°C จากนั้นสารระเหยในชีวมวล เช่น น้ำมันดิน ไฮโดรคาร์บอน น้ำมันควันไม้ สารระเหยอื่นๆ ถูกไล่ออกจากชีวมวล (Devolatilization) ภายใต้อุณหภูมิ 450-600°C เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการเผาไหม้ ถ่านบางส่วน (Fixed Carbon) เกิดการสันดาปจนได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการปลดปล่อยพลังงานความร้อน และ CO_2 ในกระบวนการสุดท้ายถ่าน (C) จะทำปฏิกิริยากับ CO_2 และไอน้ำ (H_2O) ได้ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ปฏิกิริยาทั้งหมดนี้เป็นปฏิกิริยาในขั้นตอนรีดักชั่น (Reduction) ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า 600°C [5]

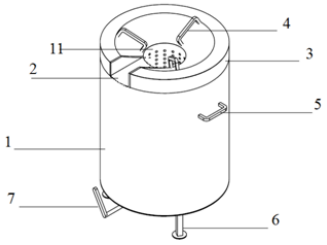
เตาชีวมวลในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ ระบบแก๊สไหลขึ้น (Updraft Biomass Gas Stove) และระบบแก๊สไหลลง (Downdraft Biomass Gas Stove) เตาชีวมวลระบบแก๊สไหลขึ้น สามารถใช้กับชีวมวลที่มีความชื้นสูง ได้ปริมาณเถ้าชีวมวลหลังเกิดปฏิกิริยาสูง แต่เนื่องจากก๊าซชีวมวลที่ได้ค่อนข้างสกปรก จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ผลิตความร้อนในหม้อน้ำเพื่อใช้ทดแทนน้ำมันเตาหรือแก๊ส LPG [5] ส่วนเตาชีวมวลระบบแก๊สไหลลง ต้องใช้กับชีวมวลที่มีความชื้นต่ำ ปริมาณเถ้าชีวมวลหลังการเกิดปฏิกิริยาต่ำ ก๊าซชีวมวลที่ได้ค่อนข้างสะอาด มีปริมาณน้ำมันดินต่ำ เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน [5] เนื่องด้วยวัสดุที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนั้นไม่สามารถควบคุมความชื้นได้ เพราะเป็นใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร นอกจากนั้นผู้ใช้เตาความร้อนต้องการระบบที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุดและไม่ต้องการใช้แหล่งพลังงานจากภายนอก เช่น พัดลม ดังนั้นเตาชีวมวลระบบแก๊สไหลขึ้นจึงเหมาะที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

เตาชีวมวลระบบนี้ โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นเตาผนัง 2 ชั้น คือ ส่วนของการเผาไหม้ และช่อง

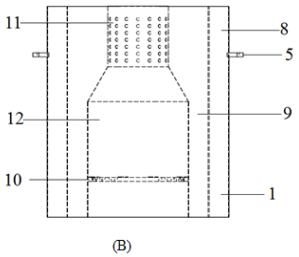
สำหรับให้อากาศไหลผ่านออกสู่ด้านบนของเตา นอกจากนั้นยังมีช่องระบายขี้เถ้าออก และช่องด้านบนสำหรับใส่ชีวมวลอีกด้วย [6-7] แก๊สชีวมวลที่ได้จะลอยขึ้นสู่ด้านบน และเกิดการสันดาปด้านบนของเตา โดยอาศัยอากาศร้อน (อากาศส่วนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนจากห้องเผาไหม้) ที่ไหลจากด้านล่างของเตาเข้าสู่ช่องอุ่นอากาศ และไหลออกทางช่องด้านบนของเตา เมื่ออากาศที่ไหลออกจากด้านบนของช่องอุ่นอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น การติดไฟของก๊าซชีวมวลในห้องสันดาปก็จะดีขึ้นด้วย [7-9] แต่ US Patent 6,336,449 [10] พบว่า การไหลของอากาศเข้าสู่ห้องปฏิกิริยาและช่องอุ่นอากาศไม่สามารถควบคุมได้ จึงเป็นเหตุให้มีนักวิจัยศึกษาการควบคุมอัตราการไหลของอากาศโดยการติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยให้อากาศไหลเข้าสู่เตาชีวมวลได้อย่างสม่ำเสมอ เช่น สิทธิบัตรเลขที่ประกาศ 104672 [11] ได้ติดตั้งพัดลม เพื่อเป่าลมเข้าสู่กล่องเป่าซึ่งมีลิ้นสำหรับปรับปริมาณลม ลมที่เป่าจะพาแก๊สที่ได้จากการกลั่นเชื้อเพลิงแข็งภายในเตา ขึ้นสู่หัวเตา อนุสิทธิบัตรเลขที่ 7017 [12] ได้มีการติดตั้งพัดลมเพื่อเป่าอากาศไปยังห้องเผาไหม้ ผ่านท่อนำอากาศอย่างน้อย 2 ทาง ซึ่งแต่ละท่อจะทอดออกไปในทิศทางตามแนวเส้นสัมผัสสัมพันธ์กับหน้าตัดของห้องเผาไหม้ ทำให้อนุภาคขนาดเล็กที่อยู่ในห้องเผาไหม้มีการกระจายตัวสม่ำเสมอทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ดี US Patent 6,619,215 เป็นอีกหนึ่งสิทธิบัตรที่ประดิษฐ์เตาชีวมวลโดยการติดตั้งพัดลมสำหรับส่งอากาศไปยังห้องเผาไหม้

ดังนั้นเพื่อลดความยุ่งยากที่เกิดจากการใช้พัดลมเป่าอากาศ สำหรับควบคุมลมในห้องเผาไหม้ของเตาชีวมวล คณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำเตาชีวมวลดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีองค์ประกอบที่คล้ายกับเตาชีวมวลของศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, [7] ระบบเผาแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ และเตาเผา [6] เตาเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลไร้มลภาวะระบบอุ่นลมร้อน [9] และเตาถ่านเตาฟืนปรับความร้อนได้ [14] กล่าวคือ เป็นเตามีผนัง 2 ชั้น (ห้องปฏิกิริยาและช่องอุ่นอากาศ) มีห้องเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิง ช่องขี้เถ้าออกและช่องด้านบนสำหรับใส่ชีวมวล แต่แตกต่างจากเตาชีวมวลโดยทั่วไปคือ มีการเพิ่มวาล์วควบคุมการป้อนอากาศส่วนที่ 1 และการป้อนอากาศส่วนที่ 2 (รูปที่ 1 C) เพื่อสามารถควบคุมปฏิกิริยาการสันดาปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่อาศัยพัดลมเป่าอากาศ วาล์วที่ 1 เป็นวาล์วที่ควบคุมการป้อนอากาศส่วนที่ 1 เข้าสู่ห้องห้องปฏิกิริยา โดยสามารถหมุนปิดเปิดได้ในแนวแกน วาล์วที่ 2 เป็นวาล์วที่ควบคุมการป้อนอากาศส่วนที่ 2 เข้าสู่ช่องอุ่นอากาศ โดยสามารถหมุนปิดเปิดได้ในแนวเส้นรอบวงของเตาชีวมวล ซึ่งวาล์วทั้งสองนี้ทำให้เตาชีวมวลที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถควบคุมไหลของอากาศเข้าสู่เตา โดยไม่อาศัยพัดลมเป่าอากาศเหมือนกับการประดิษฐ์เตาของสิทธิบัตรเลขที่ประกาศ 104672 [11] และอนุสิทธิบัตรเลขที่ 7017 [12]

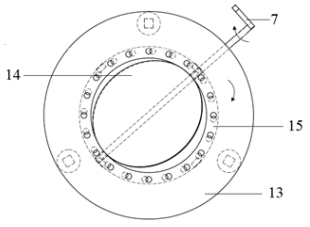
การควบคุมเตาชีวมวลเพื่อให้ได้สภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุดก่อนการทดลองเปรียบเทียบกับแก๊ส LPG สามารถดำเนินการโดยเปิดวาล์วควบคุม



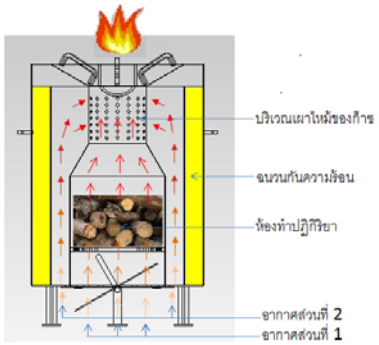
(A)



(B)



(C)



(D)

1. เปลือกเตา
2. ช่องเติมเชื้อเพลิง
3. ฐานรองรับภาชนะ
4.เหล็กสำหรับรองรับภาชนะ
5. มือจับ
6. ขาตั้ง
7. คันบังคับวาล์ว
8. ฉนวน
9. ช่องอุ่นอากาศ
10. ตะแกรงรองชีวมวล
11. ห้องเผาไหม้แก๊สชีวมวล
12. ห้องปฏิกิริยา
13. ฐาน
14. วาล์วปีกผีเสื้อ
15. วาล์ววงแหวน

รูปที่ 1 องค์ประกอบภายนอก ภายใน และฐานของเตาชีวมวล

3. เตาแก๊สหุงต้ม

เตาชีวมวลจะถูกนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำรุ่น KB-5 และประสิทธิภาพสูงรุ่น SG-5 auto ignition ซึ่งเตาแก๊สหุงต้มประสิทธิภาพต่ำรุ่น KB-5 สามารถผลิตพลังงานความร้อนได้ประมาณ 20 kW เตาชนิดนี้เป็นเตาทั่วไปที่ให้ไฟแรงสูงใช้ในการประกอบกิจการร้านอาหารขนาดเล็กดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 เตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำรุ่น KB-5

เตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพสูงรุ่น SG-5 auto ignition สามารถผลิตพลังงานความร้อนได้ประมาณ 20 kW เป็นเตาที่พัฒนามาจากเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำรุ่น KB-5 ซึ่งสามารถประหยัดแก๊สได้ประมาณ 43.39% [15] ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 เตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพสูงรุ่น SG-5 auto ignition

4. เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบในครั้งนี้จะใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 2 ชนิด คือ ไม้ยูคาลิปตัส และแก๊ส LPG ซึ่งไม้ยูคาลิปตัสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-7.6 cm นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเตาชีวมวล ส่วนแก๊ส LPG จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูง

ยูคาลิปตัสเป็นพืชโตเร็ว โตได้แทบทุกพื้นที่ของประเทศไทย โดยไม่ต้องได้รับการดูแลมากนัก ไม้ยูคาลิปตัสที่ผลิตได้ประมาณ 70-80% นำไปใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ 10-15% นำไปใช้ผลิตถ่านและอีกประมาณ 5% นำไปใช้ในงานก่อสร้าง นอกจากนี้ในปัจจุบันยังนำไม้ยูคาลิปตัสไปผลิตแผ่นไม้อัดและแผ่นใยไม้อัดด้วย [16] แต่เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตร ดังนั้นจึงได้เลือกเป็นเชื้อเพลิงหลักในการทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวล ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value: LHV) ประมาณ 15.83 MJ/kg และมีคาร์บอน 42.5% ไฮโดรเจน 5.6%

ไนโตรเจน 0.3% ซัลเฟอร์ 0% ออกซิเจน 40.2% ความชื้น 10% ขี้เถ้า 1.4% เป็นองค์ประกอบ [17]

แก๊สปิโตรเลียมเหลวเป็นแก๊สเชื้อเพลิงหลักที่นำมาใช้ในการปรุงอาหารในครัวเรือน การให้ความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมและปัจจุบันได้นำมาเป็นเชื้อเพลิงในยานยนต์ด้วย LPG เป็นแก๊สที่ไม่มีกลิ่นประกอบด้วย โพรเพน (Propane) และบิวเทน (Butane) ในอัตราส่วนร้อยละ 70:30 โดยปริมาตร มีความหนาแน่นประมาณ 0.56 g/cm^3 และมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LHV) อยู่ที่ 49.70 MJ/kg [18]

5. การทดสอบประสิทธิภาพของเตาเชื้อเพลิง

เตาชีวมวล เตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูงได้รับการศึกษาประสิทธิภาพของเตาโดยการระเหยน้ำ [3-4,19] การทำงานของเตาชีวมวลเริ่มจากใส่ไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-7.6 cm ลงไปทางด้านบนของห้องเผาไหม้แก๊สชีวมวลจำนวน 5 kg หมุนคันบังคับวาล์วไปตามแนวแกนเพื่อเปิดวาล์วปีกผีเสื้อให้สุดและหมุนคันบังคับวาล์วไปตามแนวเส้นรอบวงของเตาเพื่อเปิดวาล์ววงแหวนให้สุด แล้วจุดไฟด้านบนของห้องเผาไหม้แก๊สชีวมวล เมื่อไฟติด หรี่วาล์วปีกผีเสื้อ เพื่อควบคุมการเกิดปฏิกิริยาในห้องปฏิกิริยา และหรี่วาล์ววงแหวนเพื่อควบคุมการไหลของอากาศเข้าสู่ช่องอุ่นอากาศ และไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้แก๊สชีวมวล นำกระทะขนาด 66 cm ใส่น้ำ 15 kg วางบนเตาชีวมวล เมื่อระเหยน้ำผ่านไป 1 ชั่วโมง จึงเริ่มเติมไม้เชื้อเพลิงลงไปในเตาผ่านทางช่องเชื้อเพลิง ทุกๆ 10 นาที จนกว่าไม้เชื้อเพลิงที่เหลืออีก 5 kg หมด ระหว่างระเหยน้ำนั้นจะบันทึกอุณหภูมิของน้ำที่ต้มทุก 5 นาที เป็นเวลา 100 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำน้ำที่เหลือไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูง จะทำการทำลองเช่นเดียวกันกับการทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวล เพียงเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงจากไม้เป็นแก๊สหุงต้ม ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวล (A) เตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่ง ประสิทธิภาพสต่ำ (B) และ ประสิทธิภาพสูง (C)

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาความร้อนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ปริมาณน้ำเริ่มต้นและปริมาณการระเหยน้ำ ถูกนำมาใช้คำนวณเพื่อหาพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ต้นทุนเชื้อเพลิง ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะและประสิทธิภาพเตา

พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ เป็นผลคูณของปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้กับค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิง (Lower heating value: LHV) จากนั้นนำพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำและปริมาณการระเหยของน้ำมาใช้ในการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$\text{SEC (MJ/kg)} = \frac{\text{พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ (MJ)}}{\text{ปริมาณการระเหยของน้ำ (kg)}} \qquad (1)$$

การคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะ (Specific Cost Consumption: SCC) ดังแสดงในสมการที่ 2 ค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณนั้นได้มาจากต้นทุนพลังงานเชื้อเพลิง (ผลคูณของจำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้กับราคาเชื้อเพลิงต่อกิโลกรัม) และ ปริมาณการระเหยของน้ำ

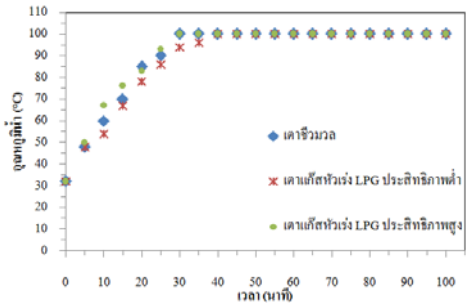
$$SCC\,(\text{บาท/kg}) = \frac{\text{ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท)}}{\text{ปริมาณการระเหยของน้ำ (kg)}} \quad (2)$$

การคำนวณประสิทธิภาพเตา($\%\eta_{\text{เตา}}$) ดังแสดงในสมการที่ 3 ได้จากการนำค่าผลบวกของพลังงานในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้นไปยังจุดเดือดและพลังงานในการเปลี่ยนสถานะของน้ำหารด้วยพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงตลอดช่วงการทดลอง

$$\%\eta_{\text{เตา}} = \frac{\left[m_1 \times Cp \times \Delta T\right] + \left[h_{fg} \times \left(m_1 - m_2\right)\right]}{m_{\text{เชื้อเพลิง}} \times LHV_{\text{เชื้อเพลิง}}} \times 100 \quad (3)$$

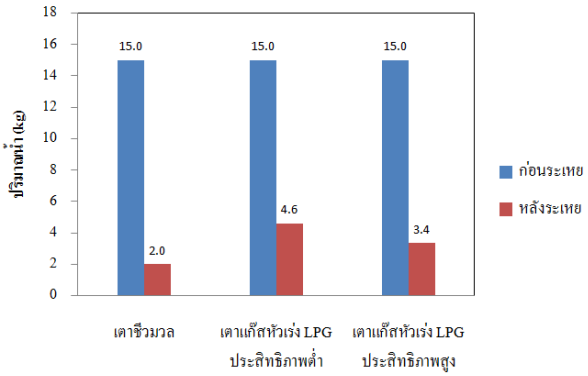
6. ผลการทดสอบ

การศึกษานี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาชีวมวลกับเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูง เช่น ปริมาณการระเหยน้ำ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน และต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการระเหยน้ำ การทดสอบนี้เริ่มจากการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการระเหยน้ำ โดยการให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำปริมาณ 15 kg ด้วยการใช้ไม้ 10 kg ในเตาชีวมวล รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อการต้มน้ำผ่านไป 30 นาที น้ำเริ่มเดือด หลังจากนั้นเมื่อการต้มน้ำผ่านไป 1 ชั่วโมง เชื้อเพลิงชุดใหม่ถูกเติมลงไปในเตาทุกๆ 10 นาที จนกว่าไม้เชื้อเพลิงหมด จากการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ในการต้มระเหยน้ำทั้งหมด 100 นาที ซึ่งเวลาที่ได้นี้เป็นตัวกำหนดเวลาที่ใช้ในการต้มระเหยน้ำด้วยเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพสูงและประสิทธิภาพต่ำด้วย



รูปที่ 5 อุณหภูมิของน้ำในระหว่างระเหยเป็นเวลา 100 นาที

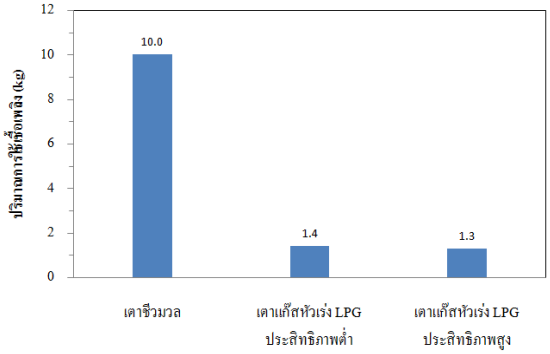
นอกจากนั้นพบว่าเตาชีวมวลและเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพสูงใช้เวลาเท่ากันเพื่อทำการต้มน้ำให้เดือด ส่วนการต้มน้ำด้วยเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำ ใช้เวลามากกว่าประมาณ 10 นาทีน้ำต้มจึงจะเดือด เมื่อต้มระเหยน้ำผ่านไป 100 นาที นำน้ำที่เหลือไปชั่งแล้วคำนวณหาปริมาณน้ำที่ระเหยไป พบว่าน้ำที่เหลือจากการระเหยด้วยเตาชีวมวล เตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำ และประสิทธิภาพสูงมีค่าประมาณ 2.0, 4.6 และ 3.4 kg ตามลำดับ นั่นหมายความว่าเตาชีวมวลสามารถระเหยน้ำได้มากที่สุด ส่วนเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำระเหยน้ำได้น้อยที่สุดดังแสดงในรูปที่ 6



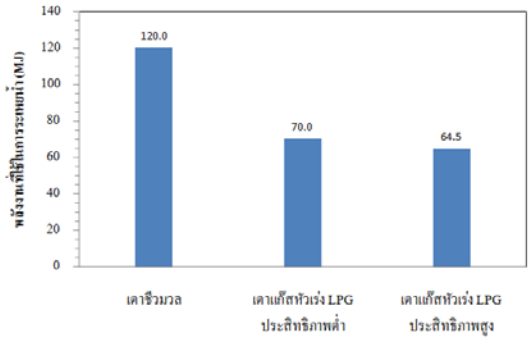
รูปที่ 6 ปริมาณน้ำก่อน และหลังการระเหย

แม้ว่าเตาชีวมวลจะสามารถระเหยน้ำได้มากที่สุด แต่พบว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเตาชีวมวลมีปริมาณมากถึง 10 kg ส่วนเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำ และประสิทธิภาพสูงใช้เพลิงน้อยกว่าเตาชีวมวลถึงประมาณ 10 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 7 ส่วนพลังงานที่ใช้ในการระเหย ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเตาชีวมวล ยิ่งใช้เชื้อเพลิงมากการให้พลังงานงานความร้อนในการระเหยน้ำก็ยิ่งมากตามไปด้วย กล่าวคือ เตาชีวมวลใช้ปริมาณเชื้อเพลิงและใช้พลังงานในการระเหยน้ำมีค่ามากที่สุด อย่างไรก็ตามพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำกรณีใช้เตาชีวมวลมีค่ามากกว่าเตาแก๊สหัวเร่ง LPG ประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูงประมาณ 2 เท่า

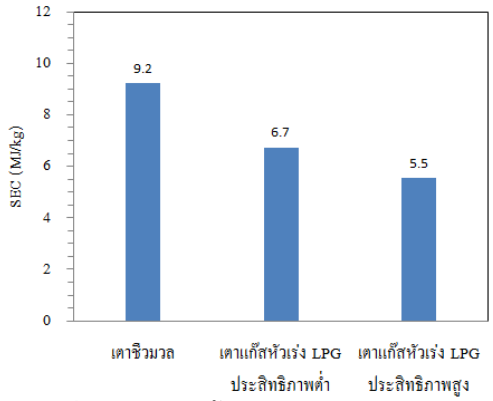
ดังแสดงในรูปที่ 8 จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการใช้พลังงานความร้อนเพื่อการระเหยน้ำของเตาทั้งสาม ได้นำมาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของแต่ละเตาดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเตาชีวมวล เตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูง มีค่าเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ



รูปที่ 7 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการระเหยน้ำ 100 นาที

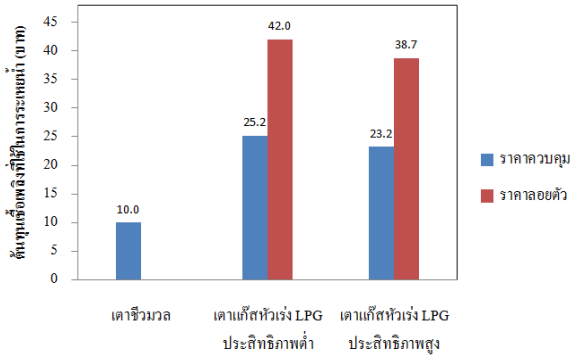


รูปที่ 8 พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำในเวลา 100 นาที

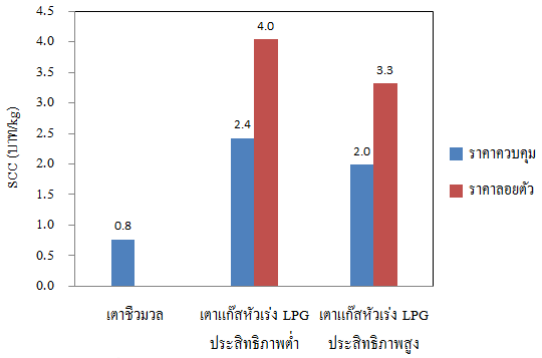


รูปที่ 9 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

นอกจากการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเตาแต่ละเตาแล้วยังมีการเปรียบเทียบต้นทุนเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายในการระเหยน้ำด้วย แม้ว่าเตาชีวมวลจะใช้เชื้อเพลิงมากกว่าเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูง แต่ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการระเหยน้ำ 15 kg ด้วยเตาชีวมวลมีค่าน้อยกว่า เตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูง ดังแสดงในรูปที่ 10 เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าปัจจุบันไม้เชื้อเพลิงมีราคาเพียงกิโลกรัมละ 1 บาท แต่แก๊ส LPG มีราคามากถึงกิโลกรัมละ 30 บาท แต่เนื่องจากมีการควบคุมราคาแก๊ส LPG จึงทำให้ราคาแก๊สเหลือเพียงกิโลกรัมละ 18 บาท อย่างไรก็ตามแม้จะมีการควบคุมราคาแก๊ส LPG แต่พบว่าต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการระเหยน้ำด้วยเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูงก็ยังมากกว่าเตาชีวมวลอยู่ดี เมื่อทราบต้นทุนเชื้อเพลิงแล้วจึงได้นำมาคำนวณหาค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพื่อใช้ในการระเหยน้ำ 1 kg ดังแสดงในรูปที่ 11 พบว่าเตาชีวมวลมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะเพียง 80 สตางค์ ส่วนเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูง มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะ 2.4 และ 2.0 บาท (ราคาควบคุม) หรือ 4.0 และ 3.3 บาท (ราคาลอยตัว) ตามลำดับ

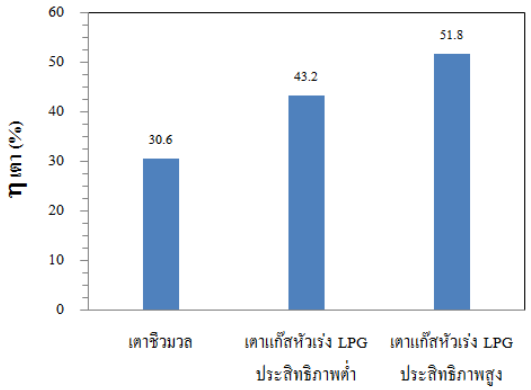


รูปที่ 10 ต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการระเหยน้ำ



รูปที่ 11 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะ

เมื่อทราบถึงปริมาณการระเหยน้ำ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานและต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการระเหยน้ำแล้วจึงพิจารณาถึงประสิทธิภาพเตา จากการศึกษาพบว่าเตาชีวมวลที่ได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพมากถึง 30.6% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเตาเซรามิกที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง [20] แต่มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูง ดังแสดงในรูปที่ 12 เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะการสันดาปของเชื้อเพลิงยังไม่สมบูรณ์ เทียบเท่าเตาที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงควรปรับปรุงคุณภาพของเตาชีวมวลให้ดีขึ้น



รูปที่ 12 ประสิทธิภาพเตา

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอีกส่วนหนึ่งที่นำมาใช้พิจารณาสมรรถนะของเตาชีวมวล ในการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงถือได้ว่าไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศเพราะว่าเชื้อเพลิงที่นำมาใช้นั้นเป็นชีวมวลที่ได้จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทำให้ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ชีวมวลเป็นการปลดปล่อยที่เป็นไปตามวัฏจักรคาร์บอน แต่สำหรับแก๊ส LPG นั้นเป็นพลังงานที่ได้มากจากฟอสซิล เมื่อมีการใช้งานก็ถือว่าเป็นการเพิ่มก๊าซเรือนกระจกให้กับชั้นบรรยากาศทันที ซึ่งอัตราของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีมากถึง 3 kg สำหรับการใช้พลังงานทุกๆ 1 kg [21] ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปลูกต้นไม้เพิ่มเติมและต้องสงวนพื้นที่ให้กับต้นไม้เหล่านี้จึงจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นบางส่วนได้ แต่มีอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้พลังงานฟอสซิลได้ นั่นก็คือการใช้พลังงานจากชีวมวลแทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel)

7. สรุป

เตาชีวมวลถึงแม้จะมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำและประสิทธิภาพสูง แต่เนื่องด้วยให้อัตราในการระเหยน้ำสูงและสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงให้ครัวเรือนได้อย่างมาก จึงทำให้เตาชีวมวลเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นเตาเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการประกอบอาหารในครัวเรือนหรือประกอบกิจการร้านอาหารขนาดเล็ก นอกจากนั้นเตาชีวมวลยังช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศได้อีกด้วย

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์บริการวิชาการแก่ชุมชนและคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ทุนอุดหนุนในการวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ เครื่องมือ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการทำวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

[1] คลังปัญญาไทย. (2555, เมษายน. 19). พลังงานหมุนเวียน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.panyathai.or.th//wiki/index.php

[2] ภัทรพงษ์ พึ่งพาพงศ์. (2555, เมษายน. 19). เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.beat2010.net/index.php

[3] N.L. Panwar and N.S. Rathore, “Design and performance evaluation of a 5 kW producer gas stove,” Biomass and Bioenergy, Vol. 32, pp. 1349–1352, 2008.

[4] อำพล พิชัยเชิด, วันชาติ ทรัพย์เฮง และ ชานนท์ ชื่นจิตร์. “การเพิ่มประสิทธิภาพหัวเผาแก๊สหุงต้มโดยการนำเอาความร้อนทิ้งกลับมาอุ่นอากาศ”. ME-NETT23. 4-7/11/2552. จังหวัดเชียงใหม่, (2552).

[5] เยาวธีร อัชวังกุล. (2555, เมษายน. 19). เทคโนโลยีพลังงานจากชีวมวลแบบ Three Stage Gasifier, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/KM_boer/**three_stage**.pdf

[6] วอง ซุง เดียว. “ระบบผลิตก๊าซที่สามารถเผาไหม้ได้และเตาเผา”. สิทธิบัตรเลขที่ประกาศ 105750, 2554.

[7] ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. “เทคโนโลยีเตาแก๊สชีวมวล”. เอกสารการประชาสัมพันธ์โครงการหมู่บ้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ม.ป.ท.: 4-8, 2555.

[8] M.H.S. Avadhany, P.P. Joseph, R.N.K. Sriranga, D. Srinivasaiah, S.G. Rao and S.H. Venkatesharao. “Biomass stove”. WIPO Patent Application WO/2007/036720, 2007.

[9] อิทธิวัฒน์ วิศวชนประดิษฐ์. “เตาเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลไร้มลภาวะระบบอุ่นลมร้อน”. สิทธิบัตรเลขที่ประกาศ 108172, 2554.

[10] M. Drisdelle and C. Lapointe. “Solid fuel burner for a heating apparatus”. U.S. patent No. 6,336,449, 2002.

[11] บรรเจิด แสงจันทร์. “เตาแก๊สชีวะมวล”. สิทธิบัตรเลขที่ประกาศ 104672, 2553.

[12] จุง-ลาง ลิน. “เตาเผา”. อนุสิทธิบัตรเลขที่ 7017, 2555.

[13] D.Y. Lin. “Incinerator with a heat-insulating shield”. U.S. patent No. 6,619,215, 2003.

[14] ณรงค์ อินรุ่ง. “เตาถ่าน-ฟืนปรับความร้อนได้”. สิทธิบัตรเลขที่ประกาศ 104570, 2553.

[15] สุนทรแก๊ส. (2555, เมษายน. 19). เตาเร่งประหยัดแก๊ส แบบสปาร์คออโต้ SUPERGAS รุ่น SG - 5, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://soonthorngas.tarad.com/product-th-868410-เตาแก๊สแรงดันสูง,เตาเร่ง,เตาเหล็กหล่อ.html

[16] Thaigreenwood. (2555, เมษายน. 19). ไม้ยูคาลิปตัส, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www2.oie.go.th//GWoods

[17] สมมาส แก้วล้วน. “Advance fluidized bed gasifier design”. เอกสารประกอบการบรรยาย. 2555.

[18] _____. (2555, พฤษภาคม. 19). ค่าความร้อนเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ และพลังงานเทียบเท่าก๊าซธรรมชาติ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: www.pttplc.com/Files/Document/Pdf/energy/nc_en_ee-01_01.pdf

[19] M. Nordica, O. Damon, S. Dean, B. Tami and R. Christoph, “A laboratory comparison of the global warming impact of five major types of biomass cooking stoves,” Energy for Sustainable Development, Vol. 7 (2), pp. 56–64, 2008.

[20] Practical Action, “Biomass,” The Schumacher Centre for Technology & Development, Bourton Hall, UK, pp.1-9, 2006.

[21] Carbon Dioxide Emission. (2012, May. 14). Combustion fuels - carbon dioxide emission. [Online] Available: http://www.Engineeringtiilbox.com/co2-emission-fuels-d_1085.html