

## การใช้โปรตีนเซอร์แก๊สในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อน Utilization of Producer Gas in the Mulberry Green Tea Production

สินเดิม ดีโต<sup>1</sup> ศิรินุช จินดารักษ์<sup>2</sup> จอมภพ แวค์ศักดิ์<sup>3</sup> ฉันทนา พันธุ์เหล็ก<sup>4</sup>  
<sup>1,2,4</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร 65000  
โทร 0-5526-1024 โทรสาร 0-5526-1025 E-mail: doem\_phynu@hotmail.com  
<sup>3</sup>ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง 93110

Sindoem Deeto<sup>1</sup> Sirinuch Chindaruksa<sup>2</sup> and Jompob Waewsak<sup>3</sup> Chantana Punlek<sup>4</sup>  
<sup>1,2,4</sup>Physics Department, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand  
Tel: 0-5526-1024 Fax: 0-5526-1025 E-mail: doem\_phynu@hotmail.com  
<sup>3</sup>Renewable Energy System Research and Demonstration Center (RESRDeC)  
Physics Department, Faculty of Science, Thaksin University, Phattalung 93110, Thailand

### บทคัดย่อ

ชาเขียวใบหม่อนเป็นเครื่องดื่มที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเนื่องจากเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและมีประโยชน์ต่อร่างกายสูงทำให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตชาเขียวใบหม่อนขึ้นอย่างมากมาย โดยมีการใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาการนำกะลามะพร้าวมาเป็นแหล่งพลังงาน โดยการใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันเพื่อผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สสำหรับทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อน 3 กระบวนการ คือ กระบวนการลวก กระบวนการคั่วและกระบวนการอบแห้ง โดยทำการทดลองผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส และใช้โปรตีนเซอร์แก๊สในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อนทั้ง 3 กระบวนการ พบว่า การลวกชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส 0.027 กิโลกรัม สามารถทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มได้ 0.003 กิโลกรัม สำหรับการคั่วชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส 0.05 กิโลกรัม สามารถทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มได้ 0.012 กิโลกรัม และการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส 0.4 กิโลกรัม สามารถทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มได้ 0.077 กิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้กระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม จะใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส 0.477 กิโลกรัม และสามารถทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มได้ 0.092 กิโลกรัม

### Abstract

Mulberry green tea, which consists of a plenty of mineral compositions and various types of vitamin, are now receiving more attention and promotion for a healthy purpose as well as being one of the most popular health products in general market.

Mulberry green tea production process mainly consumed a lot of LPG as a fuel. Consequently, the purpose of this research was to investigate the use coconut shell as fuel in a gasification system for producing producer gas for the utilization in the mulberry green tea production processes i.e. boiling, roasting and drying. Experimental results showed that boiling 1 kg of mulberry green tea consumed 0.027 kg of coconut shell (or equivalent of 0.003 kg of LPG). Roasting 1 kg of mulberry green tea consumed 0.05 kg of coconut shell (or equivalent of 0.012 kg of LPG). Drying 1 kg of mulberry green tea consumed 0.4 kg of coconut shell (or equivalent of 0.077 kg of LPG). The production of 1 kg of mulberry green tea consumed 0.477 kg of coconut shell. This is equivalent to the use of 0.092 kg of LPG.

### 1. บทนำ

“ชาเขียวใบหม่อน” เป็นชาที่นิยมใช้เป็นเครื่องดื่มเพื่อบริโภคกันมาอย่างช้านานสำหรับชาวญี่ปุ่น เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โดยในชาเขียวใบหม่อนจะมีแร่ธาตุและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายสูงกว่าชาทั่วไป และประโยชน์ของชาเขียวใบหม่อนที่มีต่อผู้บริโภค คือ สามารถลดปริมาณไขมันในเส้นเลือด (คอเลสเตอรอล) ปรับลดความดันโลหิตสูงหรือต่ำให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ ลดระดับน้ำตาลในเส้นเลือดสำหรับคนเป็นเบาหวาน ลดอาการกระดูกพรุนเพราะมีแคลเซียมสูง ลดอาการปวดเมื่อยตามร่างกายและเป็นตะคริว ลดอาการเกิดลิ้มเลือดซึ่งทำให้เส้นเลือดอุดตันหรือเกิดกล้ามเนื้อหัวใจตาย ลดอัตราเสี่ยงอันตรายจากมะเร็งในตับ เพิ่มการไหลเวียนของโลหิตและของเหลวในร่างกายทำให้ปอด กระเพาะอาหาร ลำไส้ และกระเพาะปัสสาวะทำงานได้อย่างต่อเนื่อง [1]

ในปัจจุบันการบริโภคชาเขียวใบหมอนกำลังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ทำให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตชาเขียวใบหมอนขึ้น และในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหมอนนั้นจะมีการใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ ขั้นตอนการลวกชาเขียวใบหมอน การคั่วชาเขียวใบหมอน และการอบแห้งชาเขียวใบหมอน ซึ่งใช้แก๊สหุงต้มปริมาณมาก และเนื่องจากราคาแก๊สหุงต้มมีราคาเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ [2-3] ทำให้ต้นทุนการผลิตชาเขียวใบหมอนมีราคาที่สูงตามไปด้วย ดังนั้นจึงได้มุ่งเน้นหาแหล่งพลังงานอื่นๆ มาทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหมอน โดยเลือกใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันซึ่งใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สเพื่อทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหมอนทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตชาเขียวใบหมอนได้

## 2. วัสดุและอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส และนำโปรดิวเซอร์แก๊สที่ผลิตได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหมอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สแสดงดังรูปที่ 1 มีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้ [4-5]

1.) เตาแก๊สซิฟิเคชันดราฟต์ (downdraft gasifier) ขนาดปริมาตร 0.28 m<sup>3</sup>

ถังบรรจุเชื้อเพลิง (fuel hopper) สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 3 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm ความสูงรวมทั้งสิ้น 125 cm แบ่งออกเป็น 4 ส่วน แต่ละส่วนสูงประมาณ 30 cm ภายในหล่อด้วยปูนทนไฟหนา 3 cm ส่วนบนสุดเจาะเป็นช่องใส่เชื้อเพลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สามารถบรรจุกะลามะพร้าวขนาด 5-8 cm ได้ 73 kg

ชั้นเผาไหม้และชั้นรีดักชัน โครงสร้างภายนอกสร้างจากเหล็กแผ่นหนา 3 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm ความสูง 55 cm ภายในชั้นเผาไหม้และชั้นรีดักชัน สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 5 mm หุ้มโดยรอบด้วยปูนทนไฟหนา 5 cm หัวฉีดอากาศทำจากสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 mm จำนวน 6 ตัว ส่วนคอคอด (throat หรือ check plate) ใช้แผ่นสแตนเลส หนา 9 mm เส้นผ่านศูนย์กลางช่องว่าง 8.5 cm ด้านล่างสุดเป็นตะแกรง รองรับเชื้อเพลิงทำจากเหล็กเส้นขนาด 9 mm ระยะช่องว่างระหว่างเหล็กเส้น 6 mm

ชั้นเก็บเถ้า (ash pit) สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 3 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกสูง 20 cm พื้นรองรับเถ้าเป็นเหล็กแผ่นหนา 6 mm

2.) พัดลมป้อนอากาศ (blower) เป็นพัดลมแบบเหวี่ยง (centrifugal fan) ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า ควบคุมปริมาณอากาศด้วยการใช้วาล์วผีเสื้อ

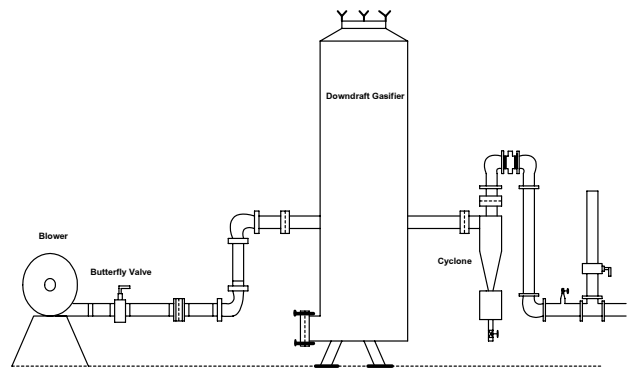
3.) เครื่องวัดอัตราการไหลอากาศ (flow meter) ในการวัดอัตราการไหลของอากาศใช้วิธี orifice plate with radius tapping ซึ่งจะใช้ร่วมกับนาโนมิเตอร์ชนิดหลอดแก้วรูปตัวยูภายในบรรจุน้ำเพื่อวัดความดันแตกต่างของออร์ฟิส โดยใช้ร่วมกับเครื่องวัดความเร็วอากาศในท่อแบบ hot wire

4.) เชื้อเพลิง (fuel) ใช้กะลามะพร้าวขนาดประมาณ 5-8 cm และมีค่าความชื้นร้อยละ 11 มาตรฐานแห้ง

5.) ไซโคลน (cyclone) สร้างจากแผ่นสแตนเลสหนา 1 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ความสูง 40 cm ช่องแก๊สเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2x4 cm ทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองที่ปนเปื้อนมากับโปรดิวเซอร์แก๊ส

6.) วาล์วควบคุมอัตราการไหลของโปรดิวเซอร์แก๊ส เป็นบอลวาล์วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว

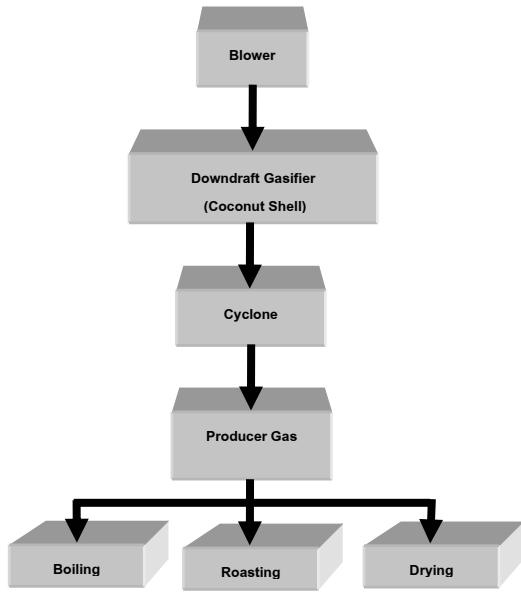
7.) เครื่องอบแห้งชาเขียวใบหมอนประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนแรกเป็นห้องเผาไหม้ขนาด 0.65x0.90x0.30 m และส่วนที่สองเป็นห้องอบแห้งขนาด 0.65x0.90x1.3 m สามารถอบแห้งชาเขียวใบหมอนได้ครั้งละ 10 kg



รูปที่ 1 ระบบผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส

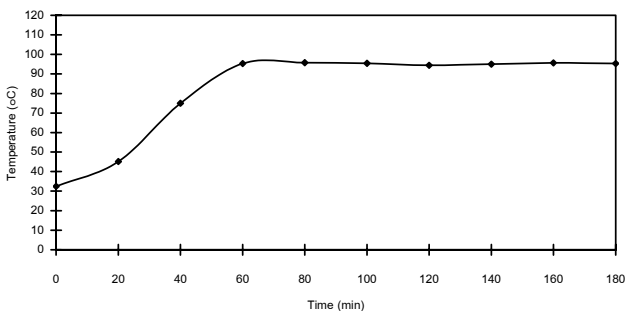
## 3. วิธีการดำเนินงานวิจัยและผลการทดลอง

ทำการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สด้วยการเติมเชื้อเพลิงครั้งเดียวสำหรับการทดลองแต่ละครั้ง ซึ่งจะใช้กะลามะพร้าวขนาด 5-8 cm โดยมีความชื้นประมาณร้อยละ 11 มาตรฐานแห้งมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สครั้งละ 20 กิโลกรัม และทำการป้อนอากาศเข้าเตาแก๊สซิฟิเคชันเพื่อผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สที่อัตราการไหลอากาศเท่ากับ  $2.5 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s ซึ่งเป็นอัตราไหลอากาศที่เหมาะสมในการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส และหาอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สจากเชื้อเพลิงส่วนที่เหลือภายในเตาแก๊สซิฟิเคชันโดยทำการปิดระบบผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สทันทีหลังทำการทดลองเรียบร้อยแล้วในแต่ละครั้ง ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สกับการใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหมอนทั้ง 3 กระบวนการ คือ กระบวนการลวก การคั่วและการอบแห้งชาเขียวใบหมอน ซึ่งแสดงตามแผนภาพดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สและการประยุกต์ใช้

ขั้นตอนการลวกชาเขียวใบหม่อนจะทำการต้มน้ำปริมาตร 18 ลิตร ในกระทะให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 95°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการ ลวกชาเขียวใบหม่อน และควบคุมอุณหภูมิน้ำให้คงที่ โดยทำการปรับ วาล์วควบคุมอัตราการไหลของโปรดิวเซอร์แก๊ส ซึ่งทำการทดสอบเป็น เวลา 180 นาที โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำในการลวกชาเขียวใบ หม่อนแสดงดังกราฟรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำในการลวกชาเขียวใบหม่อน

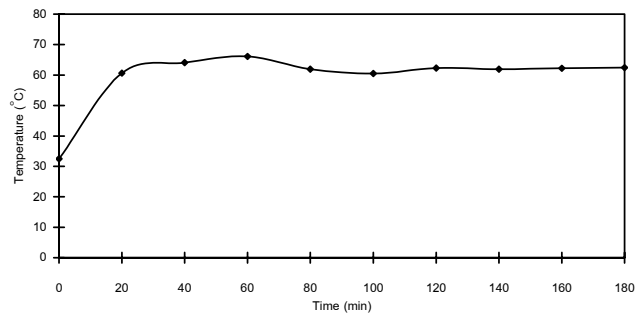
ตารางที่ 1 รายละเอียดในการลวกชาเขียวใบหม่อน

Description	Producer Gas	LPG
Fuel Consumption (kg)	13.5	2.5
Fuel Cost (baht/kg)	2	15.8 [6]
Water Volume (litre)	18	18
Water Temperature (°C)	95.3	96.0
Ambient Temperature (°C)	34.4	32.3
Time (min)	180	180

จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าในกระบวนการลวก ชาเขียวใบหม่อนที่ความชื้นชาเขียวใบหม่อนเริ่มต้นร้อยละ 273.06

มาตรฐานแห้ง (ร้อยละ 73.19 มาตรฐานเปียก) ลวกน้ำอุณหภูมิ ประมาณ 95°C ซึ่งจะมีค่าความชื้นร้อยละ 523.06 มาตรฐานแห้ง (ร้อยละ 83.95 มาตรฐานเปียก) และใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิต โปรดิวเซอร์แก๊สสำหรับการลวกชาเขียวใบหม่อนทั้งสิ้น 13.5 กิโลกรัม คิดอัตราการสิ้นเปลืองของกะลามะพร้าวและแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง (LPG) ต่อการลวกชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 0.027 กิโลกรัม และ 0.003 กิโลกรัม ตามลำดับ

ขั้นตอนการคั่วชาเขียวใบหม่อนจะทำการคั่วชาเขียวใบหม่อนที่ อุณหภูมิผิวกระทะเท่ากับ 60°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่ว ชาเขียวใบหม่อน และควบคุมอุณหภูมิผิวกระทะให้คงที่ โดยทำการปรับ วาล์วควบคุมอัตราการไหลของโปรดิวเซอร์แก๊ส ซึ่งทำการทดสอบเป็น เวลา 180 นาที โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวกระทะในการคั่วชา เขียวใบหม่อนแสดงดังกราฟรูปที่ 4



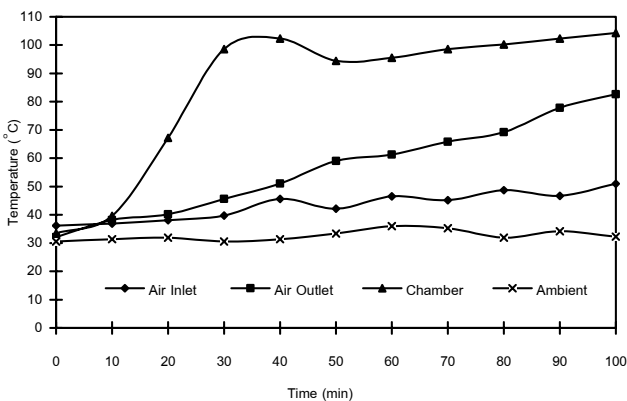
รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวกระทะในการคั่วชาเขียวใบหม่อน

Description	Producer Gas	LPG
Fuel Consumption (kg)	25	6
Fuel Cost (baht/kg)	2	15.8 [6]
Pan surface Temperature (°C)	59.5	59.7
Ambient Temperature (°C)	34.2	32.9
Time (min)	180	180

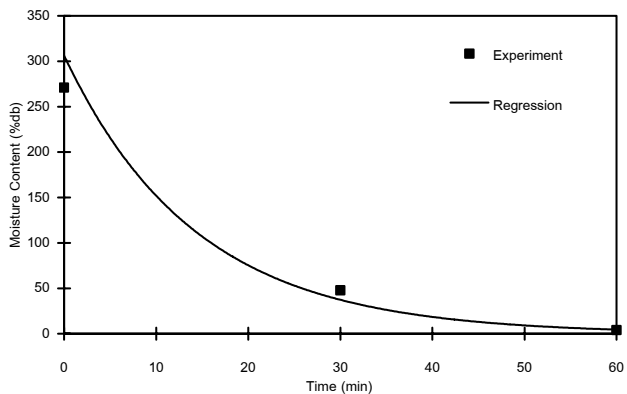
จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าในกระบวนการคั่วชา เขียวใบหม่อนที่ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 402.81 มาตรฐานแห้ง (ร้อยละ 80.11 มาตรฐานเปียก) ซึ่งเป็นความชื้นของชาเขียวใบหม่อนที่ผ่าน กระบวนการลวกและผึ่งแดดมาแล้ว และทำการคั่วที่อุณหภูมิผิวกระทะ เท่ากับ 60°C จนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 271.06 มาตรฐาน แห้ง (ร้อยละ 75.02 มาตรฐานเปียก) และใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง ในการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สสำหรับการคั่วชาเขียวใบหม่อนทั้งสิ้น 25 กิโลกรัม คิดอัตราการสิ้นเปลืองของกะลามะพร้าวและแก๊สหุงต้มเป็น เชื้อเพลิง (LPG) ต่อการคั่วชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 0.05 กิโลกรัม และ 0.012 กิโลกรัม ตามลำดับ

ขั้นตอนการอบแห้งชาเขียวใบหม่อนอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งชา เขียวใบหม่อนเฉลี่ย 100°C แสดงดังกราฟรูปที่ 5 พบว่าในช่วง 40 นาที แรกเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งให้มีอุณหภูมิเฉลี่ย

เท่ากับ 100°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน และเริ่มทำการอบแห้งชาเขียวใบหม่อนซึ่งอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งจะลดลงประมาณ 10°C เนื่องจากความชื้นของชาเขียวใบหม่อนและอุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นขึ้นเช่นเดียวกับอุณหภูมิอากาศขาออกจากตู้อบแห้งแสดงว่าความชื้นของชาเขียวใบหม่อนลดลง โดยจากเริ่มอบแห้งความชื้นของชาเขียวใบหม่อนเริ่มต้นร้อยละ 271.06 มาตรฐานแห้ง (ร้อยละ 75.02 มาตรฐานเปียก) ซึ่งปริมาณความชื้นของชาเขียวใบหม่อนจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรกและค่อยๆ ลดลงในช่วงเวลาต่อมาดังกราฟรูปที่ 6 จนสามารถลดความชื้นของชาเขียวใบหม่อนลงเหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 4.03 มาตรฐานแห้ง (ร้อยละ 3.87 มาตรฐานเปียก) ภายในระยะเวลาอบแห้ง 60 นาที



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของชาเขียวใบหม่อนในการอบแห้ง

ตารางที่ 3 รายละเอียดในการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน

Description	Producer Gas	LPG
Fresh Mulberry Green Tea (kg)	10	26
Dried Mulberry Green Tea (kg)	3	9

สาขาการประยุกต์ใช้พลังงาน

Initial Moisture Content (%wb)	75.02	75
Final Moisture Content (%wb)	3.87	4
Fuel Consumption (kg)	4	2 [7]
Fuel Cost (baht/kg)	2	15.8 [6]
Ambient Temperature (°C)	34.2	32.9
Time (min)	180	180
Chamber Temperature (°C)	98.8	100

สำหรับกระบวนการอบแห้งชาเขียวใบหม่อนดังตารางที่ 3 พบว่าใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สทั้งสิ้น 40 กิโลกรัม คิดอัตราการสิ้นเปลืองของกะลามะพร้าวและแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง (LPG) ต่อการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 0.4 กิโลกรัม และ 0.077 กิโลกรัม ตามลำดับ

## 5. สรุปผลการทดลอง

การนำกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สเพื่อใช้ทดแทนแก๊สหุงต้มในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อน 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการลวก เมื่อพิจารณาในการลวกชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส 0.027 กิโลกรัม สามารถทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มได้ 0.003 กิโลกรัม ขั้นตอนการคั่ว เมื่อพิจารณาในการคั่วชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส 0.05 กิโลกรัม สามารถทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มได้ 0.012 กิโลกรัม ขั้นตอนการอบแห้ง เมื่อพิจารณาในการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส 0.4 กิโลกรัม สามารถทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มได้ 0.077 กิโลกรัม

และสำหรับกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อน 1 กิโลกรัม ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส 0.477 กิโลกรัม สามารถทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มได้ 0.092 กิโลกรัม ซึ่งต้นทุนของกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อนเมื่อใช้โปรตีนเซอร์แก๊สและแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 0.954 และ 1.454 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดต้นทุนของกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อนได้ 0.5 บาท/กิโลกรัม เมื่อพิจารณาเฉพาะในส่วนเชื้อเพลิงของกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อนเท่านั้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนชัย ไพรินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เตาผลิตแก๊สซิไฟเออร์ในการทดลองและคำปรึกษาต่างๆ

## 7. เอกสารอ้างอิง

- ชาเขียวไทย. (2547). ประโยชน์จากชาเขียว. จาก <http://www.greenteathai.com/greentea1.html>
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2543). รายงานพลังงานของประเทศไทย. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

- 3 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2543). รายงานสถานการณ์ของประเทศไทย. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- 4 สุรีย์ จรูญศักดิ์. (2543). การศึกษาการใช้พลังงานความร้อนจากเตาผลิตแก๊สชนิดไหลลงเพื่อใช้ในการผลิตเซรามิกส์. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- 5 วิภาวรรณ แสงสง่า. (2544). การเปรียบเทียบการผลิตเซรามิกส์โดยใช้พลังงานความร้อนที่ได้จากเตาแก๊สซีไฟเออร์แบบ Updraft และ Downdraft. วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- 6 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2547). ราคาแก๊สหุงต้ม. จาก [http://www.eppo.go.th/retail\\_LPG\\_Prices.html](http://www.eppo.go.th/retail_LPG_Prices.html)
- 7 กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรถ้ำมึงกรทองร่วมใจ. (2547). ข้อมูลการใช้แก๊สหุงต้มเพื่อการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน.