

ประสิทธิภาพและนวัตกรรมในการประหยัดเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียม เหลวสำหรับการปรุงอาหาร: การวิเคราะห์เชิงบูรณาการ Efficiency and Innovation in Liquefied Petroleum Gas (LPG) Conservation for Cooking: An Integrated Analysis

ประธาน ศรีชัย^{1*} และ สมบัติ ทำนา²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 99 หมู่ 8 ต.โคกเคียน
อ.เมือง จังหวัด นราธิวาส 96000

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150
ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40000

รับบทความ 28 พฤศจิกายน 2568

แก้ไขบทความ 23 ธันวาคม 2568

ตอบรับบทความ 29 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้เป็นการวิเคราะห์เชิงบูรณาการเกี่ยวกับนวัตกรรมและกลยุทธ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) สำหรับการปรุงอาหาร โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสามส่วนหลัก ได้แก่ การอธิบายหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของการเผาไหม้และการถ่ายเทความร้อน การวิเคราะห์นวัตกรรมเชิงเทคโนโลยีและพฤติกรรมของผู้ใช้งานและการประเมินบริบทด้านสังคมเศรษฐกิจและนโยบายที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาพบว่านวัตกรรมหัวเตาแก๊สขั้นสูง เช่น หัวเตาแบบตัวกลางรูพรุน (Porous Radiant Burners) และหัวเตาอินฟราเรด สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีสูงสุดถึง 71% และลดการปล่อยมลพิษที่เป็นอันตราย คาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจน ในปริมาณที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่นวัตกรรมด้านภาชนะรับความร้อนในกระบวนประกอบอาหารและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้งานต่างมีบทบาทสำคัญในการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง นอกจากนี้การวิเคราะห์กรณีศึกษาในประเทศไทยยังชี้ให้เห็นว่าอุปสรรคเชิงสังคม เช่น ต้นทุนการลงทุนที่สูงและการขาดข้อมูลการใช้งานเบื้องต้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ขัดขวางการนำเทคโนโลยีมาใช้ ซึ่งเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการใช้กลยุทธ์เชิงนโยบายแบบองค์รวมและแนวทางแบบ bottom-up บทความวิชาการฉบับนี้จึงเสนอแนะแนวทางที่ครอบคลุมสำหรับนักวิจัย นักพัฒนาเทคโนโลยี ผู้บริโภคและผู้กำหนดนโยบาย เพื่อขับเคลื่อนการใช้พลังงานความร้อนการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG ในการประกอบอย่างยั่งยืนและยกระดับคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพความร้อน; การประหยัดเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลว; เตาสำหรับการปรุงอาหาร

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน E-mail : prathan.s@pnu.ac.th



ประสิทธิภาพและนวัตกรรมในการประหยัดเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียม
เหลวสำหรับการปรุงอาหาร: การวิเคราะห์เชิงบูรณาการ
Efficiency and Innovation in Liquefied Petroleum Gas (LPG) Conservation
for Cooking: An Integrated Analysis

Prathan Srichai^{1*} and Sombat Tamna²

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University, Mueang Narathiwat, Narathiwat Province 96000

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus, 150 Srichan Road Muang, KhonKaen Province 40000

Received 28 November 2025

Revised 23 December 2025

Accepted 29 December 2025

Abstract

This academic article presents an integrative analysis of innovations and strategies for enhancing the efficiency of liquefied petroleum gas (LPG) utilization in cooking. The study is structured into three main sections: (i) an explanation of the fundamental scientific principles of combustion and heat transfer, (ii) an analysis of technological innovations and user behavior, and (iii) an assessment of the socio-economic and policy contexts. The findings indicate that advanced gas burner technologies, such as porous radiant burners and infrared burners, can significantly improve thermal efficiency (up to 71%) while substantially reducing harmful emissions, including carbon monoxide and nitrogen oxides. In parallel, innovations in cooking utensils and modifications in user practices also play a crucial role in energy conservation. Furthermore, a case study in Thailand highlights that social barriers particularly high investment costs and limited access to information—remain critical obstacles to technology adoption. This underscores the necessity of adopting holistic policy strategies and bottom-up approaches. Accordingly, this article proposes comprehensive pathways for technology developers, consumers, and policymakers to advance sustainable energy use and improve overall quality of life.

keywords: Thermal efficiency; LPG fuel economy; Stove for food cooking

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน E-mail : prathan.s@pnu.ac.th

1. บทนำ

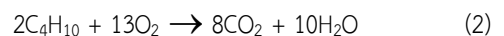
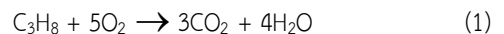
แก๊สปิโตรเลียมเหลวหรือแก๊ส (Liquefied Petroleum Gas, LPG) เป็นเชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในการปรุงอาหารสำหรับครัวเรือนหลายพันล้านคนทั่วโลก Kaushik et al. [1] เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่เข้าถึงได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลแบบดั้งเดิม [2]-[3] เช่น ถ่านไม้หรือฟืน ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศภายในอาคารและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งานอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้มีรายได้น้อยในพื้นที่ชนบทที่ใช้เชื้อเพลิงจากชีวภาพ [4]- [5] การเปลี่ยนมาใช้แก๊ส LPG จึงถือเป็นการยกระดับมาตรฐานคุณภาพชีวิตและลดผลกระทบจากมลพิษที่มีผลเสียต่อระบบหายใจทำให้สุขภาพของผู้คนที่ใช้และเพิ่มมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีนัยสำคัญ [4] อย่างไรก็ตาม การใช้แก๊ส LPG จะเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดกว่าแต่การใช้เตาแก๊สแบบดั้งเดิมยังคงประสบปัญหาการได้มาประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เทียบกันระหว่างค่าพลังงานของเชื้อเพลิงต่อความร้อนที่ได้มาในการแปลงกระบวนการที่มีค่าที่ต่ำจาก งานวิจัยที่ผ่านมา Jakjai et al. [6] ซึ่งนำไปสู่การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและเพิ่มต้นทุนที่สูงขึ้นสำหรับใช้งาน นอกจากนี้ค่าการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ยังก่อให้เกิดสารมลพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซึ่งเป็นภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพในระยะยาว [1] Kashyap et al. [7], Siddharth and S. B. [8] ดังนั้น การพัฒนานวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการวิเคราะห์เชิงบูรณาการเพื่อทำความเข้าใจและประเมินนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แก๊ส LPG สำหรับการปรุงอาหาร โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นส่วนตัวอย่าง ได้แก่ การอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานของการเผาไหม้และการถ่ายเทความร้อนรวมถึงการวิเคราะห์และเปรียบเทียบนวัตกรรมด้านหัวเตาและภาชนะประกอบอาหาร การนำเสนอแนวทางปฏิบัติที่ส่งเสริมการประหยัดพลังงานในระดับครัวเรือนและการประเมินบริบทด้านสังคม เศรษฐกิจและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีประหยัดพลังงานมาใช้ในประเทศไทย

2. หลักการพื้นฐานของการเผาไหม้และการถ่ายเทความร้อน

2.1 การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเตาแก๊ส LPG

การเผาไหม้ (Combustion) ของแก๊ส LPG ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยโพรเพน (C₃H₈) และบิวเทน (C₄H₁₀) เป็นการเปลี่ยนปฏิกิริยาเคมีมาเป็นความร้อนหรือการสันดาปที่ต้องใช้ออกซิเจนที่มีส่วนผสมของออกซิเจนในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ตามอัตราส่วน (Stoichiometric ratio) สมการเคมีของแก๊สธรรมชาติไทย [9] เมื่อการเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และไอน้ำ (H₂O) [10] ดังสมการ ที่ 1 และ 2



ในทางปฏิบัติ การเผาไหม้ที่สมบูรณ์สามารถสังเกตได้จากลักษณะของเปลวไฟที่เป็นสีน้ำเงิน มั่นคงของเปลวไฟและไม่มีควันหรือเขม่า โดยมีการสังเกตเปลวไฟและลักษณะ

ความเสถียรของเปลวไฟ (Flame Stability) ในเตาแก๊ส LPG คือความสามารถของเปลวไฟที่คงรูปแบบ รูปร่าง และตำแหน่งได้มั่นคง โดยไม่ดับ ลอย สั่น หรือแผ่กระจาย แม้สภาวะการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศเปลี่ยนแปลง เปลวไฟเสถียรมีลักษณะสีฟ้านิ่ง สมบูรณ์จากการเผาไหม้แบบ stoichiometric (อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่อัตราส่วน 25 ต่อ 1 สำหรับ LPG) ให้ความร้อนสม่ำเสมอที่ประมาณ 1400-1600°C สามารถลดเขม่าและ CO₂ [10]

ปัจจัยหลัก ได้แก่ อัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิง ความเร็วการไหลของอากาศช่วง 0.5-2 m/s ความดันแก๊ส LPG 0.02-0.05 bar และการออกแบบหัวเตาแบบผสมกับอากาศล่วงหน้า (Premix) หากอากาศน้อย การเผาไหม้มีส่วนผสมหนาทำให้เปลวไฟมีสีแดงแสดงถึงการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ หากมากเกินไป เปลวไฟลอยและดับง่าย การปรับวาล์วอากาศและ recirculation zone ช่วยยึดเปลวไฟให้มั่นคงทำให้ค่าความร้อนคงที่ [11]- [12]

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2567 [13] ในทางตรงกันข้าม หากอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงไม่เหมาะสม จะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งทำให้เกิดสารมลพิษที่เป็นอันตราย เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และเขม่าควัน จากงานวิจัยที่ผ่านมา Siddharth and S. B. [8] และ เจษฎาและคณะ [14] การปรับตั้งเปลวไฟให้เป็นสีน้ำเงิน



อย่างเหมาะสมจึงเป็นขั้นตอนพื้นฐานในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงและลดการปล่อยมลพิษ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [13]

2.2 กระบวนการถ่ายเทความร้อนในการปรุงอาหาร

การถ่ายเทความร้อนจากแหล่งกำเนิดจากตำแหน่งให้ความร้อนหัวเตาแก๊ส ไปยังภาชนะและอาหารในการให้ความร้อนปรุงอาหารเกิดการถ่ายโอนความร้อนขึ้นผ่านสามกระบวนการหลัก ได้แก่ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) Pu, [15] โดยรายละเอียดกระบวนการถ่ายเทความร้อนมีดังนี้

การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยตรงผ่านการสัมผัสทางกายภาพ เช่น ความร้อนจากเปลวไฟที่สัมผัสกับภาชนะโดยตรงหรือความร้อนที่เคลื่อนที่จากกันภาชนะไปยังอาหาร

การพาความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านการเคลื่อนที่ของของไหล ที่มีสถานะแก๊สหรือของเหลว เช่น อากาศร้อนที่พัดผ่านรอบภาชนะหรือการหมุนเวียนของน้ำที่กำลังเดือดในหม้อ

การแผ่รังสีเป็นการถ่ายเทความร้อนในรูปของคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น อินฟราเรด โดยไม่จำเป็นต้องมีตัวกลางในการสัมผัส

เตาแก๊สแบบดั้งเดิมส่วนใหญ่ใช้กลไกการพาความร้อนเป็นหลัก โดยความร้อนจำนวนมากจะสูญเสียไปในอากาศโดยรอบแทนที่จะถูกส่งไปยังภาชนะอย่างเต็มที่ Pu [12] การพัฒนานวัตกรรมที่ช่วยประหยัดพลังงานจึงมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มสัดส่วนการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสี ซึ่งสามารถส่งผ่านพลังงานได้อย่างตรงตำแหน่งการรับความร้อนทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่าและลดการสูญเสียความร้อน เนื่องจากไม่ได้รับผลกระทบจากลมหรือการไหลเวียนของอากาศที่ไม่ได้ใช้ในการปรุงอาหาร ตามงานวิจัยของ อริสท์และประธาน [16] สิ่งเหล่านี้คือหลักการสำคัญที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของนวัตกรรมหัวเตาขั้นสูง

3. นวัตกรรมด้านอุปกรณ์ หัวเตาและภาชนะประกอบอาหาร

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แก๊ส LPG ในกระบวนการปรุงอาหารสามารถทำได้ผ่านการปรับปรุงอุปกรณ์หลัก ได้แก่ หัวเตาแก๊สและภาชนะประกอบอาหาร โดยการพัฒนาล่าสุด

มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency) ลดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้และลดการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้

3.1 นวัตกรรมหัวเตาแก๊ส

นวัตกรรมหัวเตาที่ใช้สำหรับให้ความร้อนอาหารและมีความประหยัดพลังงานมีดังต่อไปนี้

3.1.1 หัวเตาอินฟราเรด (Infrared Burners)

เป็นนวัตกรรมที่ใช้แผ่นเซรามิกเป็นตัวกลางในการแผ่รังสีความร้อน เจษฎา และคณะ[14], Aroonjarattham et al. [17] โดยแก๊สจะถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ภายในแผ่นเซรามิก ทำให้แผ่นดังกล่าวสะสมความร้อนมีลักษณะที่แดงร้อนเหมือนถ่านตอนไหม้ไฟและแผ่รังสีอินฟราเรดความร้อนออกมาถ่ายโอนความร้อนโดยตรงสู่กันภาชนะ ซึ่งแตกต่างจากหัวเตาทองเหลืองแบบดั้งเดิมที่ให้ความร้อนด้วยเปลวไฟเปิด เจษฎาและคณะ [14] ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหัวเตาอินฟราเรดสามารถช่วยประหยัดแก๊สได้มากกว่าหัวเตาทองเหลืองแบบดั้งเดิมถึง 40% นอกจากนี้ การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยังช่วยลดการเกิดเขม่าควัน ทำให้กันหม้อ กระทะหรือภาชนะที่มีลักษณะใหม่มีสีดำที่เป็นฉนวนต้านทานความร้อนจากผนังภายนอกสู่ผนังภายใน ซึ่งช่วยรักษาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของภาชนะในระยะยาว

3.1.2 หัวเตาแบบมีตัวกลางรูพรุน (Porous Radiant Burners)

หัวเตาชนิดนี้มีการเผาไหม้เกิดขึ้นภายในช่องว่างของวัสดุเซรามิกหรือโลหะที่มีรูพรุนสูง [1]-[2] หลักการนี้ช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เนื่องจากการกระจายความร้อนและผสมอากาศและเชื้อเพลิงได้ดีขึ้นภายในโครงสร้างรูพรุน ผลงานวิจัยชิ้นหนึ่งพบว่าหัวเตาแบบตัวกลางรูพรุน Porous Radiant Burner (PRB) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงสุดถึง 71% โดยมีค่าซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของเตาแก๊ส LPG ทั่วไปในครัวเรือนซึ่งอยู่ที่ประมาณ 51% Siddharth and S. B. [8] และสูงกว่าเตาแก๊สแบบดั้งเดิมซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 30-35% Aroonjaratthamet et al. [17] นอกจากนี้ยังมีการลดการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ของเตา LPG อย่างมีนัยสำคัญ โดยลดการปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลงได้ถึง 84.4% และออกไซด์

ของไนโตรเจน (Nox) ลงได้ถึง 91.3% เมื่อเทียบกับหัวเตาแบบดั้งเดิมที่ไม่มีวัสดุพูน [1]

3.1.3 การเพิ่มประสิทธิภาพผ่านการปรับปรุงเชิงโครงสร้าง

การวิจัยและพัฒนาเตาแก๊สอย่างต่อเนื่องยังพบว่า การปรับปรุงเชิงโครงสร้างของหัวเตาแบบดั้งเดิมก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น การปรับเปลี่ยนมุมของช่องหัวเผา (Outer port) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้ถึง 13% ในขณะที่การเพิ่มจำนวนช่องจ่ายเชื้อเพลิงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนได้ในช่วง 5-7% Aroonjarattham [13] นอกจากนี้ การออกแบบหัวเตาให้เกิดการไหลแบบหมุนวน (Swirl flow) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้ประมาณ 15% [6] ผลการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าแม้การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างเพียงเล็กน้อยก็สามารถส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพโดยรวมของเตาแก๊สได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนและผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมของหัวเตาแก๊สประเภทต่างกัน

ประเภทหัวเตา	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	การประหยัดเชื้อเพลิง (%)	การลดมลพิษ	แหล่งอ้างอิง
ทั่วไป	30-35%	-	-	[18]
เตาแก๊สในครัวเรือน (เฉลี่ย)	51%	-	-	[19]
อินฟราเรด (Infrared)	มากกว่า 40% (เทียบกับหัวทองเหลือง)	>40%	ไม่ทำให้เกิดเขม่า	[14],[20]
ตัวกลางพูน (PRB)	สูงสุด 71%	เฉลี่ย 29.46%	ลด CO 84.4%, ลด Nox 91.3%	[21]-[22]
การปรับปรุงเชิงโครงสร้าง (Swirl)	เพิ่ม 15%	-	ลด CO ₂	[16],[23]

3.2 นวัตกรรมภาชนะประกอบอาหาร

นอกจากหัวเตาในการให้ความร้อนแล้ว ภาชนะประกอบอาหารก็มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเช่นกัน

ภาชนะที่มีครีบลแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger Fins) นวัตกรรมนี้เป็นการออกแบบหม้อหรือกระทะโดยมีครีบลโลหะคล้ายครีบลำน้ำที่กั้นภาชนะ Lacey et al. [24] ซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับความร้อนจากเปลวไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถดูดซับความร้อนได้มากขึ้นและถ่ายเทไปยังอาหารได้อย่างรวดเร็ว ผลการทดสอบพบว่าภาชนะที่มีครีบลสามารถทำให้อาหารร้อนเร็วขึ้นถึง 50% เมื่อเทียบกับภาชนะทั่วไป ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดเวลาการปรุงอาหารและลดการสิ้นเปลืองแก๊ส

การเลือกวัสดุและขนาดที่เหมาะสม การเลือกใช้ภาชนะที่เคลือบด้วยสารพิเศษ เช่น ทินอ่อน หรือมีวัสดุที่ช่วยกักเก็บความร้อน สามารถช่วยรักษาอุณหภูมิของอาหารให้ร้อนได้นานขึ้น maggi [25] นอกจากนี้ การเลือกขนาดของภาชนะให้เหมาะสมกับปริมาณอาหารก็เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนที่เกินความจำเป็น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [11] โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต [26] ลักกี้เฟลม, 2567 [27], เทคโนโลยีไทย [28]

4.การวิเคราะห์ด้านคอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองเงื่อนไขของเตาแก๊ส

การวิจัย ที่ผ่านมามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊ส โดยเฉพาะผ่านการประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข (Numerical Simulation) และแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics: CFD) เพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมของการไหลของแก๊ส การกระจายอุณหภูมิ และการถ่ายเทความร้อนในระบบเผาไหม้ที่ซับซ้อน งานวิจัยของ Zhang et al. [29] เป็นตัวอย่างสำคัญที่ประยุกต์ใช้ CFD เพื่อจำลองกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาแก๊สรูปแบบ Top Combustion Hot Reduction โดยมุ่งวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในสภาวะการไหลและการผสมของแก๊สเชื้อเพลิง ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าสามารถปรับปรุงรูปแบบหัวเผาและโครงสร้างภายในเตาเพื่อเพิ่มอัตราการแผ่รังสีความร้อน และลดการสูญเสียพลังงาน ซึ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้แบบจำลอง CFD ในการออกแบบระบบเตาแก๊สประสิทธิภาพสูง



ในอีกงานวิจัยของ Gao et al. [30] ได้ทำการทบทวนอย่างครอบคลุมเกี่ยวกับเทคนิคต่าง ๆ สำหรับการเพิ่มสมรรถนะทางความร้อนของเตาแก๊สในครัวเรือน ครอบคลุมทั้งการออกแบบหัวเผา การควบคุมการผสมอากาศกับแก๊สเชื้อเพลิง การปรับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน รวมถึงการใช้วัสดุทนความร้อนชนิดใหม่ งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นทิศทางของนวัตกรรม เช่น การใช้เทคนิค การหมุนควง (Swirl flow) และการกระจายตัวความร้อนแบบ (Vortex formation) เพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่และพาความร้อน ส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และลดการสูญเสียพลังงาน

นอกจากนี้ Wang et al. [31] ศึกษาทั้งเชิงตัวเลขและการทดลองเกี่ยวกับผลของการติดครีบลอย (Fins) บนกันภาชนะประกอบการทำอาหาร ซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อนและปรับปรุงประสิทธิภาพของการถ่ายเทจากเปลวไฟสู่ภาชนะ ผลลัพธ์ยืนยันว่าการออกแบบพื้นผิวสัมผัสด้วยครีบบนรังผึ้งหรือครีบบนรูปสามเหลี่ยมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้อย่างมีนัยสำคัญ

5. แนวทางปฏิบัติและพฤติกรรมผู้ใช้งาน

ถึงแม้เทคโนโลยีด้านอุปกรณ์จะเป็นปัจจัยสำคัญ แต่การประหยัดพลังงานขั้นสูงสุดจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้งานของผู้บริโภคควบคู่ไปด้วย การปฏิบัติตามแนวทางที่แนะนำจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพของนวัตกรรมเชิงเทคโนโลยี แนวทางปฏิบัติที่ส่งเสริมการประหยัดพลังงานในระดับครัวเรือนได้แก่

การเลือกใช้เตาแก๊สประสิทธิภาพสูง เลือกใช้เตาแก๊สที่ได้รับฉลากประหยัดพลังงานเบอร์ 5 ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ส่งเสริมและรับรองว่าเป็นเตาที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาทั่วไปในท้องตลาดอย่างน้อย 6.4% กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2567 [11], ลักกี้เฟลม [27] การดูแลรักษาหัวเตา หมั่นทำความสะอาดหัวเตาอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่องปล่อยแก๊สและท่อทางในการเดินของอากาศและเชื้อเพลิง เพื่อป้องกันการอุดตันจากคราบเขม่าหรือเศษอาหาร ซึ่งจะทำให้แก๊สไหลออกไม่สม่ำเสมอและส่งผลให้การเผาไหม้ไม่มีประสิทธิภาพ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [11], เจษฎา โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต [26]

การวางแผนการประกอบอาหาร วางแผนขั้นตอนและเตรียมวัตถุดิบให้พร้อมก่อนเริ่มเปิดเตา เพื่อลดช่วงเวลาที่เปิดแก๊สทิ้งไว้โดยไม่มีการปรุงอาหาร ซึ่งสามารถช่วยประหยัดแก๊สได้มากถึง 1/20 ของปริมาณแก๊สขนาด 15 กิโลกรัมต่อเดือน

การใช้ภาชนะที่เหมาะสม เลือกใช้ภาชนะที่มีขนาดพอดีกับปริมาณอาหารและขนาดหัวเตา รวมถึงปิดฝาภาชนะขณะต้มหรือตุ๋นเพื่อกักเก็บความร้อนและเร่งให้เดือดเร็วขึ้น

การป้องกันลม หลีกเลี่ยงการตั้งเตาแก๊สในพื้นที่บริเวณที่มีลมพัดแรงเนื่องจากลมทำให้เกิดการพาความร้อนไม่ให้ความร้อนเข้าสู่ภาชนะ หรือใช้แผ่นกันลมเพื่อลดการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อน โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2566; กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2567 [11]; โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2566; ลักกี้เฟลม [16]- [17]

การบูรณาการระหว่างนวัตกรรมเชิงเทคโนโลยีและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้ใช้งานจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยทำให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในระดับครัวเรือน การแก้ปัญหาพลังงานอย่างยั่งยืนจึงต้องมาจากหลายมิติ ทั้งจากผู้ผลิต การพัฒนานวัตกรรมและผู้บริโภค การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการปล่อยมลพิษไอเสียให้น้อยที่สุด

6. บริบทด้านสังคม เศรษฐกิจ และนโยบายที่เกี่ยวข้อง

การนำนวัตกรรมประหยัดพลังงานมาใช้ในวงกว้างไม่ได้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพเชิงเทคนิคเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับบริบททางสังคมและเศรษฐกิจด้วย จากกรณีศึกษาในประเทศไทย พบว่าโครงการส่งเสริมเตาประหยัดพลังงานที่ดำเนินการโดยภาครัฐในปี 1984 ประสบความสำเร็จ แม้จะมีเทคโนโลยีที่ดีแล้วก็ตาม Limmeechokchai และ Chawana, 2007 [32] ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าอุปสรรคสำคัญสามประการที่ขัดขวางการนำเทคโนโลยีมาใช้ในกลุ่มเป้าหมายคือ ส่วนแรกต้นทุนการลงทุนที่สูง ส่วนที่สองการขาดแคลนข้อมูลที่เข้าถึงได้และส่วนที่สามการขาดแหล่งเงินทุนสนับสนุน การไม่ได้ตามเป้าหมายดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้แนวทางแบบ "Top-down" ซึ่งมุ่งเน้นการผลักดันเทคโนโลยีจากภาครัฐเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการแก้ไขปัญหาเชิงโครงสร้างทางสังคม ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการใช้กลไกทางสังคมและ

เศรษฐกิจที่เหมาะสมควบคู่ไปกับการพัฒนาเทคโนโลยีดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนและผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมของหัวเตาแก๊สประเภทต่างกัน

อุปสรรคสำคัญ	กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อแก้ไข	ผลลัพธ์เชิงปริมาณที่ประสบ	แหล่งอ้างอิง
		ความสำเร็จ	
ต้นทุนการลงทุนที่สูง	การใช้กลยุทธ์ SETS(Sustainable Energy Triangle Strategy) ที่เน้นความร่วมมือจากทุกภาคส่วน	อัตราการนำเตาประหยัดพลังงานไปใช้แทนที่เตาแบบดั้งเดิมมากกว่า 20% ต่อปี	[32]
การขาดแคลนข้อมูล	การใช้กลยุทธ์ SETS ที่เริ่มจากผู้ใช้งานและให้ความรู้ที่ถูกต้อง	สามารถเปลี่ยนพฤติกรรมและเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ได้	[32]-[33]
การขาดแคลนแหล่งเงินทุน	สนับสนุนทางการเงินและกลไกที่เข้าถึงได้ง่าย	-	[32]

การศึกษาพบว่าการใช้กลยุทธ์ที่เรียกว่า Sustainable Energy Triangle Strategy (SETS) ซึ่งเป็นแนวทางแบบแนวคิดในท้องปฏิบัติการใช้งานจริง (Bottom-up) ที่เน้นการเริ่มต้นจากกลุ่มผู้ใช้งานและสร้างความร่วมมือจากทุกภาคส่วน มีความสำเร็จอย่างยิ่งในการนำเตาประหยัดพลังงานมาใช้แทนที่เตาแบบดั้งเดิม Limmeechokchai and Chawana [32] นอกจากผลสำเร็จในระดับครัวเรือนแล้ว การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงในภาคครัวเรือนยังสามารถช่วยลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับประเทศได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลการศึกษาในประเทศไทยชี้ให้เห็นว่าการนำอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมาใช้สามารถลดการปล่อย สะสมได้ถึง 13.36% ในช่วง 2010-2050 Kusumadewi and Limmeechokchai [32] ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของนโยบายและการจัดการพลังงานในระดับมหภาค

7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ในบทความนี้แสดงให้เห็นว่าการประหยัดเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ในกระบวนการปรุงอาหารเป็นประเด็นที่ซับซ้อนและต้องพิจารณาจากหลายสาเหตุ ทั้งในแง่ของวิศวกรรมการพัฒนาหัวเตาและภาชนะ พฤติกรรมศาสตร์ การให้ความรู้และแนวทางปฏิบัติแก่ผู้บริโภคและการจัดการเชิงนโยบายการลดอุปสรรคด้านสังคมและเศรษฐกิจ นวัตกรรมเชิงเทคโนโลยี เช่น หัวเตาแบบตัวกลางรูปวงและหัวเตาอินฟราเรด แสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่น่าทึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนและลดมลพิษ ในขณะเดียวกัน การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมพื้นฐานของผู้บริโภคก็มีบทบาทสำคัญที่ไม่สามารถมองข้ามได้

7.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

การวิจัยเชิงลึกด้านเทคโนโลยี ควรมีการวิจัยเชิงลึกเกี่ยวกับนวัตกรรมที่ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น เช่น การนำเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากความร้อนส่วนเกินของเตาแก๊สโดยใช้หลักการเทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric generator) มาประยุกต์ใช้ ทศพร สรุชน [34] เพื่อให้ความร้อนที่สูญเสียไปสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็กได้

การศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์ ควรมีการศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนในนวัตกรรมประหยัดพลังงานในระยะยาวสำหรับครัวเรือนที่มีรายได้ต่างกัน เพื่อให้สามารถออกแบบกลไกทางการเงินที่เหมาะสม

การวิจัยด้านพฤติกรรมศาสตร์ ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยทางวัฒนธรรมและพฤติกรรมที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในครัวเรือนไทย เพื่อให้การออกแบบนโยบายการส่งเสริมมีประสิทธิภาพมากขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับเชิงเศรษฐศาสตร์

นโยบายลดภาษีสำหรับผู้ประกอบการพัฒนานวัตกรรมเตาแก๊สประสิทธิภาพสูงและกลไกคาร์บอนเครดิตช่วยลดการปล่อย CO₂ ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจสีเขียวของไทย สอดคล้องกับเป้าหมายคาร์บอน neutrality ภายในปี 2050 [35]

นโยบายลดภาษีด้านนวัตกรรม



เสนอให้คณะรัฐมนตรีขยายมาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้นิติบุคคล 1.5 เท่าของค่าใช้จ่ายในการวิจัย พัฒนา และผลิตเตาแก๊สประสิทธิภาพสูงที่ได้รับฉลากประหยัดพลังงานดาว 5 ดวงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) โดยกำหนดให้ใช้สิทธิได้ถึงสิ้นปี 2571 คล้ายมาตรการอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่มีอยู่สำหรับผู้ประกอบการที่จดทะเบียน BOI ในกลุ่มอุตสาหกรรม BCG เตาแก๊สประสิทธิภาพสูงจะได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 5-8 ปี พร้อมยกเว้นภาษีนำเข้าวัตถุดิบเพื่อกระตุ้นลงทุนไม่น้อยกว่า 2.5 แสนล้านบาท ลดนำเข้า LNG และประหยัดพลังงาน 30 GWh/ปี [36]

กลไกส่งเสริมคาร์บอนเครดิต

องค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก (อบก.) ควรรับรองโครงการ T-VER สำหรับเตาแก๊สที่ลด CO₂ เกิน baseline โดยผู้ผลิตที่พิสูจน์การลดการปล่อยได้ไม่น้อยกว่า 20% ต่อหน่วย จะได้รับ T-VER Credit จำนวนเท่ากับปริมาณ CO₂ ที่ลดลง สามารถขายในตลาดคาร์บอนได้ในราคาเฉลี่ย 90 บาท/ตัน กลไกนี้เชื่อมโยงกับ Premium T-VER เพื่อใช้ offset การบินระหว่างประเทศ สร้างรายได้ให้ผู้ประกอบการและลดการปล่อยรวม 15 ล้านตัน CO₂/ปี [37]

7.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ส่งเสริมการเข้าถึงเทคโนโลยี ภาครัฐควรส่งเสริมโครงการอุดหนุนทางการเงินหรือสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการเปลี่ยนมาใช้เตาแก๊สประสิทธิภาพสูง รวมถึงขยายโครงการฉลากประหยัดพลังงานเบอร์ 5 ให้ครอบคลุมผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่หลากหลาย [38]

การให้ความรู้และประชาสัมพันธ์ ควรจัดทำแคมเปญให้ความรู้และประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางที่หลากหลาย เพื่อให้ข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับประโยชน์และความปลอดภัยของเตาแก๊สรุ่นใหม่และแนวทางการใช้งานที่ประหยัดพลังงาน [39]

การสร้างความร่วมมือ สร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชนตามแนวทาง Sustainable Energy Triangle Strategy (SETS) เพื่อให้การนำนวัตกรรมไปใช้เป็นไปอย่างยั่งยืนและครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย [40]

8.กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่สนับสนุนการทําทบความวิชาการฉบับนี้

9.เอกสารอ้างอิง

- [1] L. K. Kaushik, S. Deb, and P. Muthukumar, "Energy saving and techno-economic assessment of self aspirated domestic LPG stove with porous radiant burner," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 377, no. 1, Art. no. 012194, 2018.
- [2] P. Muthukumar, P. Anand, and P. Sachdeva, "Performance analysis of porous radiant burners used in LPG cooking stove," *International Journal of Energy, Environment and Economics*, vol. 2, no. 2, 2011.
- [3] B. Limmeechokchai and S. Chawana, "Sustainable energy development strategies in rural Thailand: The case of the improved cooking stove and the small biogas digester," *Renewable and Sustainable Energy Reviews / Journal.*, vol. 11, no. 5, pp. 818–837, 2007, doi: 10.1016/j.rser.2005.06.002.
- [4] R. Van Leeuwen, A. Evans, and B. Hyseni, *Increasing the Use of Liquefied Petroleum Gas in Cooking in Developing Countries*. Washington, DC, USA: World Bank, 2017.
- [5] M. Palanisamy et al., "Evolutions in gaseous and liquid fuel cook-stove technologies," *Energies*, vol. 16, no. 2, Art. no. 763, 2023, doi: 10.3390/en16020763.
- [6] S. Jugjai, S. Tia, and W. Trewetaskorn, "Thermal efficiency improvement of an LPG gas cooker by a swirling central flame," *International Journal of Energy Research*, vol.

- 25, no. 8, pp. 657–674, 2001, doi: 10.1002/er.708.
- [7] S. R. Kashyap, S. Pramanik, and R. V. Ravikrishna, “A review of energy-efficient domestic cookstoves,” *Applied Thermal Engineering*, vol. 236, Art. no. 121510, 2023, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2023.121510.
- [8] M. A. Siddharth and S. B., “Thermal efficiency of household LPG stoves: A study of different models and their performance,” *Energy Conversion and Management*, vol. 168, pp. 142–151, 2018.
- [9] สมาคมแก๊สธรรมชาติไทย, “อัตราส่วนของอากาศที่ใช้ในการสันดาปหรือการเผาไหม้ที่สมบูรณ์,” 2566. [Online]. Available: <https://www.ngvthai.or.th/> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [10] พรพรรณ สกนวัฒน์, “ปฏิกิริยาการเผาไหม้แก๊สหุงต้ม (LPG),” เอกสารประกอบการเรียนวิชาเคมี, 2551.
- [11] ลัคกี้เฟลม, “สาเหตุ และ วิธีแก้ปัญหา ไฟแดง ไฟลอย มีเขม่า กันหม้อดำ – เตาตั้งโต๊ะ,” 2568. [Online]. Available: <https://www.luckyflame.co.th> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [12] “คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสภาคทฤษฎี ด้านความร้อน พ.ศ. 2567,” 2567. [Online]. Available: <https://image.makewebeasy.net/> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [13] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “แนะนำวิธีประหยัดแก๊สหุงต้ม ใช้ยังไงให้เซฟเตาแก๊สในบ้าน,” เข้าถึงเมื่อ 24 ก.ย. 2568. [Online]. Available: <https://gcc.go.th> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [14] เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, “อ.เจษฎา แนะนำ ‘เตาแก๊สอินฟราเรด’ พร้อมทริกประหยัดแก๊สหุงต้ม,” ไทยรัฐออนไลน์, 2565. [Online]. Available: <https://www.thairath.co.th> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [15] P. Pu, “การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ในการทำอาหาร,” 2567. [Online]. Available: <https://ajarncharoen.wordpress.com>. (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [16] อริสท์ มะ และ ประทาน ศรีชัย, “อิทธิพลของความเร็วลมต่อสถานะความร้อนของเตาแก๊สปิโตรเลียมเหลว รุ่น KB-5” การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 15, 2568.
- [17] P. Aroonjarattham, “The parametric study of high pressure gas burner affect thermal efficiency” *Engineering Journal.*, vol. 20, no. 3, pp. 33–46, 2016, doi:10.4186/ej.2016.20.3.33.
- [18] P. Pongsakorn, “The parametric study of high pressure gas burner affect thermal efficiency” *Journal of Engineering and Applied Science - Springer Link. Sci.*, vol. 11, no. 11, pp. 345–356, 2016.
- [19] M. A. Siddharth and S. B., “Thermal efficiency of household LPG stoves: A study of different models and their performance” *Energy Conversion and Management.*, vol. 168, pp. 142–151, 2018.
- [20] “วิธีประหยัดแก๊สหุงต้ม,” ฐานเศรษฐกิจ, 23 มิ.ย. 2565. [Online]. Available: <https://www.thairath.co.th/>. (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [21] D. Bhardwaj, S. N. Khandelwal, and O. K. Singh, “Energy saving and techno-economic assessment of self aspirated domestic LPG stove with porous radiant burner,” *International Journal of Heat and Technology*, vol. 36, no. 3, pp. 1147–1154, 2018.
- [22] M. Gopinathan, G. G. G., and S. Babu, “Performance analysis of porous radiant burners used in LPG cooking stove,” *Journal of the Energy Institute*, vol. 97, no. 1, pp. 304–315, 2024.
- [23] S. C. Mishra, “Thermal efficiency improvement of an LPG gas cooker by a swirling central



- flame” *Energy*, vol. 20, no. 2, pp. 198–208, 2020.
- [24] Lacey, Fives Group, “High velocity, low-NOx burners designed for a wide variety of applications” 2 5 6 7 .[Online]. Available: <https://www.fivesgroup.com> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [25] Maggi , “4 ประเภทกระทะ วิธีเลือกกระทะให้เหมาะกับเมนูอาหาร,” 2567. [Online]. Available: <https://www.maggi.co.th/kitchen-tips> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [26] โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, “ประหยัดแก๊ส หุงต้มง่ายนิดเดียว,” 2566. [Online]. Available: <https://food.dusit.ac.th/>(เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [27] ลัคกี้เฟลม, “วิธีใช้เตาหุงต้ม แบบช่วยประหยัดเงินในกระเป๋า,” 2 5 6 7 . [Online]. Available: <https://www.luckyflame.co.th> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [28] เทคโนโลยีไทย, “ใช้แก๊สเท่าเดิม ทำอาหารได้มากขึ้น ประหยัดแก๊สทำอาหารในชีวิตประจำวัน,” 2567. [Online]. Available: <https://tecnogasthai.com/save-cooking-gas/> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [29] J. Zhang et al., “Numerical simulation and thermal efficiency analysis of top combustion hot reduction gas stove based on computational fluid dynamics” *Steel research international Journal*, May 2 0 2 5 , Art. no. 2500147.
- [30] W. Gao et al., “Comprehensive review on thermal performance enhancement of domestic gas stoves,” *ACS Omega Journal*, vol. 8, no. 30, pp. 26663–26684, 2023.
- [31] J. Wang, W. Zhang, T. Yang, Y. Yu, C. Liu, and B. Li, “Numerical and experimental investigation on heat transfer enhancement by adding fins on the pot in a domestic gas stove” *Energy*, vol. 239, Art. no. 122439, Jan. 2022.
- [32] T. V. Kusumadewi and B. Limmeechokchai, “Energy efficiency improvement and CO₂ mitigation in residential sector: Comparison between Indonesia and Thailand” *Energy Procedia*, vol. 79, pp. 994–1000, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.599.
- [33] A. S. Hansen and J. L. Gries, Increasing the Use of Liquefied Petroleum Gas in Cooking in Developing Countries. Washington, DC, USA: *Worldbank*, [Online]. Available: <https://openknowledge.worldbank.org/> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [34] ทศพร สุรชน, “อุปกรณ์ประหยัดพลังงานสำหรับเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก” *วารสารศึกษาศาสตร์เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, vol. 5, no. 2, pp. 49–62, 2557.
- [35] “Thailand approves major tax incentives to accelerate renewable energy and energy efficiency,” *Solar Quarter*, Jul. 1 0 , 2 0 2 5 . [Online]. Available: <https://solarquarter.com> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [36] “BOI green energy investment Thailand” Themis Partner, 2025. [Online]. Available: <https://thailand.themispartner.com> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [37] “Thailand’s pathway to net zero,” *The Nation Thailand*, 2024. [Online]. Available: <https://www.nationthailand.com> (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)
- [38] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “ฉลากประสิทธิภาพพลังงานประเทศไทย” 2568. [Online]. Available: <https://thaihepslabel.dede>.
- [39] “Thailand: Energy Efficiency Plan,” *Asia Pacific Energy Portal*, 2 0 2 0 . [Online]. Available:



<https://policy.asiapacificenergy.org> (เข้าถึงเมื่อ:
20 ธันวาคม 2568)

- [40] “Unlocking Thailand’s sustainable energy future” SP Group, 2023. [Online]. Available:
[https://www.spgroupasia.com/insights/whitep
aper](https://www.spgroupasia.com/insights/whitepaper) (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2568)