การศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อนจากของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

The study of heating value of fuel mass mixing between fat dregs and agricultural wastes.

สำรวม โกศลานันท์ [1] ณัฐกานต์ นิตยพัธน์ [2]
พิพัฒน์ ปราโมทย์ [2] และ ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิ่ม [2]

บทคัดย่อ

ไขมันจากพืชและสัตว์มีความสามารถในการจุดติดไฟได้ น้ำมันพืชโดยทั่วไปให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 35,000 kJ / kg ไขมัน และน้ำมันจากสัตว์ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 37,000 kJ / kg ส่วนน้ำมันเตา (Burner fuel oil no.2) ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 39,000 kJ / kg เห็นได้ว่ากากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างไขมันพืช และสัตว์จะมีค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเตาเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการผสมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอาจช่วยเพิ่มค่าพลังงานความร้อนขึ้นได้ นอกจากนี้วัสดุเหล่านี้ยังมีส่วนช่วยทำให้ไขมันเหล่านี้จับตัวเป็นก้อนได้ด้วย ซึ่งเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของแข็งนั้น มีความสะดวกในการขนส่ง และการอุปโภคตามครัวเรือนมากกว่าเชื้อเพลิงเหลว งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อน จากของผสมระหว่างกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องทำการกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อาจปะปนมากับกากไขมัน ก่อนนำไขมันมาผสมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และกำจัดน้ำในก้อนเชื้อเพลิงที่ทดลองผลิตได้ให้มากที่สุด เพื่อให้ก้อนเชื้อเพลิงนี้สามารถจุดไฟติดได้ต่อเนื่อง

[1]นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Abstract

This article examines the production of fuel mass derived from the mixtures between fat dreg from grease trap in food shops and agricultural wastes. Before mixing fat with agricultural wastes, we need to get rid the water in experimental fuel mass. Therefore, the fuel mass can light a fire continuously. Generally, vegetable oil has the value of heating energy about 35,000 kj / kg. Fat and oil from animal have the value of heating energy about 37,000 kj / kg while fuel oil gives the value of heating energy about 39,000 kj / kg. We can see that fat dregs from grease trap in food shops mixing between plant fat and animal fat have the value of heating energy slightly lower than fuel oil. However, blending agricultural wastes increase the heating energy value. Besides, this waste can make the fat becoming a solid. In addition, fuel in the form of solid has a convenience for transportation and household consumption than liquid fuel.

1. บทนำ

เนื่องจากสภาวะสังคมเมืองที่วุ่นวายในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองหลวงใหญ่ๆ ประกอบกับการจราจรที่ติดขัดทำให้ผู้คนส่วนใหญ่ต่างเร่งรีบในการดำรงชีวิต ในเรื่องของการเดินทาง การประกอบอาชีพ การแสวงหาอาหารเพื่อการดำรงชีพ จะเห็นได้ว่าตามศูนย์การค้าหลายแห่ง จะแน่นขนัดไปด้วยผู้คนที่ต่างก็มาหาอาหารรับประทานมากกว่าการทำอาหารทานเองที่บ้าน เพราะความสะดวกรวดเร็ว ความหลากหลายของอาหาร ศูนย์อาหารเหล่านี้เองที่ก่อให้เกิดปัญหาอันเนื่องมาจากการประกอบอาหาร ซึ่งทิ้งกากไขมัน และเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคต่อวันค่อนข้างมาก และก่อให้เกิดมลพิษในการทำลายสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะก่อให้เกิดน้ำเน่าเสียเพราะกากไขมันจะเป็นฟิลม์บนผิวน้ำ ออกซิเจนจึงไม่สามารถละลายลงไปในน้ำได้ และเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อมต่างๆ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำลายค่อนข้างสูงมาก วิธีการทำลายคือ การขุดฝังกลบ โดยเฉลี่ยค่าใช้จ่ายประมาณลูกบาศก์เมตรละ 1,000 บาท ไม่รวมค่าขนส่ง

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การหาปริมาณไขมันโดยวิธีกรวยแยก

หาปริมาณไขมันโดยวิธีกรวยแยก เริ่มจากเตรียมขวดรูปชมพู่ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน โดยการนำขวดรูปชมพู่เข้าตู้อบอุณหภูมิ 105 ± 3 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำอีก 2 รอบ จนน้ำหนักมีผลต่างกัน $\pm$ 1 มิลลิกรัม ต่อมาชั่งตัวอย่าง 5 กรัม บันทึกน้ำหนักลงในบีกเกอร์ เติมเอทธิลแอลกอฮอล์ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันด้วยแท่งคน นำบีกเกอร์ไปตั้งไว้บนเครื่องอังน้ำ อุณหภูมิ 80 °C เวลา 60 นาที ในตู้ดูดควัน แต่ในขณะต้มต้องคนเป็นระยะ เมื่อครบเวลา นำบีกเกอร์ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติม เอทธิลแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตร เทลงใน

กรวยแยก เติมไดเอทธิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ตามลงไปในกรวยแยก แล้วเขย่ากรวยแยกอย่างแรง ขณะเขย่าให้เปิดจุกกรวยแยกเป็นช่วงๆ ต่อมาเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรง นำกรวยแยกตั้งไว้บนสามขาเพื่อให้สารแยกชั้น จากนั้นปล่อยสารที่ได้สุดท้ายซึ่งจะแยกชั้นอยู่ชั้นบนสุดของกรวย แยกลงในขวดรูปชมพู่ที่เตรียมไว้ โดยมีกระดาษกรองพร้อมเติม โซเดียมซัลเฟตเพื่อดูดน้ำ ทำซ้ำเหมือนเดิมอีก 2 ครั้ง จากนั้นนำขวดรูปชมพู่ที่มีตัวอย่างอยู่ไปตั้งบนเครื่องอังน้ำที่อุณหภูมิ 100 °C จนเหลือแต่น้ำมัน แล้วนำไปชั่งน้ำหนักของน้ำมันที่เหลืออยู่ในขวดรูปชมพู่ บันทึกน้ำหนักที่ได้สุดท้าย (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณไขมันที่พบในกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างไขมัน	ปริมาณไขมัน (%)
คาร์ฟูร์รามอินทรา	65.5 ± 5.9
คาร์ฟูร์ สุขาภิบาลสาม	61.0 ± 4.8
คาร์ฟูร์ แจ้งวัฒนะ	60.9 ± 3.2
คาร์ฟูร์บางบอน	65.8 ± 2.0
เฉลี่ยไขมันผสมจากทั้งสี่ตัวอย่าง	63.3 ± 4.4

2.2 คุณสมบัติของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ของเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ซางข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง วัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดี และสามารถนำไปใช้ให้พลังงานความร้อน

การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ เป็นการลดขยะทางการเกษตร ผลิตเชื้อเพลิงอัดก้อนสำเร็จรูปพร้อมใช้ จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นโครงการนำร่องการผลิตสำหรับชุมชน เพื่อการพึ่งพาตนเองในลักษณะเศรษฐกิจพอเพียง ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดก้อนในแง่การให้พลังงาน และเป็นพลังงานทางเลือกใหม่สำหรับประชาชนทั้งในเขตพื้นที่เมืองและชนบท

การเลือกวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต ได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย ซางข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง เหลือใช้ หลังจากนั้น วางแผนการทำโครงงาน โดยการทดลองและระยะเวลาการทดลอง เตรียมวัตถุดิบทางการเกษตร แล้วทำการทดลองผสมวัตถุดิบกับตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วนต่างๆ นำมาชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าเครื่องอัด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณความร้อนของวัสดุเหลือทิ้ง

ชนิดของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	ปริมาณความร้อน (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม)
แกลบ	3,296
ขี้เลื่อย	2,600
ซางข้าวโพด	2,125
เหง้ามันสำปะหลัง	3,029

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บอมบ์แคลอริมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดลองหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยอาศัยหลักการทำงานด้วยกระบวนการปริมาตรคงที่ เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในรูปของค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก เช่น บีทียู/ปอนด์ กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกิโลจูล/กิโลกรัม

ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสันดาปที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในระบบ โดยปกติ

การสันดาปของเชื้อเพลิงจำพวกสารไฮโดคาร์บอน เมื่อสันดาปในบรรยากาศของออกซิเจน ผลของการสันดาปจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ (ซึ่งอยู่ในสถานะของไอน้ำ) ถ้าไอน้ำสามารถกลั่นตัวแล้วคายความร้อนแฝงออกมา ค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ได้จะเป็นค่าความร้อนสูงสุด แต่ถ้าไอน้ำไม่กลั่นตัว ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงจะเป็นค่าความร้อนต่ำ การหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์ โดยการนำเอาเชื้อเพลิงที่จะทำการทดสอบไปชั่งน้ำหนัก แล้วมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ ภายใต้ความดันภายในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็นรอบตัวบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ และปริมาณความร้อนสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$Q = mc\Delta T \qquad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน *(kJ)*

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ *(kg)*

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ *(kJ/kg K)*

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง *(K)*

ปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จากสมการยังมิใช่ความร้อนที่ถูกต้อง เพราะตัวของบอมบ์แคลอริมิเตอร์ยังสามารถดูดค่าความร้อนบางส่วนไว้ในตัวมันเอง และความร้อนบางส่วนก็สูญเสียไปให้กับบรรยากาศรอบๆ ไอน้ำบางส่วนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้และยังกลั่นตัวไม่หมด ซึ่งไอน้ำกล่าวจะดูดความร้อนเอาไว้ นอกจากนั้นยังมีความร้อนบางส่วนที่มาจากขดลวดขณะจุดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศของออกซิเจน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิสูงมาก และจะรวมตัวเป็นกรดไนตริกและกรดซัลฟูริก

จากเหตุการณ์ดังกล่าว เพื่อให้ทราบค่าความร้อนที่แท้จริงของเชื้อเพลิงจะต้องแก้ไขข้อผิดพลาดดังต่อไปนี้

1. ต้องตรวจสอบค่าน้ำสมบูรณ์ของเครื่องทดสอบ

2. ให้อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าบรรยากาศโดยรอบประมาณครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการเผาไหม้

3. ต้องหยดน้ำลงบนบอมบ์แคลอริมิเตอร์ เพื่อให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้

4. หาปริมาณความร้อนจากการเผาไหม้ของขดลวด แล้วนำไปลบออก

5. ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงทดสอบน้อย เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นเพียง 2 - 3 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีการผิดพลาดที่น้อยมาก

ดังนั้นการคำนวณ เพื่อให้ได้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ควรจะใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Q = mc\Delta T - C_1 - C_2 - C_3 \qquad (2)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (kJ)

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ (kg)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (K)

C_1 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดไนตริก (kJ)

C_2 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดซัลฟูริก (kJ)

C_3 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากขดลวดไฟฟ้า (kJ)

แต่โดยทั่วไปค่า C_1 กับ C_2 จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0

ในทางปฏิบัติจริง อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในขณะคำนวณจะทำให้ค่า ΔT ที่ได้ไม่แน่นอน ΔT ดังสาเหตุที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อให้ค่า ΔT มีค่าที่ถูกต้องจึงใช้สมการดังต่อไปนี้

$$T = T_c - T_a - r_1(b - a) - r^2 (c - b) \qquad (3)$$

เมื่อ a คือ เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ *(s)*

b คือ เวลาตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นจนถึง 60 % ของอุณหภูมิสูงสุด *(s)*

c คือ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจนกระทั่งคงที่ (สูงสุด – ต่ำสุด) *(s)*

T_a คือ อุณหภูมิเริ่มการเผาไหม้ (K)

T_c คือ อุณหภูมิสูงสุด (K)

r_1 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงก่อนการเผาไหม้ *(K)*

r_2 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงหลังจุดบอมบ์ *(K)*

4. ลำดับขั้นและวิธีการทดลอง

4.1 นำกระป๋องแคลอริมิเตอร์เปล่าไปชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกค่าไว้ ใส่น้ำลงไป 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิของน้ำควรต่ำกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 2 องศาเซลเซียส แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักสุทธิของน้ำ จดบันทึกค่าไว้

4.2 นำบอมบ์ที่อยู่ภายในใส่เชื้อเพลิง และพันขดลวดทำให้เกิดความร้อน จากนั้นปิดฝาให้แน่น และนำไปบรรจุออกซิเจน โดยเปิดลิ้นบรรจุอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันออกซิเจนที่เข้าไปเป่าเชื้อเพลิงหกจากถ้วย จนกระทั่งออกซิเจนมีความดันประมาณ 23 บาร์ (ก่อนบรรจุออกซิเจนให้ปิดลิ้นระบายให้แน่นก่อน)

4.3 ใส่บอมบ์ลงไปในถังแคลอริมิเตอร์ สังเกตฟองอากาศที่รั่วออกจากฝาบอมบ์ ถ้ามีให้รีบแก้ไข

4.4 ต่อสายไฟเข้าตัวบอมบ์ลงไปในถังแคลอริมิเตอร์ ใส่เทอร์โมมิเตอร์เข้าที่ ปรับเครื่องกวนน้ำให้ถูกตำแหน่ง แล้วจึงเดินเครื่องกวนน้ำ จนกระทั่งสังเกตว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอ ตอนนี้อ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที บันทึกค่าไว้

4.5 เมื่อครบ 5 นาที แล้วให้กดสวิทช์จุดระเบิดเพื่อจุดเชื้อเพลิงให้ลุกไหม้ จากนี้ให้อ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 วินาที ไปจนกว่าอุณหภูมิจะขึ้นสูงสุด และอุณหภูมิเริ่มลดลงอย่างสม่ำเสมอ ตอนนี้ให้อ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที ต่อไปอีก 5 นาที ให้บันทึกค่าไว้

4.6 ถ้าอุณหภูมิไม่ขึ้นเลยแสดงว่าเชื้อเพลิงไม่เกิดการลุกไหม้ จากนั้นเอาบอมบ์ออกทำความสะอาด

4.7 ถ้าอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น อ่านค่าอุณหภูมิตามข้อ 4.5 แล้วให้นำบอมบ์ออกมาจากแคลอริมิเตอร์ แล้วเปิดลิ้นลดความดันจนเท่ากับความดันบรรยากาศ จึงเปิดฝาบอมบ์ออก แล้วสังเกต

ดูภายในว่ามีสภาพเป็นอย่างไร ถ้ามีเชื้อเพลิงเหลือจากการเผาไหม้ การทดลองนี้ก็ใช้ไม่ได้ ให้ทำการทดลองใหม่

4.8 แกะลวดความร้อนที่เหลือในบอมบ์ออกมาวัดความยาว แล้วนำค่าที่ได้ไปลบออกจากความยาวเดิม เพื่อหาความยาวของลวดที่ใช้ไปในการทดลอง

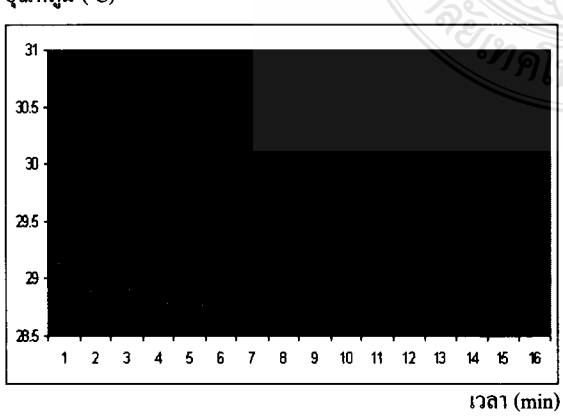
4.9 ทำความสะอาดอุปกรณ์ทดลอง เทน้ำออกจากถังแคลอริมิเตอร์ จัดเก็บอุปกรณ์เข้าที่ให้เรียบร้อย

4.10 นำผลที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าความร้อน

5. ผลการทดลอง

5.1 บันทึกผลการทดลอง :

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อน ได้แก่ แกลบ 100% อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง 31°C อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง 29.36°C น้ำหนักของแกลบ 100% 1 กรัม ความยาวของขดลวดความร้อนที่ใช้ 10 เซนติเมตร



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในระหว่างการทดลอง

ตัวอย่างการคำนวณ :

$$Q = mc\Delta T \qquad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน *(? kJ)*

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ *(2 kg)*

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ *(4.179(kJ/kg K))*

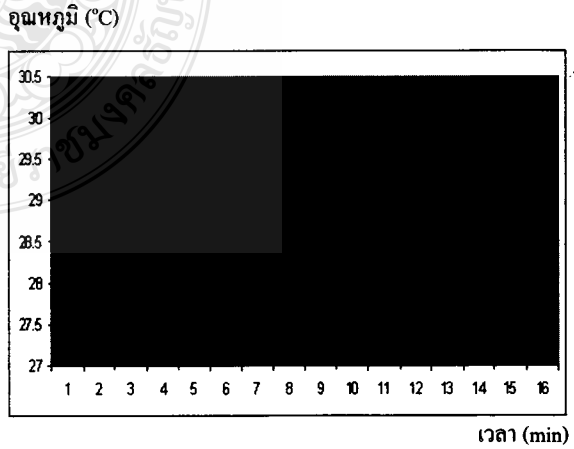
ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง *(1.44 K)*

$$Q = 2\ kg \times 4.179\ (kJ/kg\ K) \times 1.44\ K$$

$$= 12.033\ kJ$$

5.2 บันทึกผลการทดลอง :

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อน แกลบ 25% ผสมกับกากไขมัน 75% อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง 31°C อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง 28.26°C น้ำหนักของแคลอริมิเตอร์ 1 กรัม ความยาวของขดลวดความร้อนที่ใช้ 10 เซนติเมตร



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในระหว่างการทดลอง

ตัวอย่างการคำนวณ :

$$Q = mc\Delta T \qquad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน *(? kJ)*

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์*(2 kg)*

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ

(4.179(kJ/kg K))

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (1.78 K)

$$Q = 2\ kg \times 4.179\ (kJ/kg\ K) \times 1.78\ K$$
$$= 14.877\ kJ$$

6. สรุปผล

โดยการวิจัยได้ทำการทดลองระหว่างแกลบ 100%กับแกลบ 25% ผสมกับกากไขมัน จะเห็นได้จากค่าความร้อนที่ได้จากการทดลองในการผสมกากไขมันจะให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นจากเดิม 19.12% หรือ 2,844 kJ / kg เนื่องจากกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร เป็นส่วนผสมระหว่างไขมันพืช และสัตว์จะมีค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเตาเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการผสมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอาจช่วยเพิ่มค่าพลังงานความร้อนขึ้นได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ นิตยพัธน์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดร.พิพัฒน์ ปราโมทย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิ่ม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพศาล เหลืองตระกูล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กัญจนา บุณยเกียรติ. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

[2] ประเสริฐ เทียนนิมิตร และคณะ. เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) 2539

[3] สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.

[4] ASHRAE. Pocket Guide for Air Conditioning, Heating, Ventilation, Refrigeration. SI ed. USA: The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993.

[5] Bohl, Willi., Technische Stromungslehre. Germany: Vogel Verlag und Druck Gmbh, 1971.

[6] Borgnakke, Claus. and Richard E. Sonntag. Thermodynamic and Transport Properties. USA: John Wiley & Sons, Inc. 1997.

[7] Parr. Analytical methods for Oxygen bombs. USA: Parr Instrument Company.