การหาค่าพลังงานความร้อนจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและจากกากไขมัน ในบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร

Calculating the value of heat energy from agricultural wastes and fat dregs from grease trap of food courts

สำรวม โกศลานันท์[1] พิพัฒน์ ปราโมทย์[2] และณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิ่ม[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ต้องการศึกษาการหาค่าพลังงานความร้อนของวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย เง้ามัน สำปะหลัง และซางข้าวโพด โดยเปรียบเทียบกับค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากกากไขมันในบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร เห็นได้ว่ากากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างไขมันพืช และสัตว์จะมีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 15.50 kJ/kg ค่าความร้อนกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่างๆ คือ แกลบ มีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 11.47 kJ/kg ขี้เลื่อยมีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 13.87 kJ/kg เง้ามันสำปะหลังมีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 12.33 kJ/kg และซางข้าวโพดมีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 14.10 kJ/kg

คำสำคัญ : กากไขมัน, กากของกากไขมัน, แกลบ, ขี้เลื่อย, เหง้ามันสำปะหลัง, และซังข้าวโพด

Abstract

This research examined the heat value of agricultural wastes : chaff, saw dust, cassava root and corncob comparing to the heat value of fat dregs from fat dregs from grease trap of food courts. The result shows that fat dregs from grease traps mixing between vegetable fat and animal fat have the value of heat energy 15.50 kJ. In contrast, the value of heat energy agricultural wastes are the value of heat energy 11.47 kJ for chaff, 13.87 kJ for saw, had the heat value about 12.33 kJ for cassava root and 14.10 kJ for corncob.

keyword : fat dregs, residue of fat dregs, rice husks, saw dust, cassava roots and corn cobs

1. บทนำ

เนื่องจากสภาวะสังคมเมืองที่วุ่นวายในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองหลวงใหญ่ๆ ประกอบกับการจราจรที่ติดขัดทำให้ผู้คนส่วนใหญ่ต่างเร่งรีบในการดำรงชีวิต ในเรื่องของการเดินทาง การประกอบอาชีพ การแสวงหาอาหารเพื่อการดำรงชีพ จะเห็นได้ว่าตามศูนย์การค้าหลายแห่ง จะแน่นขนัดไปด้วยผู้คนที่ต่างก็มาหาอาหารรับประทานมากกว่าการทำอาหารทานเองที่บ้าน เพราะความสะดวก รวดเร็ว ความหลากหลายของอาหาร ศูนย์อาหารเหล่านี้เองที่ก่อให้เกิดปัญหาอันเนื่องมาจากการประกอบอาหาร ซึ่งทิ้งกากไขมัน และเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคต่อวันค่อนข้างมาก และก่อให้เกิดมลพิษในการทำลายสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะก่อให้เกิดน้ำเน่าเสียเพราะกากไขมันจะเป็นฟิล์มบนผิวน้ำ อากาศออกซิเจนจึงไม่

[1]อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[3]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สามารถละลายลงไปในน้ำได้ และเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อมต่างๆ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำลายค่อนข้างสูงมาก วิธีการทำลาย คือ การขุดฝังกลบ โดยเฉลี่ยค่าใช้จ่ายประมาณลูกบาศก์เมตรละ 1,000 บาท ไม่รวมค่าขนส่ง (จากผู้ประกอบการของสถานที่จำหน่ายอาหาร) และกากไขมันที่เหลือเหล่านี้นำมาใช้ประโยชน์ได้เลย

2. การทบทวนวรรณกรรม

ไขมันจากพืชและสัตว์มีความสามารถในการจุดติดไฟได้ น้ำมันพืชโดยทั่วไปจะให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 35,000 kJ/kg ไขมัน และน้ำมันจากสัตว์ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 37,000 kJ/kg ส่วนน้ำมันเตา (Burner fuel oil no.2) ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 39,000 kJ/ลิตร [1] เห็นได้ว่ากากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างไขมันพืช และสัตว์จะมีค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเตาเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การผสมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร อาจช่วยเพิ่มค่าพลังงานความร้อนขึ้นได้ นอกจากนี้วัสดุเหล่านี้ยังมีส่วนช่วยทำให้ไขมันเหล่านี้จับตัวเป็นก้อนได้ด้วย ซึ่งเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของแข็งนั้นมีความสะดวกในการขนส่ง และการอุปโภคตามครัวเรือนมากกว่าเชื้อเพลิงเหลว งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงก้อน จากของผสมระหว่างกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องทำการกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อาจปะปนมากับกากไขมัน ก่อนนำไขมันมาผสมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และกำจัดน้ำในก้อนเชื้อเพลิงที่ทดลองผลิตได้ให้มากที่สุด เพื่อให้ก้อนเชื้อเพลิงนี้สามารถจุดไฟติดได้ต่อเนื่อง

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บอมบ์แคลอริมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดลองหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยอาศัยหลักการทำงานด้วยกระบวนการปริมาตรคงที่ เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในรูปของค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก เช่น บีทียู/ปอนด์ กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกิโลจูล/กิโลกรัม [2]

ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสันดาปที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในระบบ โดยปกติการสันดาปของเชื้อเพลิงจำพวกสารไฮโดรคาร์บอนด์ เมื่อสันดาปในบรรยากาศของออกซิเจน ผลของการสันดาปจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ (ซึ่งอยู่ในสถานะของไอน้ำ) ถ้าไอน้ำสามารถกลั่นตัว แล้วคายความร้อนแฝงออกมา ค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ได้จะเป็นค่าความร้อนสูงสุด แต่ถ้าไอน้ำไม่กลั่นตัว ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงจะเป็นค่าความร้อนต่ำ การหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงทำได้โดยการใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์ โดยการนำเอาเชื้อเพลิงที่จะทำการทดสอบไปชั่งน้ำหนักให้ละเอียดมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ 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) [3], [4] และ [5]
ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (K)

ปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จากสมการยังมิใช่ความร้อนที่ถูกต้อง เพราะตัวของบอมบ์แคลอริมิเตอร์ยังสามารถดูดค่าความร้อนบางส่วนไว้ในตัวมันเอง และความร้อนบางส่วนก็สูญเสียไปให้กับบรรยากาศรอบๆ ไอน้ำ

ส่วนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้และยังกลั่นตัวไม่หมด ซึ่งไอน้ำดังกล่าวจะดูดความร้อนเอาไว้ นอกจากนั้นยังมีความร้อนบางส่วนที่มาจากขดลวดขณะจุดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศของออกซิเจน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิสูงมาก และจะรวมตัวเป็นกรดไนตริกและกรดซัลฟูริก

จากเหตุการณ์ดังกล่าว เพื่อให้ทราบค่าความร้อนที่แท้จริงของเชื้อเพลิงจะต้องแก้ไขข้อผิดพลาดดังต่อไปนี้

1. ต้องตรวจสอบค่าน้ำสมบูรณ์ของเครื่องทดสอบ
2. ให้อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าบรรยากาศโดยรอบประมาณครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการเผาไหม้
3. ต้องหยดน้ำลงบนบอมบ์แคลอริมิเตอร์ เพื่อให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้
4. หาปริมาตรความร้อนจากการเผาไหม้ของขดลวด 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[6]

$$T = T_c - T_a - r_1(b - a) - r_2(c - b) \qquad (3)$$

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. อุปกรณ์และวิธีการ (มาตรฐานการทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง)

4.1 นำกระป๋องแคลอริมิเตอร์เปล่าไปชั่งน้ำหนัก แล้วจดบันทึกค่าไว้ ใส่น้ำลงไป 2000 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 ใส่เทอร์โมมิเตอร์เข้าที่ปรับเครื่องกวนน้ำให้ถูก

ตำแหน่ง แล้วจึงเดินเครื่องกวนน้ำ จนกระทั่งสังเกตว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอ ตอนนี้อ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาทีเป็นเวลา 5 นาที บันทึกค่าไว้

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

4.6 ถ้าอุณหภูมิไม่ขึ้นเลยแสดงว่าเชื้อเพลิงไม่เกิดการลุกไหม้ จากนั้นเอาบอมบ์ออกทำความสะอาด

4.7 ถ้าอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น ทำตามข้อ 4.5 จนครบแล้วให้นำบอมบ์ออกมาจากแคลอริมิเตอร์ แล้วเปิดลิ้นลดความดันจนเท่ากับความดันบรรยากาศ จึงเปิดฝาบอมบ์ออก แล้วสังเกตดูภายในว่ามีสภาพเป็นอย่างไร ถ้ามีเชื้อเพลิงเหลือจากการเผาไหม้ การทดลองนี้ก็ใช้ไม่ได้ ให้ทำการทดลองใหม่

4.8 แกะลวดความร้อนที่เหลือในบอมบ์ออกมาวัดความยาว แล้วนำค่าที่ได้ไปลบออกจากความยาวเดิมเพื่อหาความยาว

4.9 ทำความสะอาดอุปกรณ์ทดลอง เทน้ำออกจากถังแคลอริมิเตอร์ จัดเก็บอุปกรณ์เข้าที่ให้เรียบร้อย

4.10 นำผลที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าความร้อน จากสมการ (1) ถึง (3)

5. ผลและวิจารณ์

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (°C) และวัสดุต่างๆ :

วัสดุต่างๆ	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (°C)			
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
กากไขมัน	2.04	1.70	1.84	2.00
แกลบ	1.44	1.28	1.42	1.38
ขี้เลื่อย	1.68	1.66	1.66	1.66
เง้ามัน ฯ	1.50	1.46	1.48	1.48
ซางข้าวโพด	1.70	1.72	1.66	1.69

ตารางที่ 2 ค่าความร้อนจากวัสดุต่างๆ

วัสดุต่างๆ	ความร้อน (kJ/kg)			
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
กากไขมัน	17.0	14.2	15.3	15.50
แกลบ	12.0	10.6	11.8	11.47
ขี้เลื่อย	14.0	13.8	13.8	13.87
เง้ามัน ฯ	12.5	12.2	12.3	12.33
ซางข้าวโพด	14.2	14.3	13.8	14.10

ตารางที่ 3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัสดุต่างๆ

วัสดุต่างๆ	ความร้อนเฉลี่ย (kJ/kg)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
กากไขมัน	15.50	1.0107
แกลบ	11.47	0.7572
ขี้เลื่อย	13.87	0.1155
เง้ามัน ฯ	12.33	0.1528
ซางข้าวโพด	14.10	0.2646

จะเห็นได้ว่าตารางที่ 1 กากไขมันให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด และแกลบให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงต่ำสุด, ตารางที่ 2 ค่าความร้อนจะแปรผันโดยตรงกับตารางที่ 1 และตารางที่ 3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกากไขมันจะเบี่ยงเบนมากที่สุด

6. สรุปผล

โดยการวิจัยได้ทำการทดลองระหว่างวัสดุต่างๆ คือ กากไขมัน แกลบ ขี้เลื่อย เง้ามันสำปะหลัง และซางข้าวโพด จะเห็นได้จากค่าความร้อนที่ได้จากการทดลองกากไขมันให้ค่าความร้อนสูงสุด คือ 15.50 kJ และแกลบให้ค่าความร้อนต่ำสุด คือ 11.47 kJ

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ นิตยพัธน์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดร. พิพัฒน์ ปราโมทย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิ่ม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพศาล เหลืองตระกูล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

[1]ประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร. **เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) 2539

[2]สำรวม โกศลานันท์, ณัฐกานต์ นิตยพัธน์, พิพัฒน์ ปราโมทย์ และณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิ่ม. 2551 **เชื้อเพลิงก้อนจากของผสมระหว่างกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี** ปีที่ 6 ฉบับที่ 12 ประจำเดือน กรกฎาคม - ธันวาคม 2551

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

[4]Bohl, W., 1971 **Technische Stromungslehre**. Germany: Vogel Verlag und Druck Gmbh.

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

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