

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลกระทบของขนาดทะลายปาล์มต่อคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง

ในการศึกษาได้สับย่อยทะลายปาล์มเปล่าและร่อนด้วยตะแกรงเพื่อคัดแยกทะลายปาล์มเปล่าเป็น 2 ขนาด คือ 1 และ 5 cm จากนั้นนำทะลายปาล์มเปล่าและดินฟอกสีมาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ และอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง ผลการศึกษาพบว่า ที่ทุกความเร็วรอบการอัดและทุกอัตราส่วนผสมในการศึกษาไม่สามารถอัดขึ้นรูปทะลายปาล์มเปล่าที่ขนาด 5 cm เป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ เนื่องจากขนาดของทะลายปาล์มเปล่าที่ใหญ่เกินไป ทำให้เมื่อนำไปผสมกับดินฟอกสีและอัดขึ้นรูปด้วยกระบอกอัด เกิดปัญหาการอัดตัวที่แน่นเกินไปในกระบอกอัด และส่งผลให้ไม่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงออกมาได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และ 4.2 ดังนั้นในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากทะลายปาล์มเปล่าและดินฟอกสีเหลือทิ้ง ที่ความเร็วรอบในการอัด 30 40 และ 50 rpm ไม่ควรใช้ทะลายปาล์มเปล่าที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 5 cm



ภาพที่ 4.1 ส่วนผสมที่อัดตัวแน่นเกินไปในกระบอกอัด



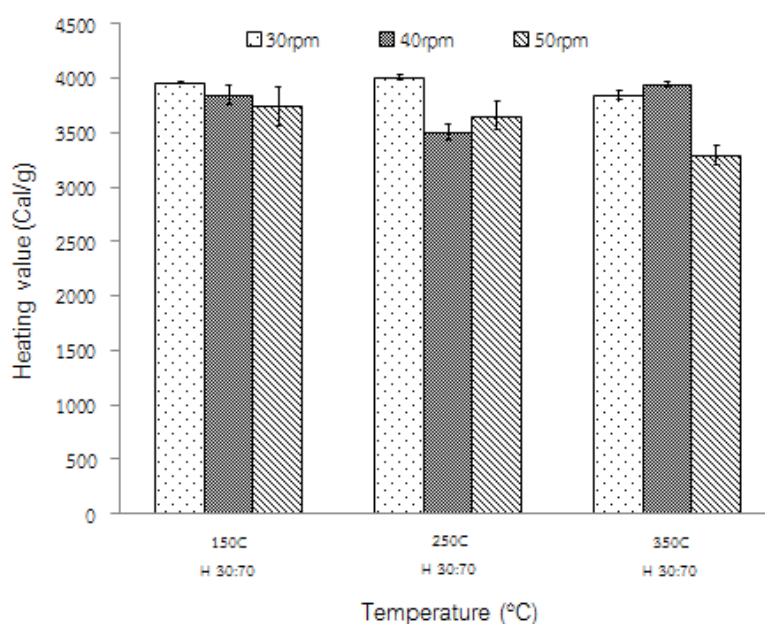
ภาพที่ 4.2 เศษส่วนผสมที่นำออกมาจากกระบอกอัด

4.2 ผลกระทบของอัตราส่วนผสม อุณหภูมิ และความเร็รรอบในการอัดต่อคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง

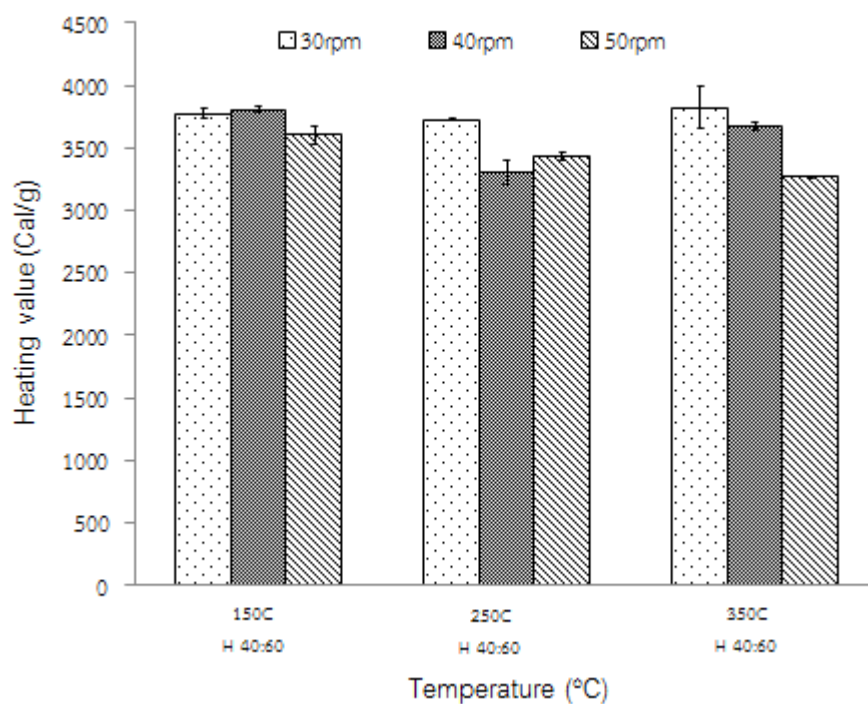
จากผลการศึกษาในข้อ 4.1 ทำให้เหลือขนาดของทะลายทะลายปาล์มเปล่าที่ใช้ในการศึกษาเพียงขนาดเดียวคือ 1 cm นำทะลายปาล์มเปล่าดังกล่าวมาผสมกับดินฟอกสีในอัตราส่วน 30:70 40:60 50:50 60:40 และ 70:30 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำมาอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงที่ความเร็รรอบ 30 40 และ 50 rpm ที่อุณหภูมิการอัด 150 250 และ 350°C นำแท่งเชื้อเพลิงมาตรวจสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงได้ผลการศึกษาดังนี้

4.2.1 ค่าความร้อน (Heating value)

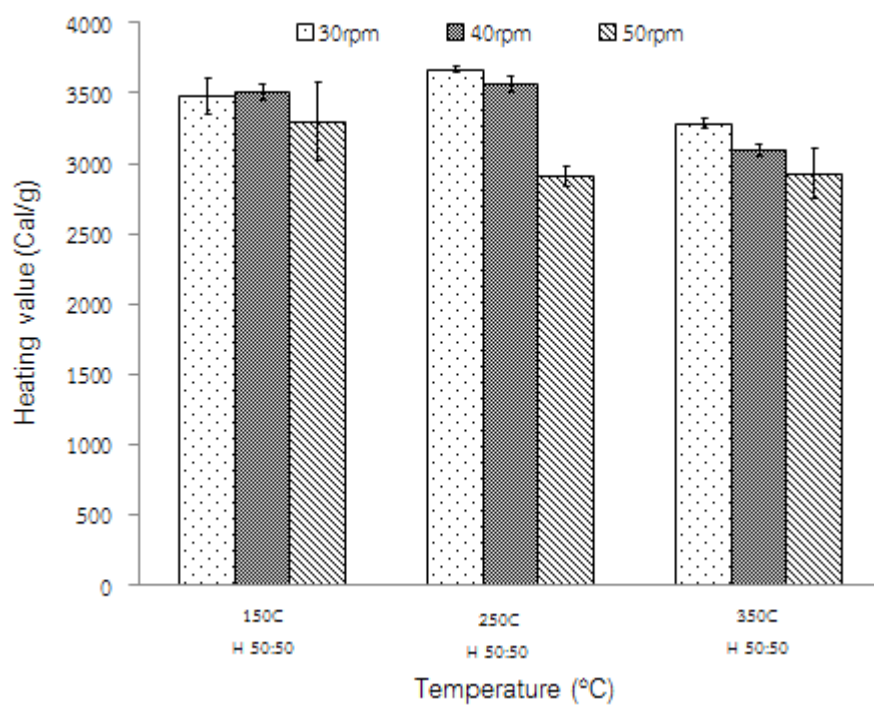
ผลการศึกษาพบว่า ดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่าก่อนนำมาผสมมีค่าความร้อนเฉลี่ย 2,639 และ 3,399 Cal/g ตามลำดับ จากผลงานวิจัยของ Suhartini et al. [13] ที่ได้รายงานถึงค่าความร้อนของดินฟอกสีที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มสำหรับปรงอาหาร ซึ่งมีค่าประมาณ 1,739 Cal/g และฐานิตยและคณะ [29] ได้รายงานถึงค่าความร้อนของทะลายปาล์มเปล่า ซึ่งมีค่าประมาณ 3,348 Cal/g ผลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความใกล้เคียงกันของค่าความร้อนที่ได้รับจากทะลายปาล์มเปล่า ในขณะที่ค่าความร้อนที่ได้รับจากดินฟอกสีมีค่าที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มในแต่ละโรงงานมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ดินฟอกสีที่ได้รับมาจากแต่ละโรงงานมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ดังนั้นค่าความร้อนที่ได้รับจากดินฟอกสีจึงแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าความร้อนของดินฟอกสีและทะลายปาล์มในการศึกษานี้มีค่าที่ค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของวัตถุดิบในการที่จะนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล โดยเฉพาะทะลายปาล์มเปล่าให้ค่าความร้อนที่สูงกว่า 3,000 Cal/g ซึ่งถือว่ามีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล [8] ดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่าเมื่อนำมาผสมและอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมต่างๆ มีค่าความร้อนดังแสดงในภาพที่ 4.3 ถึง 4.7



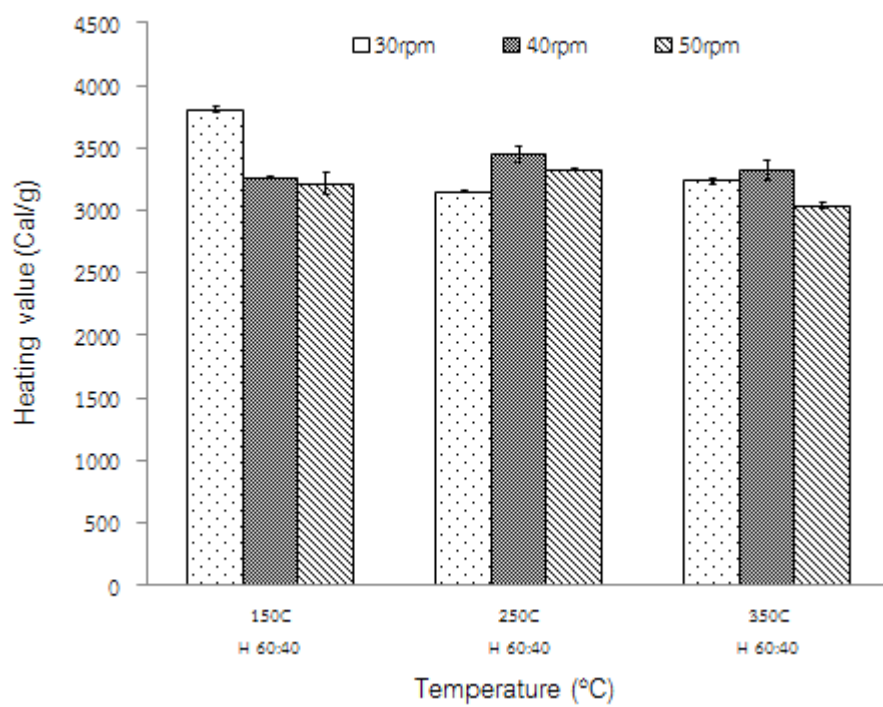
ภาพที่ 4.3 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 30:70



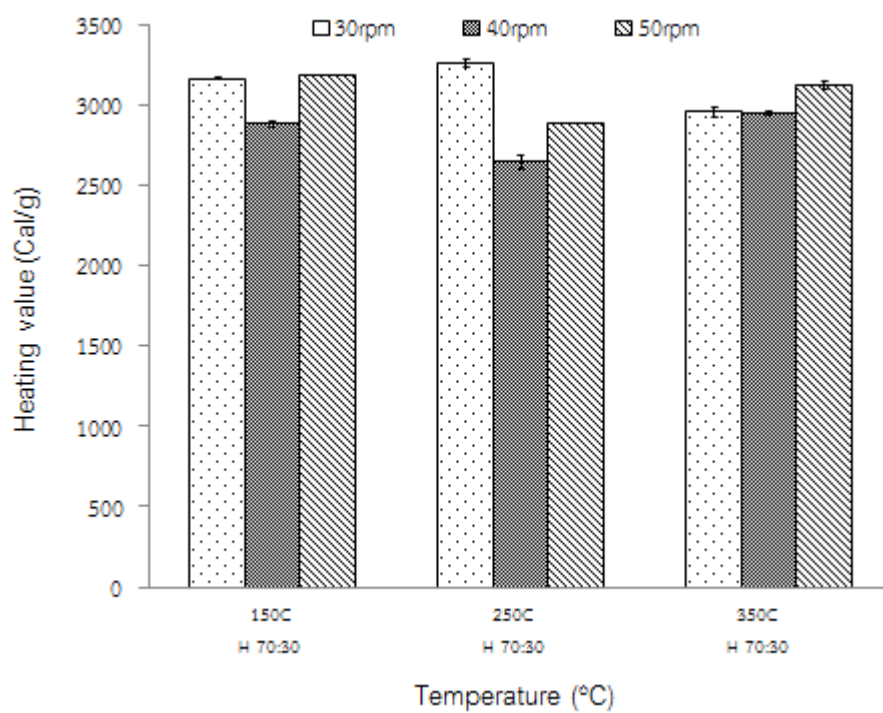
ภาพที่ 4.4 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะเลาะปาล์มเปล่า 40:60



ภาพที่ 4.5 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะเลาะปาล์มเปล่า 50:50



ภาพที่ 4.6 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะเลาะปาล์มเปล่า 60:40



ภาพที่ 4.7 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะเลาะปาล์มเปล่า 70:30

จากภาพที่ 4.3 ถึง 4.7 แสดงถึงค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงลดลงตามการลดลงของปริมาณทะเลาะปาล์มเปล่า โดยที่อัตราส่วนดินฟอสฟอรัสต่อทะเลาะปาล์มเปล่า 30:70 มีปริมาณความร้อนสูงสุดในช่วง 3,296-4,009 Cal/g สอดคล้องกับค่าความร้อนของทะเลาะปาล์มเปล่าก่อนนำมาผสมที่มีค่าเท่ากับ 3,399 Cal/g และค่าความร้อนของเส้นใยปาล์มที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในทะเลาะปาล์มที่มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,820 Cal/g [8] ปริมาณความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงมีแนวโน้มลดลงประมาณ 18-19% เมื่อปริมาณทะเลาะปาล์มเปล่าลดลงจาก 70 เป็น 30% โดยน้ำหนัก (ปริมาณทะเลาะปาล์มลดลงประมาณ 57.14%) ส่งผลให้ที่อัตราส่วนดินฟอสฟอรัสต่อทะเลาะปาล์มเปล่า 70:30 มีปริมาณความร้อนต่ำสุดในช่วง 2,641-3,259 Cal/g ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอสฟอรัสกับทะเลาะปาล์มเปล่าที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลกระทบต่อค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

เมื่อพิจารณาผลกระทบของความเร็วรอบในการอัดต่อค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง พบว่าที่อัตราส่วนดินฟอสฟอรัสต่อทะเลาะปาล์มเปล่า 30:70 40:60 50:50 และ 60:40 ค่าความร้อนมีแนวโน้มลดลงตามค่าความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ในทุกอุณหภูมิการอัด ยกเว้นที่อัตราส่วนผสม 30:70 50:50 ภายใต้อุณหภูมิการอัด 150°C ความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อค่าความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามที่อัตราส่วน 70:30 ค่าความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นที่อุณหภูมิการอัด 250°C ดังแสดงในภาพที่ 4.7 การลดลงของค่าความร้อนตามความเร็วรอบในการอัดที่เพิ่มขึ้นอาจจะเป็นผลมาจากความเร็วในการอัดตัวที่เพิ่มขึ้น ทำให้เชื้อเพลิงมีเวลาอยู่ในกระบอกอัดน้อยลง จึงส่งผลให้การอัดตัวของแท่งเชื้อเพลิงไม่ดีเท่าที่ควรหรือแท่งเชื้อเพลิงมีความหนาแน่นที่ต่ำ เมื่อนำมาเผาไหม้จึงให้ค่าความร้อนต่ำ นอกจากนี้การอัดตัวของแท่งเชื้อเพลิงที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในการอัดยังอาจส่งผลต่อปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิง ซึ่งถ้าปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิงมีสูงจะส่งผลให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงลดต่ำลงเนื่องจากความร้อนบางส่วนถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำ

ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอสฟอรัสกับทะเลาะปาล์มเปล่า 30:70

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Heating value (Cal/g)
30	150	3962.08 ± 0.88 ^b
	250	4009.71 ± 19.54 ^b
	350	3847.72 ± 41.32 ^a
40	150	3841.31 ± 86.73 ^b
	250	3507.04 ± 70.24 ^a
	350	3944.45 ± 18.87 ^b
50	150	3746.44 ± 181.19 ^b
	250	3654.80 ± 130.85 ^{ab}
	350	3296.74 ± 94.18 ^a

ตัวอักษร a, b ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p≤0.05)

ตารางที่ 4.2 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 40:60

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Heating value (Cal/g)
30	150	3771.78 ± 43.21 ^a
	250	3725.16 ± 12.48 ^a
	350	3817.36 ± 167.89 ^a
40	150	3809.88 ± 27.87 ^b
	250	3306.89 ± 96.99 ^a
	350	3670.40 ± 35.50 ^b
50	150	3606.56 ± 71.64 ^c
	250	3433.36 ± 30.24 ^b
	350	3269.26 ± 9.12 ^a

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 50:50

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Heating value (Cal/g)
30	150	3479.60 ± 128.39 ^{ab}
	250	3666.96 ± 17.46 ^b
	350	3283.50 ± 30.48 ^a
40	150	3505.16 ± 60.54 ^b
	250	3562.18 ± 53.72 ^b
	350	3089.76 ± 41.13 ^a
50	150	3298.35 ± 276.10 ^a
	250	2910.44 ± 71.23 ^a
	350	2923.41 ± 177.93 ^a

ตัวอักษร a, b ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 60:40

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Heating value (Cal/g)
30	150	3807.29 ± 17.13 ^c
	250	3148.32 ± 3.66 ^a
	350	3236.64 ± 23.33 ^b
40	150	3263.01 ± 8.60 ^a
	250	3449.02 ± 63.50 ^b

	350	3320.42 ± 84.76^{ab}
	150	3215.29 ± 88.02^b
50	250	3326.83 ± 8.22^b
	350	3038.66 ± 31.56^a

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 70:30

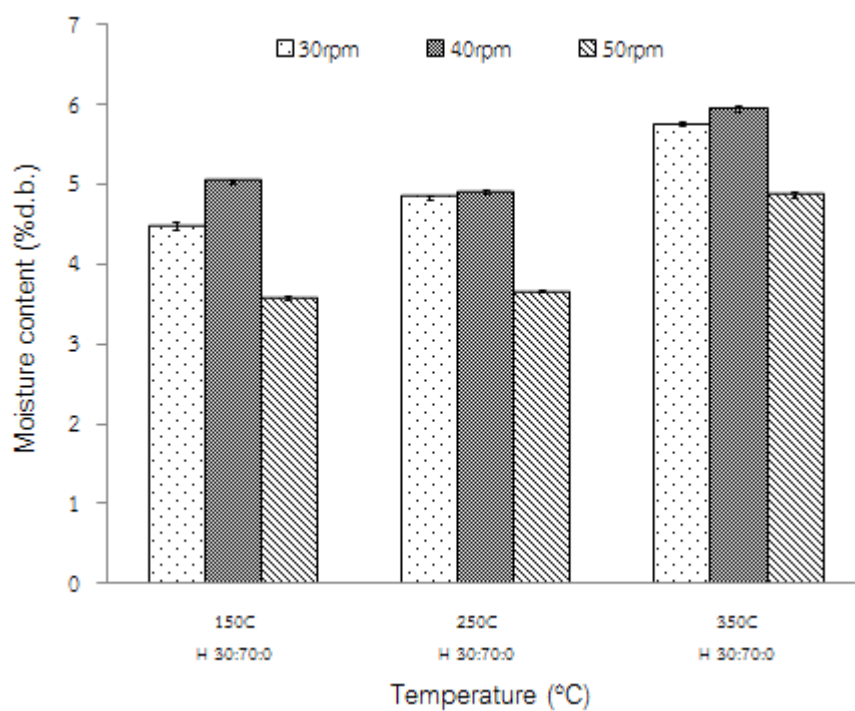
Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Heating value (Cal/g)
	150	3161.72 ± 5.49^b
30	250	3259.43 ± 25.12^c
	350	2953.01 ± 31.89^a
	150	2880.67 ± 18.31^b
40	250	2641.10 ± 46.90^a
	350	2948.62 ± 13.87^b
	150	3185.04 ± 0.20^c
50	250	2882.36 ± 2.98^a
	350	3119.74 ± 21.33^b

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

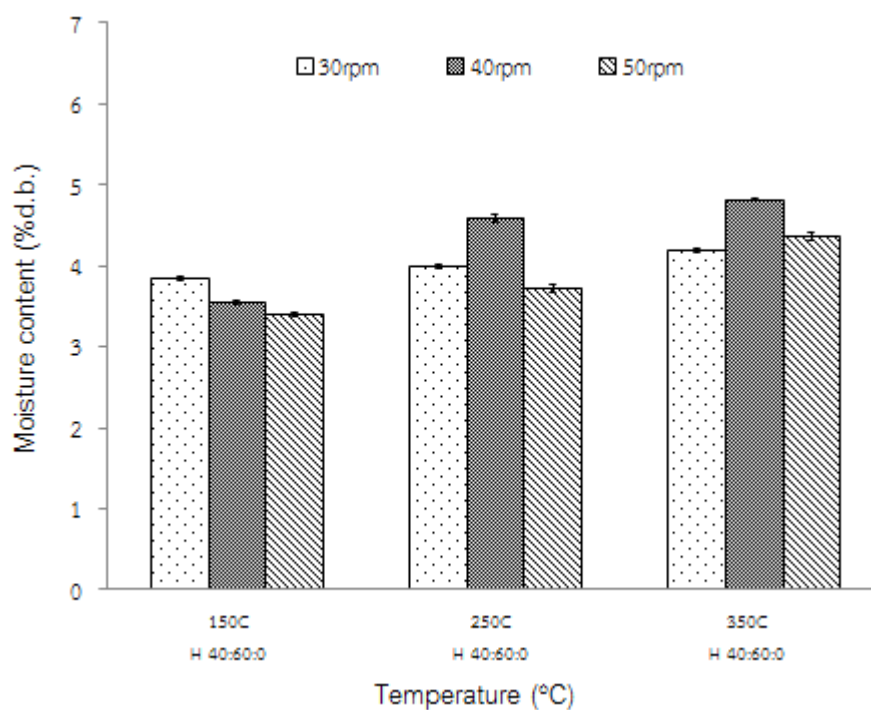
เมื่อพิจารณาผลกระทบของอุณหภูมิการอัดในช่วง 150 ถึง 250°C ต่อค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ถึง 4.5 พบว่า ที่อัตราส่วนผสม 30:70 40:60 และ 50:50 อุณหภูมิการอัดที่เพิ่มขึ้น ไม่ส่งผลให้ค่าความร้อนเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นที่ความเร็วรอบการอัด 30 rpm (ที่อัตราส่วน 30:70), 40 rpm (ที่อัตราส่วน 50:50) และ 50 rpm (ที่อัตราส่วน 40:60) มีการลดลงของค่าความร้อนเมื่ออุณหภูมิการอัดเพิ่มขึ้น ที่อัตราส่วนผสมของดินฟอกสีเพิ่มขึ้นเป็น 60:40 และ 70:30 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิการอัดเพิ่มขึ้น ในทุกความเร็วรอบของการอัด ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 40 rpm อย่างไรก็ตามค่าความร้อนของเชื้อเพลิงค่อนข้างแปรปรวนไม่ขึ้นอยู่กับการอัด

จากผลค่าความร้อนดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่าในทุกอัตราส่วนที่ทำการศึกษา (ยกเว้นในบางความเร็วรอบหรือบางอุณหภูมิในการอัด) มีคุณสมบัติด้านค่าความร้อนที่เหมาะสมสำหรับเป็นก้อนเชื้อเพลิง กล่าวคือ มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 3,000 (Cal/g) [8] โดยเฉพาะที่อัตราส่วนผสมของทะลายปาล์มเปล่าตั้งแต่ 40% ขึ้นไป จะให้ค่าความร้อนที่สูงในช่วง 3,600-3,900 (Cal/g) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์เชื้อเพลิงที่ดี [30-32]

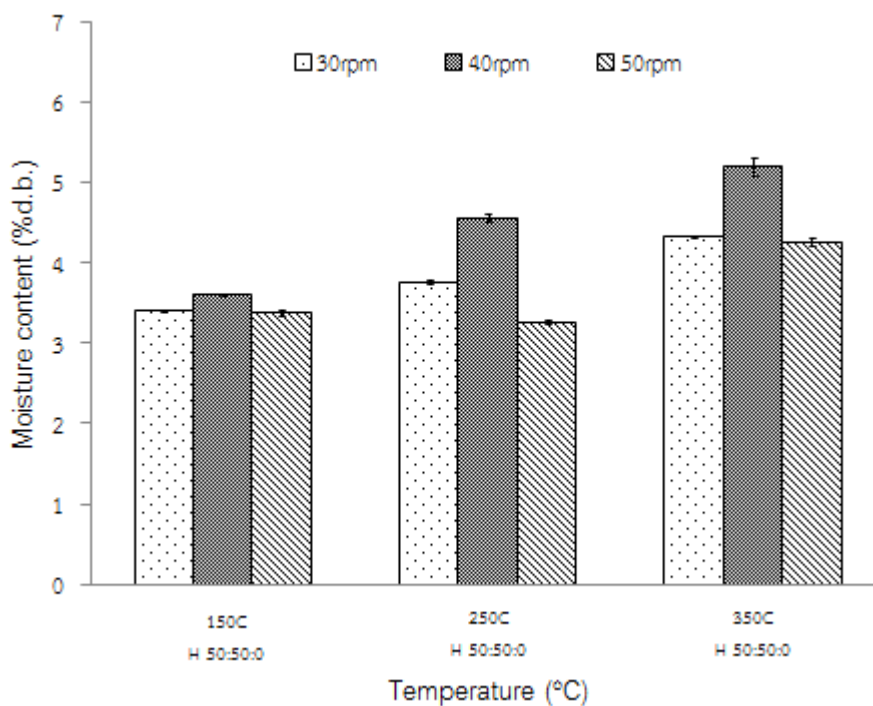
4.2.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content)



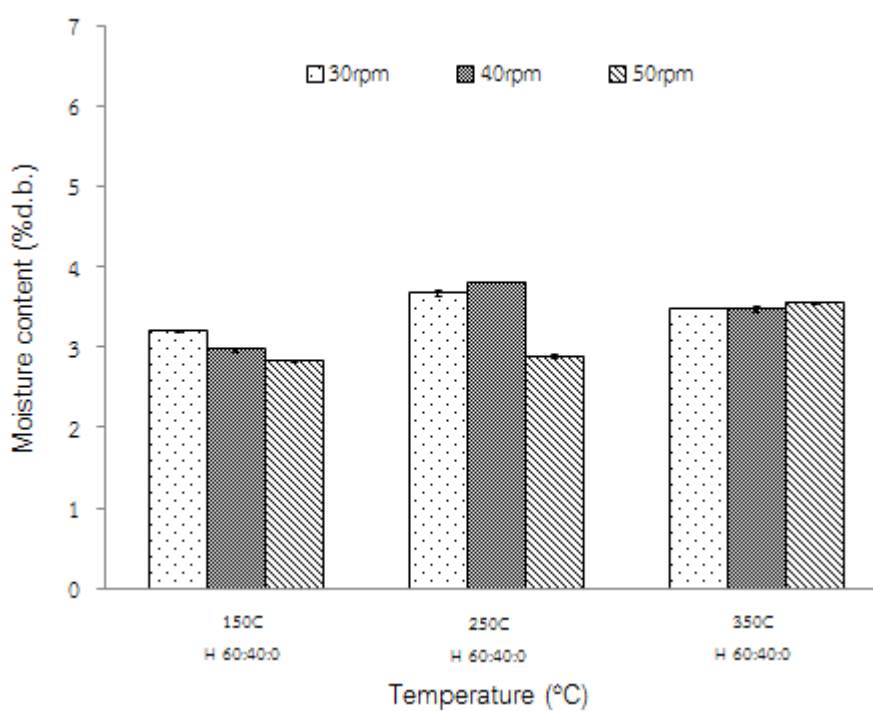
ภาพที่ 4.8 ปริมาณความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 30:70



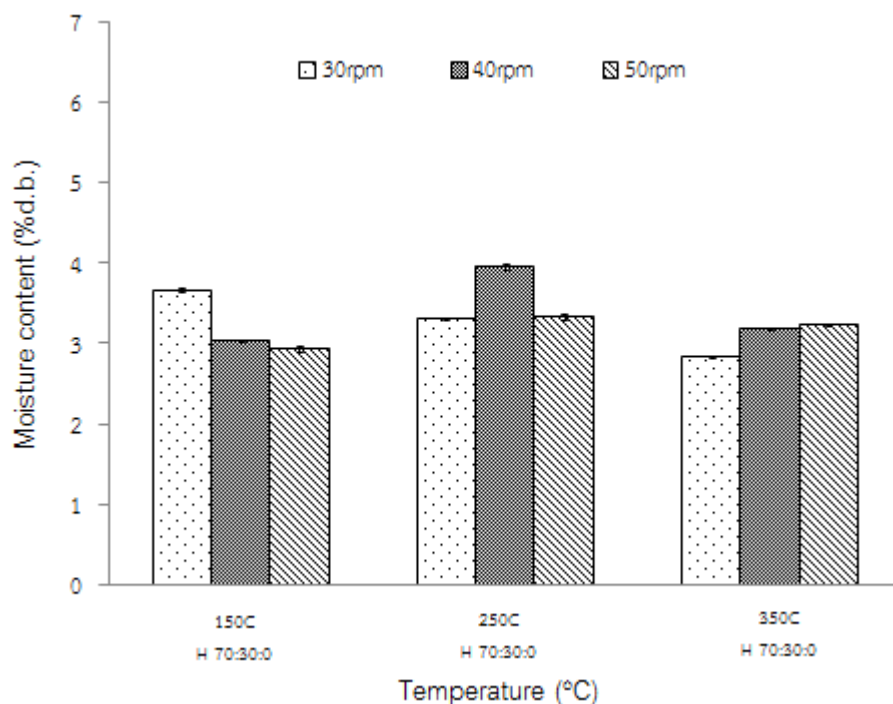
ภาพที่ 4.9 ปริมาณความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 40:60



ภาพที่ 4.10 ปริมาณความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 50:50



ภาพที่ 4.11 ปริมาณความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 60:40



ภาพที่ 4.12 ปริมาณความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 70:30

ผลการศึกษาพบว่า ดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่าก่อนนำมาผสมมีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 3.87 และ 24.9% (d.b.) ตามลำดับ หลังผ่านกระบวนการอัดแท่งและนำมาอบแห้งในตู้อบเพื่อลดความชื้นแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่าที่อัตราส่วนผสมต่างๆมีปริมาณความชื้นดังแสดงในภาพที่ 4.8 ถึง 4.12 ปริมาณความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณส่วนผสมของทะลายปาล์มเปล่าที่ลดลง โดยที่ปริมาณส่วนผสมทะลายปาล์มเปล่าสูงสุด 70% แท่งเชื้อเพลิงมีปริมาณความชื้นสูงสุดอยู่ในช่วง 3.54-5.93% (d.b.) และมีปริมาณความชื้นต่ำสุดอยู่ในช่วง 2.83-3.96% (d.b.) เมื่อปริมาณส่วนผสมทะลายปาล์มเปล่าลดลงเหลือ 30% สอดคล้องกับค่าความชื้นของส่วนผสมก่อนการอัดแท่ง ซึ่งปริมาณความชื้นส่วนใหญ่ในแท่งเชื้อเพลิงจะได้มาจากปริมาณความชื้นของทะลายปาล์ม

จากภาพที่ 4.8 ถึง 4.12 แสดงผลกระทบของความเร็วยรอบในการอัดต่อปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่าปริมาณความชื้นมีค่าที่ค่อนข้างแปรปรวนไม่สามารถระบุแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วยรอบในการอัด เช่นเดียวกับผลกระทบของอุณหภูมิในการอัดต่อปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ถึง 4.10 ที่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิในการอัด ยกเว้นที่ส่วนผสมของทะลายปาล์มเปล่า 60% ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในการอัดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในทุกเงื่อนไขที่ทำการศึกษามีปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงในระดับที่ต่ำกว่า 10% (d.b.) ซึ่งเป็นเกณฑ์ความชื้นที่เหมาะสมในเชื้อเพลิง [33]

ตารางที่ 4.6 ปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 30:70

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Moisture content (% d.b.)
30	150	4.47 ± 0.06^a
	250	4.83 ± 0.02^b
	350	5.74 ± 0.04^c
40	150	5.02 ± 0.02^b
	250	4.89 ± 0.02^a
	350	5.93 ± 0.05^c
50	150	3.57 ± 0.03^a
	250	3.64 ± 0.02^b
	350	4.85 ± 0.04^c

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p<0.05)

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 40:60

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Moisture content (% d.b.)
30	150	3.84 ± 0.04^a
	250	3.99 ± 0.02^b
	350	4.19 ± 0.02^c
40	150	3.55 ± 0.02^a
	250	4.59 ± 0.04^b
	350	4.82 ± 0.02^c
50	150	3.40 ± 0.03^a
	250	3.73 ± 0.05^b
	350	4.36 ± 0.06^c

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p<0.05)

ตารางที่ 4.8 ปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 50:50

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Moisture content (% d.b.)
30	150	3.40 ± 0.02^a
	250	3.75 ± 0.03^b
	350	4.32 ± 0.02^c
40	150	3.59 ± 0.02^a
	250	4.55 ± 0.04^b
	350	5.19 ± 0.12^c
50	150	3.38 ± 0.04^b
	250	3.26 ± 0.02^a
	350	4.25 ± 0.04^c

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p<0.05)

ตารางที่ 4.9 ปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 60:40

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Moisture content (% d.b.)
30	150	3.20 ± 0.01^a
	250	3.67 ± 0.03^c
	350	3.48 ± 0.01^b
40	150	2.97 ± 0.02^a
	250	3.81 ± 0.00^c
	350	3.47 ± 0.03^b
50	150	2.82 ± 0.02^a
	250	2.88 ± 0.02^b
	350	3.55 ± 0.02^c

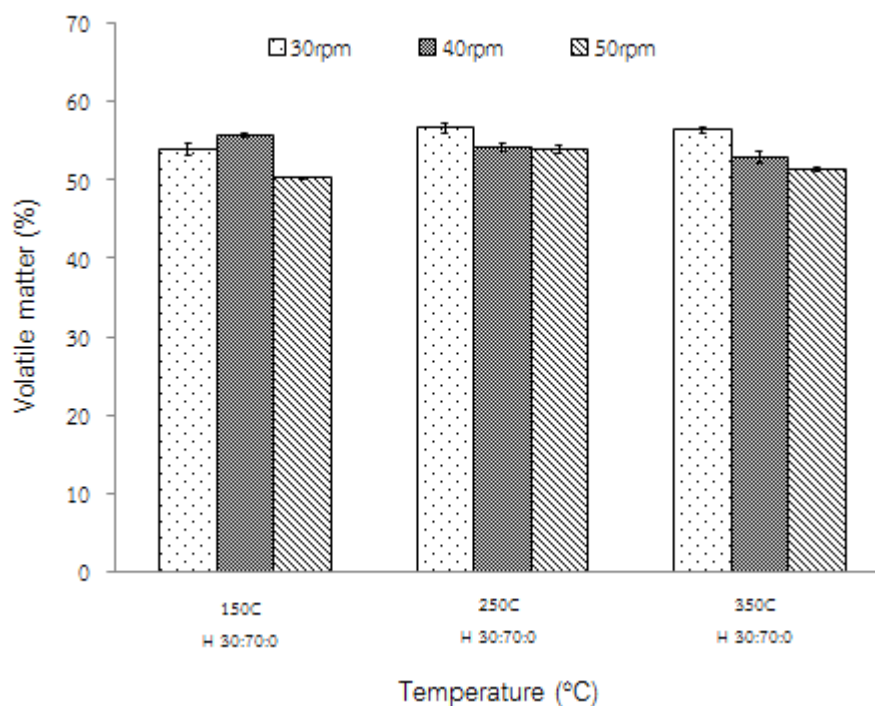
ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p<0.05)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 70:30

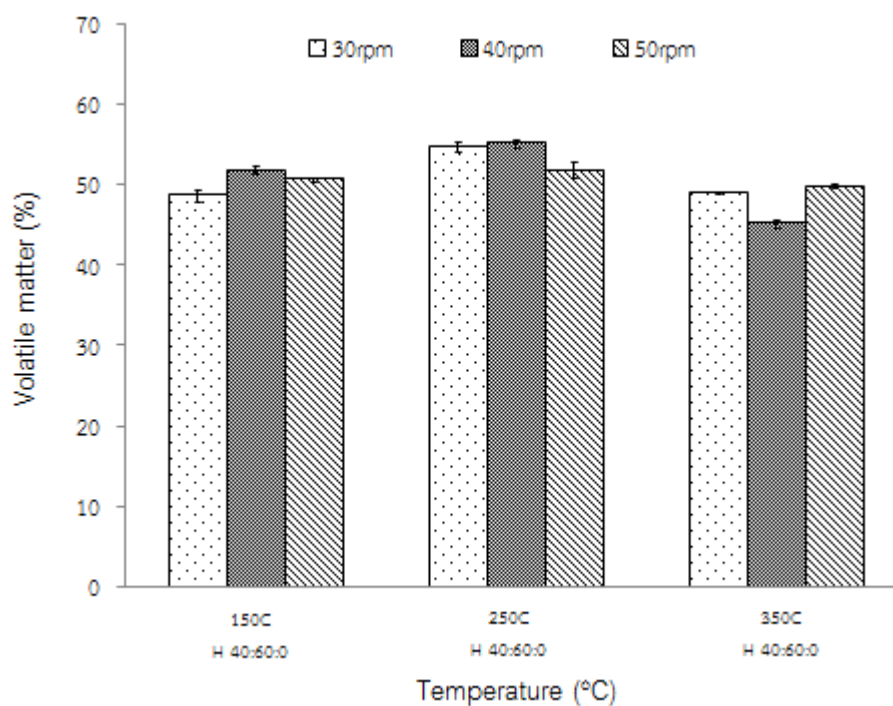
Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Moisture content (% d.b.)
30	150	3.66 ± 0.04^c
	250	3.31 ± 0.02^b
	350	2.83 ± 0.01^a
40	150	3.02 ± 0.02^a
	250	3.96 ± 0.04^c
	350	3.17 ± 0.01^b
50	150	2.93 ± 0.04^a
	250	3.32 ± 0.04^c
	350	3.23 ± 0.01^b

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p≤0.05)

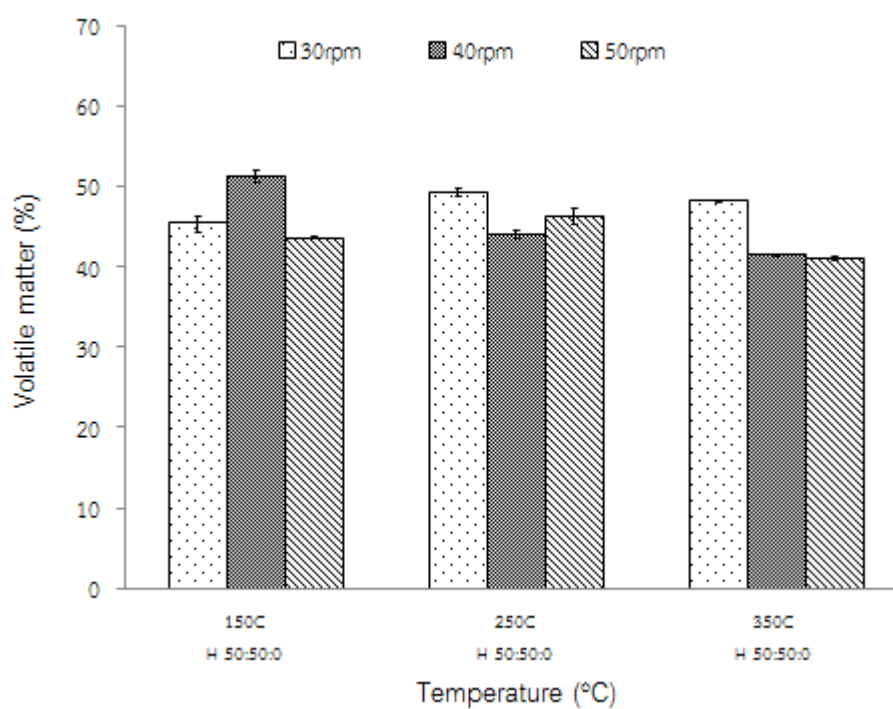
4.2.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile matter)



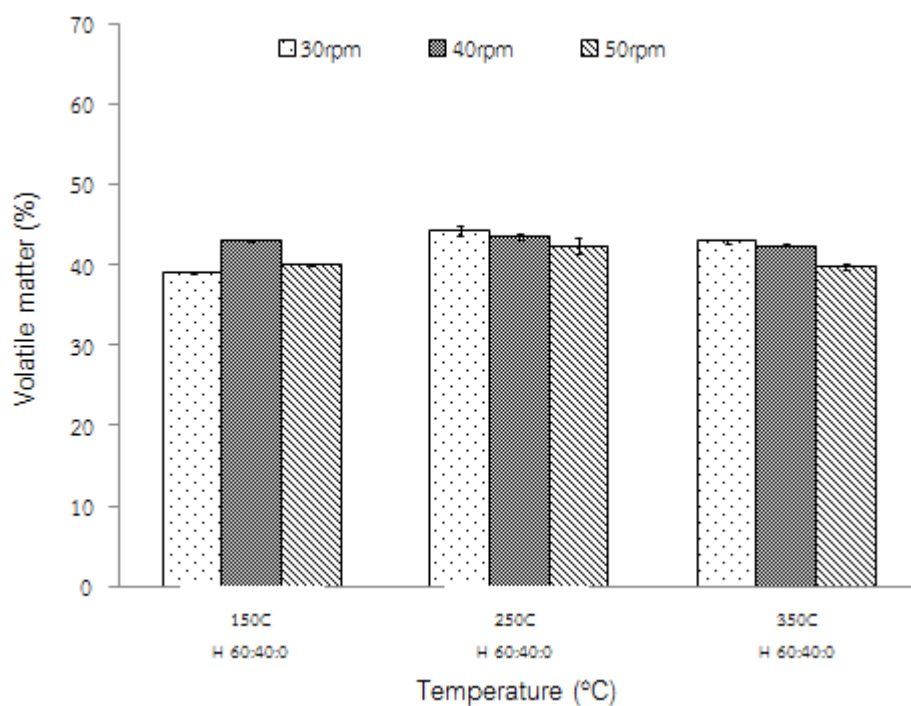
ภาพที่ 4.13 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 30:70



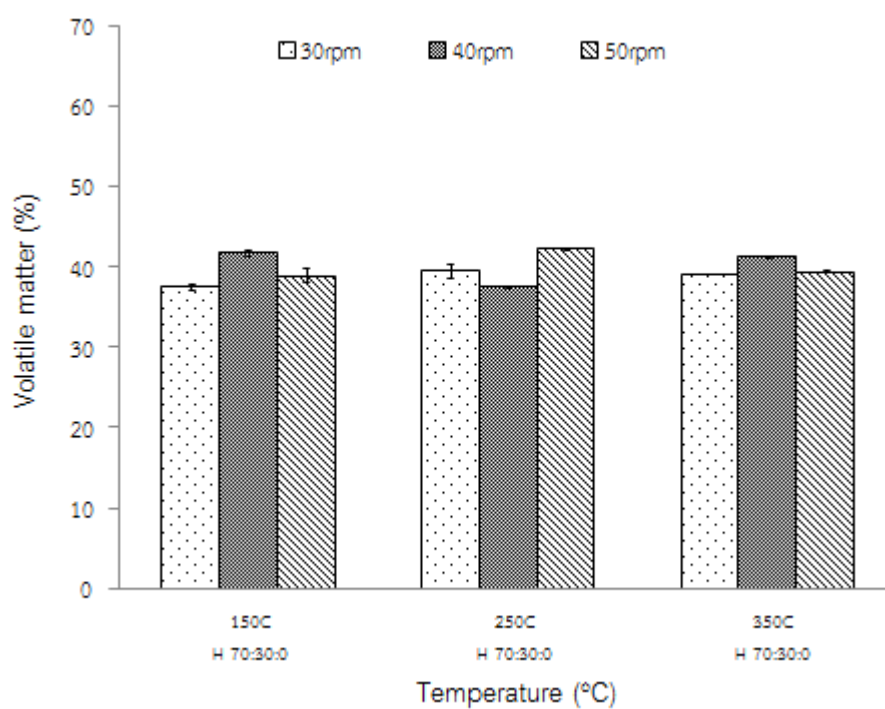
ภาพที่ 4.14 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 40:60



ภาพที่ 4.15 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 50:50



ภาพที่ 4.16 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 60:40



ภาพที่ 4.17 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 70:30

ดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่าก่อนนำมาผสมและอัดแท่งมีปริมาณสารระเหยเฉลี่ย 35.15 และ 76.27% ตามลำดับ สอดคล้องกับปริมาณสารระเหยของทะลายปาล์มเปล่าที่รายงานโดย นคร [34] และ ฐานิตย์และคณะ [29] ซึ่งมีปริมาณสารระเหยในทะลายปาล์มเปล่าประมาณ 65-71.9% หลังการอัดแท่ง เชื้อเพลิงมีปริมาณสารระเหยดังแสดงในภาพที่ 4.13 ถึง 4.17 โดยมีปริมาณสารระเหยอยู่ในช่วง 50.18-56.53% 45.12-55.11% 41.04-51.30% 38.86-44.20% และ 37.45-42.17% ที่อัตราส่วนผสมดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่า 30:70 40:60 50:50 60:40 และ 70:30 ตามลำดับ ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ได้รับมาจากทะลายปาล์มเปล่า เนื่องจากในทะลายปาล์มเปล่ามีองค์ประกอบของสารจำพวกโพลีแซคคาไรด์ คลอโรฟิลล์ และซิลิเคต เมื่อนำมาเผาไหม้สารเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปสารระเหย [29] ซึ่งปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงลดลงตามปริมาณส่วนผสมของทะลายปาล์มที่ลดลง อย่างไรก็ตามสารระเหยมีปริมาณที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ผลิตจากเศษวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่น เช่น แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ผลิตจากเศษฟางข้าวและเศษลำไยเหลือทิ้งมีปริมาณสารระเหยอยู่ในช่วง 82.84-87.16% [35] และแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ผลิตจากเศษไม้ไผ่และเศษลำไยเหลือทิ้งมีปริมาณสารระเหยประมาณ 88.34% [36] เป็นต้น นอกจากนี้ในภาพที่ 4.13 ถึง 4.17 ยังแสดงผลกระทบของความเร็รรอบในการอัดต่อปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่าปริมาณสารระเหยแปรปรวนไม่ขึ้นกับความเร็รรอบของการอัด ยกเว้นอัตราส่วนผสมดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่าที่ 30:70 (ที่อุณหภูมิการอัด 250 และ 350°C) 40:60 (ที่อุณหภูมิการอัด 250°C) 50:50 (ที่อุณหภูมิการอัด 350°C) และ 60:40 (ที่อุณหภูมิการอัด 350°C) ซึ่งปริมาณสารระเหยมีแนวโน้มลดลงตามความเร็รรอบการอัดที่เพิ่มขึ้น

ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการศึกษานี้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับกลางไปจนถึงระดับต่ำ แม้ว่าสารระเหยเหล่านี้จะช่วยเพิ่มค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง แต่องค์ประกอบของสารในสารระเหยได้บางชนิดอาจก่อให้เกิดปัญหาการเกาะตัวกับชุดอุปกรณ์หรือผนังห้องเผาไหม้ได้ เช่น โพลีแซคคาไรด์และคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสารระเหยที่มีอยู่ในทะลายปาล์มเปล่า ดังนั้นการนำแท่งเชื้อเพลิงไปใช้จึงต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบของสารที่อยู่ในสารระเหยด้วย

ตารางที่ 4.11 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 30:70

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Volatile matter (%)
30	150	53.88 ± 0.81 ^a
	250	56.53 ± 0.71 ^b
	350	56.32 ± 0.37 ^b
40	150	55.64 ± 0.36 ^c
	250	54.12 ± 0.48 ^b
	350	52.89 ± 0.70 ^a
50	150	50.18 ± 0.19 ^a
	250	53.83 ± 0.49 ^c
	350	51.30 ± 0.32 ^b

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 40:60

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Volatile matter (%)
30	150	48.62 ± 0.70 ^a
	250	54.59 ± 0.62 ^b
	350	48.92 ± 0.15 ^a
40	150	51.75 ± 0.54 ^b
	250	55.11 ± 0.51 ^c
	350	45.12 ± 0.52 ^a
50	150	50.60 ± 0.26 ^{ab}
	250	51.72 ± 0.95 ^b
	350	49.76 ± 0.21 ^a

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p≤0.05)

ตารางที่ 4.13 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 50:50

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Volatile matter (%)
30	150	45.36 ± 0.95 ^a
	250	49.30 ± 0.54 ^b
	350	48.21 ± 0.19 ^b
40	150	51.30 ± 0.71 ^c
	250	44.02 ± 0.58 ^b
	350	41.40 ± 0.09 ^a
50	150	43.57 ± 0.14 ^b
	250	46.23 ± 0.93 ^c
	350	41.04 ± 0.34 ^a

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p≤0.05)

ตารางที่ 4.14 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 60:40

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Volatile matter (%)
30	150	38.86 ± 0.13 ^a
	250	44.20 ± 0.55 ^c
	350	42.84 ± 0.22 ^b
40	150	42.93 ± 0.19 ^b
	250	43.37 ± 0.38 ^b
	350	42.32 ± 0.14 ^a
50	150	39.95 ± 0.06 ^a
	250	42.31 ± 0.93 ^b
	350	39.77 ± 0.38 ^a

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

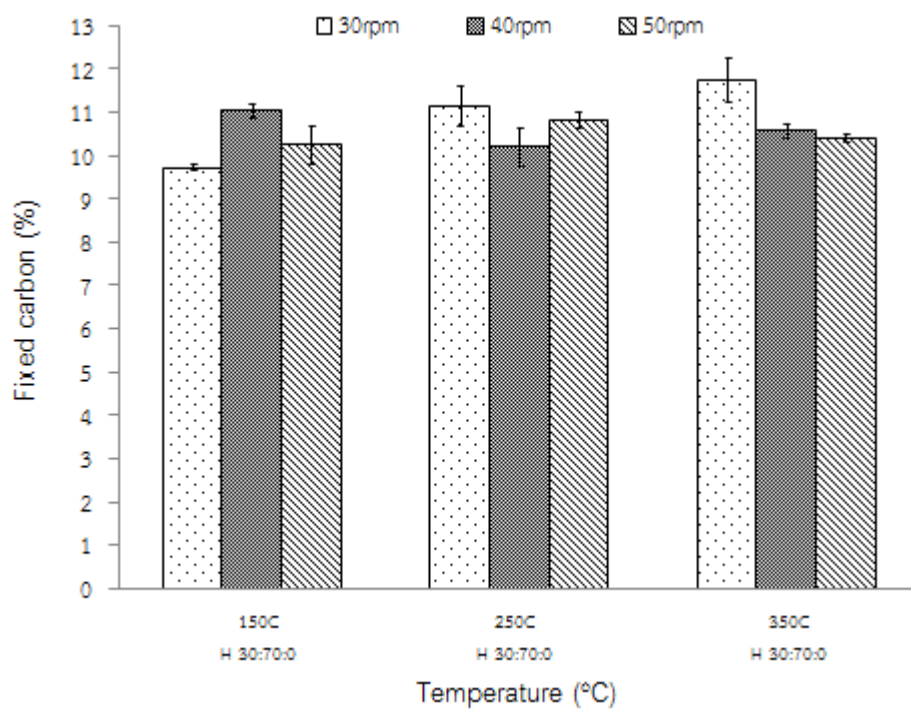
ตารางที่ 4.15 ปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 70:30

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Volatile matter (%)
30	150	37.45 ± 0.40 ^a
	250	39.43 ± 0.88 ^b
	350	39.05 ± 0.11 ^b
40	150	41.63 ± 0.35 ^c
	250	37.55 ± 0.12 ^a
	350	41.13 ± 0.06 ^b
50	150	38.83 ± 0.86 ^a
	250	42.17 ± 0.24 ^b
	350	39.32 ± 0.12 ^a

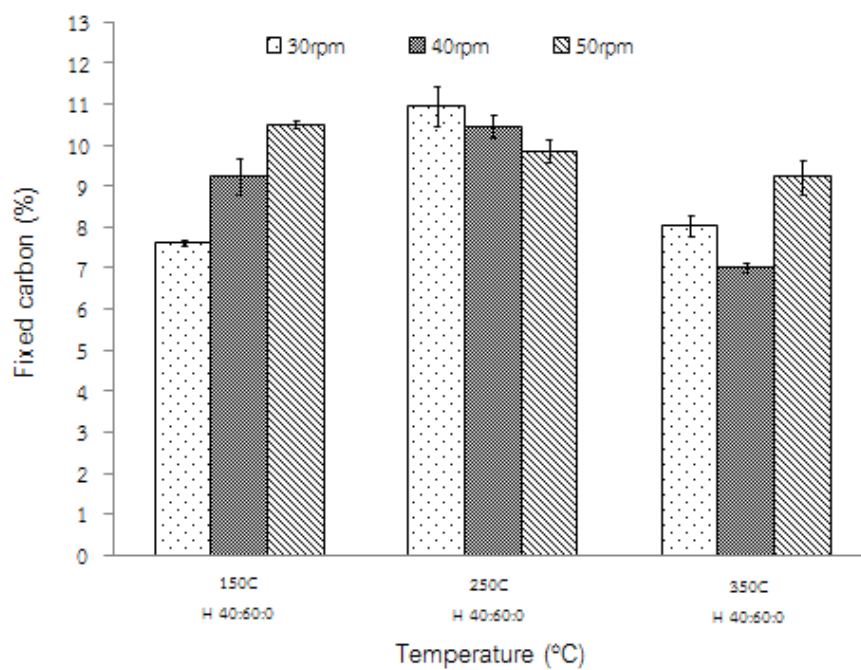
ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.11 ถึง 4.15 แสดงปริมาณสารระเหยในแท่งเชื้อเพลิงไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการอัดในช่วง 150-350°C ดังจะเห็นได้จากบางเงื่อนไขมีปริมาณสารระเหยเพิ่มขึ้นกับการเพิ่มอุณหภูมิการอัด (ที่อัตราส่วน 30:70 ความเร็วรอบการอัด 30 rpm) บางเงื่อนไขมีปริมาณสารระเหยลดลงกับการเพิ่มอุณหภูมิการอัด (ที่อัตราส่วน 50:50 ความเร็วรอบการอัด 40 rpm) และบางเงื่อนไขปริมาณสารระเหยไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิการอัด (ที่อัตราส่วน 40:60 ความเร็วรอบการอัด 50 rpm)

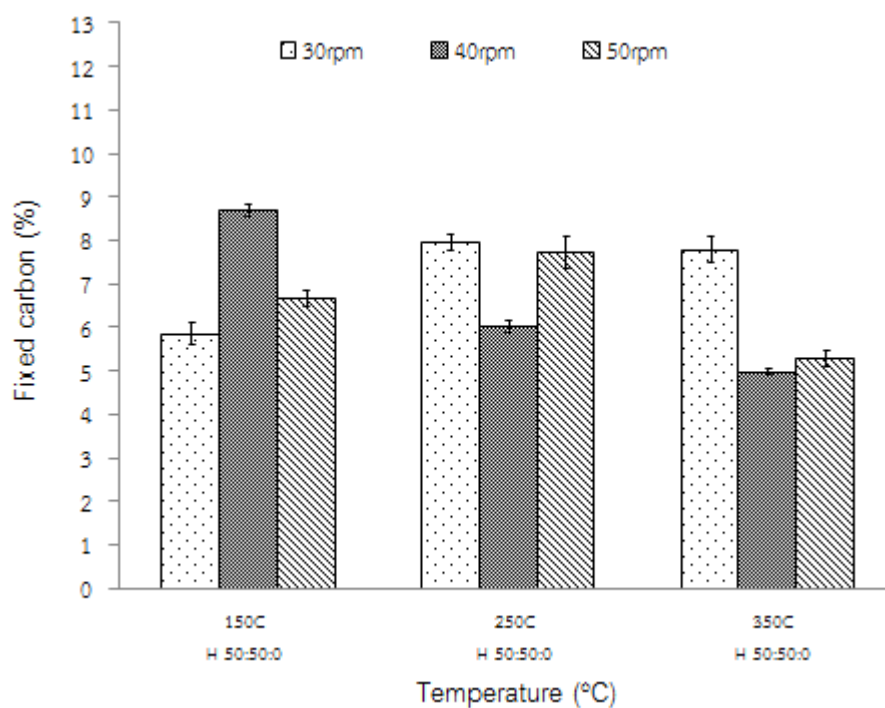
4.2.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon)



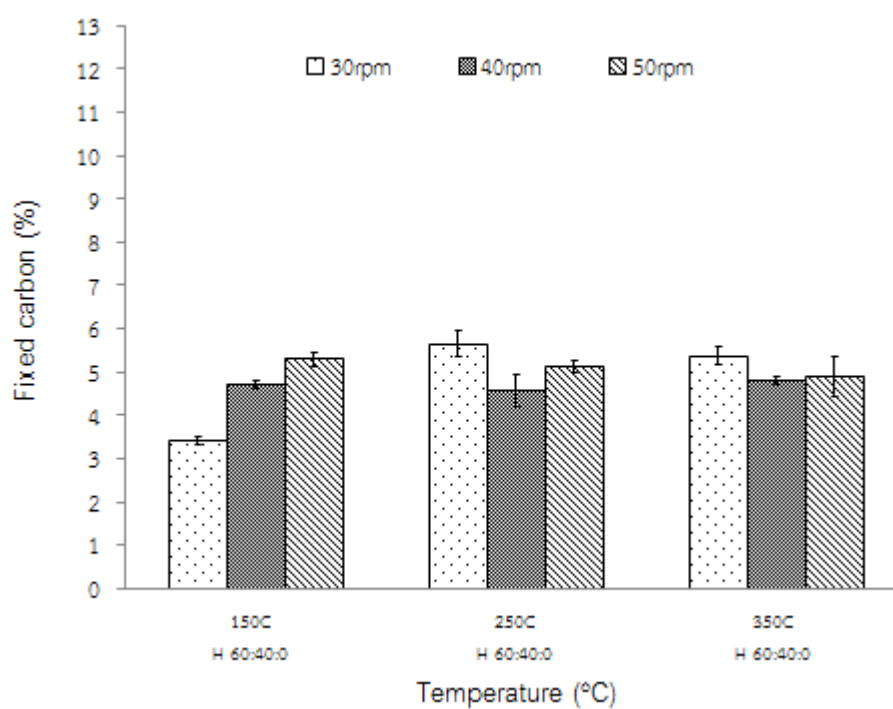
ภาพที่ 4.18 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 30:70



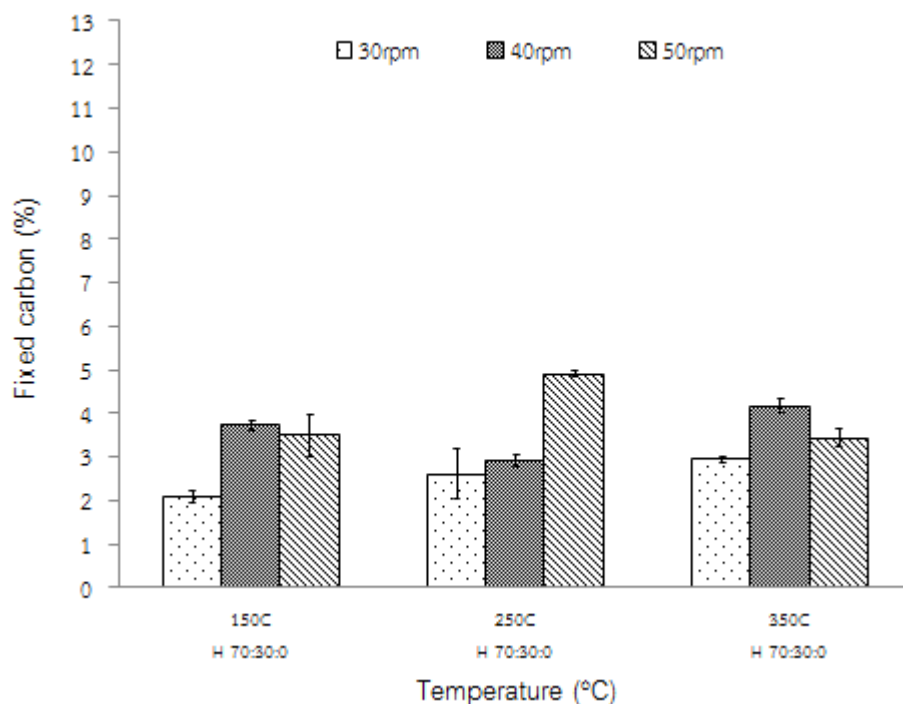
ภาพที่ 4.19 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 40:60



ภาพที่ 4.20 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 50:50



ภาพที่ 4.21 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 60:40



ภาพที่ 4.22 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 70:30

ดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปลาก่อนนำมาผสมและอัดแท่งมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยเฉลี่ย 0.42 และ 17.72% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวในทะลายปาล์มเปล่ามีค่าใกล้เคียงกับปริมาณคาร์บอนคงตัวในทะลายปาล์มเปล่าของ นคร [34] ที่มีค่าประมาณ 16.7% และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนคงตัวในชีวมวลชนิดอื่นๆที่นำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เช่น เปลือกข้าวมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 11.5% ซึ่งข้าวโพดมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 16.9% ฟางข้าวมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 0.65% และเศษลำไยเหลือทิ้งมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 0.17% เป็นต้น [34,35] จากผลปริมาณคาร์บอนคงตัวดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่ามีปริมาณคาร์บอนคงตัวไม่แตกต่างจากชีวมวลที่นำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยเฉพาะทะลายปาล์มเปล่าที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวค่อนข้างสูง ซึ่งจะช่วยให้เชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถเผาไหม้ได้นาน [8]

หลังจากนำดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่ามาอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวดังแสดงในภาพที่ 4.18 ถึง 4.22 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงลดลงตามสัดส่วนของทะลายปาล์มเปล่าที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคาร์บอนคงตัวของทะลายปาล์มเปลาก่อนนำมาอัดแท่งที่มีปริมาณมากกว่าในดินฟอกสี ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวในเชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดแท่งขึ้นรูปขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมของทะลายปาล์มเปล่า โดยปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงมีค่ามากที่สุดในช่วง 9.71-11.74% ที่อัตราส่วน 30:70 และปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าน้อยที่สุดในช่วง 2.08-4.91% ที่อัตราส่วน 70:30

จากภาพที่ 4.18 ถึง 4.22 แสดงผลกระทบของความเร็วรอบในการอัดต่อปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่าปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของการอัดที่เพิ่มขึ้นเฉพาะที่อัตราส่วนผสมดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่า 70:30 ที่อัตราส่วนผสมอื่นปริมาณคาร์บอนคงตัวมี

การเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนและไม่ขึ้นกับความเร็วยรอบการอัด ในทำนองเดียวกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการอัดไม่มีผลกระทบอย่างชัดเจนต่อปริมาณคาร์บอนคงตัวดังแสดงในตารางที่ 4.16 ถึง 4.20 อย่างไรก็ตามแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตภายใต้เงื่อนไขอัตราส่วนผสม อุณหภูมิการอัด และความเร็วยรอบการอัดในการศึกษานี้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวในปริมาณที่ต่ำ (สูงสุดเพียงแค่ 11.74%) ซึ่งในเชื้อเพลิงชีวมวลควรมีปริมาณคาร์บอนคงตัวไม่น้อยกว่า 15% เพื่อให้เชื้อเพลิงสามารถลุกไหม้ได้อย่างยาวนาน [8]

ตารางที่ 4.16 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะเลสาบปาล์มเปล่า 30:70

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Fixed carbon (%)
30	150	9.71 ± 0.07 ^a
	250	11.13 ± 0.46 ^b
	350	11.74 ± 0.52 ^b
40	150	11.03 ± 0.18 ^b
	250	10.20 ± 0.44 ^a
	350	10.56 ± 0.16 ^{ab}
50	150	10.24 ± 0.44 ^a
	250	10.82 ± 0.18 ^a
	350	10.39 ± 0.10 ^a

ตัวอักษร a, b ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.17 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะเลสาบปาล์มเปล่า 40:60

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Fixed carbon (%)
30	150	7.60 ± 0.06 ^a
	250	10.94 ± 0.47 ^b
	350	8.01 ± 0.27 ^a
40	150	9.22 ± 0.44 ^b
	250	10.43 ± 0.29 ^c
	350	7.00 ± 0.12 ^a
50	150	10.49 ± 0.08 ^c
	250	9.85 ± 0.26 ^b
	350	9.21 ± 0.41 ^a

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.18 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์ม เปล่า 50:50

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Fixed carbon (%)
30	150	5.86 ± 0.24^a
	250	7.95 ± 0.18^b
	350	7.79 ± 0.31^b
40	150	8.70 ± 0.12^c
	250	6.02 ± 0.16^b
	350	4.98 ± 0.08^a
50	150	6.67 ± 0.18^b
	250	7.74 ± 0.37^c
	350	5.29 ± 0.19^a

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p≤0.05)

ตารางที่ 4.19 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์ม เปล่า 60:40

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Fixed carbon (%)
30	150	3.41 ± 0.08^a
	250	5.64 ± 0.30^b
	350	5.36 ± 0.21^b
40	150	4.70 ± 0.09^a
	250	4.57 ± 0.38^a
	350	4.80 ± 0.08^a
50	150	5.28 ± 0.16^a
	250	5.10 ± 0.14^a
	350	4.89 ± 0.45^a

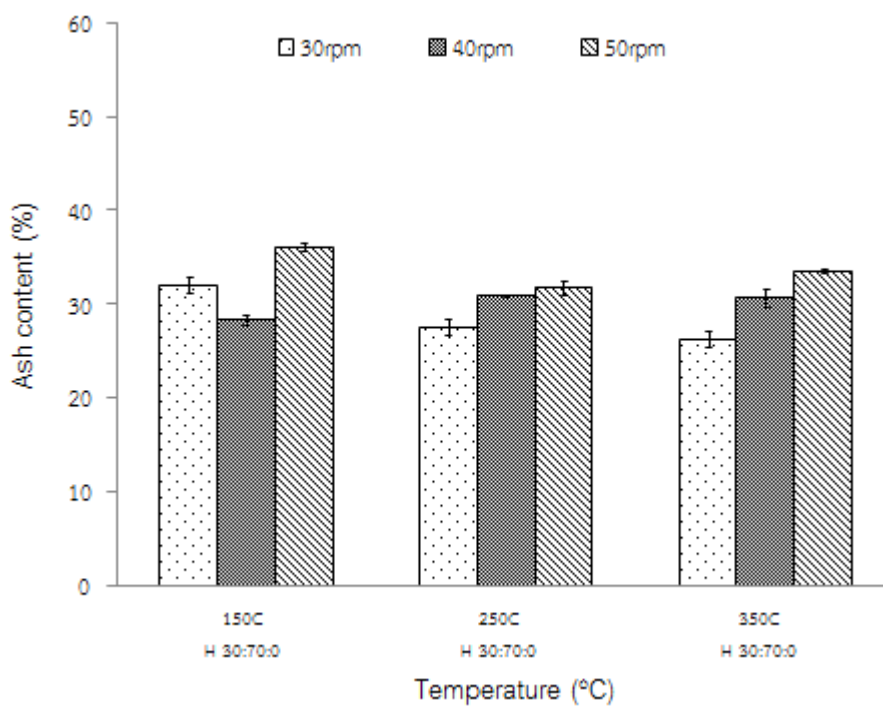
ตัวอักษร a, b ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p≤0.05)

ตารางที่ 4.20 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะเลสาบปาล์มเปล่า 70:30

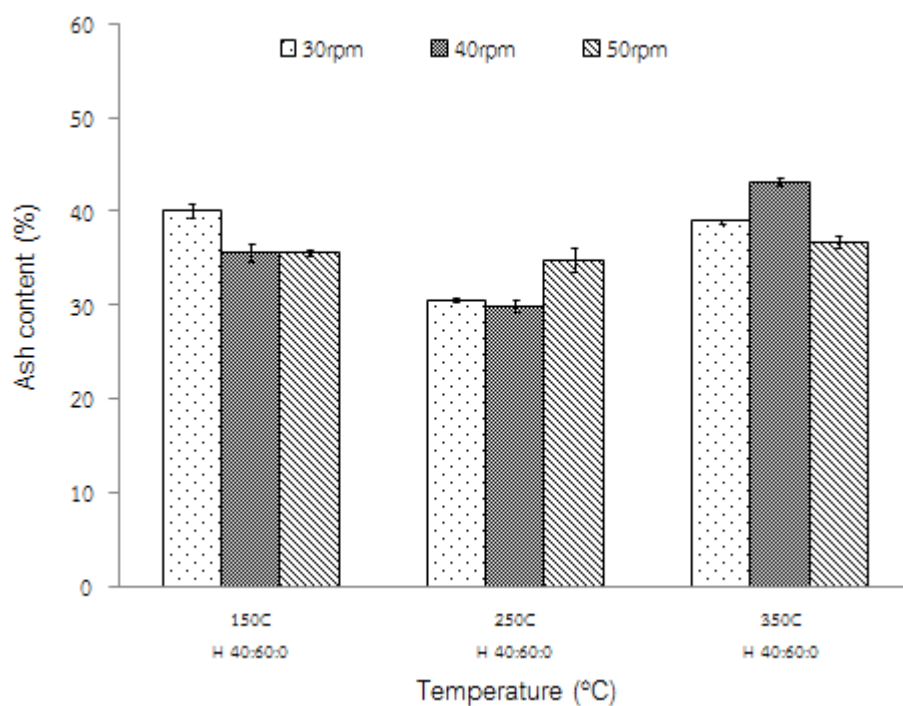
Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Fixed carbon (%)
30	150	2.08 ± 0.15^a
	250	2.61 ± 0.58^{ab}
	350	2.94 ± 0.07^b
40	150	3.72 ± 0.12^b
	250	2.93 ± 0.14^a
	350	4.18 ± 0.14^c
50	150	3.49 ± 0.48^a
	250	4.91 ± 0.06^b
	350	3.44 ± 0.19^a

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน (p<0.05)

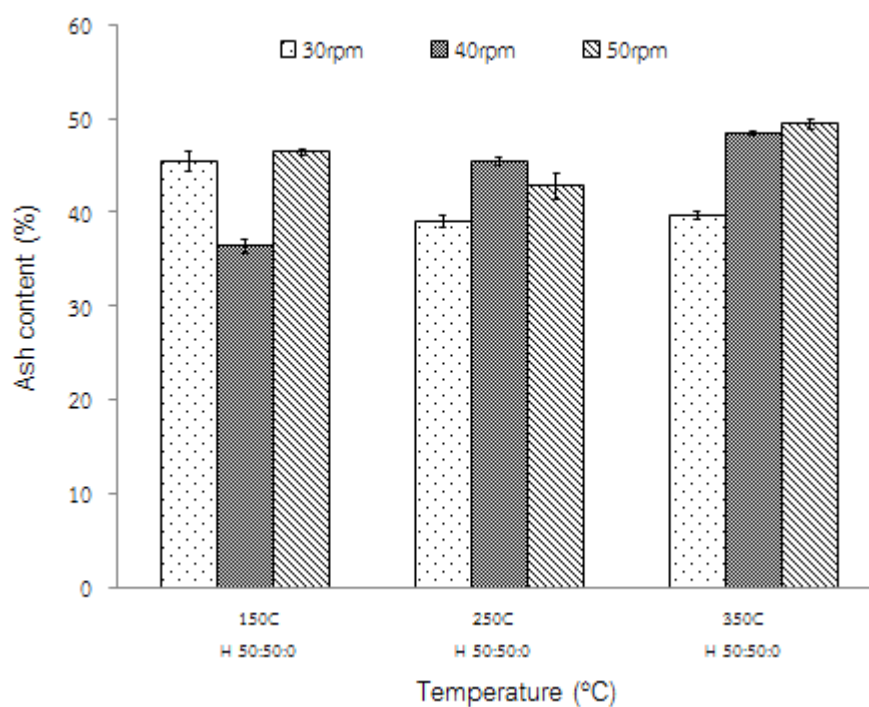
4.2.5 ปริมาณเถ้า (Ash content)



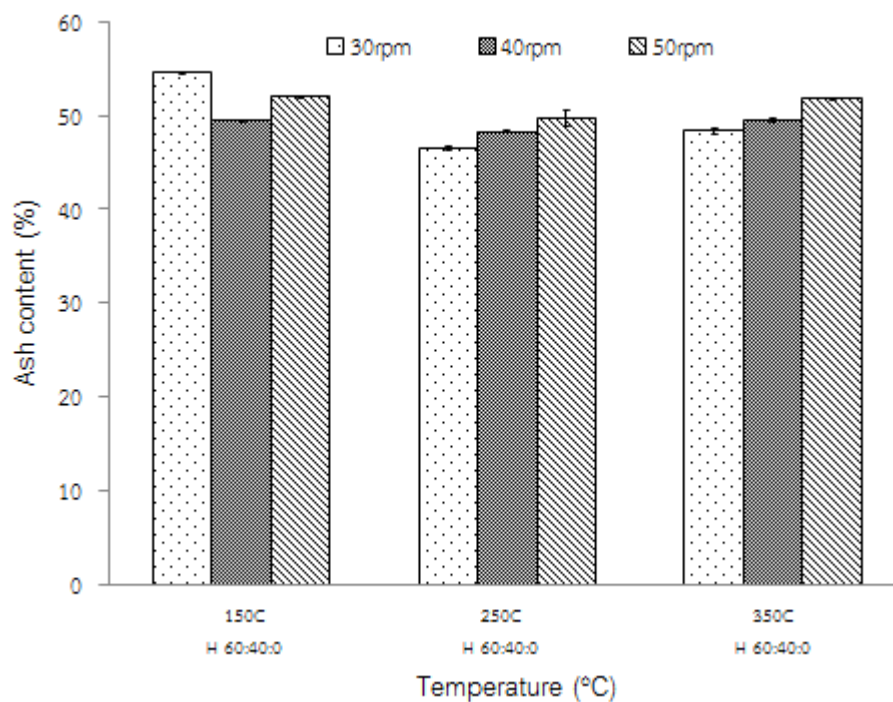
ภาพที่ 4.23 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะเลสาบปาล์มเปล่า 30:70



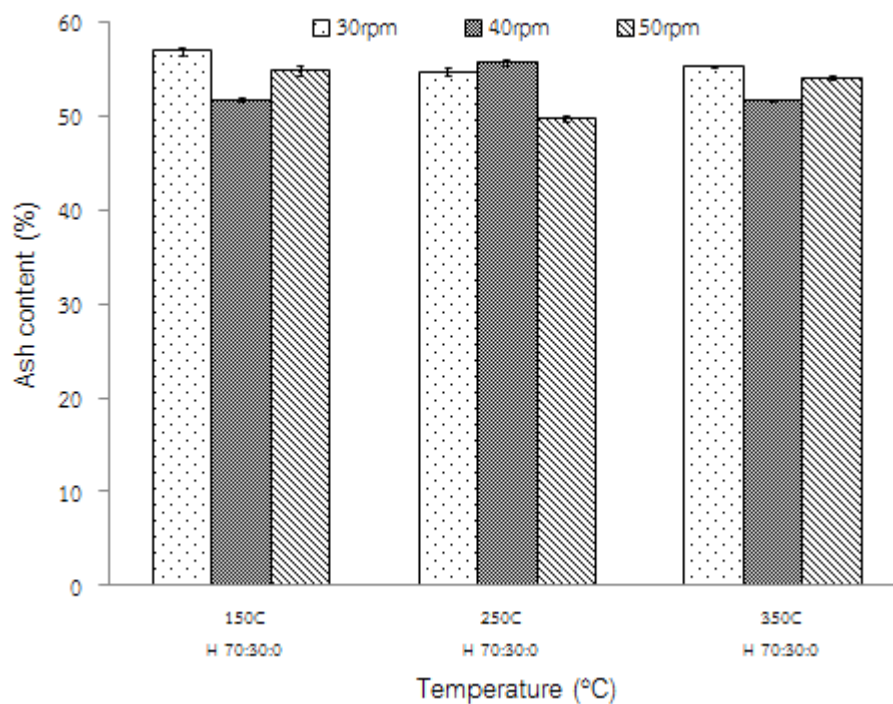
ภาพที่ 4.24 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 40:60



ภาพที่ 4.25 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 50:50



ภาพที่ 4.26 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 60:40



ภาพที่ 4.27 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 70:30

ดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่าก่อนนำมาผสมและอัดแท่งมีปริมาณเถ้าเฉลี่ย 64.43 และ 6.01% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเถ้าในงานวิจัยอื่นๆ เช่น ดินฟอกสีมีปริมาณเถ้า 58.6%

ทะลายปาล์มเปล่ามีปริมาณเถ้า 7.1% เปลือกข้าวมีปริมาณเถ้า 21.5% ชังข้าวโพดมีปริมาณเถ้า 0.9% ฟางข้าวมีปริมาณเถ้า 22.16% และเศษลำไยเหลือทิ้งมีปริมาณเถ้า 3.42% เป็นต้น [13,29,34,35] จากผลดังกล่าวข้างต้นเห็นได้ว่าปริมาณเถ้าในทะลายปาล์มเปล่าและดินฟอกสีในการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับในงานวิจัยอื่น แต่ดินฟอกสีมีปริมาณเถ้าที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลชนิดอื่นๆ อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากดินฟอกสีเป็นแร่ดินเหนียวชนิดมอนต์มอริลโลไนต์ที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารที่เผาไหม้ได้ยาก ได้แก่ ออกไซด์ของซิลิกา อลูมินา แคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น [37] ดังนั้นปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จึงขึ้นอยู่กับปริมาณของดินฟอกสี โดยดินฟอกสีหลังการเผาไหม้ให้ปริมาณเถ้ามากกว่าทะลายปาล์มเปล่าประมาณ 10 เท่า ส่งผลให้ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของดินฟอกสีที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 4.23 ถึง 4.27 โดยมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 26.19-36% 29.86-43.06% 36.40-49.42% 46.49-54.53% และ 49.60-56.81% ที่อัตราส่วนผสมดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่า 30:70 40:60 50:50 60:40 และ 70:30 ตามลำดับ [29]

จากภาพที่ 4.23 ถึง 4.27 แสดงผลกระทบของความเร็วรอบในการอัดต่อปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่าปริมาณเถ้ามีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ขึ้นกับความเร็วรอบการอัด ในทำนองเดียวกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการอัดไม่มีผลกระทบอย่างชัดเจนต่อปริมาณเถ้าดังแสดงในตารางที่ 4.21 ถึง 4.25 อย่างไรก็ตามแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตภายใต้เงื่อนไขอัตราส่วนผสม อุณหภูมิการอัด และความเร็วรอบการอัดในการศึกษานี้มีปริมาณเถ้าในปริมาณที่สูง โดยปริมาณเถ้าต่ำสุดที่อัตราส่วนผสมดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 30:70 มีปริมาณเถ้าสูงถึง 26.19% ซึ่งในเชื้อเพลิงชีวมวลควรมีปริมาณเถ้าไม่เกิน 20% เพื่อให้เชื้อเพลิงสามารถเผาไหม้ได้มากที่สุด และช่วยลดปัญหาในการจัดการกับเถ้าที่เกิดขึ้น [8]

ตารางที่ 4.21 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 30:70

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Ash content (%)
30	150	31.93 ± 0.86 ^b
	250	27.51 ± 0.78 ^a
	350	26.19 ± 0.89 ^a
40	150	28.31 ± 0.51 ^a
	250	30.79 ± 0.10 ^b
	350	30.61 ± 0.88 ^b
50	150	36.00 ± 0.46 ^c
	250	31.70 ± 0.68 ^a
	350	33.45 ± 0.26 ^b

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.22 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 40:60

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Ash content (%)
30	150	39.93 ± 0.75 ^c
	250	30.49 ± 0.19 ^a
	350	38.88 ± 0.24 ^b
40	150	35.48 ± 0.98 ^b
	250	29.86 ± 0.64 ^a
	350	43.06 ± 0.43 ^c
50	150	35.51 ± 0.37 ^{ab}
	250	34.71 ± 1.26 ^a
	350	36.66 ± 0.67 ^b

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.23 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 50:50

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Ash content (%)
30	150	45.38 ± 1.08 ^b
	250	39.00 ± 0.71 ^a
	350	39.69 ± 0.47 ^a
40	150	36.40 ± 0.74 ^a
	250	45.40 ± 0.47 ^b
	350	48.43 ± 0.21 ^c
50	150	46.39 ± 0.32 ^b
	250	42.77 ± 1.31 ^a
	350	49.42 ± 0.57 ^c

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.24 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 60:40

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Ash content (%)
30	150	54.53 ± 0.06 ^c
	250	46.49 ± 0.30 ^a
	350	48.32 ± 0.31 ^b
40	150	49.41 ± 0.11 ^b
	250	48.25 ± 0.10 ^a
	350	49.41 ± 0.24 ^b
50	150	51.95 ± 0.08 ^b
	250	49.70 ± 0.90 ^a
	350	51.79 ± 0.12 ^b

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.25 ปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินฟอกสีกับทะลายปาล์มเปล่า 70:30

Revolution speed (rpm)	Compression temperature (°C)	Ash content (%)
30	150	56.81 ± 0.40 ^b
	250	54.65 ± 0.36 ^a
	350	55.18 ± 0.16 ^a
40	150	51.63 ± 0.24 ^a
	250	55.56 ± 0.28 ^b
	350	51.52 ± 0.14 ^a
50	150	54.75 ± 0.45 ^c
	250	49.60 ± 0.30 ^a
	350	54.02 ± 0.28 ^b

ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($p \leq 0.05$)

4.3 ผลกระทบของความเร็วรอบในการอัดต่ออัตราการอัดแท่งเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4.26 อัตราการอัดแท่งเชื้อเพลิง

Revolution speed (rpm)	Length rate (cm/min)	Production rate (piece/h)
30	56.45	338
40	59.2	355
50	65.2	391



ภาพที่ 4.28 แท่งเชื้อเพลิง

ส่วนผสมของดินฟอกสีและทะลายปาล์มเปล่าถูกอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm ยาว 10 cm (ดังแสดงในภาพที่ 4.28) โดยใช้ความเร็วรอบในการอัด 30 40 และ 50 rpm ซึ่งที่แต่ละความเร็วรอบในการอัดมีอัตราความยาวของแท่งเชื้อเพลิงและอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงดังแสดงใน ตารางที่ 4.26 อัตราความยาวของแท่งเชื้อเพลิงและอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบในการอัดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ที่ความเร็วรอบในการอัดสูงสุด 50 rpm มีอัตราความยาวของแท่งเชื้อเพลิงสูงสุดเท่ากับ 65.2 cm/min และมีอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงสูงสุดเท่ากับ 391 piece/h