

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเบดโดยทำการศึกษาถึงอุณหภูมิและปริมาณก๊าซต่างๆที่เกิดขึ้นที่ความเร็วของอากาศต่างๆกัน นอกเหนือจากการศึกษาเหล่านี้ได้ศึกษาหาลักษณะสมบัติของวัตถุดิบทั้งกายภาพและเคมีเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาผลการทดลองที่ได้รายละเอียดของผลการทดลองมีดังนี้

1. สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของแกลบ

1.1 จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของแกลบ โดยการวิเคราะห์ตามวิธี ASTM แสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์แกลบแบบประมาณและแบบแยกธาตุ

การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis)		การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis)	
รายการวิเคราะห์	ร้อยละ	รายการวิเคราะห์	ร้อยละ
ความชื้น	6.88	C	37.65
เถ้า	18.25	H	1.38
สารระเหยได้	57.42	N	0.29
คาร์บอนคงตัว	17.45	O	35.55
รวมทั้งหมด	100.00	ความชื้น	6.88
ค่าความร้อนของแกลบ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3,600	เถ้า	18.25
		รวมทั้งหมด	100.00

2. ผลของตัวแปรที่มีต่ออุณหภูมิและองค์ประกอบของก๊าซ

เนื่องจากได้มีการศึกษาถึงสภาวะในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง สำหรับเตาผลิตก๊าซนี้ มาบ้างแล้ว ในงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งพบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันกล่าวคือ ที่ความสูงของเบดค่าหนึ่งจะมีช่วงของอัตราการป้อนแกลบและอากาศที่เหมาะสมช่วงหนึ่งเท่านั้น ตัวแปรที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้คือ อัตราการป้อนอากาศ 0.12-0.32 ลบ.ม./นาที่ และอัตราการป้อนแกลบประมาณ 100-260 กรัม/นาที่ โดยการทดลองได้เริ่มจากการอุ่นเตาให้ได้อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส จากนั้นป้อนแกลบและอากาศเข้าสู่เตา ปรับแต่งให้อุณหภูมิเบดประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส แล้วค่อยๆ ปรับค่าอัตราการไหลเข้าของอากาศที่ต้องการจนระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ทำการบันทึกอุณหภูมิภายในเตาที่ความสูงเหนือตะแกรง 4, 9, 14, 19 และ 29 ซม. และดึงตัวอย่างก๊าซด้วยเครื่องสุญญากาศ (Vacuum Pump) จากบริเวณด้านล่างของเตาผลิตก๊าซก่อนที่จะถึงถังรองรับเก็บ (ดังรูปที่ 3.1)

ผลของการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซ

ก. ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความสูงเหนือตะแกรง 4, 9, 14, 19 และ 29 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.12 - 0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที่ อัตราการป้อนแกลบ 100 - 260 กรัม/นาที่แสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1

ข. ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ กับระยะทางจากผนังด้านใน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆจากผนังเตา (Radial Temperature Profile) ในเตาผลิตก๊าซที่อัตราการไหลของอากาศ 0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที่ แสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2

ค. ผลการทดลองการบันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงตามระดับความสูง 4, 9, 14, 19 และ 29 เซนติเมตรจากตะแกรงทุก 10 นาที แสดงในภาคผนวก ก

2. อัตราการไหลของอากาศ

การทดลองจะทำการแปรค่าอัตราการไหลของอากาศ โดยการป้อนแกลบคงที่ประมาณ 100 - 260 กรัม/นาที่ เพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณอากาศที่มีต่ออุณหภูมิ และองค์ประกอบก๊าซที่เกิดขึ้น ในการทดลองด้วยเครื่องผลิตก๊าซแบบเบดนิ่งนี้อัตราการป้อนแกลบจะไม่สม่ำเสมอ การควบคุมให้เตาอยู่ในสภาวะคงที่นั้นเป็นดังนี้ คือ เมื่อแกลบทำการเผาไหม้จนถึงอุณหภูมิค่าหนึ่ง อุณหภูมิในเตาจะเริ่มลดต่ำลง การที่จะควบคุมให้อุณหภูมิสูงขึ้นจะต้องปล่อยให้แกลบที่ทำการเผาไหม้แล้วและอยู่ที่ด้านล่างของเตา ร่วงลงย่านตะแกรงในปริมาณหนึ่ง โดยการเปิดเครื่องควบคุมการหมุนของตะแกรง แล้วหยุดการหมุนของตะแกรง ทำการป้อนแกลบเข้าไปเพื่อควบคุมระดับของแกลบในเตาผลิตก๊าซคงที่ตลอดเวลา หลังจากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้น เมื่อ

ควบคุมระดับของแกลบในเตาผลิตก๊าซคงที่ตลอดเวลา หลังจากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิในเตาผลิตก๊าซเริ่มลดต่ำลงก็ทำเช่นนี้ต่อไปจนถึงจุดหนึ่งที่อุณหภูมิในเตาผลิตก๊าซคงที่อยู่นาน เป็นสภาวะคงที่

ก. ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลของอากาศและองค์ประกอบของก๊าซเฉลี่ยทั้งหมด ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) อัตราการป้อนแกลบควบคุมอยู่ในช่วงประมาณ 100 - 260 กรัม/นาที่ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ข. ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศ 0.12-0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที่ อัตราการป้อนแกลบควบคุมอยู่ในช่วงประมาณ 100 - 260 กรัม/นาที่ และองค์ประกอบของก๊าซเฉลี่ยที่วิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.3

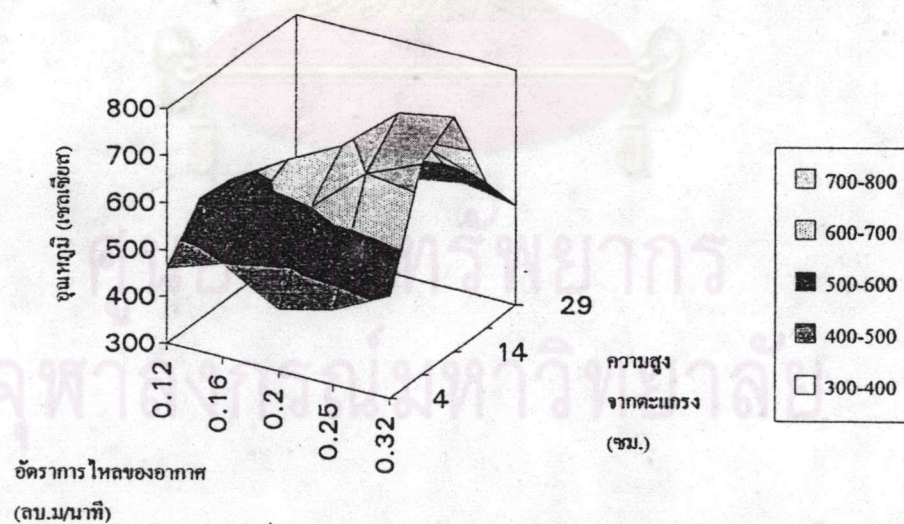
ค. ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบด (อุณหภูมิระหว่าง T_2 และ T_3) และองค์ประกอบของก๊าซเฉลี่ยที่วิเคราะห์ด้วย CO Analyzer (IR) ,CO₂ Analyzer อัตราการไหลของอากาศ 0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที่ อัตราการป้อนแกลบ 100 - 260 กรัม/นาที่ โดยทำการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.4

ง. ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบด (อุณหภูมิระหว่าง T_2 และ T_3) และอัตราการไหลของอากาศ 0.12-0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที่ อัตราการป้อนแกลบ 100 - 260 กรัม/นาที่ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาผลิตก๊าซที่ความสูงเหนือตะแกรงและอัตราการไหลของอากาศต่างๆ

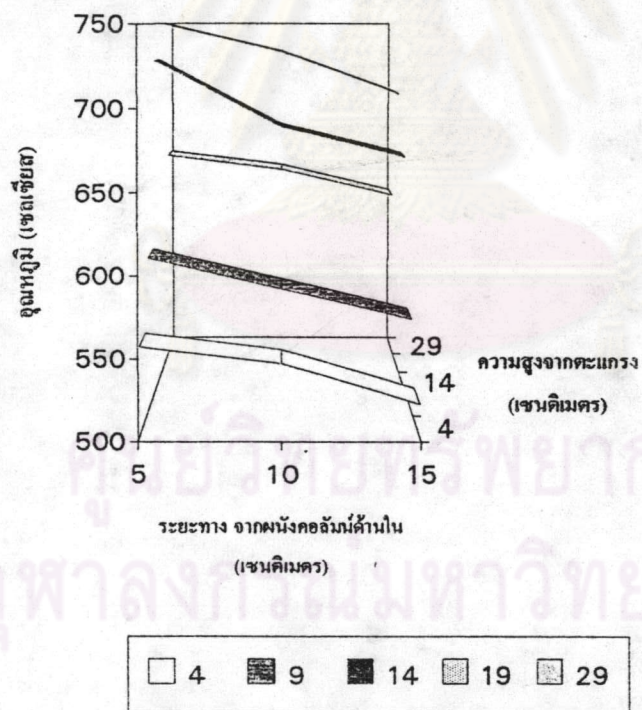
ความสูงจาก ตะแกรง (เซนติเมตร)	อุณหภูมิเฉลี่ย (เซลเซียส)				
	อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/นาที)				
	0.12	0.16	0.20	0.25	0.32
4	460	500	430	460	520
9	560	580	600	700	750
14	550	620	680	780	820
19	500	520	620	650	610
29	450	400	510	530	510



รูปที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและความสูงจากตะแกรงที่อัตราการไหลของอากาศต่างๆ

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาผลิตก๊าซที่ความสูงเหนือตะแกรงและระยะห่างจากผนังคอลัมน์ด้านใน

ระยะห่างจากผนัง คอลัมน์ด้านใน (เซนติเมตร)	อุณหภูมิเฉลี่ย (เซลเซียส)				
	ความสูงจากตะแกรง (เซนติเมตร)				
	4	9	14	19	29
5	555	600	725	750	650
10	545	580	680	730	640
15	520	560	660	700	620



รูปที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและระยะห่างจากผนังคอลัมน์ด้านใน

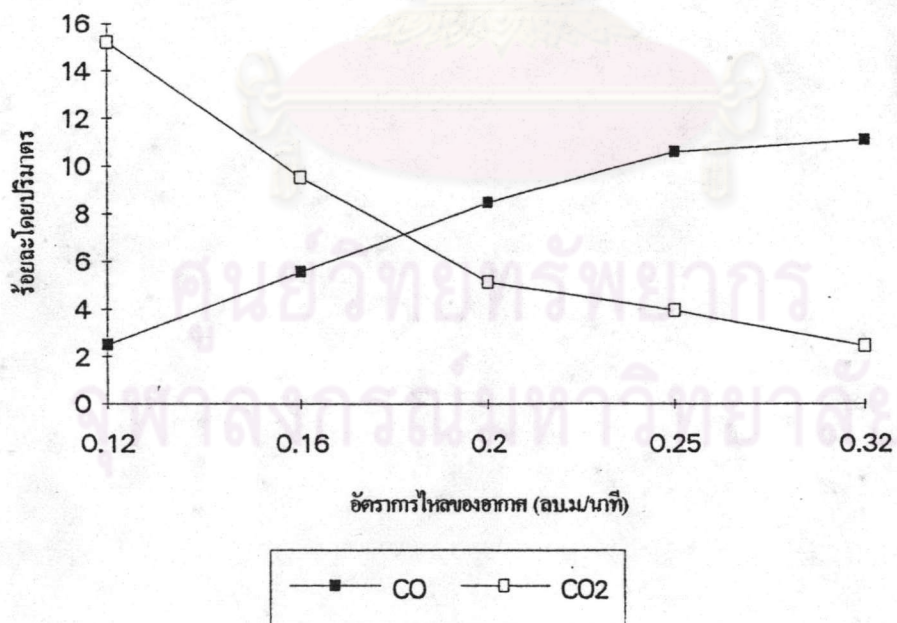
ตารางที่ 4.4 แสดงองค์ประกอบของก๊าซเฉลี่ยที่เกิดขึ้นและวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Gas Chromatography ที่อัตราการไหลต่างๆ

การทดลอง ที่	อัตราการไหลของ อากาศ (ลูกบาศก์เมตร /นาที่)	ร้อยละโดยปริมาตร (ค่าเฉลี่ย)					
		CO	CO ₂	O ₂	CH ₄	H ₂	N ₂
1	0.12	2.50	15.20	5.79	2.11	5.01	69.39
2	0.15	5.56	9.51	6.52	1.31	5.74	71.36
3	0.20	8.46	5.12	4.98	0.83	7.78	72.83
4	0.25	10.58	3.93	4.01	0.46	5.63	75.39
5	0.32	11.08	2.46	3.46	0.30	4.00	78.70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงองค์ประกอบของก๊าซ CO, CO₂, O₂ (ค่าเฉลี่ย) อัตราการไหลของอากาศต่างๆ

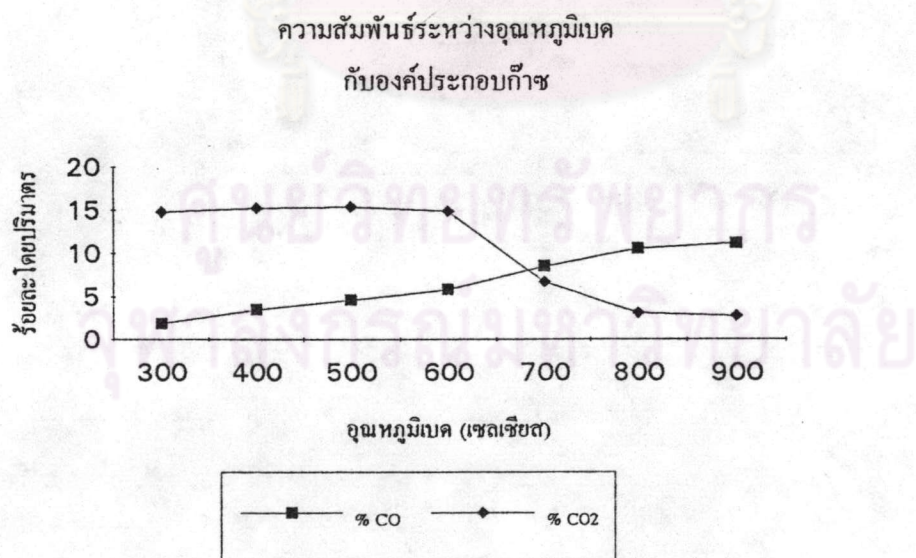
ตัวอย่างที่	อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/นาที)	ร้อยละโดยปริมาตร (ค่าเฉลี่ย)		
		CO	CO ₂	O ₂
1	0.12	2.50	15.20	5.79
2	0.16	5.56	9.51	6.52
3	0.20	8.46	5.12	4.98
4	0.25	10.58	3.93	4.01
5	0.32	11.08	2.46	3.46



รูปที่ 4.3 แสดงองค์ประกอบของก๊าซ CO และ CO₂ (ค่าเฉลี่ย) อัตราการไหลของอากาศต่างๆ

ตารางที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบคและองค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ CO Analyzer

อุณหภูมิภายในเบคเฉลี่ย (เซลเซียส)	ร้อยละโดยปริมาตร (ค่าเฉลี่ย)	
	CO	CO ₂
300	1.8	14.8
400	3.5	15.2
500	4.6	15.4
600	5.8	14.8
700	8.5	6.7
800	10.5	3.1
900	11.1	2.7

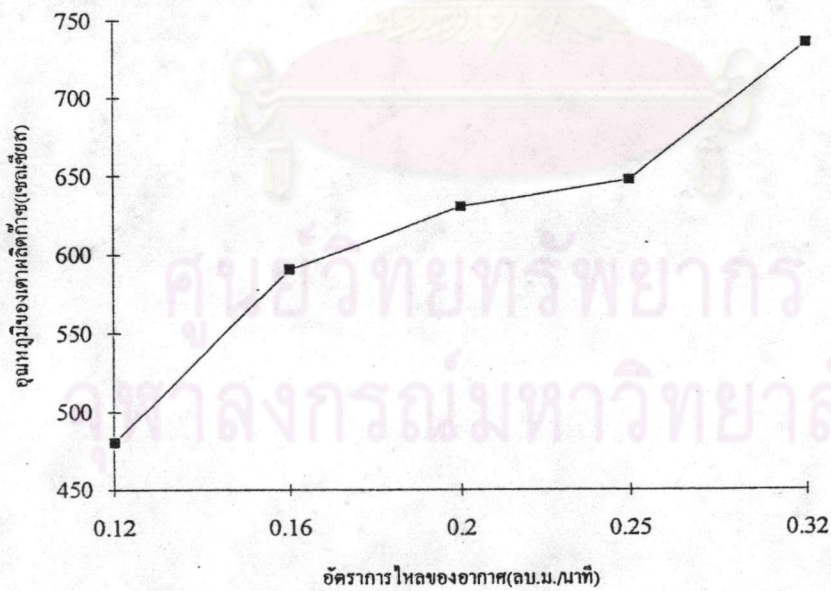


รูปที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบคและองค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ CO Analyzer



ตารางที่ 4.7 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบดและอัตราการไหลของอากาศตั้งแต่ 0.12-0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที

อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/นาที)	ความเร็วของอากาศ (เมตร/นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)
0.12	0.24	480.04
0.16	0.32	590.52
0.20	0.40	630.25
0.25	0.60	647.25
0.32	0.64	735.27



รูปที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบดและอัตราการไหลของอากาศตั้งแต่ 0.12-0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที