

การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินเวียงแหงในฟลูอิดไรส์เบดแบบต่อเนื่อง

นาย อรรถพล ณรงค์ฤทธิ์ชัย



สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

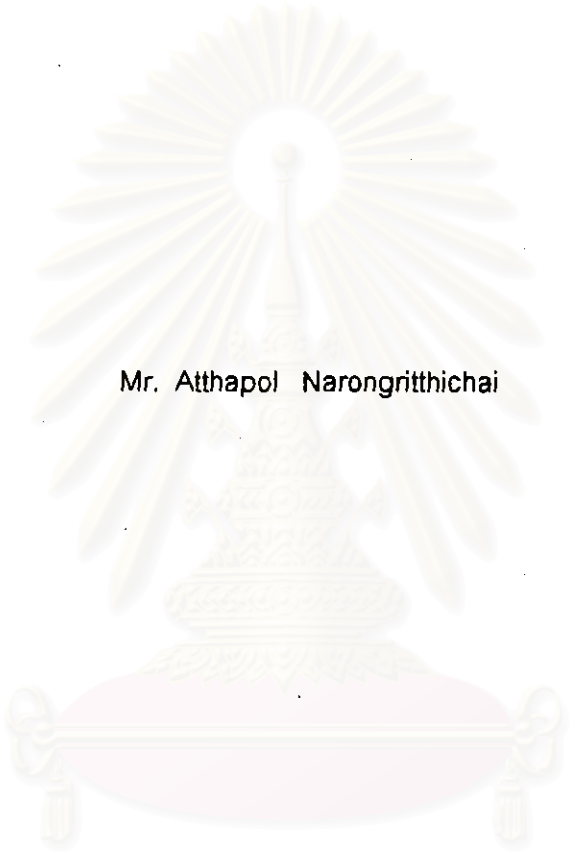
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-469-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I1943604X

GASIFICATION OF WIANGHAENG COAL IN CONTINUOUS FLUIDIZED BED



Mr. Atthapol Narongritthichai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-333-469-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินเวียงแหงในฟลูอิดไบทแบบต่อเนื่อง

โดย

นายอรรถพล ณรงค์ฤทธิ์ชัย

ภาควิชา

เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. พล สาเกทอง

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. พล สาเกทอง)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุด)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์)

อรรถพล ณรงค์ฤทธิ์ชัย, : การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินเวียงแหงในฟลูอิดไรซ์เบดแบบต่อเนื่อง. (GASIFICATION OF WIANGHAENG COAL IN CONTINUOUS FLUIDIZED BED). อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ชูชาติ บารมี, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. พล สาเกทอง, 123 หน้า. ISBN 974-333-469-6.

การศึกษาภาวะในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินเวียงแหงในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไรซ์เบดแบบต่อเนื่อง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39 เซนติเมตร สูง 200 เซนติเมตร โดยใช้อากาศเป็นแก๊สตัวกลางภายใต้ความดันบรรยากาศ ตัวแปรที่ศึกษาคือ ขนาดถ่านหิน ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 0.8, 0.8 – 2.36 และ 2.36 – 4.75 มิลลิเมตร และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 500, 600, 700, 800 และ 900 องศาเซลเซียส เพื่อหาภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ให้ค่าร้อยละความเข้มข้นของแก๊สองค์ประกอบ และค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่สูง

การศึกษาพบว่าในช่วงของค่าตัวแปรที่ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง คือ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 900 องศาเซลเซียส และถ่านหินขนาด 2.36–4.75 มิลลิเมตร แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนร้อยละ 8.98, มีเทนร้อยละ 0.36, คาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ 16.32 และ คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 7.51 แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนเป็น 3.35 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร ที่ภาวะมาตรฐาน

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต...อรรถพล ณรงค์ฤทธิ์ชัย...
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4072455923 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD : COAL / GASIFICATION / CONTINUOUS FLUIDIZED BED

ATTHAPOL NARONGRITTHICHAJ : GASIFICATION OF WIANGHAENG COAL IN CONTINUOUS FLUIDIZED BED. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SHOOSHAT BARAME, Dr.Ing. , THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. PHOL SAGETONG, Dr.Ing., 123 pp. ISBN 974-333-469-6.

This research is to study the condition of gasification of the coal from Wiang Haeng district in the continuous fluidized bed reactor using air at atmospheric pressure. The reactor is 200 cm. height and 39 cm. diameter. The studied variables are the sizes of the coal which are smaller than 0.8, 0.8 – 2.36, and 2.36 – 4.75 mm. Each coal size is used in different temperatures which are 500, 600, 700, 800 and 900 °C.

According to the studies and experiment, the temperature of 900 °C with the coal size of 2.36 – 4.75 mm. is the optimum condition in order to produce the reasonable concentration percentage of the consisting gases and the high heating value. The percentage of hydrogen, methane, and carbonmonoxide are 8.98, 0.36, and 16.32 by volume, respectively. In addition, the heating value is 3.351 MJ / m³.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อผู้จัดทำ.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์. ดร. ชูชาติ บารมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์. ดร. พลเสนาทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์. ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร.เลอสรอง เมฆสุด และผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ ที่กรุณาได้รับเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณสังข์ ชมชื่น และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการสร้าง ซ่อมแซมเครื่องมือและอำนวยความสะดวกในการวิจัย

ขอขอบพระคุณกองทุน ศาสตราจารย์. ดร. ประสม สถาปิตานนท์ และบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอขอบพระคุณ กองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี และคุณสมชาย พุ่มอิม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องปฏิกรณ์และถ่านหินในงานวิจัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ภาควิชาเคมีเทคนิค และน้องๆ สาขาปิโตรเคมี และวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ ที่ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจอย่างดีและให้การสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ชาวเคมีเทคนิคทุกคนที่ให้กำลังใจ ช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้วยดีเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1. บทนำ	1
บทที่ 2. วารสารปริทัศน์	6
2.1. ถ่านหิน	6
2.1.1. การจำแนกถ่านหิน.....	6
2.1.2. องค์ประกอบของถ่านหิน	6
2.2. ทฤษฎีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง	10
2.2.1. การไพโรไลซิส	11
2.2.2. การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านชาร์	13
2.2.3. ระบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง	13
2.2.4. ประเภทของกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง	14
2.2.5. แก๊สรีเอเจนต์	19
2.2.6. ปฏิกริยาที่เกิดในกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง	20
2.2.7. องค์ประกอบที่จุดสมดุล	23
2.3. ฟลูอิดไอเซน	27
2.3.1. ปฏิกิริยาการผันฟลูอิดไอเซน	28
2.3.2. พฤติกรรมรวมของระบบฟลูอิดไอเซนเบด	30
2.3.3. การเลือกชนิดของแผ่นกระจายแก๊ส	33
2.3.4. การออกแบบแผ่นกระจายแก๊ส	35
2.4. กายภาพของระบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบฟลูอิดไอเซน	37
2.5. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	46
3.1. อุปกรณ์การทดลอง	46
3.2. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	52
3.3. วิธีการทดลอง	52
บทที่ 4. ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง	55
4.1. ผลการวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณของถ่านหินจากแหล่งเวียงแหง	55
4.2. ผลการวิเคราะห์สมบัติแบบแยกธาตุของถ่านหินจากแหล่งเวียงแหง	55
4.3. ผลการทดลองปฏิกิริยาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงของถ่านหินจาก แหล่งเวียงแหง	56
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	67
บทที่ 5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	70
5.1. การศึกษาผลของอุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินโดยอากาศที่ ความดันบรรยากาศ	70
5.2. การศึกษาผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงโดยอากาศที่ ความดันบรรยากาศ	70
5.3. ภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง	71
5.4. ข้อเสนอแนะ	71
5.5. เปรียบเทียบองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในการทดลองกับงาน วิจัยอื่น.....	72
5.6. เปรียบเทียบค่าความร้อนของแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากการทดลอง กับงานวิจัยอื่นๆ.....	74
รายการอ้างอิง	75
ภาคผนวก	79
ก. วิธีการวิเคราะห์สมบัติถ่านหิน	80
ข. ตัวอย่างการคำนวณสมบัติของถ่านหิน	87
ค. วิธีการคำนวณหาความหนาแน่นของถ่านหิน	90
ง. วิธีการวิเคราะห์โดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี	91
จ. การคำนวณขอบเขตความเร็วฟลูอิดไรซ์	95
ฉ. การคำนวณหาค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิง	97

๗. ตัวอย่างการคำนวณสมมูลมวลสารจากผลการทดลอง 99
ประวัติผู้เขียน..... 124



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1. วิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแอ่งเวียงแหง	3
2.1. การเปลี่ยนแปลงการเกิดถ่านหิน	7
2.2. การจำแนกการเกิดถ่านหินโดยพื้นฐานต่างๆ	8
2.3. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในระหว่างไพโรไลซ์ถ่านหิน	13
2.4. สรุปปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง	18
2.5. สมบัติของเครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแต่ละชนิด	19
2.6. แนวโน้มสมดุลของระบบ C-H-O ($H/O = 1 \text{ gm-atom/gm-atom}$)	26
4.1. ผลการวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณของถ่านหินจากแหล่งเวียงแหง	55
4.2. ผลการวิเคราะห์สมบัติแบบแยกธาตุของถ่านหินจากแหล่งเวียงแหง	55
4.3. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด < 0.8 มิลลิเมตร	56
4.4. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 0.8 – 2.36 มิลลิเมตร	57
4.5. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 2.36 – 4.75 มิลลิเมตร	58
4.6. ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ	60
4.7. ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ	61
4.8. ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ	62
4.9. ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ	63
4.10. ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ	64
4.11. ปริมาณความร้อนของแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ ณ อุณหภูมิ และถ่านหินขนาดต่างๆ	66

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 5.1. สมบัติแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ภายใต้ภาวะ อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ โดยใช้ถ่านหินขนาด 2.36 – 4.75 มิลลิเมตร	71
ตารางที่ 5.2. ผลงานวิจัยของ Foong และคณะ	72
ตารางที่ 5.3. ผลงานวิจัยของ Yong Jeon Kim และคณะ	72
ตารางที่ 5.4. ผลงานวิจัย	72
ง.1. ข้อมูลเฉพาะของคอลัมน์	91
ง.2. ค่าפקเตอร์คงที่สำหรับการหาค่าความเข้มข้นของแก๊ส	92
ง.3. ผลการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของแก๊ส	94
ฉ.1 องค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง ณ อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 2.36 – 4.75 มิลลิเมตร และ ค่า Heating value ของแก๊สแต่ละชนิด	97

สารบัญญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1. ค่าความร้อนของถ่านหินและการวิเคราะห์แบบประมาณ	8
2.2. แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหิน	12
2.3. เครื่องมือผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบต่างๆ	16
2.4. ลักษณะสมดุลของระบบกราไฟต์-ไฮโดรเจน-มีเทน.....	24
2.5. ลักษณะสมดุลของระบบกราไฟต์-แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	25
2.6. ลักษณะสมดุลของระบบคาร์บอน-ไฮโดรเจน-ออกซิเจน ($H/O = 1$)	26
2.7. ขั้นตอนการเกิดภาวะฟลูอิดเซชัน	28
2.8. ลักษณะปรากฏการณ์ฟลูอิดไรซ์ชนิดต่าง ๆ ของอนุภาคของแข็งด้วยของไหล.....	29
2.9. พฤติกรรมต่าง ๆ ที่เหมือนของเหลวของระบบฟลูอิดไรซ์	30
2.10. ลักษณะการเกิดฟลูอิดไรซ์ชนิดต่าง ๆ เนื่องจากอิทธิพล ของชนิดแผ่นกระจายแก๊ส.....	34
2.11. ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ออร์ทิสกับเลขเรย์โนลด์	36
3.1. เครื่องบดถ่านหินชนิดหยาบ	46
3.2. อุปกรณ์ป้อนถ่านหินเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ผลิตแก๊ส	47
3.3. เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (Rotameter)	47
3.4. เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไรซ์เบดแบบต่อเนื่อง (ลักษณะทั่วไป)	48
3.5. หอดูดซับ (Adsorption Column)	50
3.6. เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไรซ์เบดแบบต่อเนื่อง	53
4.1. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด < 0.8 มิลลิเมตร	56
4.2. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 0.8 – 2.36 มิลลิเมตร	57
4.3. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 2.36 – 4.75 มิลลิเมตร	58
4.4. ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 500 องศาเซลเซียส	60

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5. ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 600 องศาเซลเซียส	61
4.6. ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 700 องศาเซลเซียส	62
4.7.ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 80๐ องศาเซลเซียส	63
4.8. ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 900 องศาเซลเซียสรูปที่	64
4.9. ผลของอุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง และขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าปริมาณ ความร้อนของแก๊สผลิตภัณฑ์	66
5.1. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ จากงานวิจัยของ Foong และ คณะ	73
5.2. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ จากงานวิจัยของ Yong Jeon Kim และคณะ	73
5.3. แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนของแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้กับงานวิจัยอื่น ...	74
ง.1. ตัวอย่างโครมาโทแกรมของผลการทดลอง	93