

การผลิตสารเบนซีน โทลูอีน และไซลีน จากคอนเดนเสท
โดยกระบวนการแพลทฟอร์มมิง



นายปฏิพัทธ์ ฉายาพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2536

ISBN 974-583-266-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018930
i17402451

PRODUCTION OF BENZENE, TOLUENE AND XYLENE FROM CONDENSATE
BY PLATFORMING



Mr. Patiphat Chayapunta

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

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1993

ISBN 974-583-266-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตสารเบนซีน โทลูอีน และไซลีน จากคอนเดนเสทโดยกระบวนการ
แพลทฟอร์มมิง


โดย นายปฏิพัทธ์ ฉายาพันธ์ุ

ภาควิชา เคมีเทคนิค

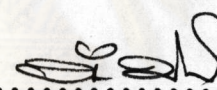
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ

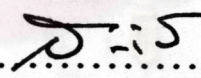


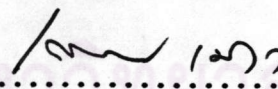
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

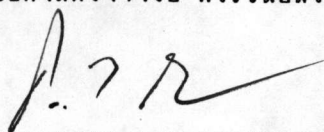

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วิษราภิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัทรพรหม ประศาสน์สรพกิจ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชราวงษ์ วิทิตสานต์)

ปฏิพัทธ์ ฉายาพันธุ์ : การผลิตสารเบนซีน โทลูอีน และไซลีนจากคอนเดนเสทโดยกระบวนการ
แพลทฟอร์มมิง (PRODUCTION OF BENZENE, TOLUENE AND XYLENE FROM CONDENSATE
BY PLATFORMING) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, 148 หน้า.

ISBN 974-583-266-9

องค์ประกอบของคอนเดนเสทประกอบด้วย พาราฟินเป็นหลัก แนพทีน โอเลฟิน และอะโรมาติก
มีจำนวนน้อย สารจำพวกอะโรมาติก โดยเฉพาะเบนซีน โทลูอีน และไซลีน มีความสำคัญและมีบทบาทใน
อุตสาหกรรม โดยใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสารสังเคราะห์อื่น ๆ การเพิ่มปริมาณสารอะโรมาติกใน
คอนเดนเสทกระทำได้โดยอาศัยกระบวนการคะตะไลติก รีฟอร์มมิง ซึ่งจะเปลี่ยนโครงสร้างของสาร
ประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ในคอนเดนเสทให้เป็นสารอะโรมาติก

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการนำคอนเดนเสทมาผลิตสารเบนซีน โทลูอีน และไซลีน โดยอาศัยกระบวนการ
การคะตะไลติก รีฟอร์มมิง ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแพลตตินัม-เรเนียมบนอะลูมินา กระทำที่อุณหภูมิระหว่าง
420 ถึง 510 องศาเซลเซียส ความดัน 120 ถึง 180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว พบว่า มีความเป็นไปได้ใน
การนำคอนเดนเสทมาเป็นสารตั้งต้นเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของสารไฮโดรคาร์บอนบางชนิดให้เป็นสารประกอบ
เบนซีน โทลูอีน และไซลีน เนื่องจากที่สภาวะการทดลอง ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 420
องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 20 กรัม แอร์เซนต์การเพิ่มขึ้นของสารทั้งสามมีค่าระหว่าง 10
ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตามด้วยวิธีการทดลองเดียวกัน น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม
พบว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติก อยู่ในระดับไม่เป็นที่พอใจ เนื่องจากปริมาณสารอะโรมาติกทั้งสามลดน้อย
ลงเมื่อเทียบกับปริมาณตั้งต้นในคอนเดนเสทประมาณ 10 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากผลวิเคราะห์
การทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน มีแนวโน้ม
ลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิง และแอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาประมาณ 4.5 ถึง 33
เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



ศูนย์วิทยพัทธ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อผู้พิมพ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##C425609 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: BENZENE/TOLUENE/XYLENE/CONDENSATE/PLATFORMING

PATIPHAT CHAYAPUNTA : PRODUCTION OF BENZENE, TOLUENE AND XYLENE FROM CONDENSATE BY PLATFORMING. THESIS ADVISOR : PROF. SOMSAK DAMRONGLERD, Ph.D., 148 PP. ISBN 974-583-266-9

The composition of condensate is mainly paraffinic matter, whereas naphthenic, olefinic and aromatic matter are quite bit. Benzene, toluene and xylene - aromatic matter - have a huge role in industries as a starting material to synthesize the other compounds. The most suitable method in increasing the amount of aromatic matter is catalytic reforming. The structure of the aromatic compounds will be transformed to the aromatic matter by this method.

The objective of this experiment was the feasibility study of condensate to produce benzene, toluene and xylene by catalytic reforming with platinum-rhenium on alumina. The operation temperature was in the range between 420 to 510 celcius, pressure 120 to 180 psig. It was found that it was possible to transform the organic compounds in condensate to be the aromatic matter at temperature 420 celcius, pressure 120 psig with 20 grams of catalyst, the conversion of the aromatic matter was about 10 to 30 percent by weight. However, at the same range of condition with 1 gram of catalyst, the quantity of aromatic in product was less than in condensate about 10 to 90 percent by weight. From the result, it indicated that the higher temperature was, the lesser percentage of conversion of the product was. That may be the hydrocracking reaction occuring in the process and it had the coke deposited on catalyst was about 4.5 to 33 percent by weight.



ภาควิชา.....เคมีเทคนิค

สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา..... 2536

ลายมือชื่อนิสิต..... *Patiphat Chayapunta*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *S. D. L.*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา ช่วยเหลือ และอบรมสั่งสอนมาโดยตลอด และคณาจารย์ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ให้คำแนะนำ งานงานวิจัยสำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และบุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในซ่อมและสร้างเครื่องมือ จนกระทั่งการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อสารตั้งต้นและเงินทุนวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิค ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทัศน์	5
2.1 คอนเดนเสท	5
2.2 กระบวนการคะตะไลติก รีฟอร์มมิง	7
2.2.1 ปฏิิกิริยาเคมีในกระบวนการคะตะไลติก รีฟอร์มมิง	8
2.2.2 สารตั้งต้น	13
2.2.3 สมบัติทางด้านเทอร์โมไดนามิกส์ของกระบวนการคะตะไลติก รีฟอร์มมิง	16
2.2.4 สมบัติทางจลนพลศาสตร์ของกระบวนการคะตะไลติก รีฟอร์มมิง ...	17
2.3 ตัวเร่งปฏิกิริยา	18
2.3.1 คุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา	19
2.3.2 ความเป็นพิษของตัวเร่งปฏิกิริยา	22
2.3.3 สมบัติทางจลนพลศาสตร์ของตัวเร่งปฏิกิริยา	27
2.4 ตัวแปรทางกระบวนการรีฟอร์มมิง	32
2.5 กระบวนการรีฟอร์มมิงทางพาณิชย์	35
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	55
3.1 อุปกรณ์การทดลอง	55
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	58
3.3 วิธีการทดลอง	59
3.4 ตัวแปรที่ทำการศึกษา	59
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	60
4.1 ผลการทดลองที่ความดันภายในเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยน	60
4.2 ผลการทดลองที่อุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยน	68
4.3 ผลการทดลองของเวลาที่มีต่อปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติก	75
4.4 ผลการทดลองของอุณหภูมิ ความดัน และเวลาที่มีต่อปริมาตรของผลิตภัณฑ์ ..	75
4.5 ผลการทดลองของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและก๊าซไฮโดรเจนที่มี ต่อปริมาณสารอะโรมาติก	89
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	92
5.1 สรุปผลการทดลอง	92
5.2 ข้อเสนอแนะ	94
เอกสารอ้างอิง	97
ภาคผนวก	100
ประวัติผู้เขียน	148

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
1.1 ปริมาณนำเข้าสารเบนซีน โทลูอีน และไซลีน	3
2.1 ปริมาณคอนเดนเสทจากหลุมก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย	6
2.2 ปริมาณของสารไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ จากแหล่งน้ำมันดิบต่างกัน	13
2.3 สมบัติทางด้านเทอร์โมไดนามิกส์ของกระบวนการรีฟอร์มมิงที่ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส	16
2.4 พฤติกรรมอัตราของปฏิกิริยาที่สำคัญกับผลกระทบของความร้อน	18
2.5 กระบวนการคะตะไลติก รีฟอร์มมิง	36
2.6 กระบวนการคะตะไลติก รีฟอร์มมิง ทางพาณิชย์	37
2.7 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ระหว่างโรงงานจำลองและโรงงานพาณิชย์	48
2.8 ปฏิกิริยาของนอร์มอล เฮปเทนบนตัวเร่งปฏิกิริยาแพลตตินัมบนอะลูมินา	50
2.9 ผลของซิลเฟอร์ที่มีต่อค่าออกเทนของผลิตภัณฑ์	51
2.10 สมการอัตราสำหรับรีฟอร์มมิงของสารไฮโดรคาร์บอนโคสตัวเร่งปฏิกิริยา แพลตตินัม-เรเนียมบนอะลูมินา	54

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อเบนซีน 17
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ 33
2.3	ระบบรีเจนเนอเรทแบบต่อเนื่องของ ไอพีเอฟ 38
2.4	รีฟอร์มเมอร์แบบเคมีรีเจนเนอเรทของ ไอพีเอฟ 39
2.5	แผนภาพการไหลเวียนของกระบวนการแยกนาคาร์บอน 41
2.6	หน่วยรีเจนเนอเรทตัวเร่งปฏิกิริยาของกระบวนการรีเจนเนอเรท ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องของ ซูโอพี 41
2.7	กระบวนการแยกนาคาร์บอนของ ซูโอพี 42
2.8	กระบวนการเพาเวอร์ฟอร์ミング 43
2.9	กระบวนการเรนิฟอร์ミング 45
2.10	กระบวนการอัลตราฟอร์ミング 47
2.11	ผลของความดันที่มีต่อออร์มอลเซ็ปแทน เป็นสารอะโรมาติกและสารแนฟทีน 48
2.12	ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์และอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่าง ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทตินัม และแพลทตินัม-เรเนียม บนอะลูมินา 51
3.1	เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 56
3.2	อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซในการทดลอง 56
4.1	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับความดัน ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม 62
4.2	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับความดัน ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม 62
4.3	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับความดัน ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม 62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับความดัน	
ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	63
4.5	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับความดัน	
ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	63
4.6	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับความดัน	
ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	63
4.7	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับความดัน	
ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	65
4.8	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับความดัน	
ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	65
4.9	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับความดัน	
ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	65
4.10	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับความดัน	
ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	66
4.11	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับความดัน	
ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	66
4.12	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับความดัน	
ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	66
4.13	
โครมาโตแกรมจากผลวิเคราะห์ของ	
ก) คอนเดนเสท ข) ผลิตภัณฑ์	67
4.14	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับอุณหภูมิที่ความดัน	
120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	70

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.26	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เวลา 3 นาที	
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	76
4.27	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เวลา 5 นาที	
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	76
4.28	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เวลา 7 นาที	
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	77
4.29	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส	
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	78
4.30	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส	
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	78
4.31	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส	
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	79
4.32	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส	
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	79
4.33	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ความดัน	
120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	80
4.34	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ความดัน	
140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	80
4.35	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ความดัน	
160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	81
4.36	
เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ความดัน	
180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	81

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.37 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์เหลวที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	82
4.38 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์เหลวที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	82
4.39 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์เหลวที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	83
4.40 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์เหลวที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	83
4.41 เปอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เวลา 5 นาที น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	84
4.42 เปอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เวลา 7 นาที น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	84
4.43 เปอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	85
4.44 เปอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	85
4.45 เปอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	86
4.46 เปอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	86
4.47 เปอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	87

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.48	
เปอร์เซ็นต์โคกบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความดัน	
140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	87
4.49	
เปอร์เซ็นต์โคกบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความดัน	
160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	88
4.50	
เปอร์เซ็นต์โคกบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความดัน	
180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม	88
4.51	
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อะโรมาติกกับน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา	
ที่สภาวะความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส	91
5.1	
แผนภาพรวมปฏิกิริยาเคมีของ ก) ไซโคลเฮกเซน	
ข) เมทิลไซโคลเฮกเซน	95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย