ไอโซเมอไรเซชันของนอร์มัลเฮกเซน

นางสาวไข่มุก เย็นเสนาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-354-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17319 221

ISOMERIZATION OF NORMAL HEXANE

Miss Kaimuk Yensanore

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-633-354-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ไอโซเมอไรเซชันของนอร์มัลเฮกเซน
โดย นางสาวไข่มุก เย็นเสนาะ
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

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

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไข่มุก เย็นเสนาะ : ไอโซเมอไรเซชันของนอร์มัลเฮกเซน (ISOMERIZATION OF NORMAL HEXANE) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, 95 หน้า. ISBN 974-633-354-2

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีแนวโน้มที่จะลดการเติมสารตะกั่วลงในน้ำมันเบนซิน ทำให้ผู้ผลิตจำเป็นต้องหาวิธีเพิ่มค่าออกเทนแทนการใช้สารตะกั่ว วิธีการหนึ่งที่น่าสนใจคือ ไอโซเมอไรเซชันของน้ำมันเบนซินเบา (ส่วนที่มีจุดเดือดต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส) โดยเฉพาะส่วนของเพนเทนและเฮกเซนซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างของพาราฟินที่มีแขนตรงไปเป็นไอโซพาราฟินและพาราฟินแบบกิ่งที่มีมวลโมเลกุลเท่าเดิมแต่มีค่าออกเทนสูงขึ้น

งานวิจัยนี้ศึกษาไอโซเมอไรเซชันของนอร์มัลเฮกเซนด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา I-8 ในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งและทำงานเป็นกะ (batch operation) ตัวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิในช่วง 125 ถึง 195 องศาเซลเซียส ความดันในช่วง 160 ถึง 260 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลาของการเกิดปฏิกิริยา 5 , 15 นาที ผลของการเพิ่มอุณหภูมิทำให้การเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนและผลผลิตของไอโซเฮกเซนเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 185 องศาเซลเซียส ผลผลิตมีค่าลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสมของการทำงานอยู่ที่ 185 องศาเซลเซียส แต่การเพิ่มความดันภายในระบบ ทำให้การเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนและผลผลิตของไอโซเฮกเซนลดลง เวลาของการเกิดปฏิกิริยานานขึ้นทำให้ผลผลิตและการเลือกเกิดเป็นไอโซเฮกเซนเพิ่มขึ้น และการวิเคราะห์ไอโซเมอร์ของผลิตภัณฑ์พบว่ามี 2-เมทิลเพนเทน เป็นองค์ประกอบหลัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต ไข่มุก เย็นเสนาะ

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C425564 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY
KEYWORD : ISOMERIZATION / NORMAL HEXANE
KAIMUK YENSANORE : ISOMERIZATION OF NORMAL HEXANE.
THESIS ADVISOR : PROF. SOMSAK DAMRONGLERD, Ph.D. 95 pp.
ISBN 974-633-354-2

During the past years, it has been obviously shown that the trend of adding lead into gasoline decreased. For this reason, the refiner has to develop the methods for increasing the octane number of gasoline. One interesting method is isomerization of light gasoline (the b.p. lower than 100 °C fraction) especially pentane and hexane. This process converts straight-chain paraffins into higher-octane iso-paraffins and branched-chain paraffins of the same molecular weight.

In this study, the isomerization of normal hexane over an I-8 catalyst in a batch fixed-bed reactor has been achieved. The parameters in this research were temperature in the range of 125 to 195 °C, pressure in the range of 160 to 260 lb/in^2 and reaction time of 5, 15 min. The conversion of normal hexane and iso-hexane yield increased remarkably with temperature, but when temperature was greater than 185 °C, the yield decreased. It was found that the suitable temperature for reaction was 185 °C. The increasing of pressure caused the normal hexane and iso-hexane yield decreased. Yield and selectivity of iso-hexane increased with reaction time. In addition, the major content of isomer products was 2-methylpentane.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต ไกรมุก เหล่าเกียรติ

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ชิดพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยที่กรุณาให้เงินทุนอุดหนุนงานวิจัย และห้องปฏิบัติการวิจัยของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างสาร ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้เงินทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์เยี่ยม จันทรประสิทธิ์ และบริษัทไทยออยส์ จำกัดที่กรุณาอนุเคราะห์ให้ตัวเร่งปฏิกิริยา I-8 และสารมาตรฐาน และบริษัทยูเนียน คาร์ไบด์ ประเทศไทย จำกัดที่กรุณาอนุเคราะห์ให้โมเลคิวลาร์ซีฟ 13X เพื่อใช้ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กรุณาให้ความช่วยเหลือพร้อมทั้งอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ บุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ การเบิกจ่ายเครื่องมือและสารเคมีจนงานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี ขอขอบคุณคุณสังข์ ชมชื่น และคุณสนิท ปรีนครที่ช่วยสร้างและซ่อมแซมอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิค และผู้ที่อยู่เบื้องหลังทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตารางประกอบ ..... ญ
สารบัญรูปประกอบ ..... ฒ
บทที่
1 บทนำ 1
2 วารสารปริทัศน์ 3
2.1 ไอโซเมอไรเซชันของพาราฟิน 3
2.1.1 วัตถุประสงค์หลัก 3
2.1.2 ลักษณะที่สำคัญของปฏิกิริยา 4
2.1.3 ไอโซเมอไรเซชันของบิวเทน 5
2.1.4 ไอโซเมอไรเซชันของเพนเทนและเฮกเซน 8
2.2 ข้อจำกัดทางสมดุล 11
2.3 กลไกของปฏิกิริยา 12
2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา 14
2.5 ไอโซเมอไรเซชันทางพาณิชย์ 18
2.5.1 กระบวนการบิวทาเมอร์ 19
2.5.2 กระบวนการไฮโซเมอร์ 19
2.5.3 กระบวนการบีพี 20
2.5.4 กระบวนการพีเนกซ์ 20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 51

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1 อุปกรณ์การทดลอง 51
3.1.1 เครื่องปฏิกรณ์ 51
3.1.2 ชุดควบคุมอุณหภูมิ 51
3.1.3 ท่อบรรจุนอร์มัลเฮกเซน 52
3.1.4 ท่อบรรจุโมเลคิวลาร์ซีฟ 13 X 52
3.1.5 เครื่องควบคุมการป้อนแก๊สเข้าเครื่องปฏิกรณ์ 52
3.1.6 ถังหล่อเย็น 53
3.1.7 ตัวรองรับเก็บสาร 53
3.1.8 เครื่องมือวิเคราะห์สาร 53
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 53
3.2.1 นอร์มัลเฮกเซน 53
3.2.2 คาร์บอนเตตระคลอไรด์ 54
3.2.3 ตัวเร่งปฏิกิริยา I-8 54
3.2.4 แก๊สไฮโดรเจน 54
3.2.5 แก๊สไนโตรเจน 54
3.2.6 โมเลคิวลาร์ซีฟ 13X 55
3.3 วิธีการทดลอง 56
3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมสารตั้งต้น 56
3.3.2 ขั้นตอนการทำไอโซเมอไรเซชัน 56
3.4 ตัวแปรสำคัญ 57
3.4.1 อุณหภูมิ 57
3.4.2 ความดัน 57
3.4.3 เวลา 57
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 60

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1 ผลการทดลองที่อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยน..... 60
4.2 ผลการทดลองที่ความดันภายในเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยน..... 69
4.3 ผลการทดลองที่เวลาของการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยน..... 72
4.4 ผลการทดลองของการทดลองที่ 10 และ 11..... 73
5 สรุปผลการทดลอง..... 77
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 77
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 78
รายการอ้างอิง..... 79
ภาคผนวก..... 81
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลอง..... 82
ภาคผนวก ข ข้อมูลการเตรียมและวิเคราะห์สารตัวอย่างมาตรฐาน..... 85
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์..... 89
ประวัติผู้เขียน..... 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

2.1 จุดเดือดและค่าออกเทนของไอโซเมอร์ของเพนเทนและเฮกเซน..... 9
2.2 สมดุลเทอร์โมไดนามิกส์ของเฮกเซน..... 9
2.3 กระบวนการไอโซเมอไรซ์ที่ได้รับการอนุญาต..... 19
2.4 ไอโซเมอไรเซชันของเฮกเซนบนของผสมเชิงกลของตัวเร่งปฏิกิริยา..... 43
2.5 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 47
4.1 ผลการทดลองที่อุณหภูมิช่วง 125 ถึง 165 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณ 200 กรัม ความดัน 240 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 60
4.1 ก. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนกับอุณหภูมิของการทดลองที่ 1 ถึง 4..... 60
4.1 ข. ร้อยละโดยน้ำหนักของไอโซเฮกเซนกับอุณหภูมิของการทดลองที่ 1 ถึง 4..... 61
4.1 ค. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเลือกเกิดเป็นไอโซเฮกเซนกับอุณหภูมิของการทดลองที่ 1 ถึง 4..... 61
4.2 ผลการทดลองที่อุณหภูมิช่วง 165 ถึง 195 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณ 200 กรัม ความดัน 260 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 64
4.2 ก. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนกับอุณหภูมิของการทดลองที่ 5,7,8 และ 9..... 64
4.2 ข. ร้อยละโดยน้ำหนักของไอโซเฮกเซนกับอุณหภูมิของการทดลองที่ 5,7,8 และ 9..... 64
4.2 ค. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเลือกเกิดเป็นไอโซเฮกเซนกับอุณหภูมิของการทดลองที่ 5,7,8 และ 9..... 65
4.3 ผลการทดลองที่ความดัน 240 และ 260 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณ 200 กรัม อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส และเวลา 15 นาที..... 69

สารบัญตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.3 ก. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนกับความดัน ของการทดลองที่ 4 และ 5 69
4.3 ข. ร้อยละโดยน้ำหนักของไอโซเฮกเซนกับความดัน ของการทดลองที่ 4 และ 5 70
4.3 ค. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเลือกเกิดเป็นไอโซเฮกเซนกับความดัน ของการทดลองที่ 4 และ 5 70
4.4 สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ 71
4.5 สมบัติทางจลนพลศาสตร์ 72
4.6 ผลการทดลองที่เวลา 5 และ 15 นาที เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 200 กรัม อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส และความดัน 260 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 72
4.6 ก. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนกับเวลา ของการทดลองที่ 5 และ 6 72
4.6 ข. ร้อยละโดยน้ำหนักของไอโซเฮกเซนกับเวลา ของการทดลองที่ 5 และ 6 73
4.6 ค. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเลือกเกิดเป็นไอโซเฮกเซนกับเวลา ของการทดลองที่ 5 และ 6 73
4.7 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 195 องศาเซลเซียสและเวลา 15 นาที โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณ 150 กรัมและความดัน 260 ปอนด์ต่อตารางนิ้วในการทดลองที่ 10 และตัวเร่ง ปฏิกิริยาปริมาณ 80 กรัมและความดัน 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้วในการทดลองที่ 11 74
4.7 ก. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซน ของการทดลองที่ 10 และ 11 74
4.7 ข. ร้อยละโดยน้ำหนักของไอโซเฮกเซนของการทดลองที่ 10 และ 11 74
4.7 ค. ร้อยละโดยน้ำหนักของการเลือกเกิดเป็นไอโซเฮกเซน ของการทดลองที่ 10 และ 11 75

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่ หน้า

2.1 กระบวนการแบบเบดนิ่งสำหรับไอโซเมอไรเซชันของบิวเทน 6
2.2 กระบวนการในวัฏภาคของเหลวสำหรับไอโซเมอไรเซชันของบิวเทน 7
2.3 กระบวนการบิวทาเมอร์ ไอโซเมอไรเซชัน 8
2.4 ไอโซเมอไรเซชันของเพนเทนและเฮกเซน 10
2.5 ความเข้มข้น ณ สมดุลของเฮกเซน 5 ตัวในวัฏภาคแก๊ส (ความกว้างของแถบแสดงเศษส่วนโมลของไอโซเมอร์แต่ละตัว ณ สภาวะสมดุล) (Rossini และคณะ , 1941) 12
2.6 แบบการถ่ายโอนของสารตั้งต้นในไอโซเมอไรเซชันของนอร์มัลพาราฟินโดยการเร่งปฏิกิริยาด้วยของผสมเชิงกลของอนุภาคซึ่งแต่ละอนุภาคประกอบด้วยหน้าที่ของการเร่งปฏิกิริยาเพียงหน้าที่เดียว 14
2.7 กระบวนการพีเนกซ์ (ทำงานเพียงรอบเดียว) 22
2.8 กระบวนการพีเนกซ์ (ทำงานแบบย้อนกลับ) 22
2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเพนเทน 25
2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของไอโซเพนเทนกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเพนเทน 25
2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซน 27
2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของเฮกเซนไอโซเมอร์กับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซน 27
2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกเกิดเป็นเฮกเซนไอโซเมอร์กับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซน 28
2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของ 2-เมทิลเพนเทนและ 3- เมทิลเพนเทนกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซน 28

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของ 2,3-ไดเมทิลบิวเทนและ 2,2-ไดเมทิลบิวเทน กับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซน..... 29
2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของมีเทนและเพนเทนกับการเปลี่ยนแปลง ของนอร์มัลเฮกเซน..... 29
2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของโพรเพน บิวเทน และอีเทนกับการเปลี่ยนแปลง ของนอร์มัลเฮกเซน..... 30
2.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซน ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ-ซิลิกา-อะลูมินา..... 30
2.19 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของเฮกเซนไอโซเมอร์กับการเปลี่ยนแปลง ของนอร์มัลเฮกเซนด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ-ซิลิกา-อะลูมินา..... 31
2.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเปลี่ยนแปลงของเฮกเซนไอโซเมอร์..... 32
2.21 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของเฮกเซนไอโซเมอร์กับการเปลี่ยนแปลง ของนอร์มัลเฮกเซน..... 32
2.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเปลี่ยนแปลงของเฮปเทนไอโซเมอร์..... 34
2.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเพนเทน นอร์มัลเฮกเซน นอร์มัลเฮปเทน และนอร์มัลออกเทน..... 35
2.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเชิงโมลของไฮโดรเจนต่อไฮโดรคาร์บอน กับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาคงที่..... 36
2.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเชิงโมลของไฮโดรเจนต่อไฮโดรคาร์บอน กับผลผลิตของไอโซเมอร์..... 37
2.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงสเปซกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซน ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาคงที่..... 38

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงสเปซกับผลผลิตของไอโซเมอร์..... 38
2.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซน ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาคงที่..... 39
2.29 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยากับการเปลี่ยนแปลง. ของนอร์มัลเฮกเซนที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาคงที่..... 40
2.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยากับผลผลิตของไอโซเมอร์ ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาคงที่..... 41
2.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยากับผลผลิตของมีเทน และเพนเทนที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาคงที่..... 41
2.32 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิของไอโซเมอไรเซชัน ของนอร์มัลเฮปเทน..... 44
3.1 แผนผังการเตรียมสารตั้งต้น..... 58
3.2 แผนผังของไอโซเมอไรเซชันของนอร์มัลเฮกเซน..... 59
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนกับอุณหภูมิเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 200 กรัม ความดัน 240 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 62
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของไอโซเฮกเซนกับอุณหภูมิเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 200 กรัม ความดัน 240 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 62
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของไอโซเฮกเซนกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 200 กรัม ความดัน 240 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 63
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกเกิดเป็นไอโซเฮกเซนกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 200 กรัม ความดัน 240 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 63

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนกับอุณหภูมิเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 200 กรัม ความดัน 260 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 65
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของไอโซเฮกเซนกับอุณหภูมิเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 200 กรัม ความดัน 260 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 66
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของไอโซเฮกเซนกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 200 กรัม ความดัน 260 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 66
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกเกิดเป็นไอโซเฮกเซนกับการเปลี่ยนแปลงของนอร์มัลเฮกเซนเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 200 กรัม ความดัน 260 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลา 15 นาที..... 67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย