

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

คอนเดนเสทที่ได้จากหลุมแก๊ส ประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์รวมกันอยู่หลายชนิด ตั้งแต่คาร์บอนจำนวน 5 อะตอม จนถึงคาร์บอนจำนวน 16 อะตอม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ทางด้านอุตสาหกรรม ได้พยายามเปลี่ยนสารประกอบเหล่านี้ ให้เป็นสารประกอบที่ใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง อาทิ สารประกอบเบนซีน โทลูอีน และไซลีน เป็นต้น งานวิจัยนี้ จึงสนใจที่จะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทตินัม-เรเนียม เพื่อเปลี่ยนสารประกอบโมเลกุลใหญ่ ๆ กลายเป็นสารประกอบเบนซีน โทลูอีน และไซลีน

4.1 ผลการทดลองที่ความดันภายในเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยน

การทดลองได้ใช้จำนวนตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทตินัม-เรเนียม 1 กรัม และคอนเดนเสท 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นปรับความดันในเครื่องปฏิกรณ์ด้วยก๊าซไนโตรเจนให้ได้ความดันที่ต้องการ แล้วให้ความร้อนเครื่องปฏิกรณ์ให้ได้อุณหภูมิ 420, 450, 480 หรือ 510 องศาเซลเซียส ผลการทดลองที่ได้พบว่า ความดันภายในเครื่องปฏิกรณ์สูง จะทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติกลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.12 ซึ่งพอตั้งข้อสมมติฐานได้ดังนี้

4.1.1 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนภายในเครื่องปฏิกรณ์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับของสารอะโรมาติกไปเป็นสารตั้งต้น (Gates et al., 1979) เนื่องจากปริมาณสารอะโรมาติกในคอนเดนเสทมีประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร คูณคณพวง ก นอกจากนี้ เมื่อความดันในเครื่องปฏิกรณ์เพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา

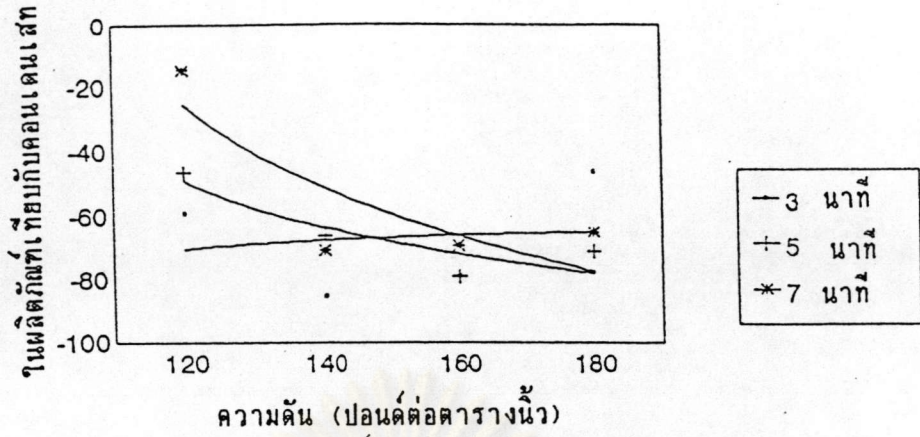
ดีไฮโดรจีเนชันลดลง (Gates et al., 1979) ดังนั้น เมื่อความดันเพิ่มขึ้น ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติกที่ต้องการจึงลดลง

4.1.2 ปฏิริยาไฮโดรแครกกิงเพิ่มขึ้น เมื่อความดันในเครื่องปฏิกรณ์เพิ่มขึ้น (Hettinger et al., 1955) ดังรูปที่ 4.33 ถึง 4.36 ความดันรวมของการเกิดปฏิริยามีผลต่อปฏิริยาดีไฮโดรจีเนชันและปฏิริยาไฮโดรแครกกิง ปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์รวมที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติกที่ต้องการลดลง

รูปที่ 4.1 ถึง 4.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ (การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณอะโรมาติกในผลิตภัณฑ์เทียบกับคอนเดนเสท) ของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส เมื่อความดันเปลี่ยน เห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารไฮโดรคาร์บอนทั้งสามชนิดมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และจากผลวิเคราะห์การทดลอง พบว่า ที่เวลา 3 นาที เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารทั้งสามชนิดมีค่าประมาณคงที่และลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับการทดลองที่ 5 และ 7 นาที อาจเนื่องมาจาก ปฏิริยาไฮโดรแครกกิงมีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 4.29 ถึงแม้ว่าเปอร์เซ็นต์ของโค้กบนตัวเร่งปฏิริยามีค่าน้อย ดังรูปที่ 4.43 แต่เปอร์เซ็นต์โค้กที่เวลาต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันมาก

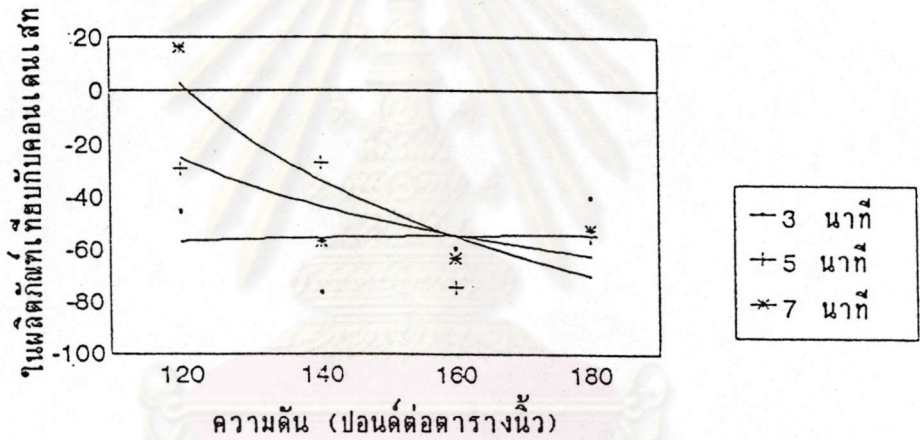
รูปที่ 4.4 ถึง 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เมื่อความดันเปลี่ยน เห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารไฮโดรคาร์บอนทั้งสามชนิด มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และจากผลวิเคราะห์การทดลอง พบว่า ที่เวลา 3 นาที เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารทั้งสามชนิด มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองที่ 5 และ 7 นาที ทั้งนี้เนื่องจากปฏิริยาไฮโดรแครกกิง ดังรูปที่ 4.30 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รูปที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การลดลงของเบนซีนที่เวลา 3 นาที มีแนวโน้มน้อยลงเมื่อความดันเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะปริมาณโค้กที่เกาะบนตัวเร่งปฏิริยามีค่าน้อยลง ดังรูปที่ 4.44

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีน



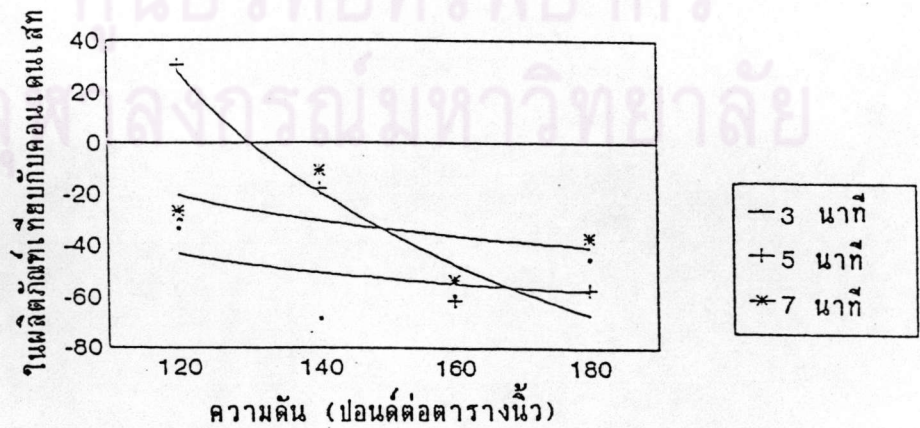
รูปที่ 4.1 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับความดัน
 ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีน



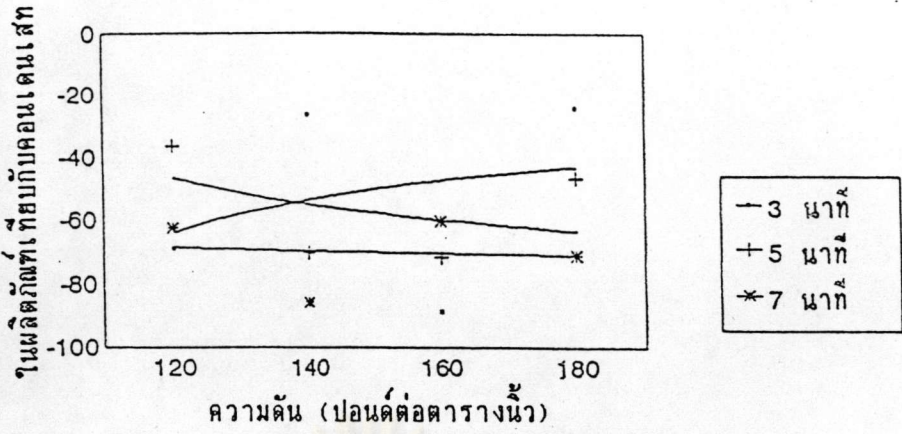
รูปที่ 4.2 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับความดัน
 ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีน



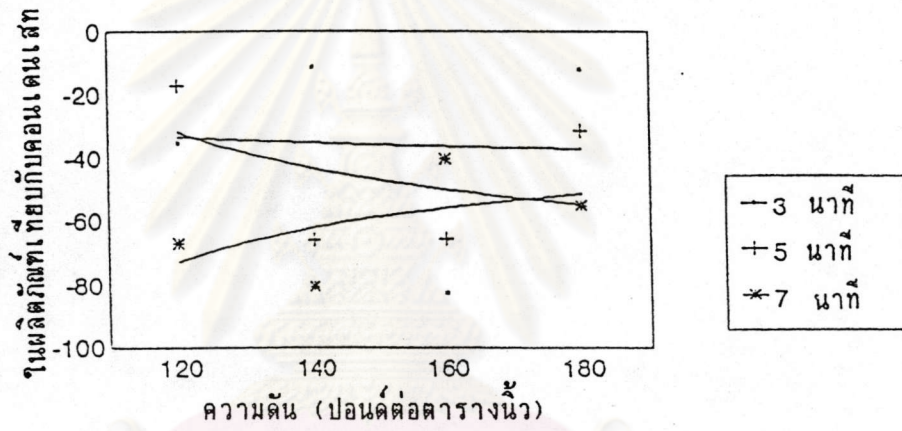
รูปที่ 4.3 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับความดัน
 ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีน



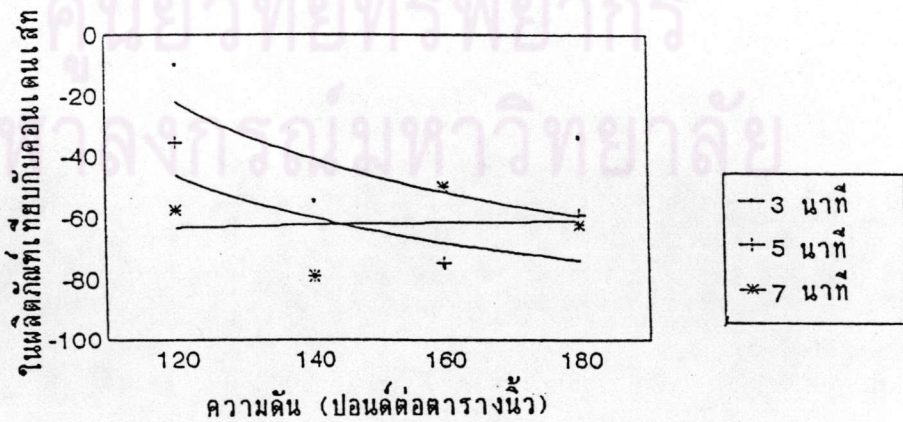
รูปที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับความดัน
ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีน



รูปที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับความดัน
ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีน



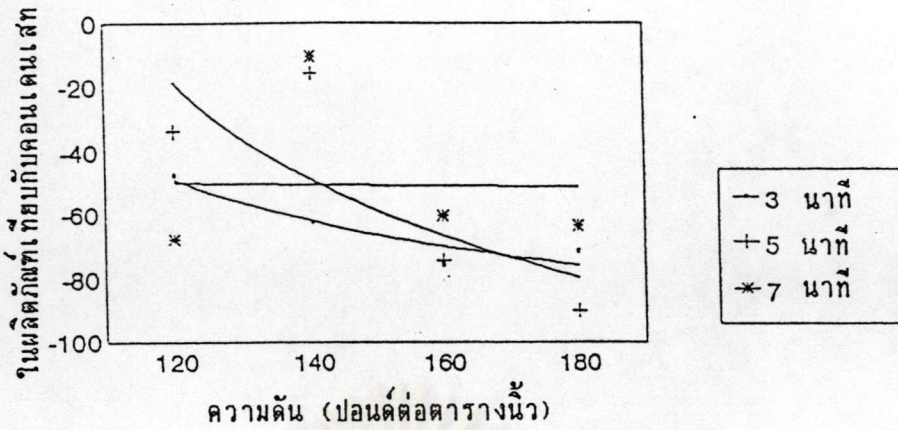
รูปที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับความดัน
ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

รูปที่ 4.7 ถึง 4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส เมื่อความดันเปลี่ยน เห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารไฮโดรคาร์บอนทั้งสามชนิด มีแนวโน้มคล้ายกัน จากรูปที่ 4.31 แสดงปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมด พบว่าที่เวลา 5 นาที ปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้ลดลงเมื่อความดันเพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารทั้งสามชนิด ที่เวลา 5 นาที น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองที่เวลา 3 และ 7 นาที สำหรับการทดลองที่เวลา 7 นาที เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารทั้งสามชนิด มีค่าค่อนข้างคงที่หรือน้อยลง อาจเป็นเพราะเมื่อความดันเพิ่มขึ้น ปริมาณโคลิกที่เกาะบนตัวเร่งปฏิกิริยาลดน้อยลง ดังรูปที่ 4.45 อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยทางด้านปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิง หรือปริมาณโคลิกบนตัวเร่งปฏิกิริยา ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์มากกว่า

รูปที่ 4.10 ถึง 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส เมื่อความดันเปลี่ยน เห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารไฮโดรคาร์บอนทั้งสามชนิด มีแนวโน้มเหมือนรูปที่ 4.7 ถึง 4.9 ด้วยเหตุผลคล้ายที่กล่าวไว้ข้างต้น ประกอบกับรูปที่ 4.32 และ 4.46

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

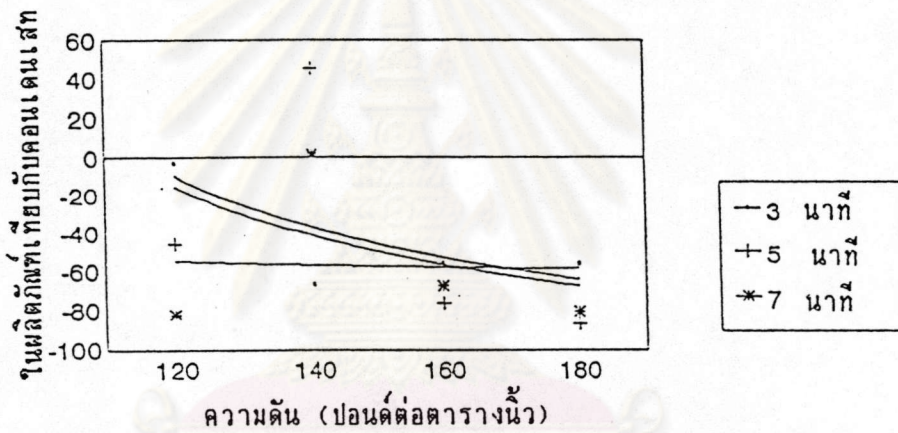
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีน



รูปที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับความดัน

ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

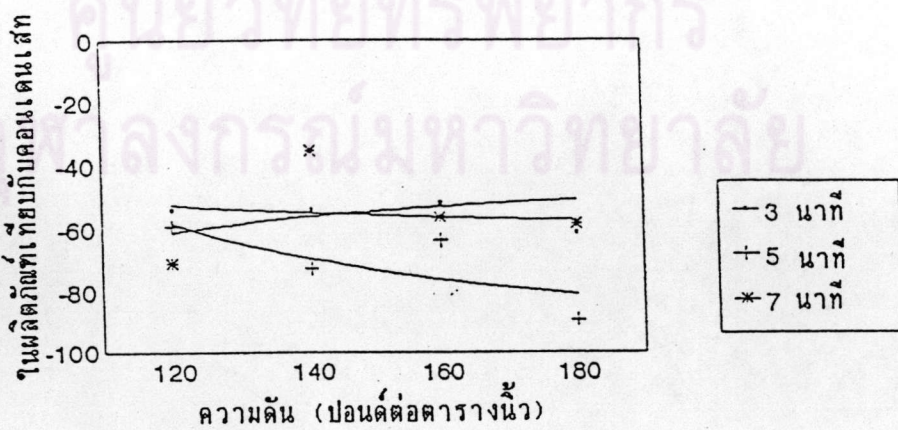
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีน



รูปที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับความดัน

ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

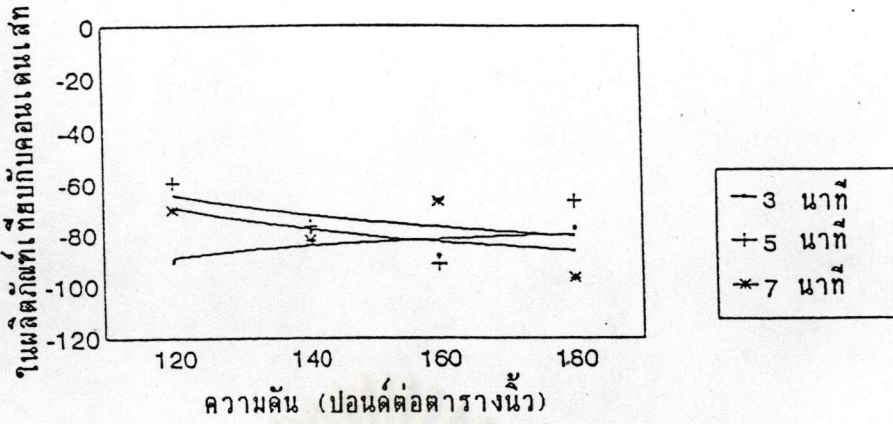
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีน



รูปที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับความดัน

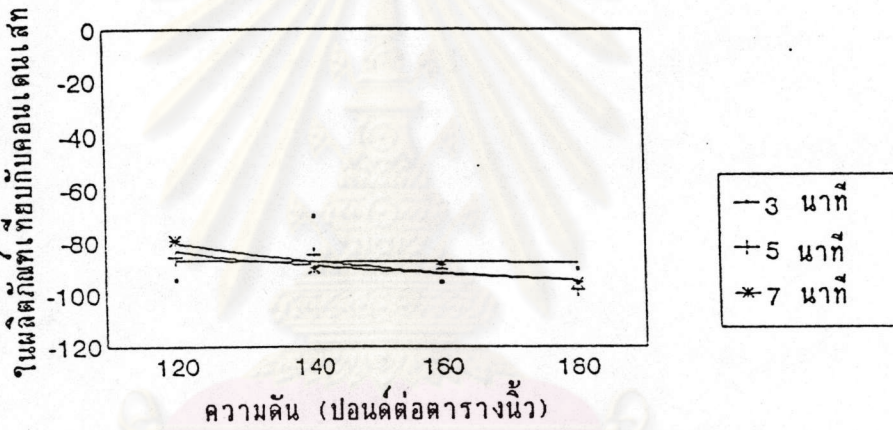
ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีน



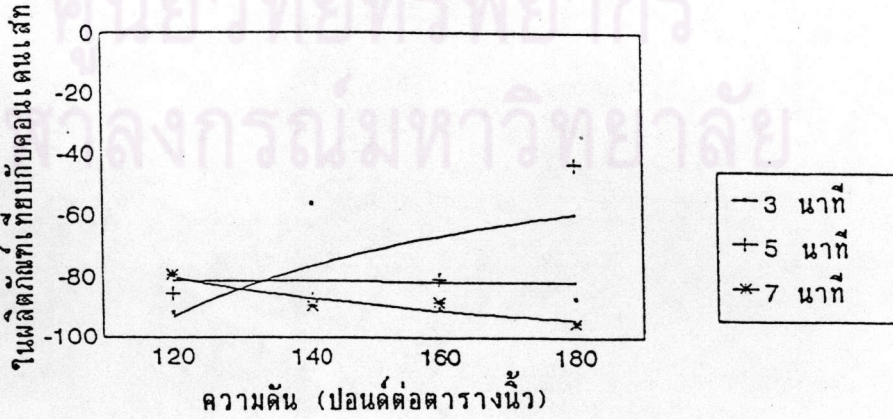
รูปที่ 4.10 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับความเข้มข้น
 ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีน

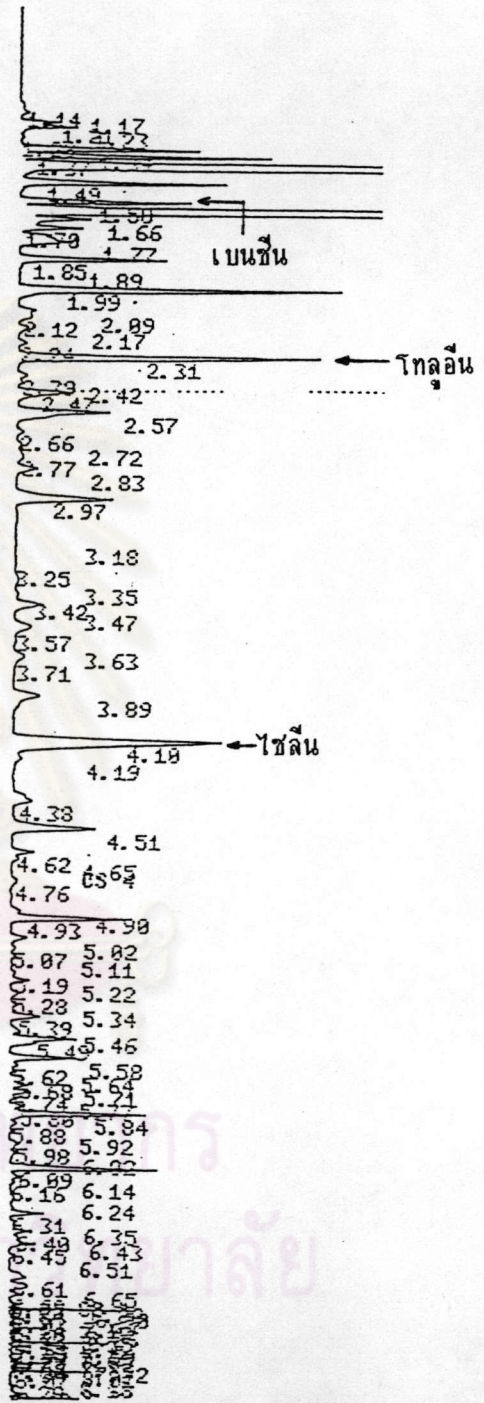
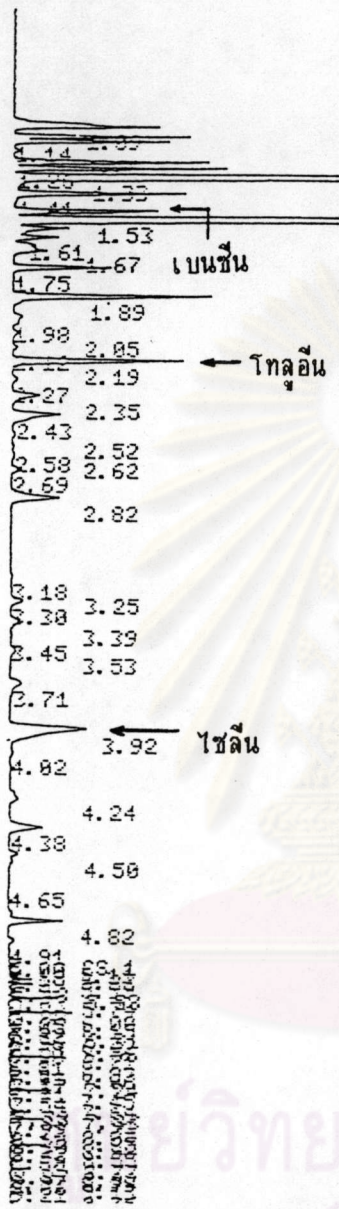


รูปที่ 4.11 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับความเข้มข้น
 ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีน



รูปที่ 4.12 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับความเข้มข้น
 ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม





4.2 ผลการทดลองที่อุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยน

การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติก ได้ศึกษาภายใต้สภาวะความดันและเวลาคงที่ใด ๆ ผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่ออุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติกลดลง ดังรูปที่ 4.14 ถึง 4.25 ทั้งนี้อาจตั้งข้อสมมติฐานได้ดังนี้

4.2.1 ปฏิกิริยาเทอร์มอลแครกกิง ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาแพลตตินัม-เรเนียม 1 กรัม เป็นปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาน้อยเกินไปเมื่อเทียบกับปริมาตรของคอนเดนเสท ทำให้โอกาสของการสัมผัสระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนกับตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาดีไฮโดรจีเนชันและดีไฮโดรไอโซเมอไรเซชันลดลง ปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในการทดลอง อาจเป็นปฏิกิริยาเทอร์มอลแครกกิง (ปราโมทย์ ไชยเวท, 2533) ทั้งนี้เนื่องจาก ผลวิเคราะห์คอนเดนเสทและผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนชนิดของสารไฮโดรคาร์บอนแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.13 จากการวิเคราะห์พบว่า จำนวนชนิดของสารไฮโดรคาร์บอนในคอนเดนเสทมีอยู่ ประมาณ 98 ถึง 100 ชนิด ในขณะที่จำนวนสารไฮโดรคาร์บอนในผลิตภัณฑ์มีอยู่ประมาณ 135 ถึง 160 ชนิด แสดงว่าจำเป็นต้องมีสารไฮโดรคาร์บอนที่แตกต่างจากสารไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่เดิมในคอนเดนเสทเกิดขึ้น

4.2.2 ปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิงเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้น (Hettinger et al., 1955) ดังรูปที่ 4.26 ถึง 4.28 ปริมาณก๊าซมีเทนและปริมาตรก๊าซผลิตภัณฑ์รวม จากการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเกิดรีฟอร์มมิงจะอยู่ระหว่าง 470 ถึง 540 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิงก็สามารถเกิดขึ้นได้

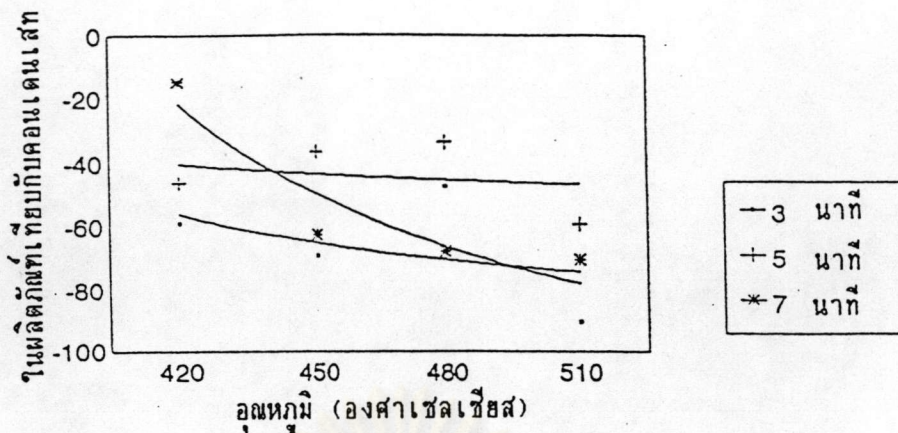
4.2.3 ปริมาณโค้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (McPherson และ Olive, 1986) จากการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส เบอร์เซนต์ของโค้กบนตัวเร่งปฏิกิริยามีค่าประมาณ 30 เบอร์เซนต์ ขณะที่อุณหภูมิ 480 และ 450 องศาเซลเซียส เบอร์เซนต์ของโค้กมีค่าประมาณ 20 และ 10 เบอร์เซนต์ ตามลำดับ โค้กที่เกิดขึ้นมี

ส่วนทำให้ความว่องไวของการทำปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติก จึงมีแนวโน้มลดลงด้วยเช่นกัน

รูปที่ 4.14 ถึง 4.16 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ที่ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน เห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารไฮโดรคาร์บอนทั้งสามชนิด มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และจากผลวิเคราะห์การทดลอง พบว่า ที่เวลา 7 นาที เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารทั้งสามชนิด มีค่ามากที่สุด เมื่อเทียบกับการทดลองที่ 3 และ 5 นาที ทั้งนี้เนื่องมาจาก ที่ความดันต่ำและอุณหภูมิสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์โค้กที่เกาะบนตัวเร่งปฏิกิริยามีปริมาณเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.47 เปอร์เซ็นต์โค้กที่อุณหภูมิ 420, 450, 480 และ 510 องศาเซลเซียส ที่เวลา 7 นาที มีค่า 8, 12.5, 26.5 และ 29 ตามลำดับ สำหรับที่เวลา 5 นาที เปอร์เซ็นต์โค้กมีค่า 7, 8, 26 และ 31 แม้ว่าปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิงมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและมีค่ามากที่สุดเมื่อทำการทดลองที่เวลา 5 นาที ดังรูปที่ 4.33

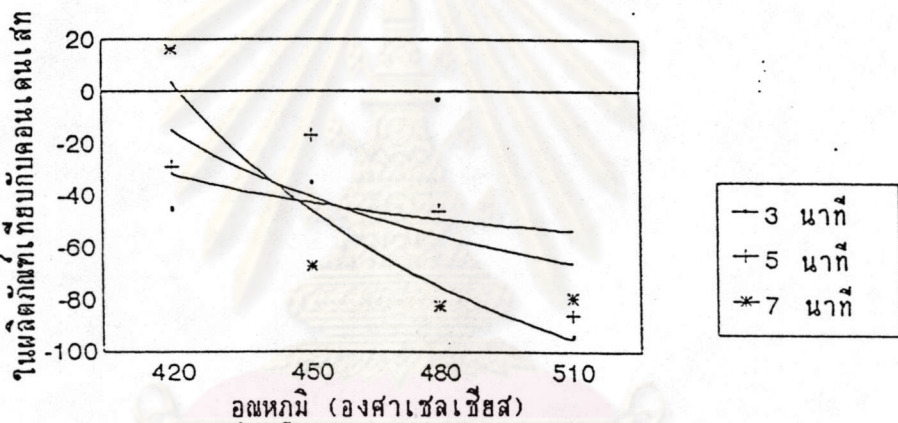
รูปที่ 4.17 ถึง 4.19 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ที่ความดัน 140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน เห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารไฮโดรคาร์บอนทั้งสามชนิด มีค่าค่อนข้างคงที่ ยกเว้นรูปที่ 4.19 เปอร์เซ็นต์การลดลงของไซลีนที่เวลา 5 และ 7 นาที มีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองที่เวลา 3 นาที ทั้งนี้เพราะว่า เปอร์เซ็นต์ของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เวลา 3 นาที มีค่าน้อย ดังรูปที่ 4.34 ซึ่งมีส่วนทำให้ปริมาณของไซลีนมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการทดลองที่เวลา 5 และ 7 นาที ประกอบกับรูปที่ 4.48 เปอร์เซ็นต์ของโค้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่การทดลองที่ 3 นาที มีเปอร์เซ็นต์น้อยกว่า ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของไซลีนน้อยลง

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีน



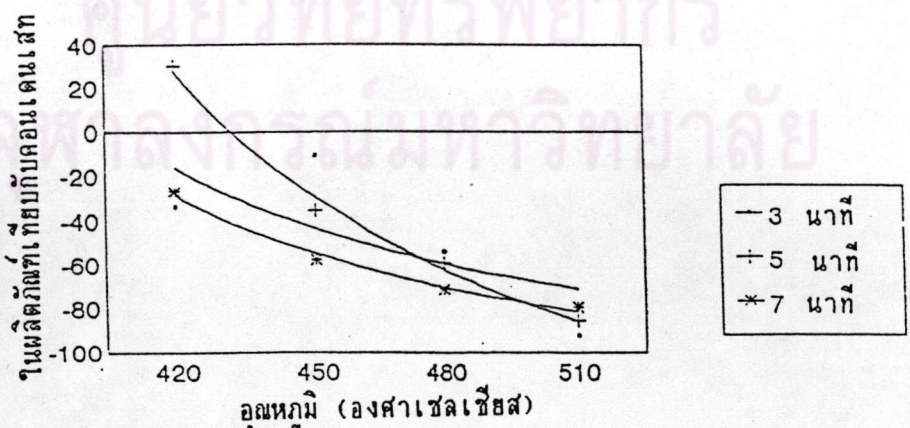
รูปที่ 4.14 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับอนุหนุมิ ที่ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีน



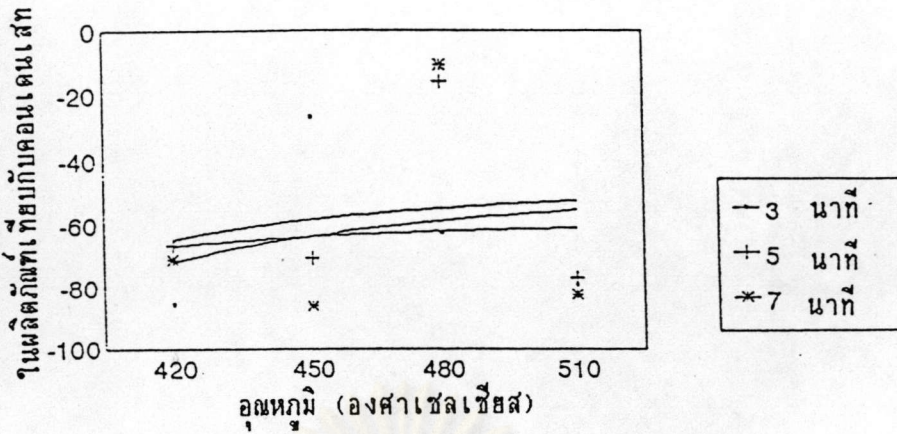
รูปที่ 4.15 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับอนุหนุมิ ที่ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีน



รูปที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับอนุหนุมิ ที่ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

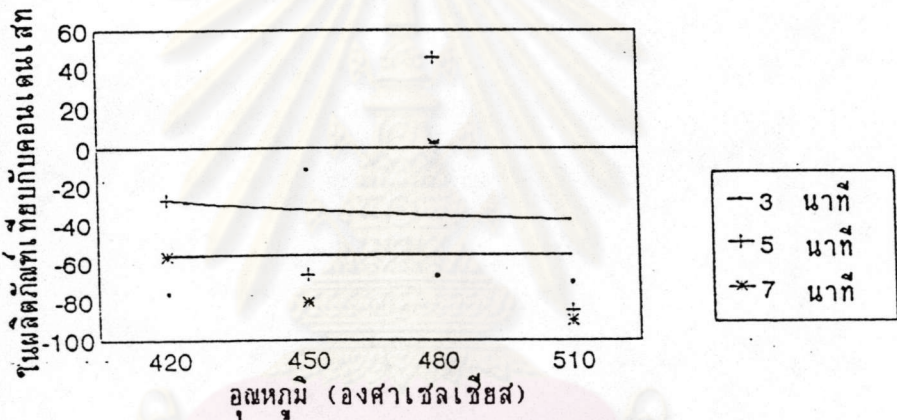
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีน



รูปที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับอุณหภูมิ

ที่ความดัน 140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

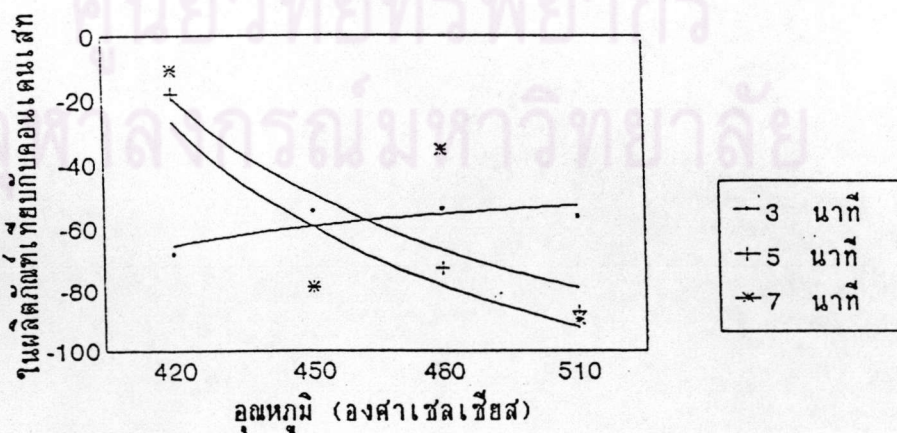
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีน



รูปที่ 4.18 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับอุณหภูมิ

ที่ความดัน 140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีน



รูปที่ 4.19 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับอุณหภูมิ

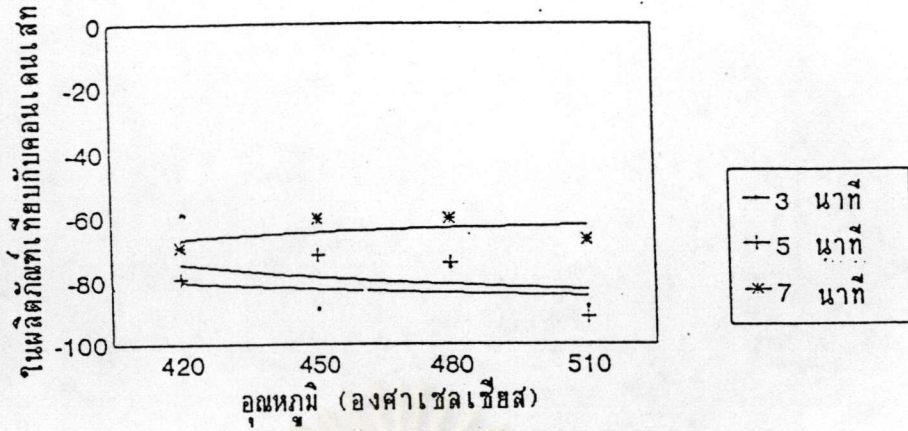
ที่ความดัน 140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

รูปที่ 4.20 ถึง 4.22 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ที่ความดัน 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน เห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารไฮโดรคาร์บอนทั้งสามชนิด มีลักษณะคล้ายกัน อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิงเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.35 ประกอบกับความดันในการทดลองมีค่าสูงขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิงเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์โค้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่สูงขึ้นตามอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.49 เปอร์เซ็นต์โค้กที่อุณหภูมิ 420, 450, 480 และ 510 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 นาที มีค่า 5, 6.5, 20 และ 28 ตามลำดับ และที่เวลา 7 นาที มีค่า 6, 10.5, 18 และ 23.5 ยังคงมีผลต่อปริมาณการลดลงของสารทั้งสามชนิด

รูปที่ 4.23 ถึง 4.25 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ที่ความดัน 180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน เห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารไฮโดรคาร์บอนทั้งสามชนิด เป็นไปในลักษณะเดียวกัน และจากผลวิเคราะห์การทดลอง พบว่า ที่เวลา 3 นาที เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารทั้งสามชนิด มีค่าน้อยลง เมื่อเทียบกับการทดลองที่เวลา 5 และ 7 นาที ทั้งนี้เนื่องจากเปอร์เซ็นต์โค้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เวลา 5 และ 7 นาที มีค่ามาก ดังรูปที่ 4.50 เปอร์เซ็นต์โค้กที่อุณหภูมิ 420, 450, 480 และ 510 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 นาที มีค่า 5.5, 4.5, 17 และ 29 ตามลำดับ และที่เวลา 7 นาที มีค่า 4.5, 7.5, 22 และ 31 แม้ว่าปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิงจะเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.36

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

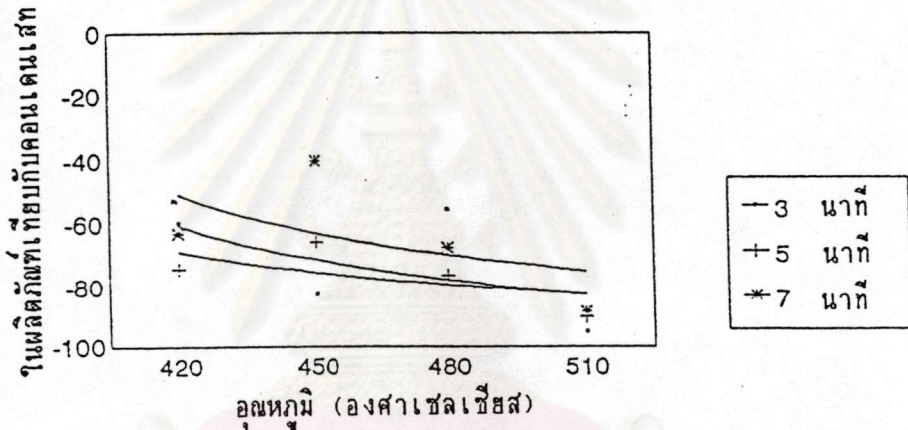
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีน



รูปที่ 4.20 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับอุณหภูมิ

ที่ความดัน 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

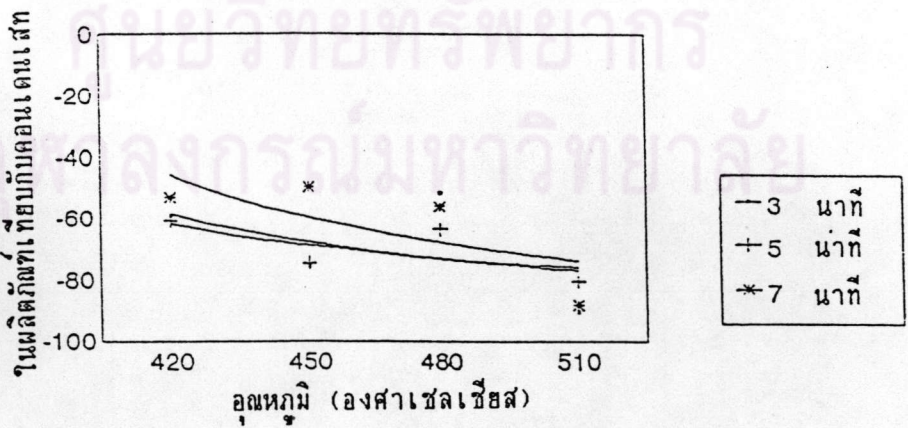
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีน



รูปที่ 4.21 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับอุณหภูมิ

ที่ความดัน 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

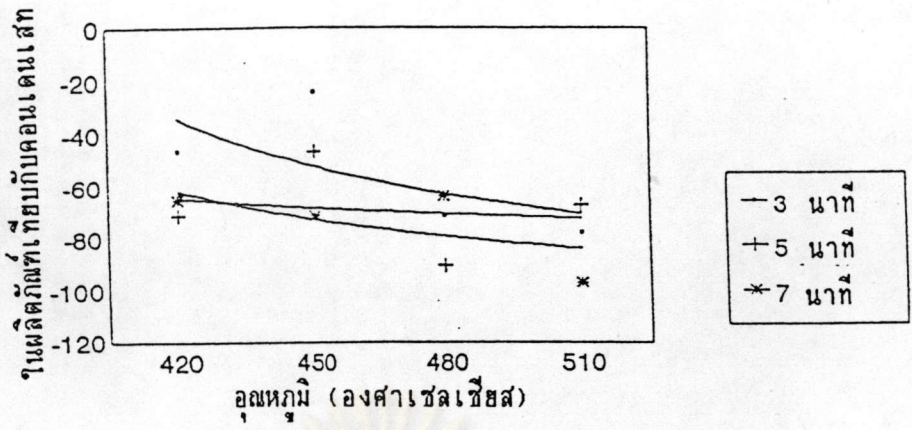
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีน



รูปที่ 4.22 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับอุณหภูมิ

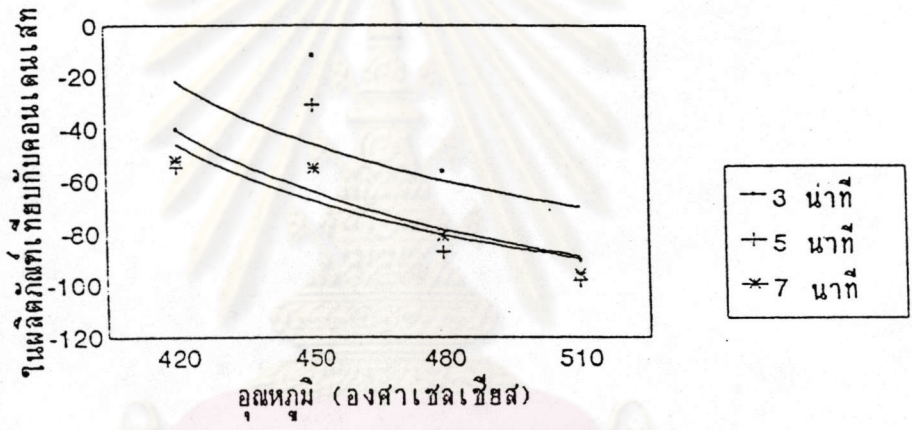
ที่ความดัน 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีน



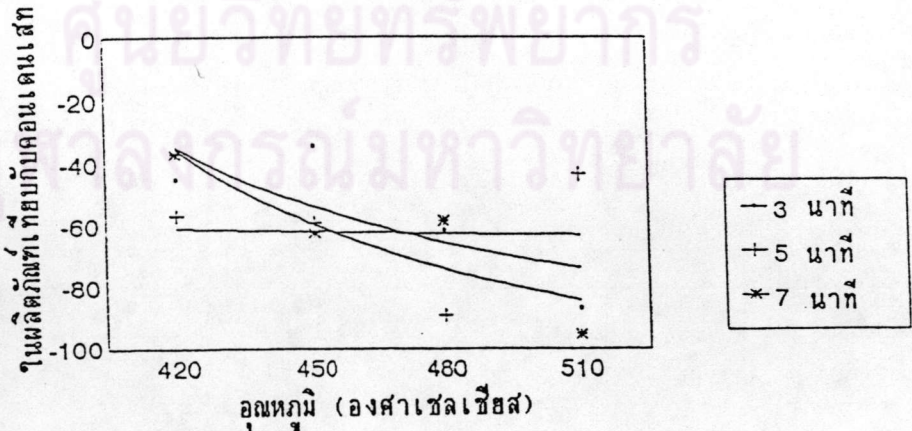
รูปที่ 4.23 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของเบนซีนกับอุณหภูมิตั้งที่ความดัน 180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีน



รูปที่ 4.24 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนกับอุณหภูมิตั้งที่ความดัน 180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีน



รูปที่ 4.25 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของไซลีนกับอุณหภูมิตั้งที่ความดัน 180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

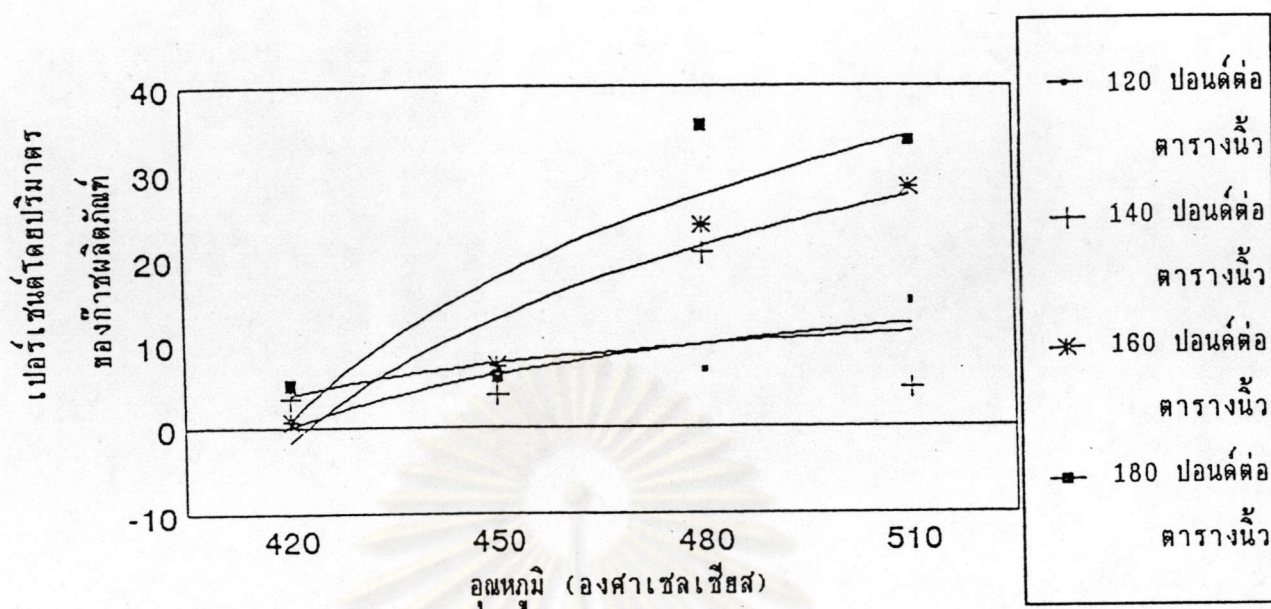
4.3 ผลการทดลองของเวลาที่มีต่อปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติก

การศึกษาผลของเวลาที่มีต่อปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติก โดยเพิ่มเวลามาจากภายใน อุณหภูมิคงที่ ความดันจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา ผลปรากฏจากการทดลองยังไม่สามารถสรุปได้ว่า เวลาใดเป็นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทดลองนี้มากที่สุด เนื่องจากปริมาณของสารเบนซีน โทลูอีนและไซลีน ลดลงเมื่อเทียบกับคอนเดนเสท ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.25

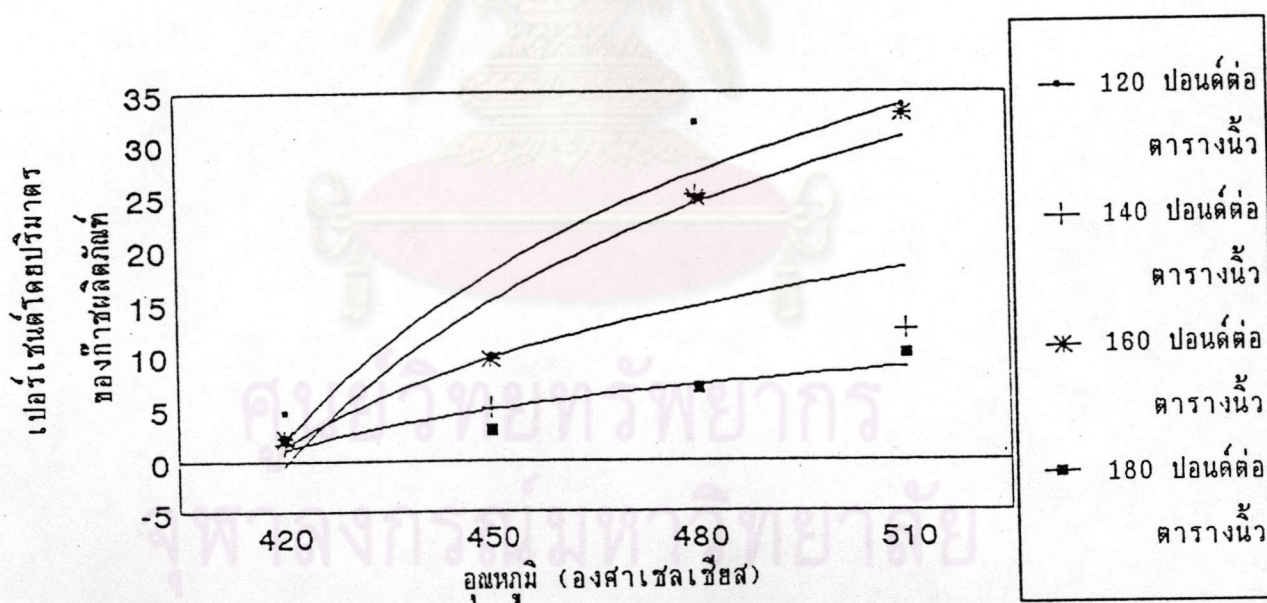
4.4 ผลการทดลองของอุณหภูมิ ความดัน และเวลาที่มีต่อปริมาตรของผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่ได้ค่อนข้างคงที่แต่ละอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.37 ถึง 4.40 เช่น อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่ได้ประมาณ 68 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของคอนเดนเสท หรือที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าประมาณ 50 ถึง 65 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของคอนเดนเสท เหตุผลที่ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่ได้ลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อาจตั้งข้อสมมติฐานได้ดังนี้

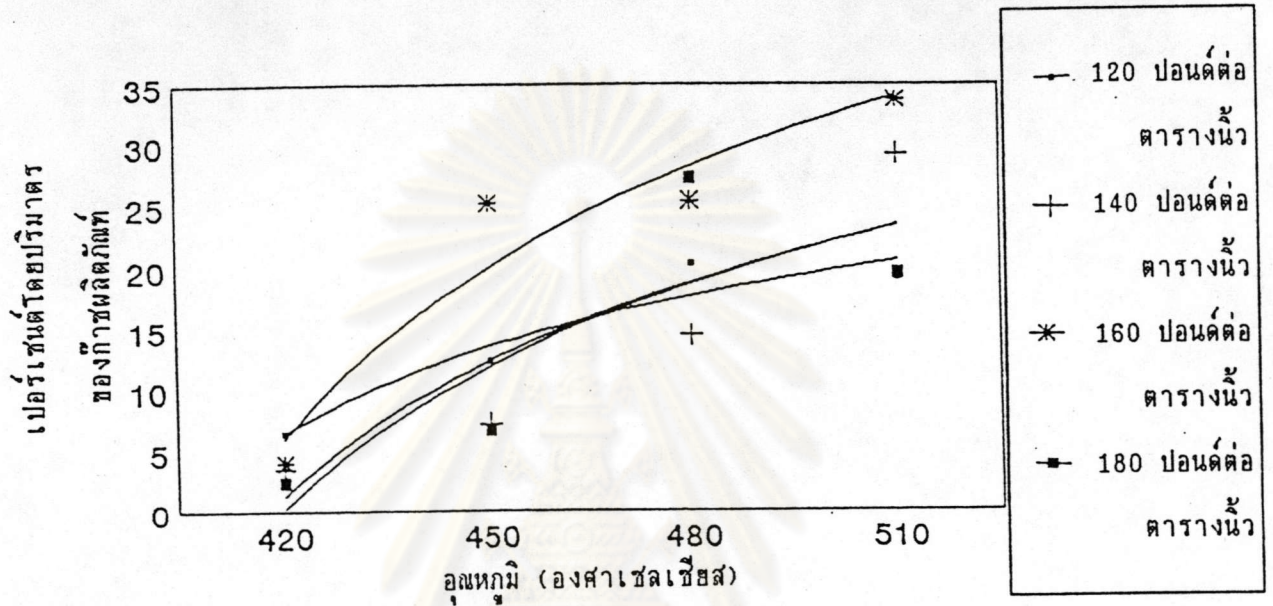
4.4.1 ปริมาตรไค้บนตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (McPherson และ Olive, 1986) สังเกตได้จากสีของตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์ก่อนทำการทดลอง และหลังจากทำการทดลองแล้วเสร็จ พบว่าสีของตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนจากสีเทาม่วงเป็นสีเทาดำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ที่เวลา 7 นาที ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 420, 450, 480 และ 510 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์ของไค้บนตัวเร่งปฏิกิริยามีค่า 8, 12.5, 26.5 และ 29 ตามลำดับ และที่เวลา 5 นาที เปอร์เซ็นต์ของไค้บนตัวเร่งปฏิกิริยามีค่า 7, 8, 26 และ 31 แสดงว่า ขณะอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาตรไค้บนตัวเร่งปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติก ลดลง (McPherson และ Olive, 1986)



รูปที่ 4.26 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เวลา 3 นาที
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

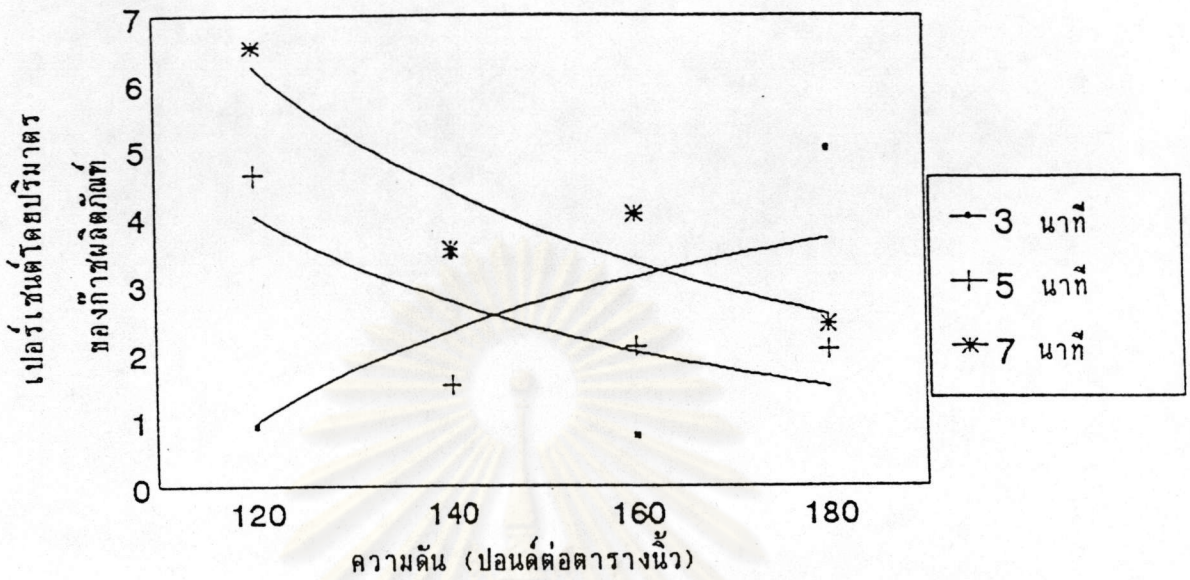


รูปที่ 4.27 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เวลา 5 นาที
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



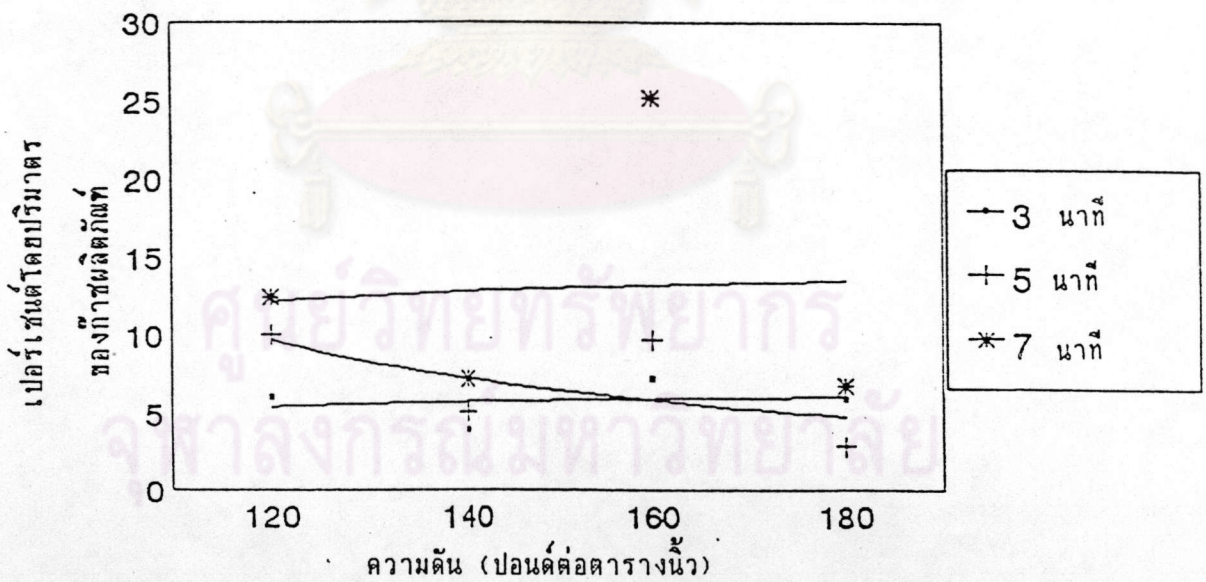
รูปที่ 4.28 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เวลา 7 นาที
 น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



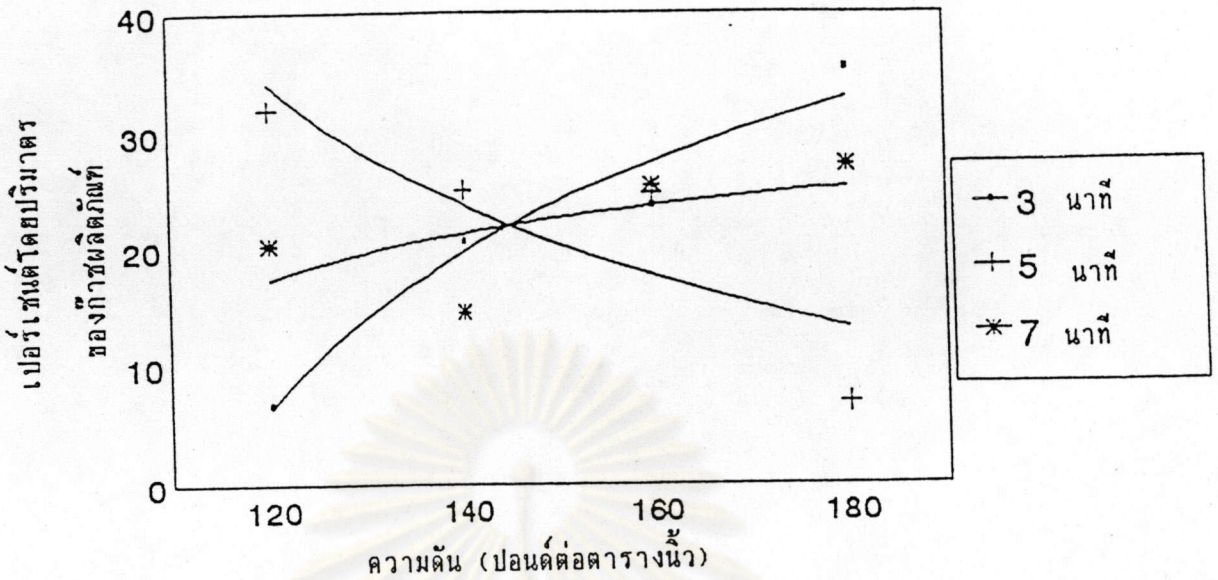
รูปที่ 4.29 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตทันที

ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

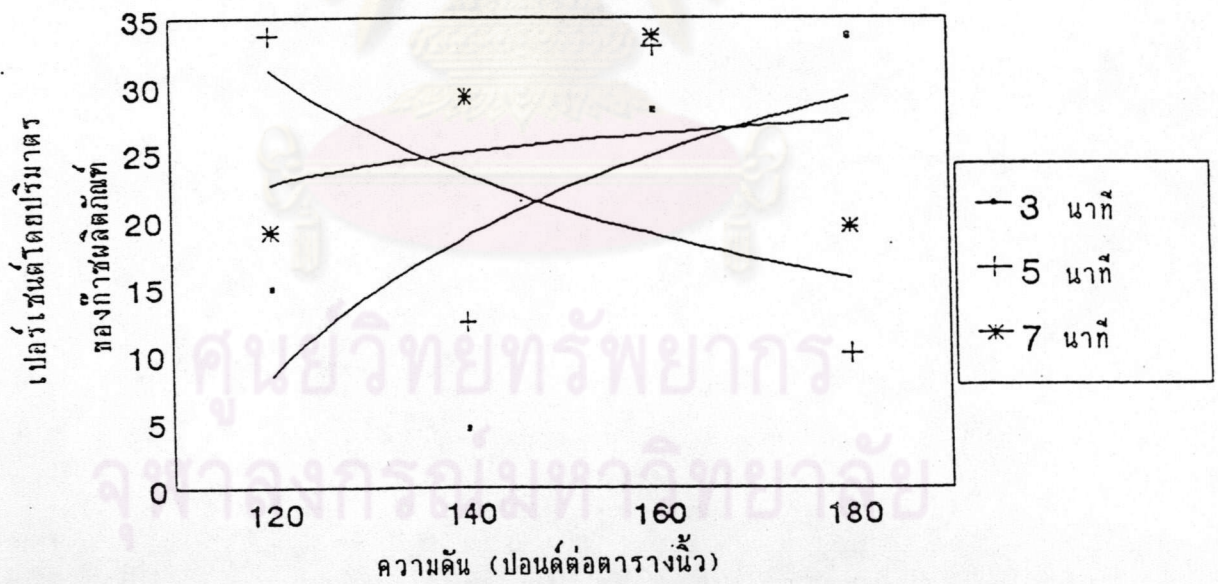


รูปที่ 4.30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตทันที

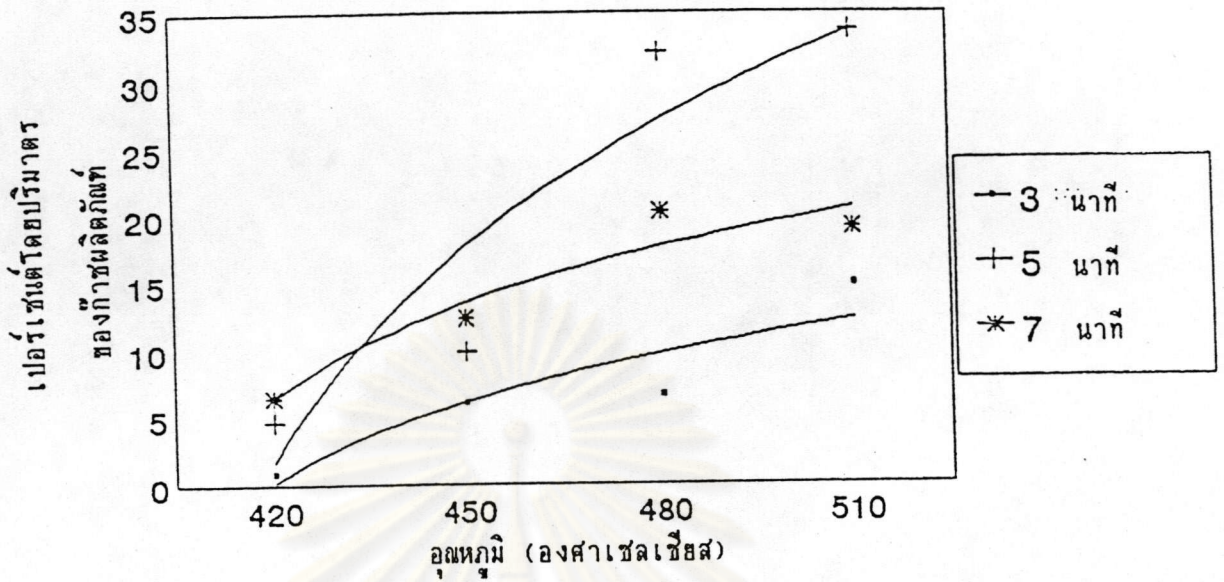
ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



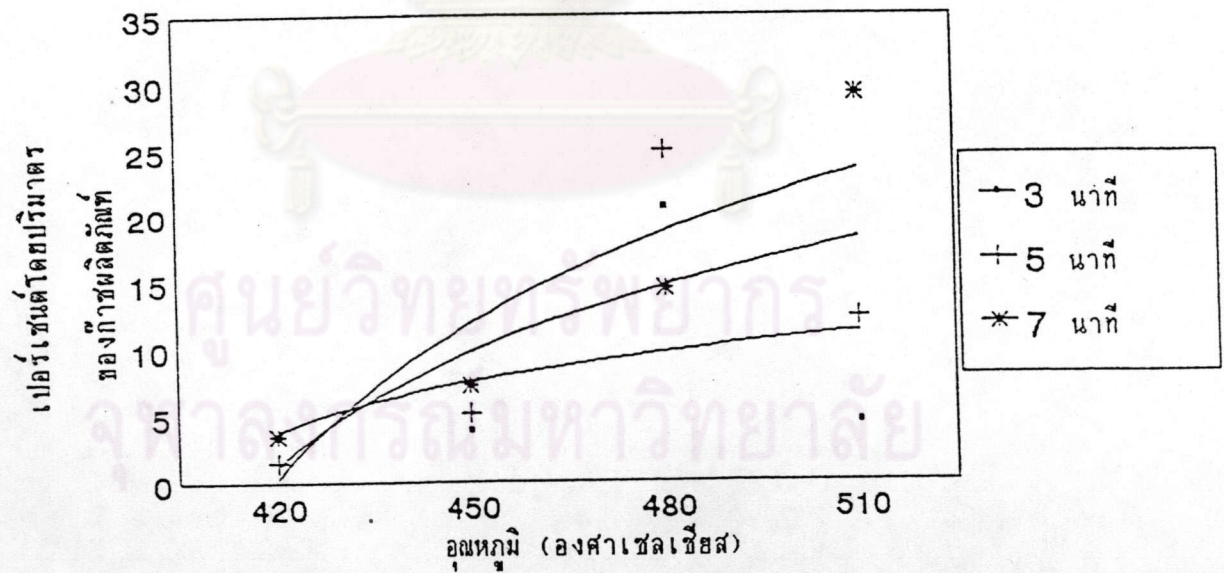
รูปที่ 4.31 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์
ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



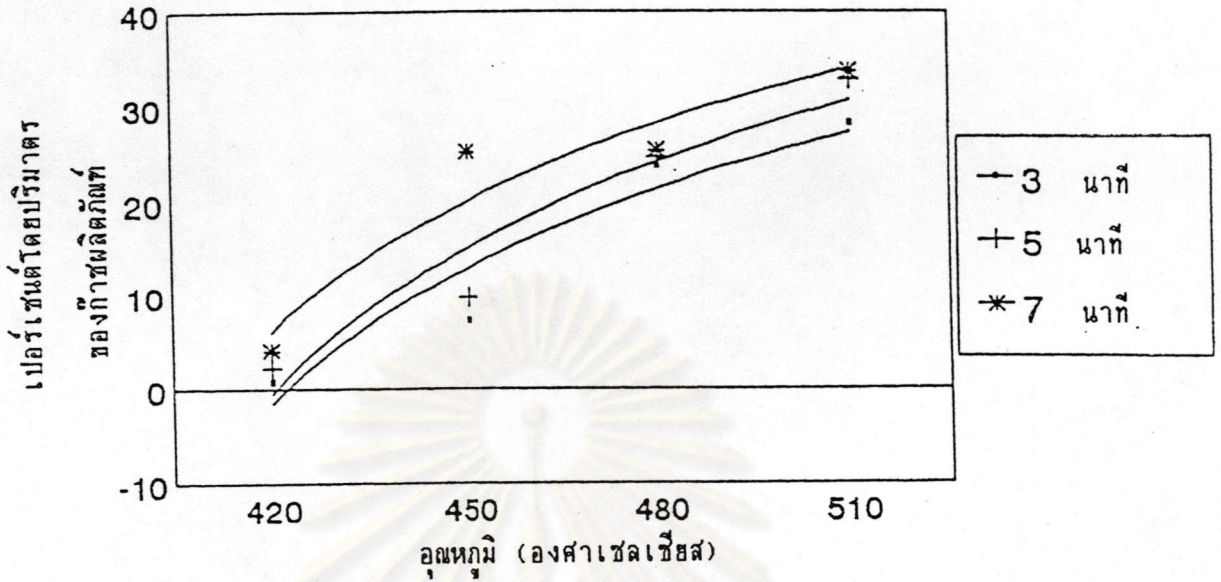
รูปที่ 4.32 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์
ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



รูปที่ 4.33 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตทันที ที่ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

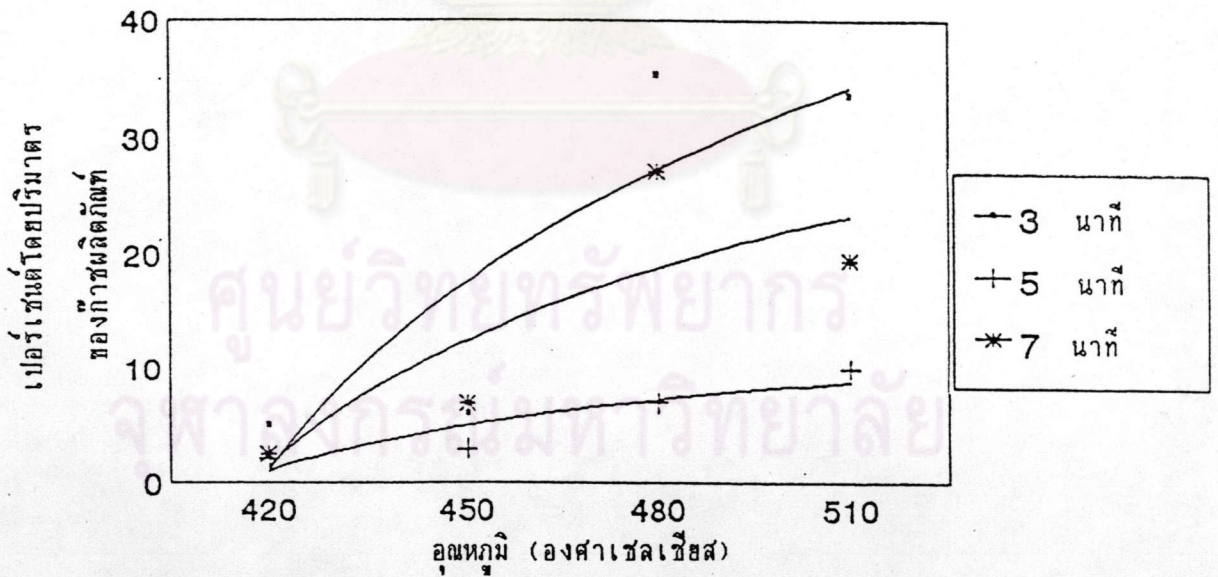


รูปที่ 4.34 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตทันที ที่ความดัน 140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



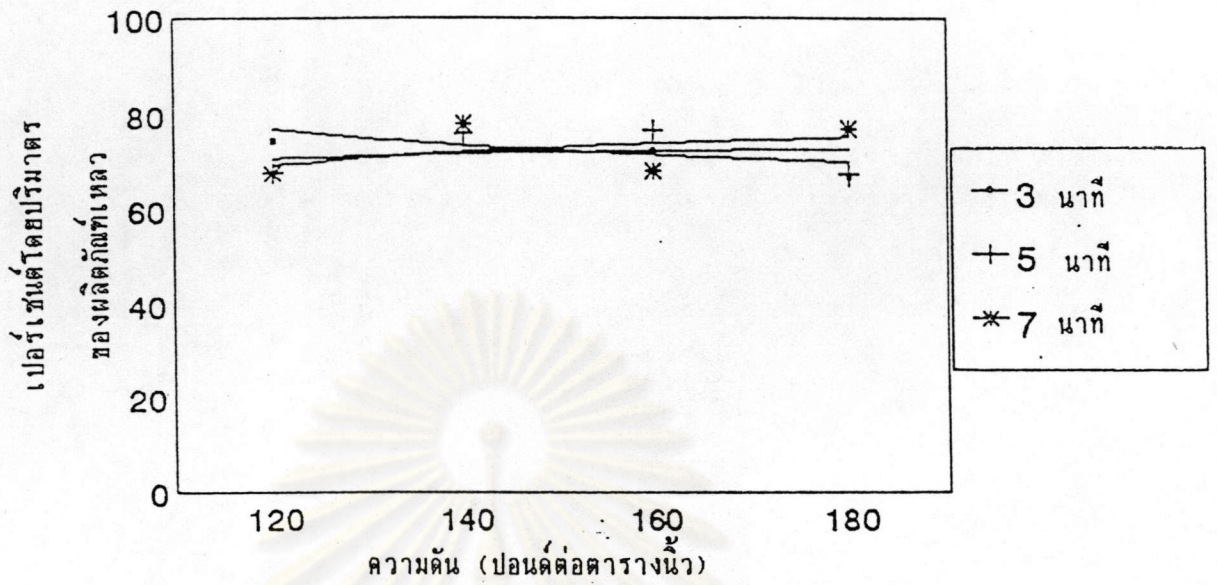
รูปที่ 4.35 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตกัมภ์

ที่ความดัน 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

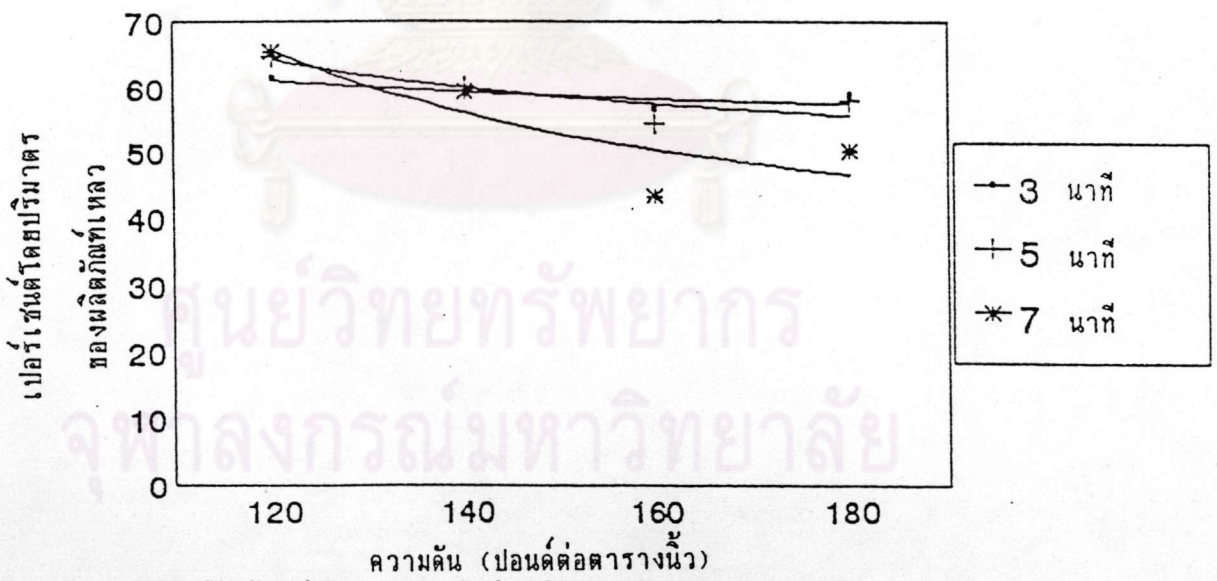


รูปที่ 4.36 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซผลิตกัมภ์

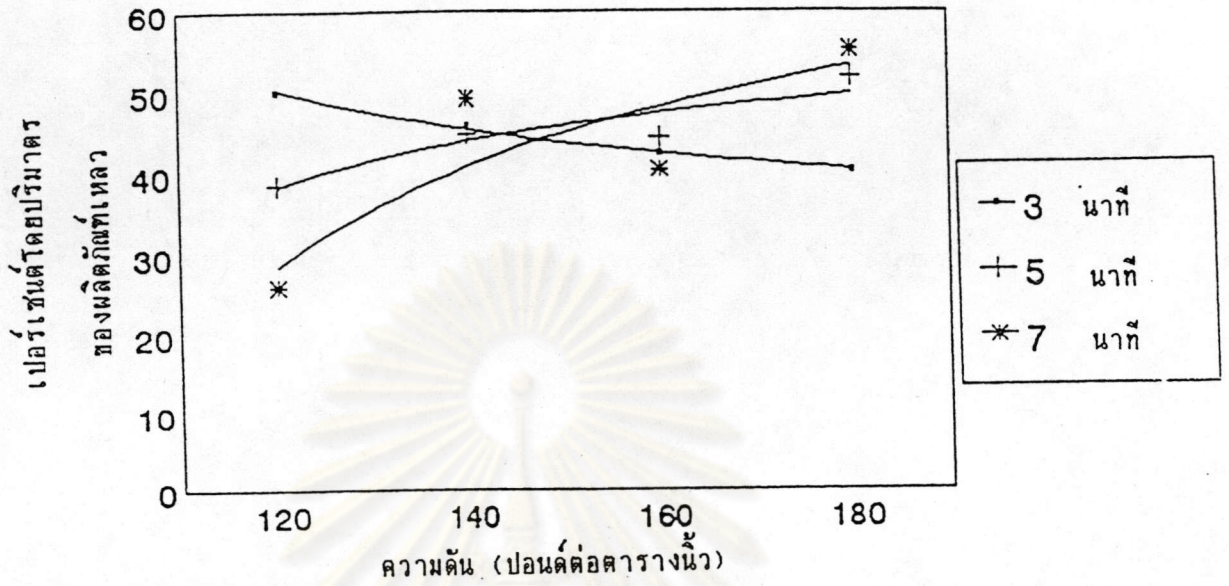
ที่ความดัน 180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



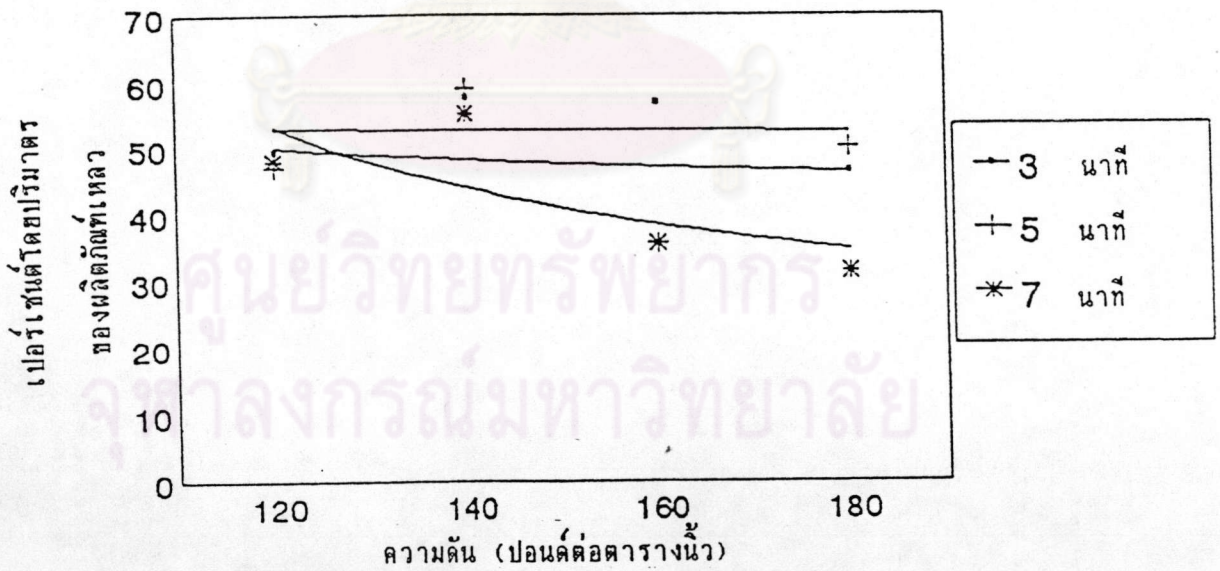
รูปที่ 4.37 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์เหลว
 ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



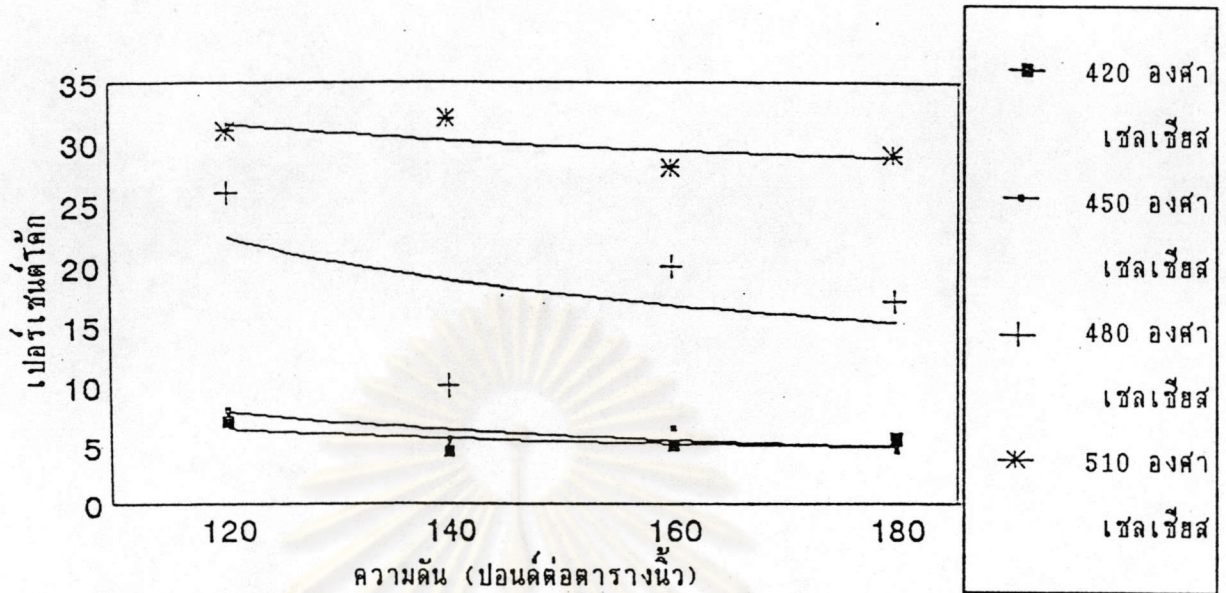
รูปที่ 4.38 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์เหลว
 ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



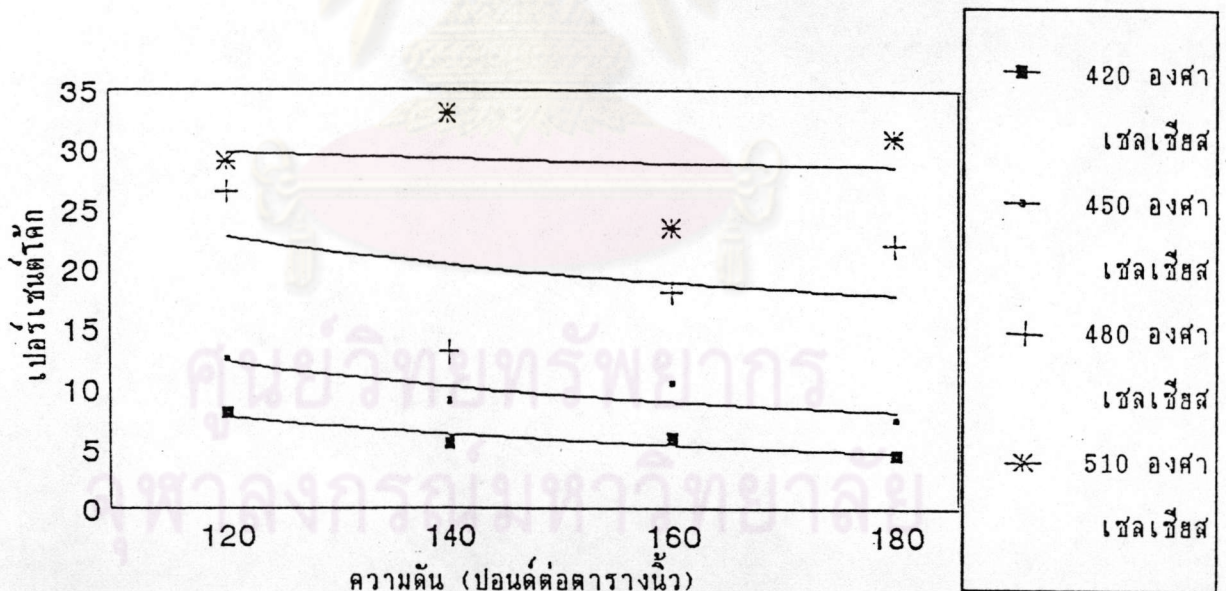
รูปที่ 4.39 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์เหลว
ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



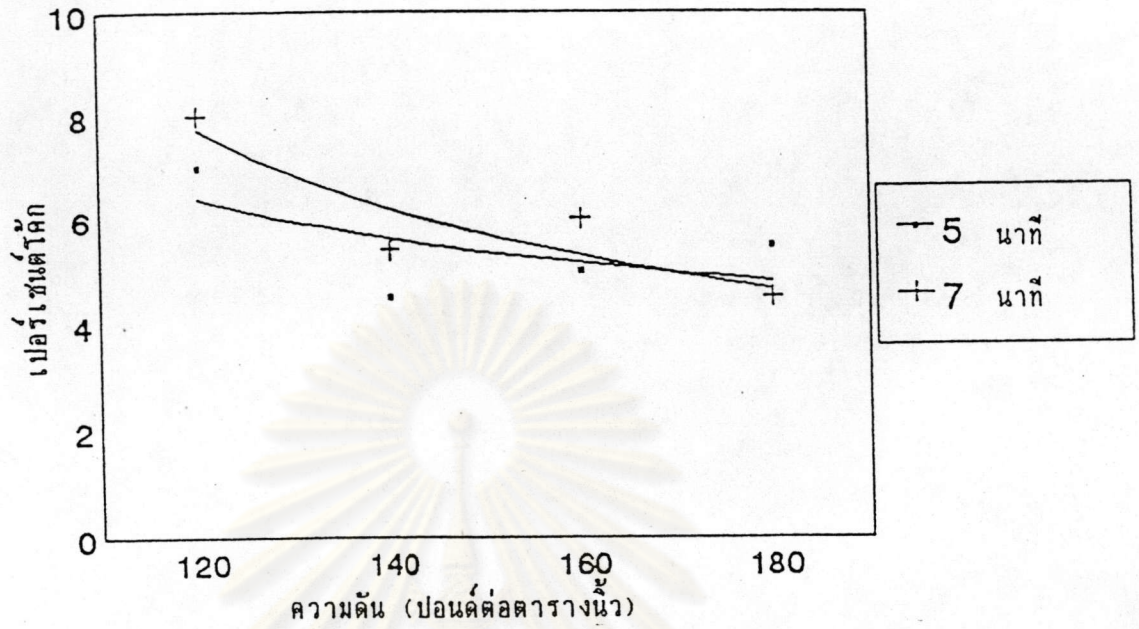
รูปที่ 4.40 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์เหลว
ที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



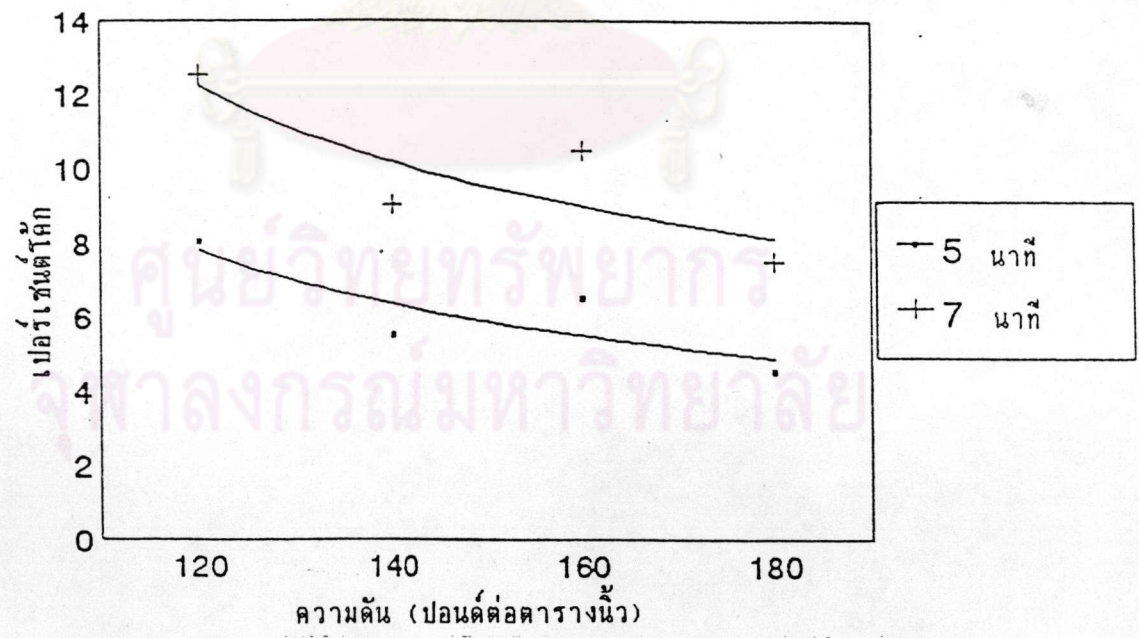
รูปที่ 4.41 เปอร์เซ็นต์ไดคัมบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เวลา 5 นาที
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



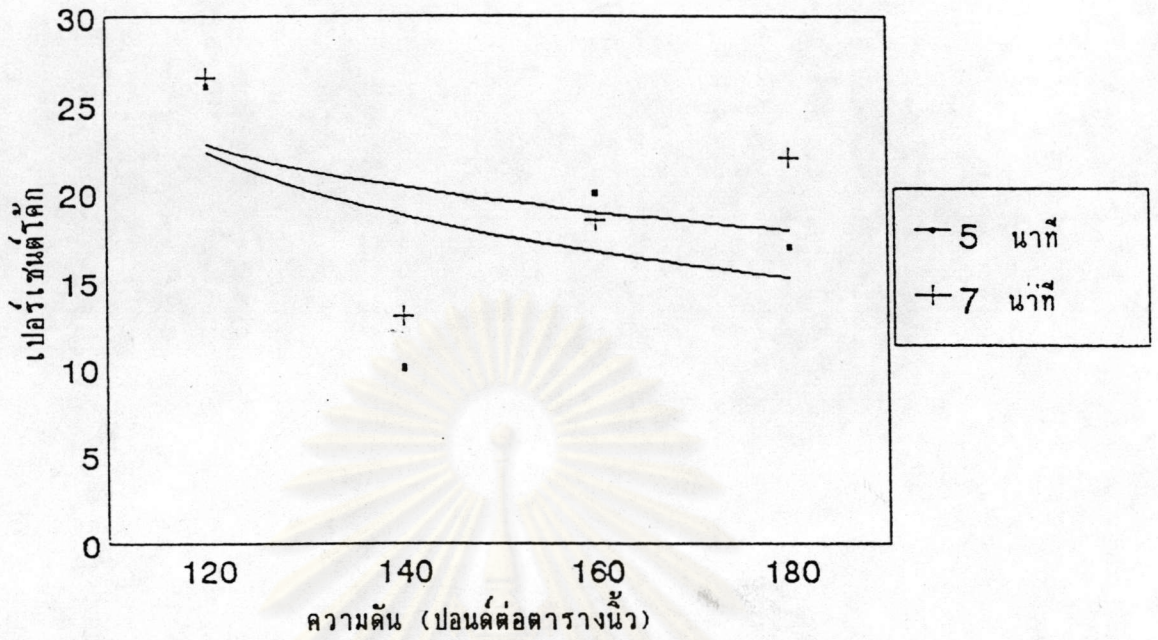
รูปที่ 4.42 เปอร์เซ็นต์ไดคัมบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เวลา 7 นาที
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



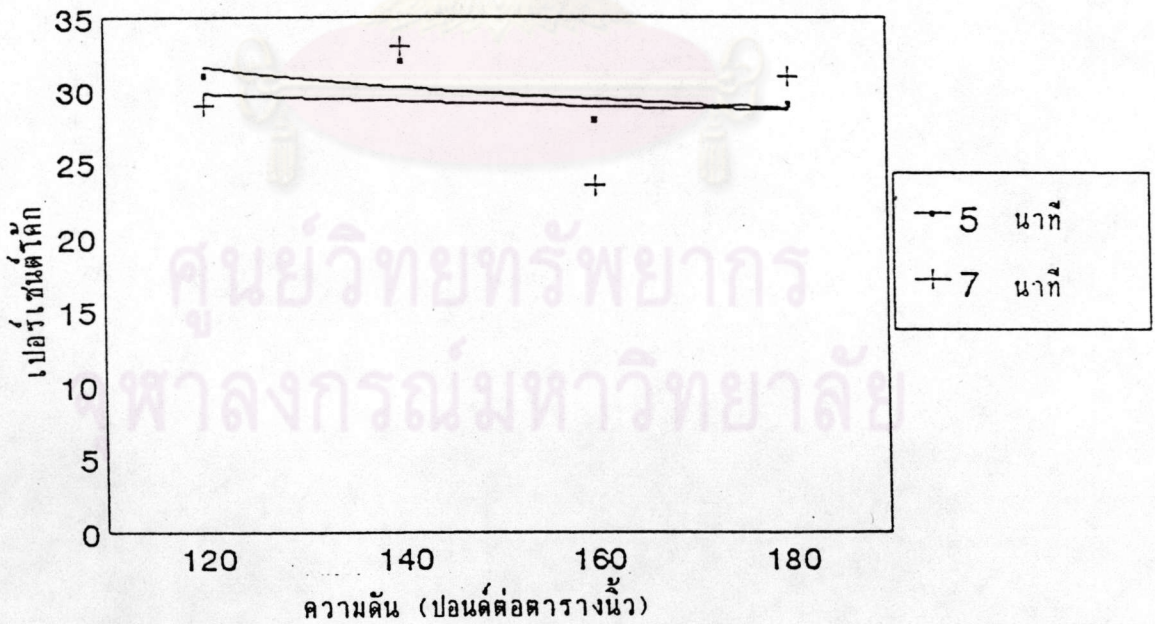
รูปที่ 4.43 เปอร์เซ็นต์โตโลกบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



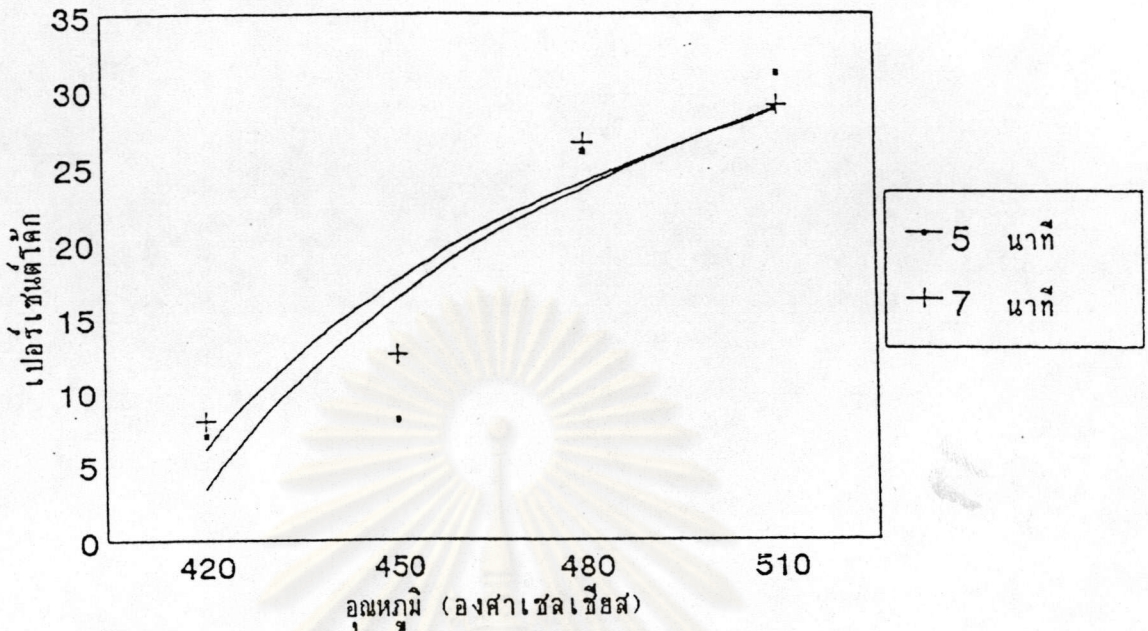
รูปที่ 4.44 เปอร์เซ็นต์โตโลกบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



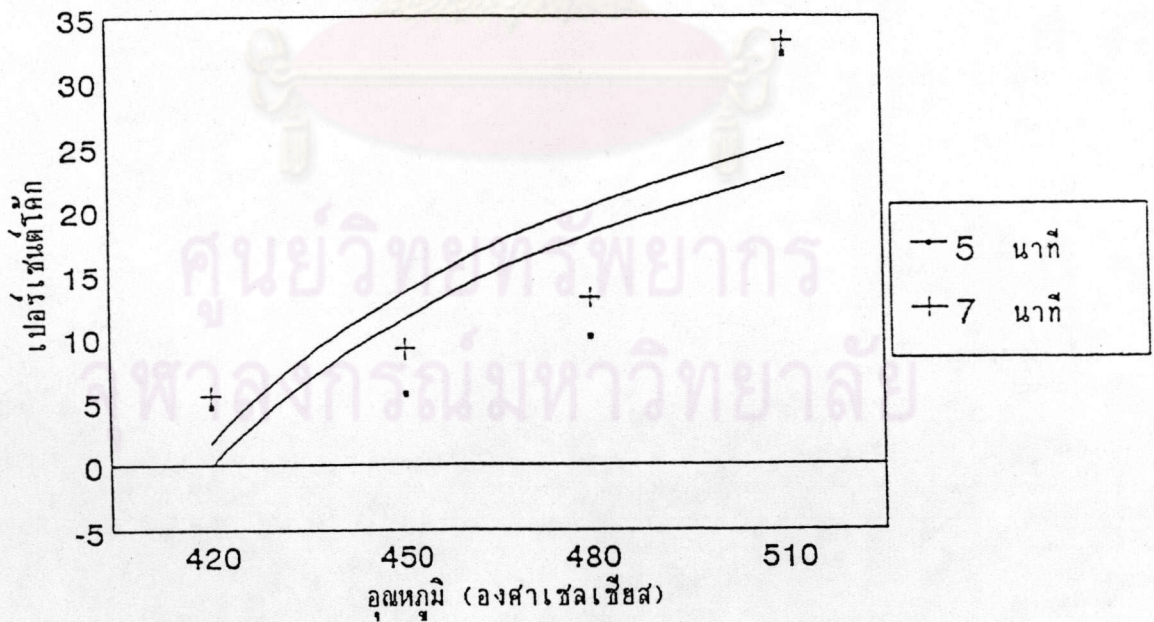
รูปที่ 4.45 เปอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



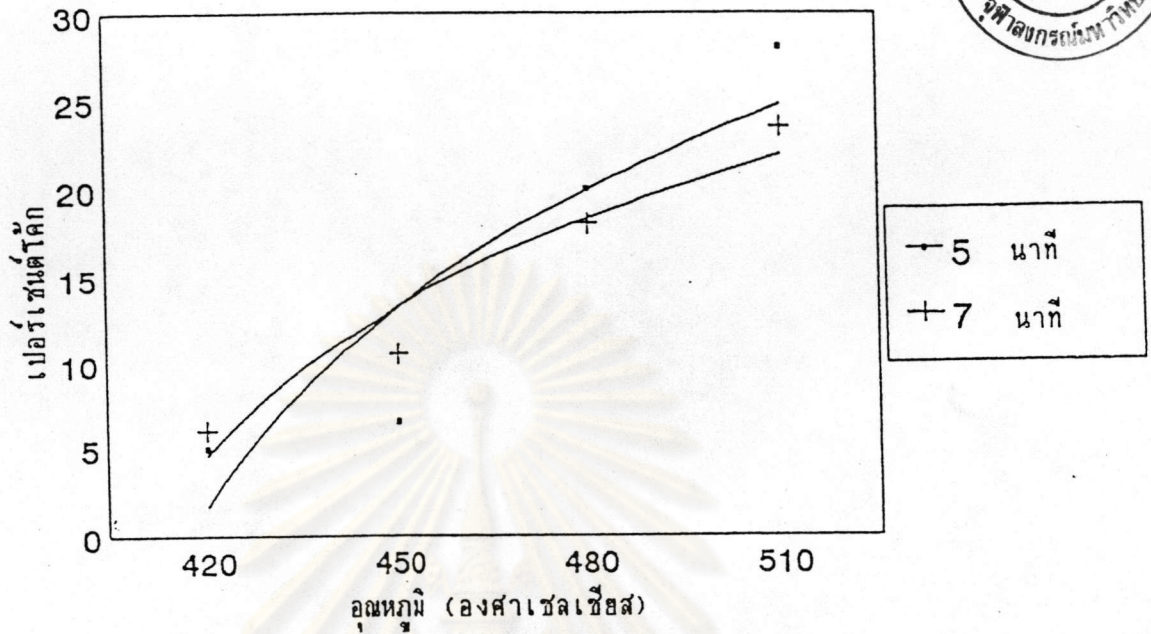
รูปที่ 4.46 เปอร์เซนต์ได้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 510 องศาเซลเซียส
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



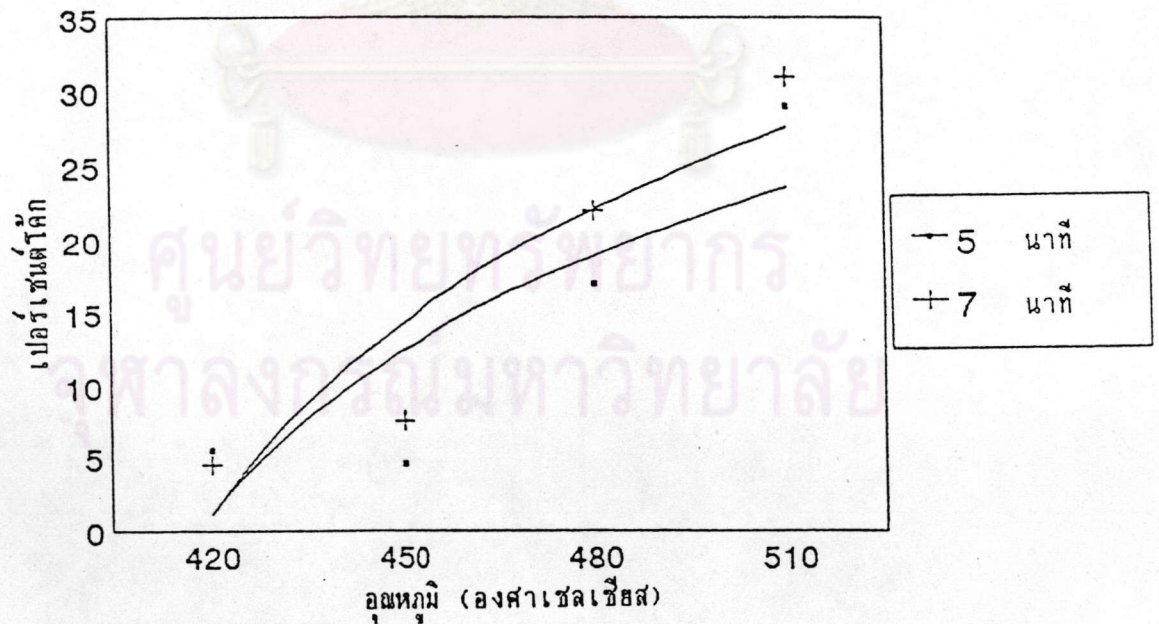
รูปที่ 4.47 เปอร์เซ็นต์รากบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



รูปที่ 4.48 เปอร์เซ็นต์รากบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความดัน 140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



รูปที่ 4.49 เปอร์เซนต์ไค้กับตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความดัน 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม



รูปที่ 4.50 เปอร์เซนต์ไค้กับตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความดัน 180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม

4.4.2 ชนิดของสารไฮโดรคาร์บอน จากผลวิเคราะห์การทดลองพบว่า จำนวนชนิดของสารไฮโดรคาร์บอนในส่วนของผลิตภัณฑ์มีมากกว่าในส่วนของคอนเดนเสท ดังรูปที่ 4.13 และจากการพิจารณาช่วงเวลาของสารไฮโดรคาร์บอนแต่ละช่วงเวลาจากโครมาโตแกรม คาดว่า สารไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลหรือจุดเดือดสูงขึ้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น หมายความว่า โมเลกุลของสารไฮโดรคาร์บอนอาจมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ลดลง สำหรับก๊าซผลิตภัณฑ์ พบว่าปริมาตรของก๊าซผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เกิดจากปฏิกิริยาแตกกิ่งที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ทำให้ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ลดลงด้วยเช่นกัน

4.5 ผลการทดลองของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและก๊าซไฮโดรเจนที่มีต่อปริมาณสารอะโรมาติก

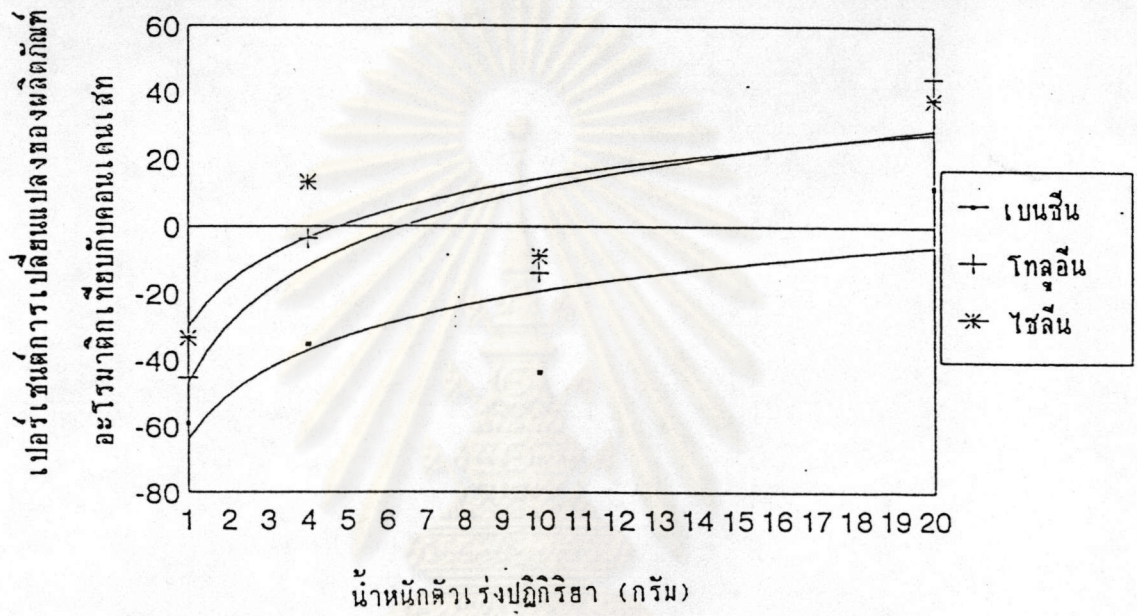
จากผลการทดลองด้วยวิธีการทดลองข้างต้น เห็นได้ว่า ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและก๊าซไฮโดรเจนเป็นส่วนสำคัญต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลัก ๆ ในการเกิดสารเบนซีน โทลูอีน และไซลีน จากผลวิเคราะห์ที่สภาวะการทดลองที่ ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติกทั้งสามในส่วนของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและปริมาณก๊าซไฮโดรเจนภายในเครื่องปฏิกรณ์เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.51 และตารางที่ ข.10 พิจารณาได้จาก เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารอะโรมาติกทั้งสามจาก 30 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม เปลี่ยนเป็นเปอร์เซ็นต์การเพิ่มมากขึ้นของสารทั้งสามเป็น 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 20 กรัม ทั้งนี้อาจตั้งข้อสมมติฐานได้ว่า

4.5.1 ก๊าซไฮโดรเจนมีส่วนป้องกันการเกิดโคกบนตัวเร่งปฏิกิริยา (ปราโมทซ์ ไชยเวช, 2533) ปริมาณโคกบนตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง ช่วยเพิ่มขีดความสามารถของการทำงานของพื้นที่ผิวบริเวณกระตุ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้น ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติกที่ต้องการเพิ่มขึ้น

4.5.2 จำนวนตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น จาก 1 กรัม เป็น 20 กรัม ทำให้พื้นที่ผิวบริเวณกระตุ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โอกาสการเข้าทำปฏิกิริยาเคมีของสารไฮโดรคาร์บอนบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้น อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาเคมี ณ ช่วงเวลาการทดลองเท่ากันเพิ่มขึ้น (Gates et al., 1979) ดังนั้น เปรอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของสารอะโรมาติกในผลิตภัณฑ์เทียบกับคอนเดนเสทในช่วงเวลาเดียวกันจึงเพิ่มขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.51 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตอะโรมาติกกับน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ความดัน 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย