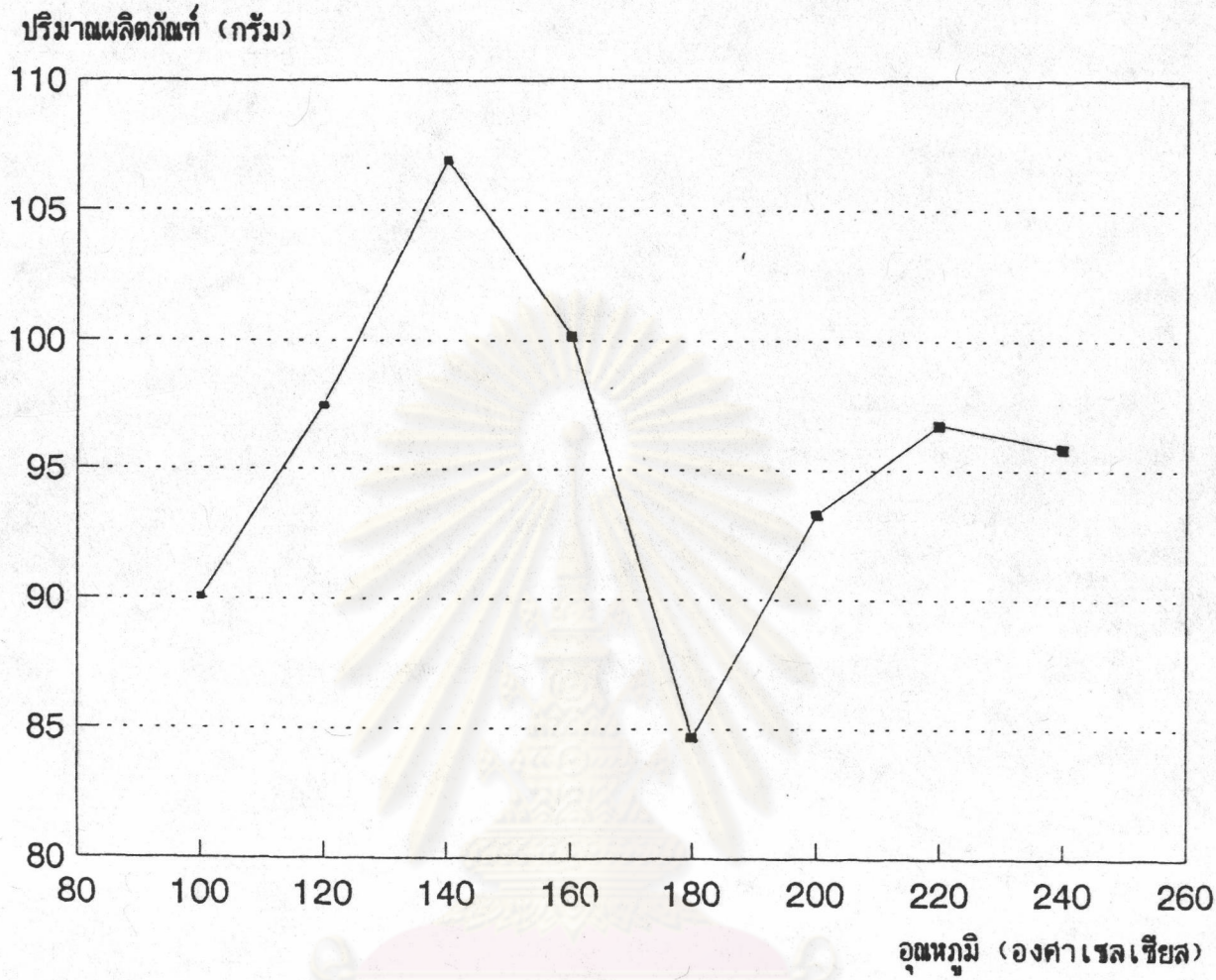
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

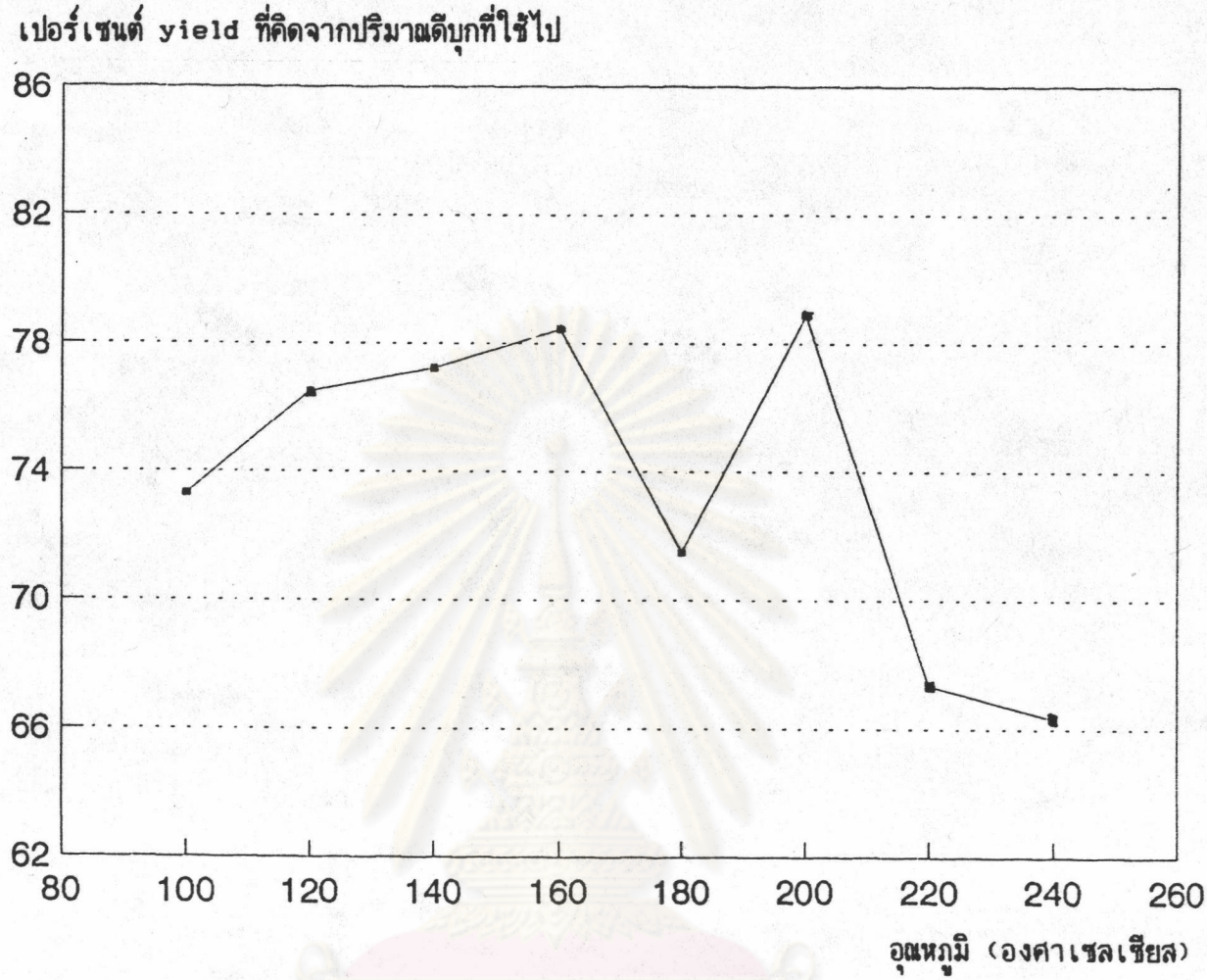
4.1 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตของผลิตภัณฑ์

ในการทดลองศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ใช้สภาวะการทดลองดังนี้ คือ ปริมาณดีบุก 1,000 กรัม อัตราการป้อนแก๊สคลอรีน 0.099 ลิตรต่อนาที อัตราการป้อนแก๊สไนโตรเจน 0.147 ลิตรต่อนาที โดยแปรค่าอุณหภูมิเป็น 100 , 120 , 140 , 160 , 180 , 200 , 220 และ 240 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิ
ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 1,000 กรัม
: อัตราการป้อนแก๊สคลอรีน 0.099 ลิตรต่อนาที
: อัตราการป้อนแก๊สไนโตรเจน 0.147 ลิตรต่อนาที
: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



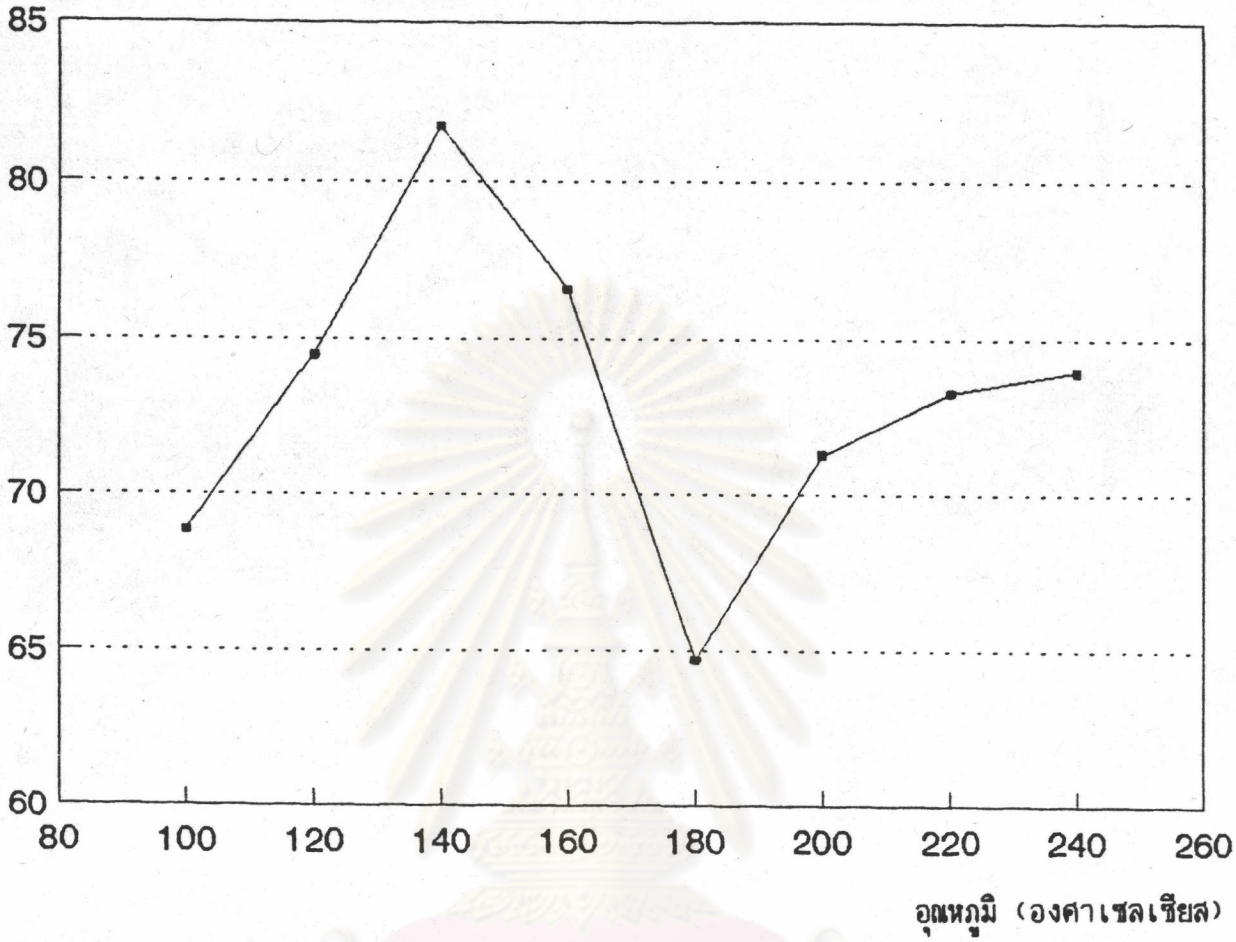
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป กับอุณหภูมิ

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 1,000 กรัม

: อัตราการป้อนแก๊สคลอรีน 0.099 ลิตรต่อนาที

: อัตราการป้อนแก๊สไนโตรเจน 0.147 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไป กับอุณหภูมิ

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 1,000 กรัม

: อัตราการป้อนแก๊สคลอรีน 0.099 ลิตรต่อนาที

: อัตราการป้อนแก๊สไนโตรเจน 0.147 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที

จากรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นกับอุณหภูมิ พบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์สูงสุดที่ระดับอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 100 องศาเซลเซียส ปริมาณผลิตภัณฑ์ก็เพิ่มตามจนสูงสุดที่ 140 องศาเซลเซียส แล้วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกจาก 140 องศาเซลเซียส ปริมาณผลิตภัณฑ์กลับลดลงจนมีปริมาณต่ำสุดที่ 180 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอีก ปริมาณผลิตภัณฑ์ก็เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย

จากกราฟอาจอธิบายได้ว่าในช่วงแรกที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนกลายเป็นไอออกจากเครื่องปฏิกรณ์ได้มากและต่อเนื่อง โดยถูกควบแน่นกลับเป็นของเหลวอยู่ภายในเครื่องปฏิกรณ์น้อยลง แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไปอีก ปริมาณผลิตภัณฑ์กลับน้อยลง เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดทิน(IV)คลอไรด์นี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการเกิดปฏิกิริยาจึงลดลง ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลง ส่วนที่ระดับอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปริมาณผลิตภัณฑ์ต่ำที่สุดนั้น อาจอธิบายได้ว่าเป็นเพราะเกิดการหลอมตัวของดีบุกบางส่วน ทำให้ดีบุกไม่อยู่ในสถานะเดียวกันทั้งหมด จึงขัดขวางการไหลของแก๊สคลอรีนทำให้การเกิดปฏิกิริยาน้อยลง

จากรูปที่ 4.2 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไปกับอุณหภูมิ พบว่าเปอร์เซนต์ yield มีค่าอยู่ในช่วง 70-80 เปอร์เซนต์

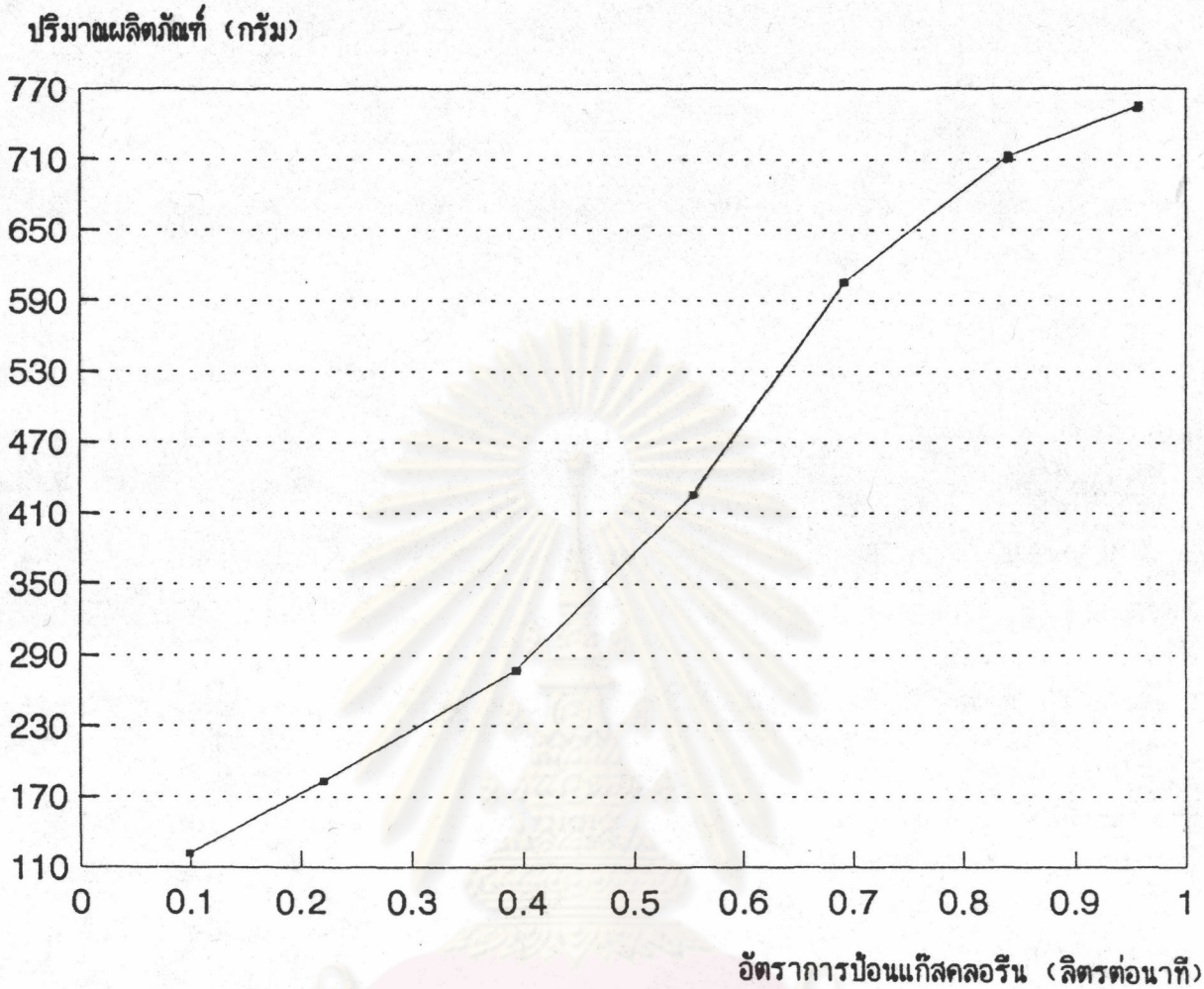
จากรูปที่ 4.3 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไปกับอุณหภูมิ พบว่าเปอร์เซนต์ yield มีค่าอยู่ในช่วง 65 - 82 เปอร์เซนต์ โดยมีแนวโน้มลักษณะเดียวกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนแก๊สคลอรีนที่มีต่อผลผลิตของผลิตภัณฑ์

ในการทดลองศึกษาอิทธิพลของอัตราการแก๊สป้อนคลอรีน ใช้สภาวะการทดลองดังนี้ คือ ปริมาณดีบุก 2,000 กรัม อัตราการป้อนแก๊สไนโตรเจน 0.147 ลิตรต่อนาที และอุณหภูมิที่เหมาะสมจากการทดลองตอนแรก 140 องศาเซลเซียส จากนั้นได้ปรับเปลี่ยนค่าอัตราการป้อนแก๊สคลอรีนเป็น 0.099, 0.221, 0.394, 0.554, 0.692, 0.841 และ 0.985 ลิตรต่อนาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

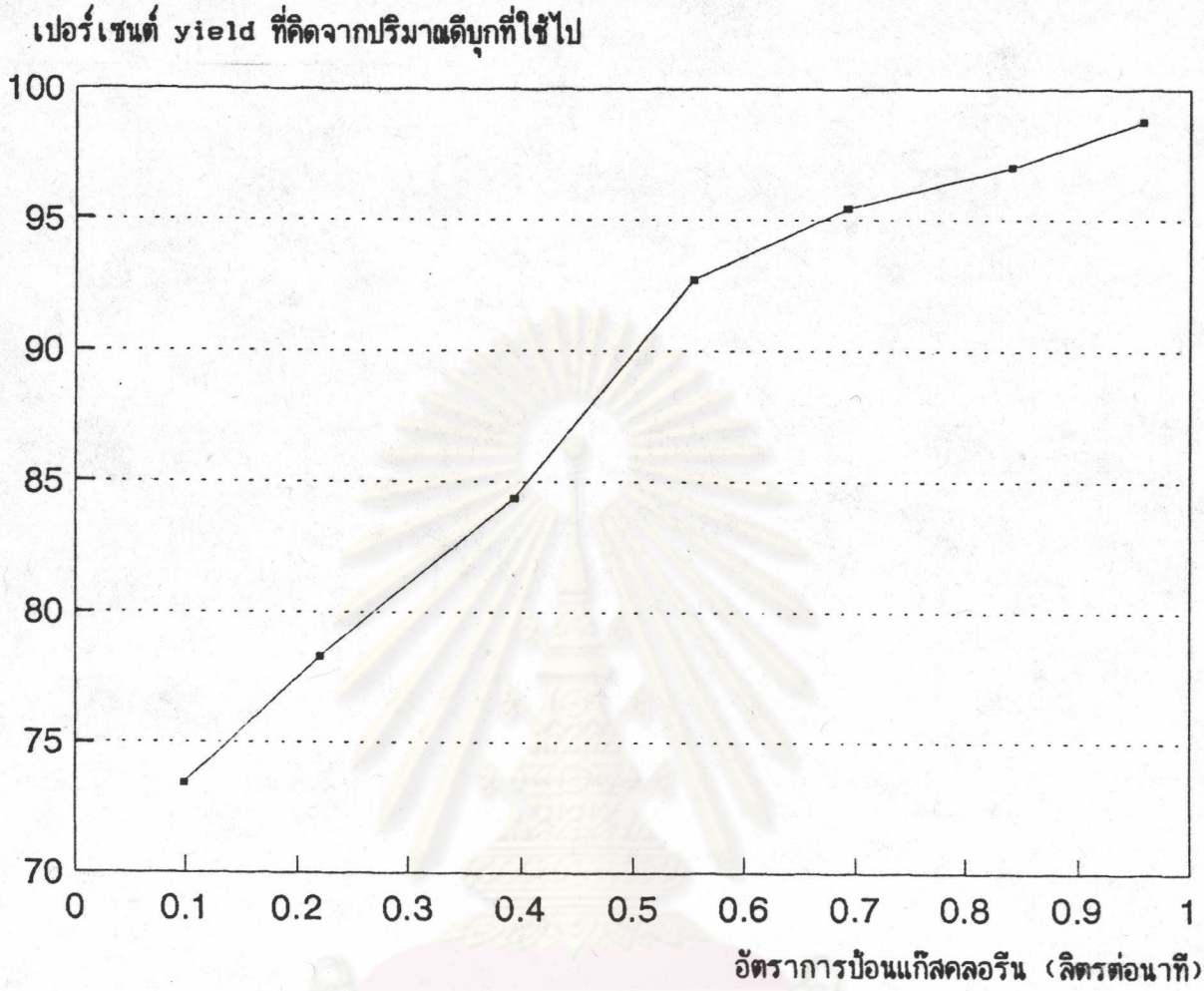


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับอัตราการป้อนแก๊สคลอรีน ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สไนโตรเจน 0.147 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



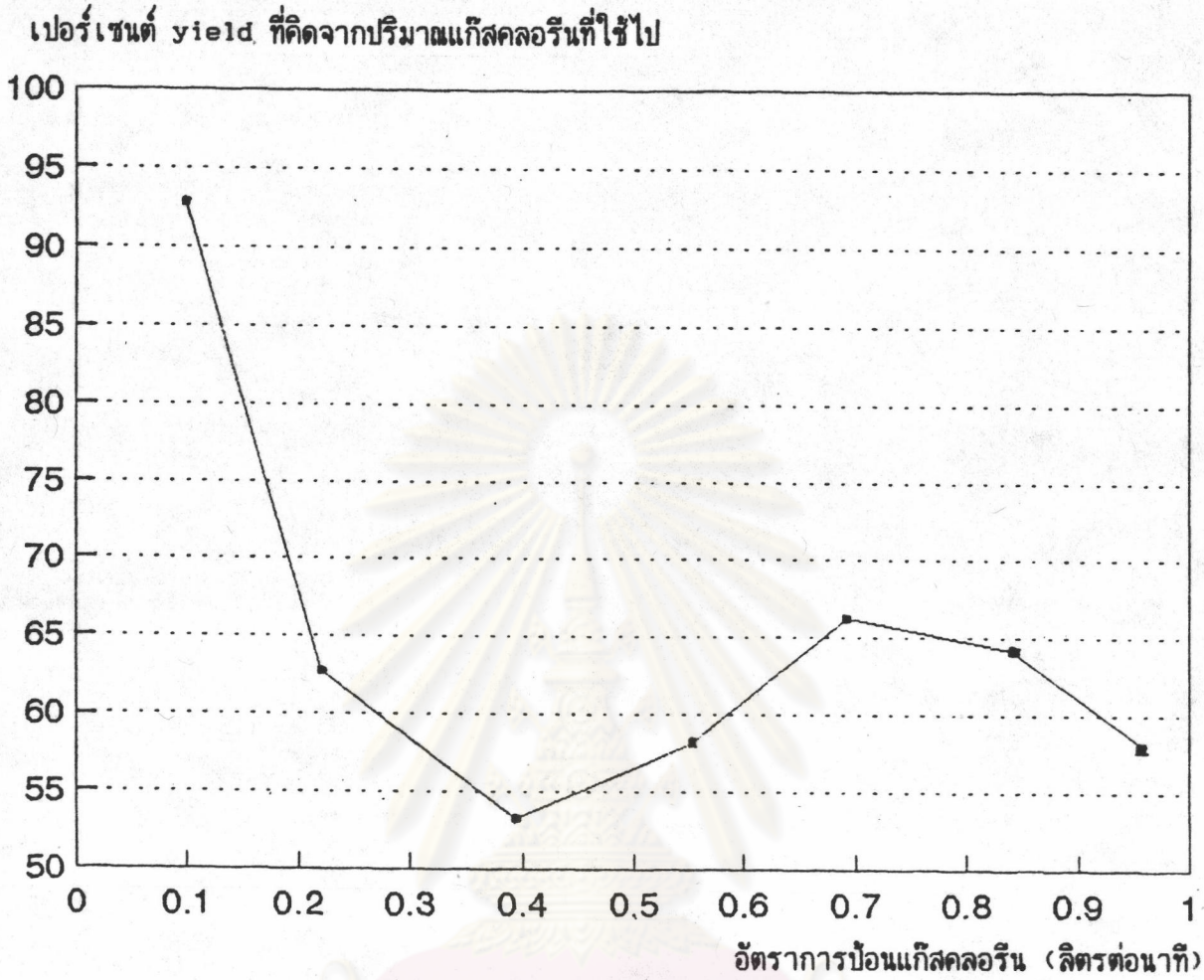
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป กับอัตราการป้อนแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สไนโตรเจน 0.147 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไป กับอัตราการป้อนแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สไนโตรเจน 0.147 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที

จากรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นกับอัตราการป้อนแก๊สคลอรีน ซึ่งจากกราฟพบว่าเมื่ออัตราการป้อนแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้น ปริมาณผลิตภัณฑ์ก็เพิ่มขึ้นตาม เนื่องจากคลอรีนเป็นสารตั้งต้นตัวหนึ่งในการสร้างทิน(IV)คลอไรด์ ดังนั้นเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนคลอรีน ปริมาณผลิตภัณฑ์จึงเพิ่มขึ้น แต่มีช่วงความชันของกราฟมากที่สุด ในช่วงอัตราการป้อนแก๊สคลอรีน 0.4-0.7 ลิตรต่อนาที

จากรูปที่ 4.5 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไปกับอัตราการป้อนแก๊สคลอรีน ซึ่งจากกราฟพบว่าเมื่ออัตราการป้อนแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์ yield ก็เพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 75-98 เปอร์เซนต์

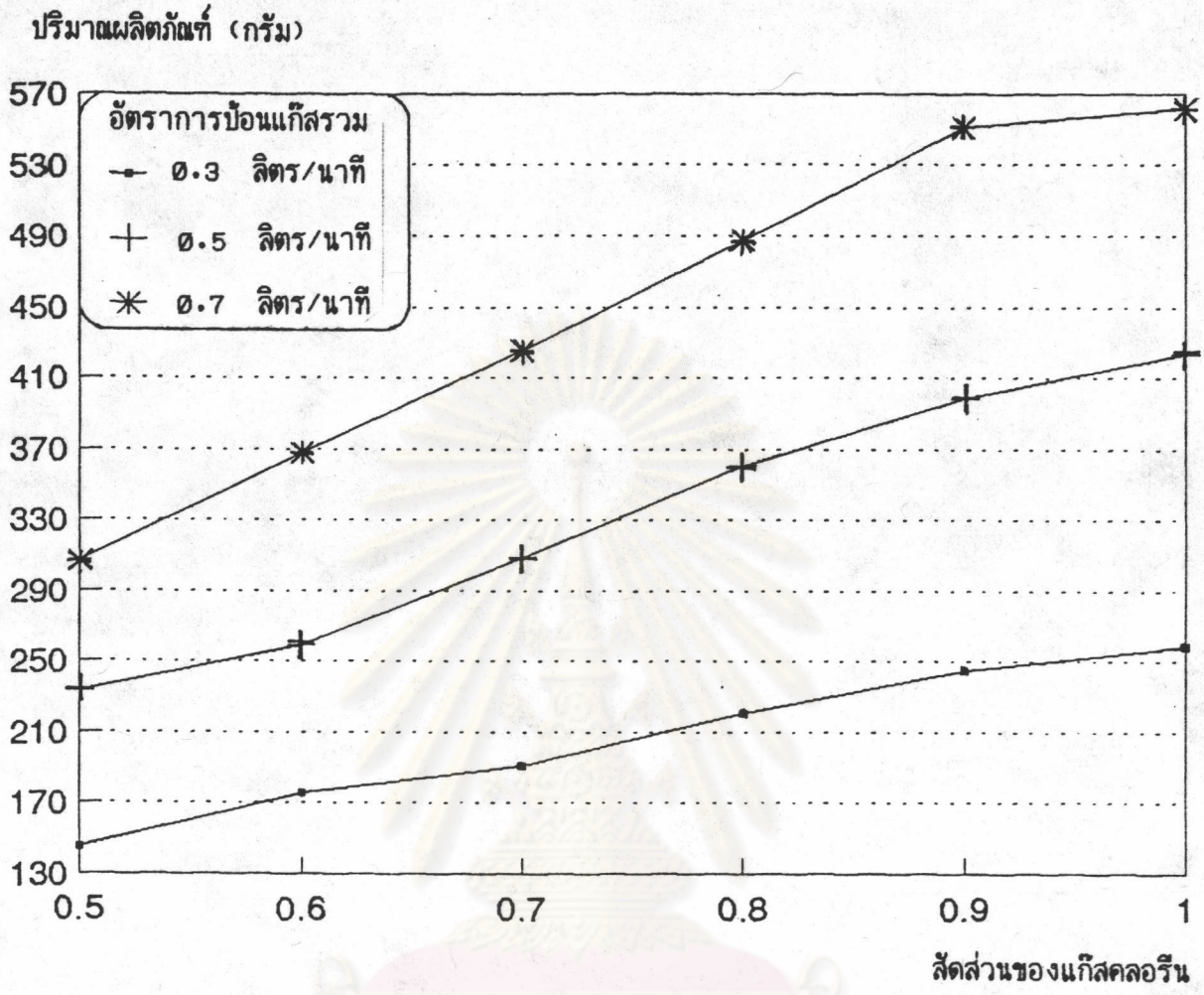
จากรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไปกับอัตราการป้อนแก๊สคลอรีน ซึ่งจากกราฟพบว่าเมื่ออัตราการป้อนแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์ yield มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่ออัตราการป้อนแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้น นอกจากจะมีแก๊สคลอรีนในปริมาณที่มากเกินพอแล้วก็ยังมีผลทำให้ความเร็วของแก๊สที่เข้าและออกจากเครื่องปฏิกรณ์เพิ่มขึ้น ทำให้สูญเสียแก๊สคลอรีนโดยไม่ได้ทำปฏิกิริยากับดีบุกในอัตราที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

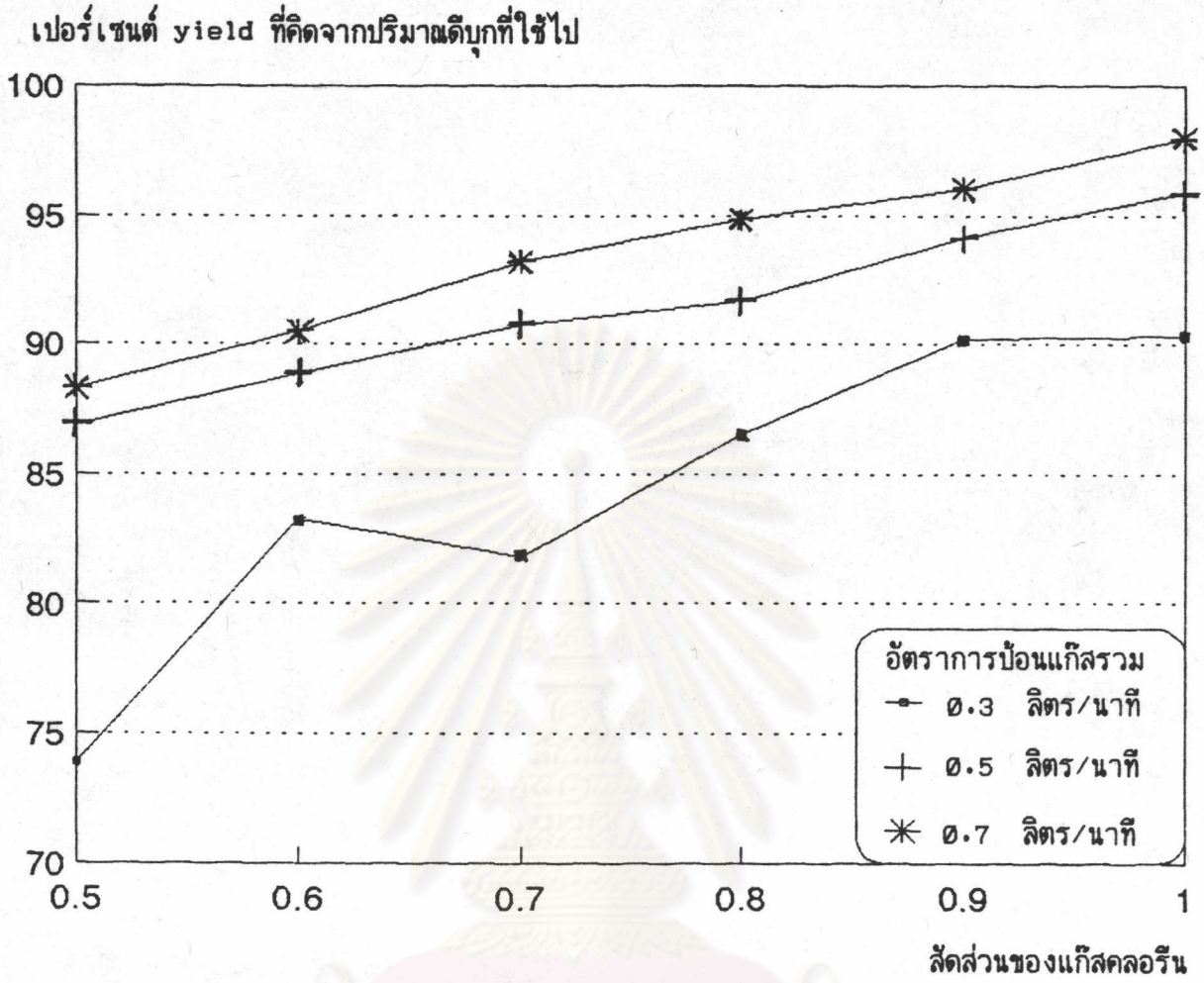
4.3 <u>ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของแก๊สคลอรีนต่อแก๊สไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตของผลิตภัณฑ์</u>

ในการทดลองศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของแก๊สคลอรีนต่อแก๊สไนโตรเจนนั้น ได้กำหนดตัวแปรในรูปของสัดส่วนของแก๊สคลอรีนในแก๊สผสมรวม (สัดส่วนของแก๊สคลอรีนในแก๊สผสมรวม หมายถึง อัตราการป้อนแก๊สคลอรีนหารด้วยอัตราการป้อนแก๊สรวม ซึ่งก็คือ แก๊สคลอรีนรวมกับแก๊สไนโตรเจน) ใช้สภาวะการทดลองดังนี้ ปริมาณดีบุก 2,000 กรัม อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.3, 0.5 และ 0.7 ลิตรต่อนาที และแปรค่าสัดส่วนของแก๊สคลอรีนในแก๊สผสมรวมเป็น 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.7, 4.8 และ 4.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน
ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม
: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส
: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.3 , 0.5 และ 0.7 ลิตรต่อนาที
: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



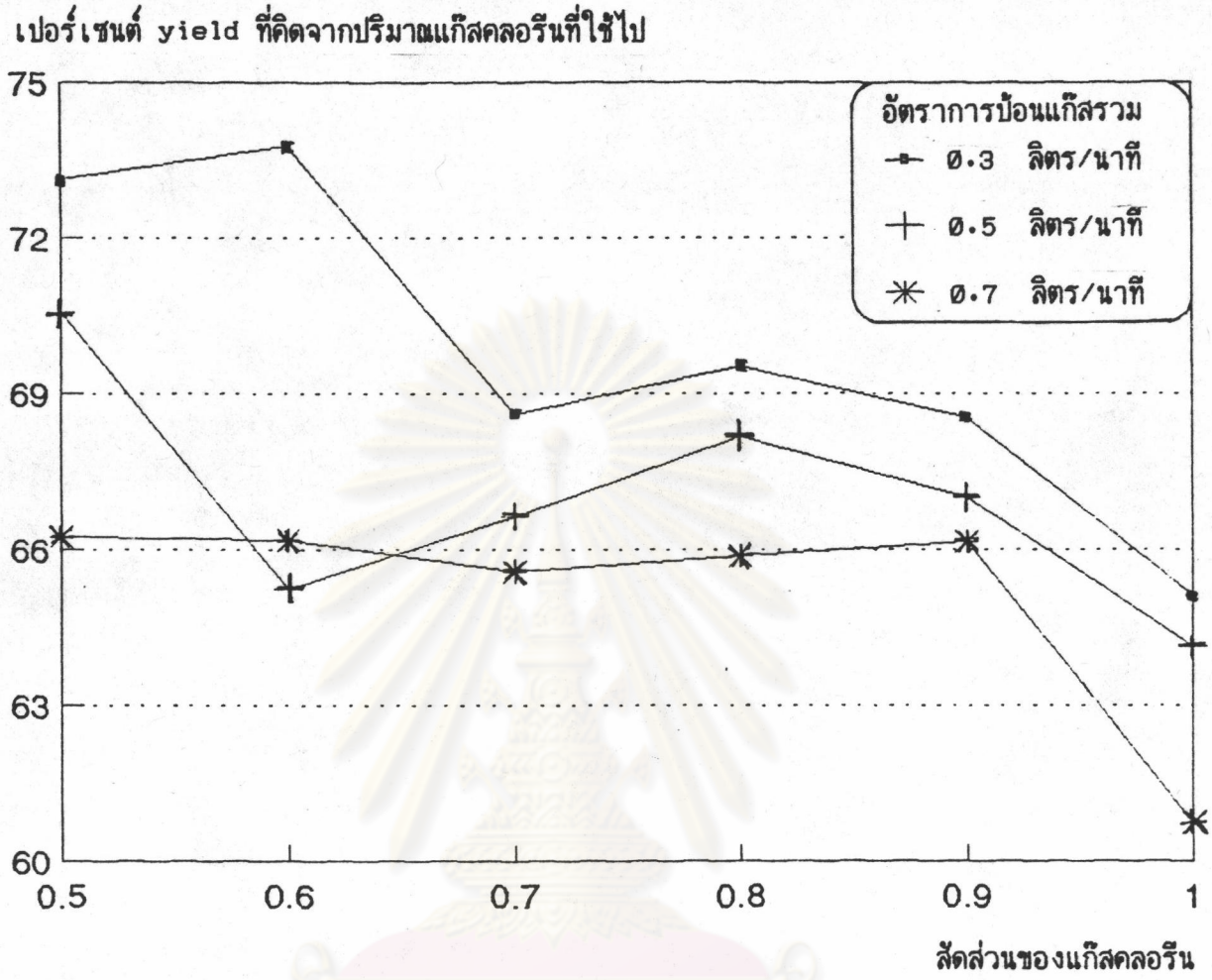
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,๐๐๐ กรัม

: อุณหภูมิ 14๐ องศาเซลเซียส

: อัตราการแก๊สป้อนรวม ๐.3 , ๐.5 และ ๐.7 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 24๐ นาที



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไป กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.3 , 0.5 และ 0.7 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที

จากรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นกับสัดส่วนของแก๊สคลอรีนในแก๊สผสมรวม จากกราฟพบว่าเมื่อสัดส่วนของแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้น ปริมาณผลิตภัณฑ์ก็เพิ่มขึ้นตาม เนื่องจากมีปริมาณคลอรีนสามารถทำปฏิกิริยากับดีบุกได้ทีน(IV) คลอไรด์เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไปกับสัดส่วนของแก๊สคลอรีนในแก๊สผสมรวม จากกราฟพบว่ามีค่าเปอร์เซนต์ yield อยู่ในช่วง 75 - 97 เปอร์เซนต์

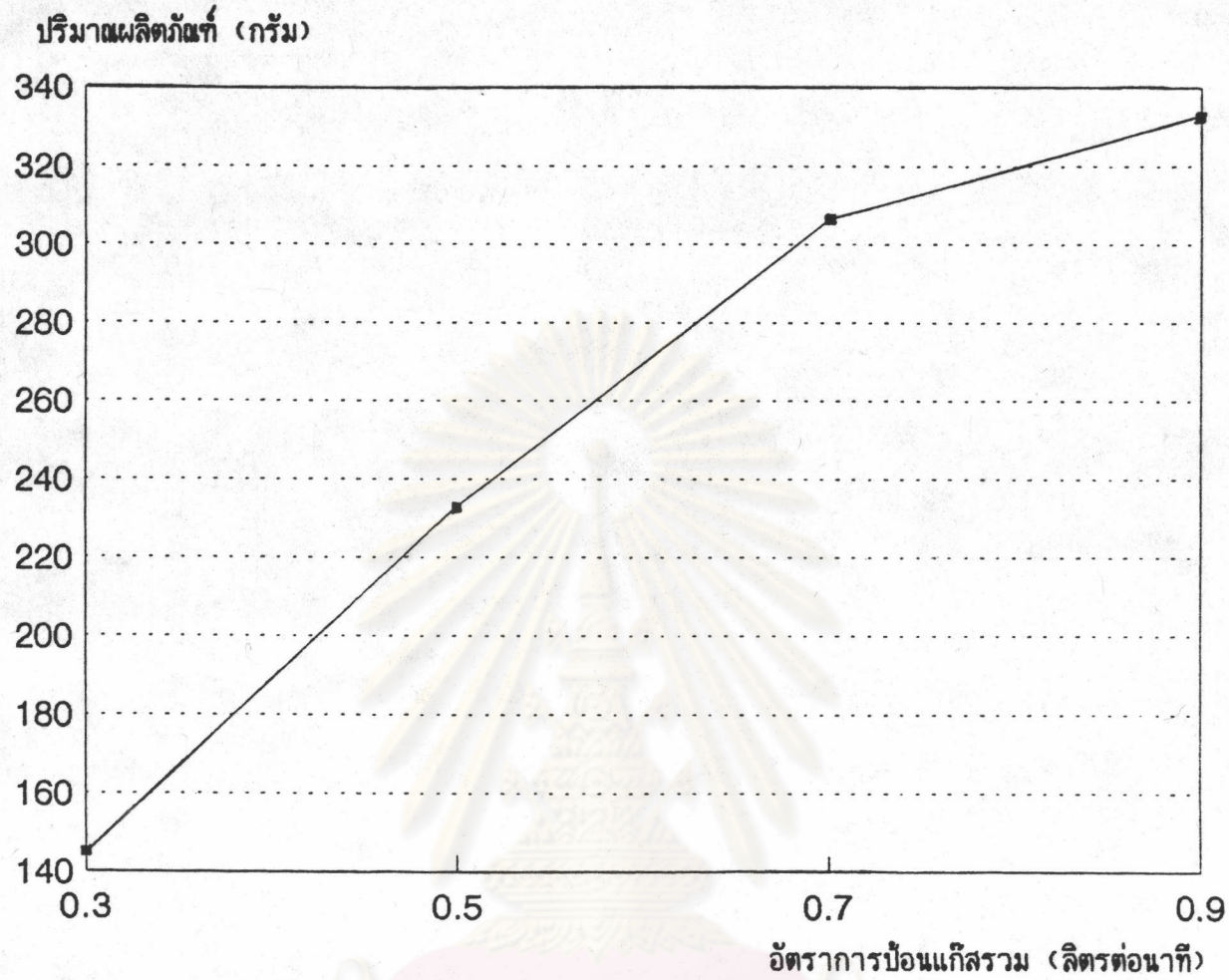
จากรูปที่ 4.9 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไปกับสัดส่วนของแก๊สคลอรีนในแก๊สผสมรวม จากกราฟพบว่าเมื่อสัดส่วนของแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์ yield มีแนวโน้มลดลง แต่อยู่ในช่วงประมาณ 61 - 74 เปอร์เซนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนแก๊สรวมที่มีต่อผลผลิตของผลิตภัณฑ์

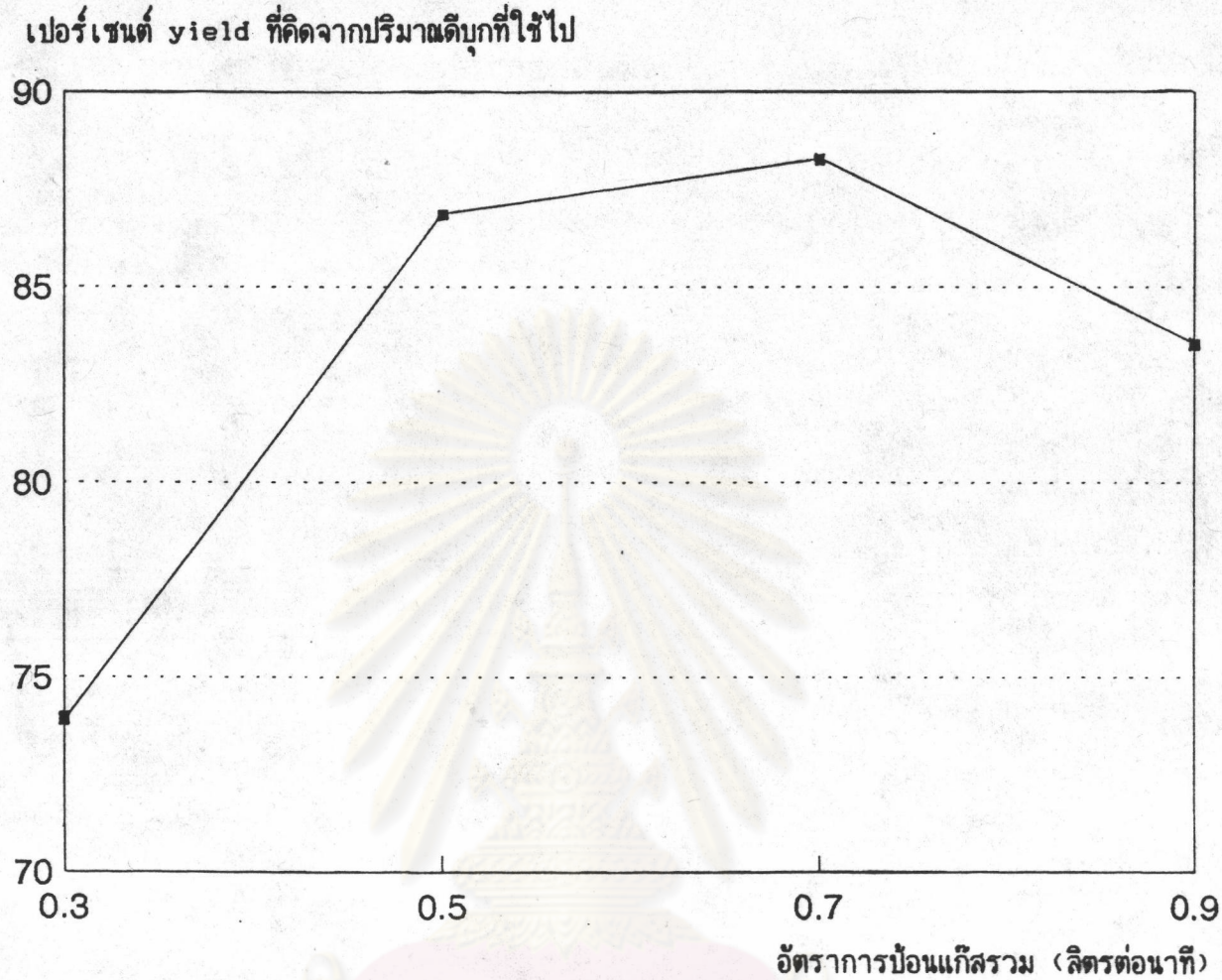
ในการทดลองศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนแก๊สรวม ใช้สภาวะการทดลองดังนี้ ปริมาณดีบุก 2,000 กรัม อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และสัดส่วนของแก๊สคลอรีนในแก๊สผสมรวมมีค่า 0.5 โดยแปรค่าอัตราการป้อนแก๊สรวมเป็น 0.3 , 0.5 , 0.7 และ 0.9 ลิตรต่อนาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูป 4.10 , 4.11 และ 4.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับอัตราการป้อนแก๊สรวม
ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม
: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส
: สัดส่วนของแก๊สคลอรีน 0.5
: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



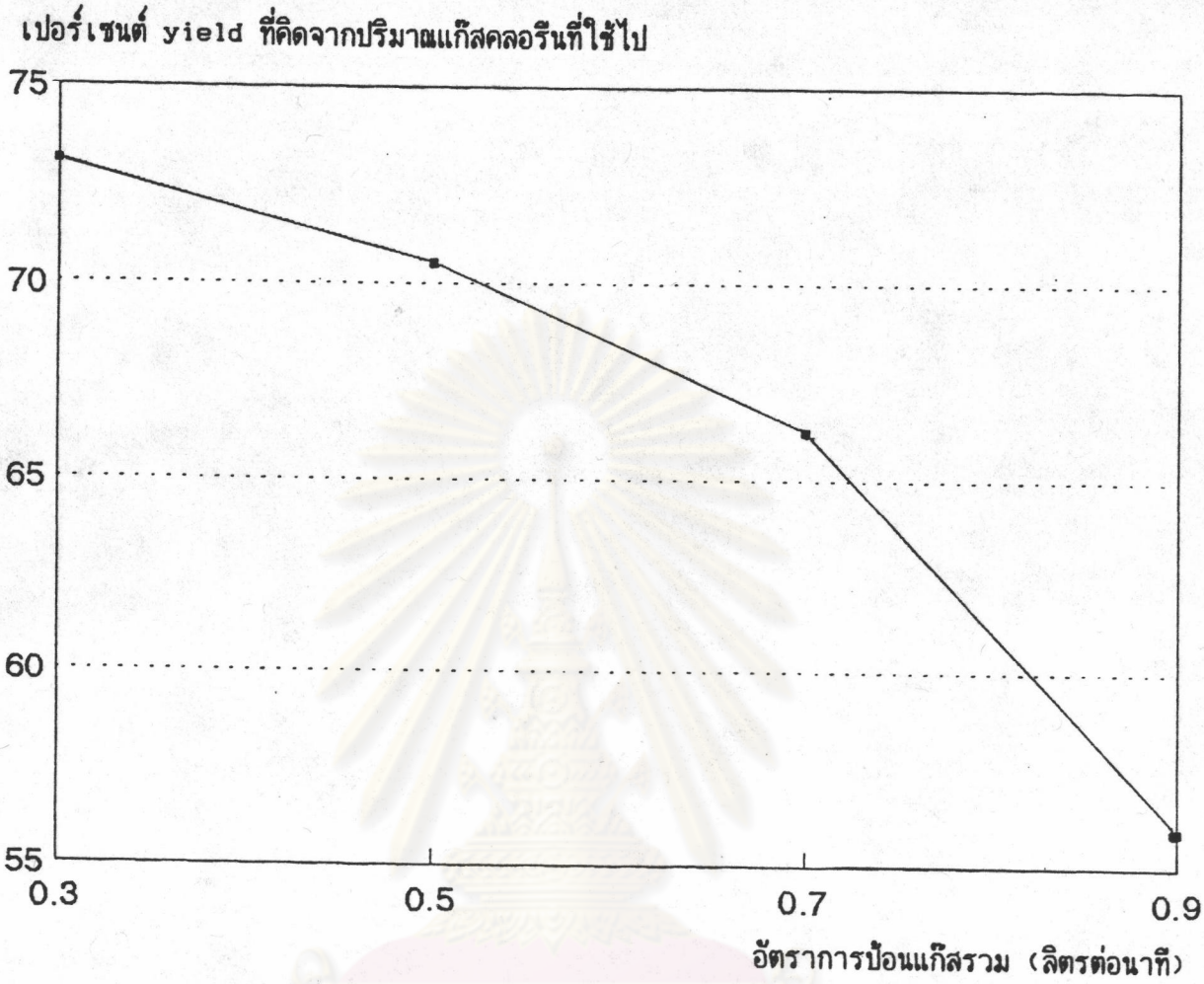
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป กับอัตราการป้อนแก๊สรวม

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: สัดส่วนของแก๊สคลอรีน 0.5

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไป กับอัตราการป้อนแก๊สรวม

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: สัดส่วนของแก๊สคลอรีน 0.5

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที

จากรูปที่ 4.10 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นกับอัตราการป้อนแก๊สรวม จากกราฟพบว่าเมื่ออัตราการป้อนแก๊สรวมเพิ่มขึ้น ปริมาณผลิตภัณฑ์ก็เพิ่มตาม แต่เมื่ออัตราการป้อนแก๊สมีค่าในช่วง 0.7 - 0.9 ลิตรต่อนาที สังเกตพบว่าความชันของกราฟลดลง อาจอธิบายได้ว่าเป็นเพราะเมื่ออัตราการป้อนแก๊สรวมเพิ่มขึ้นสูงเกินไป ความเร็วของแก๊สก็เพิ่มสูงขึ้นตาม จนทำให้เวลาที่แก๊สคลอรีนสัมผัสทำปฏิกิริยากับดีบุกนั้นลดลง ความชันของกราฟจึงลดลง

จากรูปที่ 4.11 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไปกับอัตราการป้อนแก๊สรวม จากกราฟพบว่าเปอร์เซนต์ yield มีค่าอยู่ในช่วง 75-88 เปอร์เซนต์

จากรูปที่ 4.12 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไปกับอัตราการป้อนแก๊สรวม จากกราฟพบว่า เมื่ออัตราการป้อนแก๊สรวมเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์ yield มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ อาจอธิบายได้ว่าเป็นเพราะเมื่ออัตราการป้อนแก๊สรวมเพิ่มขึ้น ความเร็วของแก๊สก็เพิ่มสูงตาม ดังนั้นเวลาที่แก๊สคลอรีนสัมผัสทำปฏิกิริยากับดีบุกนั้นลดลง ทำให้มีปริมาณแก๊สคลอรีนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับดีบุกนั้นมากขึ้น เปอร์เซนต์ yield จึงมีค่าลดลง

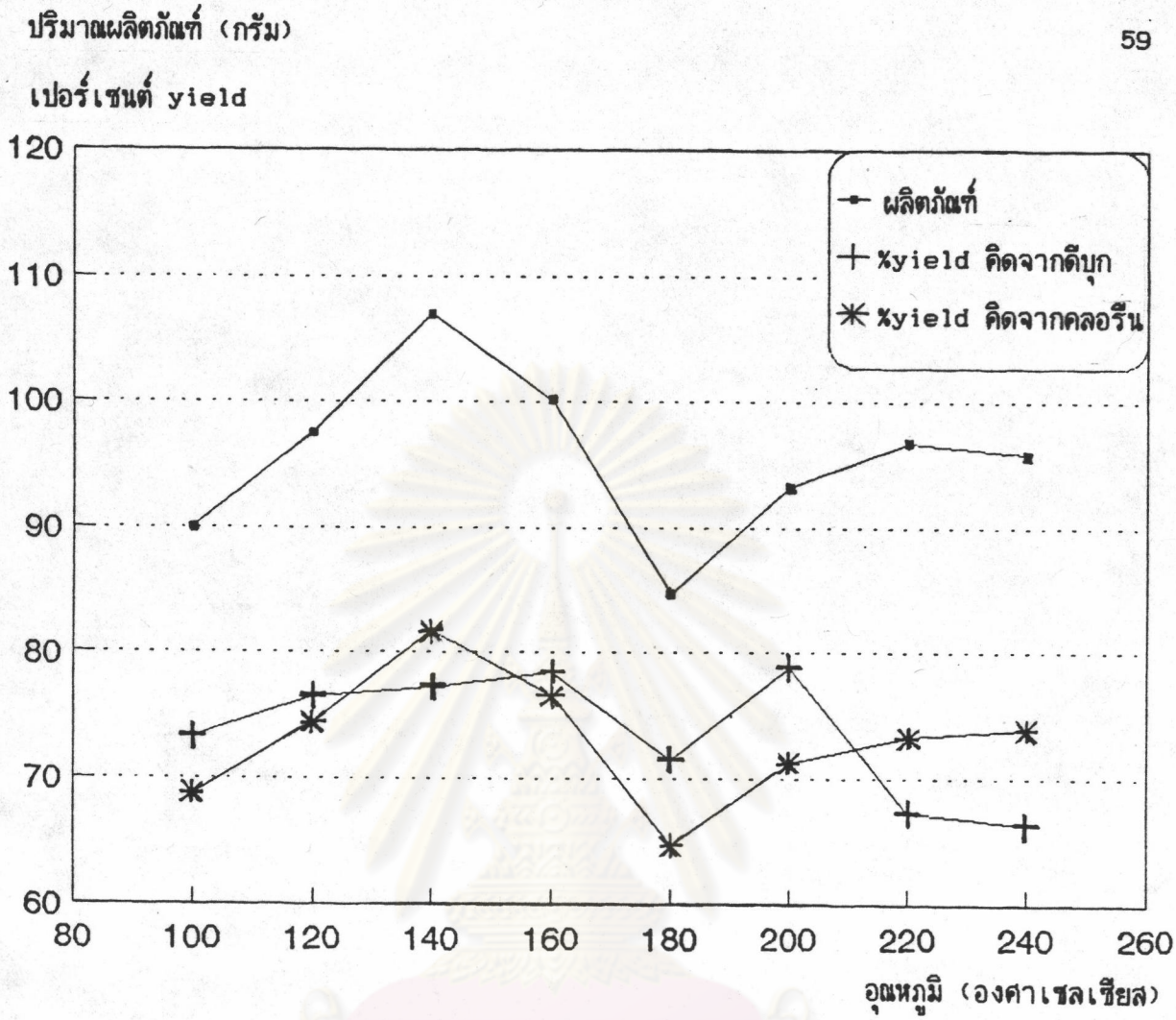
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การหาสภาวะที่เหมาะสม

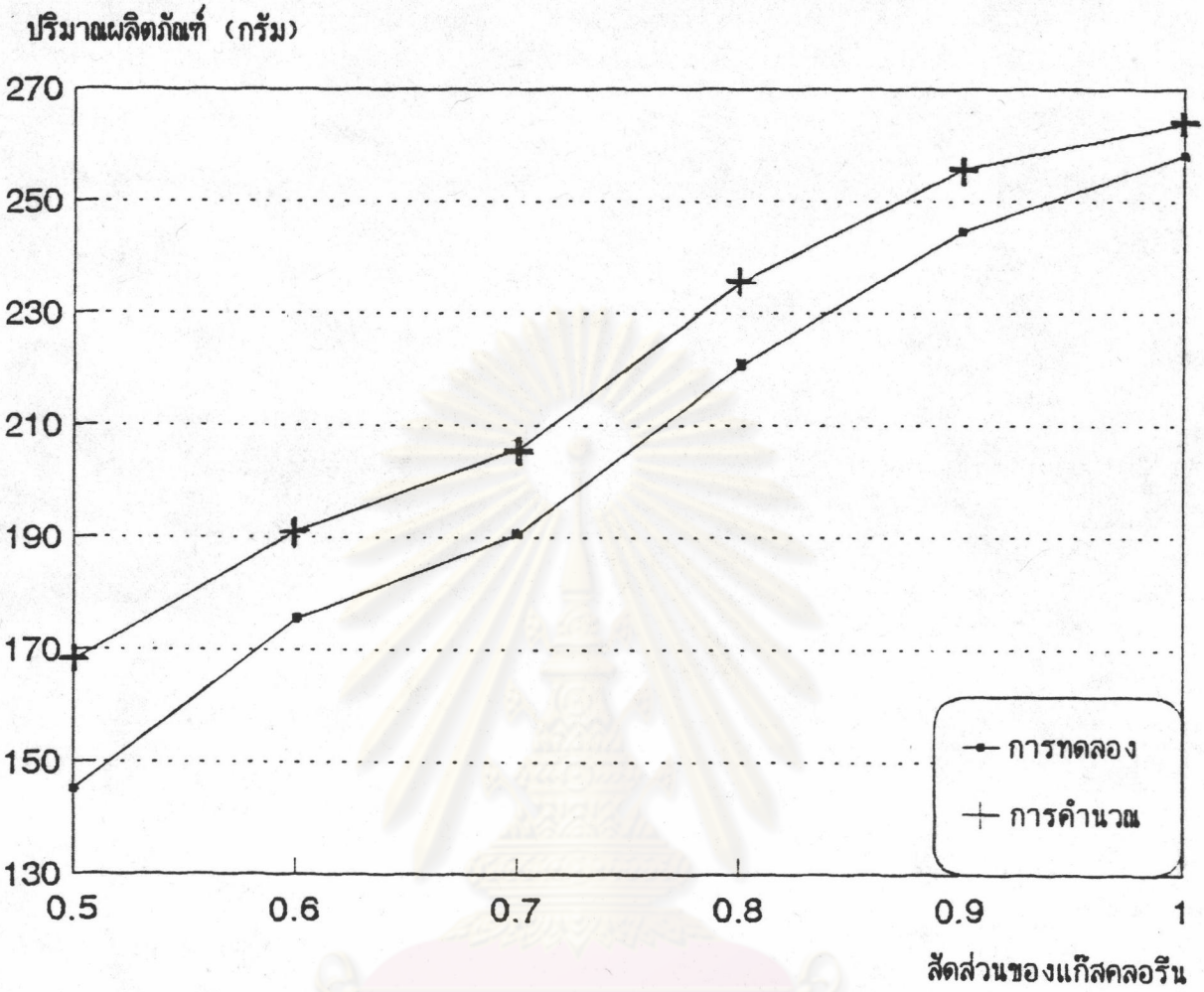
จากผลการทดลองตอนที่ 4.1 สามารถสรุปเป็นกราฟรวมได้ดังรูปที่ 4.13 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ เปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป และเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณแก๊สคลอรีนที่ใช้ไป กับอุณหภูมิ จากกราฟ พบว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ค่าปริมาณผลิตภัณฑ์และค่าเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณแก๊สคลอรีนที่ใช้ไปสูงที่สุด ส่วนค่าเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกก็มีค่าสูงถึง 77 เปอร์เซนต์

จากผลการทดลองตอนที่ 4.3 พบว่า เมื่อสัดส่วนของแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้น ปริมาณผลิตภัณฑ์และเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไปมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณแก๊สคลอรีนที่ใช้ไป มีค่าลดลงตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลการทดลองมาคำนวณหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ควรผลิตได้ โดยคำนวณจากปริมาณดีบุกที่ถูกใช้ไปหักลบกับปริมาณทิน(II)คลอไรด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง และคำนวณหาเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกและแก๊สคลอรีน ได้กราฟในรูปที่ 4.14 ถึง 4.22 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ เปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุก และเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีน กับอุณหภูมิ ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 1,000 กรัม
: อัตราการป้อนแก๊สคลอรีน 0.099 ลิตรต่อนาที
: อัตราการป้อนแก๊สไนโตรเจน 0.147 ลิตรต่อนาที
: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



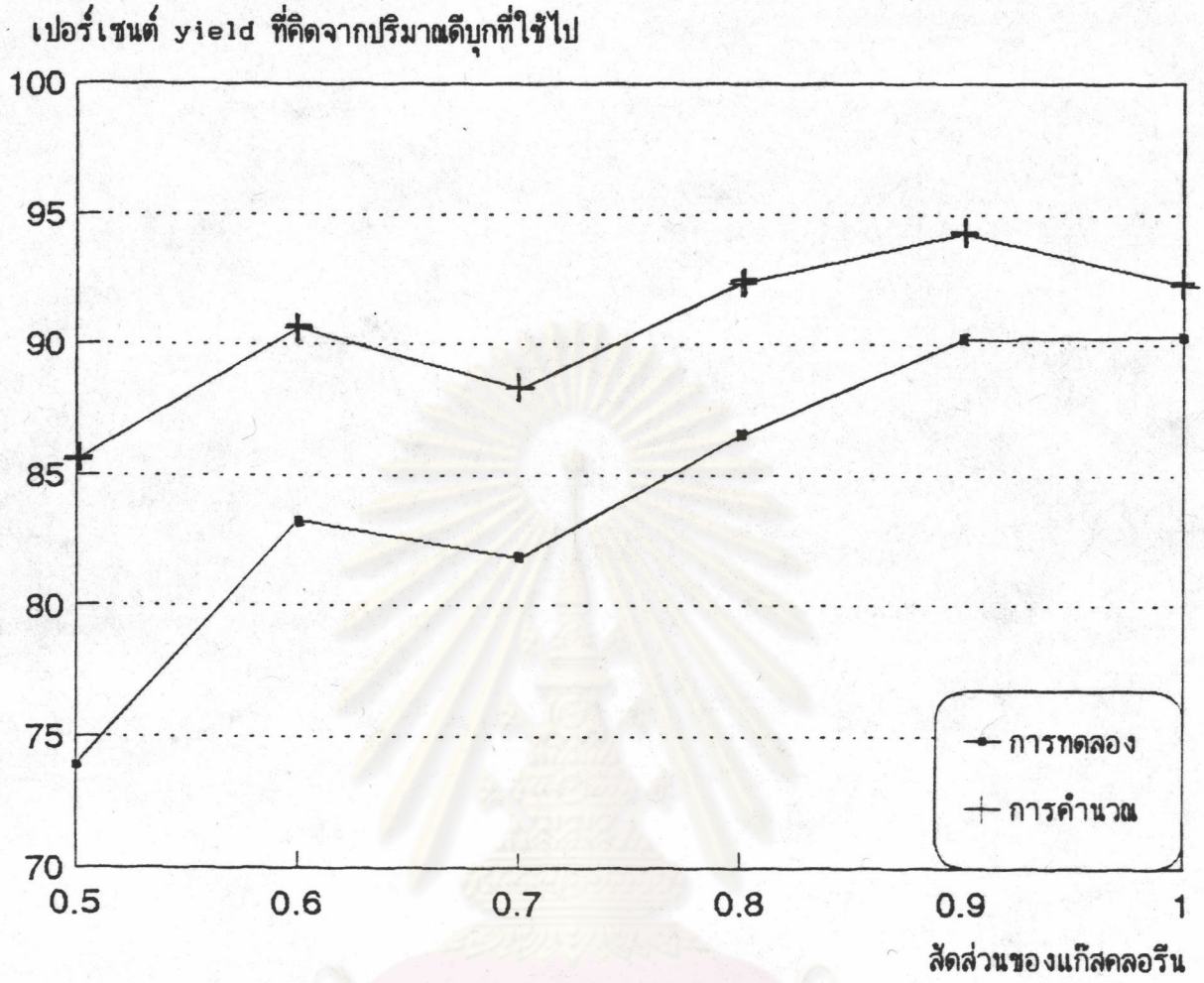
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์จากการคำนวณและจากการทดลองกับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.3 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



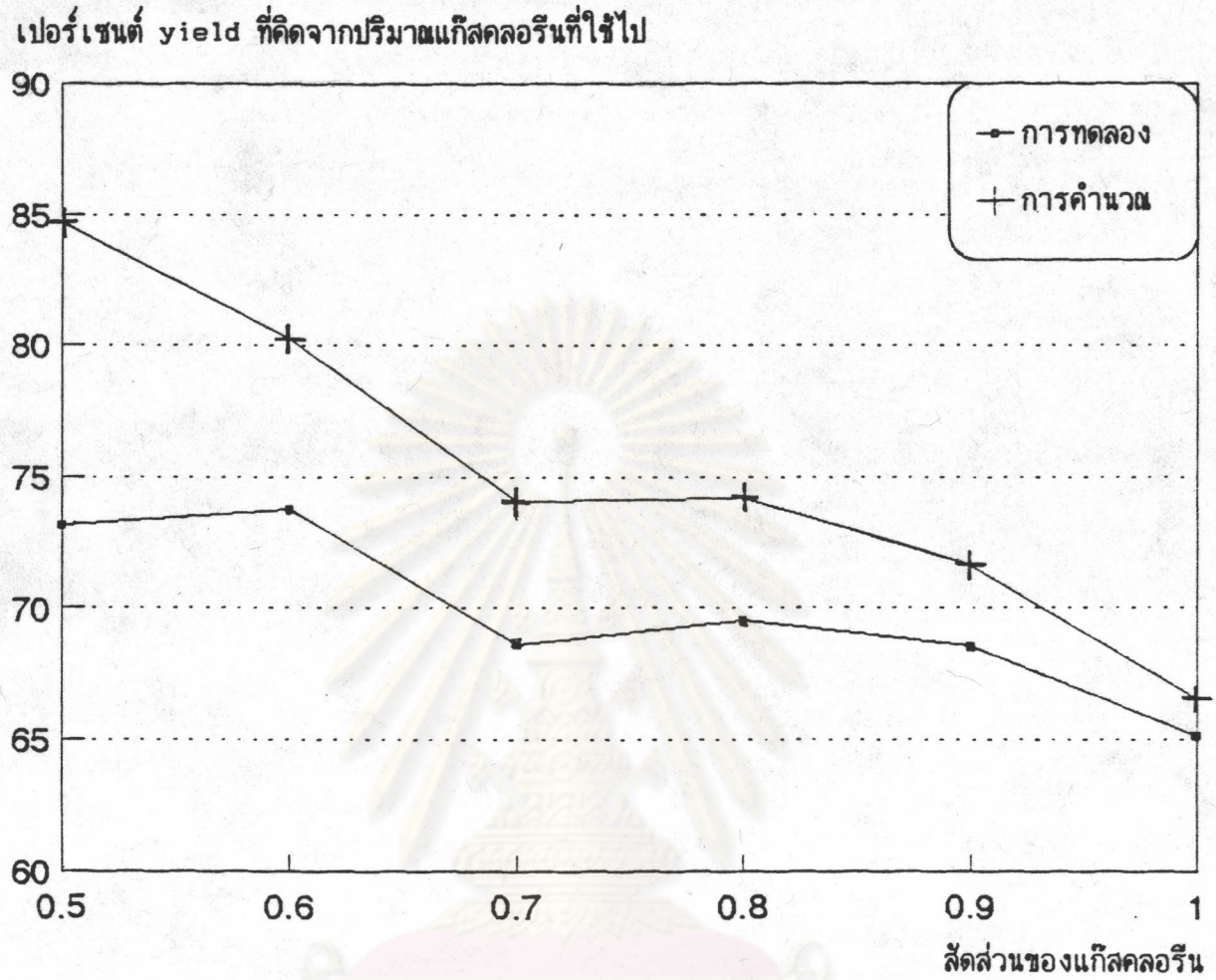
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป จากการคำนวณและจากการทดลอง กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.3 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



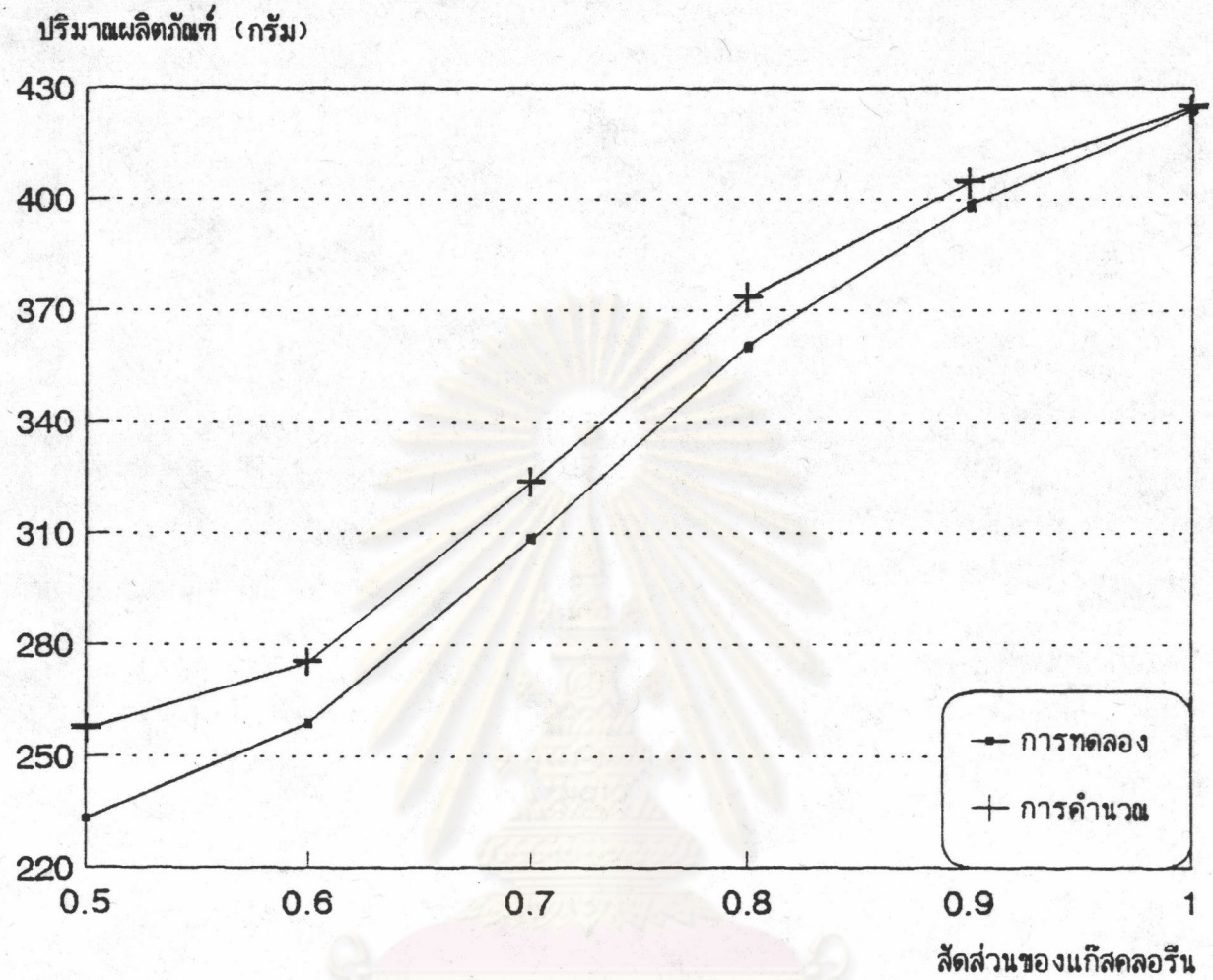
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไป จากการคำนวณและจากการทดลอง กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.3 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



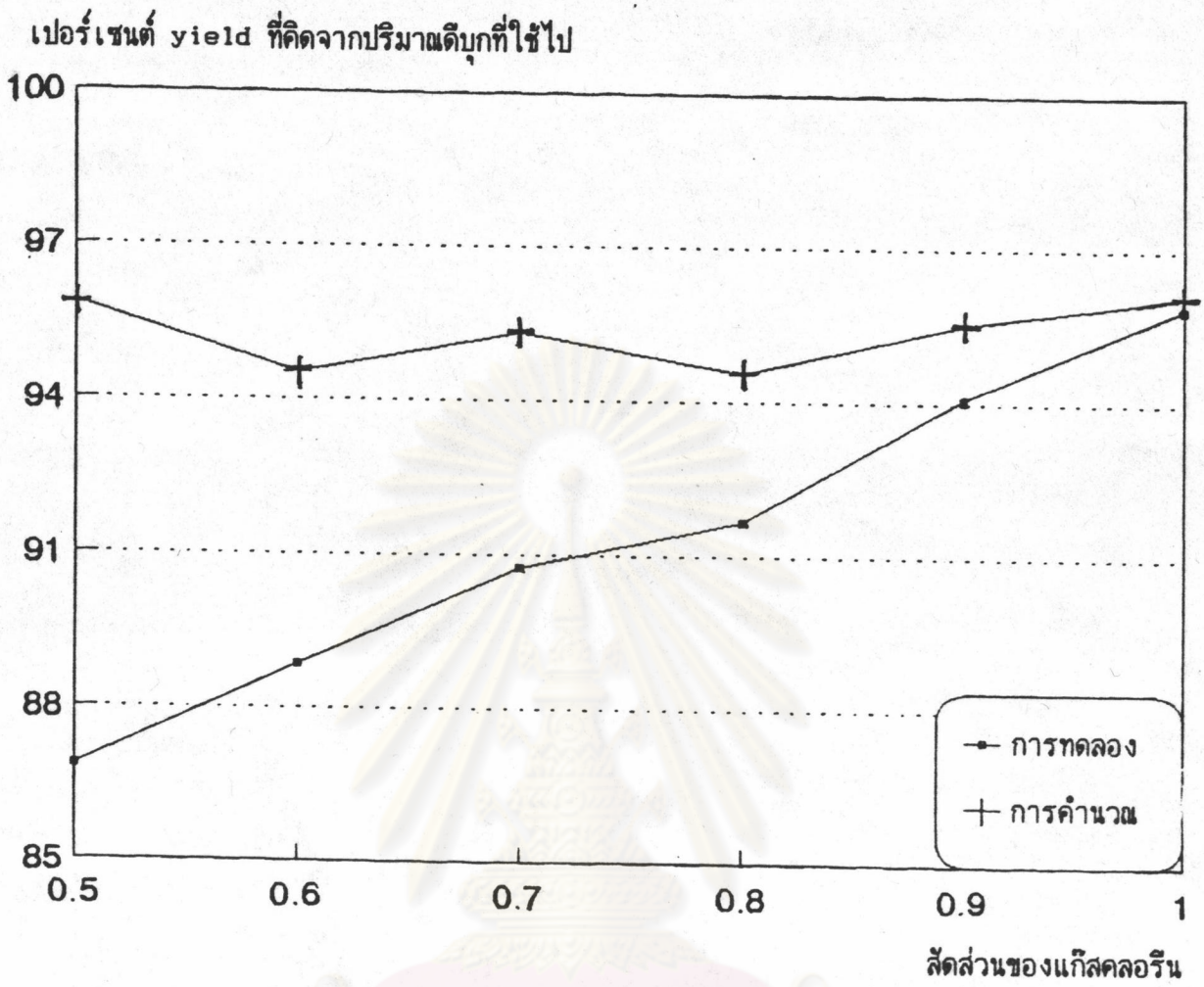
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์จากการคำนวณและจากการทดลอง กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.5 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



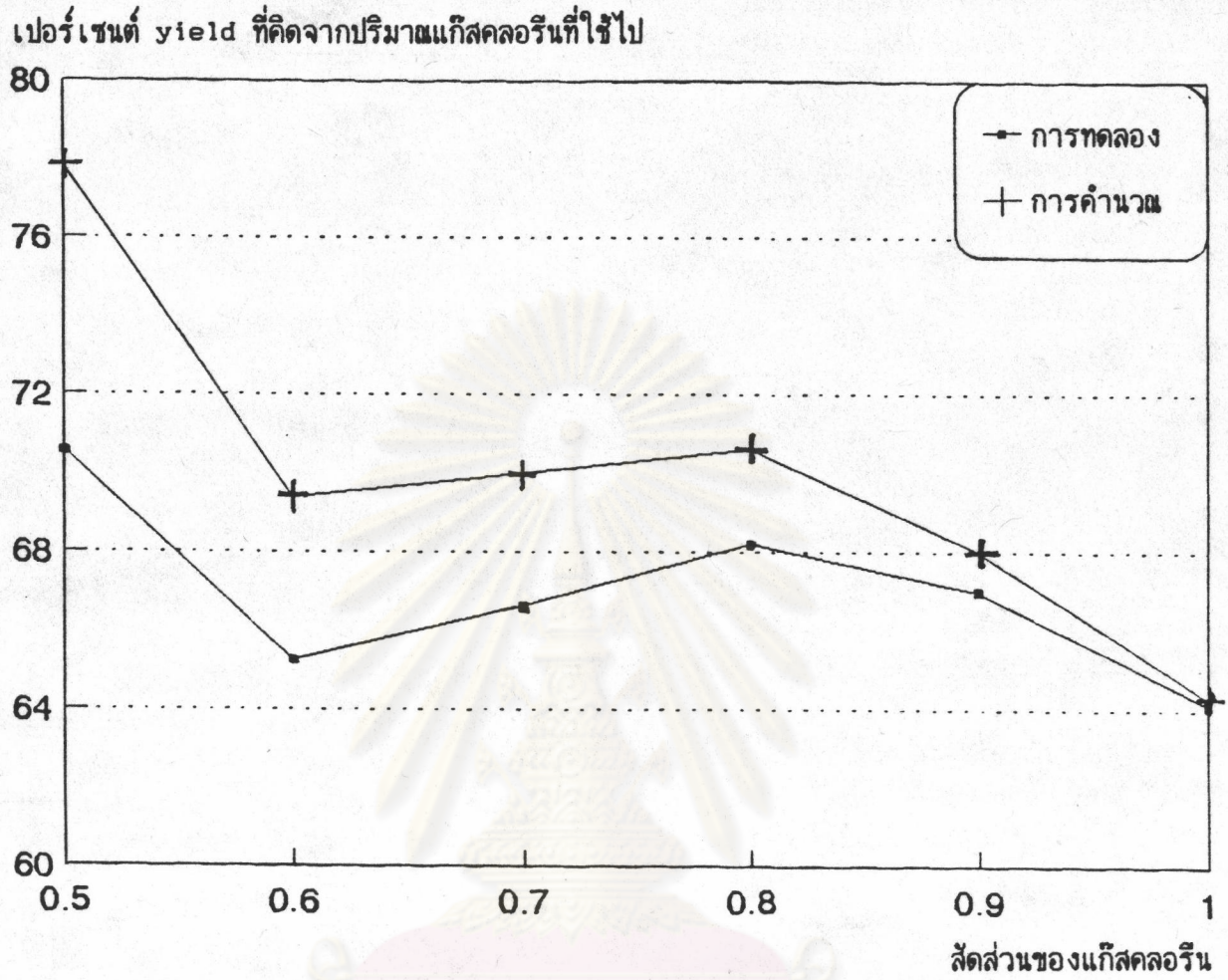
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป จากการคำนวณและจากการทดลอง กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.5 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



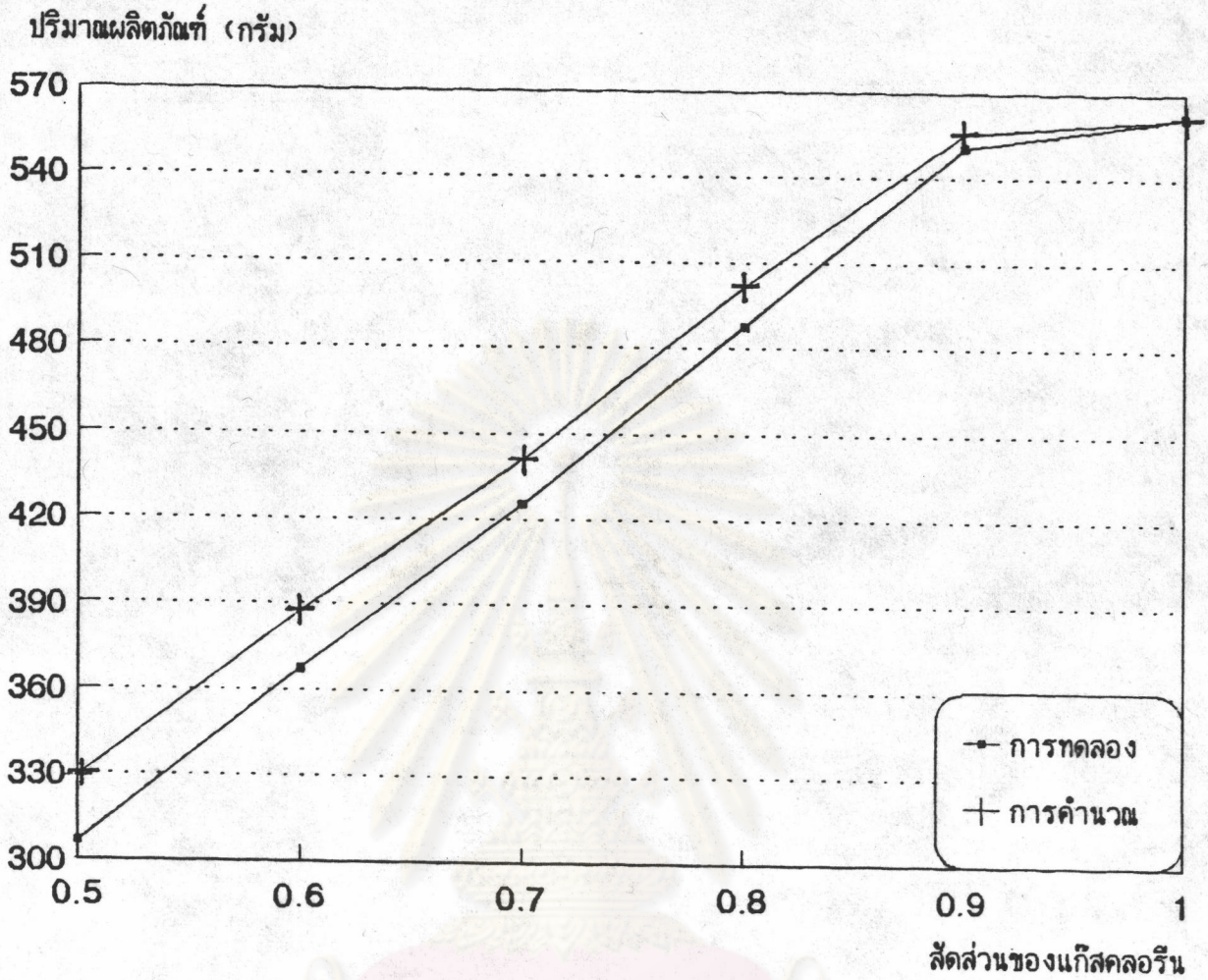
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไป จากการคำนวณและจากการทดลอง กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.5 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



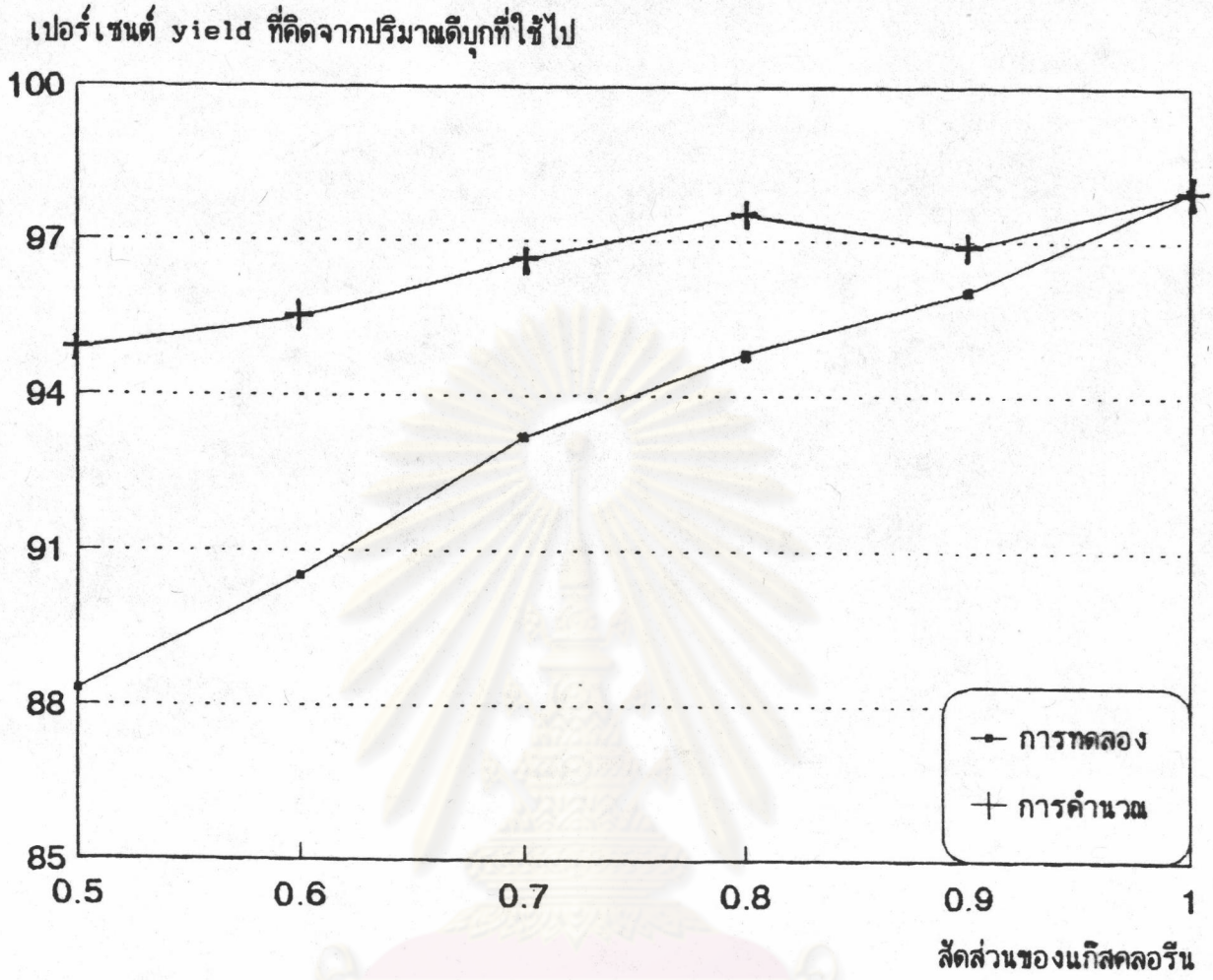
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์จากการคำนวณและจากการทดลองกับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

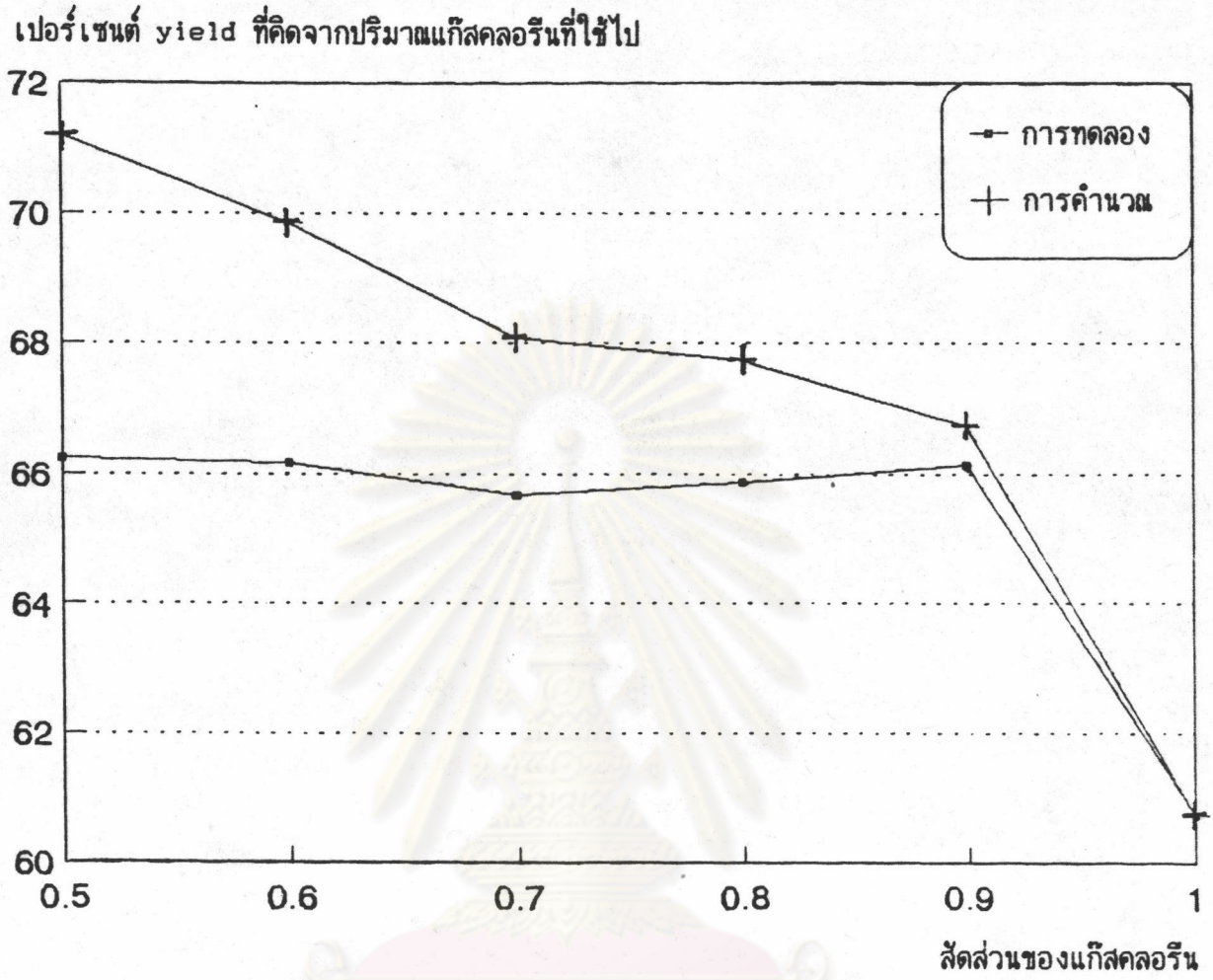
: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.7 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป จากการคำนวณและจากการทดลอง กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน
ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม
: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส
: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.7 ลิตรต่อนาที
: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไป จากการคำนวณและจากการทดลอง กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: อัตราการป้อนแก๊สรวม 0.7 ลิตรต่อนาที

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที

จากกราฟรูปที่ 4.14 , 4.17 และ 4.20 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์จากการคำนวณ และจากการทดลองกับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน ที่สภาวะอัตราการป้อนแก๊สรวม 0.3, 0.5 และ 0.7 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ พบว่า มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันทั้ง 3 อัตราการป้อนแก๊สรวม และเมื่อสัดส่วนของแก๊สคลอรีนมีค่าสูงขึ้น ความแตกต่างของปริมาณผลิตภัณฑ์จากการคำนวณและจากการทดลองมีค่าลดลง ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเหตุที่เป็นเช่นนี้ เพราะที่สัดส่วนของแก๊สคลอรีนมีค่าต่ำ แสดงว่ามีสัดส่วนของแก๊สไนโตรเจนอยู่มาก ซึ่งแก๊สไนโตรเจนทำหน้าที่เป็นตัวพาแก๊สผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ ดังนั้นถ้ามีสัดส่วนของแก๊สไนโตรเจนมาก โอกาสที่แก๊สผลิตภัณฑ์ถูกแก๊สไนโตรเจนพาออกจากเครื่องปฏิกรณ์ และสูญเสียไปโดยไม่อาจถูกควบแน่นให้กลายเป็นของเหลวตกลงใน reciever ได้ทันก็มีมาก จึงทำให้เกิดการสูญเสียแก๊สผลิตภัณฑ์ไปกับแก๊สไนโตรเจนมาก ความแตกต่างระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์จากการคำนวณและจากการทดลอง จึงมีค่ามาก เมื่อสัดส่วนของแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้นก็แสดงถึงสัดส่วนของแก๊สไนโตรเจนลดลง ดังนั้น การสูญเสียแก๊สผลิตภัณฑ์ออกไปกับแก๊สไนโตรเจนก็ลดลง ความแตกต่างของปริมาณผลิตภัณฑ์จากการคำนวณกับการทดลองจึงลดลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดที่สัดส่วนของแก๊สคลอรีนมีค่าเป็น 1 แสดงว่าไม่มีการป้อนแก๊สไนโตรเจนเลยนั้น ความแตกต่างของปริมาณผลิตภัณฑ์จากการคำนวณกับจากที่ทดลองได้เกือบไม่แตกต่างกัน

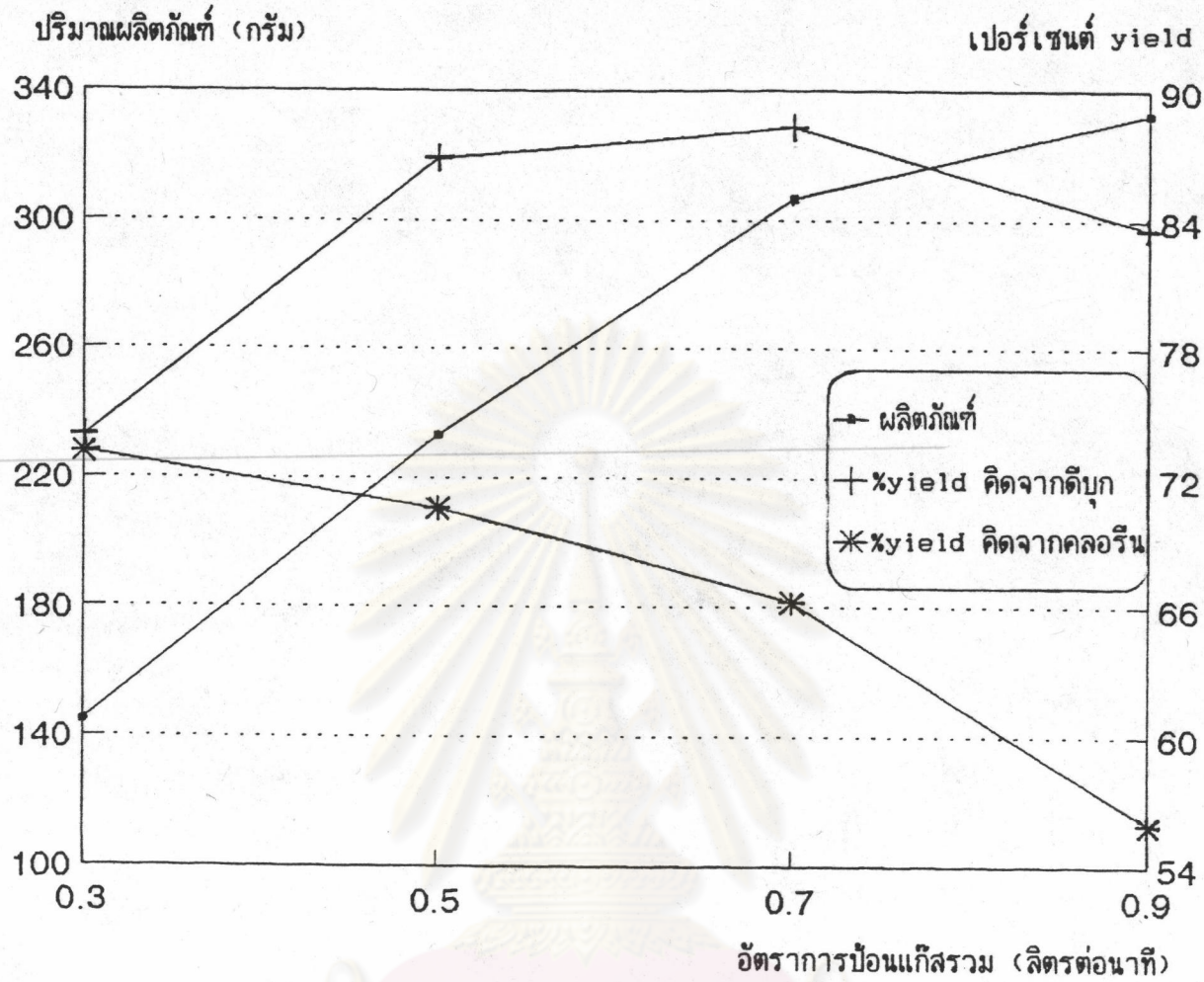
แต่จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีนนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า ความชันของกราฟในช่วงสัดส่วนของแก๊สคลอรีนมีค่า 0.9 ถึง 1.0 นั้นมีค่าต่ำกว่าช่วงอื่น หรืออาจกล่าวได้ว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ที่สัดส่วนของแก๊สคลอรีนมีค่า 1.0 มีปริมาณเพิ่มขึ้น จากที่สัดส่วนของแก๊สคลอรีนมีค่า 0.9 น้อยกว่าในช่วงอื่น ๆ ทั้ง ๆ ที่มีอัตราการเพิ่มสัดส่วนแก๊สคลอรีนขึ้นเท่า ๆ กัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะที่สัดส่วนของแก๊สคลอรีนมีค่า 1.0 นั้น ไม่มีการป้อนแก๊สไนโตรเจนซึ่งเป็นตัวพาแก๊สผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ จึงทำให้แก๊สผลิตภัณฑ์ไหลออกจากเครื่องปฏิกรณ์ช้าลง และมีโอกาสถูกควบแน่นกลายเป็นของเหลวภายในเครื่องปฏิกรณ์ตกลงสู่ดีบุกด้านล่าง ทำให้การเกิดปฏิกิริยาระหว่างแก๊สคลอรีนกับดีบุกดำเนินไปไม่สะดวก ดังนั้น จึงได้ปริมาณผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นไม่มากนัก ดังนั้นสภาวะที่มีค่าสัดส่วนของแก๊สคลอรีนเป็น 1.0 จึงไม่เหมาะสม ควรเลือกค่าสัดส่วนของแก๊สคลอรีนต่ำกว่า 1.0 ในการทำปฏิกิริยา

จากกราฟรูปที่ 4.15 , 4.18 และ 4.21 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไปโดยการคำนวณและโดยการทดลองกับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน ที่สภาวะอัตราการป้อนแก๊สรวม ๐.3, ๐.5 และ ๐.7 ลิตร ตามลำดับ พบว่า มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันทั้ง 3 อัตราการป้อนแก๊สรวม แนวโน้มของความแตกต่างระหว่างเปอร์เซนต์yield ที่ได้จากการคำนวณกับที่ได้จากการทดลองเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับ ความแตกต่างระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์จากการคำนวณกับการทดลองของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน คือ เมื่อสัดส่วนของแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้น ค่าความแตกต่างก็ลดลง ตามลำดับ แต่ค่าเปอร์เซนต์ yeild ที่คิดจากการคำนวณนั้นจะมีค่าค่อนข้างคงที่

จากกราฟรูปที่ 4.16, 4.19 และ 4.22 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณแก๊สคลอรีนที่ใช้ไปโดยการคำนวณ และโดยการทดลอง กับสัดส่วนของแก๊สคลอรีน ที่สภาวะอัตราการป้อนแก๊สรวม ๐.3, ๐.5 และ ๐.7 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ พบว่า มีแนวโน้มให้ลักษณะเดียวกันทั้ง 3 อัตรา แนวโน้มของความแตกต่างระหว่างเปอร์เซนต์ yield ที่ได้จากการคำนวณกับการทดลองมีค่ามาก และเมื่อสัดส่วนของแก๊สคลอรีนเพิ่มขึ้น ค่าความแตกต่างก็ลดลงตามลำดับ

ดังนั้นเมื่อพิจารณากราฟรูปที่ 4.14 ถึง 4.22 แล้ว ค่าสัดส่วนของแก๊สคลอรีนที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาควรอยู่ในช่วง ๐.8-๐.9 ซึ่งเป็นค่าที่ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์สูงและมีการสูญเสียของแก๊สผลิตภัณฑ์น้อย

จากผลการทดลองตอนที่ 4.4 สามารถสรุปเป็นกราฟรวมได้ดังรูปที่ 4.23 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณผลิตภัณฑ์ เปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป และเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณแก๊สคลอรีนที่ใช้ไปกับอัตราการป้อนแก๊สรวม จากกราฟพบว่าอัตราการป้อนแก๊สรวมที่เหมาะสมไม่ควรมีค่าเกิน ๐.7 ลิตรต่อนาที เพราะว่าเมื่ออัตราการป้อนแก๊สรวมสูงเกิน ๐.7 ลิตรต่อนาที ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไปมีค่าลดลง



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์ เปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุก และเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีน กับอัตราการป้อนแก๊สรวม

ที่สภาวะการทดลอง : ปริมาณดีบุกเริ่มต้น 2,000 กรัม

: อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

: สัดส่วนของแก๊สคลอรีน 0.5

: ระยะเวลาการป้อนแก๊สคลอรีน 240 นาที