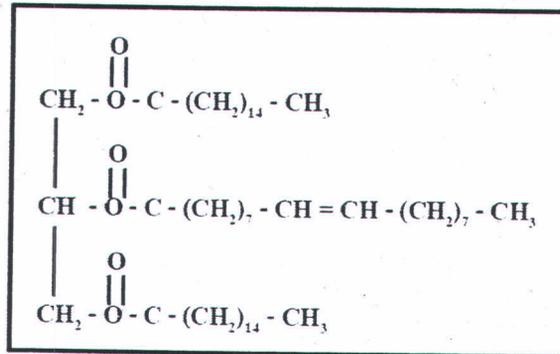


## บทที่ 6

### กระบวนการอีพอกซิเดชัน (Epoxidation)

#### เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการต้านทานการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มคือกลุ่มสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมัน (Fatty acid) ทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวผสมรวมอยู่ด้วยกันในอัตราส่วนหนึ่ง ๆ โดยทั่วไปนิยมใช้น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันสำหรับการประกอบอาหารเพื่อการบริโภค และใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสารทำความสะอาด เช่น การผลิตสบู่ แต่ก็มีการนำน้ำมันปาล์มบางส่วนไปใช้ในงานด้านอื่น ๆ เช่น การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง การนำไปผสมกับน้ำมันหล่อลื่น และการนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น การเกิดออกซิเดชันของน้ำมันเกิดจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอนพันธะคู่ที่ไม่อิ่มตัวของน้ำมันจากการใช้งาน มีลักษณะเป็นคราบขางเหนียวซึ่งทำให้คุณสมบัติทางด้านหล่อลื่นของน้ำมันลดลง



รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของน้ำมันปาล์ม

#### ตารางที่ 1 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์ม

องค์ประกอบของน้ำมันปาล์ม			
Fatty Acid	(mol %)	Fatty Acid	(mol %)
1. Palmitic Acid	43.9	6. Lauric Acid	0.9
2. Oleic Acid	39.0	7. Linolenic Acid	0.3
3. Linoleic Acid	9.5	8. Caprylic Acid	0.1
4. Stearic Acid	4.9	9. Capric Acid	0.1
5. Myristic Acid	1.3		

## ตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม

คุณสมบัติน้ำมันปาล์ม	
1. ความหนืด (ที่ 21° ซ.) เซนติสโตค	88.6
2. ความถ่วงจำเพาะ (21° ซ.) กรัมต่อมิลลิตร (g/ml)	0.898
3. ค่าความร้อน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม : kJ/kg)	39550
4. จุดวาบไฟ (°ซ.)	167
5. ค่าปริมาณไอโอดีนปาล์มดิบ	21
6. ค่าปริมาณไอโอดีนปาล์มบริสุทธิ์ (RPO)	51

การปรับปรุงคุณสมบัติการต้านทานการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเติมสารเติมแต่งการต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบเป็นชุด (Package of Antioxidant) หรือการเปลี่ยนโครงสร้างของ น้ำมันด้วยกระบวนการทางเคมี ได้แก่ กระบวนการไฮโดรจีเนชัน, กระบวนการอีพอกซิเดชัน และกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน เป็นต้น

### 1. การเติมสารเติมแต่ง (Additives)

อาศัยการเติมสารเติมแต่งการต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบเป็นชุด (Package of antioxidant) เป็นสารจำพวกแอลกอฮอล์ (Alcohol) หรือฟีนอล (Phenol) โดยสารที่เติมลงไปผสมกับ น้ำมันจะทำให้มีคุณสมบัติการต้านทานการเกิดออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้น เกิดคราบยางเหนียวจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจากการใช้งานได้ยากขึ้น

### 2. กระบวนการไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation)

อาศัยการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของน้ำมัน โดยไฮโดรเจนจะเข้าไปสลายพันธะคู่ของ คาร์บอนให้กลายเป็นพันธะเดี่ยว ทำให้ความสามารถในการต้านทานการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น แต่มีข้อจำกัดในการวิจัยเนื่องจากความไม่ปลอดภัยของสภาพการเกิดปฏิกิริยาภายใต้อุณหภูมิและความดันที่สูงต้องอาศัยรีแอคเตอร์ (Reactor) หรือชุดอุปกรณ์ควบคุมความดันแก๊ส (Gas Chamber) ขนาดใหญ่ที่สามารถทนต่อแรงดันและอุณหภูมินั้น ๆ ได้ และใช้แพลตตินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งโดยปกติแล้วแพลตตินัมจะมีราคาสูงมาก

### 3. กระบวนการอีพอกซิเดชัน (Epoxidation)

อาศัยการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของน้ำมัน โดยสารรีเอเจนต์ของกระบวนการอีพอกซิเดชัน (Epoxide Reagent) จะเข้าไปสลายพันธะคู่ของคาร์บอนให้กลายเป็นพันธะอีพอกไซด์ ทำให้ความสามารถในการต้านทานการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

### 4. กระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (Tranesterification)

อาศัยการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของน้ำมัน โดยแอลกอฮอล์ (Alcohol) และ สารเร่งปฏิกิริยาเคมีที่มีสภาพเป็นด่าง (Alkali Base Catalyst) จะเข้าไปตัดโครงสร้างของน้ำมันให้สั้นลงทำให้ลักษณะการเกิดออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศจากการใช้งานเกิดเป็นคราบยางเหนียวที่มีขนาด

เล็กน้อยตามไปด้วยหรือมีคุณสมบัติการต้านทานการเกิดออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้น สำหรับค่าความหนืดของเอสเทอร์ของกรดไขมันนั้นไม่สูงมากนัก อยู่ในช่วงมาตรฐานความข้นใสแบบ ISO เบอร์ 2 ถึง 7 (ISO VG 2 ถึง 7) สำหรับเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์ม

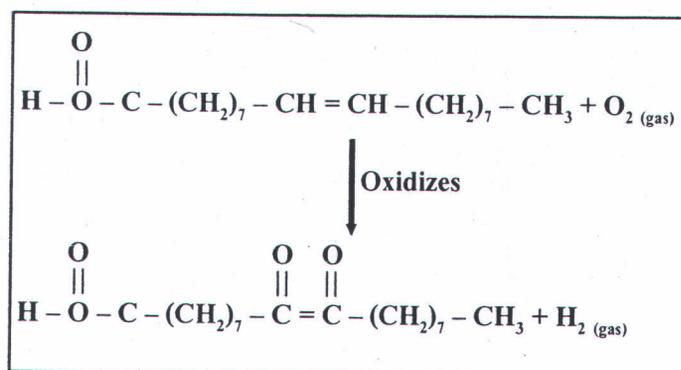
จากวรรณกรรมวิจัยที่ได้ค้นคว้ามาพบว่ากระบวนการอีพอกซิเดชัน มีความปลอดภัยและเหมาะสมสำหรับทำการค้นคว้าวิจัยในห้องปฏิบัติการและค่าใช้จ่ายในการทำการทดสอบมีค่าไม่สูงมาก รวมทั้งทำการทดลองได้ง่าย ปัจจัยหนึ่งที่คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการอีพอกซิเดชัน (แสดงผังการทดสอบดังรูปที่ 5) เนื่องจากค่าความหนืดของน้ำมันที่ผ่านกระบวนการนี้คาดว่าจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปจากน้ำมันก่อนผ่านกระบวนการมากนัก และน้ำมันที่ผ่านกระบวนการนี้จะมีคุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดีกว่าเดิม

### กระบวนการอีพอกซิเดชัน (Epoxydation)

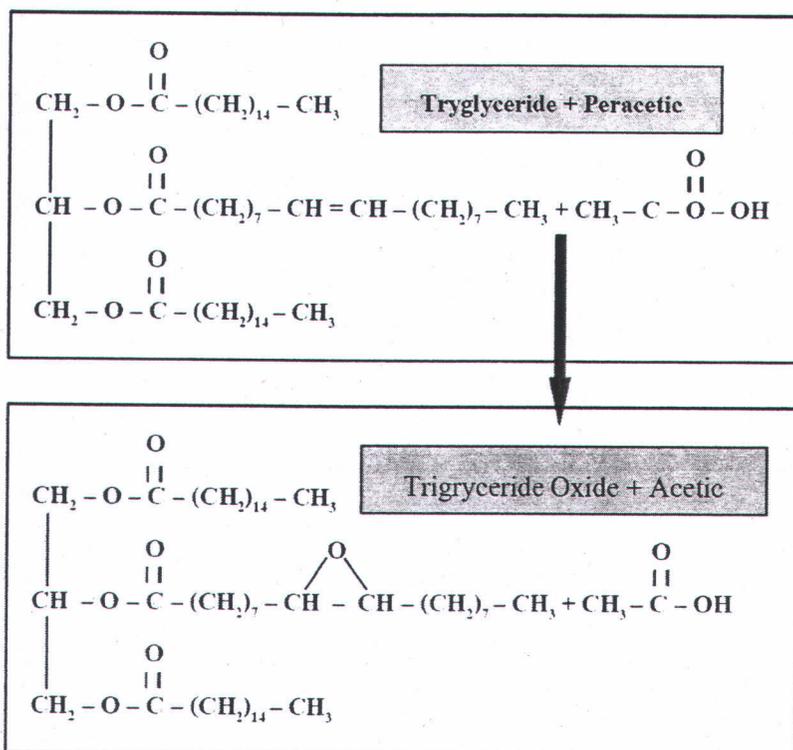
น้ำมันปาล์มคือกลุ่มสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมัน (Fatty Acid) ทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวผสมรวมอยู่ด้วยกันในอัตราส่วนหนึ่ง ๆ โดยทั่วไปนิยมใช้น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันสำหรับการประกอบอาหารเพื่อการบริโภค และใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสารทำความสะอาด เช่น การผลิตสบู่ แต่ก็มีกรนำน้ำมันปาล์มบางส่วนไปใช้ในงานด้านอื่น ๆ เช่น การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง การนำไปผสมกับน้ำมันหล่อลื่น และการนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

การเกิดออกซิเดชันของน้ำมันเกิดจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอนพันธะคู่ที่ไม่อิ่มตัวของน้ำมันจากการใช้งาน มีลักษณะเป็นคราบยางเหนียวซึ่งทำให้คุณสมบัติทางด้านการหล่อลื่นของน้ำมันลดลง

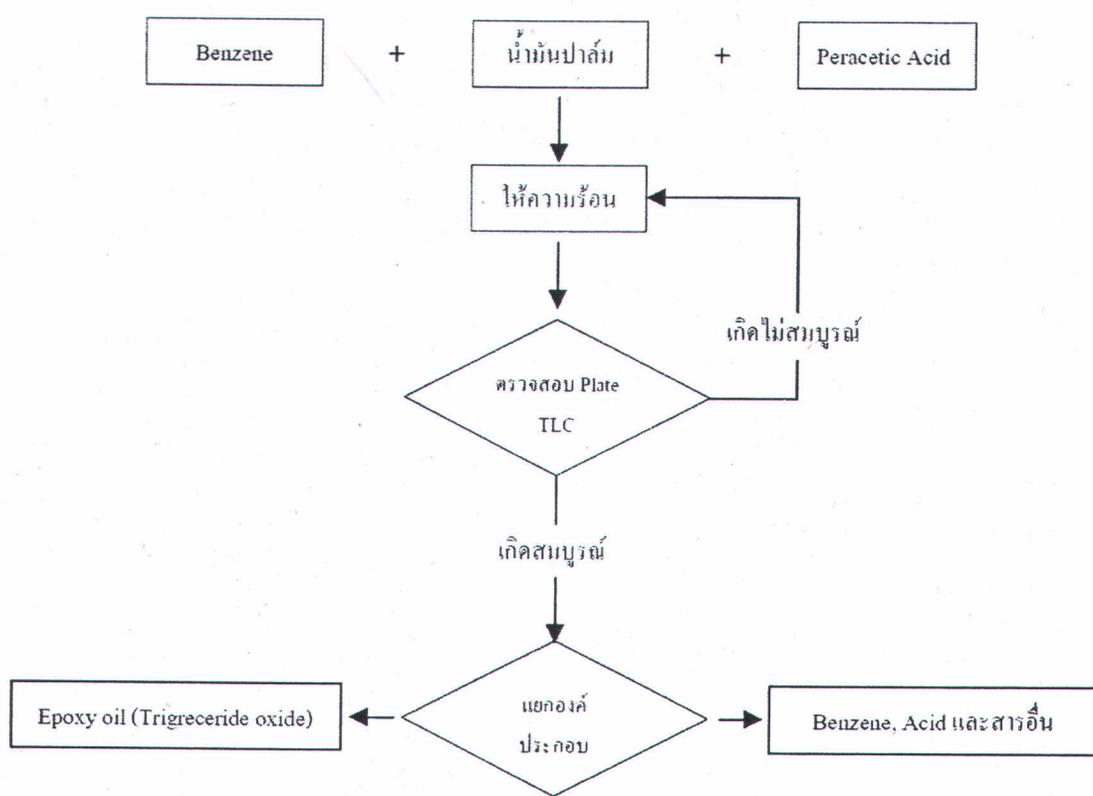
กรดไขมัน ไม่อิ่มตัว



รูปที่ 2 ลักษณะการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมัน ไม่อิ่มตัว



รูปที่ 3 กระบวนการอีพอกซิเดชัน



รูปที่ 4 แผนผังกระบวนการอีพอกซิเดชัน

## การหาค่าไอโอดีน

หลังจากการทำกระบวนการอีพอกซิเดชันแล้วจะนำน้ำมันที่ผ่านกระบวนการนี้ไปทดสอบหาค่าปริมาณไอโอดีน (Iodine Value) ค่าปริมาณของไอโอดีนเป็นการวัดค่าของการอิ่มตัวในโครงสร้างโมเลกุลสำหรับน้ำมันหล่อลื่นหรือของไขมันการทดสอบดังกล่าวจะทำการวัดค่าการเกิดปฏิกิริยากับธาตุกลุ่มฮาโลเจนที่มีพันธะคู่ (ในที่นี้ใช้ธาตุไอโอดีน) โดยที่ค่าดังกล่าวจะแสดงถึงความเข้มข้นของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวซึ่งก็จะเป็นการบ่งบอกถึงสภาวะการไม่อิ่มตัวของโมเลกุลนั่นเองค่าวัดดังกล่าวนี้จะ เป็นค่าตัวเลขใด ๆ ซึ่งค่าวัดนี้เป็นค่าวัดที่มีประโยชน์มากและง่ายต่อการแปลความหมายด้วยโดยสรุปค่า ไอโอดีนเป็นเปอร์เซ็นต์ของไอโอดีนที่ถูกดูดกลืนโดยน้ำมันหล่อลื่นหรือโดยไขมันในระหว่างสภาวะ ในการทดสอบนั่นเอง

## ผลทดสอบการปรับปรุงคุณสมบัติการต้านทานการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มกลั่น (RPO)

### 1. การทดสอบเบื้องต้น

ในการทดสอบส่วนนี้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การปรับปรุงน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการอีพอกซิเดชัน และการทดสอบหาค่าปริมาณไอโอดีน น้ำมันปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงคุณสมบัติด้านการต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยกระบวนการทางเคมีแบบอีพอกซิเดชัน ทางคณะผู้วิจัยคาดว่า จะมีคุณสมบัติการต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น โดยทดสอบจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณไอโอดีนกับปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีอยู่ในน้ำมันปาล์ม ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเป็นสาเหตุของการเกิดออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศจากการใช้งานเกิดเป็นคราบขางเหนียวใน สารหล่อลื่น ทำให้คุณสมบัติทางด้านสารหล่อลื่นลดลง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเบื้องต้น

ตัวอย่างที่	สภาวะการทดสอบ	น้ำหนักน้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณโซเดียมไตรโอซัลเฟต	ค่าปริมาณไอโอดีน
1	60 °ซ., 7 ชม.	0.407 กรัม	31.10 มิลลิลิตร	54.700
2	60 °ซ., 6 ชม.	0.409 กรัม	31.60 มิลลิลิตร	53.814
3	80 °ซ., 7 ชม.	0.417 กรัม	31.10 มิลลิลิตร	54.298
RPO Palm 1	-	0.413 กรัม	31.00 มิลลิลิตร	55.130
RPO Palm 2	-	0.408 กรัม	32.70 มิลลิลิตร	50.536
Blank 1	-	-	49.00 มิลลิลิตร	-
Blank 2	-	-	49.00 มิลลิลิตร	-

หมายเหตุ:

1. RPO Palm 1 คือน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่เป็นชั้นของเหลวที่ได้จากการแยกชั้นของ RPO Palm
2. RPO Palm 2 คือน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) เป็นชั้นไขหรือของแข็งที่ต้องอุ่นให้ละลายก่อนทดสอบ
3. ตัวอย่างเบลิ่งค์ 1 (Blank 1) และ ตัวอย่างเบลิ่งค์ 2 (Blank 2) คือการทำซ้ำก่อนและหลังการทดสอบน้ำมันทั้งหมด เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างเบลิ่งค์ หรือสารละลายวิจส์ (วิจส์ (Wijs))

จากตารางข้างต้นทำให้เห็นว่าน้ำมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการอีพอกซิเดชันที่ได้ยังไม่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนถึงความสามารถในการต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการวัดค่าไอโอดีน (Iodine Value) ซึ่งอาจจะต้องดำเนินการต่อไปคือ

1. ทดสอบคุณสมบัติการต่อต้านการออกซิเดชันด้วยวิธีการอื่น ๆ และ/หรือ
2. ปรับเปลี่ยนตัวแปรในการทำอีพอกซิเดชันใหม่ เพื่อหาค่าจุดที่เหมาะสมต่อการทำอีพอกซิเดชันเฉพาะสำหรับน้ำมันปาล์ม

## 2. ผลการทดสอบค่าความหนืดหลังจากผ่านกระบวนการอีพอกซิเดชัน

ทำการทดสอบหาค่าความหนืดของน้ำมันที่ผ่านกระบวนการอีพอกซิเดชัน ตามระบบ ASTM หมายเลข D 446 วิธีการดังกล่าวใช้หลักการในการจับเวลาการไหลผ่านหลอดทดลองเฉพาะของ ASTM โดยที่เวลาในการไหลผ่านหลอดที่ปริมาณคงที่ โดยทำการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ระดับอุณหภูมิ 40<sup>o</sup>ซ. หน่วยที่วัดได้จากระบบนี้จะมีหน่วยของความหนืดเป็นเซนติสโตก (CENTISTOKE: cSt)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ระดับอุณหภูมิ 40<sup>o</sup>ซ. ของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) และน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ผ่านกระบวนการอีพอกซิเดชัน

ชนิดของน้ำมัน	ค่าความหนืดที่ 40 <sup>o</sup> ซ.
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO)	46.0
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ผ่านกระบวนการอีพอกซิเดชัน	45.9

จากผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดพบว่าค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ (RPO) หลังจากผ่านกระบวนการอีพอกซิเดชันแล้วค่าความหนืดที่วัดได้มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

### 3. การทดสอบเพื่อให้ได้ตัวแปรต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดกระบวนการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันในจุดที่เหมาะสมที่สุด (Optimum)

เนื่องจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีมักจะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัวแปรที่มีผลต่อการทำปฏิกิริยา ซึ่งโดยปกติแล้วตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ เช่น ตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิในการทดลอง ความเร็วรอบในการกวน และระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา มักจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการทดลองนั้น ๆ รวมทั้งปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันในการพัฒนาวิธีการต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มนี้ด้วย ซึ่งโดยปกติแล้วในอุตสาหกรรมเคมีและอื่น ๆ เราต้องการผลการทำปฏิกิริยาที่เร็วที่สุด ใช้เวลาน้อยที่สุด และใช้พลังงานน้อยที่สุด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ออกมาในต้นทุนที่ต่ำที่สุด และมีคุณภาพดีที่สุคนั่นเอง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องทำการศึกษาถึงตัวแปรเหล่านั้น เพื่อให้ได้ตัวแปรต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดกระบวนการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันในจุดที่เหมาะสมที่สุด (Optimum) โดยวิธีการทดลองในตัวแปรแต่ละตัวแปรนั้นจะเลือกผลจากการทดลองที่ดีที่สุดนำไปทำการทดลองในการทดลองต่อไปนั้นคือ จะนำเอาผลการทดลองที่ดีที่สุดในตอนที่ 1 ไปทดลองต่อในการทดลองตอนที่ 2 และนำผลการทดลองที่ได้ผลดีที่สุดในการทดลองที่ 2 นำไปทดลองต่อในการทดลองที่ 3 และ 4 ต่อไปนั่นเอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็นตอนๆ ดังต่อไปนี้คือ

ตอนที่ 1 ทดสอบหาผลของปริมาณกรดเปอร์อะซิติก (กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid)) เกินพอร้อยละที่ต่าง ๆ กันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพ

ตอนที่ 2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอจากตอนที่ 1

ตอนที่ 3 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอ ที่อุณหภูมิในตอนที่ 2

ตอนที่ 4 ผลของความเร็วยรอบการกวนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอ ที่อุณหภูมิในตอนที่ 2 โดยมีระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่ดีที่สุดจากผลการทดลองตอนที่ 3

**ตอนที่ 1** การทดสอบเบื้องต้นถึงผลของปฏิกิริยาอีพอกซีเคชัน และผลของปริมาณร้อยละเกินพอของ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่มีต่อค่าปริมาณ ไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO)

### วิธีการทดลอง

1. การเตรียมน้ำมันตัวอย่างที่ปรับปรุงด้วยกระบวนการอีพอกซีเคชัน
  - 1.1 ชั่งน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) หนัก 50 กรัมในขวดกลั่นกันกลม
  - 1.2 เติมด้วย กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) 59.024 กรัม เมื่อทดลองที่ร้อยละเกินพอ 40 % (Excess)
  - 1.3 นำขวดกันกลมที่เติมด้วยสารเคมีข้างต้นไปรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 55 – 60<sup>o</sup>ซ. และเวลาทดลองนาน 8 ชั่วโมง โดยหล่อเย็นขวดกลั่นเพื่อให้ไอระเหยกลับมากลั่นตัวใหม่และใส่เศษกระเบื้องกันเดือดในขวดกลั่นด้วย
  - 1.4 เมื่อครบเวลาที่ทำการรีฟลักซ์ นำสารละลายผสมในขวดกลั่นมาทำการแยกชั้น สารละลายด้วยกรวยแยกและทำการล้างสารละลายด้วยน้ำกลั่น จากนั้นทำการเช็คความเป็นกรด-ด่างของชั้นน้ำมันและล้างด้วยน้ำกลั่นจนได้ค่าพีเอช (pH)  $\approx$  5 ถึง 6 จากนั้นจึงไขสารละลายชั้นน้ำทิ้ง และเก็บตัวอย่างสารละลายชั้นน้ำมันด้านบนมากรองน้ำและความชื้นด้วยเกลือแคลเซียมซัลเฟต ( $\text{CaSO}_4$ )
  - 1.5 เก็บตัวอย่างน้ำมันที่ปรับสภาพแล้ว ในขวดปิดสนิทป้องกันความชื้นเพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านต่างๆ ต่อไป
  - 1.6 ทดลองซ้ำเหมือนเดิม โดยเปลี่ยนปริมาณร้อยละเกินพอของ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่ 20 % (Excess) และ 10 % (Excess) ตามลำดับ
2. การทดสอบหาค่าปริมาณไอโอดีน
  - 2.1 เตรียมสารละลาย Stock Solution โดยชั่งไอโอดีนโมโนโครไรด์  $317 \pm 0.1$  กรัม เติมด้วย กรดอะซิติกเข้มข้น 1 ลิตร เขย่าให้เข้ากัน และใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ในที่มืด
  - 2.2 เตรียมสารละลายวิจส์ (วิจส์ (Wijs)) โดยตวง Stock Solution  $117 \pm 0.1$  มิลลิลิตร เติมด้วย กรดอะซิติกเข้มข้น 5 lb. แล้วเขย่าให้เข้ากัน
  - 2.3 นำน้ำมันที่จะทดสอบมาชั่งประมาณ 0.4 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ 500 มิลลิลิตร
  - 2.4 ปิเปตสารละลายผสมไซโครเฮกเซนกับกรดอะซิติกเข้มข้น (อัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร) 15 มิลลิลิตร เติมลงในขวดรูปชมพู่ เขย่าจนสารละลายละลายเข้ากัน
  - 2.5 ปิเปตสารละลาย วิจส์ (Wijs) 25 มิลลิลิตร เติมลงในขวดรูปชมพู่ ปิดจุกยางและเขย่าจนสารละลายละลายเข้ากันได้ดี จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 1 ชม. อุณหภูมิ  $25 \pm 5^{\circ}\text{ซ.}$

- 2.6 เมื่อครบเวลานำขบวนการผสมพู่มาเติมด้วยโปแตสเซียมไอโอไดน์ ความเข้มข้น 15 % 20 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร โดยต้องเติมสารเคมีให้เสร็จภายในเวลา 3 นาที นับจากนำขบวนการผสมพู่ออกจากที่มีด
- 2.7 ใตเตรทสารละลายในขบวนการผสมพู่ด้วยโซเดียมไตรโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายสีเหลืองจางเติมน้ำแปง 1 ถึง 2 มิลลิลิตร ทำการใตเตรทต่อจนถึงจุดยุติที่สีน้ำเงินหายไปพอดี บันทึกปริมาณโซเดียมไตรโอซัลเฟตที่ใช้
- 2.8 ทำการทดลองซ้ำกับค่าเบลิ่งค์ (Blank) และบันทึกปริมาณโซเดียมไตรโอซัลเฟตที่ใช้
- 2.9 คำนวณค่าปริมาณไอโอดีน (IV)

จาก

$$IV = [(B - S) \times N \times 12.69] / m \quad (1)$$

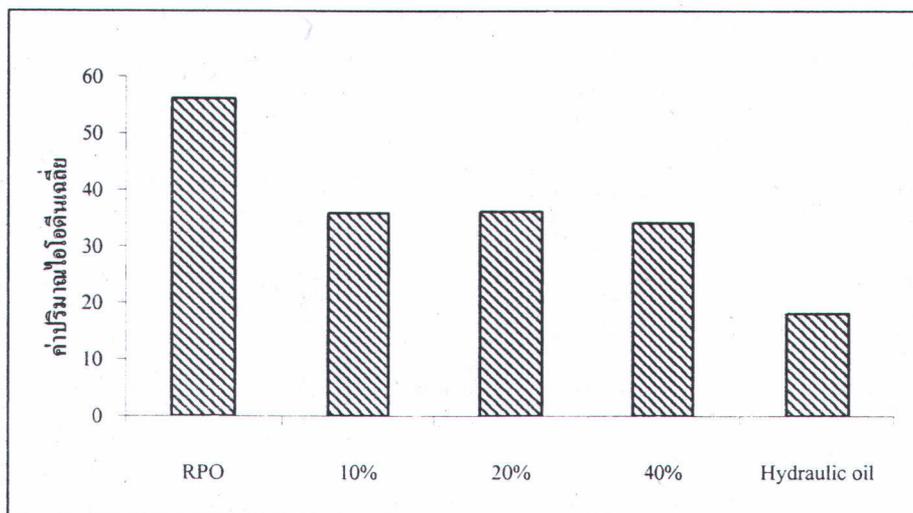
เมื่อ	B	คือ	ปริมาณโซเดียมไตรโอซัลเฟตที่ใช้ในการทำเบลิ่งค์ (Blank)
	S	คือ	ปริมาณโซเดียมไตรโอซัลเฟตที่ใช้ในการทดลองน้ำมันตัวอย่าง
	N	คือ	ความเข้มข้นของโซเดียมไตรโอซัลเฟต
	m	คือ	น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง

### ผลการทดลอง

ตารางที่ 5 ผลของปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชั่นที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพ ที่อุณหภูมิ 55<sup>o</sup>ซ. นาน 6 ชั่วโมง

% Excess of กรดเปอร์อะซิ ติก (Peracetic Acid)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ค่า IV เฉลี่ย
	วันที่ทดลอง	ค่า IV	วันที่ทดลอง	ค่า IV	วันที่ทดลอง	ค่า IV	
10 %	16/ม.ค.	35.36	20/ม.ค.	36.35	-	-	35.86
20 %	14/ม.ค.	36.12	15/ม.ค.	36.21	-	-	36.16
40 %	7/ม.ค.	33.47	10/ม.ค.	34.35	4/ส.ค.	34.52	34.11
*RPO	ม.ค.	55.36	4/มี.ค.	56.62	30/ก.ค.	56.22	56.07
Hydraulic oil	31/มี.ค.	17.45	1/เม.ย.	18.80	-	-	18.12

แผนภูมิที่ 1 แผนภูมิแท่งแสดงค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงด้วยกระบวนการอีพอกซีเคชั่น ที่ค่าร้อยละ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ต่าง ๆ ระยะเวลารีฟลัก 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 55-60<sup>o</sup>ซ.



### อภิปรายและสรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชั่นที่มีผลต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่นำมาปรับปรุงคุณสมบัติที่อุณหภูมิ 55<sup>o</sup>ซ. ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ลดลงมากที่สุดคือที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 ทำให้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) มีค่าปริมาณไอโอดีนลดลงมากที่สุดคือ 33.47

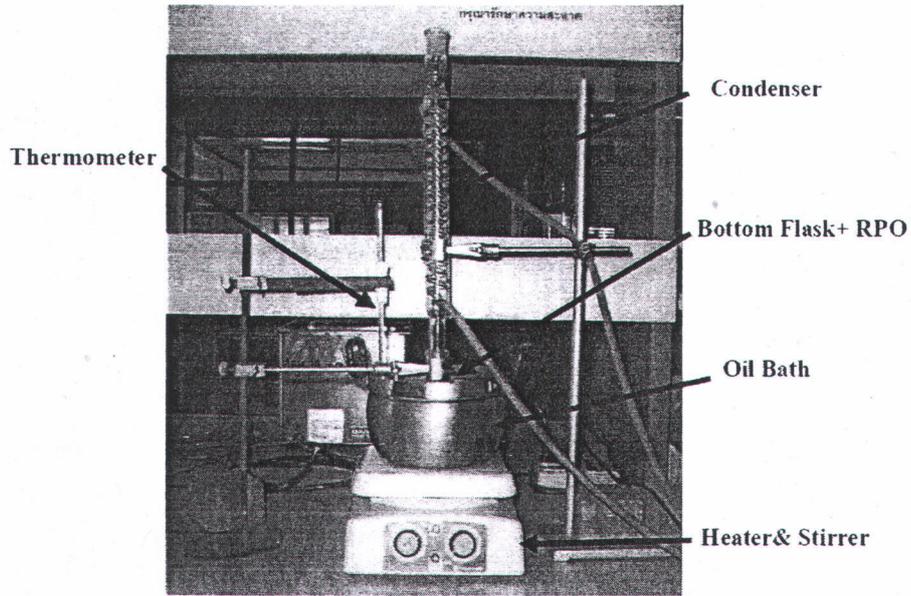
สำหรับผลการทดลองของปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชั่นในช่วงเกินพอร้อยละ 10 ถึงเกินพอร้อยละ 40 พบว่าค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) จะลดลงเมื่อ ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เพิ่มขึ้น โดยในช่วงปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 10 ถึง 20 นั้นจะไม่แตกต่างกันมากนัก และค่าปริมาณไอโอดีนลดลงมากที่สุดที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40

จึงสามารถกล่าวได้ว่าการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านการต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ด้วยกระบวนการอีพอกซีเคชั่นนั้นมีปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่เหมาะสมที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40

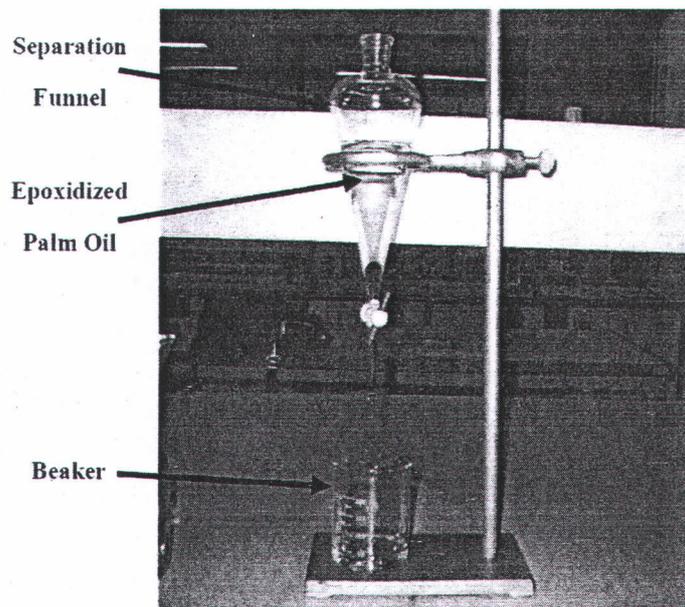
**ตอนที่ 2** การทดสอบถึงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกเดชันที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพ ที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 นาน 8 ชั่วโมง

#### วิธีการทดลอง

1. การเตรียมน้ำมันตัวอย่างที่ปรับปรุงด้วยกระบวนการอีพอกซิเดชัน
  - 1.1 ชั่งน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) หนัก 10 กรัมในขวดก้นก้นกลม
  - 1.2 เติมด้วย กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) 11.81 กรัม เมื่อทดลองที่ร้อยละเกินพอ 40 % (Excess)
  - 1.3 นำขวดก้นกลมที่เติมด้วยสารเคมีข้างต้นไปรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 35<sup>o</sup>ซ. และเวลาที่ทดลองนาน 6 ชั่วโมง โดยหล่อเย็นขวดก้นเพื่อให้ไอระเหยกลับมากลับตัวใหม่และใส่เศษกระเบื้องกันเดือดในขวดก้นด้วย
  - 1.4 เมื่อครบเวลาที่ทำการรีฟลักซ์ นำสารละลายผสมในขวดก้นมาทำการแยกชั้นสารละลายด้วยกรวยแยกและทำการล้างสารละลายด้วยน้ำกลั่น จากนั้นทำการเช็คความเป็นกรด-ด่างของชั้นน้ำมันและล้างด้วยน้ำกลั่นจนได้ค่าพีเอช (pH)  $\approx$  5 ถึง 6 จากนั้นจึงไขสารละลายชั้นน้ำทิ้ง และเก็บตัวอย่างสารละลายชั้นน้ำมันด้านบน มากรองน้ำและความชื้นด้วยเกลือแคลเซียมซัลเฟต (CaSO<sub>4</sub>)
  - 1.5 เก็บตัวอย่างน้ำมันที่ปรับสภาพแล้ว ในขวดปิดสนิทป้องกันความชื้นเพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านต่าง ๆ ต่อไป
  - 1.6 ทดลองซ้ำเหมือนเดิม โดยเปลี่ยนอุณหภูมิที่รีฟลักซ์เป็น 45, 55, 65 และ 75<sup>o</sup>ซ. ตามลำดับ
2. การทดสอบหาค่าปริมาณไอโอดีน  
ใช้วิธีเดียวกันกับการทดลองในตอนี่ 1



รูปที่ 4 อุปกรณ์การทดลอง



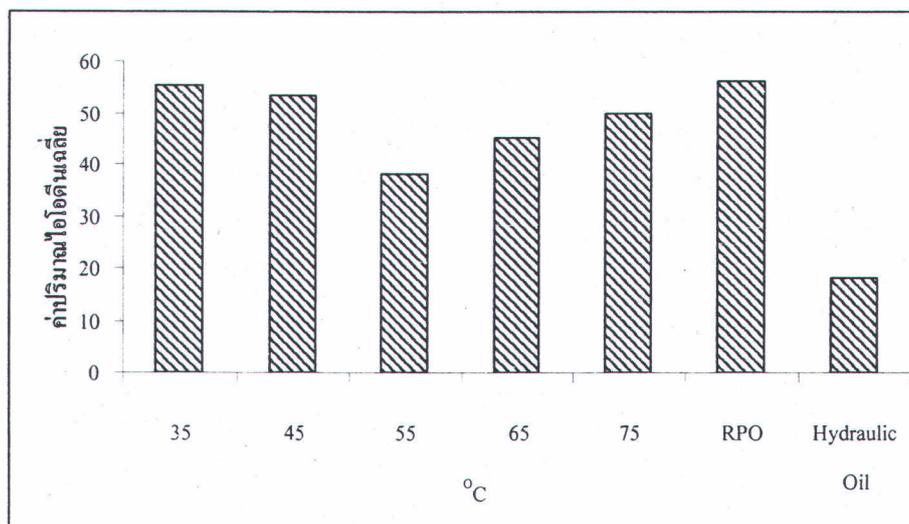
รูปที่ 5 การแยกสารผสมระหว่างชั้นน้ำกับชั้นน้ำมันด้วยกรวยแยก

## ผลการทดลอง

ตารางที่ 6 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกไซด์ชันที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพ ที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 นาน 6 ชั่วโมง

อุณหภูมิ (°C)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ค่า IV เฉลี่ย
	วันที่ ทดลอง	ค่า IV	วันที่ ทดลอง	ค่า IV	วันที่ ทดลอง	ค่า IV	
35 °C	31/มี.ค.	55.05	1/เม.ย.	55.87	2/เม.ย.	55.32	55.41
45 °C	17/มี.ค.	53.16	18/มี.ค.	53.11	19/มี.ค.	53.98	53.42
55 °C	24/ก.พ.	37.29	27/ก.พ.	38.78	3/เม.ย.	38.38	38.15
65 °C	4/มี.ค.	46.26	5/มี.ค.	47.86	7/มี.ค.	41.68	45.27
75 °C	24/มี.ค.	50.13	25/มี.ค.	49.58	27/มี.ค.	49.17	49.63
RPO	ม.ค.	55.36	4/มี.ค.	56.62	30/ก.ค.	56.22	56.07
Hydraulic Oil	31/มี.ค.	17.45	1/เม.ย.	18.80	-	-	18.12

แผนภูมิที่ 2 แผนภูมิแท่งแสดงค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยกระบวนการอีพอกไซด์ชัน ที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 นาน 6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิต่างๆ



## อภิปรายและสรุปผล

จากผลการทดลองพบว่า ค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเดชัน ที่มีผลต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่นำมาปรับปรุงคุณสมบัติ ลดลงมากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 55 °ซ. ได้ค่าปริมาณไอโอดีน เท่ากับ 37.29

สำหรับผลการทดลองของค่าอุณหภูมิในช่วง 35 °ซ. ถึง 75 °ซ. ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเดชันนั้นพบว่า แนวโน้มของค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่นำมาปรับปรุงคุณสมบัติจะลดลง แล้วกลับเพิ่มขึ้น โดยมีจุดต่ำสุดที่อุณหภูมิ 55 °ซ. ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และยังพบอีกว่า ปฏิกิริยาอีพอกซีเดชันเกิดได้ดีที่อุณหภูมิช่วง 55 °ซ. ถึง 75 °ซ. แต่ในช่วงอุณหภูมิ 35 °ซ. ถึง 45 °ซ. นั้นแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณไอโอดีน เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ยังไม่ได้นำมาปรับปรุงคุณสมบัติ นั่นคือค่าไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับที่อุณหภูมิ 75 °ซ. นั้นพบว่าค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่นำมาปรับปรุงคุณสมบัติมีค่าเริ่มเพิ่มขึ้น อาจมาจากการที่เริ่มใกล้ถึงจุดเดือดของ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เนื่องจากเริ่มมีกลั่นการระเหยของกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) โขยออกมาจากอุปกรณ์หล่อเย็น (Condenser) ใน ขณะที่ทำการรีฟลัก ซึ่งอาจทำให้ในขวดกลั่นที่เดิมมีน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่นำมาปรับปรุงคุณสมบัติ และกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) อยู่ในสัดส่วนเกินพอร้อยละ 40 ลดลง ซึ่งอาจแก้ไขได้บ้างโดยเพิ่มประสิทธิภาพ ของระบบหล่อเย็นขณะที่ทำการรีฟลักให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สำหรับการตรวจสอบค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันหล่อลื่นมาตรฐานอุตสาหกรรมหรือน้ำมันไฮดรอลิก เบอร์ ISO VG 46 นั้น ได้ค่าเท่ากับ 17.45 และ 18.80 ซึ่งมีค่าปริมาณไอโอดีนต่ำกว่า หรือมีคุณสมบัติทางด้านการต้านทานการเกิดออกซิเดชันได้ดีกว่า น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ผ่านการปรับปรุงคุณสมบัติที่เคยทดสอบมาในขณะนี้ คือ 33.47 ที่ ปริมาณกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 ที่อุณหภูมิ 55 °ซ. ถึง 60 °ซ. นาน 8 ชั่วโมง จากการทดลองตอนที่ 1 หรืออีกค่า คือ 37.29 ที่ปริมาณกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 ที่อุณหภูมิ 55 °ซ. นาน 6 ชั่วโมง จากการทดลองตอนที่ 2 ในการเปรียบเทียบน้ำมันไฮดรอลิกเบอร์ ISO VG 46 กับน้ำมัน RPO ที่ผ่านกระบวนการอีพอกซีเดชัน เนื่องจากน้ำมันไฮดรอลิก เบอร์ ISO VG 46 เป็นน้ำมันที่ใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นมาตรฐานอุตสาหกรรมและมีค่าความหนืด ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับสารหล่อลื่นใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ผ่านการปรับปรุงคุณสมบัติแล้วตามที่ได้ทดลองมา อาจถือได้ว่าเป็นเป้าหมายในการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านการต้านทานการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) เพื่อให้คุณสมบัติใกล้เคียงมากที่สุดกับกับ น้ำมันไฮดรอลิก เบอร์ ISO VG 46

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ด้วยกระบวนการอีพอกซีเดชัน นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการอีพอกซีเดชันเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิสูงที่สารออกซิไดซ์ (Oxidizing Agent) หรือกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ยังไม่ระเหยออกไปจากการรีฟลัก เป็นที่น่าศึกษาถึงผลของอุณหภูมิที่สูงขึ้นถ้าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

หล่อเย็นขณะที่ทำการรีฟลักให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย เพราะจุดเดือดของกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เท่ากับ  $105^{\circ}\text{C}$ .

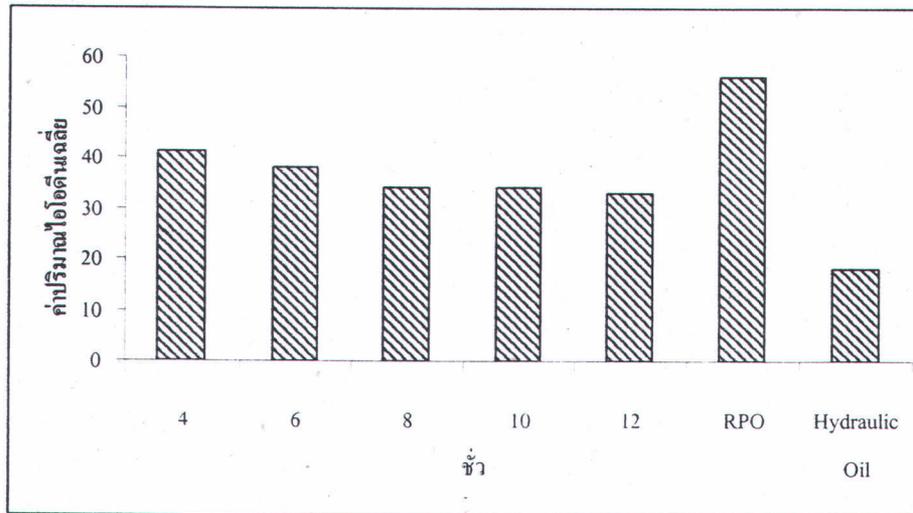
เนื่องจากยังมีตัวแปรอีกหลายตัวที่คาดว่าจะมีผลต่อการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน ซึ่งโดยปกติแล้วตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ เช่น ตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิในการทดลอง ความเร็วรอบในการกวน และระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา มักจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการทดลองนั้น ๆ รวมทั้งปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันในการพัฒนาวิธีการต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มนี้ด้วย ซึ่งโดยปกติแล้วในอุตสาหกรรมเคมีและอื่น ๆ เราต้องการผลการทำปฏิกิริยาที่เร็วที่สุด ใช้เวลาน้อยที่สุด และใช้พลังงานน้อยที่สุด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ออกมาในต้นทุนที่ต่ำที่สุด และมีคุณภาพดีที่สุดนั่นเอง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องทำการศึกษาถึงตัวแปรเหล่านั้น เพื่อให้ได้ตัวแปรต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดกระบวนการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันในจุดที่เหมาะสมที่สุด (Optimum)

**ตอนที่ 3** การทดสอบถึงผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ  $55^{\circ}\text{C}$ .

**ตารางที่ 7** ผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ  $55^{\circ}\text{C}$ .

เวลา (ชั่วโมง)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ค่า IV เฉลี่ย
	วันที่ ทดลอง	ค่า IV	วันที่ ทดลอง	ค่า IV	วันที่ ทดลอง	ค่า IV	
4	28/ก.ค.	39.60	28/ก.ค.	43.25	31/ก.ค.	40.64	41.16
6	24/ก.พ.	37.29	27/ก.พ.	38.78	3/เม.ย.	38.38	38.15
8	7/ม.ค.	33.47	10/ม.ค.	34.35	4/ส.ค.	34.52	34.11
10	26/ก.ค.	33.36	29/ก.ค.	35.18	30/ก.ค.	33.86	34.31
12	2/ส.ค.	32.82	9/ส.ค.	33.20	-	-	33.01
RPO	ม.ค.	55.36	4/มี.ค.	56.62	30/ก.ค.	56.22	56.07
Hydraulic Oil	31/มี.ค.	17.45	1/เม.ย.	18.80	-	-	18.12

แผนภูมิที่ 3 แผนภูมิแท่งแสดงค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยกระบวนการอีพอกซีเคชั่นที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ 55 °ซ. ที่เวลาต่างๆ



### อภิปรายและสรุปผล

จากผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชั่นที่มีผลต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่นำมาปรับปรุงคุณสมบัติ ที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ 55 °ซ. ลดลงมากที่สุดคือ ที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง ได้ค่าปริมาณไอโอดีนเท่ากับ 33.36

สำหรับผลการทดลองของระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชั่นในช่วง 4 ชั่วโมง ถึง 10 ชั่วโมง พบว่าค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) จะลดลงเมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชั่นเพิ่มมากขึ้น และเริ่มคงที่ในช่วงระยะเวลา 8 ชั่วโมง ถึง 10 ชั่วโมง หรือมีค่าปริมาณไอโอดีนอยู่ที่ประมาณ 34 ถึง 33 ตามลำดับ

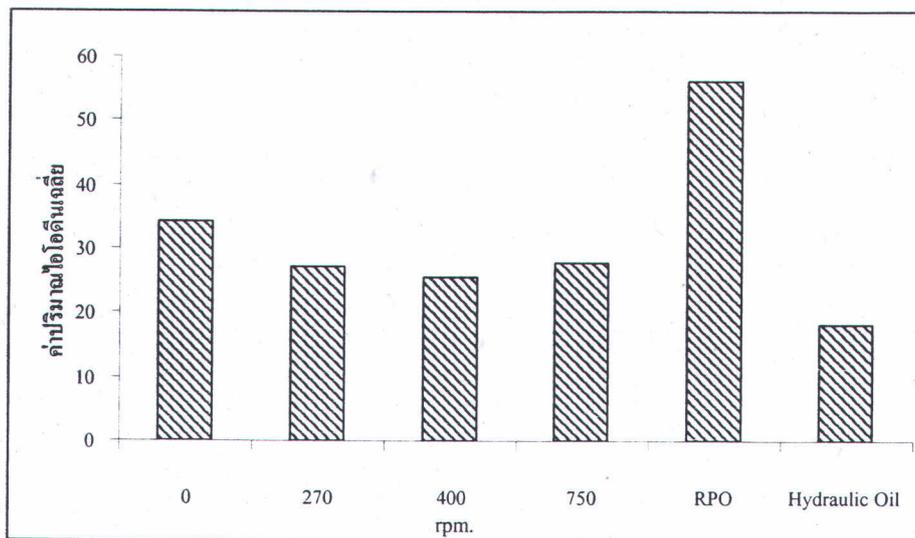
จึงสามารถกล่าวได้ว่า การปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านการต้านทานการเกิดออกซิเดชั่น ของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ด้วยกระบวนการอีพอกซีเคชั่นนั้น มีระยะเวลาที่เหมาะสมที่ 8 ชั่วโมง

**ตอนที่ 4** ผลการทดสอบถึงผลของความเร็วยรอบการกวนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชั่นที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ 55 °ซ. นาน 8 ชั่วโมง

ตารางที่ 4 ผลของความเร็วยรอบการกวนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชั่นที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ 55 °ซ. นาน 8 ชั่วโมง

ความเร็วยรอบ ของการกวน (rpm)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ค่า IV เฉลี่ย
	วันที่ ทดลอง	ค่า IV	วันที่ ทดลอง	ค่า IV	วันที่ ทดลอง	ค่า IV	
0	7/ม.ค.	33.47	10/ม.ค.	34.35	4/ส.ค.	34.11	34.11
270	30/ก.ย.	27.37	2/ต.ค.	27.01	-	-	27.19
400	2/ก.ย.	25.73	3/ก.ย.	25.03	-	-	25.38
750	29/ก.ย.	27.73	1/ต.ค.	27.94	-	-	27.84
RPO	ม.ค.	55.36	4/มี.ค.	56.62	30/ก.ค.	56.22	56.07
Hydraulic Oil	31/มี.ค.	17.45	1/เม.ย.	18.80	-	-	18.12

แผนภูมิที่ 4 แผนภูมิแท่งแสดงค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยกระบวนการอีพอกซีเคชั่นที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ 55 °ซ. ที่เวลา 8 ชั่วโมง ที่ความเร็วยรอบการกวนต่าง ๆ



### อภิปรายและสรุปผล

จากผลการทดลองพบว่า ความเร็วรอบการกวนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเดชันที่มีผลต่อค่าปริมาณไฮโดรเจนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่นำมาปรับปรุงคุณสมบัติที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ 55<sup>o</sup>ซ. ลดลงมากที่สุดคือ ที่ความเร็วรอบการกวน 400 รอบต่อนาที (rpm) ได้ค่าปริมาณไฮโดรเจนเท่ากับ 25.38

สำหรับผลการทดลองของความเร็วรอบการกวนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเดชันในช่วง 0 ถึง 750 รอบต่อนาที (rpm) พบว่า ค่าปริมาณไฮโดรเจนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) จะลดลงเมื่อความเร็วรอบการกวนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเดชันเพิ่มมากขึ้น และเริ่มเพิ่มมากขึ้นที่ความเร็วรอบการกวน 750 รอบต่อนาที (rpm) เนื่องจากความเร็วรอบการกวนมากเกินไปจนเริ่มส่งผลกระทบต่อการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเดชัน

จึงสามารถกล่าวได้ว่า การปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านการต้านทานการเกิดออกซีเดชันของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ด้วยกระบวนการอีพอกซีเดชันนั้น มีความเร็วรอบการกวนที่เหมาะสมที่ 400 รอบต่อนาที (rpm)

## ภาคผนวก

## 1. ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการทดลอง

อุณหภูมิและความดันห้องที่ทำการทดลอง : สภาวะบรรยากาศ

Palm Oil mol. Weight = 268.84 กรัม / mol

กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่เตรียมความเข้มข้น 15 % by Weight

Glacial Actic Acid mol.Weight = 60.05 กรัม / mol

Sodium Triosulfate ที่เตรียมความเข้มข้น 0.1 Normal



ตารางผนวก 1 ผลการทดลองตอนที่ 1 อุณหภูมิ 55-60 °ซ. นาน 8 ชั่วโมง

วันที่ทดลอง	% Excess of กรด เปอร์อะซิติก (Peracetic Acid)	Mass of RPO Palm for วิจส์ (Wijs) , กรัม	Vol. of Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> for Titrate, มิลลิลิตร	ค่าปริมาณ ไอโอดีน
7 / มค. / 46	40 %	0.417	59.20	33.47
10 / มค. / 46	40 %	0.399	59.40	34.35
14 / มค. / 46	20 %	0.411	58.50	36.12
15 / มค. / 46	20 %	0.396	58.90	36.21
16 / มค. / 46	10 %	0.402	59.00	35.36
20 / มค. / 46	10 %	0.405	58.60	36.35
4 / ส.ค. / 46	40 %	0.408	42.90	34.52
RPO 1*	-	0.408	52.40	55.36
RPO 2*	-	0.413	53.70	50.70
Blank	-	-	70.20	-

## หมายเหตุ\*

RPO 1\* คือ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) เป็นน้ำมันที่นำมาปรับปรุงคุณสมบัติการต้านทานการเกิดออกซิเดชัน ด้วยกระบวนการอีพอกซีเดชัน (ลักษณะทางกายภาพ เป็นน้ำมันปาล์มชั้นของเหลว โดยมีชั้นไขเจือปนมาบ้าง)

RPO 2\* คือ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ได้รับบริจาคจากโรงงานน้ำมันพืชพุม จำกัด (ลักษณะทางกายภาพ เป็นน้ำมันปาล์มชั้นไข โดยมีชั้นของเหลวเจือปนมาบ้าง)

ตารางผนวก 2 ผลการทดลองตอนที่ 2 ปริมาณกรด Peracetic เกินพอร้อยละ 40 นาน 6 ชั่วโมง

วันที่ทดลอง	อุณหภูมิที่ ทดลอง (°ซ)	Mass of RPO palm for วิจส์ (Wijs), กรัม	Vol. of Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> for titrate, มิลลิลิตร	ค่าปริมาณ ไอโอดีน
24 / ก.พ. / 46	55	0.422	43.80	37.29
27 / ก.พ. / 46	55	0.396	44.10	38.78
4 / มี.ค. / 46	65	0.406	41.40	46.26
5 / มี.ค. / 46	65	0.403	41.00	47.86
7 / มี.ค. / 46	65	0.411	42.70	41.68
17 / มี.ค. / 46	45	0.401	39.40	53.16
18 / มี.ค. / 46	45	0.405	39.25	53.11
19 / มี.ค. / 46	45	0.402	39.10	53.98
24 / มี.ค. / 46	75	0.405	40.20	50.13
25 / มี.ค. / 46	75	0.407	40.30	49.58
27 / มี.ค. / 46	75	0.400	40.70	49.17
31 / มี.ค. / 46	35	0.408	38.50	55.05
1 / เม.ย. / 46	35	0.402	38.50	55.87
2 / เม.ย. / 46	35	0.406	38.50	55.32
3 / เม.ย. / 46	55	0.404	44.40	38.38
RPO ครั้งที่ 1	-	0.406	38.10	56.57
RPO ครั้งที่ 2	-	0.403	38.20	56.68
Hydrolic oil ครั้งที่ 1	-	0.400	50.70	17.45
Hydrolic oil ครั้งที่ 2	-	0.405	50.20	18.80
Blank ครั้งที่ 1	-	-	56.20	-
Blank ครั้งที่ 2	-	-	56.20	-

ตารางผนวก 3 ผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเดชันที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมัน  
ปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำ การปรับปรุงคุณภาพ ที่ปริมาณ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic  
Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ 55<sup>o</sup>ซ.

วันที่ทดลอง	ระยะเวลาที่ทดลอง	Mass of RPO palm for วิจส์ (Wijs), กรัม	Vol. Of Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> for Titrate, มิลลิลิตร	ค่าปริมาณ ไอโอดีน
7 / ม.ค. / 46	8 ชั่วโมง	0.417	59.20	33.47
10 / ม.ค. / 46	8 ชั่วโมง	0.399	59.40	34.35
24 / ก.พ. / 46	6 ชั่วโมง	0.422	43.80	37.29
27 / ก.พ. / 46	6 ชั่วโมง	0.396	44.10	38.78
3 / เม.ย. / 46	6 ชั่วโมง	0.404	44.40	38.38
26 / ก.ค. / 46	10 ชั่วโมง	0.407	43.30	33.36
28 / ก.ค. / 46	4 ชั่วโมง	0.407	41.30	39.60
28 / ก.ค. / 46	4 ชั่วโมง	0.402	40.30	43.25
29 / ก.ค. / 46	10 ชั่วโมง	0.404	42.80	35.18
30 / ก.ค. / 46	10 ชั่วโมง	0.401	43.30	33.86
31 / ก.ค. / 46	4 ชั่วโมง	0.409	40.90	40.64
2 / ส.ค. / 46	12 ชั่วโมง	0.406	43.50	32.82
4 / ส.ค. / 46	8 ชั่วโมง	0.408	42.90	34.52
9 / ส.ค. / 46	12 ชั่วโมง	0.409	43.30	33.13
31 / ก.ค. / 46	RPO	0.404	36.10	56.22
31 / ก.ค. / 46	Blank	-	54.00	-

ตารางผนวก 4 ผลของความเร็วยรอบการกวนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชั่นที่มีต่อค่าปริมาณไอโอดีนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพ ที่ปริมาณกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) เกินพอร้อยละ 40 อุณหภูมิ 55<sup>o</sup>ซ. นาน 8 ชั่วโมง

วันที่ทดลอง	ความเร็วยรอบการกวน, rpm	Mass of RPO Palm for วิจส์ (Wijs), กรัม	Vol. Of Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> for Titrant, มิลลิลิตร	ค่าปริมาณไอโอดีน
7 / ม.ค. / 46	0	0.417	59.20	33.47
10 / ม.ค. / 46	0	0.399	59.40	34.35
4 / ส.ค. / 46	0	0.408	42.90	34.52
2 / ก.ย. / 46	400	0.397	47.10	25.73
3 / ก.ย. / 46	400	0.403	47.20	25.03
29 / ก.ย. / 46	750	0.405	46.30	27.73
30 / ก.ย. / 46	270	0.401	46.50	27.37
1 / ต.ค. / 46	750	0.402	46.30	27.94
2 / ต.ค. / 46	270	0.397	46.70	27.01
29 / ก.ย. / 46	Blank	-	55.10	
29 / ก.ย. / 46	Blank	-	55.20	

## 2. ตัวอย่างการคำนวณ

### 2.1 การคำนวณค่าปริมาณไอโอดีน

จาก (1)

$$IV = [(B - S) \times N \times 12.69] / m$$

เมื่อ B คือ ปริมาตร โซเดียมไตรไอโอดาตที่ใช้ในการทำแบล็งค์ (Blank), ml

S คือ ปริมาตร โซเดียมไตรไอโอดาตที่ใช้ในการทดลองน้ำมันตัวอย่าง, ml

N คือ ความเข้มข้นของโซเดียมไตรไอโอดาต, Normal

m คือ น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง, กรัม

แทนค่าจากตารางภาคผนวก 1 วันที่ทดลอง 7 / ม.ค. / 46

จะได้

$$IV = [(70.20 - 59.20) \times 0.1 \times 12.69] / 0.417$$

$$IV = 33.47$$

นั่นคือ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกระบวนการอีพอกซิเดชันที่ ร้อยละเกินพอของ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) 40 % Excess มีค่าปริมาณไอโอดีนเท่ากับ 33.47 สำหรับการหาค่าปริมาณไอโอดีนของตัวอย่างอื่น ๆ ก็ใช้วิธีการคำนวณแบบเดียวกัน

## 2.2 การคำนวณหาค่าร้อยละเกินพอของ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid)

คิดที่ร้อยละเกินพอของ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) 40 % Excess

น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทดลอง 50 กรัม เท่ากับ  $(50/268.84) = 0.1860 \text{ mol}$

น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) 1 mol ใช้ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) 1.4 mol

ถ้าน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) 0.1860 mol ใช้ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid)

$$(1.4 \times 0.1860 / 1) = 0.2604 \text{ mol}$$

กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่ใช้ทำปฏิกิริยา 0.2604 mol เท่ากับ  $(0.2604 \times 34) =$

8.8536 กรัม

กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่เตรียมมีความเข้มข้น 15 % by Weight

กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) 15 กรัม ได้จากสารผสม 100 กรัม

ถ้า กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) 8.8536 กรัม ได้จากสารผสม

$$(8.8536 \times 100 / 15) = 59.024 \text{ กรัม}$$

ดังนั้นปริมาณร้อยละเกินพอของ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) 40 % Excess ที่ได้จากการเตรียมสารละลายผสมเมื่อคิดเทียบกับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ที่ทดลอง 50 กรัม เท่ากับ 59.024 กรัม

สำหรับการหาค่าปริมาณร้อยละเกินพอของ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) ที่ % Excess อื่น ๆ ก็ใช้วิธีการคำนวณแบบเดียวกัน

## 3. การเตรียมสารละลาย

### 3.1 การเตรียมสารละลาย กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid)

ใช้วิธีการเตรียมตามมาตรฐาน Austin 1995 (Update 2002)

กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) หรือ Peroxy Acetic Acid หรือ Ethaneperoxy Acid รหัส CAS number [ 79-21-0 ] เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่าง Acetic Acid และ Hydrogenperoxide โดยจะให้ร้อยละของผลได้ของ กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid) สูงสุด ร้อยละ 15 หลังจากทำปฏิกิริยาเกิน 10 วันขึ้นไป



Glacial Acetic Acid มีความเข้มข้น 100 %

Hydrogenperoxide มีความเข้มข้น 35 % by weight

มี Hydrogenperoxide อยู่ 35 กรัม จากสารละลาย Hydrogenperoxide 100 กรัม  
ต้องการ Hydrogenperoxide 50 กรัม จากสารละลาย Hydrogenperoxide ( $50 \times 100 / 35$ )  
เท่ากับได้จากสารละลาย 142.86 กรัม

นั่นคืออัตราส่วนระหว่าง Glacial Acetic Acid กับ สารละลาย Hydrogenperoxide  
เท่ากับ 50 กรัม : 142.86 กรัม ตามลำดับ เมื่อทำปฏิกิริยานาน 10 วันขึ้นไปจะได้สารละลายผสม  
ที่ประกอบไปด้วย

1. Glacial Acetic Acid	35	กรัม	
2. Hydrogenperoxide	25	กรัม	
3. กรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid)		15	กรัม
4. Water	25	กรัม	

### 3.2 การเตรียม วิจส์ (Wijs) Solution

ใช้วิธีการเตรียมตามมาตรฐาน AOCS Official Method Cd 1-25 และ Cd 1b-87

#### 3.2.1 การเตรียม Stock Solution

ละลาย Iodinemonochloride (ICI) 317 กรัม  $\pm$  1 กรัม ใน Glacial Acetic Acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ปริมาตร 1 ลิตร ในขวดแก้วสีชา เขย่าให้สารละลายผสมเข้ากัน เป็นเนื้อเดียว ปิดฝาเก็บในที่มืด



#### 3.2.2 การเตรียม วิจส์ (Wijs) Solution

เจือจาง Stock Solution 117 มิลลิลิตร  $\pm$  0.1 มิลลิลิตร ใน glacial acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ปริมาณ 5 lb. ในขวดแก้วสีชา เขย่าให้สารละลายผสมเข้ากันเป็นเนื้อเดียว ปิดฝาเก็บในที่มืด



#### 3.2.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 Normal

ละลายเกลือ Sodium Thiosulphate ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 24.9 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร เตรียมในขวด Volumetric ขนาด 1 ลิตร

- 3.2.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน KI 15 % by Mass  
ละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide (KI)) 150 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตร 1 ลิตร เตรียมในขวดวัดปริมาตร (Volumetric) ขนาด 1 ลิตร
- 3.2.5 การเตรียมสารละลายบ่งชี้มาตรฐาน Starch Standard Indicator  
ละลาย Soluble Starch 2 กรัม ในน้ำกลั่นเย็นเล็กน้อย คนให้ละลาย จากนั้น เติมด้วยน้ำกลั่นอุ่น 200 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เก็บในขวดแก้วปิดสนิท เก็บในที่เย็น

### สรุปผลการทดสอบ

จากผลของการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการอีพอกซิเดชันที่ได้ทำการศึกษาคือ

- ค่าร้อยละของกรดเปอร์อะซิติกที่เหมาะสมคือ 40%
- อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ 40% ของกรดอะซิติกเป็น 55<sup>o</sup>ซ.
- เวลาที่เหมาะสมในการใช้กรดอะซิติก 40% อุณหภูมิ 55<sup>o</sup>ซ. เป็นเวลา 8 ชม.
- ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการใช้กรดเปอร์อะซิติก 40% อุณหภูมิ 55<sup>o</sup>ซ. เวลา 8 ชม คือ 400 รอบต่อนาที

โดยเห็นได้ว่าความสามารถในการต่อต้านการเกิดออกซิเดชันที่ปรับปรุงได้จากกระบวนการข้างต้นมีแนวโน้มดีขึ้น แต่ก็ยังมีความแตกต่างจากค่าการต่อต้านการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันไฮดรอลิกอยู่มากพอสมควร จึงต้องทำการวิจัยและพัฒนาต่อไปทั้งในเงื่อนไขของการหาตัวแปรที่เหมาะสมมากกว่านี้ของกระบวนการอีพอกซิเดชัน และการใส่สารปรุงแต่งต่อต้านการเกิดออกซิเดชัน ทั้งนี้ เพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นทางตรง (Main Effect) และผลกระทบจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) โดยรูปแบบการวิจัยและพัฒนาจะมีแนวทางคือ การใช้วิธีการออกแบบการทดลองทางสถิติ (Design of Experiments: DOE) สำหรับ

1. ตัวแปรที่หลากหลายในการทำกระบวนการอีพอกซิเดชัน
2. การศึกษาผลของกระบวนการอีพอกซิเดชันและการผสมสารปรุงแต่งเพื่อต่อต้านการออกซิเดชัน เพื่อศึกษาถึงผลกระทบทางตรงและการเกิดผลกระทบจากปฏิสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปร (Main & Interaction Effects)