

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของการใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำต่อสีของไดออกทิลพาทาเลต



T119333



บุรุษย์ ไทรทอง
ปรางวลัย พันธุ์นิยม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119333**
วัน,เดือน,ปี - 7 S.ค. 2554

b. 119333-495
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EFFECT OF REUSE OF 2-ETHYLHEXANOL ON
DIOCTYL PHTHALATE COLOR**



**A THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL
ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2010**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง

ผลของการใช้ 2-ethylhexanol ฆ่าต่อสีของไดออกทิลพาทาเลต

โดย

นายบุรัมย์ ไทรทอง

นางสาวปรางวลัย พันธุ์นิยม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

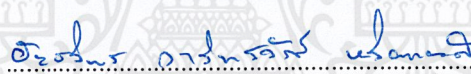
ดร.ศิริพล คุณาธิปพงศ์


General Manager (Technical & Production) and QMR


บริษัท คอนทินเนนทอลปิโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ)


.....กรรมการ
(ผศ.ดร.สุรัตน์ อาริรัตน์)


.....กรรมการ
(อ.บุญชัย โชติวิริยวานิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	ผลของการใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำต่อสีของไดออกทิลพาทาเลต
โดย	นายบุรัมย์ ไทรทอง นางสาวปรางวลัย พันธุ์นิยม
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. ศิริพล คุณาริพงษ์ General Manager (Technical & Production) and QMR บริษัท คอนทิเนนทอล ปีโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไดออกทิลพาทาเลตซึ่งใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์ในการขึ้นรูปพอลิไวนิลคลอไรด์ให้มีความอ่อนนุ่ม ยืดหยุ่น และมีความสามารถในการไหลดีขึ้น นอกจากค่าเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของน้ำ แอลกอฮอล์ และไดออกทิลพาทาเลตในผลิตภัณฑ์ และค่าความเป็นฉนวนแล้ว ความเข้มของสีของไดออกทิลพาทาเลตและค่าความเป็นกรดยังเป็นคุณภาพสำคัญที่ต้องควบคุม การควบคุมความเข้มของสีของไดออกทิลพาทาเลตให้คงที่ทำได้ยาก โดยเฉพาะเมื่อนำ 2-ethylhexanol ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่มากเกินไป กลับมาใช้ซ้ำร่วมกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่เครื่องปฏิกรณ์เพื่อลดต้นทุน เพราะ 2-ethylhexanol ผ่านการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันแล้วจะมีความเข้มของสีสูงขึ้น ทำให้ความเข้มสีของไดออกทิลพาทาเลตสูงขึ้นด้วย บริษัทที่เป็นกรณีศึกษากำหนดมาตรฐานของค่าความเข้มของสีของไดออกทิลพาทาเลตต้องไม่เกิน 30 (APHA) จากการทดลองเมื่อใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำ และผสมกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่อัตราส่วนโดยปริมาตร 5,000 ลิตร : 19,000 ลิตร ในกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลตของบริษัทต่อ 1 แบทช์ (24,000 ลิตร) ได้ค่าความเข้มของสีของไดออกทิลพาทาเลต 25-30 (APHA) และค่าความเป็นกรดตามที่บริษัทต้องการ ดังนั้นถ้าใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำในกระบวนการผลิต 3 แบทช์ต่อวัน จะทดแทนการใช้ 2-ethylhexanol ใหม่ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 130 ล้านบาทต่อปี

Thesis Title Effect of Reuse of 2-ethylhexanol on Dioctyl Phthalate Color
By Mr. Buram Saithong
Miss Prangwalai Phanniyom
Degree Bachelor of Engineering
Program Chemical Engineering
Year 2010
Advisor Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum
Co-advisor Dr. Siripoln Kunatippapong
General Manager (Technical & Production) and QMR
Continental Petrochemicals (Thailand) Co. Ltd.

ABSTRACT

The quality of dioctyl phthalate (DOP), which is used as a plasticizer to soften and make PVC flexible and having high flow ability during the extrusion process, is generally controlled in terms of percentages by volume of water, alcohol and DOP in the product, and surface or volume resistivity. Not only such controlled variables but also the color intensity of DOP and acid value are particularly considered as crucial product quality. However, it is rather difficult to achieve the consistent color intensity of DOP, especially when 2-ethylhexanol, an excess reactant, is reused at the reactor for cost saving. The color intensity of DOP was increased after Esterification. So far the company controlled the standard of DOP color intensity not exceed 30 (APHA). By mixing reused 2-ethylhexanol in the process with fresh 2-ethylhexanol about 5,000 L: 19,000 L per batch, the color intensity of DOP met its standard of 25-30 (APHA), and its acid value was also in accordance with the requirement of the company. In case 2-ethylhexanol is reused for 3 batches a day, therefore, the company will gain about 130 million Baht a year.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร บริษัท คอนทินนทอล ปีโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้โอกาสทำโครงการที่บริษัท ดร. ศิริพล ภูณาริพงษ์ General Manager (Technical & Production) and QMR อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และคุณชัยพงษ์ พลละภิญโญ DOP Section Chief ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำโครงการ

รศ.ดร.กอบบุญ หล่อทองคำ และ รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา และกรุณาตรวจแก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดของปฏิญยานิพนธ์นี้จนสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งและเป็นกำลังใจเสมอมา ครูและอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอน และประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตลอดมา

บุรีรัมย์ ไทรทอง
ปรางวลัย พันธุ์นิคม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ไดออกทิลพาทาเลต	4
2.2 2-ethylhexanol.....	5
2.3 ไททาเนต.....	5
2.4 กระบวนการผลิต ไดออกทิลพาทาเลต	10
2.5 การหาความเข้มข้นของสีของของเหลว.....	13
2.6 การหาค่าความเป็นกรด	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	16
3.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับ ไดออกทิลพาทาเลต.....	16
3.2 ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสีของ ไดออกทิลพาทาเลต.....	16
3.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของไดออกทิลพาทาเลต 2-ethylhexanol จากการผสมของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่เครื่องปฏิกรณ์ และหน่วยกลั่นด้วย ไอน้ำด้วยเทคนิค FTIR	16
3.4 ศึกษาผลของการใช้ซ้ำ 2-ethylhexanol ที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำต่อ ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต	16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาที่เครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำและไดออกทิลพาทาเลต	17
3.6 เสนอแนวทางเพื่อนำ 2-ethylhexanol กลับมาใช้ซ้ำในการผลิต ไดออกทิลพาทาเลตให้ได้ความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดตามมาตรฐานของบริษัท	17
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัยและการวิเคราะห์ผล	18
4.1 กระบวนการผลิต ไดออกทิลพาทาเลตของบริษัท	18
4.2 ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มของสีของ ไดออกทิลพาทาเลต	19
4.3 องค์ประกอบของ ไดออกทิลพาทาเลต และ 2-ethylhexanol จากการผสมของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่เครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำด้วยเทคนิค FTIR ...	20
4.4 ผลของการใช้ซ้ำ 2-ethylhexanol ที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำต่อสีของ ไดออกทิลพาทาเลต	22
4.5 หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-ethylhexanol ที่เครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำกับเวลาและไดออกทิลพาทาเลต	24
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	17
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบ	31
ภาคผนวก ข Fourier Transform Infrared	46

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 องค์ประกอบที่พบจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR.....	15
4.2 ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตเมื่อใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำที่มีความเข้มข้นของสีต่างๆกับปริมาตร ของ 2-ethylhexanol ใหม่ที่มีความเข้มข้นของสี 10.....	16
ก.1 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบซ์ที่ 1	22
ก.2 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบซ์ที่ 2	23
ก.3 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบซ์ที่ 3	24
ก.4 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบซ์ที่ 4	25
ก.5 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบซ์ที่ 5	26
ก.6 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตจาก หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบซ์ที่ 1	27
ก.7 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตจาก หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบซ์ที่ 2	27
ก.8 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตจาก หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบซ์ที่ 3	28
ก.9 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตจาก หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบซ์ที่ 4	28
ก.10 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตจาก หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบซ์ที่ 5	29
ก.11 ค่า Wavenumber และองค์ประกอบของสารตัวอย่างจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR	36

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตที่ 200 °C กับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ กัน	15
2.2 ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตที่ 220 °C กับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ กัน	15
2.3 ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตกับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท TIPT ที่อุณหภูมิ 180, 200 และ 220 °C	15
2.4 ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตกับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท TIPT ที่ความเข้มข้นต่างๆ	15
2.5 ค่าความเป็นกรดของ ไดออกทิลพาทาเลตกับเวลาเมื่อใช้ 2-ethylhexanol ในปริมาณมากเกินพอ 10 และ 25 เปอร์เซ็นต์	15
2.6 สารละลายสีมาตรฐาน (เรียงค่าความเข้มของสีจากสีอ่อนไปเข้ม 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160 และ 180)	15
4.1 แผนภาพอย่างง่ายกระบวนการผลิต ไดออกทิลพาทาเลต	13
4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสีของไดออกทิลพาทาเลต	14
4.3 บริเวณที่เก็บตัวอย่างที่เครื่องปฏิกรณ์	14
4.4 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ Reused 2-EH (ความเข้มของสี 25) และ DOP ที่ปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำ ต่อปริมาตรของ 2-ethylhexanol ใหม่ เท่ากับ 5,000 ลิตร : 19,000 ลิตร	17
ก.1 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในแบบทซ์ที่ 1 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์	30
ก.2 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในแบบทซ์ที่ 2 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์	30
ก.3 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในแบบทซ์ที่ 3 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์	31
ก.4 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในแบบทซ์ที่ 4 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.5 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในเบทซ์ที่ 5 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์	32
ก.6 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำเบทซ์ที่ 1	33
ก.7 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำเบทซ์ที่ 2	33
ก.8 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำเบทซ์ที่ 3	34
ก.9 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำเบทซ์ที่ 4	34
ก.10 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำเบทซ์ที่ 5	35
ข.1 Block Diagram of an Infrared Spectrophotometer	13
ข.2 Dispersive Infrared Spectrophotometer	13

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

บริษัท คอนทินนทอล ปีโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทแห่งเดียวในประเทศไทยที่ผลิตพาทาลิกแอนไฮไดรด์ (phthalic anhydride: PA) เพื่อจำหน่ายให้กับผู้ผลิตพอลิเอสเตอร์สำหรับใช้ในสี แล็กเกอร์ สีย้อม และยาฆ่าแมลง นอกจากนี้บริษัทยังใช้พาทาลิกแอนไฮไดรด์เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิต ไดออกทิลพาทาเลต (dioctyl phthalate: DOP) ซึ่งเป็นพลาสติกไซเซเซอร์ (Plasticizer) ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากพอลิไวนิลคลอไรด์ เพื่อให้มีความอ่อนนุ่ม ยืดหยุ่น และมีความสามารถในการไหลดีขึ้น ไดออกทิลพาทาเลตเหลวที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างพาทาลิกแอนไฮไดรด์ กับ 2-ethylhexanol (2-EH) หรือ octyl alcohol ในเครื่องปฏิกรณ์มีสภาพเป็นกรด จึงต้องปรับสภาพให้เป็นกลางที่หน่วยทำให้เป็นกลาง จากนั้นจะถูกล้างด้วยน้ำแล้วนำไปกรองเพื่อแยกของแข็งที่ตกค้างอยู่

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไดออกทิลพาทาเลตที่บริษัทควบคุม ได้แก่ ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตตามมาตรฐาน American Public Health Association (APHA) ต้องไม่เกิน 30 ค่าความเป็นกรด ค่าความเป็นฉนวน ค่าเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของน้ำ แอลกอฮอล์ และไดออกทิลพาทาเลตในผลิตภัณฑ์ การควบคุมความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตให้คงที่ทำได้ยาก กรณีที่ความเข้มข้นของสีสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานของบริษัท คือ ไดออกทิลพาทาเลตจะมีสีออกเหลือง และเมื่อถูกค้ำนำไปใช้งานกับพีวีซีจะเกิดสีที่ไม่ต้องการ การลดสีบริษัทใช้การดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ชนิดละเอียดที่มีราคาสูง ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต คือ คุณภาพและปริมาณของสารตั้งต้น (พาทาลิกแอนไฮไดรด์ และ 2-ethylhexanol) ความดันและอุณหภูมิที่เครื่องปฏิกรณ์ เวลาในการทำปฏิกิริยา ความเข้มข้นและปริมาณของ 2-ethylhexanol ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่มากเกินไปที่นำกลับมาใช้ซ้ำที่เครื่องปฏิกรณ์เพื่อลดต้นทุนการผลิต แต่เนื่องจาก 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำได้ผ่านการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันจึงมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และทำให้ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตเพิ่มขึ้นด้วย โครงการนี้ต้องการนำ 2-ethylhexanol

กลับมาใช้ซ้ำโดยความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตที่ได้ต้องไม่เกิน 30 (APHA) และค่าความเป็นกรดตามที่บริษัทต้องการ ดังนั้นจะศึกษาหาปัจจัยในกระบวนการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol ที่จะนำกลับมาใช้ซ้ำ และปริมาณการใช้ซ้ำ (อัตราส่วนโดยปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำต่อปริมาตรของ 2-ethylhexanol ใหม่) นอกจากนี้หาความสัมพันธ์ของค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อลดต้นทุนด้วยการใช้ซ้ำ 2-ethylhexanol ในการผลิตไดออกทิลพาทาเลตให้ได้ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดตามมาตรฐาน
- 1.2.2 ศึกษาปัจจัยกระบวนการที่มีผลต่อสีของ 2-ethylhexanol ที่นำมาใช้ซ้ำ และปริมาณการใช้ซ้ำ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับไดออกทิลพาทาเลตและกระบวนการผลิต
- 1.3.2 เก็บตัวอย่าง วิเคราะห์องค์ประกอบ ความเข้มข้นของสี และค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol ที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ
- 1.3.3 ทดสอบผลของปริมาณและความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำร่วมกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่เครื่องปฏิกรณ์ต่อความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของไดออกทิลพาทาเลต
- 1.3.4 เสนอแนวทางเพื่อนำ 2-ethylhexanol กลับมาใช้ซ้ำในการผลิตไดออกทิลพาทาเลตให้ได้ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดตามมาตรฐานของบริษัท
- 1.3.5 สรุปและเขียนรายงาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 สามารถผลิตไดออกทิลพาทาเลตที่มีความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดตามมาตรฐานจากการใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำ
- 1.4.2 ลดปริมาณของการใช้ 2-ethylhexanol ใหม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไดออกทิลพาทาเลต (dioctyl phthalate : DOP) [1-4]

ชื่อทางการค้า dioctyl phthalate

ชื่อทางเคมี di-2-ethylhexyl phthalate

สูตรเคมี $C_{26}H_{44}(COOC_8H_{17})_2$

ไดออกทิลพาทาเลตเป็นพลาสติกไซเซอรัชนิดโมโนเมอร์ (Monomeric Plasticizer) ใช้ผสมในพลาสติกเพื่อช่วยลดอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการไหล (Flexing Temperature) ทำให้พลาสติกมีความยืดหยุ่นอ่อนนุ่มขึ้น และมีความสามารถในการไหลดีขึ้น สะดวกต่อการดึง รีด ฉาบ หล่อแบบ ไดออกทิลพาทาเลตมีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ทนต่อกรดเบส น้ำมัน และผงซักฟอก โดยจะใช้ผสมประมาณ 20-40% โดยน้ำหนัก [2]

พลาสติกไซเซอรัชนิดโมโนเมอร์จัดอยู่ในกลุ่มพาทาเลตเอสเทอร์ มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่ใช้พอลิไวนิลคลอไรด์เป็นวัตถุดิบ พอลิไวนิลคลอไรด์เป็นพลาสติกที่ใช้ผลิตภาชนะบรรจุอาหาร ฟิล์มห่ออาหาร อุปกรณ์ทางการแพทย์ (ถุงบรรจุเลือด น้ำเกลือ สายยางที่ต่อกับเครื่องมือแพทย์ เป็นต้น) รองเท้า กระเป๋า เสื้อผ้า กระเป๋าเป้ พู่กัน สายไฟ เทปพันสายไฟ ท่อน้ำ แท็งก์เก็บสารเคมี และอื่นๆ ปริมาณการใช้ไดออกทิลพาทาเลตในอุตสาหกรรมพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์มีมากถึง 65% ของปริมาณพลาสติกไซเซอรัทั้งหมด [3]

ไดออกทิลพาทาเลตไม่ได้ทำปฏิกิริยากับพลาสติกแต่ไปแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของพลาสติกเท่านั้น เมื่อผ่านผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีไดออกทิลพาทาเลตเข้ากระบวนการฆ่าเชื้อโรคในกระบวนการผลิตอาหารถึงสำเร็จรูปที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 100 – 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ถ้าอาหารเป็นกรดจะใช้ความร้อนไม่ถึง 100 องศาเซลเซียส) ทำให้ไดออกทิลพาทาเลตสลายออกมาและเกิดการปนเปื้อนลงในอาหาร โดยเฉพาะอาหารที่มีไขมันสูง เนื่องจากไดออกทิลพาทาเลตเป็นสารที่ละลายในไขมันได้ดี ไม่ทำให้เกิดอาการพิษอย่างเฉียบพลัน แต่เมื่อได้รับต่อเนื่องจะแสดงอาการพิษเรื้อรัง เป็น

ผลให้เกิดอาการเลือดออกในปอด (Lung Hemorrhage) ตับโต (Hepatomegaly) เป็นพิษต่อเซลล์ในร่างกาย (Cytotoxicity) เป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenicity) เป็นสารก่อกลายพันธุ์ (Mutagenicity) อย่างไรก็ตามผลทางพิษวิทยาที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการศึกษาในสัตว์ทดลองเท่านั้นยังไม่มีผลการศึกษาพิษวิทยาในมนุษย์โดยตรง [4]

2.2 2-ethylhexanol (2-EH) [5]

ชื่อทางการค้า 2-ethyl hexyl alcohol

ชื่อทางเคมี 2-ethyl-1-hexanol

สูตรเคมี $C_8H_{18}O$

2-ethylhexanol เป็นของเหลวใส มีสมบัติเป็นกลาง มีกลิ่นเฉพาะตัว ละลายในน้ำได้น้อยมาก ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ มักใช้ 2-ethylhexanol เป็นแอลกอฮอล์ตั้งต้นในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติกไซเซอร

สมบัติของ 2-ethylhexanol

จุดเดือด : 183-185 °C

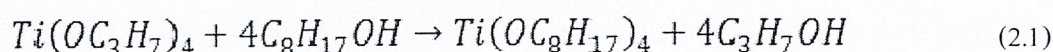
ความหนาแน่น : 0.833 g/cm³

น้ำหนักโมเลกุล : 130.23 g/mol

จุดเยือกแข็ง : -76 °C

2.3 ไททานเนต (Titanates) [6]

ไททานเนตเป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติกไซเซอร เช่น การผลิตไดออกทิลพาทาเลตจากพาทาลิกแอนไฮไดรด์ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น เช่น tetraisopropyl titanate (TIPT) จะถูกใช้ในปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่ใช้แอลกอฮอล์โมเลกุลสูงเป็นสารตั้งต้น ดังสมการที่ 2.1



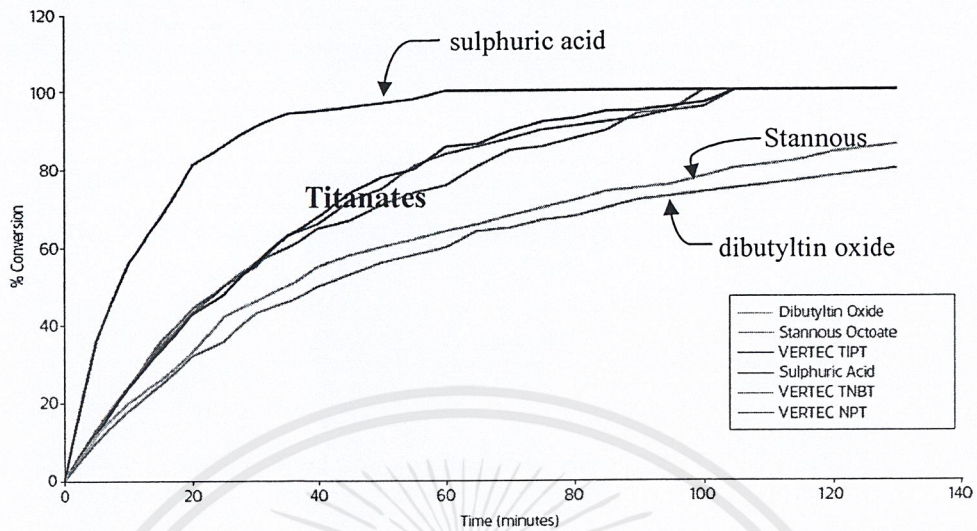
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากไททานเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีสมบัติเป็นกลางทำให้มีข้อได้เปรียบมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีสมบัติเป็นกรดและเบส เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีสมบัติเป็นกรดหรือเบสจะทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงและทำให้สารตั้งต้นเสื่อมสภาพได้ ซึ่งส่งผลให้เกิดสีและกลายเป็นสารปนเปื้อนในสารตั้งต้นที่มากเกินไปและในผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ ไททานเนตจะช่วยลดปฏิกิริยาข้างเคียง ทำให้สามารถนำแอลกอฮอล์ที่เป็นสารตั้งต้นจำนวนมากเกินพอกกลับมาใช้ได้ปริมาณมากขึ้น โดยไม่ต้องทำแอลกอฮอล์ให้บริสุทธิ์ก่อนการนำกลับไปใช้ นอกจากนี้ไททานเนตยังให้ค่าการแปลงผัน (Conversion) ของการเกิดผลิตภัณฑ์สูง ไททานเนตจะมีประสิทธิภาพเมื่อใช้ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 180-225 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิของตัวเร่งปฏิกิริยาอื่นๆ เช่น กรดซัลฟิวริก แต่ข้อดีของไททานเนตดังที่กล่าวมาแล้วจะสามารถชดเชยกับพลังงานที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนแก่ตัวเร่งปฏิกิริยา

การผลิตไดออกทิลพาทาเลตเริ่มต้นด้วยการเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 160 °C ให้สารตั้งต้นที่เป็นของแข็งละลายหมดก่อน แล้วป้อนไททานเนตเข้าเครื่องปฏิกรณ์ และจะถูกแยกออกจากผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ที่หน่วยทำให้เป็นกลาง ไททานเนตที่ยังตกค้างอยู่จะถูกกรองออกที่หน่วยกรอง การเติมไททานเนตประมาณ 0.05-0.1% โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เอสเทอร์

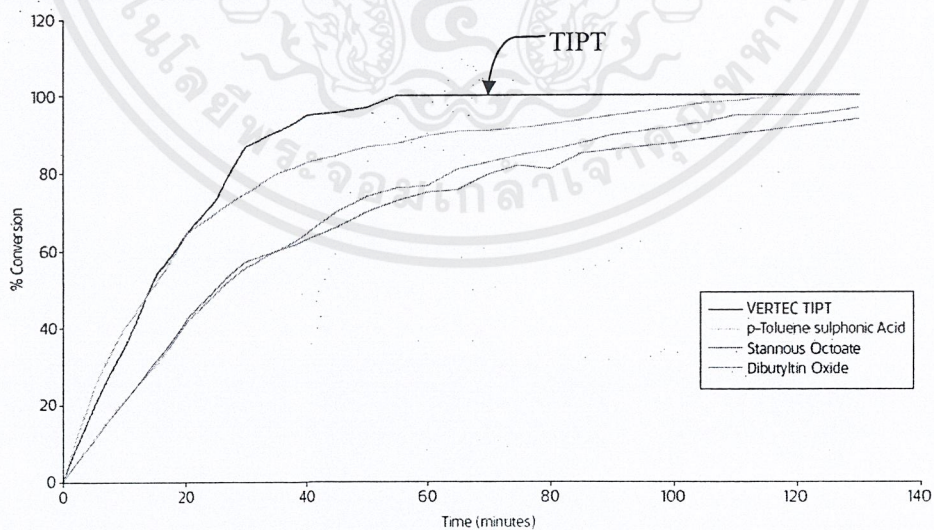
ผลการทดลองเกี่ยวกับไททานเนต

รูปที่ 2.1 แสดงค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตที่ 200 °C กับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ กัน พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาสารละลายกรดซัลฟิวริกจะเกิดการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เร็วที่สุด แต่การทำปฏิกิริยาโดยใช้กรดซัลฟิวริกที่อุณหภูมินี้จะทำให้ของผสมของปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีออกน้ำตาลไหม้ (Charring) ได้ ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท และ dibutyltin oxide จะทำให้ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตเข้าสู่สมดุลได้ช้ากว่าตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน



รูปที่ 2.1 ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตที่ 200 °C กับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ กัน [6]

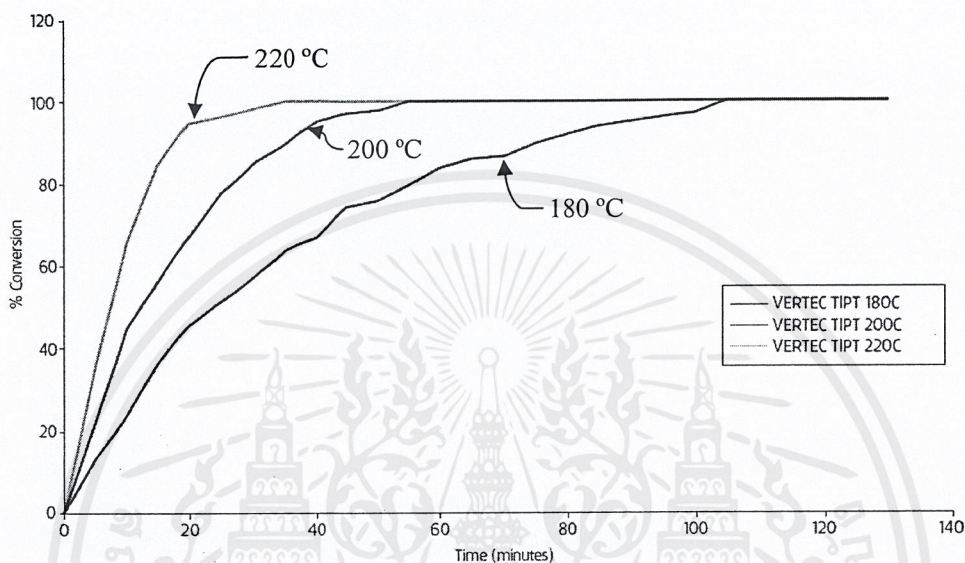
รูปที่ 2.2 แสดงค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตที่ 220 °C กับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ กัน พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเป็น 220 °C ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท TIPT จะทำให้ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตเข้าสู่สมดุลได้เร็วกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรด



รูปที่ 2.2 ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตที่ 220 °C กับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ กัน [6]

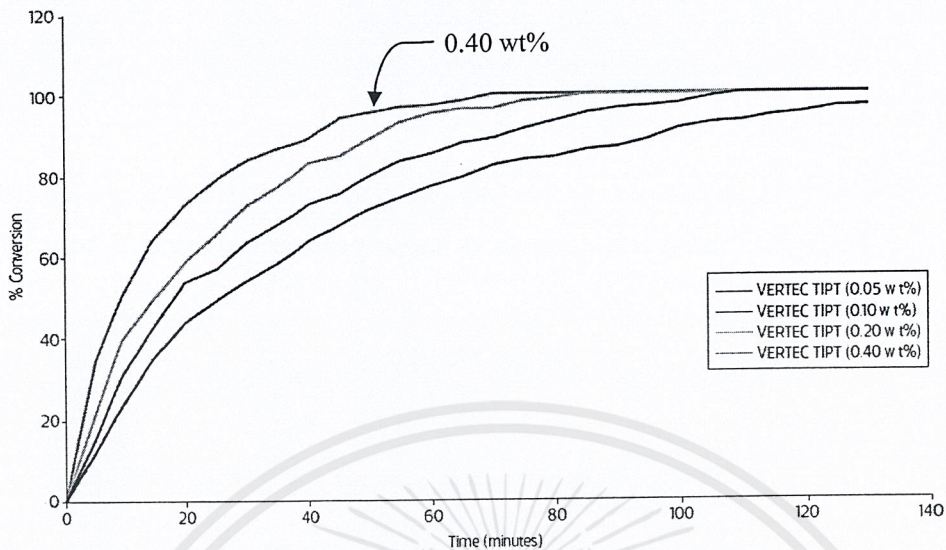
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 แสดงค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตกับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท TIPT ที่อุณหภูมิ 180, 200 และ 220 °C พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิจาก 180 °C เป็น 200 °C ไปจนถึง 220 °C จะช่วยลดเวลาที่ทำให้ค่าการแปลงผันเข้าสู่สมดุล



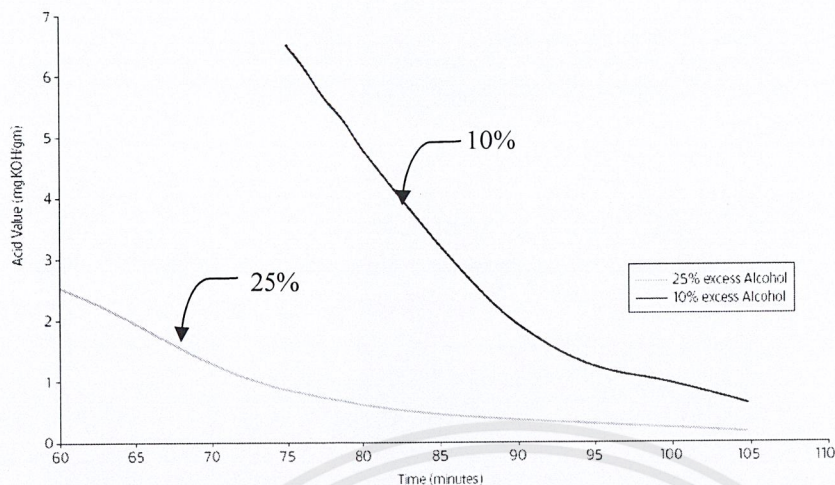
รูปที่ 2.3 ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตกับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท TIPT ที่อุณหภูมิ 180, 200 และ 220 °C [6]

รูปที่ 2.4 แสดงค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตกับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท TIPT ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาจะช่วยลดเวลาที่ทำให้ค่าการแปลงผันเข้าสู่สมดุล



รูปที่ 2.4 ค่าการแปลงผันของ 2-ethylhexanol เป็นไดออกทิลพาทาเลตกับเวลาเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท TIPT ที่ความเข้มข้นต่างๆ [6]

รูปที่ 2.5 แสดงค่าความเป็นกรด (Acid Value) ของไดออกทิลพาทาเลตกับเวลา เมื่อใช้แอลกอฮอล์ในปริมาณมากเกินไป 10 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้ 2-ethylhexanol ซึ่งเป็นสารตั้งต้นมากเกินไป 25% จะทำให้ค่าความเป็นกรดของไดออกทิลพาทาเลตลดลงเร็วกว่าการใช้ 2-ethylhexanol ที่มากเกินไป 10% เมื่อค่าความเป็นกรดลดลงเร็วขึ้น แสดงว่าอัตราการเกิดไดออกทิลพาทาเลตเร็วขึ้น

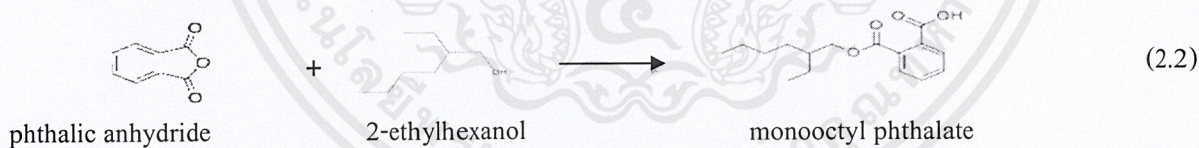


รูปที่ 2.5 ค่าความเป็นกรดของไดออกทิลพทาเลตกับเวลาเมื่อใช้ 2-ethylhexanol ในปริมาณมากเกินไป 10 และ 25 เปอร์เซ็นต์ [6]

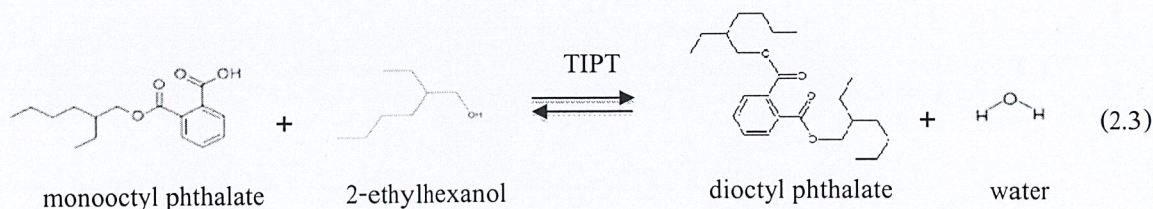
2.4 กระบวนการผลิตไดออกทิลพทาเลต [7]

ไดออกทิลพทาเลตผลิตจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างพทาสิกแอนไฮไดรด์กับ 2-ethylhexanol ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

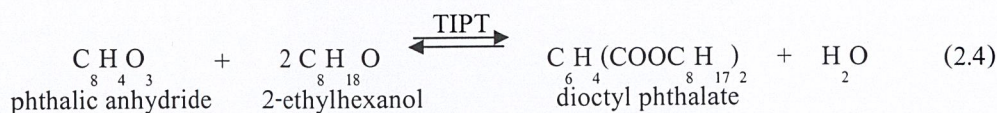
ขั้นตอนแรก พทาสิกแอนไฮไดรด์ทำปฏิกิริยากับ 2-ethylhexanol ได้ monoethyl phthalate ดังสมการที่ 2.2



จากนั้นขั้นตอนที่สอง monoethyl phthalate จะทำปฏิกิริยากับ 2-ethylhexanol เกิดเป็น ไดออกทิลพทาเลต และน้ำ ดังสมการ 2.3



เมื่อรวมปฏิกิริยาทั้งสองขั้นตอน พาทาลิกแอนไฮไดรด์ 1 โมลจะทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับ 2-ethylhexanol 2 โมล เกิดไดออกทิลพาทาเลตและน้ำอย่างละ 1 โมล ดังสมการที่ 2.4 แต่ในกระบวนการผลิตมีการใช้ 2-ethylhexanol มากเกินพอเป็น 2.5 โมล เพื่อให้อัตราการเกิดไดออกทิลพาทาเลตเร็วขึ้น



กระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลตของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษาแบ่งออกได้เป็น 5 หน่วยผลิตสำคัญ คือ

- 1) หน่วยการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification)
- 2) หน่วยทำให้เป็นกลาง (Neutralization)
- 3) หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Stripping)
- 4) หน่วยกรอง (Filtration)
- 5) หน่วยบำบัดของเสียจากกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลต

หน่วยการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน

ผลิตภัณฑ์พาทาลิกแอนไฮไดรด์เหลวที่เก็บอยู่ในถังเก็บของหน่วยผลิตพาทาลิกแอนไฮไดรด์จะถูกป้อนเข้าทำปฏิกิริยากับ 2-ethylhexanol ปริมาณมากเกินพอที่เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนที่ทำงานแบบแบทช์ (Batch Operation) มีตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทไททานเนียมช่วยเร่งปฏิกิริยาและเพิ่มค่าการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ (Selectivity) ให้ได้ไดออกทิลพาทาเลต อุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ควบคุมที่ 205 °C ด้วยระบบน้ำมันถ่ายเทความร้อนสูง (Hot Oil) และมีการกวนอยู่ตลอดเวลา เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องปฏิกรณ์จะแยกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นของไดออกทิลพาทาเลต ชั้นของ 2-ethylhexanol ส่วนเกิน และชั้นของน้ำ 2-ethylhexanol ส่วนเกินและน้ำจะถูกแยกออกจากผลิตภัณฑ์ 2-ethylhexanol ส่วนเกินที่แยกออกจะถูกส่งกลับไปใช้ซ้ำร่วมกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่เครื่องปฏิกรณ์

ในการผลิตครั้งต่อไป สำหรับน้ำจะถูกส่งไปยังบ่อรวบรวมน้ำเสีย ไดออกทิลพาทาเลตที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์มีอุณหภูมิสูงจะถูกส่งไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับ 2-ethylhexanol ที่จะเข้าเครื่องปฏิกรณ์สำหรับการผลิตในรอบใหม่

หน่วยทำให้เป็นกลาง (Neutralization)

ไดออกทิลพาทาเลตที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ยังคงมีน้ำ และ 2-ethylhexanol เหลืออยู่ จึงต้องนำไปทำให้บริสุทธิ์ที่หน่วยทำให้เป็นกลาง (Neutralization Tank) ที่เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปอย่างช้า ๆ และกวนผสมให้เข้ากัน จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการแยกชั้น สารไดออกทิลพาทาเลตจะแยกตัวอยู่ชั้นบน เมื่อเกิดการแยกตัวจนถึงระดับที่กำหนดจะระบายชั้นน้ำที่อยู่ด้านล่างไปยังบ่อรวบรวมน้ำเสีย หน่วยทำให้เป็นกลางทำงานแบบแบตช์

หน่วยการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันและหน่วยทำให้เป็นกลาง ประกอบด้วยเครื่องปฏิกรณ์ 2 ชุด และถังทำให้เป็นกลาง 2 ชุด แต่ละแบตช์ใช้เวลา 8 ชั่วโมง โดยผลิต 3 แบตช์/วัน ไดออกทิลพาทาเลตที่ผลิตได้จากทั้งสองสายการผลิตจะถูกเก็บในถังเก็บ (Crude DOP Storage Tank) ก่อนจะส่งไปยังหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำเพื่อแยก 2-ethylhexanol ที่เหลืออยู่ออก

หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Stripping)

หน่วยนี้มีหน้าที่กลั่นแยก 2-ethylhexanol ออกจากไดออกทิลพาทาเลตด้วยไอน้ำภายใต้สุญญากาศ 2-ethylhexanol จะถูกแยกออกจากไดออกทิลพาทาเลตพร้อมกับไอน้ำทางด้านบนของหอกลั่น จากนั้นจะควบแน่นและแยกชั้นออกจากน้ำ 2-ethylhexanol จะถูกส่งกลับไปใช้ซ้ำที่เครื่องปฏิกรณ์ในการผลิตครั้งต่อไป ส่วนน้ำจะถูกส่งไปยังบ่อรวบรวมน้ำเสีย สำหรับไดออกทิลพาทาเลตซึ่งปราศจาก 2-ethylhexanol และน้ำจะออกทางด้านล่างของหอกลั่น และถูกส่งต่อไปยังหน่วยกรองต่อไป

หน่วยกรอง (Filtration)

ไดออกทิลพาทาเลตที่ได้จากหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำอาจมีเศษตะกอนหรือสิ่งเจือปนที่เป็นของแข็งปะปนอยู่ จึงต้องผ่านหน่วยกรองที่ใช้สารช่วยกรองประเภท Celite ไดออกทิลพาทาเลตที่ผ่านการกรองจะถูกส่งไปยังถังเก็บผลิตภัณฑ์ (DOP Storage Tank) เพื่อรอการจำหน่าย

หน่วยบำบัดของเสียจากกระบวนการผลิตไดออกซิลพาทาเลต

ของเสียหลักจากกระบวนการผลิตไดออกซิลพาทาเลตคือน้ำเสียจากกระบวนการผลิต น้ำเสียในกระบวนการผลิตไดออกซิลพาทาเลตมาจาก 3 แหล่ง คือ

- (ก) ปฏิกริยาเอสเทอร์พีเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์
- (ข) หน่วยทำให้เป็นกลาง
- (ค) หกถั่นด้วยไอน้ำ

นอกจากน้ำเสียจาก 3 แหล่งแล้ว ยังมีของเสียจากขั้นตอนการกรอง ได้แก่ สารช่วยกรอง ทรายกรอง ตะกอนหรือของแข็งที่เจือปนในผลิตภัณฑ์ไดออกซิลพาทาเลต ซึ่งของเสียเหล่านี้จะถูกส่งออกไปบำบัดโดยหน่วยงานที่ได้รับอนุญาต

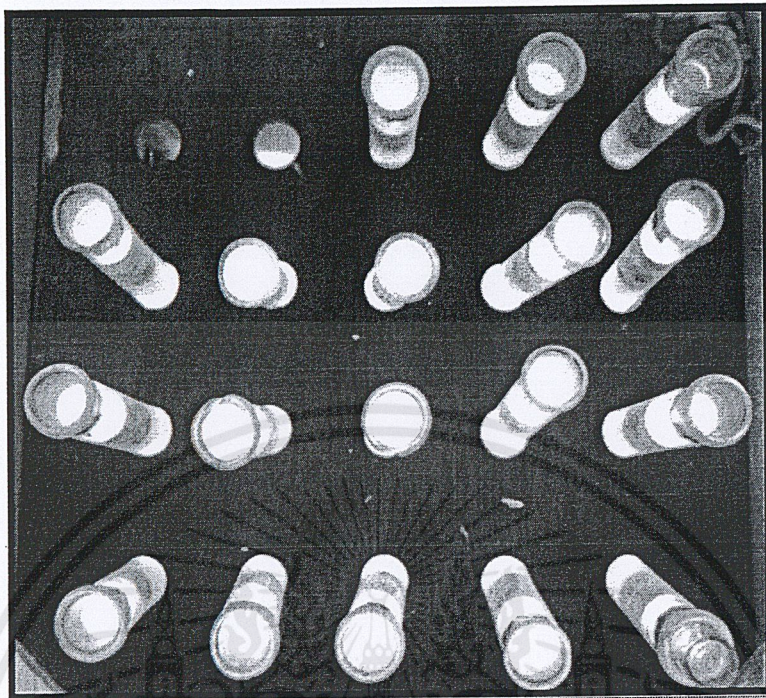
2.5 การหาความเข้มข้นของสีของของเหลว [8]

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. หลอดคูสี (Color Comparison Tubes) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 20 mm ยาว 390 mm
2. ตู้เปรียบเทียบสี (Color Comparison Tubes Holder)

สารเคมี

1. สารตัวอย่าง
2. สารละลายสีมาตรฐาน



รูปที่ 2.6 สารละลายสีมาตรฐาน (เรียงค่าความเข้มของสีจากสีอ่อนไปเข้ม 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160 และ 180)

วิธีทดสอบ

1. รินสารตัวอย่างลงในหลอดคูลีให้ได้ระดับเท่ากับระดับสารละลายสีมาตรฐาน
2. ใส่หลอดคูลีที่รินสารตัวอย่างลงในตู้เปรียบเทียบสี
3. เปรียบเทียบสีของสารตัวอย่างกับสีของสารละลายสีมาตรฐาน โดยการมองลงไปในแนวตั้ง
4. บันทึกค่าความเข้มของสีของสารละลายสีมาตรฐานที่มีค่าความเข้มของสีใกล้เคียงกับสารตัวอย่างมากที่สุด

2.6 การหาค่าความเป็นกรด (Acid Value: AV)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง
2. บิวเรต ปริมาตร 2.5 และ 5 ml
3. ขวดรูปชมพู่ปริมาตร 125 และ 250 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กระบวคตวงปริมาตร 100 ml

สารเคมี

1. สารตัวอย่าง
2. สารละลาย Ethyl Alcohol Potassium Hydroxide (EtOH- KOH) 0.1 mol/L
3. สารละลาย Phenolphthalein Indicator (จุดยุติอยู่ในช่วง pH 7.6 – 9.2)
4. Ethyl Alcohol

วิธีทดสอบ

1. เติมสารตัวอย่างลงในขวดรูปชมพู่ตามน้ำหนัก ถ้าเป็น 2-ethylhexanol ใช้ 100 กรัม ไดออกทิลพาทาเลต ใช้ 1 กรัม
2. เติม Ethyl Alcohol ในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 30 ml
3. หยดสารละลาย Phenolphthalein Indicator 3-4 หยด
4. ไทเทรตด้วยสารละลาย EtOH- KOH บันทึกปริมาตรที่จุดยุติ (V)
5. แทนค่าหา AV จากสมการ

$$AV = \frac{(V - BL) \times 56.1M}{W}$$

เมื่อ

AV คือ ค่าความเป็นกรด (Acid Value)

V คือ ปริมาตรของ EtOH-KOH ที่ใช้ไทเทรตสารที่ต้องการหาค่า AV (ml)

BL คือ ปริมาตรของ EtOH-KOH ที่ใช้ไทเทรตสารละลาย Ethyl Alcohol (ml)

M คือ ความเข้มข้นของ EtOH-KOH (mol/L)

W คือ น้ำหนักของสารตัวอย่าง (กรัม)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับไดออกทิลพาทาเลต

- 3.1.1 ศึกษากระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลตของบริษัท
- 3.1.2 ศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เกิดขึ้นในการผลิต ไดออกทิลพาทาเลต
- 3.1.3 ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสี และค่าความเป็นกรดในห้องปฏิบัติการ

3.2 ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต

- 3.2.1 รวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องและหาสาเหตุที่ทำให้ไดออกทิลพาทาเลตมีสีเข้มโดยใช้แผนภูมิแสดงสาเหตุและผล
- 3.2.2 ระดมสมองและหาปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต เช่น ความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำ และปริมาณการใช้ซ้ำ (อัตราส่วนโดยปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำต่อปริมาตรของ 2-ethylhexanol ใหม่)

3.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของไดออกทิลพาทาเลต และ 2-ethylhexanol จากการผสมของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่เครื่องปฏิกรณ์ และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำด้วยเทคนิค FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

3.4 ศึกษาผลของการใช้ซ้ำ 2-ethylhexanol ที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ ต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต

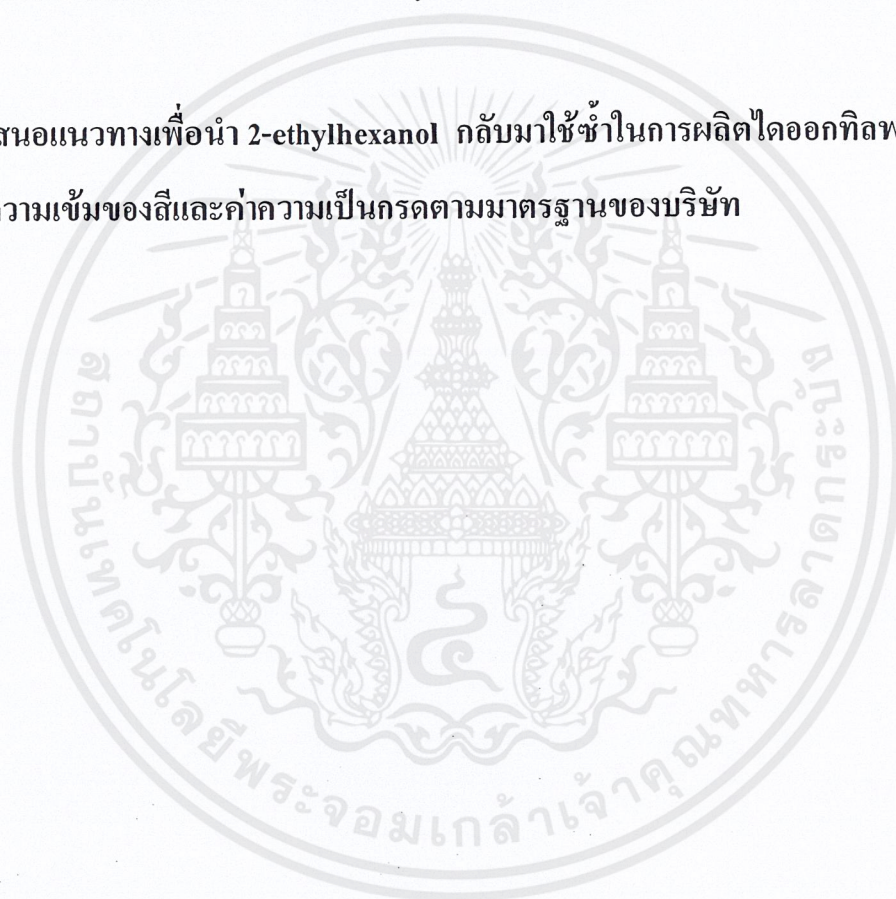
- 3.4.1 ผสม 2-ethylhexanol ที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์และหอกั่นด้วยไอน้ำกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่อัตราส่วนโดยปริมาตรต่างๆ แล้ววัดความเข้มข้นของสี และค่าความเป็นกรด

3.4.2 ผลิตภัณฑ์ลพาทาเลตจากของผสม 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่อัตราส่วน โดยปริมาตรต่างๆ

3.4.3 วิเคราะห์ความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ไดออกทิลพาทาเลต

3.5 หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาที่เครื่องปฏิกรณ์ และหน่วยกั่นด้วยไอน้ำของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำและไดออกทิลพาทาเลต

3.6 เสนอแนวทางเพื่อนำ 2-ethylhexanol กลับมาใช้ซ้ำในการผลิตไดออกทิลพาทาเลตให้ได้ ความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดตามมาตรฐานของบริษัท

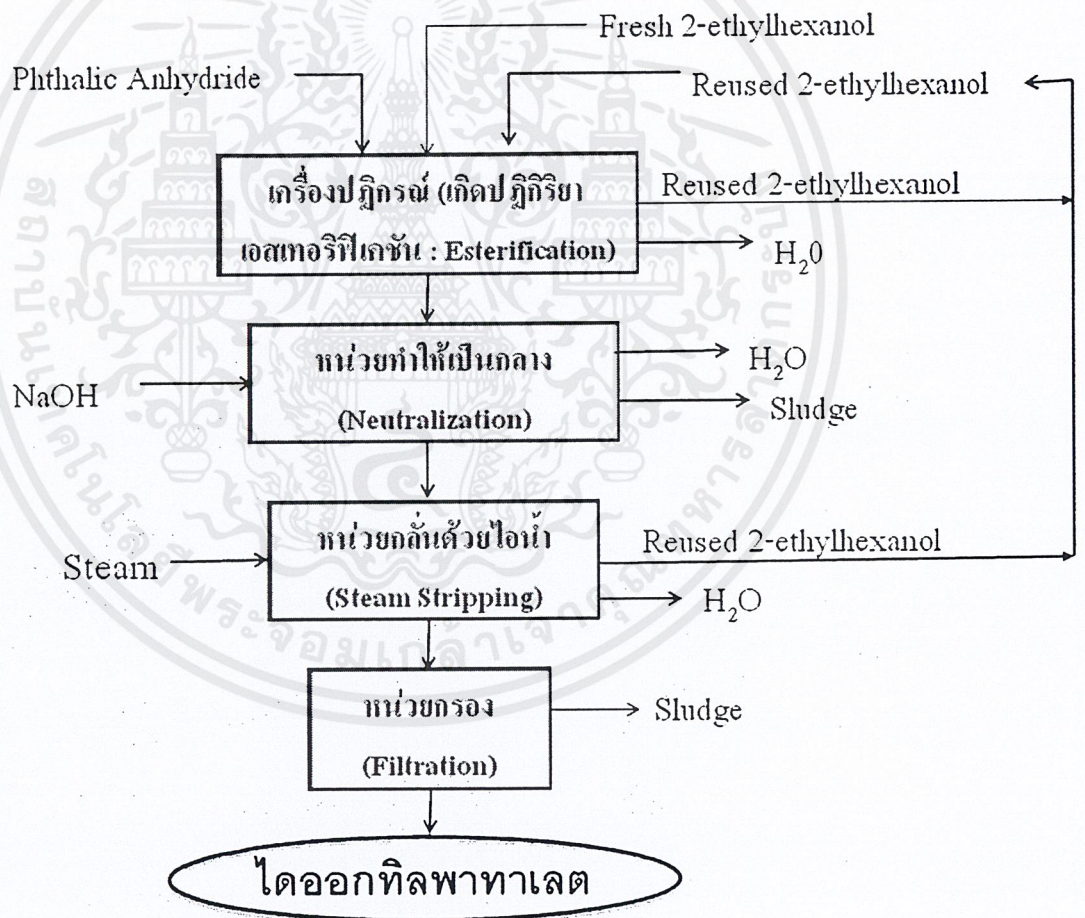


บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัยและการวิเคราะห์ผล

4.1 กระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลตของบริษัท

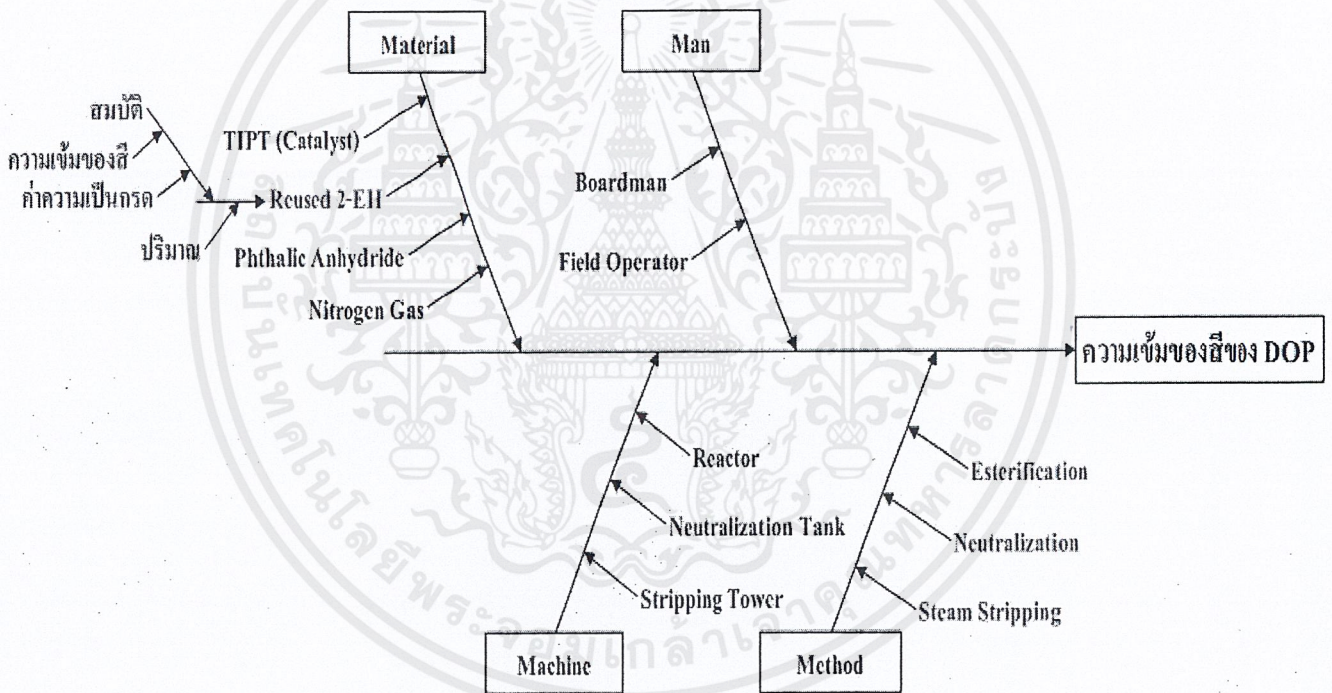
กระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลตแสดงเป็นแผนภาพ (Block Flow Diagram) ได้ดังนี้
2-ethylhexanol ที่จะใช้ซ้ำร่วมกับ 2-ethylhexanol ใหม่ นำกลับมาจากเครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่น
ด้วยไอน้ำ



รูปที่ 4.1 แผนภาพอย่างง่ายกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลต

4.2 ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต

รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงสาเหตุและผลของปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตเมื่อมีการนำ 2-ethylhexanol กลับมาใช้ซ้ำ (Reused 2-EH) จากรูปปัจจัยที่ศึกษา คือ สมบัติของ Reused 2-EH ได้แก่ ความเข้มข้นของสี ค่าความเป็นกรด ปริมาณ และขั้นตอนของกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลต ได้แก่ เอสเทอริฟิเคชัน (Esterification) การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Stripping) เนื่องจากภาวะปฏิบัติการของขั้นตอนเหล่านี้มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ และมีความเป็นไปได้ที่จะทดลองปรับภาวะปฏิบัติการได้



รูปที่ 4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสีของไดออกทิลพาทาเลต

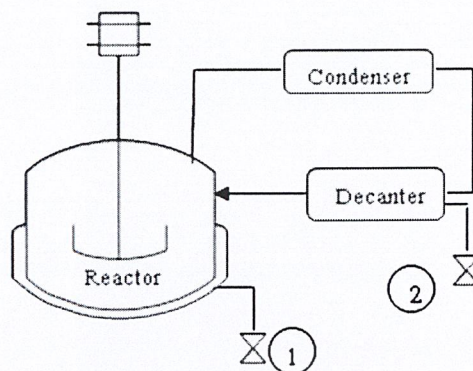
4.3 องค์ประกอบของ ไดออกทิลพาทาเลต และ 2-ethylhexanol จากการผสมของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่เครื่องปฏิกรณ์ และหน่วยกลั่นด้วย ไออน้ำด้วยเทคนิค FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

เนื่องจากองค์ประกอบของไดออกทิลพาทาเลตที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ ปริมาณและสีของ 2-ethylhexanol ที่นำมาใช้ซ้ำผสมกับ 2-ethylhexanol ใหม่ มีผลต่อความเข้มของสีของผลิตภัณฑ์ ไดออกทิลพาทาเลตจากหน่วยกลั่นด้วยไออน้ำ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิค FTIR ของสารต่างๆ ที่กล่าวมา แสดงในตารางที่ 4.1 บริเวณที่เก็บตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบที่พบจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR

Fresh 2-EH	เครื่องปฏิกรณ์		หน่วยกลั่นด้วยไออน้ำ	
	DOP (ออก)	2-EH* (ออก)	DOP (ออกก้นหอย)	2-EH* (ออกยอดหอย)
boned-OH	benzene	boned -OH	boned -OH	benzene
-CH ₃	boned -OH	ester	-CH ₂	free-OH
C=O	CH ₂ -OH	anhydride	-CH ₂ -CH ₃	boned -OH
ester	-CH ₂ -CH ₃	C=C	-CH ₃	epoxide
C=C	epoxide	bonded C-O	benzene	cyclopentanone
-C-CH ₃	trans CH=CH		-CH ₂	C=C
butyl	benzene Ring		epoxide	-CH ₂
alcohols	aliphatic ether		aliphatic ether	
	-CH ₂		alcohol	
	C=O			

2-EH* จากการผสมของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำกับ 2-ethylhexanol ใหม่



รูปที่ 4.3 บริเวณเก็บตัวอย่างที่เครื่องปฏิกรณ์

- 1) จุดเก็บตัวอย่าง ไดออกทิลพาทาเลต 2) จุดเก็บตัวอย่าง 2-ethylhexanol

จากตารางที่ 4.1 พบสาร cyclopentanone ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันคีโตนที่มีความไวต่อแสงและอุณหภูมิในตัวอย่าง 2-ethylhexanol ที่ออกจากหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แต่ไม่พบที่เครื่องปฏิกรณ์ แสงและอุณหภูมิสามารถทำให้สาร cyclopentanone เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและอาจมีผลต่อความเข้มข้นของ 2-ethylhexanol ที่ออกจากหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำและจะนำกลับไปใช้ใหม่ สาร cyclopentanone เกิดได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์ ดังปฏิกิริยาในสมการที่ 4.1 [9]



แม้ว่าอุณหภูมิที่เครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำจะใกล้เคียงกัน (ประมาณ 180-205 °C และ 168-180 °C ตามลำดับ) และความดันที่ทั้งสองหน่วยปฏิบัติการจะเป็นสุญญากาศประมาณ 0.03 บรรยากาศ แต่ที่พบสาร cyclopentanone ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แสดงว่าอุณหภูมิและความดันไม่ได้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสาร cyclopentanone อธิบายได้ว่าเพราะมีออกซิเจนจากหน่วยทำให้เป็นกลางซึ่งมีภาวะปฏิบัติการที่ความดันบรรยากาศ มาทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับ 2-ethylhexanol ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ

4.4 ผลของการใช้ซ้ำ 2-ethylhexanol ที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำต่อ ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต

เนื่องจากการลดต้นทุนเพราะ 2-ethylhexanol มีราคาสูง จึงต้องนำ 2-ethylhexanol ซึ่งเป็น สารตั้งต้นที่มากเกินไป และออกจากเครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำกลับมาใช้ซ้ำทำปฏิกิริยา เอสเทอร์ฟิเคชันร่วมกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่เครื่องปฏิกรณ์ แต่เพราะ 2-ethylhexanol ที่นำมาใช้ซ้ำ ได้ผ่านการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันจึงมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และอาจเพราะ cyclopentanone ดังที่ ได้อธิบายมาแล้ว จึงทำให้ไดออกทิลพาทาเลตมีความเข้มข้นสูงขึ้นด้วย อัตราส่วน โดยปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำกับ 2-ethylhexanol ใหม่ และความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol ที่ นำกลับมาใช้ซ้ำต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตเมื่อใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำที่มีความเข้มข้นของสีต่างๆ กับปริมาตรของ 2-ethylhexanol ใหม่ที่มีความเข้มข้นของสี 10 (APHA)

ปริมาตร (ลิตร)		ความเข้มข้นของสีของ	ปริมาตรของ PA (ลิตร)	ความเข้มข้นของสีของ DOP ที่อุณหภูมิห้อง (APHA)
Reused 2-EH	Fresh 2-EH	Reused 2-EH ที่อุณหภูมิห้อง (APHA)		
-	24,000	-	7,200	20
5,000	19,000	17.5	7,200	17.5
3,000	21,000	20	7,200	17.5
5,000	19,000	20	7,200	20
6,000	18,000	20	7,200	27.5
3,000	21,000	22.5	7,200	27.5
5,000	19,000	22.5	7,200	27.5
6,000	18,000	22.5	7,200	32.5
4,000	20,000	25	7,200	27.5

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตเมื่อใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำที่มีความเข้มข้นของสีต่างจากปริมาณของ 2-ethylhexanol ใหม่ที่มีความเข้มข้นของสี 10 (APHA)

ปริมาณ (ลิตร)		ความเข้มข้นของสีของ Reused 2-EH ที่อุณหภูมิห้อง (APHA)	ปริมาณของ PA (ลิตร)	ความเข้มข้นของสีของ DOP ที่อุณหภูมิห้อง (APHA)
Reused 2-EH	Fresh 2-EH			
5,000	19,000	25	7,200	27.5
6,000	18,000	25	7,200	35
4,000	20,000	27.5	7,200	27.5
5,000	19,000	27.5	7,200	27.5
6,000	18,000	27.5	7,200	32.5

หมายเหตุ 2-ethylhexanol มากเกินจากเครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ 4,000 และ 800 ลิตร ตามลำดับ เมื่อใช้ 2-ethylhexanol ใหม่และใช้ซ้ำ 24,000 ลิตร ป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์

การผลิตไดออกทิลพาทาเลต 1 แบทช์ ใช้ 2-ethylhexanol ใหม่ผสมกับที่นำกลับมาใช้ซ้ำรวม 24,000 ลิตร จากตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณและความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำมีผลต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต เช่น กรณีความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำเท่ากัน เช่น 20 (APHA) เมื่อปริมาณของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำเพิ่มเป็น 6,000 ลิตร ความเข้มข้นของสีไดออกทิลพาทาเลตสูงเป็น 27.5 (APHA) และที่ความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol 22.5 (APHA) และ 25 (APHA) แม้ใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำ 6,000 ลิตร ความเข้มข้นของสี ไดออกทิลพาทาเลตเพิ่มสูงขึ้นถึง 32.5 (APHA) และ 35 (APHA) ดังนั้นถ้าความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำยิ่งสูงและยังใช้ในปริมาณมากขึ้น ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตจะต้องสูงมากขึ้น (แต่ผลการทดสอบที่ความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol 27.5 (APHA) และปริมาณที่ใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำ 6,000 ลิตร มีความคลาดเคลื่อน)

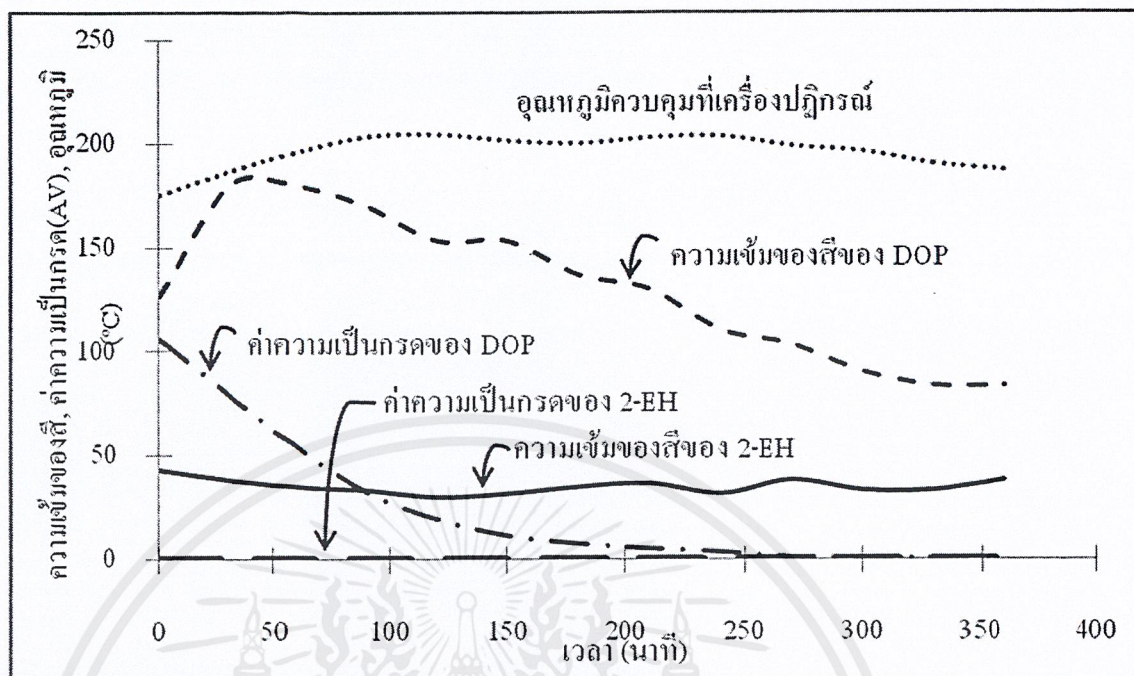
จะเห็นว่ากรณีที่ใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำผสมกับ 2-ethylhexanol ใหม่ที่อัตราส่วนโดยปริมาตร 6,000 ลิตร : 18,000 ลิตร ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตสูงกว่า 30 (APHA) ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานที่บริษัทควบคุม

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาที่เครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำและไดออกทิลพาทาเลต

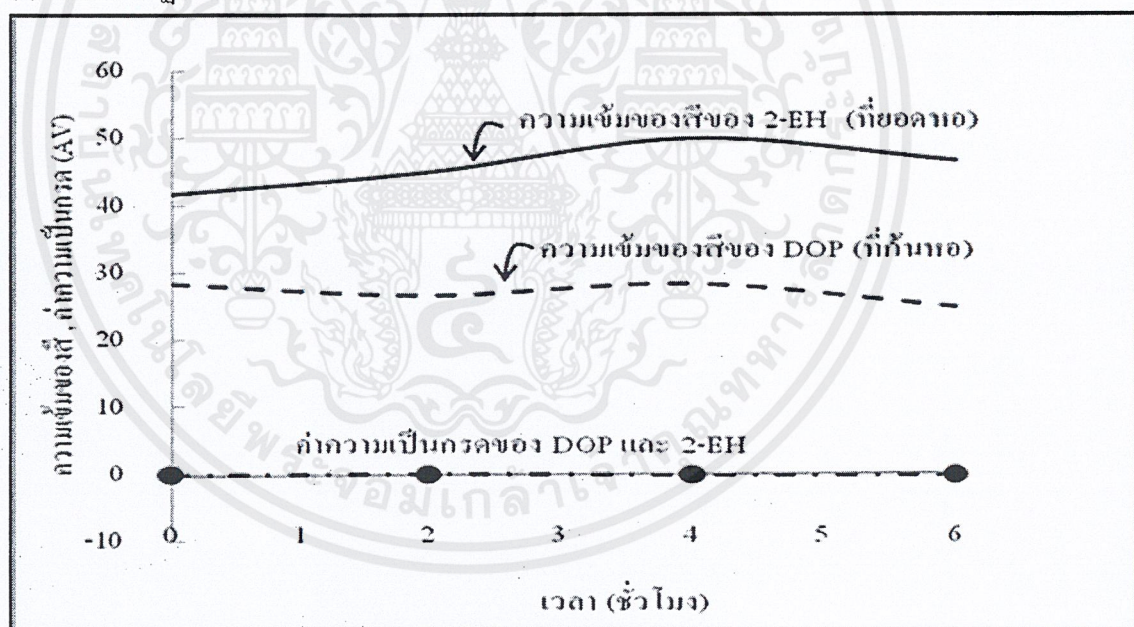
การวิเคราะห์ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาเพื่อหาสาเหตุที่กระทบต่อคุณภาพของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลต จากรูปที่ 4.4 ก ควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 180 – 205 °C เพราะปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของพาทาลิกแอนไฮไดรด์และ 2-ethylhexanol เกิดได้ดี และจะเห็นว่าความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำก่อนข้างคองที่ ขณะที่ความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยามีค่าสูง คาดว่าเพราะโมโนออกทิลพาทาเลตที่เกิดในขั้นตอนแรกของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันมีสีน้ำตาลเข้ม [10] สาเหตุที่ความเข้มข้นของไดออกทิลพาทาเลตลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจากมีไดออกทิลพาทาเลตซึ่งเป็นของเหลวใสเกิดมากขึ้นที่เครื่องปฏิกรณ์บริษัทต้องควบคุมความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตไม่เกิน 90 (APHA)

เนื่องจากไดออกทิลพาทาเลตและ 2-ethylhexanol มีสมบัติเป็นกลาง (ค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol เท่ากับ 0.04 จะมี pH เท่ากับ 7) ดังนั้นค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำจึงต่ำ แต่สำหรับค่าความเป็นกรดของไดออกทิลพาทาเลตในช่วงแรกมีค่าสูงเพราะมีโมโนออกทิลพาทาเลตซึ่งมีสมบัติเป็นกรด [11] หลังจากนั้นจะลดต่ำลง

รูปที่ 4.4 ข แสดงความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของไดออกทิลพาทาเลตและ 2-ethylhexanol ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ ความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol ที่นำกลับมาใช้ซ้ำจะอยู่ในช่วง 40-50 (APHA) (บางแบบที่ควบคุมความเข้มข้นของ 2-ethylhexanol ไม่ได้) ส่วนความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตก่อนข้างคองที่และต่ำกว่าที่เครื่องปฏิกรณ์เพราะที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำไม่มีการปนเปื้อนของโมโนออกทิลพาทาเลต สำหรับค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตมีค่าน้อยมากเพราะได้ผ่านหน่วยทำให้เป็นกลางแล้ว และสารทั้งสองมีสมบัติเป็นกลาง



(ก) ที่เครื่องปฏิกรณ์



(ข) ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ (อุณหภูมิของสายป้อน 168 °C)

รูปที่ 4.4 แนวโน้มความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ Reused 2-EH (ความเข้มข้นของสี 25) และ DOP ที่ปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำ ต่อปริมาตรของ 2-ethylhexanol ใหม่ เท่ากับ 5,000 ลิตร : 19,000 ลิตร

ความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ที่หน่วยทำให้เป็นกลาง

แม้ว่าไดออกซิลพาทาเลดมีสมบัติเป็นกลาง และค่าความเป็นกรดที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ประมาณ 0.1 แต่ต้องผ่านการปรับสภาพที่กระบวนการทำให้เป็นกลางเพื่อควบคุมค่าความเป็นกรดไม่เกิน 0.04



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

การนำ 2-ethylhexanol ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์และหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำกลับมาใช้ซ้ำร่วมกับ 2-ethylhexanol ใหม่เพื่อลดต้นทุน โดยความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตที่ยังอยู่ในมาตรฐานของบริษัทคือระหว่าง 25-30 (APHA) มีข้อสรุปดังนี้

1. 2-ethylhexanol จากหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำพบสาร cyclopentanone ซึ่งเป็นสารในกลุ่มคีโตนที่มีความไวต่อแสงและอุณหภูมิ จึงอาจมีผลต่อความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol และส่งผลต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลตได้
2. ขั้นตอนการทำให้เป็นกลางไม่มีผลต่อความเข้มข้นของสีของไดออกทิลพาทาเลต เพราะค่าความเข้มข้นของสีของผลิตภัณฑ์รวมที่ได้ออกมาจากหน่วยทำให้เป็นกลางอยู่ในมาตรฐานของบริษัท ส่วนค่าความเป็นกรดไม่เกิน 0.04
3. อัตราส่วน โดยปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำต่อ ปริมาตรของ 2-ethylhexanol ใหม่ ไม่ควรเกิน 5,000 ลิตร : 19,000 ลิตร
4. การใช้ 2-ethylhexanol ซ้ำในกระบวนการผลิต 3 แบทช์ต่อวัน จะทดแทนการใช้ 2-ethylhexanol ใหม่ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 130 ล้านบาทต่อปี

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol จากหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำมีค่าสูงกว่าจากเครื่องปฏิกรณ์ ดังนั้นจึงควรหาวิธีที่จะสามารถนำ 2-ethylhexanol จากเครื่องปฏิกรณ์มาใช้ให้ได้ปริมาณมากที่สุด เพราะจะลดปริมาณของ 2-ethylhexanol จากหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำลงได้ และความเข้มข้นของสีของ 2-ethylhexanol รวมที่นำมาใช้ซ้ำจะลดลง

- จากการดำเนินงานพบสารกลุ่มคีโตนคือ สาร cyclopentanone ใน 2-ethylhexanol ที่ได้จากหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ ดังนั้นเพื่อให้ทราบปริมาณของสาร cyclopentanone ควรใช้เทคนิค Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] DOP Datasheet

Available: http://www.bs-chemie.com/deutsch/produkte/oxo/download/dop_datasheet.pdf
(6/7/2553)

[2] โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เพื่อประเมินการปนเปื้อนจากบรรจุภัณฑ์อาหาร. 2551.
สารปนเปื้อนที่พบในบรรจุภัณฑ์พีวีซี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Available: <http://pack.cutip.net/foodcon/gen.php?page=13> (6/7/2553)

[3] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม พิษวิทยาและการบริหารจัดการสารเคมี. 2550.
พลาสติกไซเซอร์. มหาวิทยาลัยมหิดล.

Available: <http://www.etm.sc.mahidol.ac.th/a1.shtml> (6/7/2553)

[4] ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. 2538. พลาสติกไซเซอร์. กรมวิทยาการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

Available: http://webdb.dmasc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_2_001c.asp?info_id=146 (6/7/2553)

[5] เอกสารบริษัท คอนทินนทอล ปิโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด. 2-ethylhexanol.

[6] เอกสารบริษัท Johnson Matthey Group. Direct Esterification Technology.

[7] เอกสารบริษัท คอนทินนทอล ปิโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด. DOP PROCESS
INSTRUCTIONS.

[8] เอกสารบริษัท คอนทินนทอล ปิโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด. การหาค่าความเข้มข้นของสี และค่า
ความเป็นกรด.

[9] พิเชษฐ วิริยะจิตรา. 2526. โฟโตเคมีอินทรีย์ = Organic Photochemistry. กรุงเทพฯ :
ทบวงมหาวิทยาลัย.

[10] MSDS monoethyl phthalate

Available: <http://www.chemcas.com/msds/cas/msds20/5393-19-1.asp> (1/10/2554)

[11.] MSDS phthalic acid

Available: <http://www.oxid.net/TEROL%20MSDS%20TR250%20%20Phthalic%20Acid%20Es%20rev%20110104.pdf> (1/10/2554)

[12.] Infrared Spectroscopy

Available: cyberclass.msu.ac.th/cyberclass/cyberclass-uploads/.../lecture-IR_35da.doc
(3/1/2554)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลดิบ

ตารางที่ ก.1 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกซิลพาทาเลตที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบซ์ที่ 1

ครั้งที่	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	เครื่องปฏิกรณ์			
			2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
			ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	177	25	0.28	180	111.45
2	30	188	25	0.19	150	81.93
3	60	198	25	0.22	110	52.59
4	90	205	25	0.17	100	32.97
5	120	205	30	0.06	100	26.31
6	150	205	25	0.05	100	8.36
7	180	207	25	0.15	100	4.16
8	210	204	25	0.14	100	0.24
9	240	206	25	0.03	100	0.22
10	270	205	25	0.18	90	0.22
11	300	199	30	0.15	90	0.22
12	330	188	25	0.05	90	0.22
13	360	183	25	0.24	80	0.22

หมายเหตุ : แบบซ์ที่ 1 ปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำ : ปริมาตร 2-ethylhexanol ใหม่ 4,000 ลิตร : 20,000 ลิตร และปริมาตร PA 7,200 ลิตร (ความเข้มของสี 2-ethylhexanol ที่นำมาใช้ซ้ำ 20 (APHA))

ตารางที่ ก.2 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกซิลพาทาเลตที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบซ์ที่ 2

ครั้งที่	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	เครื่องปฏิกรณ์			
			2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
			ความเข้มข้นของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มข้นของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	181	50	0.03	90	123.86
2	30	190	50	0.01	180	90.37
3	60	200	40	0.2	180	64.19
4	90	204	40	0.06	180	40.42
5	120	203	35	0.18	180	29.75
6	150	205	30	0.12	180	18.75
7	180	204	40	0.24	170	11.08
8	210	205	50	0.06	170	5.78
9	240	204	40	0.14	110	5.37
10	270	204	50	0.09	100	1.41
11	300	202	40	0.14	80	0.77
12	330	189	40	0.05	80	0.23
13	360	185	50	0.1	80	0.07

หมายเหตุ : แบบซ์ที่ 2 ปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำ : ปริมาตร 2-ethylhexanol ใหม่ 5,000 ลิตร : 19,000 ลิตร และปริมาตร PA 7,200 ลิตร (ความเข้มข้นของสี 2-ethylhexanol ที่นำมาใช้ซ้ำ 25 (APHA))

ตารางที่ ก.3 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกซิลฟาทาเลดที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบทซ์ที่ 3

ครั้งที่	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	เครื่องปฏิกรณ์			
			2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
			ความเข้มข้นของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มข้นของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	179	50	0.18	180	100.38
2	30	188	35	0.08	180	79.46
3	60	196	35	0.15	180	52.58
4	90	204	30	0.11	180	31.96
5	120	204	25	0.04	180	18.93
6	150	200	35	0.06	170	9.81
7	180	199	35	0.22	130	9.33
8	210	204	35	0.14	110	8.62
9	240	203	25	0.11	110	4.65
10	270	193	35	0.04	110	1.44
11	300	193	30	0.08	90	0.68
12	330	189	30	0.28	80	0.22
13	360	187	35	0.11	80	0.15

หมายเหตุ : แบบทซ์ที่ 3 ปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำ : ปริมาตร 2-ethylhexanol ใหม่ 5,000 ลิตร : 19,000 ลิตร และปริมาตร PA 7,200 ลิตร (ความเข้มข้นของสี 2-ethylhexanol ที่นำมาใช้ซ้ำ 25 (APHA))

ตารางที่ ก.4 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบซ์ที่ 4

ครั้งที่	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	เครื่องปฏิกรณ์			
			2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
			ความเข้มข้นของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มข้นของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	166	30	0.15	110	93.18
2	30	182	30	0.04	180	66.78
3	60	193	30	0.06	180	43.94
4	90	203	30	0.19	150	24.25
5	120	207	30	0.25	100	9.18
6	150	200	30	0.15	110	5.62
7	180	198	30	0.07	110	2.08
8	210	200	25	0.07	110	1.11
9	240	204	30	0.1	110	0.44
10	270	200	30	0.11	100	0.3
11	300	194	30	0.28	100	0.26
12	330	193	30	0.04	90	0.22
13	360	190	30	0.06	90	0.18

หมายเหตุ: แบบซ์ที่ 4 ปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำ : ปริมาตร 2-ethylhexanol ใหม่ 5,000 ลิตร : 19,000 ลิตร และปริมาตร PA 7,200 ลิตร (ความเข้มข้นของสี 2-ethylhexanol ที่นำมาใช้ซ้ำ 25 (APHA))

ตารางที่ ก.5 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกซิลพาทาเลตที่เครื่องปฏิกรณ์ แบบที่ 5

ครั้งที่	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (°C)	เครื่องปฏิกรณ์			
			2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
			ความเข้มข้นของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มข้นของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	180	25	0.18	170	117.88
2	30	182	25	0.08	170	98.46
3	60	189	25	0.06	180	79.02
4	90	199	25	0.19	180	50.53
5	120	204	25	0.11	180	29.42
6	150	203	25	0.15	140	15.33
7	180	203	30	0.08	120	4.79
8	210	202	25	0.1	110	2.89
9	240	206	25	0.11	110	1.15
10	270	203	30	0.05	120	0.88
11	300	201	25	0.02	100	0.15
12	330	189	25	0.07	90	0.06
13	360	185	25	0.11	90	0.06

หมายเหตุ : แบบที่ 5 ปริมาตรของ 2-ethylhexanol ที่ใช้ซ้ำ : ปริมาตร 2-ethylhexanol ใหม่ 4,000 ลิตร : 20,000 ลิตร และปริมาตร PA 7,200 ลิตร (ความเข้มข้นสี 2-ethylhexanol ที่นำมาใช้ซ้ำ 20 (APHA))

ตารางที่ ก.6 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ2-ethylhexanol และไดออกทิลฟาทาเลตจากหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบที่ 1

ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ			
		2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
		ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	40	0.02	25	0.01
2	2	50	0.02	30	0.01
3	4	40	0.02	25	0.02
4	6	50	0.01	25	0.01

ตารางที่ ก.7 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ2-ethylhexanol และไดออกทิลฟาทาเลตจากหน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบที่ 2

ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ			
		2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
		ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	40	0.01	25	0.01
2	2	50	0.02	30	0.01
3	4	50	0.01	25	0.01
4	6	40	0.01	25	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตจาก หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบที่ 3

ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ			
		2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
		ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	40	0.01	30	0.01
2	2	40	0.01	25	0.01
3	4	50	0.01	30	0.01
4	6	50	0.01	25	0.01

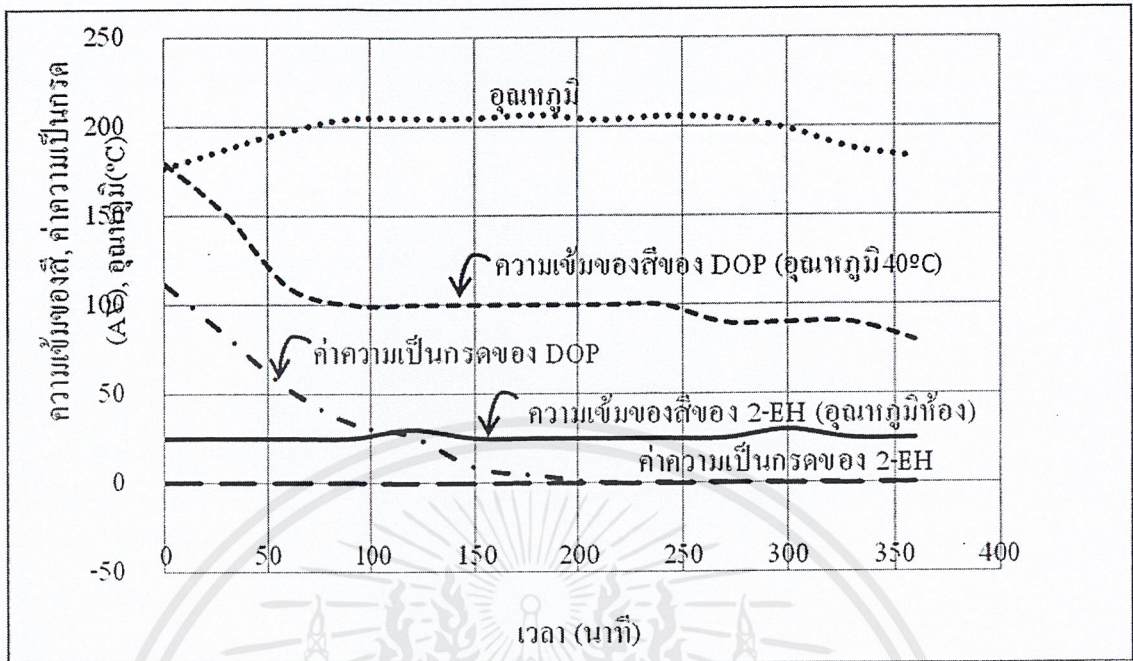
ตารางที่ ก.9 ความเข้มข้นของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตจาก หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบที่ 4

ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ			
		2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
		ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	45	0.01	30	0.006
2	2	45	0.01	25	0.01
3	4	50	0.01	30	0.01
4	6	50	0.01	25	0.012

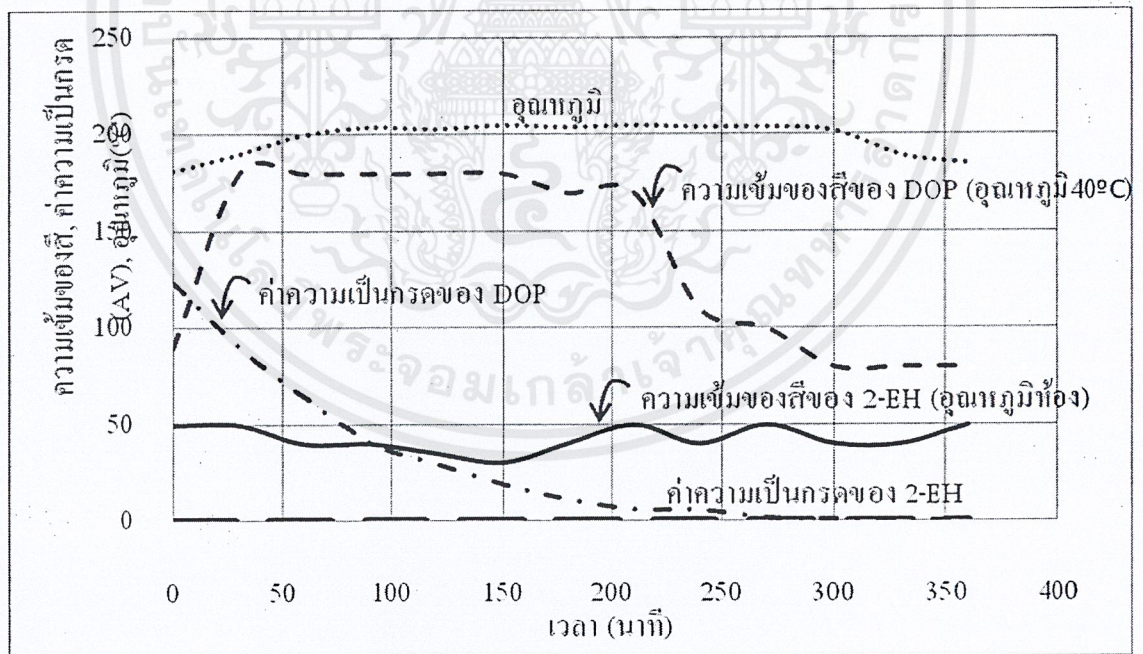
ตารางที่ ก.10 ความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดของ 2-ethylhexanol และไดออกทิลพาทาเลตจาก หน่วยกั่นด้วยไอน้ำ แบบที่ 5

ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	หน่วยกั่นด้วยไอน้ำ			
		2-EH (ออก)		DOP (ออก)	
		ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด	ความเข้มของสี	ค่าความเป็นกรด
1	0	50	0.01	30	0.01
2	2	45	0.01	30	0.01
3	4	45	0.01	25	0.01
4	6	45	0.01	25	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

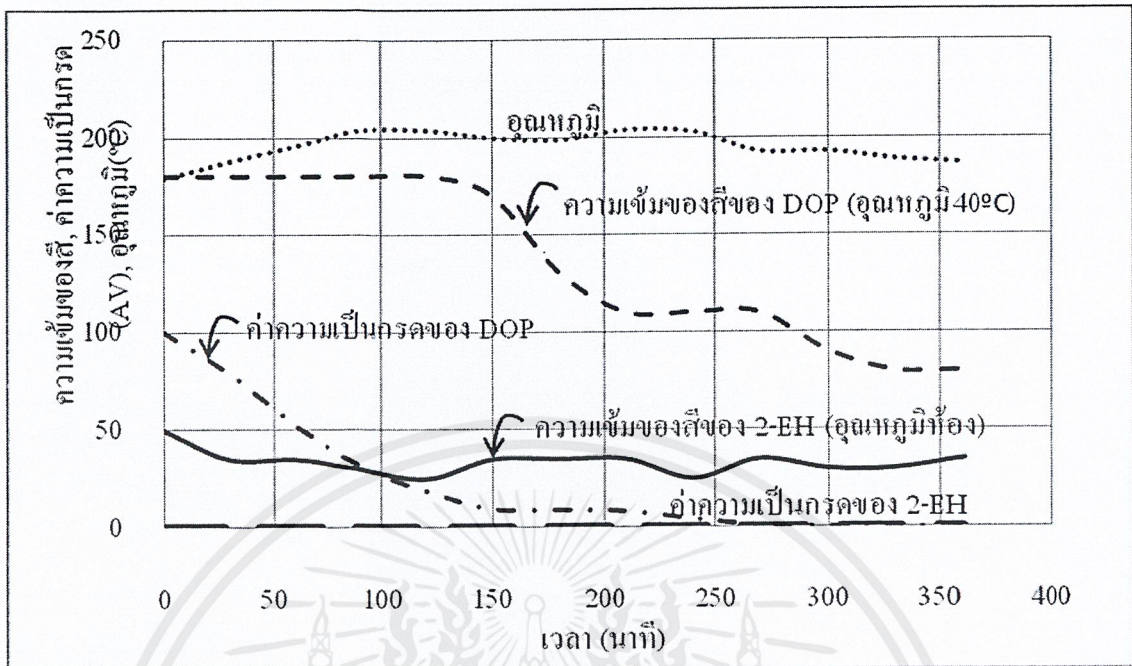


รูปที่ ก.1 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในแบบทซ์ที่ 1 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์

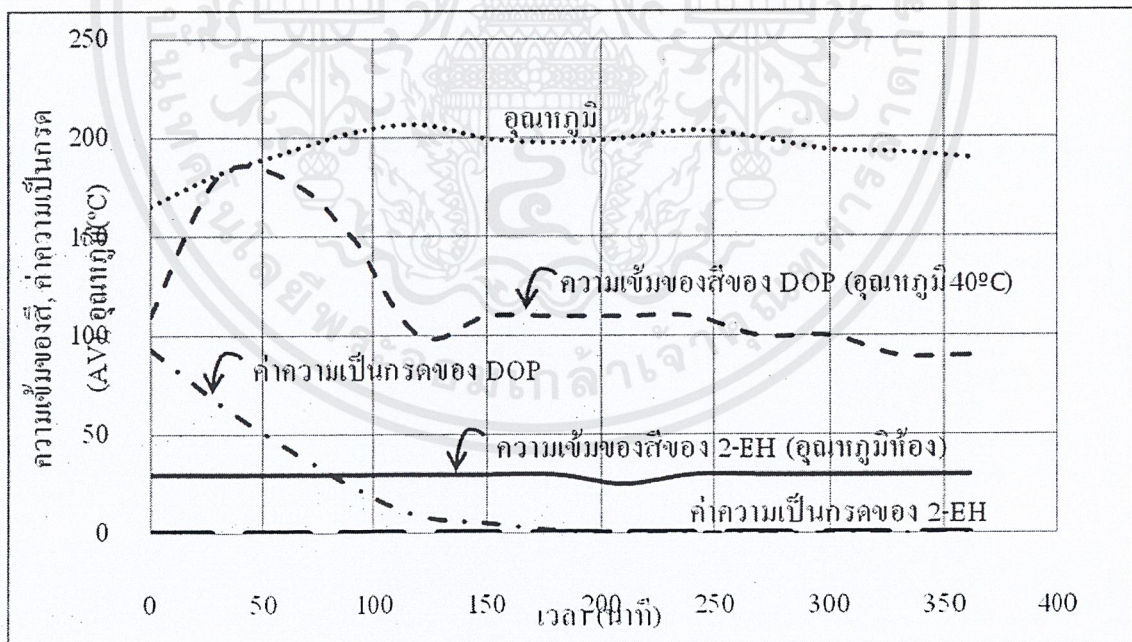


รูปที่ ก.2 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในแบบทซ์ที่ 2 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์

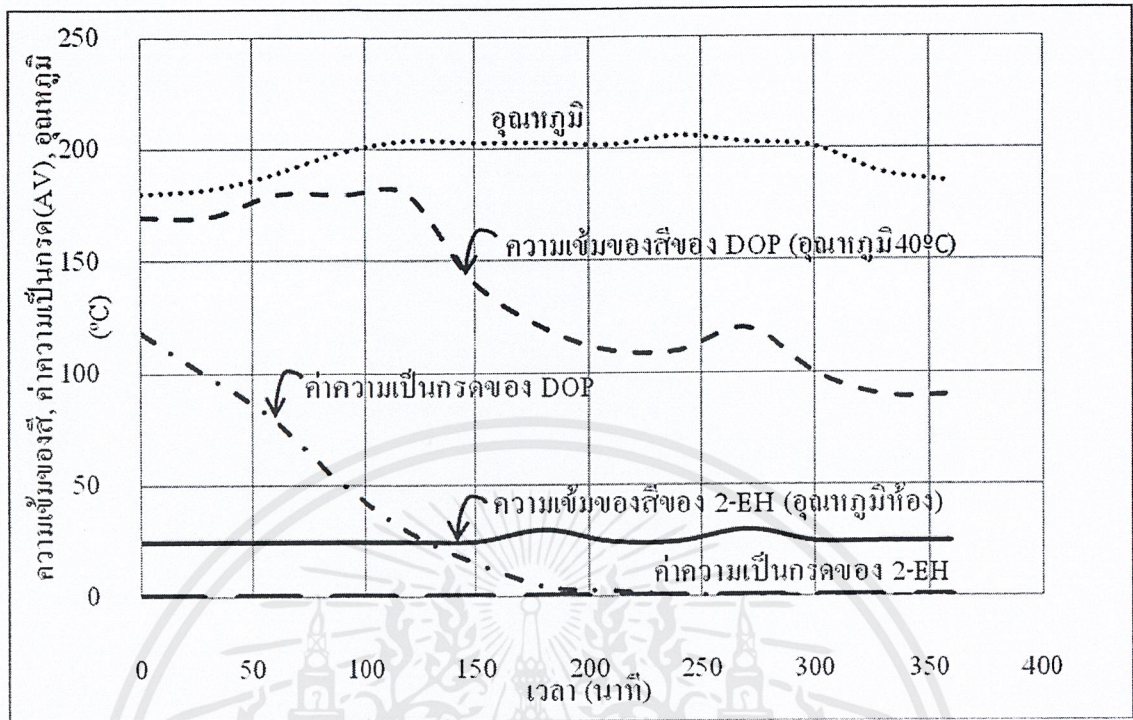
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



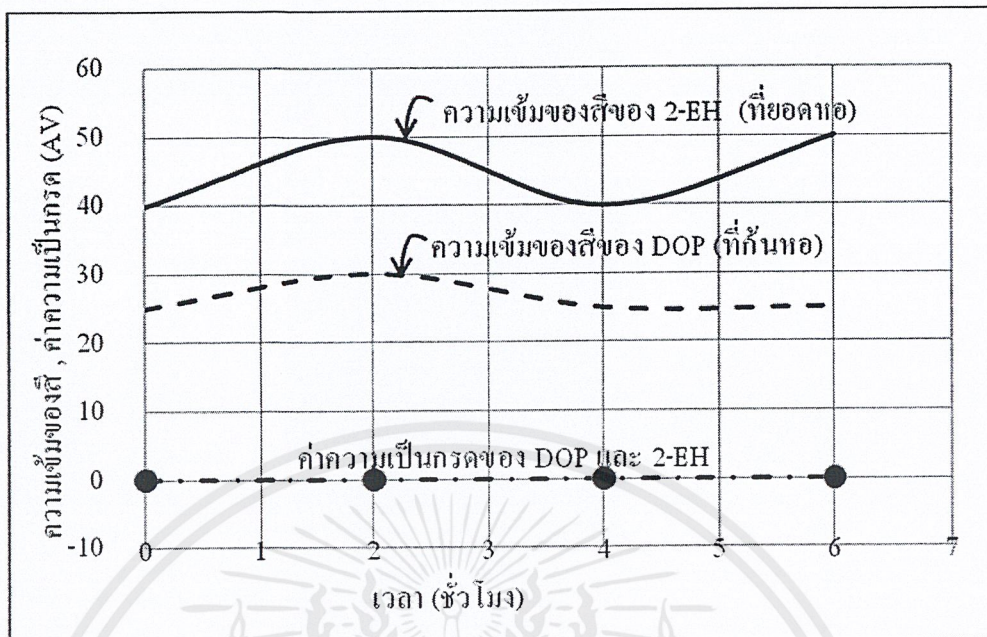
รูปที่ 3 แนวโน้มความเข็มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในแบบที่ 3 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์



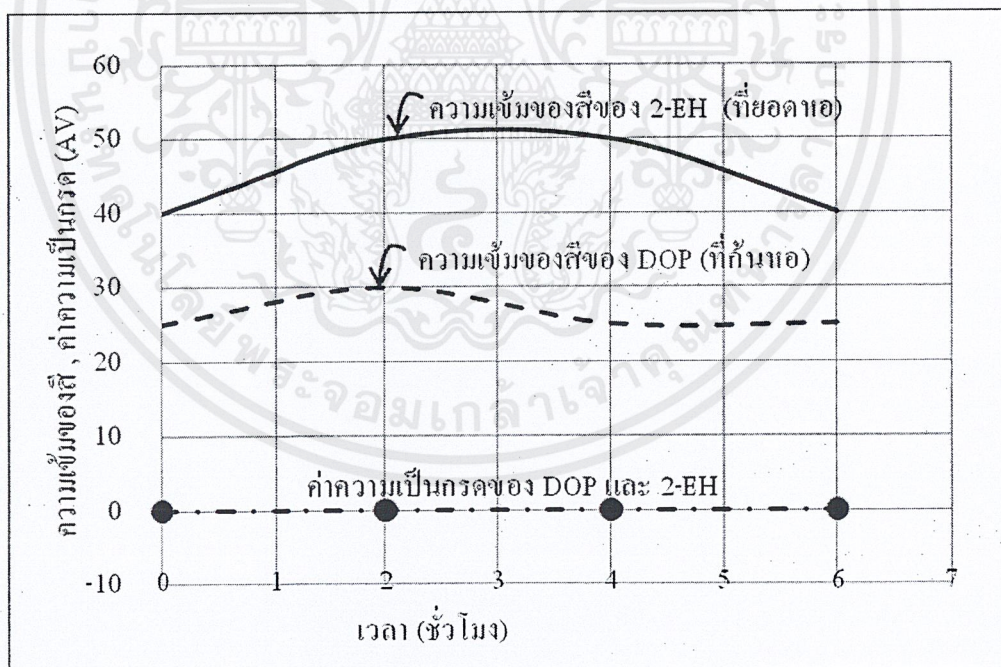
รูปที่ 4 แนวโน้มความเข็มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในแบบที่ 4 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์



รูปที่ ๓.๕ แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ในเบทซ์ที่ 5 ขณะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เครื่องปฏิกรณ์

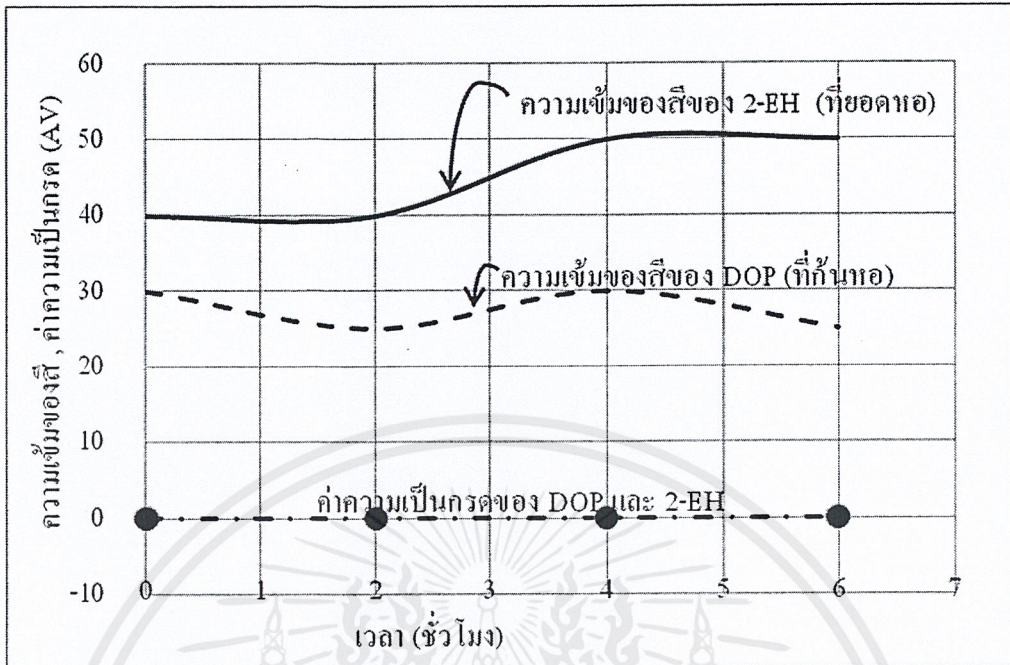


รูปที่ 6.6 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบพื้ที่ 1

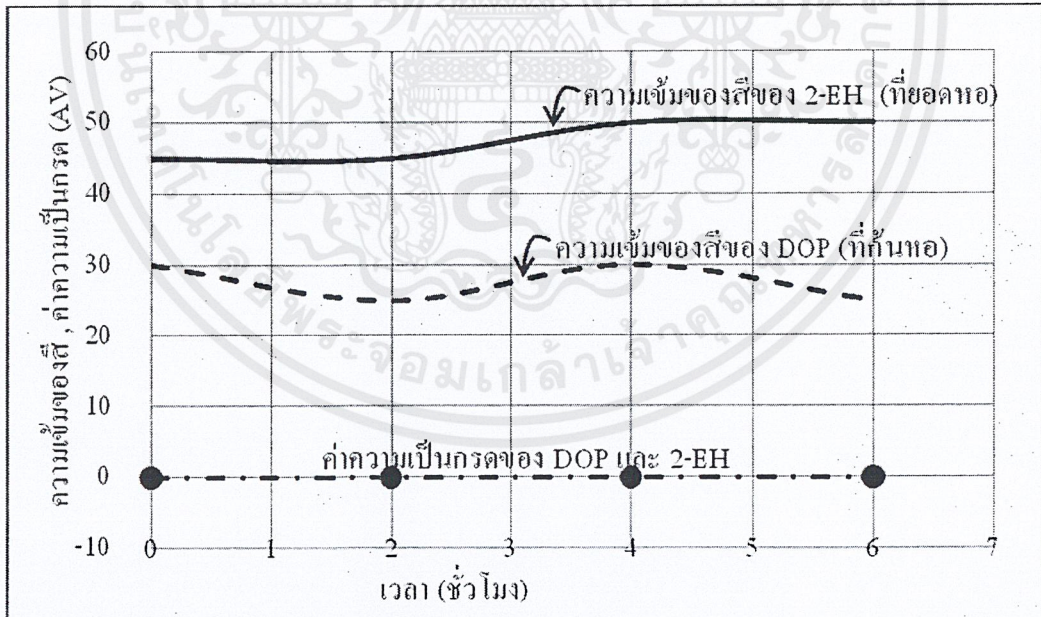


รูปที่ 6.7 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบบพื้ที่ 2

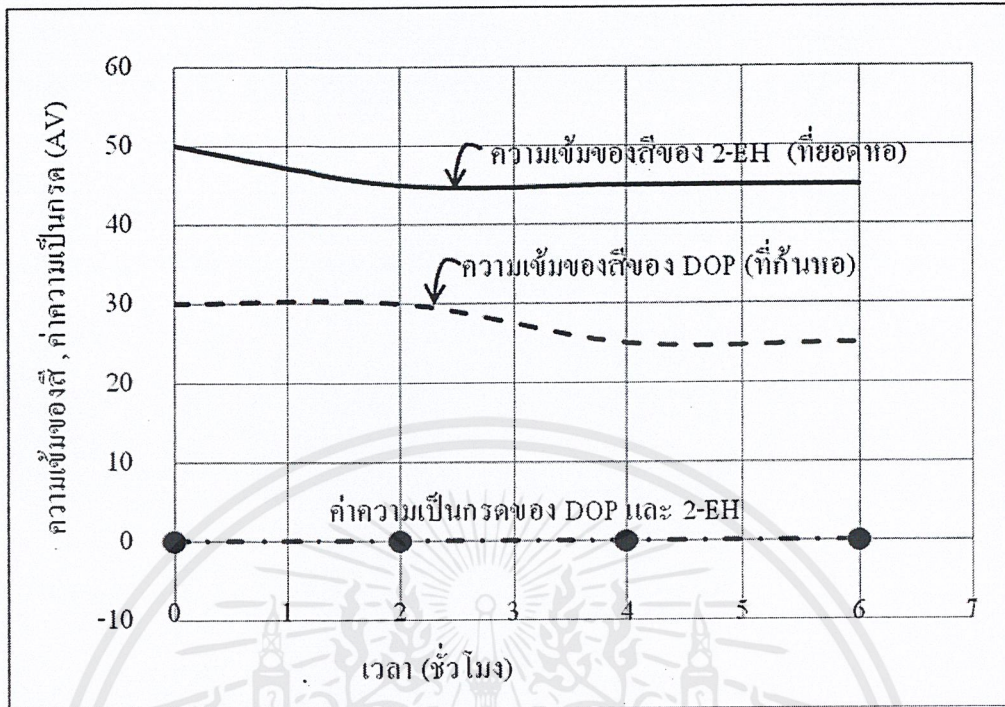
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.8 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบทซ์ที่ 3



รูปที่ 8.9 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำ แบทซ์ที่ 4



รูปที่ ก.10 แนวโน้มความเข้มของสีและค่าความเป็นกรดกับเวลาของ 2-EH และ DOP ที่หน่วยกลั่นด้วยไอน้ำแบบซัทซ์ที่ 5

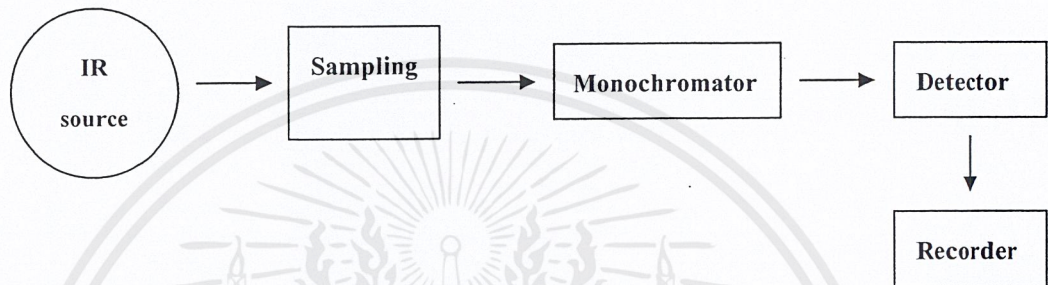
ตารางที่ ก.11 ค่า Wavenumber และองค์ประกอบของสารตัวอย่างจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR

Fresh 2-EH		เครื่องปฏิกรณ์				หอกัดสนด้วยไอน้ำ			
Wavenumber (cm ⁻¹)	องค์ประกอบ	DOP (ออก)		2-EH (ออก)		DOP (ออก)		2-EH (ออก)	
		Wavenumber (cm ⁻¹)	องค์ประกอบ	Wavenumber (cm ⁻¹)	องค์ประกอบ	Wavenumber (cm ⁻¹)	องค์ประกอบ	Wavenumber (cm ⁻¹)	องค์ประกอบ
3,447	boned-OH	743	benzene	3,441	boned-OH	3,428	boned-OH	886	benzene
2,907	-CH ₃	3,466	boned-OH	1,641	C=C	2,960	-CH ₂	3,750	free-OH
2,329	C=O	1,123	aliphatic ether	1,780	anhydride	2,931	-CH ₂ -CH ₃	3,513	boned-OH
1,747	ester	2,931	-CH ₂ -CH ₃	1,176	ester	2,859	-CH ₃	1,465	-CH ₂
1,693	C=C	1,380	C=O	1,104	boned C-O	1,621	benzene	1,750	cyclopentanone
1,381	-C-CH ₃	953	trans CH=CH			1,465	-CH ₂	1,636	C=C
1,226	butyl	1,274	epoxide			1,287	epoxide	1,250	epoxide
1,030	alcohols	1,072	CH ₂ -OH			1,123	aliphatic ether		
		1,463	-CH ₂			1,072	alcohol		
						745	benzene		

ภาคผนวก ข

Fourier Transform Infrared (FTIR)

ส่วนประกอบของเครื่อง Infrared Spectrophotometer [12]



รูปที่ ข.1 Block Diagram of an Infrared Spectrophotometer

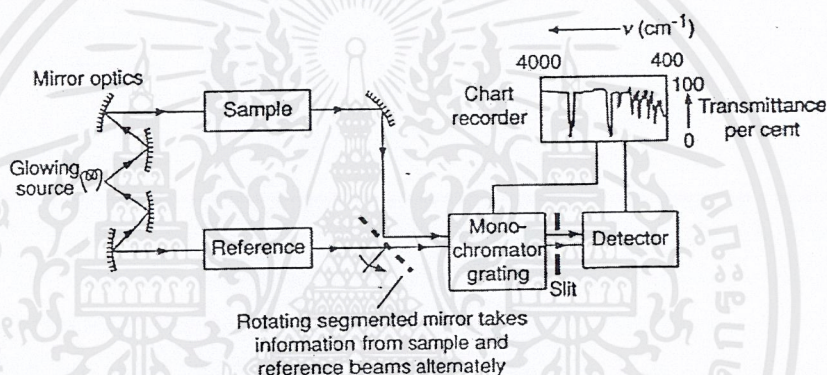
เครื่อง Infrared Spectrophotometer ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ

1. แหล่งกำเนิดแสง (IR Source) เป็นส่วนที่ผลิตแสง โดยหลอดที่นำมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดแสงจะต้องมีไส้หลอดที่สามารถให้รังสีอินฟราเรดได้ ชนิดของไส้หลอดที่นิยมใช้ ได้แก่ Nernst Glower, Globar และ Nichrome Coil
2. บริเวณที่วางตัวอย่าง (Sampling Area) อยู่ระหว่างทางเดินของแสงโดยมี ลักษณะเป็นช่อง
3. เครื่องแยกความถี่แสง (Monochromator) เป็นตัวแยกรังสีและจัดลำดับจำนวนคลื่นของแสง ทำด้วยปริซึมหรือ เกรตติง (Grating)
4. เครื่องตรวจวัดสัญญาณ (Detector) เป็นส่วนที่รับพลังงานแสงขั้นสุดท้ายแล้วแปลงออกมาเป็นสัญญาณส่งเข้าเครื่องบันทึกสัญญาณ
5. เครื่องบันทึกสัญญาณ (Recorder) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเครื่องตรวจวัดสัญญาณ แล้วแสดงผลพร้อมออกมาโดยแสดงเป็นเส้นกราฟเรียกว่า สเปกตรัม

ชนิดของเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ มี 2 ประเภท คือ

1. Dispersive Infrared Spectrophotometer

โดยทั่วไปเป็นชนิดลำแสงคู่ (Double Beams) คือ ให้ลำแสงหนึ่งผ่านตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ และอีกลำแสงหนึ่งผ่าน Reference (เซลล์เปล่าหรือตัวทำละลายที่ใช้เตรียมตัวอย่าง) ตัวอย่างจะดูดกลืนแสงส่วนหนึ่งไว้ แสงที่เหลือที่ผ่านออกมาจะถูกส่งเข้า Monochromator ซึ่งทำหน้าที่จัดลำดับจำนวนคลื่นของแสงที่ผ่านออกมาเป็นช่วง แล้วส่งเข้าสู่เครื่องตรวจวัดสัญญาณ เพื่อตรวจวัดแสงที่ผ่านออกมาทีละช่วงความถี่ โดยหักเหแสงที่ผ่านจากตัวอย่างและ Reference แล้วบันทึกด้วยเครื่องบันทึกสัญญาณ และแสดงผลออกมาเป็นสเปกตรัม



รูปที่ ข.2 Dispersive Infrared Spectrophotometer [12]

2. Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR)

มีหลักการทำงานคล้ายกับ Dispersive Infrared Spectrophotometer แต่ใช้ Interferometer แทน Monochromator โดย FTIR จะวัดความเข้มของแสงที่จำนวนคลื่นต่างๆ อย่างต่อเนื่องเทียบกับเวลา แล้วแปลงผลด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า Fourier Transformation

FTIR มีข้อดีเมื่อเทียบกับ Dispersive Infrared Spectrophotometer คือ สามารถตรวจวัดได้รวดเร็ว และความเที่ยงตรงสูงกว่า ทำให้ได้สเปกตรัมที่มีความละเอียดและชัดเจนกว่า แต่มีราคาแพง

การเตรียมตัวอย่าง

วิธีเตรียมตัวอย่างเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากสารชนิดเดียวกันหากเตรียมด้วยวิธีต่างกันอาจทำให้ลักษณะหรือตำแหน่งของพีก (Peak) เปลี่ยนแปลงไป

ก่อนที่จะนำสารตัวอย่างไปตรวจวัดจะต้องมีการเตรียมสารตัวอย่าง ซึ่งจะต้องเลือกวิธีเตรียมภาชนะบรรจุ (Cell) หรือตัวกลางที่เหมาะสม โดยจะต้องไม่ดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับสารที่ต้องการศึกษา การเตรียมตัวอย่างแบ่งตามลักษณะตัวอย่างได้ดังนี้

ตัวอย่างที่เป็นแก๊ส ทำได้โดยอัดแก๊สลงในเซลล์แก้ว ที่ทำจาก NaCl หรือ NaBr

ตัวอย่างที่เป็นของเหลว

- ตัวอย่างที่เป็นของเหลวบริสุทธิ์เตรียมได้โดยหยดตัวอย่างซึ่งเป็นของเหลวลงบนแผ่นเซลล์ที่ทำด้วย NaCl หรือ KBr แล้วกดทับด้วย Plate ชนิดเดียวกัน ตัวอย่างที่เตรียมโดยวิธีนี้เรียกว่า Neat Liquid
- ตัวอย่างที่เป็นสารละลายซึ่งอาจเหนียวมากไม่เหมาะที่จะวัดแสง จึงต้องละลายในตัวทำละลายแล้วใส่ในเซลล์สำหรับใส่ของเหลว ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้จะต้องไม่ดูดกลืนแสงในความถี่เดียวกับตัวอย่างและต้องไม่ทำปฏิกิริยากับตัวอย่าง

ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง มีวิธีการเตรียม 2 วิธี

1. เตรียมได้โดยบดตัวอย่าง 2-5 mg เข้ากับ ของเหลวเหนียวข้นที่ไม่ดูดกลืนแสงในความถี่เดียวกับตัวอย่าง ประมาณ 1-2 หยด แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสง
2. เตรียมได้โดยนำตัวอย่าง 0.5-1.0 mg บดให้เข้ากับผง KBr หรือ KCl (ที่ผลิตขึ้นมาสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค IR) แล้วอัดจนเป็นแผ่น ซึ่งจะต้องระวังเรื่องความชื้นเนื่องจากผงเกลือทั้งสองชนิดนี้สามารถดูดความชื้นได้ดี

การประยุกต์ใช้

การหาสูตรโครงสร้างของสาร (Structure Elucidation)

ข้อมูลที่ได้จากอินฟราเรดสเปกตรัมมีข้อจำกัดในการหาสูตรโครงสร้างของสาร โดยจะบอกได้เพียงหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญใน โมเลกุลจากส่วนของ Group Frequency Region โดยทั่วไปจะใช้ข้อมูลจากอินฟราเรดสเปกตรัมเป็นส่วนสนับสนุนข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เช่น Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) และ Mass Spectrometry (MS) เป็นต้น

การพิสูจน์เอกลักษณ์ (Identification)

การพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยวิธีอินฟราเรดถือว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุด กล่าวได้ว่าถ้าอินฟราเรดสเปกตรัมของสารสองตัวเหมือนกันทุกประการ โดยเปรียบเทียบฟีกต่อฟีกแล้ว สารสองตัวนี้จะเป็นสารเดียวกันแน่นอน ยกเว้นสารสองตัวนั้นจะเป็นสารที่มีสมบัติทางกายภาพเหมือนกัน ซึ่งเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีจะไม่สามารถแยกความแตกต่างของสารที่มีสมบัติทางกายภาพเหมือนกันได้

วิธีพิสูจน์เอกลักษณ์ทำได้โดย นำสารมาตรฐานส่วนความถี่ของหมู่อะตอม (Reference Compound) กับสารตัวอย่างที่ต้องการทราบมาตรวจวัดด้วยเครื่องมือเดียวกัน การเตรียมแบบเดียวกัน สภาพแวดล้อมเหมือนกัน ถ้าสารตัวอย่างที่ต้องการทราบให้สเปกตรัมเหมือนกับสเปกตรัมของสารมาตรฐาน ก็แสดงว่าสารตัวอย่างที่ต้องการทราบเป็นสารชนิดเดียวกับสารมาตรฐาน

