

การผลิตสีรองพื้นอะคริลิเรซินแบบโปร่งแสงโดยใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ

ชัยมงคล จุลภาพ

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2556

PRODUCTION OF ACRYLIC RESIN TRANSPARENT PRIMER USING BIODIESEL FROM
JATROPHA OIL

Chaimongkhon Junlaphap

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2013

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การผลิตสีรองพื้นอะคริลิครีซินแบบโปร่งแสง
โดยใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ

โดย

ชัยมงคล จุลภาพ

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วัน.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ อาริรัตน์)

.....กรรมการ

(ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี วงษ์สุวรรณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์)

ชัยมงคล จุลภาพ : การผลิตสีรองพื้นอะคริลิเคเรซินแบบโปร่งแสงโดยใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมัน
สบู่ดำ. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์, 70 หน้า

สีรองพื้นอะคริลิเคเรซินแบบโปร่งแสงที่ผลิตโดยใช้เมทิลไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ ซึ่งทำ
หน้าที่เป็นสารตัวเติม เพื่อช่วยลดปัญหาต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไอรระเหยของทินเนอร์
ที่ได้จากปิโตรเลียม ไบโอดีเซลในงานวิจัยนี้ใช้การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่ใช้โซเดียม
ไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำผสมกับอะคริลิเคเรซิน สามารถ
ทดแทนทินเนอร์คือ ไวท์สปิริต ซึ่งใช้กันทั่วไปเชิงพาณิชย์ ได้ 10% ในสูตรที่มีอะคริลิเคเรซิน 50%
แห้งแข็งได้ภายใน 5 ชั่วโมงที่อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส และสามารถทดแทนได้ 5% ใน
สูตรที่มีอะคริลิเคเรซิน 75% แห้งแข็งได้ภายใน 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส

TNI

บัณฑิตวิทยาลัย
สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

CHAIMONGKHON JUNLAPHAP : PRODUCTION OF ACRYLIC RESIN
TRANSPARENT PRIMER USING BIODIESEL FROM JATROPHA OIL. ADVISOR :
ASSISTANT PROF. JINTAWAT CHAICHANAWONG (D. ENG.), 70 PP.

Acrylic resin transparent primer is producing by using methyl biodiesel derived from Jatropha oil as a filler to reduce health and environmental hazards caused from petroleum vapor. Biodiesel in this research is used transesterification with sodium hydroxide as a catalyst. Biodiesel from Jatropha oil mixed with acrylic resin can replace White spirit, a kind of thinner, around 10 % of commercial quantity by using 50 % of acrylic resin in the formula for drying hard within 5 hours at 37 °C ambient temperature, and around 5 % of commercial quantity by using 75 % of acrylic resin in the formula for drying hard within 3 hours at 37 °C ambient temperature.

TNI

Graduate School

Student's Signature.....

Field of Engineering of Technology

Advisor's Signature

Academic Year 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้กระทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อันเนื่องมาจากความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ กรุณาเสียเวลาอันมีค่าของท่าน มาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาแนวทางและการพัฒนาในการทำวิจัย ตลอดจนสอนขั้นตอนการดำเนินวิจัยตลอดการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ อาริรัตน์ (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง) ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา อีกทั้งยังแนะนำแนวทำวิจัยและความรู้ต่างๆที่เป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา อีกทั้งยังให้ข้อเสนอแนะที่ดี เพื่อใช้ในการปรับปรุงผลงานวิจัยให้ดียิ่งขึ้น

และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่ให้โอกาสในการศึกษา และขอบคุณเพื่อนๆ อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งผู้ที่กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามใน ณ ที่นี้ ผู้เขียนมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดีจากทุกท่านและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ชัยมงคล จุลภาพ

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูป.....	ญ

บทที่

1	บทนำ.....	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	5
	1.3 ขอบเขตการศึกษาและวิจัย.....	5
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
	1.5 แผนการดำเนินงาน.....	6
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
	2.1 สื่อดิจิทัล และองค์ประกอบสี่	7
	2.2 ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification).....	10
	2.3 อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Infrared Spectroscopy).....	12
	2.4 Crosslink Agent.....	15
	2.5 กฎของสโตกส์.....	16
	2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
3	วิธีการดำเนินงาน.....	20
	3.1 กระบวนการวิจัย.....	20
	3.2 ออกแบบวิธีวิจัย (Designed Research Method).....	21
	3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	29

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีการดำเนินงาน.....20
	3.4 การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....30
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....31
	4.1 การเปรียบเทียบเพื่อเลือกสารตัวเติม (Filler)31
	4.2 การหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของการใช้ไบโอดีเซลเป็นสารตัวเติม.....33
	4.3 การหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของการใช้ไบโอดีเซล โดยเพิ่มสัดส่วนของ Acrylic Resin.....39
5	บทสรุป ข้อเสนอแนะ และบทวิจารณ์.....44
	5.1 บทสรุป.....44
	5.2 ข้อเสนอแนะ และบทวิจารณ์.....45
	บรรณานุกรม.....47
	ภาคผนวก.....53
	ประวัติย่อผู้วิจัย.....70

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 เปรียบเทียบความดันไอของตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 25 °C.....	2
1.2 เปรียบเทียบองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันไบโอดีเซลจากวัตถุดิบต่างๆ	3
1.3 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงานของงานวิจัย.....	6
4.1 ผลเชิงกายภาพของการทดลองที่ 1.....	31
4.2 ผลเชิงกายภาพของการทดลองที่ 2.....	33
4.3 แสดง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม เทียบกับ % Gloss ที่มุม 60 องศาและเวลาการแห้งแข็ง (h).....	35
4.4 สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด เทียบกับ % Gloss ที่มุม 60 องศา และเวลาการแห้งแข็ง (h).....	35
4.5 ผลเชิงกายภาพของการทดลองที่ 3.....	39
4.6 แสดง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม เทียบกับเวลาการแห้งแข็ง (h) เมื่อปรับเปลี่ยนสัดส่วน Acrylic Resin เป็น 75%.....	40
4.7 แสดง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด เทียบกับเวลาการแห้งแข็ง (h) เมื่อปรับเปลี่ยนสัดส่วน Acrylic Resin เป็น 75%.....	40
4.8 เปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการใช้ White Spirit และไบโอดีเซลจากน้ำมันสุปุด้า.....	43
ก-1 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.....	54
ก-2 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2.....	54
ก-3 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3.....	54
ก-4 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2 ระหว่าง % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณตัวทำละลายรวม กับความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ.....	55
ก-5 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2 ระหว่าง % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณปริมาณสารทั้งหมด กับความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ.....	55
ก-6 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3 ระหว่าง % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณปริมาณสารทั้งหมด กับความสัมพันธ์ของเวลาการแห้งแข็ง.....	56
ก-7 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3 ระหว่าง % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณปริมาณสารทั้งหมด กับความสัมพันธ์ของเวลาการแห้งแข็ง.....	57

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ส่วนแบ่งทางการตลาดของสีอุตสาหกรรม	1
2.1 ปฏิกริยาระหว่างไขมันหรือน้ำมันกับแอลกอฮอล์.....	10
2.2 สูตรโครงสร้างหมู่เอสเตอร์ของกรดไขมันในน้ำมันสบู่ดำที่มีนัยสำคัญ.....	11
2.3 ปฏิกริยา Transesterification.....	12
2.4 ช่วงความถี่ที่เป็นลักษณะเฉพาะของ Functional Group Band.....	13
2.5 การยืด-หดของพันธะ (Bond Stretching) และการโค้งงอของพันธะ (Bond Bending).....	13
2.6 ตัวอย่าง Spectrum Band จาก FTIR Spectrometer ของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ.....	15
2.7 ลักษณะการเกิด Crosslink ระหว่าง Crosslink Agent กับ สารประกอบ Ester.....	15
2.8 แรงที่กระทำต่อผงสี (Pigment) ตกในสีสูตรน้ำ หรือสีสูตรน้ำมัน.....	16
2.9 สรุปการใช้การพัฒนาและทำประโยชน์ที่ได้จากน้ำมันสบู่ดำ.....	17
3.1 กระบวนการทดลองที่ 1 ไปยังการทดลองที่ 2 และ 3 ในรูปแบบ Flow Chart.....	20
3.2 ขั้นตอนการเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำในรูปแบบ Flow Chart.....	22
3.3 การควบคุมอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาที่ 45-60 °C.....	23
3.4 ชั้นของไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาอยู่ด้านบน.....	24
3.5 การทดลองที่ 1 ในรูปแบบ Flow Chart.....	25
3.6 การทดลองที่ 2 ในรูปแบบ Flow Chart.....	26
3.7 การทดลองที่ 3 ในรูปแบบ Flow Chart.....	28
4.1 การผสมกันการระหว่างน้ำมันสบู่ดำกับ Acrylic Resin เกิดเจล.....	31
4.2 การเปรียบเทียบสีเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ต่างกันผสมกับ Acrylic Resin.....	32
4.3 BYK Gardner Liquid Color Standards CL-CG-6726.....	33
4.4 แผ่นฟิล์มเคลือบด้วยสีรองพื้นแบบโปร่งแสงที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำเป็นสารตัวเติม.....	34
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม กับเวลาการแห้งแข็ง (h).....	36
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด กับเวลาการแห้งแข็ง (h).....	36
4.7 การทำที่พื้นผิวจริงของสูตร A1 โดยทางซ้าย ถ่ายเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2556 และทางขวา ถ่ายเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ณ จุดเดียวกัน.....	37
4.8 IR-Spectrum ของสูตร A1 ที่เป็นของเหลว.....	37
4.9 IR-Spectrum ของแผ่นฟิล์มก่อนที่จะทำการเคลือบด้วยสูตร A1.....	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 IR-Spectrum ของแผ่นฟิล์มหลังจากที่จะทำการเคลือบด้วยสูตร A1 และทิ้งไว้ให้แห้งแข็ง...	38
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม กับเวลาการแห้งแข็ง	
(h) ที่ปรับสัดส่วน Acrylic Resin เป็น 75%.....	42
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด กับเวลาการแห้งแข็ง	
(h) ที่ปรับสัดส่วน Acrylic Resin เป็น 75%.....	42
ก-1 ทดสอบแผ่นฟิล์มเป็น Blank ด้านหน้า.....	58
ก-2 ทดสอบแผ่นฟิล์มเป็น Blank ด้านหลัง.....	59
ก-3 ทดสอบแผ่นฟิล์มที่เคลือบด้วยตัวอย่าง ด้านหน้า.....	60
ก-4 ทดสอบแผ่นฟิล์มที่เคลือบด้วยตัวอย่าง ด้านหลัง.....	61
ก-5 ทดสอบวัด FTIR ในสูตร A1.....	62
ก-6 ทดสอบวัด FTIR ในน้ำมันสบู่ดำ.....	63
ก-7 ทดสอบวัด FTIR ในไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ.....	64
ก-8 ทดสอบวัด FTIR ในสูตร A5.....	65
ก-9 ทดสอบวัด FTIR ใน Acrylic Resin.....	66
ก-10 เครื่องวัดความหนืด ICI Cone and Plate.....	67
ก-11 Pycnometer และเครื่องชั่ง.....	68
ก-12 Auto Film Applicator Cube Applicator และ Drying Recorder.....	68
ก-13 Gloss Meter และ Opacity Meter.....	69

บทที่ 1

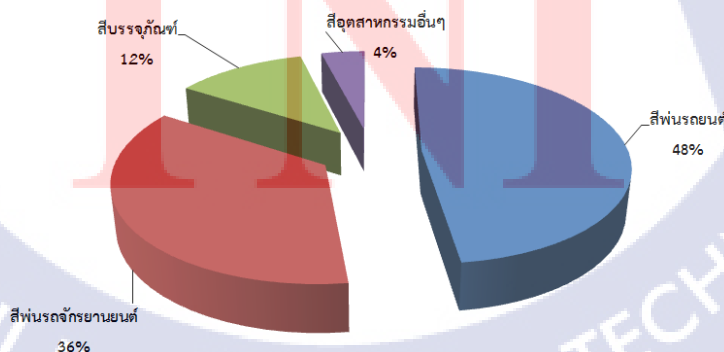
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในทุกประเทศต่างตระหนักและเห็นความสำคัญในเรื่องสิ่งแวดล้อม เป็นเพราะปัญหาที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมจะส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมกับมนุษย์ อีกทั้งการที่ทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัดและความต้องการมีจำนวนมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่มีแนวโน้มเพิ่มมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมซึ่งมาจากฟอสซิล ซึ่งมีการเอาไปใช้ประโยชน์ในหลายอุตสาหกรรม ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบที่มาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม จึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้ในอนาคต ดังนั้นจึงมีความพยายามค้นคว้าหาวัตถุดิบจากธรรมชาติเพื่อมาทดแทน เพราะราคาน้ำมันดิบตลาดโลกมีการแกว่งตัวค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นสารไฮโดรคาร์บอนและส่วนใหญ่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางดิน, ทางน้ำและทางอากาศ เนื่องจากสาเหตุที่กำจัดได้ยากหรือทำลายแล้วสร้างมลภาวะ อีกทั้งมีต้นทุนในการกำจัดสูง

ในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง อุตสาหกรรมสีและการเคลือบ เป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมเป็นส่วนประกอบหลักและเป็นตัวทำละลายที่สะดวกต่อการใช้งาน เช่น สีทาอาคารสูตรน้ำมัน ซึ่งนิยมการใช้ทินเนอร์เป็นตัวทำละลาย โดยเฉพาะ Petroleum Oil ที่เรียกกันในชื่อว่า White Spirit

ข้อมูลศูนย์วิจัยกสิกรไทยในปี 2551 [1] ได้มีประเมินการเติบโตของสีอุตสาหกรรม ซึ่งมีการใช้ตัวทำละลายเป็นส่วนประกอบในสูตร โดยมีส่วนแบ่งทางการตลาดในประเทศคิดเป็นมูลค่า 12,500 ล้านบาท หรือประมาณ 53% หากคิดเป็นปริมาณการผลิตของสีอุตสาหกรรมโดยรวมมีประมาณ 2.4 – 2.6 แสนตันต่อปี และส่วนที่เหลืออีก 47% เป็นมูลค่าตลาดของสีทาอาคาร



รูปที่ 1.1 ส่วนแบ่งทางการตลาดของสีอุตสาหกรรม

ในสีอุตสาหกรรมซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ สามารถแจกแจงสัดส่วนเป็นประเภทได้ดังนี้ โดยแบ่งเป็น สีพ่นรถยนต์คิดเป็น 48% สีพ่นรถจักรยานยนต์คิดเป็น 36% สีอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์คิดเป็น 12% และสีอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ คิดเป็นอีก 4%

ตลาดของ White Spirit ในประเทศไทยเมื่อต้นปี 2555 [2] ปริมาณการผลิตโดยผู้ผลิตรายใหญ่อยู่ที่ 6.5 ล้านลิตรต่อเดือน แบ่งเป็นขายในประเทศ 4.5 ล้านลิตรต่อเดือน ซึ่งถือว่าเป็นเกรดที่มีคุณภาพดีกว่าโรงกลั่นขนาดเล็กๆ ทั่วไป ส่วนในตลาดต่างประเทศเป็นเกรดคุณภาพรองลงมาอีก 2 ล้านลิตรต่อเดือน รวมทั้งตลาดเป็น 6.5 ล้านลิตรต่อเดือน (78 ล้านลิตรต่อปี)

White Spirit เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากกระบวนการกลั่นปิโตรเลียม มีค่าความดันไอสูงตามตารางที่ 1.1 จึงทำให้มีกลิ่นและไอระเหยได้ง่าย หากผู้ผลิตในที่นี้หมายถึงพนักงานของบริษัทผู้ผลิตซึ่งทำงานต่อเนื่องวันละหลายชั่วโมงและต้องสัมผัสหรือสูดดม White Spirit เข้าไปตลอดเวลา ส่งผลให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจได้ แม้ว่าจะมีระบบระบายอากาศในสถานที่ปฏิบัติงานก็ตาม ย่อมส่งผลอันตรายต่อสุขภาพทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง [3] นอกจากนี้ผู้บริโภคที่ใช้ผลิตภัณฑ์หรือชุมชนที่อาศัยอยู่ในละแวกนั้น ย่อมหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะได้รับผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งจะเกิดขึ้นมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณและความถี่ที่ได้รับ

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบความดันไอของตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 25°C

ตัวทำละลาย	ความดันไอ (mm Hg ที่อุณหภูมิ 25°C)
1. White Spirit [3]	0.75 - 10.50
2. Methyl Palmitate [4]	6.04×10^{-5}
3. Methyl Stearate [5]	1.36×10^{-5}
4. Methyl Oleate [6]	6.29×10^{-6}
5. Methyl Linoleate [7]	$< 6.29 \times 10^{-6}$

องค์ประกอบหลักของสี [8] ประกอบด้วย ส่วนของ Binder ที่ทำหน้าที่ยึดเกาะกับพื้นผิว ส่วนผงสี หรือ Pigment ทำหน้าที่ปิดบังความไม่เรียบร้อยของผิวและเพิ่มความแข็งแรงให้เนื้อฟิล์มสี แต่ในกรณีที่มีลักษณะใส ซึ่งอาจไม่มีผงสีหรือมีเพียงปริมาณน้อยเป็นส่วนประกอบหรืออาจมีผงสีชนิดโปร่งใสเป็นส่วนประกอบ อีกส่วนที่สำคัญคือ Thinner ใช้เป็นตัวทำละลาย, เจือจางในการผสมสี และช่วยในการแห้งของฟิล์มสี และ Additive ซึ่งใช้เติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือเพื่อวัตถุประสงค์สำหรับการใช้งานอื่นๆ เช่น Anti-Bacteria , Anti-Rust , Anti-Corrosion, Hardeners (Driers,

Crosslinking Agents) หรือ Filler [9] ที่ใช้ในวัสดุประสงค์ในการเพิ่มความสามารถในการทาต่อพื้นที่ และลดต้นทุน

แนวความคิดการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมกำลังเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยม ซึ่งอยู่ในรูปของไบโอดีเซล ชนิด Methyl Ester หรือ Ethyl Ester โดยเกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอร์เฟอริเคชั่น ระหว่างกรดไขมันในน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ น้ำมันพืชที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีทั้งที่เป็นน้ำมันพืชชนิดที่บริโภคได้ (Edible Vegetable Oil) เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น ส่วนน้ำมันพืชประเภทที่บริโภคไม่ได้ (Non-Edible Vegetable Oil) เช่น น้ำมันสบู่ดำ เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันสบู่ดำดังแสดงในตารางที่ 1.2 รวมถึงน้ำมันที่ผ่านกระบวนการใช้แล้วหรือปรุงอาหารแล้ว

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันไบโอดีเซลจากวัตถุดิบต่างๆ [10]

Grease (%)	สบู่ดำ	ถั่ว	ไขวัว	Rapeseed	Yellow Grease
Myristic acid (C14:0)	0.63	0.21	1.70	0.11	0.68
Palmitic acid (C16:0)	26.72	11.24	25.50	4.10	16.36
Palmitoleic acid (C16:1)	0.22	0.20	3.27	0.27	1.23
Stearic acid (C18:0)	3.67	4.04	14.41	1.80	9.32
Oleic acid (C18:1)	33.82	21.93	40.34	58.57	47.80
Linoleic acid (C18:2)	13.77	53.84	12.02	22.20	20.01
Linolenic acid (C18:3)	0.40	7.29	0.99	13.26	2.93
Arachidic acid (C20:0)	0.23	0.36	0.40	0.79	0.46
Gadoleic acid (C20:1)	0.11	0.26	1.03	1.79	0.39
Behenic acid (C22:0)	0.07	0.45	-	0.57	0.44
Erueic acid (C22:1)	-	-	-	0.13	0.23
Lignoceric acid (C24:0)	0.06	0.16	0.34	0.30	0.24
Nervonic acid (C24:1)	-	-	0.17	0.54	-

ที่มา : จักรพงษ์ ไชยบุรี. (2552). การทดสอบเครื่องยนต์เกษตรที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ. หน้า 12.

จากประเด็นความเป็นอันตรายจากไอระเหยของทินเนอร์ ซึ่งเป็นตัวทำละลายในสีสูตรน้ำมัน ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและปัญหาต่อสุขภาพ ทำให้เกิดผู้พยายามคิดค้นมาใช้สีสูตรน้ำ

มากยิ่งขึ้น แต่คุณสมบัติที่ได้จากสีสูตรน้ำ ก็ยังไม่สามารถพัฒนาให้ใกล้เคียงได้ เช่น ความเงา (Gloss), ความแข็งแรงทนทานของเนื้อฟิล์มสี เป็นต้น

ปัจจุบันมีผู้ให้ความสนใจศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ ซึ่งเป็นน้ำมันที่ได้จากเมล็ดของต้นสบู่ดำ เป็นพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลเป็นส่วนใหญ่ [11-13] สาเหตุเนื่องจากไบโอดีเซลมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และการมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ทำให้เครื่องยนต์มีกำลังแรงขึ้นเพราะช่วยเผาไหม้ มีสารหล่อลื่นในตัวเอง ทำให้เครื่องยนต์สึกหรอน้อยลง มีคุณสมบัติในการทำความสะดวกเครื่องยนต์ ทำให้ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์สะอาด นอกจากนี้ใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลแล้ว สามารถใช้เป็นน้ำมันชักแห้ง น้ำมันล้างเครื่อง ตัวทำละลายได้เป็นอย่างดี [14] แต่พบว่ายังมีงานวิจัยไม่มากนักที่ศึกษาการประยุกต์ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำในอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ต้นสบู่ดำมีศักยภาพที่น้ำจะได้รับการส่งเสริมให้เป็นพืชเศรษฐกิจในอนาคต เพราะเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี เจริญเติบโตได้แม้ว่าปลูกในพื้นที่ที่ดินขาดธาตุอาหาร [13, 15] หรือความเค็มในดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ [16] จึงสามารถปลูกได้ในหลายพื้นที่และไม่รบกวนพื้นที่การปลูกพืชเพื่อการบริโภค เป็นการช่วยส่งเสริมการบริหารจัดการที่ดินในประเทศให้มีประสิทธิภาพสูงสุดได้ อย่างไรก็ตามมีความกังวลเกี่ยวกับสารพิษในน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ เช่น Phorbol Ester ซึ่งเป็นสารพิษหลักในเมล็ดสบู่ดำ แต่จากงานวิจัยพบว่าจากการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดสบู่ดำ ทำให้สารพิษนี้ลดลงประมาณ 30% เนื่องจากสารพิษส่วนใหญ่คงค้างอยู่ในกากเมล็ด [17, 18] และสารพิษจากเมล็ดสบู่ดำนี้ยังถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน แสง ก๊าซออกซิเจน ดังนั้นเมื่อนำน้ำมันไปผ่านกรรมวิธีในการผลิตเป็นไบโอดีเซลจากการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์เฟอริเคชัน จะทำให้สารพิษเหล่านี้สลายตัวไป นอกจากนี้ความเป็นพิษของเมล็ดสบู่ดำนั้นจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ที่มาจากอินโดนีเซียจะมี Phorbol Ester เป็นปริมาณมาก ในขณะที่สายพันธุ์จากเม็กซิโกมีสารพิษดังกล่าวเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย [19]

ด้วยเหตุผลประกอบดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำทำหน้าที่เป็น Thinner และ Filler ในการผลิตสีรองพื้นอะคริลิกแบบโปร่งแสง ที่ใช้กับงานปูนหรือคอนกรีต เพื่อทดแทนการใช้ตัวทำละลายที่เป็นอันตรายต่อพนักงานและผู้บริโภค และไม่กระทบต่อวัตถุและพื้นที่การเพาะปลูกพืชที่เป็นอาหาร เพื่อให้ผู้ผลิต ผู้บริโภค ชุมชนและสิ่งแวดล้อมอยู่ร่วมกันได้อย่างยั่งยืน แต่เนื่องจากไบโอดีเซล มีค่าความดันไอ (Vapor Pressure) ที่อุณหภูมิห้องต่ำมาก ดังแสดงในตารางที่ 1.1 จึงทำหน้าที่เป็น Thinner ที่ไม่ดีในการผลิต แต่สามารถทำหน้าที่เป็น Filler ที่ดีในการใช้งานหรือเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการทาแปรง อีกทั้งหน้าที่การเป็น Filler ในไบโอดีเซล ยังช่วยให้เวลาการสัมผัสกันระหว่างพื้นผิวปูนหรือคอนกรีตได้นานขึ้น ทำให้มีโอกาสในการยึดจับของสีรองพื้นอะคริลิกแบบโปร่งแสงกับพื้นผิวดีขึ้น

การแห้งของไบโอดีเซลจะไม่สามารถพึ่งเพียงการระเหยกลายเป็นไออย่างเดียวไม่ได้ จึงต้องอาศัยการเกิดจากปฏิกิริยา Oxidation ทำให้เกิดการเชื่อมต่อสายโพลิเมอร์ (Crosslink) หรือการเพิ่มปริมาณ Crosslinking Agents เพื่อช่วยในการแห้ง แม้ว่าในหมู่อัลคิลของ Methyl Linoleate มีพันธะไม่อิ่มตัว 2 พันธะที่มีสัดส่วนที่มีนัยสำคัญ เมื่ออ้างอิงจากการศึกษาของ Mallegol และ Gardette [20] พบว่าจะเกิดการ Crosslink กันระหว่างหมู่อัลคิลที่มีพันธะไม่อิ่มตัว ที่สภาวะอุณหภูมิสูงและเป็นสูญญากาศ มีโอกาสในการเกิดเป็นคีโตนที่น้อยกว่า จึงไม่มีผลให้เกิดการลอกตัวของฟิล์มสีที่ทาหรือพ่นลงบนพื้นผิว อย่างไรก็ตามในส่วนของการศึกษาส่วนประกอบที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สีรองพื้นปูนที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งหากมีพัฒนาต่อยอดจะเป็นประโยชน์แบบยั่งยืนในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาสีรองพื้นปูนอะคริลิกแบบโปร่งแสงที่ใช้ได้จริง โดยตั้งเป้าหมายใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชประเภทที่บริโภคไม่ได้เพื่อทดแทนการใช้ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมที่ 10 – 50%

1.3 ขอบเขตการศึกษาและวิจัย

1.3.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของสีรองพื้นปูนอะคริลิกแบบโปร่งแสงที่ใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ Petroleum Oil (White Spirit) น้ำมันสนดำ และไบโอดีเซลชนิด Methyl Ester ที่ทำจากน้ำมันสนดำ คือ ความหนืด Specific Gravity และเวลาการแห้งแข็ง

1.3.2 ศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนของไบโอดีเซลชนิด Methyl Ester ที่ทำจากน้ำมันสนดำในสีรองพื้นปูนอะคริลิกแบบโปร่งแสงต่อคุณสมบัติเวลาการแห้งแข็ง โดยทำการศึกษาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของไบโอดีเซลเทียบกับ Acrylic Resin ในช่วง 3 – 50% (คิดเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนักการใช้ไบโอดีเซลเพื่อทดแทนการใช้ White Spirit ที่ 10 – 50%)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้วัตถุดิบทดแทนที่ได้จากธรรมชาติแทนผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมในอุตสาหกรรมสีและการเคลือบ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการบริโภค

1.4.2 ได้สีรองพื้นปูนสูตรน้ำมันที่ลดความเป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้งาน

1.4.3 สามารถพัฒนาต่อยอดในสูตรสีอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ได้ในอนาคต

แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงานของงานวิจัยนี้แสดงดังตารางที่ 1.3 ซึ่งเริ่มต้นจากช่วงมกราคม 2556 จนถึงพฤษภาคม 2557

ตารางที่ 1.3 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงานของงานวิจัย

[illegible]

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ สีอุตสาหกรรม และองค์ประกอบสี ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี Crosslink Agent และกฎของสโตกส์ รวมทั้งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อแสดงว่ายังไม่มีผู้วิจัยท่านใด เคยทำการวิจัยหัวข้อนี้มาก่อน ดังแสดงเป็นข้อๆ ดังย่อหน้าถัดไป

2.1 สีอุตสาหกรรม และองค์ประกอบสี

เนื่องจากผู้วิจัย มีประสบการณ์ในด้านการผลิตสีทาอาคาร (Decorative Paint) ในประเภทต่างๆ ซึ่งจัดเป็นส่วนหนึ่งของสีอุตสาหกรรมดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ในที่นี้จะเรียกสีอุตสาหกรรมว่า “สี” สามารถแบ่งตามตัวทำละลาย (Solvent) เป็นองค์ประกอบหลัก [21] โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สีสูตรน้ำ และสูตรสีน้ำมัน แต่ก่อนที่จะกล่าวถึงสีสูตรน้ำมัน ซึ่งเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ จำเป็นต้องอธิบายประเภทของสีที่แบ่งตามการใช้งานโดยเริ่มจากชั้น (Layer) ล่างสุดถึงบนสุดจะประกอบด้วย คือ

สีรองพื้น (Primer) หมายถึง สีชั้นแรกสุดที่เคลือบติดวัสดุอื่นๆ เช่น สีรองพื้นกันสนิม มีหน้าที่กันไม่ให้เกิดสนิมเหล็ก หรือเกิดซ้ำที่สุด สีรองพื้นปูนใหม่กันต่าง คือ สีที่กันความเป็นต่างจากพื้นปูนใหม่ เพื่อไม่ให้เกิดความเป็นต่างจากเนื้อปูน ทำปฏิกิริยากับสีทาทับหน้า ลดจำนวนสีทับหน้า วิธีนี้สามารถลดจำนวนสีทับหน้าลงได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการศึกษาในสีรองพื้นปูนเก่า และสามารถปรับใช้กับปูนใหม่ได้ด้วย

ชั้นที่สองรองจากสีรองพื้น คือ สีชั้นกลาง (Under Coat) เป็นสีที่เป็นตัวประสานระหว่างสีรองพื้นกับสีทับหน้า เป็นตัวเพิ่มความหนาของฟิล์มสี และลดการใช้สีทับหน้า แต่ปัจจุบันจะใช้สีทับหน้าทาสองชั้นแทน

สีชั้นสุดท้าย คือ สีทับหน้า (Top Coat) เป็นสีที่ทำให้คุณสมบัติที่สวยงาม คงทน เงางาม มีเฉดสีมากมายให้เลือกใช้ตรงตามวัตถุประสงค์ เช่น สีขาว เหลือง แดง เป็นต้น ขึ้นอยู่กับรสนิยมและความพอใจของแต่ละบุคคล และสำหรับจุดประสงค์เพิ่มเติม คือ สีทับหน้าประเภทใส (Clear Top Coat) เป็นสีที่ไม่มี Pigment จะไม่มีสีเป็นสีใดๆ หรือเหลืองอ่อน ใช้เคลือบบนวัสดุต่างๆ ให้เงามากขึ้น หรือด้าน หรือกึ่งเงกึ่งด้าน ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถปรับใช้ได้เช่นกัน

โดยหลักการแล้วสีสูตรน้ำ และสีสูตรน้ำมัน จะมีองค์ประกอบหลัก 4 ส่วนที่เหมือนกัน [8] ได้แก่ Resin หรือ Binder ผงสี (Pigments) ตัวทำละลายหรือทินเนอร์ (Thinner) และสารเติมแต่ง (Additives)

2.1.1 Resin หรือ Binder

Resin หรือ Binder คือองค์ประกอบแรกที่ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างฟิล์มยึดเกาะบนพื้นผิวต่างๆ และประสานยึดผงสีและสารต่างๆ ในเนื้อสีไว้ด้วยกัน ผลิตได้ทั้งจากธรรมชาติ และจากปิโตรเลียม เนื่องจาก Resin มีลักษณะทางกายภาพอยู่ในสถานะของเหลวมีความหนืดและมีความสมบัติเหมือนกาวทั่วๆ ไป เราสามารถแยกกลุ่มวัตถุดิบและการผลิตเพื่อนำมาใช้งานของ Resin เป็น 2 กลุ่มใหญ่ได้ดังนี้

1) กลุ่ม Resin ที่ได้จากพืชและสัตว์ ได้แก่ น้ำมันและยางไม้ต่างๆ เช่น น้ำมันสน น้ำมันยางนา ยางจากต้นรัก เป็นต้น Resin เหล่านี้ถูกมนุษย์นำมาใช้งานตั้งแต่สมัยโบราณ บางตัวยังใช้งานกันจนถึงปัจจุบัน เช่น การยาเรือไม้ด้วยชัน และ น้ำมันยางนา หรือการลงรักปิดทอง เป็นต้น วัตถุดิบกลุ่มนี้ที่ใช้งานแพร่หลายและผลิตเป็นระดับอุตสาหกรรม ได้แก่

- Alkyd Resin เป็น Resin ที่ทำจากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลืองปรับสภาพด้วยความร้อน เติมสารเคมี ฯลฯ ก็จะได้สารเหลวที่มีคุณสมบัติสามารถแข็งตัวเป็นฟิล์มได้ โดยการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Oxidation) สีที่ทำจาก Resin ชนิดนี้ได้แก่ สีน้ำมัน หรือสีเคลือบเงามีกลิ่นเหมือนน้ำมันสนที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด นอกจากน้ำมันถั่วเหลืองแล้ว ยังมีงานวิจัยอื่นๆ ที่ได้ศึกษามาของ T.E. Odetoeyea; D.S. Ogunniyia; and G.A. Olatunji [22], [23] ซึ่งมีการทำ Alkyd Resin จากการใช้น้ำมันสบู่ดำ

- Resin อื่นๆ เช่น Chlorinated Rubber Resin, Resin ที่ทำจากเส้นใยหรือเนื้อเยื่อของพืช ที่ใช้เป็น Lacquer ที่ใช้พ่นเฟอร์นิเจอร์ และ Resin ที่เป็นผลผลิตจากสัตว์ที่แพร่หลายและใช้กันมานานมาก คือ Shellac ซึ่งได้มาจากมูลของแมลงครั้ง ใช้ทาไม้

2) กลุ่ม Resin ที่ผลิตจากก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบ (Petrochemical Products) ในอุตสาหกรรมสีนั้นจะมีอยู่ไม่กี่ชนิดดังต่อไปนี้

- Acrylic resin ซึ่งมีคุณสมบัติเหนือกว่า PVAC (Polyvinyl Acetate Copolymer Resin) ซึ่งใช้ในการผลิตสีในระดับราคาถูก เนื่องจากพลาสติกชนิดนี้ทนต่อต่าง และ UV ได้ไม่ดี โดย Acrylic Resin จะใช้ Acrylic Resin เป็นวัตถุดิบอย่างมากในปัจจุบันของตลาดสีในระดับกลางและสูง และในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา Resin ชนิดนี้ เป็นองค์ประกอบ ในการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งจะมีกล่าวในบทที่ 3 โดยมีสัดส่วนต่อน้ำหนักที่ 50% และ 75% อีกทั้ง Acrylic Resin สามารถทนสภาพความเป็นกรดและด่างได้ดีกว่า Alkyd Resin

- อื่นๆ ที่เป็นที่นิยมใช้ตามลักษณะงาน เช่น Epoxy Resin อีกชนิดหนึ่งที่มีฟิล์มแข็งทนสารเคมีได้ดี มักจะใช้เป็นสีทาโครงสร้างโลหะในบริเวณที่มีสภาวะอากาศรุนแรง, Polyurethane Resin ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ Epoxy Resin แต่มีข้อดีกว่าตรงที่ทนรังสี UV ได้ดี

เรามักจะนำมาเป็นเคลือบใสสำหรับการเคลือบพื้นไม้ปาร์เก้ท์ และอื่น ๆ เช่น Fluorocarbon Resin และ Silicone Resin

2.1.2 ผงสี (Pigments)

ชนิดของผงสี หากแบ่งตามลักษณะการมองเห็น (กายภาพ) จะแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ผงสีโปร่งใส (Transparent Pigment) ผงสีกึ่งโปร่งใส (Semi-Transparent Pigment) ผงสีทึบแสง (Opaque Pigment) และผงสีประกอบ (Extender) ซึ่งหน้าที่หลักของผงสี คือ เสริมความแข็งแรงให้แก่พื้นผิววัสดุ เช่น ปกป้องจากรังสี UV, การเกิดปฏิกิริยาจากออกซิเจนและน้ำ รวมทั้งการเตรียมพื้นผิววัสดุ และสีส่นในด้านความสวยงาม เนื่องจากการผลิตสีในงานวิจัยนี้เป็นแบบ โปร่งแสง จึงไม่มีความจำเป็นต้องเติมผงสี

2.1.3 ทินเนอร์ (Thinner)

Thinner คือสารที่ทำหน้าที่ในการละลาย (Solvent) หรือเจือจางวัตถุดิบ ซึ่งอยู่ในรูปของน้ำ น้ำมัน และสารระเหยต่างๆ โดยงานวิจัยนี้จะใช้เพียง White Spirit, น้ำมันสบู่ดำ และไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ

2.1.4 สารเติมแต่ง (Additives)

สารเติมแต่ง คือ สารที่เติมเพื่อเสริมประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่เหมาะสมตามลักษณะการใช้งานจริง หรือตามเป้าหมายทางด้านการตลาด

- 1) กลุ่มเพื่อปรับให้สีเหมาะสมกับการทำงาน เช่น สารที่ช่วยให้การทาสีลื่น สารช่วยไม่ให้สีไหลหรือหยดขณะทา สารที่ช่วยเร่งการแห้ง (Driers หรือ Hardener) และ Filler เป็นต้น
 - 2) กลุ่มเพื่อเพิ่มคุณภาพแก่สีนั้นๆ เช่น สารลดรอยแปรง (Leveling Agent) สารปรับลดความเงาของฟิล์มสี (Matting Agent) สารป้องกันแบคทีเรีย สารป้องกันเชื้อรา และสารกันฟอง เป็นต้น
 - 3) สารเพื่อการรักษาสภาพของสีในการเก็บรักษา เช่น สารกันบูด เป็นต้น
- ในส่วนนี้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย คือ Hardener และ Filler เท่านั้น

2.2 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification)

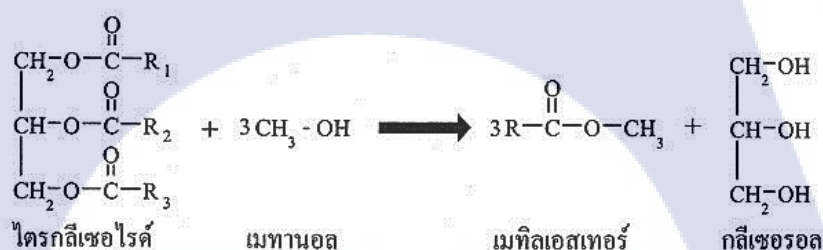
เนื่องจากน้ำมันพืชทั่วไปเป็นสารประกอบประเภทไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งตามธรรมชาติจะมีความหนืดสูง โดยมีผลมาจากการที่โมเลกุลใหญ่สามารถนำมาทำให้โมเลกุลเล็กลงเพื่อให้ความหนืดลดลงได้โดยใช้กระบวนการที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน [24, 25] ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาทำให้ได้น้ำมันที่มีความหนืดลดลง

งานวิจัยนี้ใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยาแตกพันธะของเอสเทอร์

(-C-O-) ด้วยแอลกอฮอล์โดยมีเบส (Alkali) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ เอสเทอร์และกลีเซอริน

ในทางทฤษฎีการเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์จะต้องใช้อัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์กับน้ำมันเป็น 3:1 ดังปฏิกิริยาที่แสดงในรูปที่ 2.1 และ รูปที่ 2.3

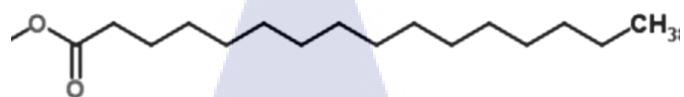
โดยแอลกอฮอล์ที่ใช้ ได้แก่ เมทานอล หรือ เอทานอล เมทานอลเป็นที่นิยมใช้มากกว่าเนื่องจากมีราคาถูกและเป็นแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลเล็ก ทำให้สามารถทำปฏิกิริยากับไขมันหรือน้ำมัน (ไตรกลีเซอไรด์) ได้ง่าย นอกจากนี้ถ้าใช้โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาก็สามารถละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอลในระหว่างการเตรียมสารได้ง่าย



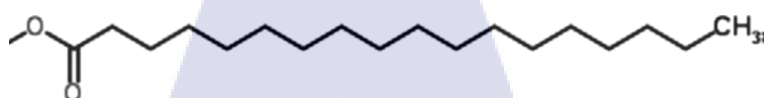
รูปที่ 2.1 ปฏิกิริยาระหว่างไขมันหรือน้ำมันกับแอลกอฮอล์ [26]

ที่มา : บริษัท วิชาการดอทคอม จำกัด. (2556). ปีโตรเลียม. ออนไลน์.

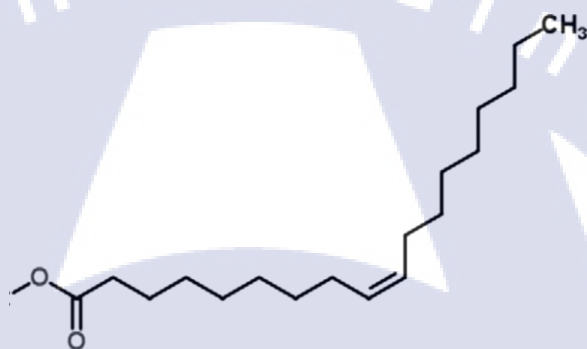
จากรูปที่ 2.1 หมู่อัลคิล (R_1 , R_2 และ R_3) ที่มีสัดส่วนที่นัยสำคัญของน้ำมันสบู่ดำคือ หมู่อัลคิลที่มาจากกรดไขมัน Palmitic Acid, Stearic Acid, Linoleic Acid และ Oleic Acid โดยแสดงสูตรโครงสร้างใน รูปที่ 2.2



(A) หมู่อัลคิลของ Palmitic Acid

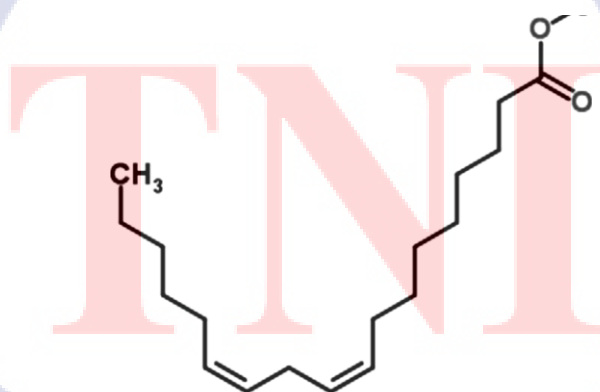


(B) หมู่อัลคิลของ Stearic Acid



9-Octadecenoate

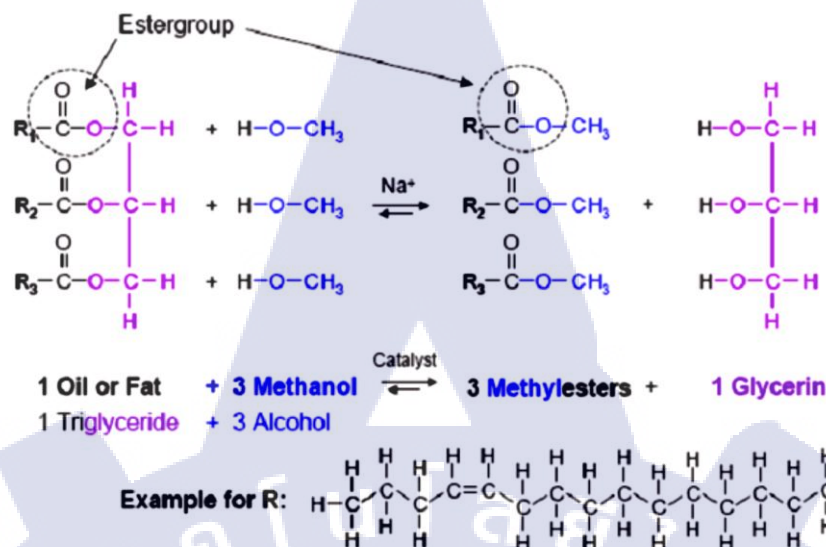
(C) หมู่อัลคิลของ Oleic Acid



9,12-Octadecenoate

(D) หมู่อัลคิลของ Linoleic Acid

รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างหมู่อัลคิลของกรดไขมันในน้ำมันสบู่ดำที่มีนัยสำคัญ [4-7]



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยา Transesterification [27]

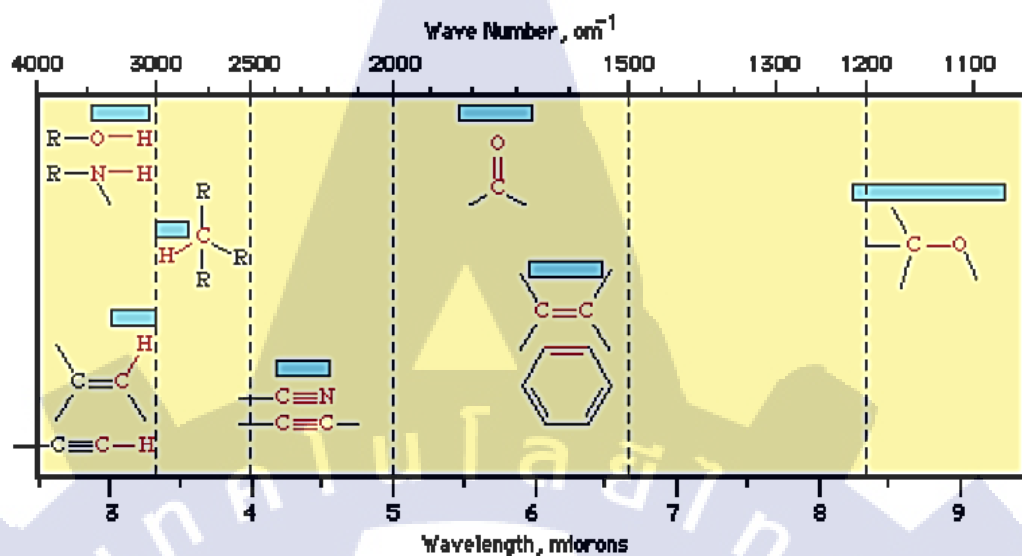
ที่มา : อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย. (2556). **ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์**. ออนไลน์.

การใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้กัน เช่น Sodium Hydroxide (NaOH), Potassium Hydroxide (KOH) และ Carbonates เป็นต้น โดยจะเร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่าการใช้กรดหลายเท่าตัว

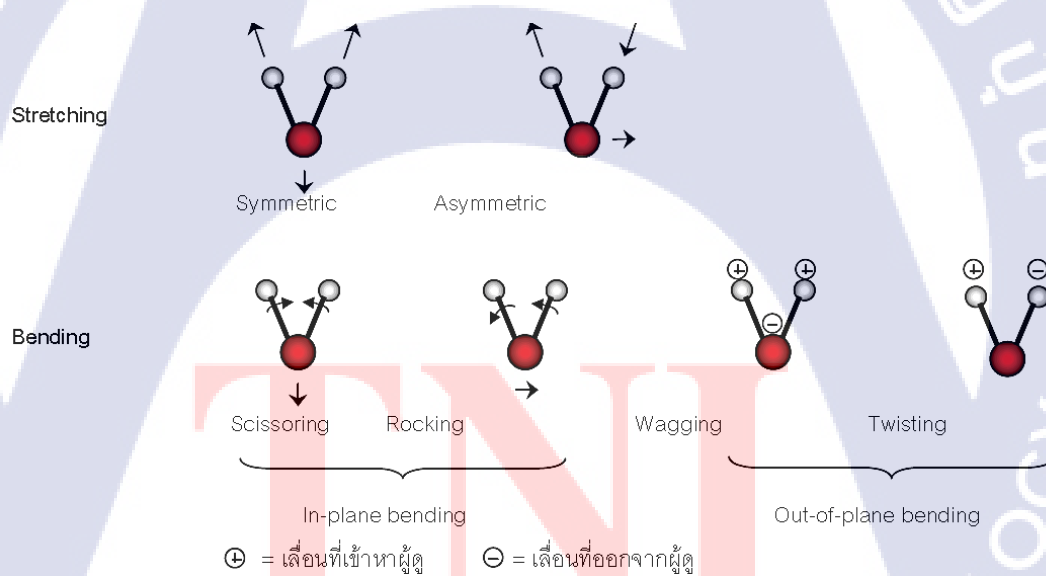
แต่ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วย Sodium Hydroxide และใช้สัดส่วนของ
น้ำมันต่อแอลกอฮอล์มีผลต่อปริมาณของเอสเทอร์ที่เกิดขึ้น ตามทฤษฎีสัดส่วนโดยโมล ของน้ำมันต่อ
แอลกอฮอล์จะเท่ากับ 1 : 3

2.3 อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Infrared Spectroscopy)

หลักการอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี [28] ใช้สำหรับพิสูจน์หมู่ฟังก์ชันในสารประกอบอินทรีย์ โดยทั่วไป Infrared Spectrum จะพลอตระหว่างความถี่ในรูปของ Wave Number ($1/\lambda$; cm^{-1}) ซึ่งก็คือจำนวนของคลื่นต่อเซนติเมตร และ Transmittance เป็นอัตราส่วนระหว่างความเข้มของรังสีที่ผ่านสารตัวอย่าง (Transmitted Radiation, I) และ ความเข้มของรังสีที่ตกกระทบสารตัวอย่าง เครื่องมือส่วนใหญ่สามารถสแกนได้ในช่วง $700\text{-}5,000\text{ cm}^{-1}$ ดังในรูปที่ 2.4 โดยที่ความถี่ดังกล่าวจะมีค่าเท่ากับพลังงานประมาณ $2\text{-}12\text{ kcal/mol}$ พลังงานจำนวนนี้มีค่ามากพอที่จะไปสั่นพันธะต่างๆในโมเลกุล เช่น เกิดการยืด-หดของพันธะ (Bond Stretching) หรือการโค้งงอของพันธะ (Bond Bending) ดังในรูปที่ 2.5 แต่พลังงานจำนวนนี้ก็ไม่สามารถทำให้พันธะแตกได้



รูปที่ 2.4 ช่วงความถี่ที่เป็นลักษณะเฉพาะของ Functional Group Band [28]



รูปที่ 2.5 การยืด-หดของพันธะ (Bond Stretching) และโค้งงอของพันธะ (Bond Bending) [28]

ที่มา : บัญชา พูลโกคา. (2556). สเปกโตรสโกปีและการพิสูจน์ทราบโครงสร้างของสาร. ออนไลน์.

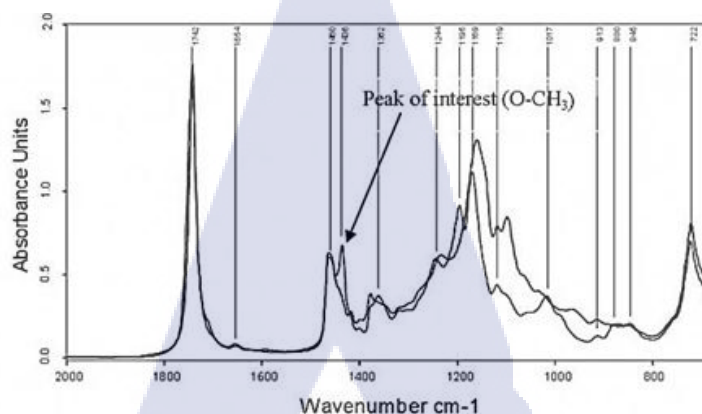
ในงานวิจัยนี้จะใช้ FTIR Spectrometer เป็นเครื่องมือในการวัดหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญของ Methyl Ester เพื่อยืนยันการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน โดย IR-Spectrum ที่สำคัญคือ หมู่คาร์บอกซิล และหมู่เอสเทอร์โดยเฉพาะหมู่ Methyl Ester ($-O-CH_3$) อีกทั้งยังช่วยพิสูจน์การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเคมีของฟิล์มสีก่อนแห้งและหลังแห้งได้ สามารถแสดงได้ดังนี้

2.3.1 IR-Spectrum ของหมู่คาร์บอกซิล - COOH

หมู่คาร์บอกซิล - COOH ของกรดคาร์บอกซิลิกจะมีทั้งหมู่ไฮดรอกซิล ($-OH$) และหมู่คาร์บอนิล ($C=O$) ต่อกันอยู่ ทำให้พีคที่เป็นลักษณะเฉพาะของสารประเภทนี้เกิดพีคที่เกิดจากหมู่ทั้งสอง คือ พีคของ $-OH$ Stretching ของหมู่ - COOH ที่เป็นไดเมอร์ (Dimer) จะพบที่ $3,000 \pm 500 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งมีลักษณะกว้าง (Broad) ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนนั่นเอง นอกจากนี้จะพบ Overtone ของหมู่ - COOH ที่ประมาณ $2,500 \pm 300 \text{ cm}^{-1}$ สำหรับพีคของ ($C=O$) Stretching จะเกิดที่ $1,711 \text{ cm}^{-1}$ ต่ำกว่าของอัลดีไฮด์และคีโตนเนื่องจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนดังที่ได้กล่าวไปแล้ว และหมู่คาร์บอกซิล จะใช้ในการพิสูจน์ IR Spectrum ของน้ำมันสบู่ดำ และไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำในงานวิจัยนี้

2.3.2 IR-Spectrum ของหมู่เอสเทอร์ (Esters)

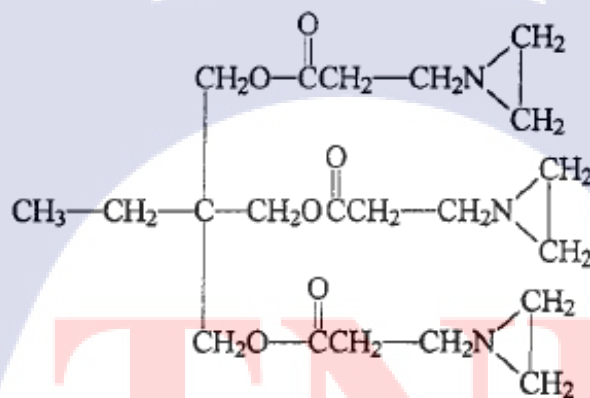
เอสเทอร์จะมีหมู่แอลคิลมาแทนที่ไฮโดรเจนของหมู่ - COOH ของกรดคาร์บอกซิลิก ดังนั้นพีคที่เกิดจากหมู่ $-OH$ จะหายไป พีคของ $C=O$ Stretching จะเกิดที่ $1,742 \text{ cm}^{-1}$ โดยมี Overtone ที่ประมาณ $3,484 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าพีคของ $C=O$ Stretching จะเกิดที่ Wave Number สูงกว่าของกรดอินทรีย์ อัลดีไฮด์และคีโตน โดยเฉพาะหมู่ Methyl Ester ($-O-CH_3$) ที่ Wave Number ที่ $1,436 \text{ cm}^{-1}$ สำหรับและไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำในงานวิจัยนี้ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 Spectrum Band จาก FTIR Spectrophotometer ของไบโอดีเซลจากน้ำมันสุบุดำ [29]

ที่มา : C. Baroi; E.K. Yanful; and M.A. Bergounou. (2009). **Biodiesel Production from Jatropha Curcas Oil Using Potassium Carbonate as an Unsupported Catalyst.** p. 7.

2.4 Crosslink Agent



รูปที่ 2.7 ลักษณะการเกิด Crosslink ระหว่าง Crosslink Agent กับสารประกอบ Ester [30]

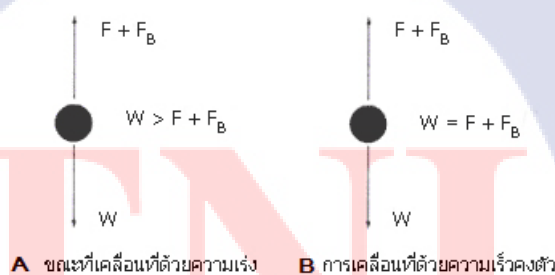
ที่มา : F. Xie. (2002). **Curing Kinetics and Properties of Acrylic Resin Cured with Aziridine Crosslinker.** p. 67.

โดยปกติตัวเร่งการแห้งในทั้งสีสูตรน้ำ และสีสูตรน้ำมัน จะใช้ Driers [31] ด้วยกันทั้งสองชนิดคือ Primary Driers และ Secondary Driers โดย Primary Driers มักถูกใช้สำหรับพื้นผิวที่ต้องการการแห้งเร็วอันมีข้อจำกัดในคุณสมบัติการแห้ง ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Catalytic Driers

(Surface หรือ Oxidative Driers) ตัวเร่งปฏิกิริยาในกลุ่มนี้ ประกอบด้วยโคบอลต์ แมงกานีส วานาเดียม ซีเรียม และเหล็กเป็นองค์ประกอบ โดยจะดูดซึมออกซิเจน และเกิดเปอร์ออกไซด์ และการสลายตัว และ Secondary driers ซึ่งให้สำหรับเสริมประสิทธิภาพเป็นสารประกอบของ Calcium, Potassium, Lithium และ Zinc แต่เนื่อง Driers ดังกล่าวจะแสดงสี เช่น กลุ่มที่ประกอบด้วยโคบอลต์ซึ่งนิยมใช้ในปัจจุบัน จะให้สีม่วง อีกทั้งจากงานวิจัยนี้เป็นการผลิตสีรองพื้นปูนแบบโปรงแสง จึงไม่สามารถใช้ Driers ดังกล่าวได้ เพราะจะส่งผลต่อลักษณะทั่วไป ซึ่งหากคิดในเชิงการตลาด ทำให้ดูไม่น่าใช้งาน จึงจำเป็นต้องมีการใช้ Crosslink Agent (Hardener A) แทน Driers โดยการแห้งแข็งของงานวิจัยนี้ นอกจากการพึ่งการระเหยจากไบโอดีเซลเองแล้วนั้น ยังอาศัยการ Crosslink ระหว่าง Crosslink Agent กับสารประกอบกลุ่ม Ester ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ Methyl Ester ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.7

2.5 กฎของสโตกส์ [32, 33]

ความหนืด (Viscosity) คือ แรงต้านภายในของของเหลว เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของของเหลวต้านต่อการไหล ดังนั้นความหนืดจึงเป็นคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical property) ที่บ่งบอกชนิดของของไหลอย่างหนึ่ง และเป็นค่าที่วัดได้ง่าย จึงเป็นค่าที่นิยมใช้ในการตรวจสอบคุณภาพและคุณสมบัติของสารในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น น้ำมัน ตัวทำละลาย (Solvent) และสีอุตสาหกรรม เป็นต้น



รูปที่ 2.8 แรงที่กระทำต่อผงสี (Pigment) ตกในสีสูตรน้ำ หรือสีสูตรน้ำมัน [33]

ที่มา : A. Konze. (2013). Fluid. Online.

โดยเปรียบเทียบกฎของสโตกส์เข้ากับงานวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ว่าแรงหนืดที่กระทำต่อวัตถุในที่นี่จะหมายถึงผงสี (Pigment) ที่เคลื่อนที่ในสีรองพื้น จะแปรผันตรงกับความเร็วของผงสี (Pigment) ที่เคลื่อนที่ในสีรองพื้น และแรงต้านเนื่องจากความหนืดของสีรองพื้นมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$f = 6\pi\eta rv \quad (2.1)$$

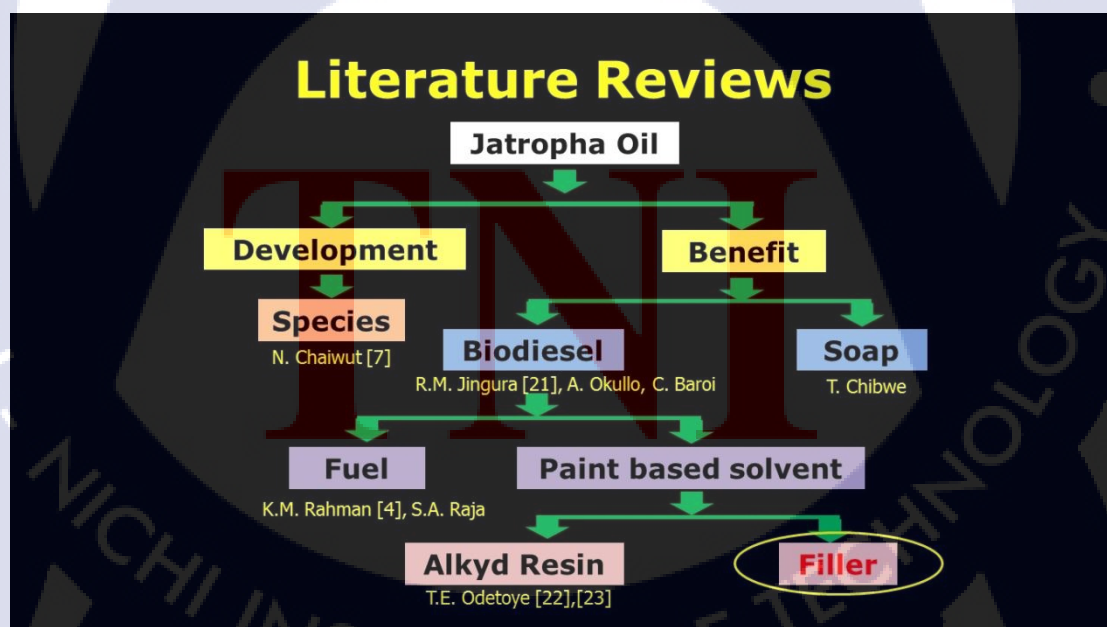
โดย η คือความหนืดของของเหลว

r คือ Diameter ของวงแหวน

และ v คืออัตราเร็วของของเหลว

แม้ว่าในงานวิจัยนี้จะไม่ได้มีการเติมผงสีในสูตรสีรองพื้นก็ตาม หากมีการพัฒนาต่อเนื่องไปยังสูตรสีที่เติมผงสี มีความจำเป็นต้องนำหลักการนี้เพื่อช่วยพิจารณาเปรียบเทียบผงสีที่นำมาผสมในทั้งสูตรสีน้ำ และสูตรสีน้ำมัน อีกทั้งหลักการดังกล่าวก็ยังมีส่วนเกี่ยวข้อง เนื่องจากการวัดค่าจากเครื่อง ICI Cone and Plate ใช้ในการวัดความหนืดชนิดไดนามิก ซึ่งเป็นค่าความหนืดที่ได้จากการวัดโดยอาศัยแรงไปกระทำกับของเหลว แรงกระทำนี้เรียกว่า แรงเฉือน (Shear Stress) ซึ่งของเหลวจะมีแรงต้านต่อแรงที่กระทำ โดยของเหลวที่มีความหนืดมากจะมีแรงต้านต่อแรงที่ไปกระทำสูง เช่น Acrylic Resin ในขณะที่ White Spirit ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ และน้ำมันสบู่ดำ จะมีความหนืดน้อยกว่าจึงมีแรงต้านต่อแรงที่ไปกระทำน้อยกว่า โดยในที่นี้วัดในหน่วย P (Poise)

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 2.9 สรุปการใช้การพัฒนาและนำประโยชน์ที่ใช้จากน้ำมันสบู่ดำ

หากลำดับการพัฒนาและการใช้ประโยชน์ของน้ำมันสบู่ดำ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 เพื่อแสดงให้ทราบว่ายังไม่มีผู้วิจัยท่านใดที่นำไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำมาใช้เป็น Filler ในการผลิตสีรองพื้นอะคริลิคแบบโปร่งแสงอย่างแน่นอน แม้ว่าจะมี T.E. Odetoeye ซึ่งน่าจะใกล้เคียงที่สุด แต่ก็เป็นการนำไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำมาผลิต Alkyd Resin เท่านั้น

N. Chaiwut [16] คัดเลือกพันธุ์สบู่ดำที่สามารถการงอกได้ในดินเค็ม ทดลองการงอกด้วย 2 ปัจจัย คือ เมล็ดพันธุ์สบู่ดำ 9 พันธุ์ และระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 3 ระดับ โดยผลคือ พันธุ์ KUBP 20-4, KUBP 33-1, KUBP 34-8, KUBP80-3 และ India มีความทนเค็มสูงมาก

R.M. Jingura; D. Musademba; and R. Matengaifa [34] นำส่วนต่างๆของต้นสบู่ดำไปทำประโยชน์ในรูปแบบพลังงานทางเลือกด้านต่างๆ เช่น ไบโอดีเซล ไบโอแก๊ส เป็นต้น

K. M. Rahman; M. Mashud; and Md. Roknuzzaman [13] ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำโดยปฏิกิริยา Transesterification เตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำมาทดสอบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลพบว่าก๊าซที่ได้มีคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าน้ำมันดีเซล

T.E. Odetoeye; D.S. Ogunniya; and G.A. Olatunji [22] น้ำมันสบู่ดำชนิด *Jatropha Curcas Linnaeus* ที่ถูกใช้เพื่อเตรียม Alkyd resin ที่ 35%, 50%, 60% และ 75% ของน้ำมันในสูตรโดยใช้ปฏิกิริยา 2 ขั้นตอนคือ Alcoholysis และ Polyesterification และมีการเติม Cobalt Naphthenate Drier เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการแห้ง ณ กลางแจ้งที่อุณหภูมิ 37 ± 2 °C

T.E. Odetoeye; D.S. Ogunniya; and G.A. Olatunji [23] น้ำมันสบู่ดำที่ถูกสกัดผ่านกระบวนการ Epoxidation, Hydroxylation และ Dehydration เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของความไม่อิ่มตัวของ Alkyl Chain ในน้ำมันสบู่ดำสำหรับเตรียม Alkyd Resin (50% ของสูตรที่ทำจากน้ำมันสบู่ดำ) การผสมของ Alkyd Resin ที่เตรียมจากน้ำมันสบู่ดำ กับ Acrylic Resin เพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติการแห้ง และเปรียบเทียบกับตัว Alkyd Resin Standard ในสีเงาเฉดขาว ในอัตราส่วนผสม 1:3 ของ Alkyd Resin ต่อ Acrylic Resin สามารถแห้งแข็งภายใน 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องที่ 37 ± 2 °C ณ กลางแจ้ง

C. Baroi; E.K. Yanful; and M.A. Bergounou [29] ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ *Jatropha Curcus* โดยใช้ Potassium Carbonate เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้ Methanol ต่อน้ำมัน 6:1 และ 9:1 ที่อุณหภูมิ 60 °C ในเวลา 15 นาที โดยต้องใช้ Potassium Carbonate 5% และ 4% ตามลำดับ

T. Chibwe [35] การทำสบู่จากน้ำมันสบู่ดำในประเทศซิมเบีย

S.A. Raja [36] น้ำมันสบู่ดำผลิตเป็นไบโอดีเซลชนิด (Methyl Ester) โดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพ เช่น ความหนาแน่น, ความหนืด, จุดวาบไฟที่สามารถนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล โดยไม่ได้ปรับแต่งเครื่อง

A. Okullo; A. K. Temu; P. Ogowok; and J. W. Ntalikwa [37] ปรับปรุงคุณภาพของไบโอดีเซลจากน้ำมันสุปุดำด้วยการใช้การ น้ำมันละหุ่ง ผสมก่อนทำปฏิกิริยา พบว่าการผลิตจากน้ำมันสุปุดำเพียงอย่างเดียวเหมาะสมกับเครื่องยนต์ดีเซลแล้ว



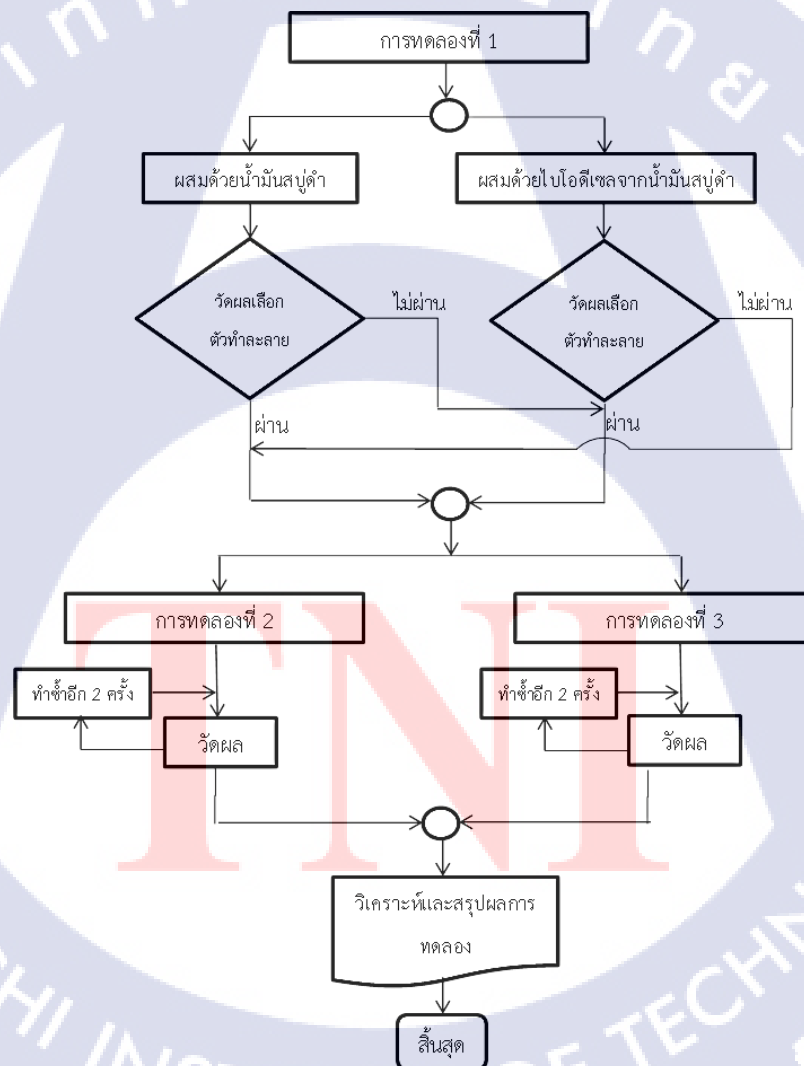
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในส่วนของวิธีการดำเนินงานจะประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้ คือ กระบวนการวิจัย ออกแบบวิธีวิจัย (Designed Research Method) การเก็บรวบรวมข้อมูล และการจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 กระบวนการวิจัย

ผู้วิจัยจะอธิบายในรูปแบบ Flow Chart เพื่อให้เป็นเครื่องมือที่ช่วยทำให้เข้าใจ กระบวนการ วิจัยได้อย่างง่าย



รูปที่ 3.1 กระบวนการทดลองที่ 1 ไปยังการทดลองที่ 2 และ 3 ในรูปแบบ Flow Chart

โดยจะเริ่มต้นจากการเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำก่อน จากนั้นทำการทดลองที่ 1 เพื่อเป็นการคัดเลือกว่าจะเลือกน้ำมันสบู่ดำ หรือไบโอดีเซลจากสบู่ดำใช้เป็นตัวทำละลายดังรูปที่ 3.1 และต่อจากนั้นทำการคัดเลือกตัวทำละลายเพื่อทำหน้าที่เป็น Filler ในการทดลองที่ 2 และ 3 ดังรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 ตามเงื่อนไขและอัตราส่วนตามที่ได้ระบุไว้ใน การออกการวิจัยส่วนผลที่ได้จากการทดลองที่ 2 และ 3 ทำการวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง

3.2 ออกแบบวิธีวิจัย (Designed Research Method)

3.2.1 วัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ

1) วัตถุดิบและสารเคมี

- น้ำมันสบู่ดำพันธุ์ KUBP 78-9 (เป็นสายพันธุ์ ที่พัฒนาจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) [16]
- Acrylic Resin (Traditional Name : LR-T653 จากบริษัท MRC Resins (Thailand) จำกัด)
- Methanol (เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยา Esterification)
- Sodium Hydroxide (NaOH เป็นตัว Catalyst)
- Hardener A [38]
- น้ำกลั่น

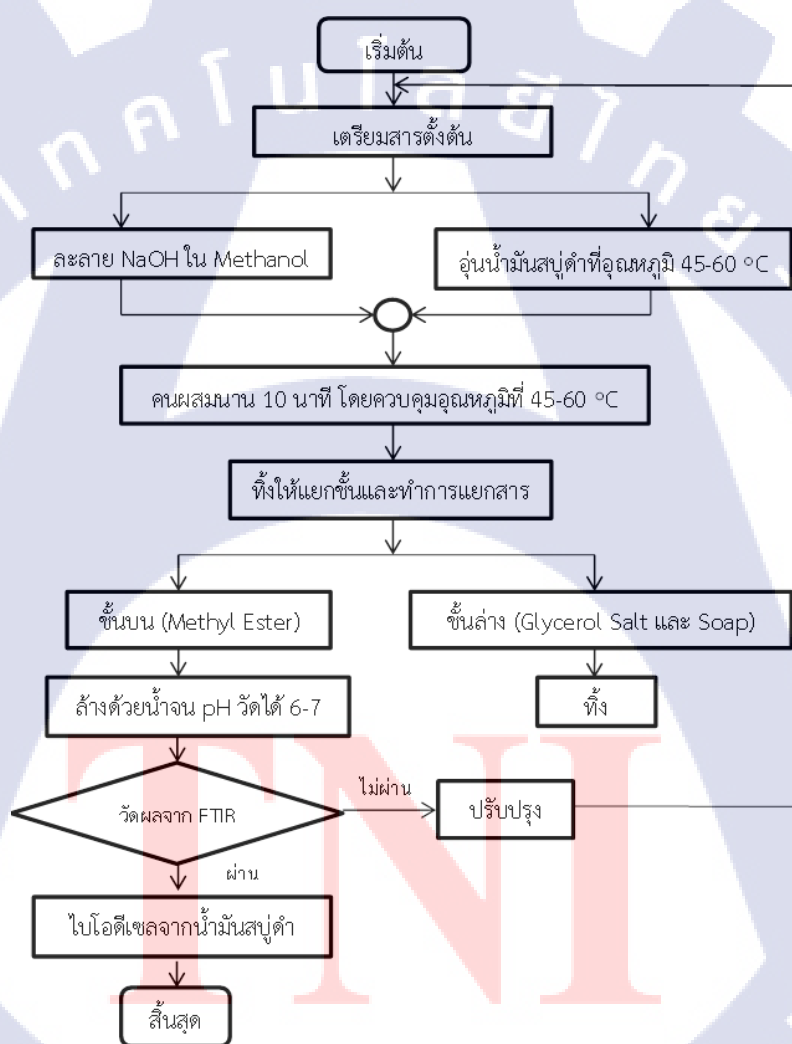
2) อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- กรวยแยกสารขนาด 250 ml พร้อมขาตั้ง
- ปีกเกอร์ขนาด 250 ml 2 ใบ
- ข้อนดักสาร
- กระดาษวัด pH ช่วง 0 - 14
- แปรงทาสี
- เทอร์โมมิเตอร์ ช่วง 0 - 100 °C
- กระจกใส
- นาฬิกาจับเวลา
- ICI Cone and Plate Viscometer
- Auto-Film Applicator
- 50 µm Cube Film Applicator

- Drying Time Recorder
- Pycnometer ขนาด 50 ml
- FTIR Spectrometer

3.2.2 การเตรียมไบโอดีเซล

วัตถุประสงค์ของการเตรียมไบโอดีเซลเพื่อใช้ในการผสมเข้ากับ Acrylic Resin เพื่อไม่เกิดเจล ดังเช่นการผสมระหว่างน้ำมันสบู่น้ำกับ Acrylic Resin ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ในบทที่ 4



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่น้ำในรูปแบบ Flow Chart

เงื่อนไขที่ควบคุมการเตรียมไบโอดีเซล

- 1) อัตราส่วนระหว่างน้ำมันสบู่ดำกับ Methanol ที่ 1 : 3 โดยน้ำหนัก
- 2) น้ำมันสบู่ดำที่ใช้เป็นสารตั้งต้นใช้จากน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำพันธุ์ KUBP 78-9
- 3) ใช้ NaOH เป็น Catalyst
- 4) ควบคุมอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาที่ 45-60 °C
- 5) เวลาการทำปฏิกิริยานาน 10 นาที



รูปที่ 3.3 การควบคุมอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาที่ 45-60 °C

ขั้นตอนการเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ

- 1) ชั่งน้ำมันสบู่ดำ 50 g ใส่ปิกรเกอร์ 250 ml นำไปอุ่นในน้ำร้อนให้น้ำมันสบู่ดำมีอุณหภูมิในช่วง 45-60 °C
- 2) ชั่ง Sodium Hydroxide ที่ 1% ของน้ำหนักน้ำมันสบู่ดำหรือเท่ากับ 0.5 g
- 3) ชั่ง Methanol 150 g ใส่ปิกรเกอร์ขนาด 250 ml จากนั้นเท Sodium Hydroxide ที่ชั่งไว้ในข้อ 2) ลงใน Methanol ที่เตรียมไว้ ทำการกวนให้ Sodium Hydroxide ละลายเข้ากัน วัด pH ควรจะอยู่ที่ประมาณ 12
- 4) เทน้ำมันสบู่ดำที่มีอุณหภูมิในช่วง 45-60 °C ในข้อ 1) ลงในสารละลายในข้อ 3) ทำการกวนเป็นเวลา 10 นาที และควบคุมอุณหภูมิในช่วง 45-60 °C
- 5) ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นในกรวยแยกสารขนาด 250 ml เก็บเฉพาะชั้นบน (Methyl Ester หรือ ไบโอดีเซล) ส่วนชั้นล่างคือ Glycerol Salt และ Soap ให้ทิ้งไป
- 6) จากนั้นใช้น้ำกลั่นทำการล้างชั้น (Methyl Ester หรือ ไบโอดีเซล) ที่เก็บไว้ เพื่อล้าง Sodium Hydroxide Methanol และ Soap ที่หลงเหลือจน pH เป็นกลาง (ประมาณ 6-7)



รูปที่ 3.4 ชั้นของไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาอยู่ด้านบน

- 7) เก็บเฉพาะของเหลวชั้นบนเท่านั้น
- 8) ทำการวัดช่วงความถี่ที่สำคัญที่พีคของ C = O Stretching, C – O Stretching และ C - C Stretching ด้วย FTIR Spectrometer เพื่อยืนยันการเกิด Methyl Ester หรือ ไบโอดีเซล

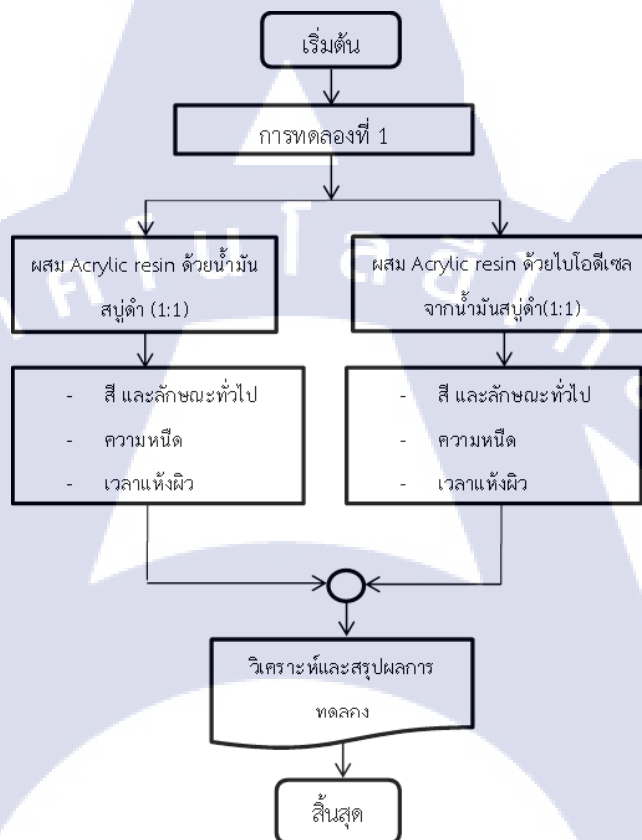
TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

3.2.3 ขั้นตอนการทดลอง

โดยจะแบ่งเป็น 3 การทดลองคือ

- 1) วิธีการทดลองที่ 1: การเปรียบเทียบความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันสนุ่ดำกับไบโอดีเซล จากน้ำมันสนุ่ดำในการผสมกับ Acrylic Resin ในอัตราส่วน 1:1

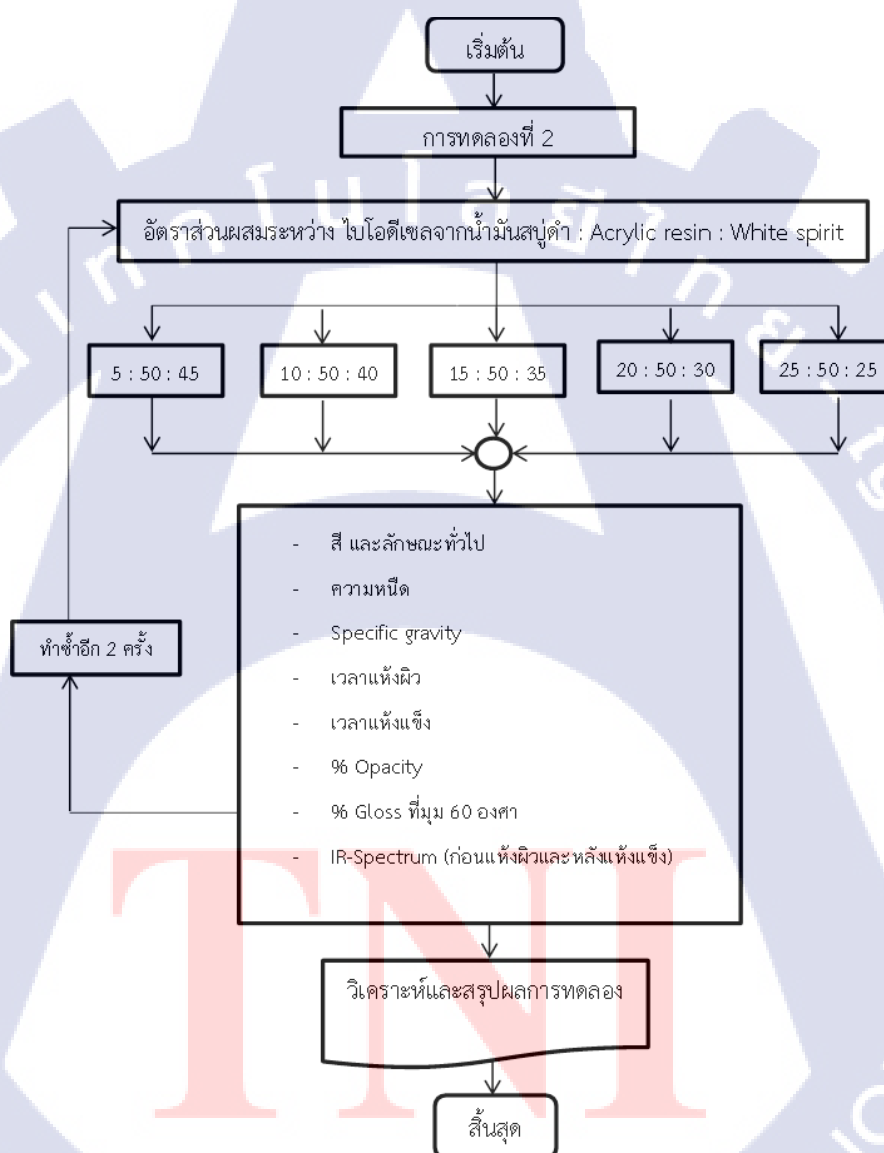


รูปที่ 3.5 การทดลองที่ 1 ในรูปแบบ Flow Chart

- ตัวอย่างที่ 1 ทำการชั่งน้ำมันสนุ่ดำและ Acrylic Resin อย่างละ 20 g ในปิเกอร์ขนาด 50 ml ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที เติม Hardener A 0.1% ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที สังเกตสี ลักษณะทั่วไป ความหนืด และเวลาแห้งผิว
- ตัวอย่างที่ 2 ทำการชั่งกับไบโอดีเซลจากน้ำมันสนุ่ดำและ Acrylic Resin อย่างละ 20 g ในปิเกอร์ขนาด 50 ml ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที เติม Hardener A 0.1% ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที สังเกตสี ลักษณะทั่วไป ความหนืด และเวลาแห้งผิว
- เปรียบเทียบและจดบันทึกผลการทดลอง เพื่อตัดสินใจทำการทดลองที่ 2

- โดยเกณฑ์การเลือกตัวทำละลาย จะเปรียบเทียบผลที่มีความใกล้เคียงกับตัวอ้างอิงที่ใช้ White Spirit เป็นตัวทำละลาย

2) วิธีการทดลองที่ 2: การเปรียบเทียบหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดในการใช้น้ำมันสบู่ดำหรือ ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ (ตัวทำละลายขึ้นอยู่กับผลการทดลองจากวิธีการทดลองที่ 1) ในการผสมกับ Acrylic Resin ที่ทำให้เกิดการแห้งแข็งของเนื้อฟิล์มสี



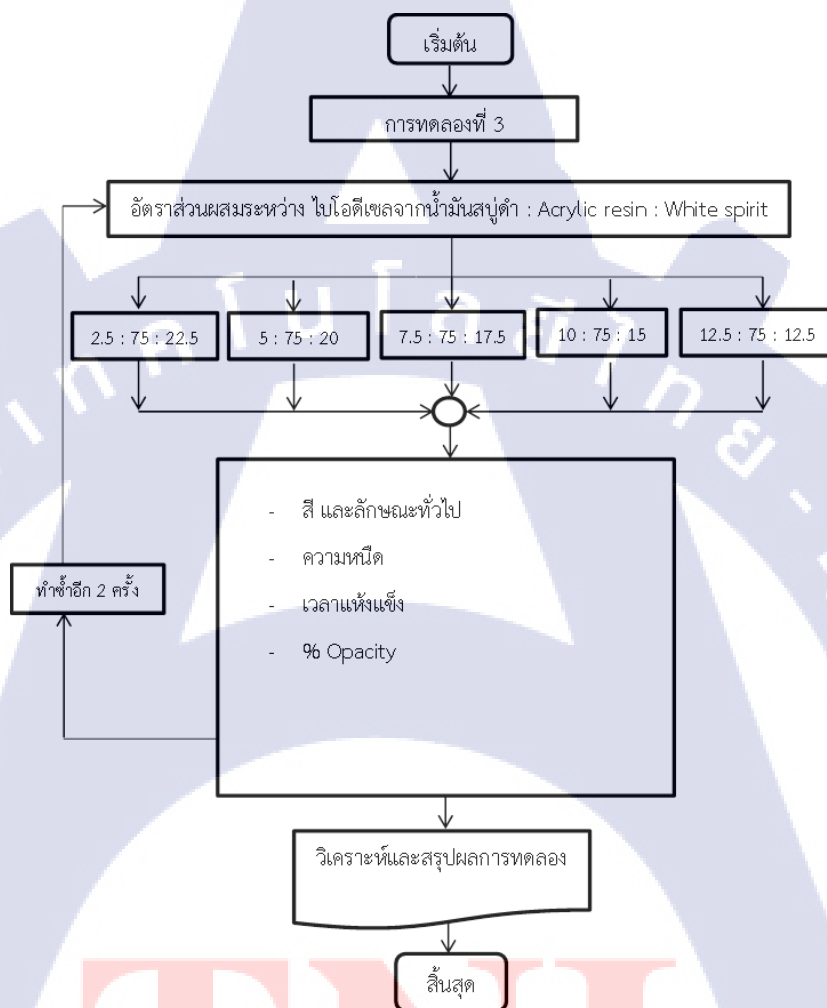
รูปที่ 3.6 การทดลองที่ 2 ในรูปแบบ Flow Chart

- ในอัตราส่วนต่อน้ำหนัก (100 g) ระหว่างไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำกับ Acrylic Resin กับทินเนอร์ (White Spirit) ตามเงื่อนไขอัตราส่วนโดยน้ำหนักเป็น 5:50:45, 10:50:40, 15:50:35, 20:50:30 และ 25:50:25 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองเรียกว่า A1-1, A2-1, A3-1, A4-1 และ A5-1 ตามลำดับ ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที เติม Hardener A 0.1% ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที
- ทำการสังเกตและวัดผล สี ลักษณะทั่วไป ความหนืด Specific Gravity เวลาแห้งแข็ง และ % Opacity
- ทำการวัด IR-Spectrum (ก่อนทาและหลังทา) ของส่วนผสมชุดที่ A1-1, A2-1, A3-1, A4-1, A5-1, Acrylic Resin และ White Spirit ตามลำดับ เพื่อเก็บเป็นข้อมูล
- ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยเรียกชุดการทดลองครั้งที่ 2 ว่า A1-2, A2-2, A3-2, A4-2 และ A5-2 ตามลำดับ และเรียกชุดการทดลองครั้งที่ 3 ว่า A1-3, A2-3, A3-3, A4-3 และ A5-3 ตามลำดับ (เพื่อยืนยันว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ไม่เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อเวลาแห้งผิวและเวลาแห้งแข็งของเนื้อฟิล์มสี)
- เปรียบเทียบผลในรูปแบบตาราง และกราฟแท่ง

หมายเหตุ จะเห็นได้ว่าการทดลองที่ 2 จะมีการวัดค่า IR-Spectrum ทั้งก่อนแห้งผิวและหลังแห้งแข็ง เพื่อเป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ Functional Group ในสารละลายที่ทำการทดลอง จะเป็นข้อพิสูจน์ว่าตัวอย่างที่ทำการทดลองสามารถใช้งานได้จริง ดังนั้นหากผลออกมาเป็นเช่นใด การทดลองที่ 3 ก็ย่อมมีแนวโน้มเป็นเช่นเดียวกัน เพราะการทดลองที่ 3 เป็นเพียงการทดลองที่เพิ่มสัดส่วนของ Acrylic Resin

TNI

3) วิธีการทดลองที่ 3: การเปรียบเทียบหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดในการใช้น้ำมันสบู่ดำหรือไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ (ตัวทำละลายขึ้นอยู่กับผลการทดลองจากวิธีการทดลองที่ 1) ในการผสมกับ Acrylic Resin ที่ทำให้เกิดการแห้งแข็งของเนื้อฟิล์มสี



รูปที่ 3.7 การทดลองที่ 3 ในรูปแบบ Flow Chart

โดยการวิธีการทดลองนี้มีความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนของตัวทำละลายรวม : Acrylic Resin เป็น 1:3

- ในอัตราส่วนต่อน้ำหนัก (100 g) ระหว่างไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำกับ Acrylic Resin กับทินเนอร์ (White Spirit) ตามเงื่อนไขอัตราส่วนโดยน้ำหนักเป็น 2.5:75:22.5, 5:75:20, 7.5:75:17.5, 10:75:15 และ 12.5:75:12.5 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองเรียกว่า B1-1, B2-1, B3-1,

B4-1 และ B5-1 ตามลำดับ ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที เติม Hardener A 0.1% ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที

- ทำการสังเกตและวัดผล สี ลักษณะทั่วไป ความหนืด เวลาแห้งแข็ง และ % Opacity
- ทำอีก 2 ครั้ง โดยเรียกชุดการทดลองครั้งที่ 2 ว่า B1-2, B2-2, B3-2, B4-2 และ B5-2 ตามลำดับ และเรียกชุดการทดลองครั้งที่ 3 ว่า B1-3, B2-3, B3-3, B4-3 และ B5-3 ตามลำดับ (เพื่อยืนยันว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่เป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อเวลาแห้งแข็งของเนื้อฟิล์มสี)
- เปรียบเทียบผลในรูปแบบตารางและกราฟแท่ง

3.2.4 มาตรฐานและวิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบได้อ้างอิงการทดสอบในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อะคริลิกรีซินวาร์นิช มอก. 2364-2551 ซึ่งครอบคลุมอะคริลิกรีซินวาร์นิช โดยระบุในภาคผนวก ก. ที่ใช้พ่นอาคารคอนกรีต งานปูนทั่วไป กระเบื้องซีเมนต์เส้นใย และพื้นผิวที่ต้องการแสดงลวดลายธรรมชาติ เช่น อิฐลาย หินล้าง

โดยมีนิยาม “วาร์นิช” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมีอะคริลิกรีซินเป็นส่วนประกอบหลัก ใช้พ่น เมื่อปล่อยให้แห้งเองในอากาศแล้วเกิดฟิล์มโปร่งใส

- 1) ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นของเหลวโปร่งใส การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- 2) สี (การ์ดเนอร์) ต้องไม่เกินหมายเลข 3 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.285 เล่ม 48
- 3) Specific Gravity ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 1475
- 4) ความหนืด ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 445
- 5) % Opacity ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 6441
- 6) ระยะเวลาแห้งผิวและแห้ง มอก.285 เล่ม 10
- 7) Gloss ที่มุม 60 องศา

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลได้จากการวัดผลและทำการจดบันทึกเป็นหลักในตารางที่ ก-1 ถึงตารางที่ ก-3 ในภาคผนวก ก.

ส่วนข้อมูลกราฟ Spectrum Band จากเครื่อง FTIR Spectrometer จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน คือ

- 1) ในส่วนการยืนยัน Functional Group ของกลุ่ม Ester และกลุ่ม Carbonyl ของขั้นตอนการเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำในช่วงความถี่ของกลุ่ม Ester (C—O—C) ที่ ช่วงความถี่ $1280-1285\text{ cm}^{-1}$ และกลุ่ม Carbonyl (C=O) ที่ ช่วงความถี่ $1735-1750\text{ cm}^{-1}$ ตามลำดับ [26]
- 2) ในส่วนที่เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ Functional Group ในการทดลองที่ 2 ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปกลุ่ม Ester ว่าเปลี่ยนแปลงไปเป็นอย่างอื่น เช่น กลุ่ม Carboxylic กลุ่ม Ketone เป็นต้น

3.4 การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ จะทำการเปรียบเทียบในรูปแบบตาราง และกราฟแท่ง เพื่อเป็นการประมวลผลที่เข้าใจได้ง่าย ดังนี้ คือ

ตารางที่ ก-4 ในภาคผนวก ก. จะทำการสร้างเป็นกราฟแท่งเพื่อแสดงแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไปของ % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณตัวทำละลายรวม กับความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยให้แกน X คือ % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณตัวทำละลายรวม และแกน Y คือ ค่าพารามิเตอร์ของเวลาการแห้งแข็ง

ตารางที่ ก-5 ในภาคผนวก ก. จะทำการสร้างเป็นกราฟแท่งเพื่อแสดงแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไปของ % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณสารทั้งหมด กับความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยให้แกน X คือ % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณสารทั้งหมด และแกน Y คือ ค่าพารามิเตอร์ของเวลาการแห้งแข็ง

ตารางที่ ก-6 ในภาคผนวก ก. จะทำการสร้างเป็นกราฟแท่งเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงไปของ % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณตัวทำละลายรวม กับเวลาแห้งแข็งในกราฟเดียวกัน โดยให้แกน X คือ % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณตัวทำละลายรวม และแกน Y คือ เวลาการแห้งแข็ง

และจาก **ตารางที่ ก-7** ในภาคผนวก ก. จะทำการสร้างเป็นกราฟแท่งเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงไปของ % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณสารทั้งหมด กับเวลาแห้งแข็งในกราฟเดียวกัน โดยให้แกน X คือ % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณสารทั้งหมด และแกน Y คือ เวลาการแห้งแข็ง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ก่อนการทำการทดลอง ผู้ทำการวิจัยได้ทำการวัดความหนืดของวัตถุดิบตั้งต้นก่อนการผสม คือ White Spirit ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ น้ำมันสบู่ดำ และ Acrylic Resin, ได้ค่าเท่ากับ 0.0, 0.1, 0.6 และ 27.2 Poise ตามลำดับ เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้น

4.1 การเปรียบเทียบเพื่อเลือกสารตัวเติม (Filler)

การเปรียบเทียบเพื่อเลือกสารตัวเติม (Filler) ระหว่างน้ำมันสบู่ดำกับไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำสำหรับการทดลองที่ 1 โดยพบว่าการผสมกันระหว่างน้ำมันสบู่ดำกับ Acrylic Resin เกิดเจลดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การผสมกันการระหว่างน้ำมันสบู่ดำกับ Acrylic Resin เกิดเจล

ตารางที่ 4.1 ผลเชิงกายภาพของการทดลองที่ 1

คุณสมบัติ	ตัวอ้างอิง (White Spirit)	ตัวทำละลาย	
		น้ำมันสบู่ดำ	ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ
1. ลักษณะทั่วไป	ของเหลวใส	เป็นเจล	ของเหลวใส
2. สี	ไม่มีสี	สีเหลืองอ่อน	สีเหลืองอ่อน
3. ความหนืด (Poise)	1.0	7.9	2.2
4. เวลาแห้งผิว (h)	0.5	48	2

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลเชิงกายภาพของการทดลองที่ 1 โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกายภาพระหว่างการใช้น้ำมันสบูดำกับไบโอดีเซลจากน้ำมันสบูดำผสมกับ Acrylic Resin เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะทั่วไป พบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันสบูดำดีกว่าน้ำมันสบูดำ สีในเบื้องต้นเมื่อทำการผสมได้สีเหลืองอ่อน ดังรูป ที่ 4.2 แต่ในส่วนการผสมของน้ำมันสบูดำจะเข้มข้นกว่าไบโอดีเซล



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบสีเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ต่างกันผสมกับ Acrylic Resin

ความหนืดของการผสมจากไบโอดีเซลจากน้ำมันสบูดำมีความใกล้เคียง กับตัวอ้างอิงมากกว่าการผสมด้วยน้ำมันสบูดำ เวลาการแห้งผิวของน้ำมันสบูดำที่ผสมกับ Acrylic Resin ช้ากว่ามากเมื่อเทียบกับการผสมด้วยไบโอดีเซลจากน้ำมันสบูดำ

นอกจากนี้เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการใช้งานจริง สีรองพื้นปูนที่ได้ควรเป็นกลาง เพื่อให้สามารถใช้ได้ทั้งพื้นปูนเก่าและใหม่ เนื่องจากในสภาพพื้นปูนใหม่จะมีคุณสมบัติเป็นด่าง หากทำปฏิกิริยากับสีรองพื้นปูนที่มีคุณสมบัติเป็นกรด จะเกิดปฏิกิริยาสะเทิน ทำให้เกิดเป็นน้ำแล้วสีจะไม่ยึดติดกับพื้นผิว และไหลตามแรงโน้มถ่วงโลก ส่วนสำหรับพื้นปูนเก่าจะมีคุณสมบัติเป็นกลาง จึงไม่เป็นปัญหาในจุดนี้ แต่จะมีปัญหาการยึดเกาะกับสีรองพื้นปูนสูตรน้ำ แต่จากงานวิจัยนี้จะช่วยแก้ไข้ปัญหาการยึดเกาะกับพื้นผิวปูนเก่าเนื่องจาก Acrylic Resin เป็น Binder ที่สำคัญสำหรับการยึดเกาะกับพื้นปูน ทำให้ต้องมีการวัด pH ของสีรองพื้นที่ได้เพิ่มเติม พบว่าทั้งสีรองพื้นตัวอ้างอิง และสูตร A1 ถึง A5 มีค่า pH อยู่ระหว่าง 5 – 6 จึงมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานจริง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการทดลองที่ 1 สารตัวเติม (Filler) ที่เหมาะสมเพื่อผสมกับ Acrylic Resin คือ ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบูดำ

4.2 การหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของการใช้ไบโอดีเซลเป็นสารตัวเติม

การหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของการใช้ไบโอดีเซลเป็นสารตัวเติมเพื่อทำให้เกิดการแห้งแข็งของเนื้อฟิล์มสีรองพื้นแบบโปร่งแสง ซึ่งเป็นจุดประสงค์ที่สำคัญที่สุดของงานวิจัยนี้ โดยเวลาแห้งแข็งเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับบ่งบอกว่าอัตราส่วนผสมใด สามารถใช้งานได้จริง

ตารางที่ 4.2 ผลเชิงกายภาพของการทดลองที่ 2

คุณสมบัติ	ตัวอ้างอิง (White Spirit)	สูตร A1			สูตร A2			สูตร A3			สูตร A4			สูตร A5		
		A1-1	A1-2	A1-3	A2-1	A2-2	A2-3	A3-1	A3-2	A3-3	A4-1	A4-2	A4-3	A5-1	A5-2	A5-3
1. ลักษณะทั่วไป	ของเหลวใส	ของเหลวใส			ของเหลวใส			ของเหลวใส			ของเหลวใส			ของเหลวใส		
2. สี (การ์ดเนอร์)	ไม่มีสี	สีเหลืองอ่อน			สีเหลืองอ่อน			สีเหลืองอ่อน			สีเหลืองอ่อน			สีเหลืองอ่อน		
3. Specific gravity	0.83	0.84			0.85			0.85			0.86			0.86		
4. ความหนืด (Poise)	1.0	0.9			0.9			0.9			1.0			1.0		
5. % Opacity	0.55	0.57			0.57			0.57			0.58			0.58		
6. เวลาแห้งแข็ง (h)	0.5	5			> 24			> 24			> 24			> 24		
7. % Gloss ที่มุม 60 องศา	207	197			201			202			204			207		

จากตารางที่ 4.2 พบว่าสีของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำที่ผสมตามอัตราส่วนตามสูตร A1 ถึง A5 จะมีสีเทียบกับ BYK Gardner Liquid Color Standards ในรูปที่ 4.3 โดยช่วงสีอยู่ที่ระดับ 1-3 ซึ่งไปเกินมาตรฐาน มอก.285 เล่ม 48-2524 โดยความเข้มของสีเหลืองจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำที่เพิ่มขึ้นโดยตรง ซึ่งเป็นไปตามสีที่เป็นเอกลักษณ์ของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำที่ใช้เป็นวัตถุดิบ แต่ก็ไม่ได้เป็นปัญหาต่อการใช้งานจริง อีกทั้งการทาสีทับหน้า (Top Coat) จะต้องรอให้สีรองพื้นแห้งแข็งก่อน ดังนั้นสำหรับสีเหลืองดังกล่าวในการนำการผลิตเพื่อใช้เป็นสีรองพื้นปูนจริง จึงไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงเฉดของสีทับหน้า



รูปที่ 4.3 BYK Gardner Liquid Color Standards CL-CG-6726

ค่าความถ่วงจำเพาะเทียบกับน้ำ (Specific Gravity) ในสูตร A1 ถึง A5 เท่ากับ 0.84, 0.85, 0.85, 0.86 และ 0.86 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าสูตร A1 ถึง A5 สามารถผลิตเป็นสีรองพื้นแบบโปร่งแสงได้โดยไม่ติดปัญหาในคุณสมบัติด้าน Specific Gravity ความหนืดเฉลี่ย % Gloss ที่มุม 60 องศาเฉลี่ย และค่าการกลบมิดเฉลี่ยที่แสดงในรูปของ % Opacity ของทุกอัตราส่วนผสมของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำเทียบกับตัวมาตรฐานมีค่าไม่ต่างกันมาก และค่าการกลบมิดที่สูตร A1 ถึง A5 เท่ากับ 0.57%, 0.57%, 0.57%, 0.58% และ 0.58% ทำให้สรุปได้ว่าสีรองพื้นสูตร A1 ถึง A5 มีความโปร่งแสงสูงซึ่งมีค่าต่างกับตัวอ้างอิงเพียงเล็กน้อย จึงไม่มีผลต่อการผลิตเป็นสีรองพื้นแบบโปร่งแสง



รูปที่ 4.4 แผ่นฟิล์มที่เคลือบด้วยสีรองพื้นแบบโปร่งแสงที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำเป็นสารตัวเติม

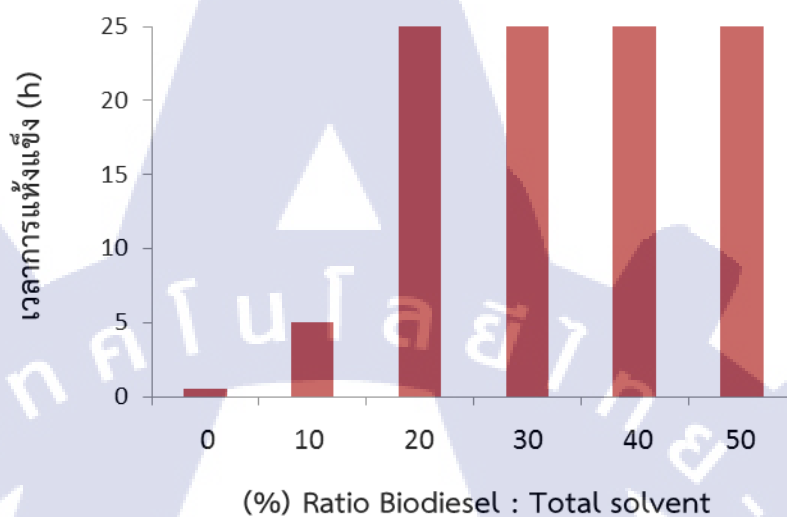
เวลาในการแห้งแข็งสูตร A1 ดีที่สุด โดยแห้งแข็งที่ 5 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าแห้งแข็งได้ภายใน 24 ชั่วโมง แต่เทียบระยะเวลาการแห้งของตัวมาตรฐานที่ 0.5 ชั่วโมง ยังใช้ระยะเวลาการแห้งนานเกินไปในเชิงพาณิชย์

ตารางที่ 4.3 แสดง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม เทียบกับ % Gloss ที่มุม 60 องศา และเวลาการแห้งแข็ง (h)

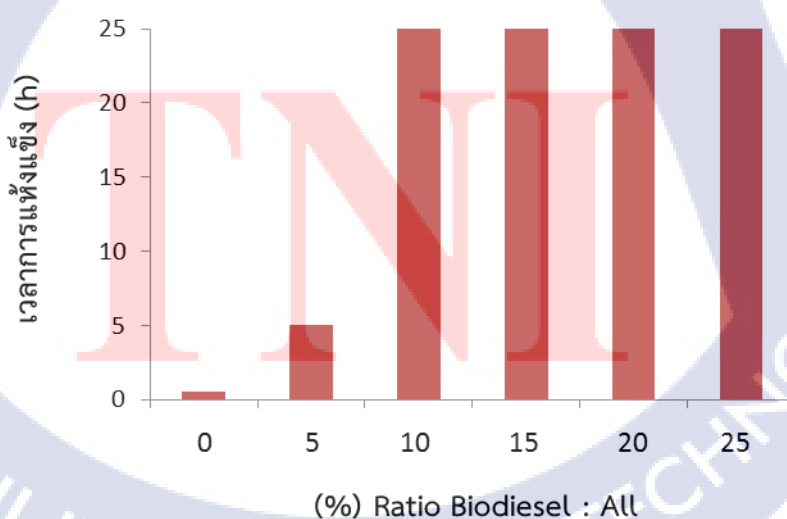
% Ratio Biodiesel : Total Solvent	ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้	
	% Gloss ที่มุม 60 องศา	เวลาการแห้งแข็ง (h)
0	207	0.5
10	197	5
20	201	> 24
30	202	> 24
40	204	> 24
50	207	> 24

ตารางที่ 4.4 สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด เทียบกับ % Gloss ที่มุม 60 องศา และเวลาการแห้งแข็ง (h)

% Ratio Biodiesel : All	ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้	
	% Gloss ที่มุม 60 องศา	เวลาการแห้งแข็ง (h)
0	207	0.5
5	197	5
10	201	> 24
15	202	> 24
20	204	> 24
25	207	> 24



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม กับเวลาการแห้งแข็ง (h)



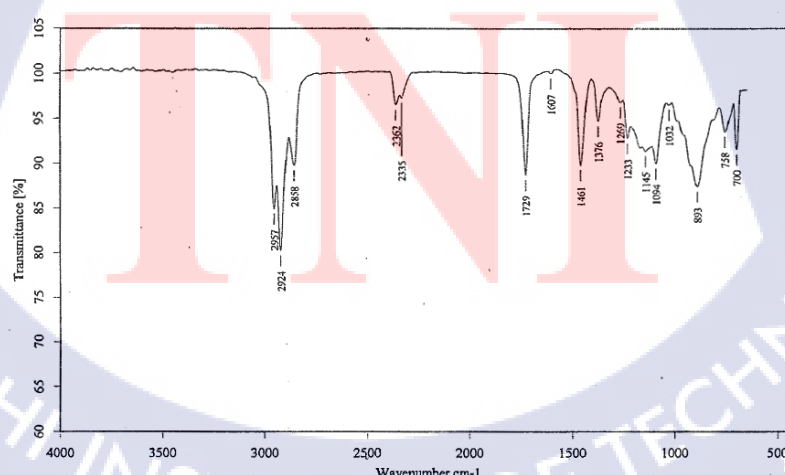
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด กับเวลาการแห้งแข็ง (h)

จากตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าที่ % สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม เท่ากับ 10% สามารถแห้งแข็งได้ภายใน 5 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส และ % สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด เท่ากับ 5% สามารถแห้งแข็งได้ภายใน 5 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส

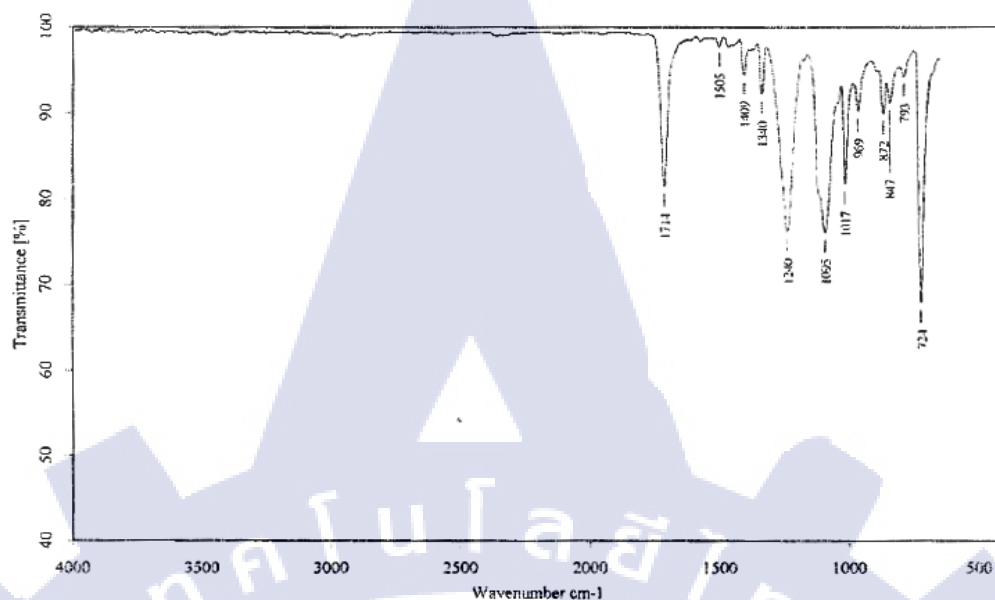


รูปที่ 4.7 การทาที่พื้นผิวจริงของสูตร A1 โดยทางซ้าย ถ่ายเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2556 และทางขวา ถ่ายเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ณ จุดเดียวกัน

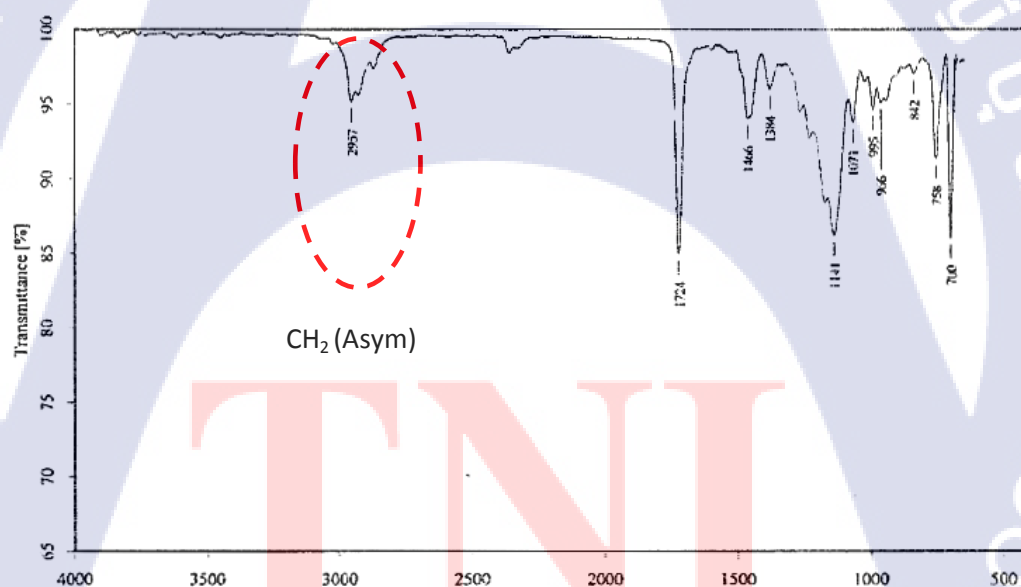
จากรูปที่ 4.7 แสดงถึงการทดลองทาที่พื้นผิวจริงโดยผ่านระยะเวลาจากวันที่ 21 กันยายน 2556 จนถึงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ไม่มีการลอกกล่อน แต่เฉดสีจะเปลี่ยนแปลงไปตั้งรูปข้างต้น ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Mild Oxidation) อันเป็นปัญหาปกติสำหรับสีสูตรน้ำมัน และสีที่มีลักษณะใส ในที่นี้เกิดกับโครงสร้างของ Fatty Acid ที่พันธะที่ไม่อิ่มตัว เช่น Oleic Acid และ Linoleic Acid เมื่อถูกแสงแดดโดยตลอด จะทำให้เกิดเหลืองขึ้น (Yellowing) [39] อย่างไรก็ตาม ไม่ถือว่าเป็นปัญหาเพราะสีที่ทำการทดลองเป็นสีรองพื้น ไม่ได้ใช้ทาทับหน้า (Top Coat)



รูปที่ 4.8 IR-Spectrum ของสูตร A1 ที่เป็นของเหลว



รูปที่ 4.9 IR-Spectrum ของแผ่นฟิล์มก่อนที่จะทำการเคลือบด้วยสูตร A1



รูปที่ 4.10 IR-Spectrum ของแผ่นฟิล์มหลังจากที่เคลือบด้วยสูตร A1 และทิ้งไว้ให้แห้งแข็ง

จากรูปที่ 4.8 - 4.10 แสดงให้เห็นกระบวนการแห้งแข็งของฟิล์มสีรองพื้นแบบโปร่งแสง สีเกิดที่พิก ความถี่ 2957 cm^{-1} ซึ่งเป็นพิก ($\text{CH}_2\text{ Asym}$) [40] ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างฟิล์มเหมือน น้ำมันหล่อลื่น (Lubricant)

4.3 การหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของการใช้ไบโอดีเซล โดยผสมเพิ่มสัดส่วน Acrylic resin

เพื่อทำให้เกิดการแห้งแข็งของเนื้อฟิล์มสีรองพื้นแบบโปร่งแสง โดยเพิ่มสัดส่วนของ Acrylic Resin ให้เพิ่มขึ้น เนื่องจากปกติ ซึ่งเกิดจากการสังเกตพบว่า Acrylic Resin สามารถแห้งแข็งเองได้ จึงเป็นเหตุผลในการเพิ่มสัดส่วนของ Acrylic Resin จากการทดลองที่ 2 คือ 50% เป็น 75% ในการทดลองที่ 3

ตารางที่ 4.5 ผลเชิงกายภาพของการทดลองที่ 3

คุณสมบัติ	ตัวอ้างอิง (White Spirit)	สูตร B1			สูตร B2			สูตร B3			สูตร B4			สูตร B5		
		B1-1	B1-2	B1-3	B2-1	B2-2	B2-3	B3-1	B3-2	B3-3	B4-1	B4-2	B4-3	B5-1	B5-2	B5-3
1. ลักษณะทั่วไป	ของเหลวใส	ของเหลวใส			ของเหลวใส			ของเหลวใส			ของเหลวใส			ของเหลวใส		
2. สี (การ์ดเนอร์)	ไม่มีสี	สีเหลืองอ่อน			สีเหลืองอ่อน			สีเหลืองอ่อน			สีเหลืองอ่อน			สีเหลืองอ่อน		
3. ความหนืด (Poise)	4.5	4.4			4.4			4.5			4.6			4.6		
4. % Opacity	0.55	0.58			0.58			0.59			0.59			0.59		
5. เวลาแห้งแข็ง (h)	0.42	3			5			> 24			> 24			> 24		

จากตารางที่ 4.5 พบว่าสีของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำที่ผสมตามอัตราส่วนตามสูตร B1 ถึง B5 จะมีสีเทียบกับ BYK Gardner Liquid Color Standards ในช่วง 1-2 ซึ่งไปเกินมาตรฐาน มอก.285 เล่ม 48-2524 โดยความเข้มของสีเหลืองจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำที่เพิ่มขึ้นโดยตรงเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3

ความหนืดเฉลี่ย และค่าการกลบมืดที่แสดงในรูปของ % Opacity ของทุกอัตราส่วนผสมของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำเทียบกับตัวมาตรฐานมีค่าไม่ต่างกันมาก และค่าการกลบมืดเฉลี่ยที่สูตร B1 ถึง B5 เท่ากับ 0.58% 0.58% 0.59% 0.59% และ 0.59% ทำให้สรุปได้ว่าสีรองพื้นสูตร A1 ถึง A5 มีความโปร่งแสงสูงซึ่งมีค่าต่างการตัวมาตรฐานเพียงเล็กน้อย แต่ความหนืดเฉลี่ยในระดับ 4.4 - 4.6 Poise ไม่เหมาะสมต่อการใช้งานเช่นการทาแปรงหรือการใช้ลูกกลิ้งทาสี

เวลาในการแห้งแข็งสูตร B1 ดีที่สุด โดยแห้งแข็งที่ 3 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าแห้งแข็งได้ภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งน่าจะมาจากสัดส่วนที่ดีขึ้นในการเกิด Crosslink ระหว่าง Hardener A กับ Acrylic Resin หรือ ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ แต่เทียบระยะเวลาการแห้งของตัวมาตรฐานที่ 0.42 ชั่วโมง ยังใช้ระยะเวลาการแห้งนานเกินไปในเชิงพาณิชย์ ซึ่งหากผลิตเพื่อจำหน่ายจริง อาจมีปัญหาในด้านการแข่งขัน

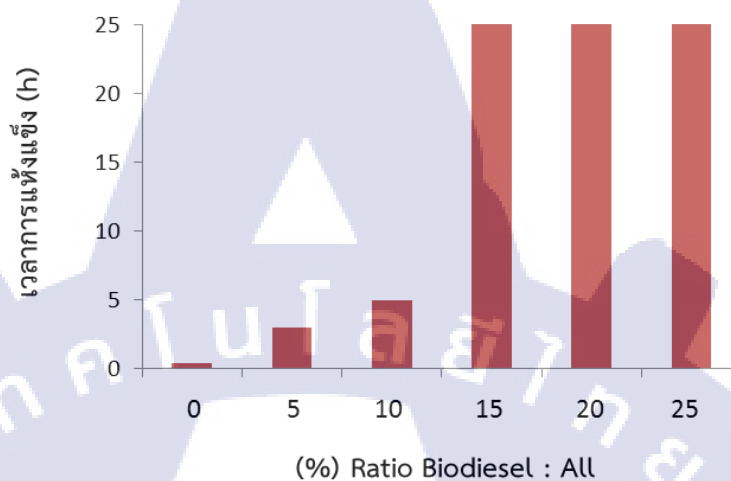
หากมีการศึกษาในเรื่องการเกิด Crosslink ระหว่าง Hardener A กับ Acrylic Resin หรือ ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำในสัดส่วนที่ละเอียดกว่างานวิจัยนี้ น่าจะสามารถทำให้สัดส่วนการใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำเพื่อทดแทน White Spirit มีสัดส่วนที่สูงขึ้นได้

ตารางที่ 4.6 แสดง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม เทียบกับเวลาการแห้งแข็ง (h)
เมื่อปรับเปลี่ยนสัดส่วน Acrylic Resin เป็น 75%

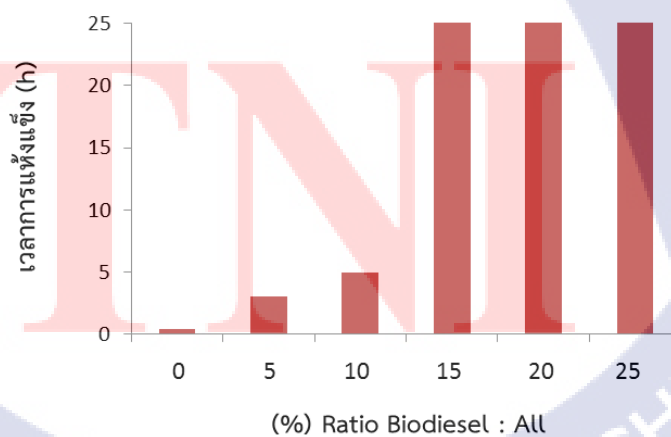
% Ratio	ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้
Biodiesel : Total Solvent	เวลาการแห้งแข็ง (h)
0	0.42
10	3
20	5
30	> 24
40	> 24
50	> 24

ตารางที่ 4.7 แสดง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด เทียบกับเวลาการแห้งแข็ง (h)
เมื่อปรับเปลี่ยนสัดส่วน Acrylic Resin เป็น 75%

% Ratio Biodiesel : All	ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้
	เวลาการแห้งแข็ง (h)
0.0	0.42
2.5	3
5.0	5
7.5	> 24
10.0	> 24
12.5	> 24



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม กับเวลาการแห้งแข็ง (h) ที่ปรับสัดส่วน Acrylic Resin เป็น 75%



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด กับเวลาการแห้งแข็ง (h) ที่ปรับสัดส่วน Acrylic Resin เป็น 75%

จากตารางที่ 4.6 และ ตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าที่ (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม เท่ากับ 10% สามารถแห้งแข็งได้ภายใน 3 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส และ (%) สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด เท่ากับ 2.5% สามารถแห้งแข็งได้ภายใน 3 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการใช้ White Spirit และ ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ

สูตรอ้างอิง

Material	%Component	Price(บาท/kg)	ต้นทุน (บาท/kg)
White Spirit	50	36.84	18.42
Acrylic Resin	50	53.58	26.79
Total			45.21

สูตร A1

Material	%Component	Price(บาท/kg)	ต้นทุน (บาท/kg)
Jatropha Biodiesel	5	29.50	1.47
White Spirit	45	36.84	16.56
Hardener A	0.1	288.00	0.29
Acrylic Resin	50	53.58	26.76
Total			45.09

% The Saving of Cost

0.27

จากตารางที่ 4.8 เมื่อมองถึงความเป็นไปได้ในการผลิตจริง ทางผู้วิจัยจึงได้ลองคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการใช้ White Spirit และ การใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำเป็น Filler ที่ 5% น้ำหนักโดยน้ำหนักในสูตรที่ A1 สามารถประหยัดต้นทุนได้ 0.27% ซึ่งถือว่าไม่ได้มากมาย แต่หากมองโดยสรุปว่าสามารถปรับเปลี่ยนวัตถุดิบเพื่อทดแทนการใช้ White Spirit ที่มาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมได้ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้

บทที่ 5

บทสรุป ข้อเสนอแนะ บทวิจารณ์

5.1 บทสรุป

5.1.1 เปรียบเทียบเพื่อเลือกสารตัวเติมระหว่างน้ำมันสบู่ดำกับไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ
จากการทดลองที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าไบโอดีเซลชนิด Methyl Ester จากน้ำมันสบู่ดำสามารถใช้เป็นสารตัวเติม (Filler) ในการผลิตสีรองพื้นแบบโปรงแสง โดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับการใช้ White Spirit มากกว่าน้ำมันสบู่ดำ ดังผลแสดงในตารางที่ 4.1 และจากค่าความดันไอที่ต่ำมากของ Methyl Ester ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ดังแสดงในตารางที่ 1.1 จึงจำเป็นต้องเพิ่มตัวเร่งการแห้ง (Hardener) ซึ่งทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณ Crosslinking Agents เพื่อช่วยในการแห้ง

5.1.2 การหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของการใช้ไบโอดีเซลเป็นสารตัวเติม เพื่อทำให้เกิดการแห้งแข็งของเนื้อฟิล์มสีรองพื้นแบบโปรงแสง

จากตารางที่ 4.2 – 4.4 และแนวโน้มจากรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตสีรองพื้นอะคริลิกเรซินแบบโปรงแสงสัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวมไม่เกิน 10% เพราะเนื่องจากไบโอดีเซลชนิด Methyl Ester มีค่าความดันไอต่ำกว่า White Spirit ดังตารางที่ 1.1 ซึ่งส่งผลโดยตกต่อเวลาการแห้งแข็ง

5.1.3 การหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของการใช้ไบโอดีเซลเป็นสารตัวเติม เพื่อให้เกิดการแห้งแข็งของเนื้อฟิล์มสีรองพื้นแบบโปรงแสง โดยเพิ่มสัดส่วนของ Acrylic Resin ให้เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.5 – 4.7 และแนวโน้มจากรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มสัดส่วน Acrylic Resin เป็น 75% แม้ว่าจะทำให้เกิดการแห้งแข็งได้เร็วขึ้นใน 3 ชั่วโมง อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส แต่ตามคุณสมบัติทางกายภาพโดยเฉพาะความหนืดที่สูงขึ้นกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีในตลาด รวมถึงต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากสัดส่วน Acrylic Resin ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ไม่เหมาะสมแก่ผู้บริโภคและผู้ผลิต

5.2 ข้อเสนอแนะ และบทวิจารณ์

สุดท้ายนี้ สามารถสรุปได้ว่าที่สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม เท่ากับ 10% สามารถแห้งแข็งได้ภายใน 5 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส และที่สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด เท่ากับ 5% สามารถแห้งแข็งได้ภายใน 5 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส

หากทำการเพิ่มที่สัดส่วนของ Acrylic Resin ที่ 75% ในสภาพการใช้งานจริงจะไม่เหมาะสมเนื่องจากมีความหนืดที่สูงและเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต แม้ว่าที่สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อตัวทำละลายรวม เท่ากับ 10% สามารถแห้งแข็งได้ภายใน 3 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส และที่สัดส่วนของไบโอดีเซลต่อส่วนผสมทั้งหมด เท่ากับ 2.5% สามารถแห้งแข็งได้ภายใน 3 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่ 37 องศาเซลเซียส

ในอดีตที่ผ่านมา ผู้ผลิตและผู้บริโภคของสีน้ำมันทาอาคารอาจมองที่ความสะดวกในการใช้งาน ทำให้ต้องใช้สารตัวทำละลาย โดยใช้ในรูปแบบทินเนอร์ แต่ในขณะเดียวกันย่อมก่อให้เกิดมลภาวะแก๊สสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นตัวทำละลายเหล่านั้นเป็นสารเคมีมีค่า VOCs สูง จึงทำให้เกิดการระเหยซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ โดย VOCs จะก่อให้เกิด Photochemical Oxidant [41] ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำลายโอโซนที่อยู่ในบรรยากาศชั้นสูง และส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อนจากการเกิดภาวะเรือนกระจก (Green House Effect) โดยสาร VOCs (Volatile Organic Compounds) [42] คือ สารประกอบอินทรีย์ที่สามารถระเหยเป็นไอและกระจายตัวไปในอากาศได้ในอุณหภูมิและความดันปกติ โมเลกุลส่วนใหญ่ประกอบด้วย คาร์บอน และไฮโดรเจน รวมทั้งอาจมีออกซิเจน หรือคลอรีนประกอบอยู่ด้วย ที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไปซึ่งก่อให้เกิดโอโรระเหย เช่น พอร์มาลีน น้ำมันรถยนต์ ทินเนอร์ และแอลกอฮอล์ต่าง ๆ เป็นต้น

VOCs แต่ละชนิดนั้นจะมีผลต่อสุขภาพแตกต่างกันไป จากการศึกษา พบว่า VOCs สามารถก่อให้เกิดมะเร็ง [43] ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งมีผลต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบทางเดินหายใจ ระบบพันธุกรรม ระบบฮอร์โมน เป็นต้น ดังนั้นการหันมาใช้ไบโอดีเซลทดแทนทินเนอร์ ในสีน้ำมันทาอาคาร ย่อมส่งผลดีต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของผู้ผลิตและผู้บริโภค อย่างไม่ต้องสงสัย

แม้ว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำจะไม่มีคุณสมบัติการเป็นทินเนอร์ที่ติดในสีทาอาคารสูตรน้ำมัน แต่สามารถเป็นสารเติมแต่ง (Filler) ที่ดีได้ อีกทั้งยังสามารถเป็นพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) [44] ที่มีหน้าที่เป็นสารเติมแต่งเพื่อช่วยในการกระจายตัวได้ดีในสูตรสีที่มีองค์ประกอบของผงสี (Pigments) ซึ่งเป็นประโยชน์ในด้านกระบวนการผลิตสีทาอาคารสูตรน้ำมัน เช่น ลดเวลาประหยัดค่าแรง และค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการกระจายตัวของผงสีในกระบวนการผลิต เป็นต้น

ส่วนความล้มเหลวของการผสมระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลที่ไม่ผ่านการปรับปรุงด้วยปฏิกิริยา Esterification ให้เป็นไบโอดีเซลผสมกับ Acrylic Resin แล้วเกิดเจลขึ้นนั้น โดยมีลักษณะความหนืดที่สูงกว่าการผสมระหว่างไบโอดีเซลจากน้ำมันสุบุดำกับ Acrylic Resin หลายเท่า หากมองในแง่ดีอาจสามารถพัฒนาให้เป็นสีโป้ว (Putty) ในครั้งต่อไป สำหรับใช้ในการตกแต่ง และกลบปิดรอยแตกร้าวพื้นผิวคอนกรีตได้



บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2551). **ธุรกิจสีอุตสาหกรรมปี 51**. 14 (2,197) : 1-5.
- [2] Asia Pacific Petrochemical Co.,Ltd. (2013). **White Spirit-The Chronology of Condensate**. Retrieved June 6, 2013, from http://www.apcbkk.com/know_details.php?txtNo=28&page=1
- [3] Health Protection Agency. (2013). **White Spirit Incident Management**. Retrieved May 16, 2013, from http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1296687381914
- [4] National Library of Medicine HSDB Database. (2013). **Methyl Palmitate**. Retrieved June 6, 2013, from <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+5570>
- [5] National Library of Medicine HSDB Database. (2013). **Methyl Stearate**. Retrieved June 6, 2013, <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+2901>
- [6] National Library of Medicine HSDB Database. (2013). **Methyl Oleate**. Retrieved June 6, 2013, <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+5572>
- [7] H. An; and W.M. Yang. (2013, February). Detailed Physical Properties Prediction of Pure Methyl Esters for Biodiesel Combustion Modeling. **Applied Energy**. 13 (102) : 647-656.
- [8] TOA Group. (2556). **องค์ประกอบของสี**. สืบค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2556, จาก <http://www.misterpainting.com/Paint-knowledge/Paint-Component.html>
- [9] หน่วยเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2556). **สารตัวเติม (Filler)**. สืบค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2556, จาก <http://rubber.sc.mahidol.ac.th/rubbertech/process.htm>
- [10] จักรพงศ์ ไชยบุรี. (2552, ตุลาคม). การทดสอบเครื่องยนต์เกษตรที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสุปุด้า. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 12 (3) : 160-168.

- [11] B.S. Chauhan; N. Kumar; and H.M. Cho. (2012, January). A Study on the Performance and Emission of A Diesel Engine Fueled with Jatropa Biodiesel Oil and Its Blends. **Energy**. 37 (1) : 616–622.
- [12] T. Ganapathy; R.P. Gakkhar; and K. Murugesan. (2011, December). Influence of Injection Timing on Performance, Combustion and Emission Characteristics of Jatropa Biodiesel Engine. **Applied Energy**. 88 (12) : 4,376-4,386.
- [13] K. M. Rahman; M. Mashud; and Md. Roknuzzaman. (2010). Biodiesel from Jatropa Oil as an Alternative Fuel for Diesel Engine. **International Journal of Mechanical & Mechatronics IJMME-IJENS**. 10 (3) : 1-6.
- [14] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2556). “ไบโอดีเซล” พลังงานใหม่เพื่อคนไทย. สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2556, จาก <http://www.rsu.ac.th/engineer/energy>
- [15] G. Niu; D. Rodriguez; M. Mendoza; J. Jifon; and G. Ganjegunte. (2012). Responses of Jatropa Curcas to Salt and Drought Stresses. **International Journal of Agronomy**. 12 (2,012) : 1-7.
- [16] N. Chaiwut. (2010). **Screening of Physic Nut (Jatropa Curcas L.) for Salt Tolerance at Germination Stage**. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7. นครปฐม : ราชอาณาจักรไทย.
- [17] HPS Makkar; J. Herrera; and K. Becker. (2008). Variations in Seed Number per Fruit, Seed Physical Parameters and Contents of Oil, Protein and Phorbol Ester in Toxic and Non-Toxic Genotypes of Jatrophacurcas. **J Plant Sci**. 3 (4) : 260–265.
- [18] ภาคภูมิ ศิริอาชาวัฒนา. (2553). การทดสอบความเป็นพิษแบบกึ่งเฉียบพลันของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดสบู่ดำในหนูขาว. **วารสารพิษวิทยาไทย**. 25 (1) : 47-56.
- [19] HPS Makkar; K. Becker; and F. Sporer. (1997). Studies on Nutritive Potential and Toxic Constituents of Different Provenances of Jatropa Curcas. **J Agric Food Chem**. 45 (3) : 3,152-3,157.

- [20] J. Mallegol; and J.L. Gardette. (2000). Long-Term Behavior of Oil-Based Varnishes and Paints, Fate of Hydroperoxides in Drying Oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. 77 (3) : 249-255.
- [21] บริษัท อีบิลด์ จำกัด. (2556). การแบ่งประเภทของสีต่างๆ. สืบค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2556, จาก http://www.ebuild.co.th/article.php?g_id=5&article_id=93
- [22] T.E. Odetoeyea; D.S. Ogunniya; and G.A. Olatunji. (2010). Preparation and Evaluation of Jatropha Curcas Linnaeus Seed Oil Alkyd Resins. **Industrial Crops and Products**. 32 (3) : 225–230.
- [23] T.E. Odetoeyea; D.S. Ogunniyi; and G.A. Olatunji. (2012). Improving Jatropha Curcas Linnaeus Oil Alkyd Drying Properties. **Progress in Organic Coatings**. 73 (4) : 374– 381.
- [24] ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี; และอนุกุล จันทร์แก้ว. (2557). การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กในการทำงานจริงโดยใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิง. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2557, จาก http://librae.mju.ac.th/goverment/20111119104834_librae/31992.pdf
- [25] J.E. Thompson; and Lane Community College. (2014). **Biodiesel Synthesis**. Retrieved March 15, 2014, from <http://greenchem.uoregon.edu/PDFs/GEMsID87.pdf>
- [26] บริษัท วิชาการดอทคอม จำกัด. (2556). **ปิโตรเลียม**. สืบค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2556, จาก <http://www.vcharkarn.com/lesson/view.php?id=1464>
- [27] อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย. (2556). **ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์**. สืบค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2556 จาก <http://vcharkarn.com/varticle/409>
- [28] บัญชา พูลโกคา. (2556). **สเปกโตรสโกปีและการพิสูจน์ทราบโครงสร้างของสาร**. สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2556, จาก http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302265/Spectro.pdf
- [29] C. Baroi; E.K. Yanful; and M.A. Bergougnou. (2009). Biodiesel Production from Jatropha Curcas Oil Using Potassium Carbonate as an Unsupported Catalyst. **International Journal of Chemical Reaction Engineering**. 7 (1) : 1-18.

- [30] F. Xie; Z.H. Liu; and D.Q. Wei. (2002). Curing Kinetics and Properties of Acrylic Resin Cured with Aziridine Crosslinker. **Chinese Journal of Polymer Science**. 2 (1) : 65-70.
- [31] Z.O. Oyman. (2005). **Towards Environmentally Friendly Catalysts For Alkyd Coatings**. Netherlands : Printpartners Ipskamp.
- [32] G.E. Urroz. (2005). **Ch 2 – Properties of Fluids – II**. Retrieved May 16, 2013, from http://ocw.usu.edu/civil_and_environmental_engineering/fluid_mechanics/CEE3500_L3_Properties2.pdf
- [33] A. Konze. (2013). **Fluid**. Retrieved May 16, 2013, from http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option=com_content&task=view&id=2532&Itemid=3
- [34] R.M. Jingura; D. Musademba; and R. Matengaifa. (2010). An Evaluation of Utility of Jatropha Curcas L: As a Source of Multiple Energy Carriers. **International Journal of Engineering Science and Technology**. 2 (7) : 115-122.
- [35] T. Chibwe. (2012). **Soap from Jatropha – Home Made but Top Grade**. Retrieved May 27, 2013, from <http://bks.bham.ac.uk>
- [36] S.A. Raja. (2011). Biodiesel Production from Jatropha Oil and Its Characterization. **Res.J.Chem.Sci**. 1 (1) : 81-87.
- [37] A. Okullo; A. K. Temu; P. Ogowok; and J. W. Ntalikwa. (2012). Physico-Chemical Properties of Biodiesel from Jatropha and Castor Oils. **International Journal of Renewable Energy Research**. 2 (1) : 47-52.
- [38] DIC Corporation. (2013). **Acrylic Resins-Solvent-Based Acrylic Resins for Coating**. Retrieved June 4, 2013, from <http://www.dic-global.com/jp/en/products/acryl/coating.html>
- [39] Dulux. (2014). **Paint Problem Solver - Interior**. Retrieved March 15, 2014, from <http://www.dulux.com.au/advice/paint-problem-solver/interior>
- [40] P.M Cann; and H.A. Spikes. (2005, August). In-Contact IR Spectroscopy of Hydrocarbon Lubricants. **Tribology Letters**. 19 (4) : 289-290.

- [41] D.M. Olszyk; A. Bytnerowicz; and B.K. Takemoto. (1989). Photochemical Oxidant Pollution and Vegetation: Effects of Mixtures of Gases, Fog and Particles. **Environmental Pollution**. 61 (1) : 11-29.
- [42] สมพร ขวัญเลิศจิตต์. (2557). **Technology เรือนำรู้ สิ้นพ่นซ่อมรถยนต์ระบบน้ำ**
นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2557, จาก
http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/tn208_A_p91-92.pdf
- [43] Kim DG van de Kant. (2014). **Clinical Use of Exhaled Volatile Organic Compounds in Pulmonary Diseases: A Systematic Review**.
Retrieved March 15, 2014, from <http://respiratory-research.com/content/pdf/1465-9921-13-117.pdf>
- [44] E.S. Stevens; and R.D. Ashby. (2009). Gelatin Plasticized with a Biodiesel Coproduct Stream. **Journal of Biobased Materials and Bioenergy**. 3 (1) : 57-61.

ภาคผนวก

TNI

ตารางที่ ก-1 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

คุณสมบัติ	มาตรฐาน	ตัวอ้างอิง (White Spirit)	ตัวทำละลาย	
			น้ำมันสบู่ดำ	ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ
1. ลักษณะทั่วไป	อ้างอิง มอก. 2364-2551			
2. สี	มอก.285 เล่ม 48			
3. ความหนืด (Poise)	ASTM D 445			
4. เวลาแห้งผิว (h)	มอก.285 เล่ม10-2524			

ตารางที่ ก-2 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

[illegible]

ตารางที่ ก-3 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

[illegible]

ตารางที่ ก-4 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2 ระหว่าง % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณตัวทำละลายรวม กับความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

% Ratio Biodiesel : Total Solvent	ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้	
	% Gloss ที่มุม 60 องศา	เวลาการแห้งแข็ง (h)
0		
10		
20		
30		
40		
50		

ตารางที่ ก-5 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2 ระหว่าง % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณปริมาณสารทั้งหมด กับความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

% Ratio Biodiesel : All	ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้	
	% Gloss ที่มุม 60 องศา	เวลาการแห้งแข็ง (h)
0		
5		
10		
15		
20		
25		

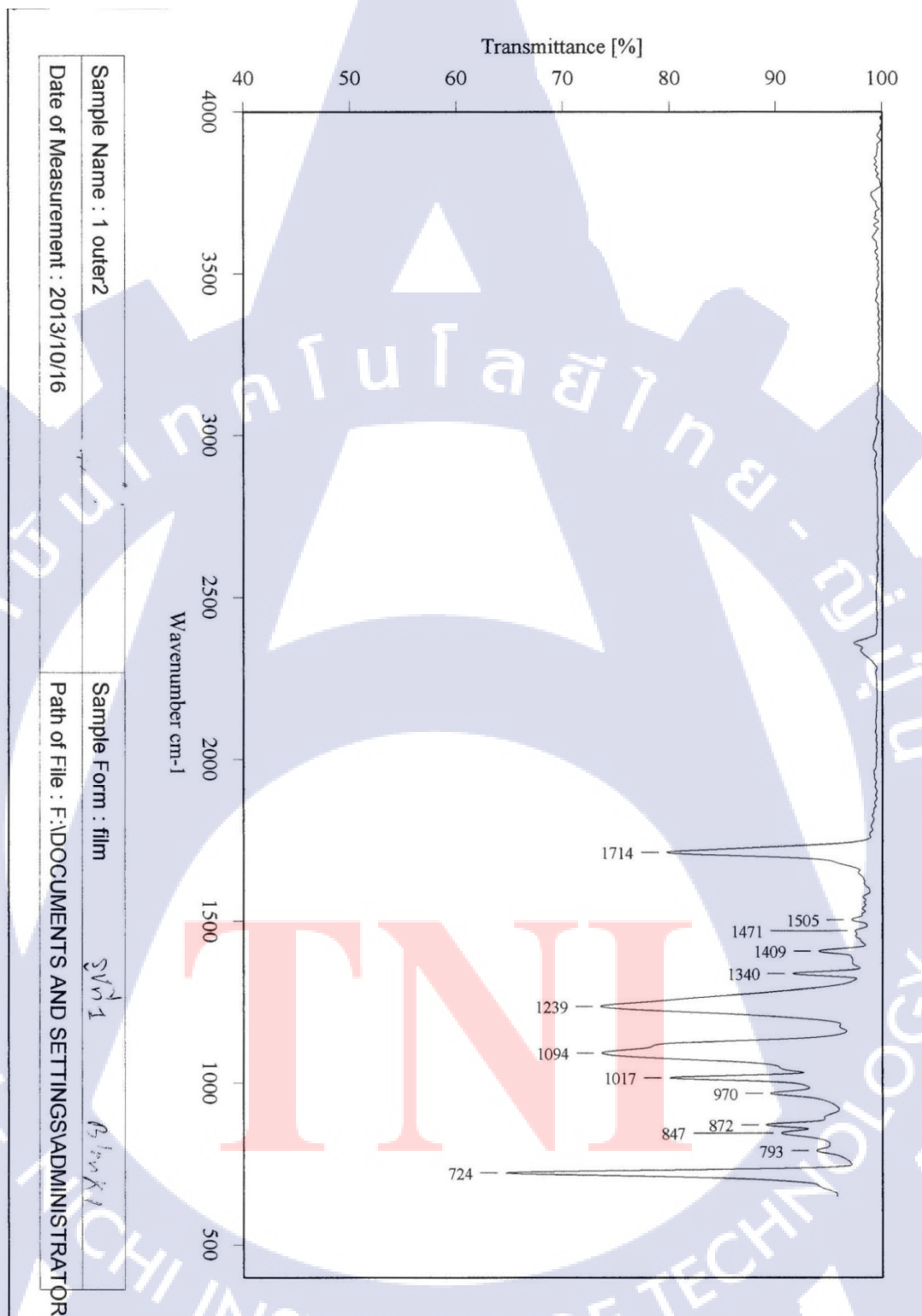
ตารางที่ ก-6 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3 ระหว่าง % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณ
ปริมาณสารทั้งหมด กับความสัมพันธ์ของเวลาการแห้งแข็ง

% Ratio	ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้
Biodiesel : Total Solvent	เวลาการแห้งแข็ง (h)
0	
10	
20	
30	
40	
50	

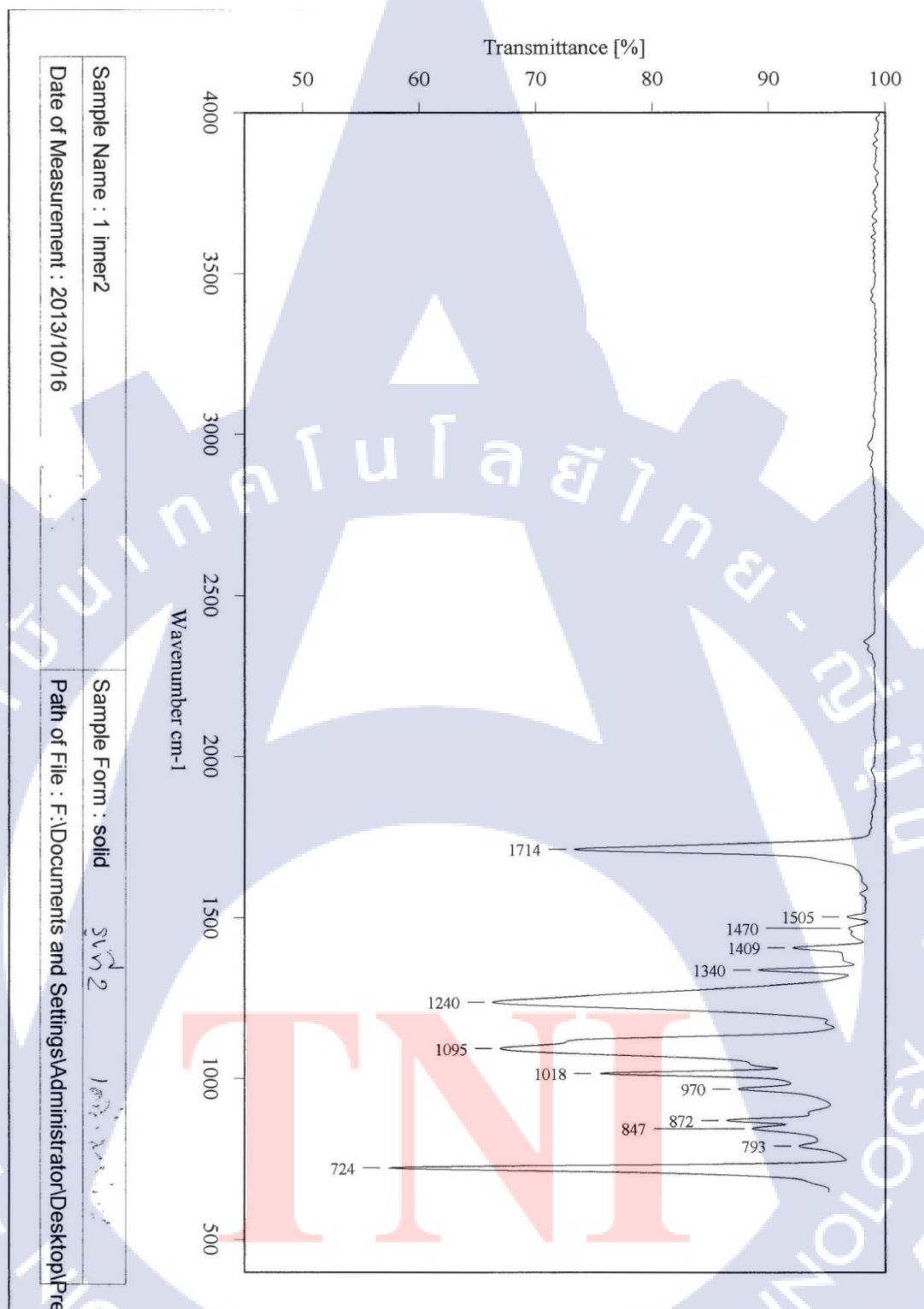
ตารางที่ ก-7 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3 ระหว่าง % Ratio ของไบโอดีเซลต่อปริมาณ ปริมาณสารทั้งหมด กับความสัมพันธ์ของเวลาการแห้งแข็ง

% Ratio	ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้
Biodiesel : All	เวลาการแห้งแข็ง (h)
0.0	
2.5	
5.0	
7.5	
10.0	
12.5	

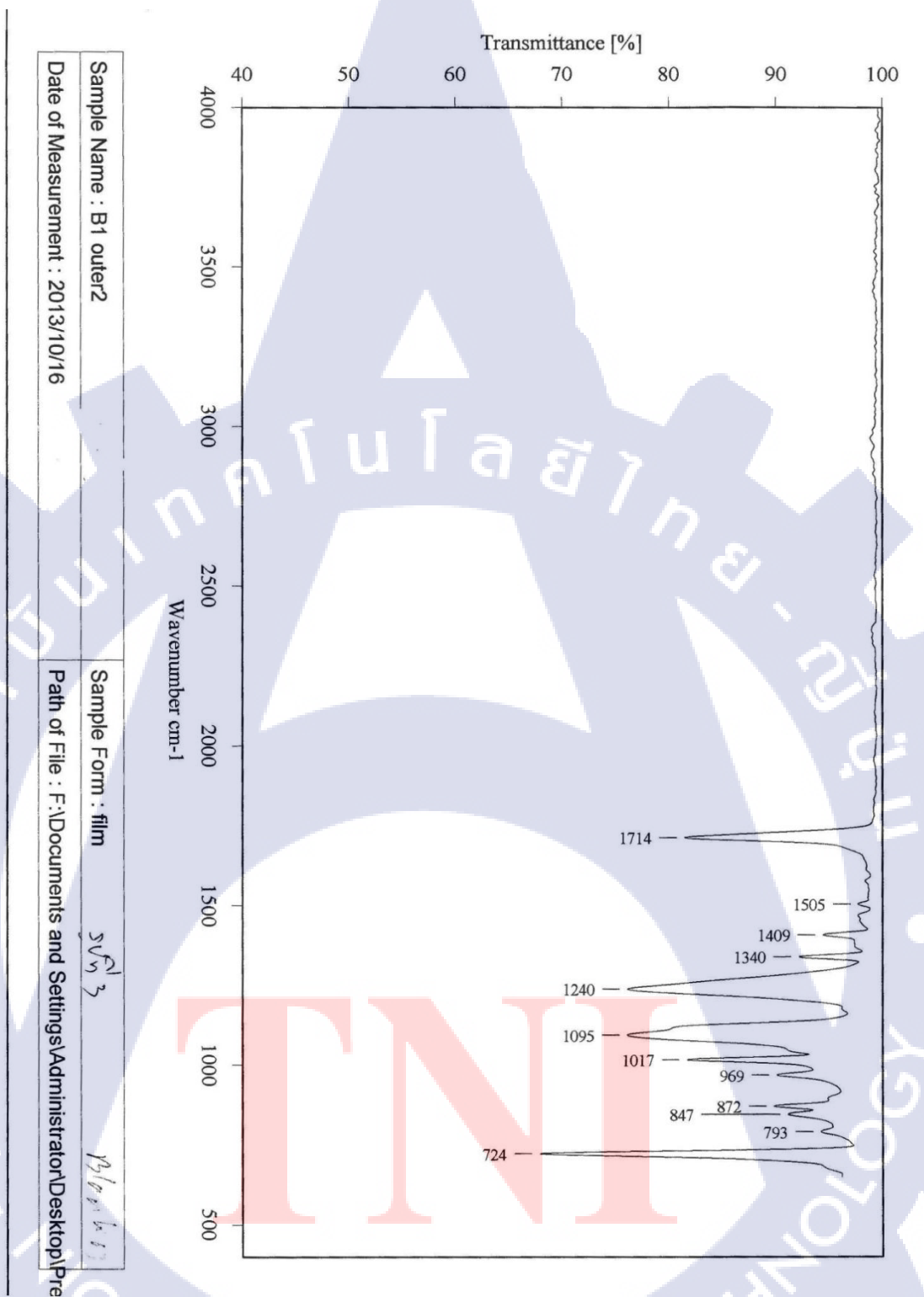
บันทึกผลจากเครื่อง FTIR



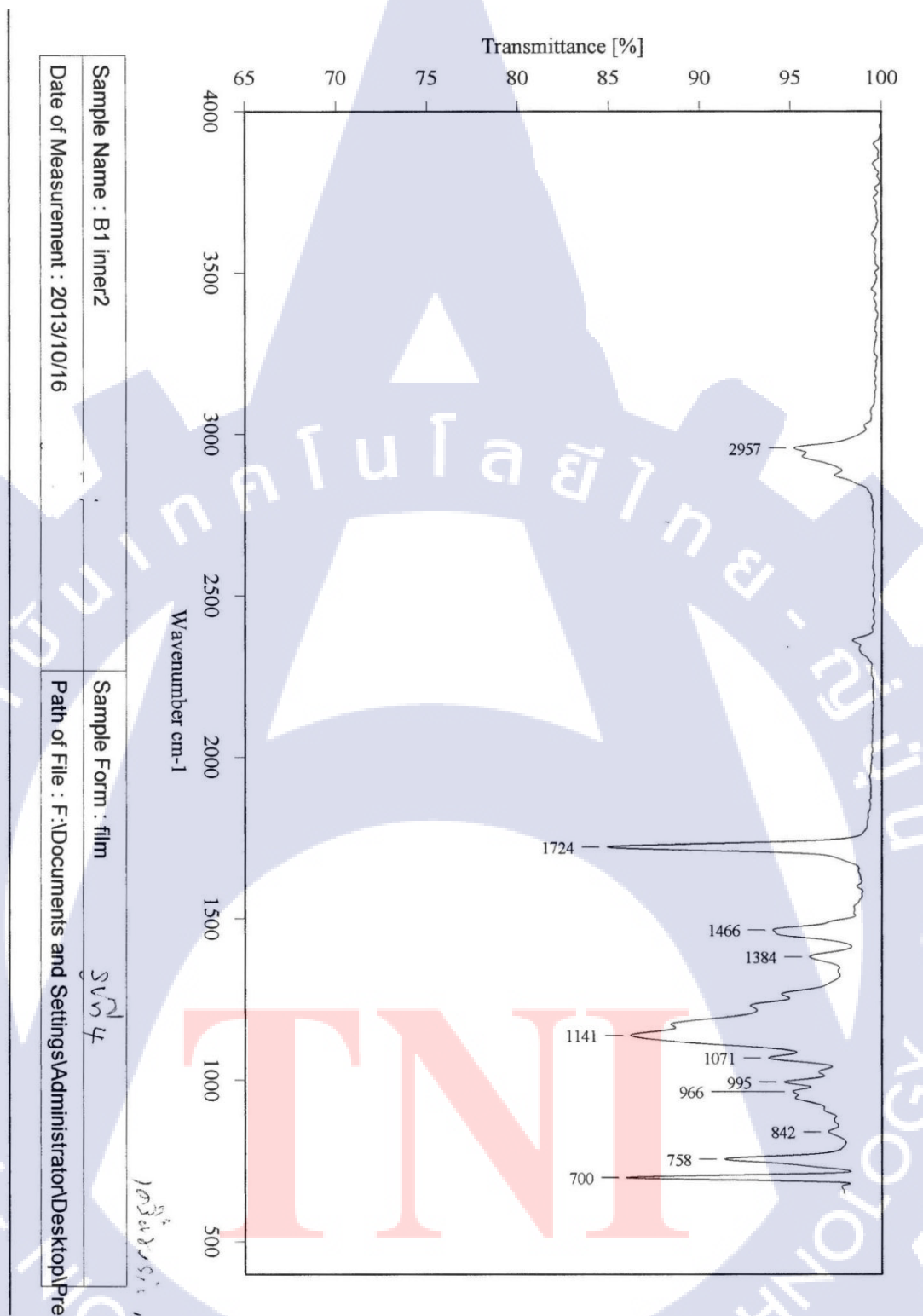
รูปที่ ก-1 ทดสอบแผ่นฟิล์มเป็น Blank ด้านหน้า



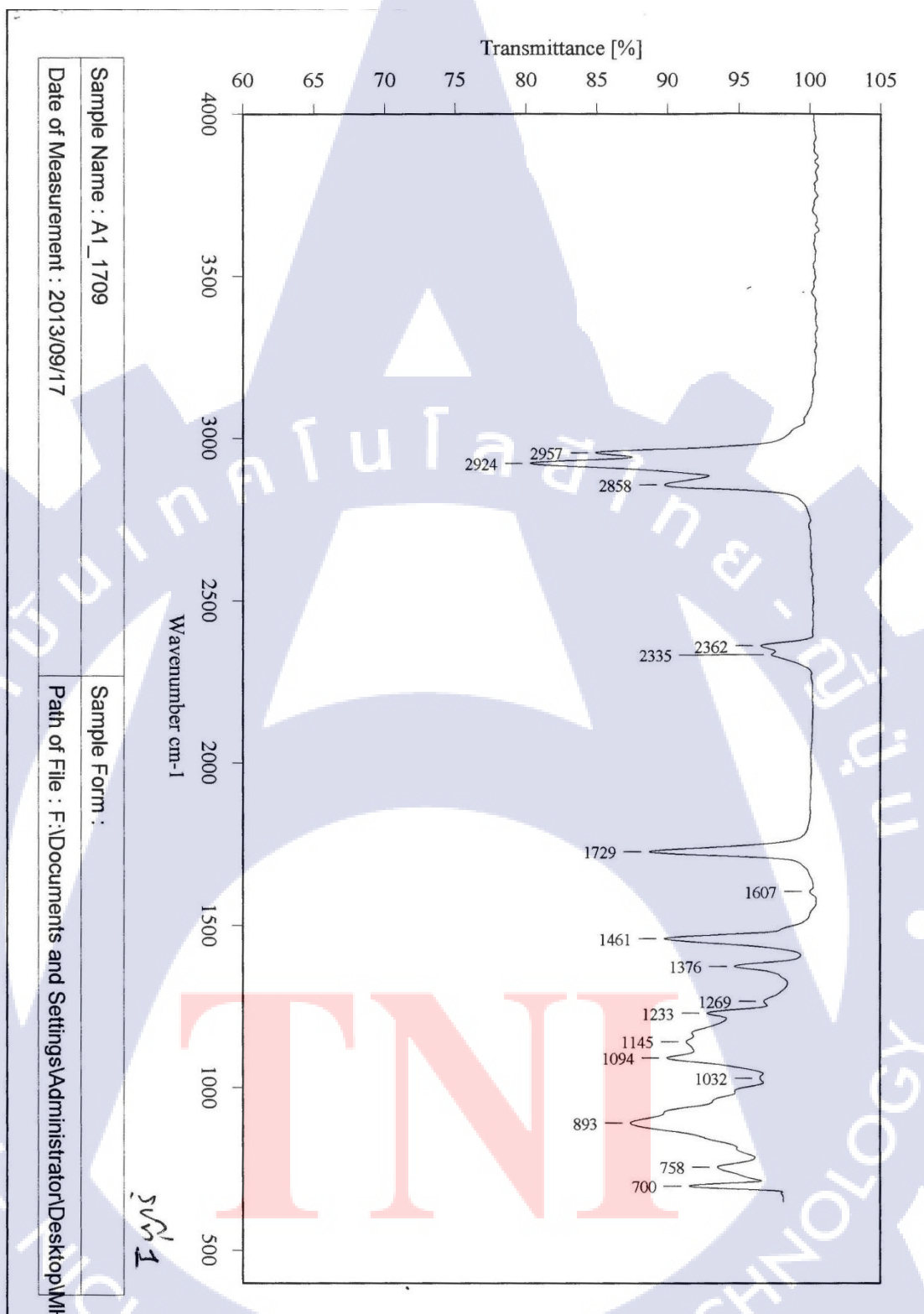
รูปที่ ก-2 ทดสอบแผ่นฟิล์มเป็น Blank ด้านหลัง



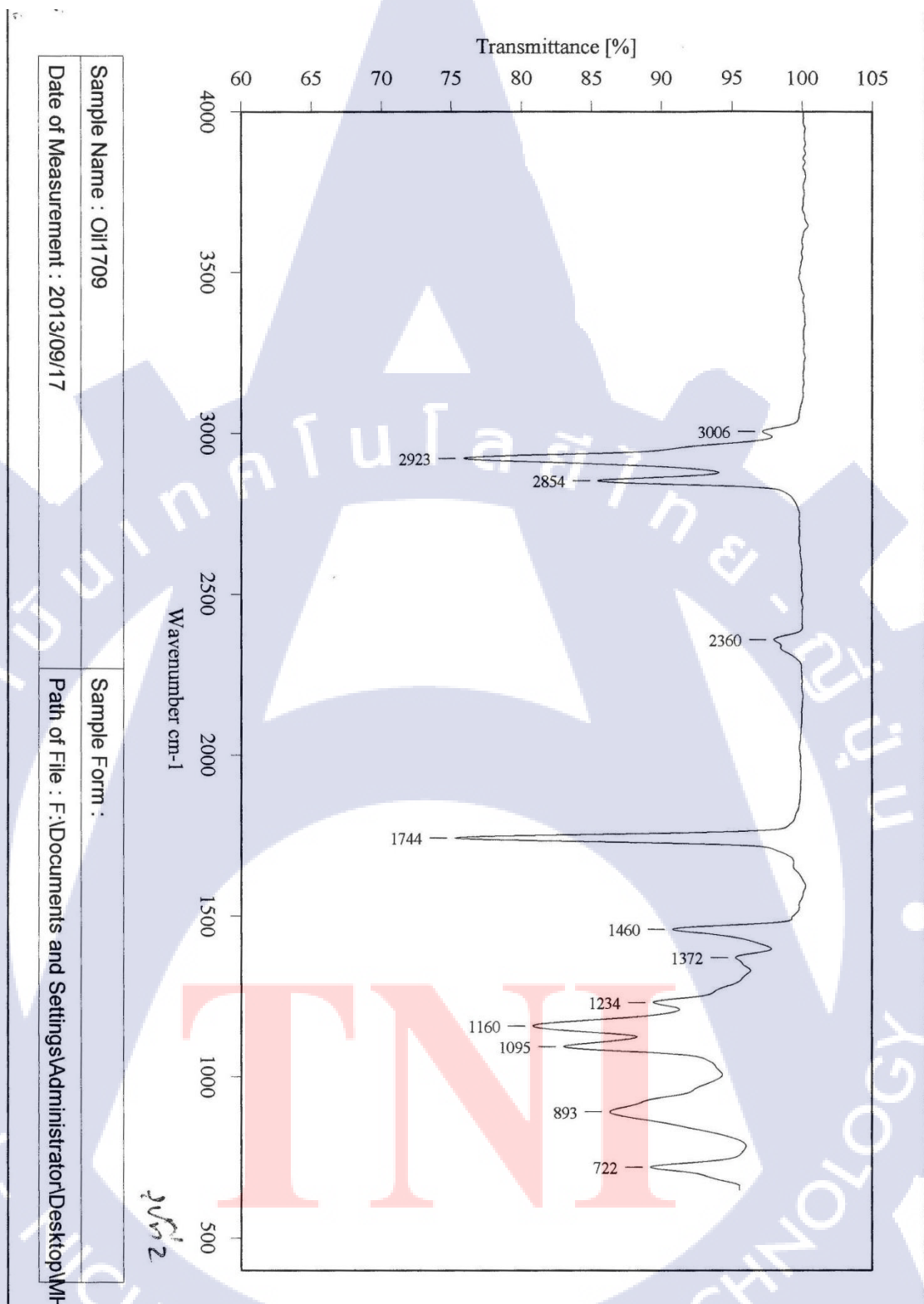
รูปที่ ก-3 ทดสอบแผ่นฟิล์มที่เคลือบตัวอย่าง ด้านหน้า



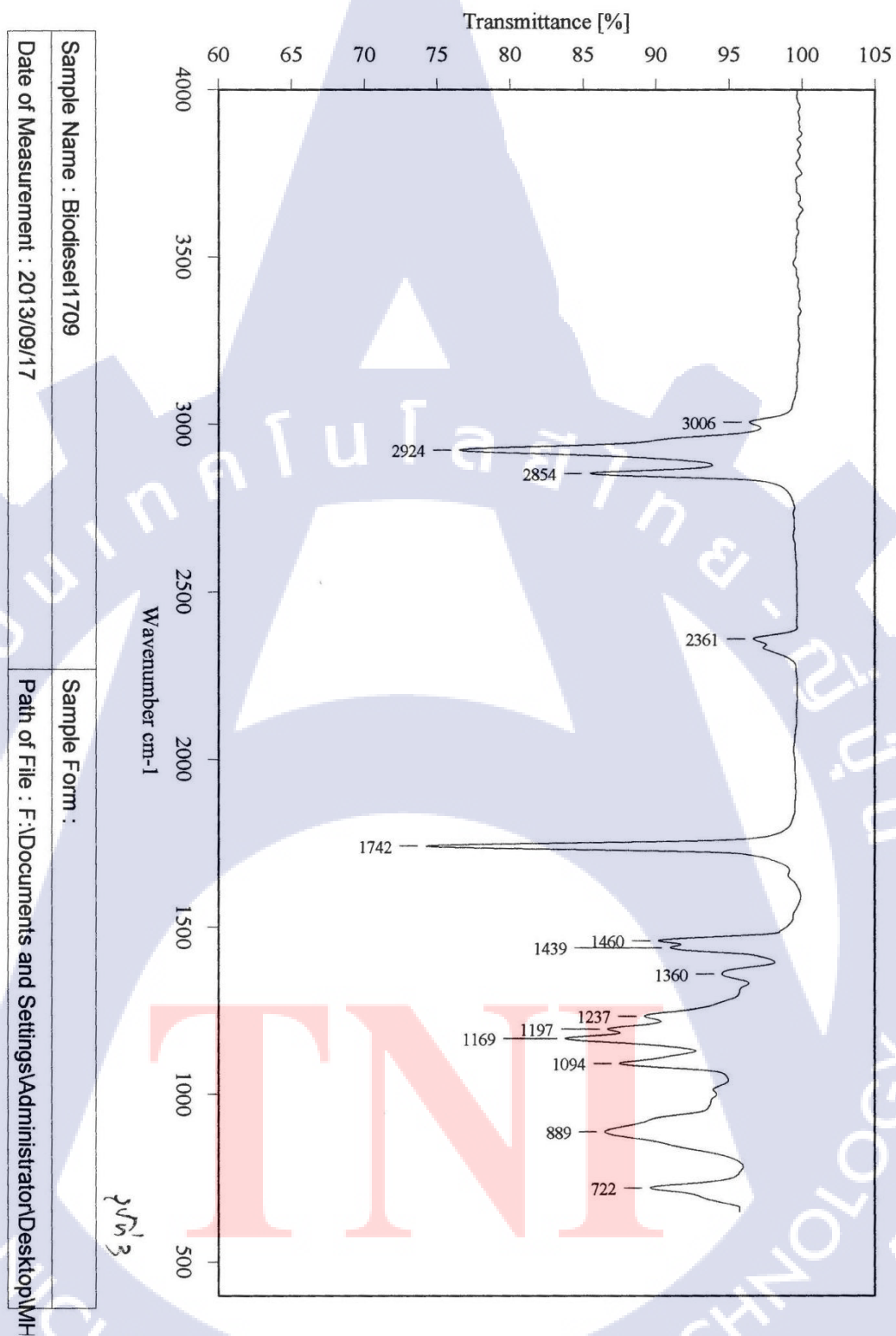
รูปที่ ก-4 ทดสอบแผ่นฟิล์มที่เคลือบตัวอย่าง ด้านหลัง



รูปที่ ๓-5 ทดสอบวัด FTIR ในสูตร A1

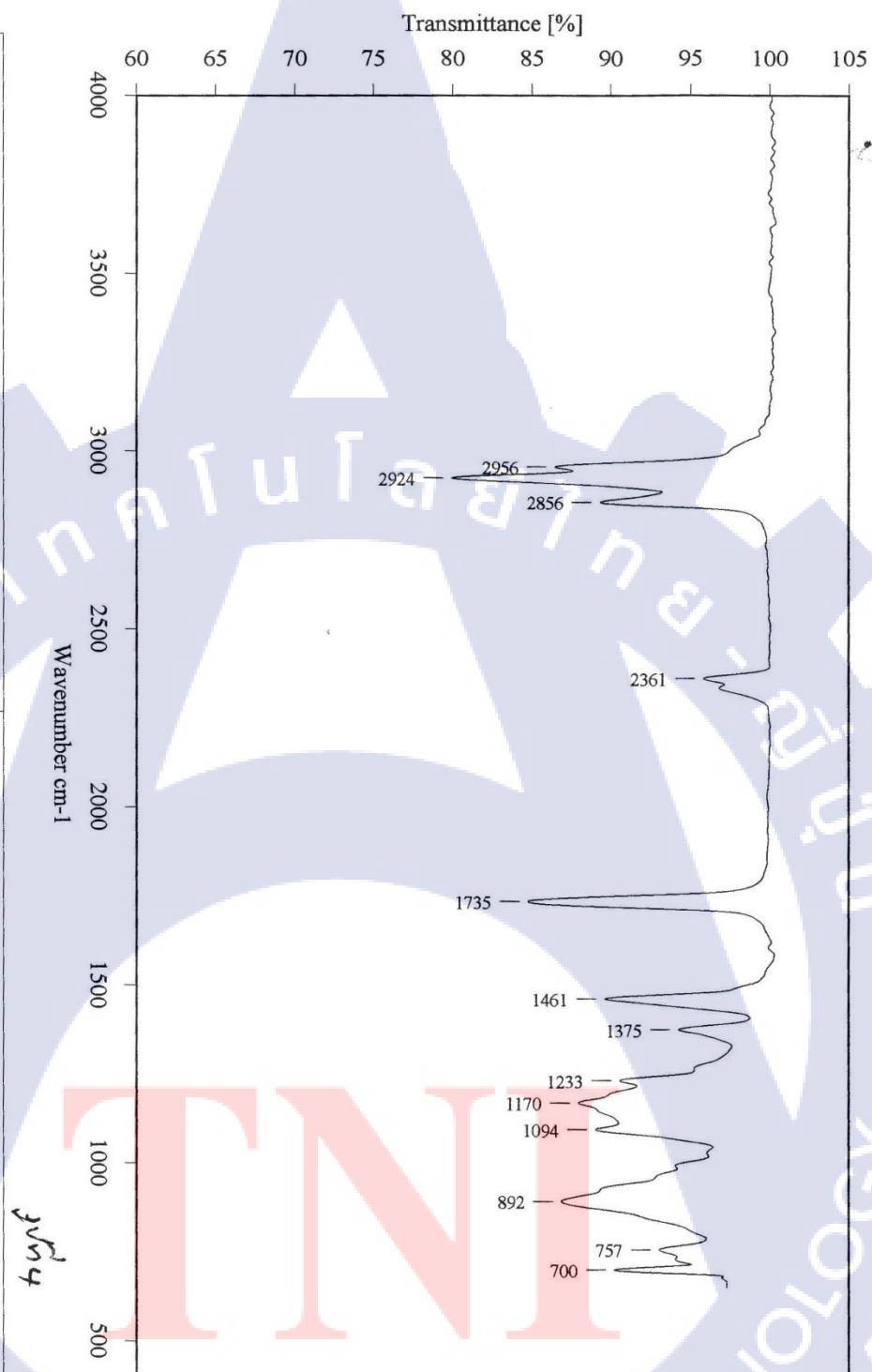


รูปที่ ก-6 ทดสอบวัด FTIR ในน้ำมันสบูดำ

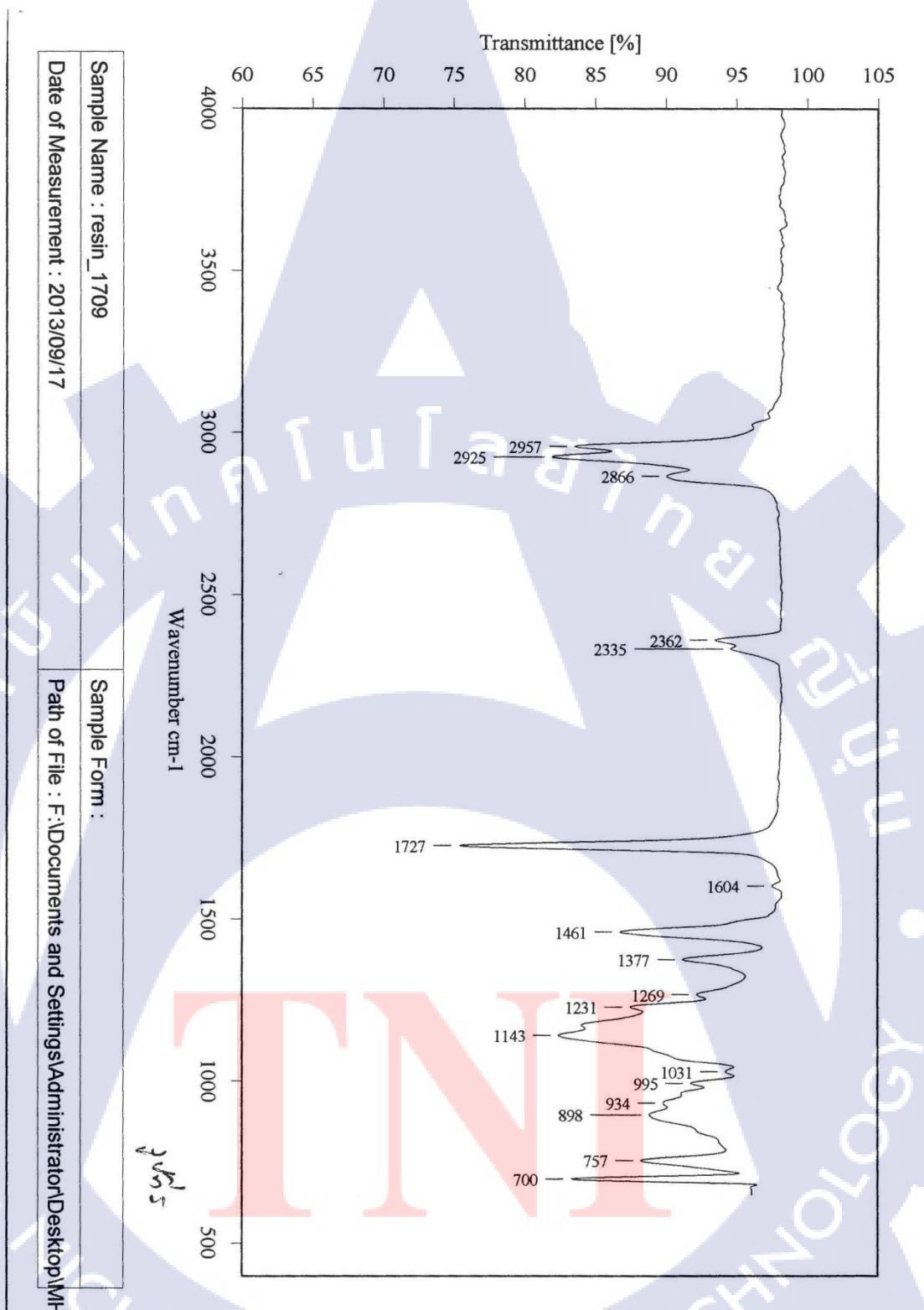


รูปที่ 3-7 ทดสอบวัด FTIR ในไบโอดีเซลจากน้ำมันสุปุดำ

Sample Name : A5_1709	Sample Form :
Date of Measurement : 2013/09/17	Path of File : F:\Documents and Settings\Administrator\Desktop\Mr-



รูปที่ ก-8 ทดสอบวัด FTIR ในสูตร A5



รูปที่ ก-9 ทดสอบวัด FTIR ใน Acrylic Resin

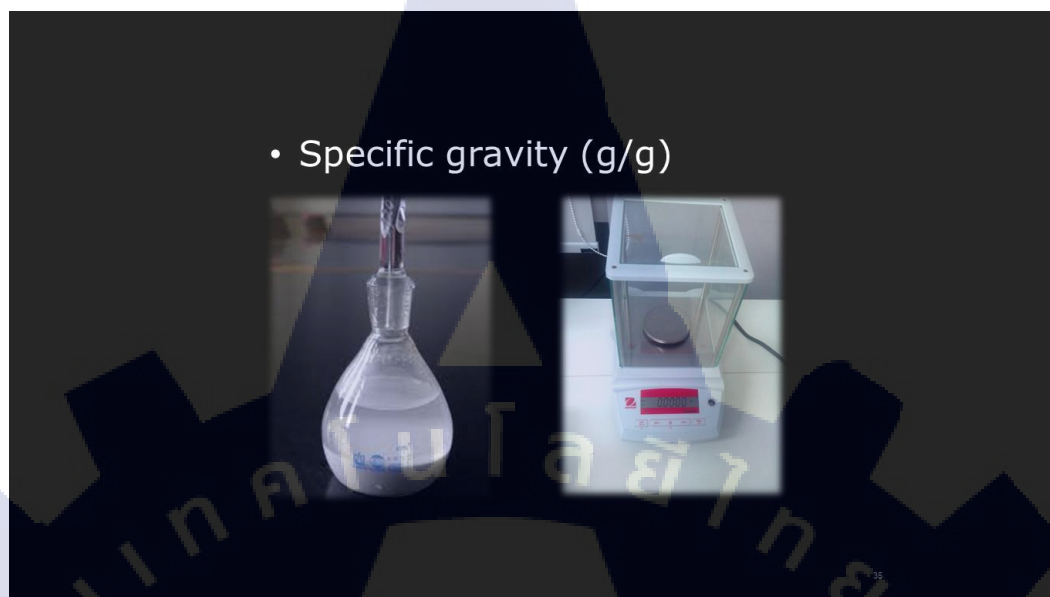
วิธีการวัดความหนืดด้วย ICI Cone and Plate



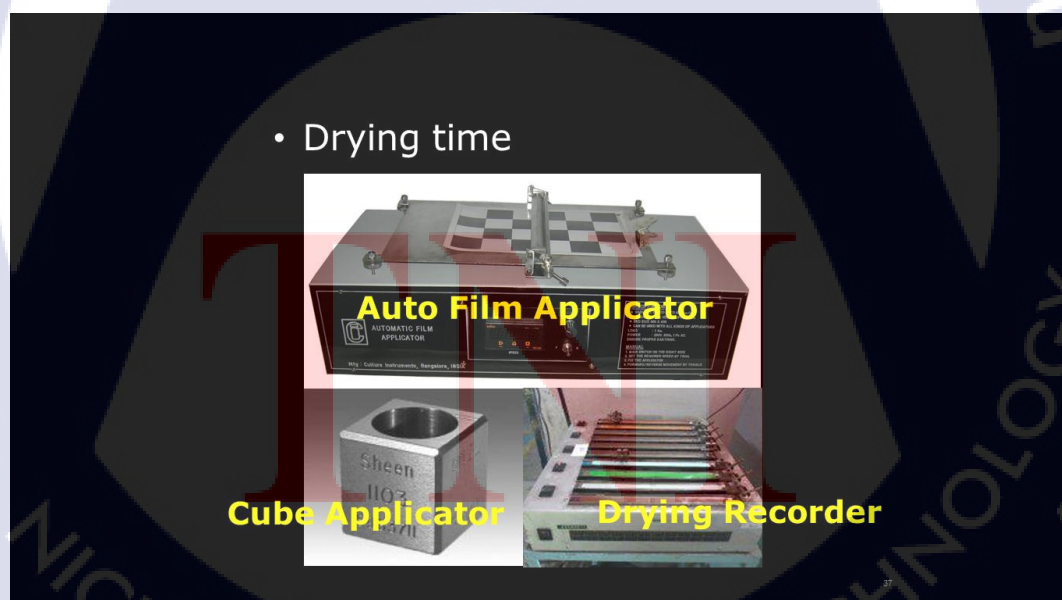
รูปที่ ก-10 เครื่องวัดความหนืด ICI Cone and Plate

เครื่องวัดความหนืด ICI Cone and Plate เหมาะสมสำหรับวัดของเหลวที่มีความหนืดต่ำ เช่น สีย้อมไม้ และสีที่มีความหนืดต่ำ โดยวิธีวัดคือ หยดของเหลวที่จะวัดความหนืดลงบนแผ่นวงกลมเพียง 2-3 หยด จากนั้นโยกคันโยกเข้าหาตัว แกนวัดจะหมุนของเหลว และวัดเป็นสเกล กดสวิตช์เพื่อ Hold สำหรับอ่านค่าจากสเกล โดยหน่วยวัดมีหน่วยเป็น P (Poise)

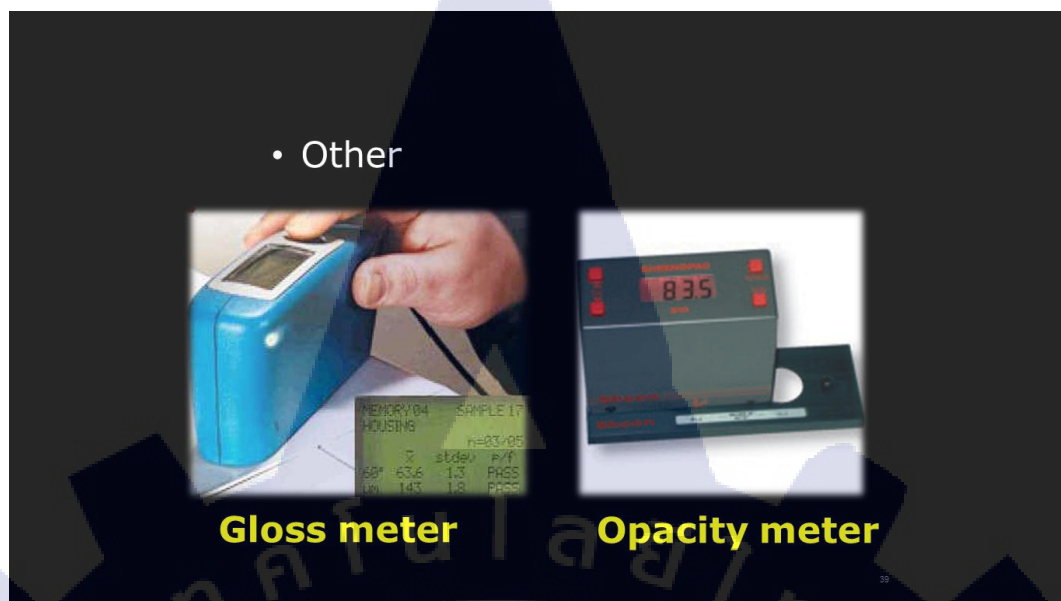
เครื่องมืออื่นๆ



รูปที่ ก-11 Pycnometer และเครื่องชั่ง



รูปที่ ก-12 Auto Film Applicator Cube Applicator และ Drying Recorder



รูปที่ ก-13 Gloss Meter และ Opacity Meter

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY