

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

## การประยุกต์ชั้นสนในการอนุรักษ์ไม้ ตอนที่ 3



โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

ปพ.

ร 632 ก

2539

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เลขหน้.....

เลขทะเบียน..... 32020

วัน, เดือน, ปี 8 ก.พ. 2542

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# APPLICATION OF ROSIN IN RESTORATION OF WOODEN OBJECTS

(PART 3)



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of  
the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หัวข้อโครงการพิเศษ	การประยุกต์ใช้ชั้นสนในการอนุรักษ์ไม้ ตอนที่ 3	
นักศึกษา	นางสาวรุ่งระวี ศรีทอง	
	นางสาววีรพรรณ ศิริลพ	
	นางสาวสุวิมล เตชะเสาวภาคย์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล	
	ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์	
ภาควิชา	เคมี	
ปีการศึกษา	2539	

### บทคัดย่อ

การศึกษาการประยุกต์ใช้ชั้นสนในการอนุรักษ์ไม้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาปรับปรุงคุณสมบัติของชั้นสน เพื่อใช้ทำวาร์นิชเคลือบไม้ โดยนำชั้นสนมาทำปฏิกิริยากับ กลีเซอรอล เพนตะอริทริทอล และฟีนอลิกเรซิน พบว่า ชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ จะทนความร้อนได้ดีกว่า และมีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า ส่วนที่สองของการศึกษาเป็นการนำชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงคุณสมบัติแล้ว มาเตรียมเป็นวาร์นิชสูตรต่าง ๆ โดยผสมกับ น้ำมันลินสีด โซเดียมเมทอกไซด์ และน้ำมันสนในสภาวะการเตรียมต่าง ๆ กัน ได้วาร์นิชทั้งหมด 6 สูตร จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวาร์นิชที่เตรียมได้ พบว่า วาร์นิชทุกสูตรมีคุณสมบัติด้านความเงา ความแข็ง และการยึดติดที่ดี แต่แห้งตัวช้า ส่วนวาร์นิชที่เตรียมจากชั้นสนที่ปรับปรุงด้วย กลีเซอรอลผสมกับน้ำมันลินสีด (RGL6) ให้คุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุด



## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์ และ  
คุณสมถวิล นิลวิไล ที่กรุณาให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการดำเนินโครงการพิเศษนี้มาตลอด  
ผศ.นงนุช เกตุรานุกัณณ์ ดร.อรุวรรณ ชัยลภากุล และอ.สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล คณะกรรมการตรวจ  
สอบโครงการพิเศษที่ช่วยกรุณาแก้ไขข้อผิดพลาด เพื่อให้รายงานฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น  
ดร.ตะวัน สุชน้อย ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือ คุณวรรณธรรม อุณจิตติชัย ส่วนวิจัยและ  
พัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่ให้คำแนะนำเรื่องการทดสอบวารันนิช คุณ  
บัญญัติ จำปา คุณมยุรา แพ่งคำ คุณณรรักษ์ หอมดวง และคุณณัฐธิยา กลิ่นช้าง ห้อง  
ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้ความ  
อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือและช่วยเหลือในการทดสอบสมบัติทางกายภาพของวารันนิช คุณรุ่งทิพย์  
ชัยวัฒนานนท์ ห้องปฏิบัติการวัสดุพอลิเมอร์และคอมโพสิต สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้คำปรึกษาเรื่องการทดสอบสมบัติทางกายภาพของวารันนิช คุณ  
นพพร สงศ์อิม ที่ให้คำปรึกษาในการทำารทดลอง คุณสุภาภรณ์ ทุ่มสอน และคุณศักดิ์ชัย  
เพ็ญนารถดี ที่ให้ความช่วยเหลือในการบันทึกภาพ และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วย  
เหลือ

นางสาวรุ่งระวี ศิริทอง  
นางสาววีรพรรณ ศิริเทพ  
นางสาวสุวิมล เตชะเสาวภาคย์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูป	vi
สารบัญตาราง	vii
คำอธิบายคำย่อ	ix
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎี</b>	
<b>ส่วนที่ 1: ชั้นสน</b>	
2.1 ชั้นสนและสมบัติของชั้นสน	3
2.2 การปรับปรุงชั้นสนและสมบัติของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง	4
<b>ส่วนที่ 2 : วาร์นิช</b>	
2.3 องค์ประกอบของวาร์นิช และหน้าที่	7
2.4 องค์ประกอบและชนิดของน้ำมัน	7
2.5 ประเภทของวาร์นิช	9
2.6 การแห้งของสารเคลือบผิว	10
2.7 การทดสอบสารเคลือบผิว	11
2.8 ข้อบกพร่องที่เกิดกับสารเคลือบผิว	16
<b>บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน</b>	
3.1 วัสดุและเคมีภัณฑ์	20
3.2 อุปกรณ์	21
3.3 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางเคมี	21
3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบสมบัติทางกายภาพ	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ส่วนที่ 1 : ชั้นสน**

3.5 วิธีการปรับปรุงชั้นสนด้วยกลีเซอรอล	23
3.6 วิธีการปรับปรุงชั้นสนด้วยเพนตะอีริทริทอล	24
3.7 วิธีการปรับปรุงชั้นสนด้วยฟีนอลิกเรซิน	25
3.8 การทดสอบสมบัติของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง	29

**ส่วนที่ 2 : วาร์นิช**

3.9 การศึกษาสมบัติของน้ำมันชักแห้ง	31
3.10 การเตรียมวาร์นิชจากชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง	33
3.11 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของวาร์นิช	35
3.12 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของวาร์นิช	36

**บทที่ 4 ผลการวิจัย****ส่วนที่ 1 : ชั้นสน**

4.1 ผลการศึกษาสมบัติของชั้นสน	50
4.2 ผลการศึกษาสมบัติของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง	51

**ส่วนที่ 2 : วาร์นิช**

4.3 ผลการทดสอบสมบัติของน้ำมันชักแห้ง	55
4.4 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของวาร์นิช	57
4.5 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของวาร์นิช	58

**บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์**

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

<b>ส่วนที่ 1 : ชั้นสน</b>	63
---------------------------	----

<b>ส่วนที่ 2 : วาร์นิช</b>	68
----------------------------	----

5.2 สรุปผลและวิจารณ์	72
----------------------	----

5.3 ข้อเสนอแนะ	73
----------------	----

ภาคผนวก ก สเปกตราและเทอร์โมแกรม	75
---------------------------------	----

ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลอง	104
--------------------------	-----

ภาคผนวก ค การคำนวณค่าต่าง ๆ ในการทดลอง	108
--	-----

เอกสารอ้างอิง	110
---------------	-----

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.1 แสดงการตั้งชุดรีฟลักซ์	23
รูปที่ 3.2 แสดงชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล	24
รูปที่ 3.3 แสดงชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยเพนตะอีริทริทอล	25
รูปที่ 3.4 แสดงชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล	27
รูปที่ 3.5 แสดงชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินจากพาราเทอร์เทียรีฟีนอล	28
รูปที่ 3.6 แสดงถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด	36
รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องทำฟิล์ม	39
รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องพ่นสี	40
รูปที่ 3.9 แสดงวิลเกจ	41
รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องวัดความหนาของฟิล์มแห้ง	42
รูปที่ 3.11 แสดงเครื่องทดสอบการแห้งแข็ง	43
รูปที่ 3.12 แสดงเครื่องวัดความเงา	44
รูปที่ 3.13 แสดงเครื่องทดสอบความทนการดัดโค้ง	45
รูปที่ 3.14 แสดงเครื่องทดสอบการดูดซึบ	46
รูปที่ 3.15 แสดงเครื่องเร่งสภาวะ	47
รูปที่ 3.16 แสดงแผ่นที่ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของสี (Grey scale)	47
รูปที่ 5.1 แสดงค่าความเป็นกรดของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงที่เวลาต่าง ๆ	64
รูปที่ 5.2 แสดงค่าสปอนนิฟิเคชันของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีต่าง ๆ เทียบกับชั้นสนธรรมดา	65
รูปที่ 5.3 แสดงอุณหภูมิการสลายตัวของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง เทียบกับ ชั้นสนธรรมดา	67
รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาแห้งผิวของวารินิซสูตรต่าง ๆ	69
รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาแห้งแข็งของวารินิซสูตรต่าง ๆ	69
รูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารที่ไม่ระเหย ของ วารินิซสูตรต่าง ๆ	70
รูปที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบความเงาที่มุม 60 องศาของวารินิซสูตรต่าง ๆ	70
รูปที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบความเงาที่ลดลงของวารินิซ เมื่อทดสอบด้วย เครื่องเร่งสภาวะ	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา vii ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1	แสดงเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของชั้นสน จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	50
ตารางที่ 4.2	แสดงเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของชั้นสน จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	51
ตารางที่ 4.3	แสดงผลค่าอุณหภูมิการสลายตัวของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง	52
ตารางที่ 4.4	แสดงผลค่าสะพานนิฟิเคชันนัมเบอร์ของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง	53
ตารางที่ 4.5	แสดงผลค่าความเป็นกรดของชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล	53
ตารางที่ 4.6	แสดงผลค่าความเป็นกรดของชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยเพนตะอิริทริทอล	53
ตารางที่ 4.7	แสดงผลค่าความเป็นกรดของชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล	54
ตารางที่ 4.8	แสดงผลค่าความเป็นกรดของชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินจากพาราเทอร์เทียรีฟีนอล	54
ตารางที่ 4.9	แสดงเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของน้ำมันชักแห้ง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	55
ตารางที่ 4.10	แสดง Chemical shift และหมู่ฟังก์ชันของน้ำมันชักแห้ง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรมิเตอร์	56
ตารางที่ 4.11	แสดงค่าการดูดกลืนรังสีที่ความยาวคลื่นสูงสุด ( $\lambda_{max}$ ) ของน้ำมันชักแห้ง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	56
ตารางที่ 4.12	แสดงค่าไอโอดีนของน้ำมันชักแห้ง	57
ตารางที่ 4.13	แสดงอุณหภูมิสลายตัวของวารันิช	57
ตารางที่ 4.14	แสดงผลการวัดความหนืดของวารันิช โดยใช้ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด	58
ตารางที่ 4.15	แสดงผลการวัดระยะเวลาแห้งผิวของวารันิช โดยใช้ลูกแก้ว	59
ตารางที่ 4.16	แสดงผลการวัดระยะเวลาแห้งแข็งของวารันิช โดยใช้เครื่องวัดระยะเวลาแห้งแข็ง RC - 11094	59
ตารางที่ 4.17	แสดงผลการหาปริมาณสารที่ไม่ระเหยของวารันิช	60
ตารางที่ 4.18	แสดงผลการหาความเงา โดยใช้เครื่อง microgloss 60	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **vii** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
ตารางที่ 4.19 แสดงผลเส้นผ่านศูนย์กลางแกนทรงกระบอกของเครื่อง Mandrel set ที่ฟิล์มของวารินิซสามารถโค้งงอได้ โดยไม่เกิดการแตกของฟิล์ม	61
ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบความหนา	61
ตารางที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบความทนทานต่อสภาพอากาศ โดยใช้เครื่อง QUV Accelerated weathering tester	62
ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของชั้นสนที่ใช้ในงานวิจัย กับมาตรฐาน FSC หมายเลข LLL-R-656b	63
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของวารินิซสูตรต่าง ๆ	68
ตารางที่ 5.3 แสดงสมบัติทางกายภาพของวารินิซสูตรต่าง ๆ ที่ไม่สามารถวัดเป็น ตัวเลข เทียบกับมาตรฐาน	71
ตาราง ข.1 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชั้นสนด้วยสารละลายมาตรฐาน กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.478 โมลาร์	104
ตาราง ข.2 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชั้นสนด้วยสารละลาย KOH เข้มข้น 0.3970 โมลาร์	104
ตาราง ข.3 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชั้นสนด้วยสารละลาย KOH เข้มข้น 0.3970 โมลาร์	105
ตาราง ข.4 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชั้นสนด้วยสารละลาย KOH เข้มข้น 0.3970 โมลาร์	105
ตาราง ข.5 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชั้นสนด้วยสารละลาย KOH เข้มข้น 0.3970 โมลาร์	106
ตาราง ข.6 แสดงผลการไทเทรตสารละลายน้ำมัน ด้วยสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เข้มข้น 0.0959 โมลาร์	106
ตาราง ข.7 แสดงผลการวัดความหนืดของวารินิซ เป็นวินาที	107
ตาราง ข.8 แสดงผลน้ำหนักของสารก่อน - หลังอบ เพื่อหาปริมาณสารไม่ระเหย	107

## คำอธิบายคำย่อ

- RGL3 หมายถึง วาร্নิษที่เตรียมจากชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล ผสมกับน้ำมัน  
ลินสีดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
- RGL6 หมายถึง วาร্নิษที่เตรียมจากชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล ผสมกับน้ำมัน  
ลินสีดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- RGLD หมายถึง วาร্নิษที่เตรียมจากชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล ผสมกับน้ำมัน  
ลินสีดและสารเร่งแห้ง (3 ชั่วโมง)
- RP<sub>e</sub>LD หมายถึง วาร্নิษที่เตรียมจากชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยเพนตะอีริทริทอล ผสมกับ  
น้ำมันลินสีดและสารเร่งแห้ง (3 ชั่วโมง)
- RPLD หมายถึง วาร্নิษที่เตรียมจากชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซิน (ฟีนอล +  
ฟอร์มาลดีไฮด์) ผสมกับน้ำมันลินสีดและสารเร่งแห้ง (3 ชั่วโมง)
- RPBLD หมายถึง วาร্নิษที่เตรียมจากชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซิน (พารา -  
เทอร์เทียรีบิวทิลฟีนอล + ฟอร์มาลดีไฮด์) ผสมกับน้ำมันลินสีด  
และสารเร่งแห้ง (3 ชั่วโมง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

ไม้เป็นวัสดุหลักในงานสถาปัตยกรรมและการก่อสร้าง และเนื่องจากไม้เป็นอินทรีย์วัตถุที่สามารถเสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น แสงแดด ลม ฝน ความชื้น เป็นต้น รวมถึงการกัดแทะของแมลง ดังนั้นจึงต้องทำการป้องกันเนื้อไม้ให้คงสภาพดี และคงความแข็งแรงไว้ โดยการเคลือบผิวไม้ ซึ่งสารที่ใช้ในการเคลือบผิวไม้มีหลายชนิด เช่น สี วาร์นิช เป็นต้น

สำหรับโครงการวิจัยนี้ จะศึกษาการเคลือบไม้ด้วยวาร์นิช โดยประยุกต์ใช้ชันสน (Rosin) ที่เป็นเรซินธรรมชาติจากไม้สกุลสน (*Pinus*) ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีราคาถูก มาใช้แทนเรซินสังเคราะห์ที่ใช้โดยทั่วไป<sup>1</sup> เช่น ฟีนอลิกเรซิน อัลคิดเรซิน ยูเรียเรซิน อีพอกซีเรซิน เป็นต้น เนื่องจากชันสนมีความแข็งแรงน้อย และความทนน้ำต่ำ จึงไม่สามารถนำมาทำเป็นวาร์นิชได้โดยตรง แต่เมื่ออยู่ในรูปของเอสเทอร์ และอนุพันธ์ต่าง ๆ ของชันสน จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ ซึ่งได้มีผู้ทำการวิจัยโดยปรับปรุงชันสนให้อยู่ในรูปเอสเทอร์ก็มด้วยกลีเซอรอล<sup>2</sup> โดยผสมกับน้ำมันดงอิ้ว และน้ำมันลินสีด ซึ่งเป็นน้ำมันชักแห้ง (Drying oil) วาร์นิชที่เตรียมได้ยังมีสมบัติไม่เหมาะสม กล่าวคือ แห้งตัวช้ามาก สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงชันสน พร้อมกับหาสูตรผสมของวาร์นิช ให้ได้สมบัติของวาร์นิชที่ดีขึ้น โดยปรับปรุงชันสนให้อยู่ในรูปอนุพันธ์ของ Ester gum และ Rosin - modified phenolic resin

วาร์นิชที่เตรียมได้จะนำมาทดสอบสมบัติต่าง ๆ เช่น ความหนืด, การแห้งตัว, ความเงา, ความติดแน่น เป็นต้น

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาและปรับปรุงชันสนให้อยู่ในรูปอนุพันธ์ต่าง ๆ ของชันสน เพื่อนำไปใช้ในการผสมสูตรทำวาร์นิชเคลือบไม้
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของวาร์นิชที่เตรียมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 1 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางเคมีของอนุพันธ์ของชั้นสนที่เตรียมขึ้น โดยการหา
  - ค่าของกรด (Acid value)
  - ค่าสะพอนนิฟิเคชัน (Saponification value)
  - สมบัติทางความร้อน (Thermal properties)
2. ศึกษาสมบัติของน้ำมันชักแห้ง โดยการหา
  - ค่าของกรด (Acid value)
  - ค่าสะพอนนิฟิเคชัน (Saponification value)
  - ค่าไอโอดีน (Iodine value)
3. ศึกษาสมบัติของวาร์นิชที่เตรียมจากอนุพันธ์ของชั้นสน โดยศึกษา
  - ความหนืด
  - ความหนาของฟิล์ม
  - ระยะเวลาเมื่อแห้งแข็ง
  - ความเงาของฟิล์ม
  - ความทนการดัดโค้ง
  - ความทนการขูดขีด
  - ความทนน้ำ
  - ความคงทนต่อสภาพอากาศ
  - ความติดแน่น

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำชั้นสน ที่เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายตามท้องถิ่น และมีราคาถูก มาประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์ไม้
2. ได้ผลิตภัณฑ์วาร์นิชที่มีสมบัติดีกว่าเดิม มาใช้ในการเคลือบทาไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 2 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บทที่ 2 ทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

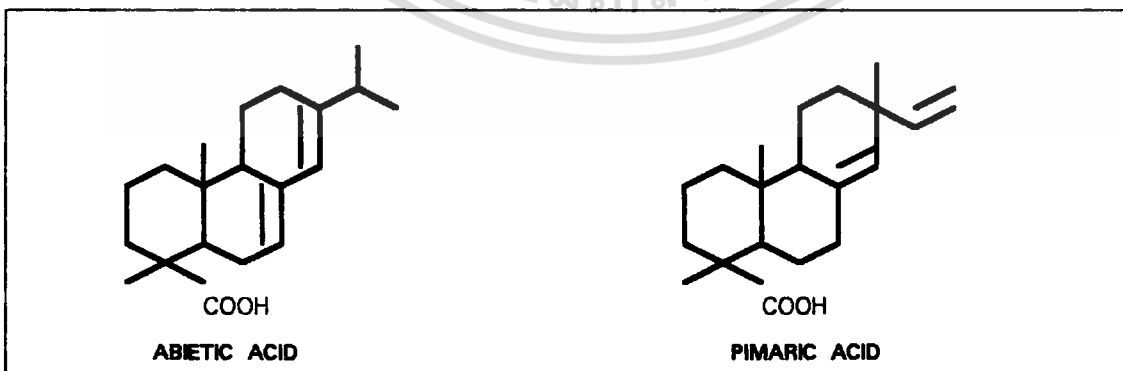
## บทที่ 2 ทฤษฎี

### ส่วนที่ 1 : ชั้นสน

#### 2.1 ชั้นสนและสมบัติของชั้นสน

ชั้นสน (Rosin) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากต้นสน โดยมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามกรรมวิธีการผลิต เช่น กัมโรซิน (Gum rosin), วูดโรซิน (Wood rosin) และทอลล์ออยโรซิน (Tall oil rosin) ในอุตสาหกรรมมีการใช้ชั้นสนและอนุพันธ์ของชั้นสนกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถนำมาปรับปรุงให้มีสมบัติตามต้องการได้ อาทิเช่น การยึดติดกับพื้นผิว , ความมันเงา , ความแข็ง , ความทนทานด้านการขีดถู , ความทนทานต่อน้ำ และนอกจากนี้ชั้นสนยังมีราคาถูก จึงช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้อีกทางหนึ่ง

ชั้นสนมีลักษณะเป็นของแข็งอสัณฐาน ที่หลอมละลายได้เมื่อได้รับความร้อน ประกอบด้วย กรดเรซิน (Resin acid) ร้อยละ 90 มีโครงสร้างแบบอะไบแทน (Abietane) และพิมาราน (Pimarane) ตัวอย่างเช่น อะไบติกแอซิด (Abietic acid) และพิมาริกแอซิด (Pimaric acid) จากการที่ชั้นสนมีกรดเป็นองค์ประกอบหลักนี้ ค่าแสดงความเป็นกรดจึงเป็นตัวกำหนดสมบัติที่สำคัญประการหนึ่ง ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 เป็นสารประกอบที่เป็นกลาง เช่น สารประกอบพวงไฮโดรคาร์บอน และเอสเทอร์



#### ◆ ตัวอย่างโครงสร้างของสารประกอบที่พบในชั้นสน ◆

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา<sup>3</sup> และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะโครงสร้างของกรดเรซิน ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลิก 1 หมู่ (Monocarboxylic acid) และพันธะไม่อิ่มตัว (Unsaturated bond) ซึ่งหมู่คาร์บอกซิลิก สามารถเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification) และปฏิกิริยาอื่น ๆ ได้ ส่วนที่ไม่อิ่มตัวที่อยู่ในรูปของ Conjugated diene สามารถเกิดปฏิกิริยา Addition กับมาลิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride) , ไฮโดรเจน, ออกซิเจน หรือฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol formaldehyde) ได้<sup>3,4</sup>

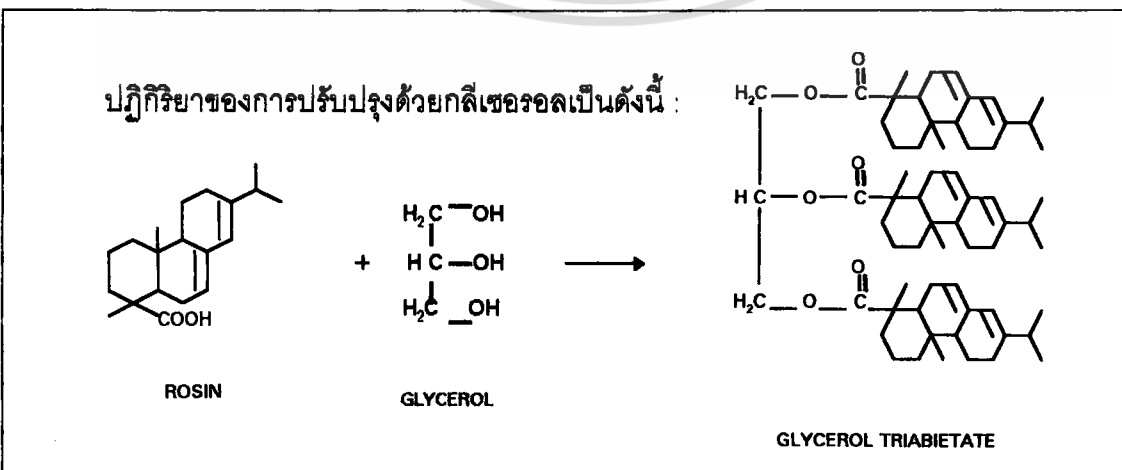
จากโครงสร้างของชั้นสนซึ่งมีกรดเป็นองค์ประกอบหลัก จึงมีค่าความเป็นกรด (Acid value) สูง เมื่อนำมาทำวาร์นิช ทำให้ความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมต่ำ และโครงสร้างที่ไม่อิ่มตัวในโมเลกุล ทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้เปลี่ยนเป็นสีเหลือง และเปราะเมื่อใช้ไปนาน ๆ เนื่องจากเกิดการออกซิไดส์ นอกจากนี้ยังมีจุดหลอมเหลวและความแข็งต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงชั้นสนก่อนนำมาทำเป็นวาร์นิช<sup>1</sup>

## 2.2 การปรับปรุงชั้นสนและสมบัติของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง

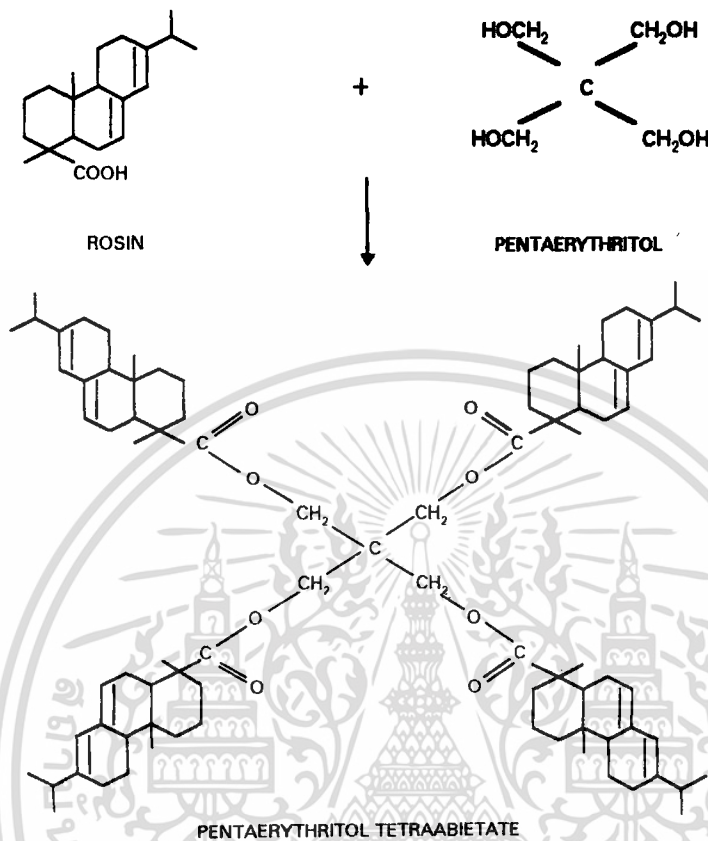
การปรับปรุงสมบัติของชั้นสนมีหลายวิธี เช่น

### 2.2.1 ปรับปรุงให้อยู่ในรูป Ester gum

ปรับปรุงโดยนำชั้นสนไปทำปฏิกิริยากับโพลีออล (Polyol) เช่น กลีเซอรอล, เพนตะอิริทริทอล (Pentaerythritol) เป็นต้น โดยเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification) สำหรับการปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล ฟิล์มของวาร์นิชที่เตรียมได้มีความแข็งน้อย และต้านทานต่อน้ำและอัลคาไลต่ำ จึงไม่เหมาะสมกับการใช้งานภายนอกอาคาร ส่วนการปรับปรุงด้วยเพนตะอิริทริทอล จะได้ฟิล์มที่มีความแข็ง และทนทานต่อน้ำและอัลคาไลเพิ่มขึ้น<sup>4</sup>



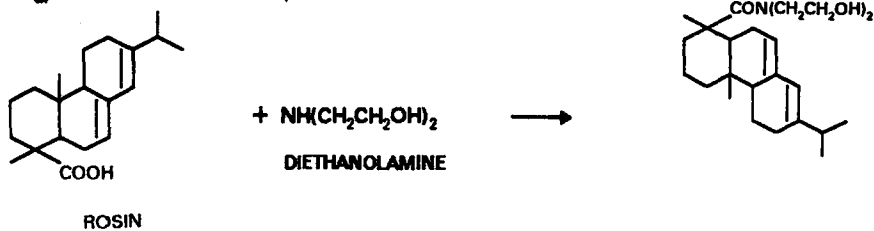
ปฏิกิริยาของการปรับปรุงด้วยเพนตะอริทริทอลเป็นดังนี้ :



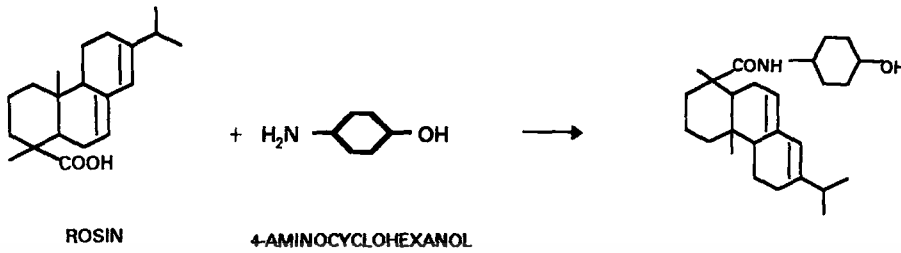
### 2.2.2 ปรับปรุงให้อยู่ในรูป Esteramide

ปรับปรุงโดยนำชันสนไปทำปฏิกิริยากับเอมีน (Amine) <sup>5</sup> เช่น Diethanolamine , 4 - Aminocyclohexanol เป็นต้น แล้วจึงทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับพทาสิกแอนไฮดรายด์วารินซ์ที่เตรียมได้มีจุดหลอมเหลวเพิ่มขึ้น และมีค่าความเป็นกรด (Acid value) ลดลง ทำให้ทนทานต่อน้ำและอัลคาไลได้ดี

ปฏิกิริยาของการปรับปรุงด้วย Diethanolamine :



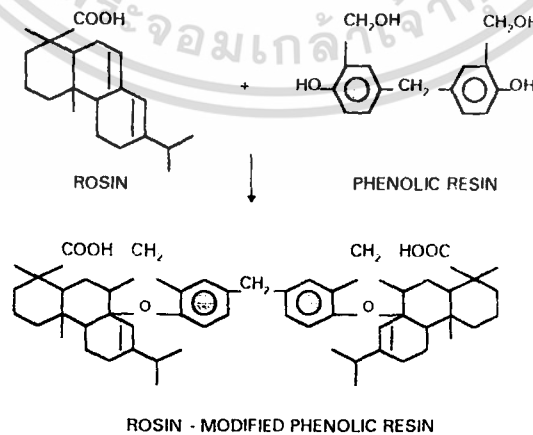
ปฏิกิริยาของการปรับปรุงด้วย 4 - Aminocyclohexanol :



### 2.2.3 ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซิน (Rosin - modified phenolic resin)

ปรับปรุงโดยนำชันสนไปทำปฏิกิริยากับฟีนอลิกเรซิน<sup>6</sup> ที่เกิดจากฟอร์มัลดีไฮด์กับฟีนอล หรืออนุพันธ์ของฟีนอล วารันซ์ที่เตรียมได้จะแห้งเร็ว ทนทานต่อน้ำและอัลคาไลได้ดี เหมาะสมกับการใช้งานภายนอกอาคาร

ปฏิกิริยาของการปรับปรุงด้วย Phenolic resin :



## ส่วนที่ 2 : วาร์นิช

### 2.3 องค์ประกอบของวาร์นิชและหน้าที่<sup>1</sup>

วาร์นิชประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้คือ

**เรซิน** เรซินโดยทั่วไปมีลักษณะแข็ง ละลายได้ในน้ำมัน และเกิดการกระจายตัวในน้ำมันได้เมื่อให้ความร้อน หน้าที่ของเรซินคือ เพิ่มความแข็งและความมันเงาให้แก่แผ่นฟิล์มของวาร์นิช และยังช่วยเพิ่มการยึดติดกับผิววัสดุด้วย เรซินที่ใช้กันมากได้แก่ โรซินเอสเตอร์ โคพอลและเอสเตอร์โคพอล ฟีนอลิกเรซินและมาลิกเรซิน สำหรับปัจจุบันนี้ ใช้เรซิน 2 ชนิดหลังเป็นส่วนใหญ่

**น้ำมันชักแห้ง** เป็นสารที่ช่วยในการทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มของวาร์นิช และยังให้สมบัติด้านความทนทาน และความยืดหยุ่นแก่แผ่นฟิล์มอีกด้วย น้ำมันชักแห้งที่นิยมใช้คือ น้ำมันลินสีด และน้ำมันถั่ง หรืออาจนำมาผสมกันก็ได้ แต่สำหรับการทำวาร์นิชที่ทาทิ้งไว้แล้วไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง นิยมใช้น้ำมันละหุ่งชนิด Dehydrated castor oil (DCO) และน้ำมันถั่วเหลือง

**สารเร่งแห้ง** เป็นสารที่เร่งให้เกิดการแห้งตัวได้เร็วขึ้น ประกอบด้วยเกลือโลหะของตะกั่ว แมงกานีส และโคบอลต์ ซึ่งละลายในน้ำมันได้ สำหรับตะกั่ว ซึ่งเป็นสารที่ค่อนข้างเป็นพิษ ปัจจุบันจึงหันมาใช้โลหะอื่นแทน ได้แก่ เซอร์โคเนียม (Zirconium) และ ซีเรียม (Cerium)

**ตัวทำละลาย** ใช้ในการปรับความหนืดของวาร์นิชให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน โดยทั่วไปใช้โวลทิลปริต แต่บางครั้งอาจใช้ตัวทำละลายผสมก็ได้ ปริมาณของตัวทำละลายที่ใช้อยู่ในช่วง 40 - 50 %

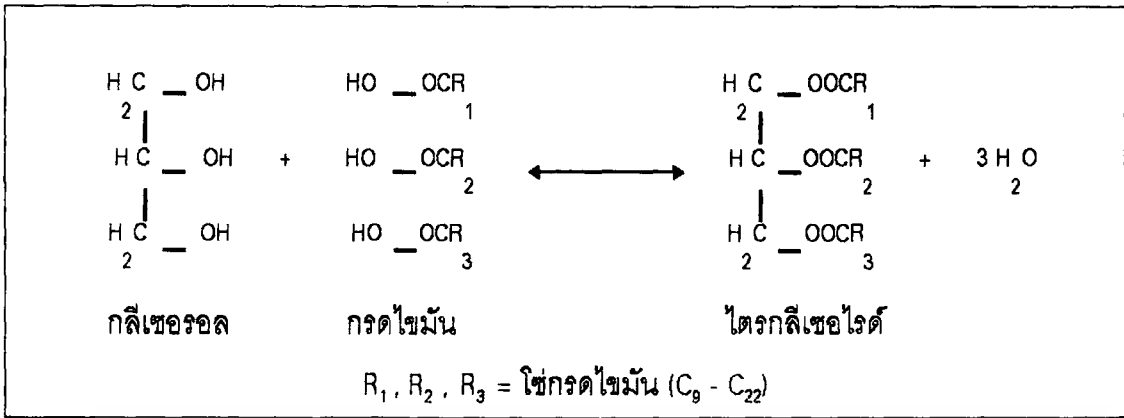
เมื่อนำส่วนประกอบต่าง ๆ มาผสมกันแล้ว ส่วนหนึ่งจะเกิดการแห้งตัวเป็นฟิล์มได้ด้วยการระเหย อีกส่วนจะเกิดการแห้งตัวเป็นแผ่นฟิล์มได้ด้วยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันควบคู่กันไป โดยการแห้งตัว สามารถเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้ด้วยสารเร่งแห้ง

### 2.4 องค์ประกอบและชนิดของน้ำมัน

#### 2.4.1 องค์ประกอบของน้ำมัน

น้ำมันเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) กล่าวคือ เป็นไตรเอสเตอร์ (Triester) ของกลีเซอรอล (Glycerol) กับกรดไขมัน (Fatty acid) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### กรดไขมัน

สมบัติของน้ำมันทั้งหลาย ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างโดยที่กรดไขมันจะมีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน

กรดไขมันเป็นสารซึ่งประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ต่ออยู่กับโซ่ไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 9 ถึง 22 อะตอม แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม กรดไขมัน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- **กรดไขมันอิ่มตัว** ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง คาร์บอนแต่ละตัวบนสายโซ่ จะต่ออยู่กับไฮโดรเจนอย่างน้อย 2 ตัว เนื่องจากไม่มีพันธะคู่ ดังนั้นน้ำมันที่มีแต่กรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในโครงสร้าง จะมีสมบัติไม่แข็งตัว

- **กรดไขมันไม่อิ่มตัว** โซ่ไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป และตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันออกไป ถ้ามีพันธะเดี่ยวคั่นอยู่ระหว่างพันธะคู่ เรียกพันธะคู่แบบนี้ว่า พันธะคู่สลับเดี่ยว (Conjugated double bond)

พันธะคู่ที่มีอยู่ในกรดไขมัน มีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมันมาก ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาการแข็งตัวของน้ำมัน เป็นปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ของโมเลกุลของน้ำมัน ยิ่งมีพันธะคู่มากเท่าไร การแข็งตัวก็จะเร็วขึ้น นอกจากนี้ ตำแหน่งของพันธะคู่ก็มีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน กล่าวคือ ถ้าเป็นพันธะคู่สลับเดี่ยว จะเกิดปฏิกิริยาและแข็งตัวได้เร็วกว่าพันธะคู่แบบห่าง

### 2.4.2 ชนิดของน้ำมัน

อาจแบ่งน้ำมันตามสมบัติในการแข็งตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันนั้น ๆ และแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

- **น้ำมันแห้งเร็ว (Drying oil)** แห้งตัวได้เร็วที่สุด กล่าวคือ สามารถ เกิดการพอลิเมอไรเซชัน เปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นฟิล์มที่แห้งแข็ง ไม่ละลายในตัวทำละลายที่สามารถละลายน้ำมันได้ และไม่ยอมให้ความชื้นซึมผ่านได้ รวมไปถึงมีความทนทานต่อสารเคมีด้วย น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีพันธะคู่ 3 พันธะ ตัวอย่างเช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันทังหรือตังอิ๋ว เป็นต้น

- **น้ำมันแห้งช้า (Semi - drying oil)** จะเกิดการพอลิเมอไรเซชันเป็นฟิล์ม แต่แห้งช้ากว่าน้ำมันแห้งเร็ว กรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันชนิดนี้ จะมีพันธะคู่ 2 พันธะ น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอัลคิเดเรซินที่ไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง ตัวอย่างของน้ำมันแห้งช้า ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทอลล์ น้ำมันละหุ่งชนิด Dehydrated castor oil (DCO) น้ำมันทานตะวัน น้ำมันคาถอย เป็นต้น

- **น้ำมันไม่แห้ง (Non - drying oil)** ไม่สามารถแห้งตัวได้ น้ำมันชนิดนี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ มักใช้ประโยชน์เป็นพลาสติกไซเซออร์สำหรับเรซินที่ใช้เป็นสารยึดในแลกเกอร์ ตัวอย่างของน้ำมันไม่แห้ง ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง เป็นต้น

## 2.5 ประเภทของวาร์นิช

วาร์นิชแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามปริมาณของน้ำมันต่อปริมาณเรซินดังนี้คือ

- 1) Long oil varnish
- 2) Medium oil varnish
- 3) Short oil varnish

ในยุโรป การคิดปริมาณของน้ำมันต่อเรซินจะคิดเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนัก โดยมาตรฐาน B.S. 2015 กำหนดไว้ว่า Long oil varnish จะมีปริมาณน้ำมัน : เรซิน  $> 2.5$  Short oil varnish มีปริมาณน้ำมัน : เรซิน  $< 1.25$  ในขณะที่ Medium oil varnish จะมีอัตราส่วนของปริมาณน้ำมันต่อเรซินอยู่ระหว่าง Long oil varnish และ Short oil varnish

สำหรับในสหรัฐอเมริกา การคำนวณปริมาณของน้ำมันต่อเรซิน จะคิดจากจำนวนแกลลอนของน้ำมันต่อเรซิน 100 ปอนด์ดังนี้คือ Long oil varnish จะมีน้ำมันมากกว่า 25 แกลลอน

Medium oil varnish จะมีน้ำมันระหว่าง 11 - 24 แกลลอน และ Short oil varnish จะมีน้ำมันน้อยกว่า 10 แกลลอน

การแห้งตัวของน้ำมันวาร์นิชขึ้นกับปริมาณของน้ำมันที่มีอยู่ ยิ่งมีปริมาณน้ำมันมากการแห้งตัวก็ยิ่งช้า ดังนั้น Short oil varnish จะแห้งตัวได้เร็วที่สุดในขณะที่ Long oil varnish จะแห้งตัวได้ช้าที่สุด

สำหรับความแข็งและความเงาของฟิล์มจากวาร์นิช จะเพิ่มตามปริมาณของเรซินที่มีอยู่ กล่าวคือ Long oil varnish แห้งตัวได้ช้า แต่จะให้ฟิล์มที่มีความอ่อนตัวไม่เปราะ (Flexibility) และความทนทานในการใช้งานดี จึงใช้กันมากในการทำวาร์นิช สำหรับใช้งานภายนอก เช่น วาร์นิชสำหรับทาเรือหรือ วาร์นิชเคลือบพื้น (Floor varnish) ส่วน Medium oil varnish ใช้ทำวาร์นิชสำหรับตกแต่งภายใน และ Short oil varnish ใช้ทำวาร์นิชที่มีความเงาสูง สำหรับตกแต่งเฟอร์นิเจอร์

## 2.6 การแห้งของสารเคลือบผิว

โดยทั่วไป สารเคลือบผิวจะแห้งได้โดยกรรมวิธีต่าง ๆ กันได้ 2 แบบ คือ

1. **แห้งโดยกรรมวิธีทางฟิสิกส์ (Physical drying)** การแห้งตัวด้วยวิธีการนี้เกิดจากการระเหยของตัวทำละลาย กลายเป็นฟิล์มยึดติดกับผิวหน้าด้วยพันธะทุติยภูมิ อย่างอ่อน ๆ ดังนั้น ฟิล์มที่เกิดขึ้นยังคงละลายได้ในตัวทำละลายของมัน ตัวอย่างของสารเคลือบผิวที่แห้งโดยกรรมวิธีทางฟิสิกส์ ได้แก่ แล็กเกอร์ สีที่ทำจากยางคลอริเนเตด เป็นต้น

2. **แห้งโดยกรรมวิธีทางเคมี (Chemical drying)** ฟิล์มที่ได้จากการแห้งตัวโดยวิธีการนี้ยึดติดกับผิวหน้าด้วยพันธะปฐมภูมิ จากการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้น ฟิล์มที่ได้จะแข็งแรง และทนทานต่อตัวทำละลาย

การแห้งโดยกรรมวิธีทางเคมีนี้ อาจเกิดโดย

- **การแห้งโดยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน**

สารเคลือบผิวประเภทนี้จะดูดออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ขนาดอนุของสารเคลือบผิวใหญ่ขึ้น จนรวมตัวเป็นฟิล์มแห้งแข็งตามต้องการ เช่น สีน้ำมันทาบ้านที่ผลิตจากอัลคิดีเรซิน เป็นต้น การแห้งโดยวิธีการนี้ อาจเร่งให้เร็วขึ้นโดยการใส่สารเร่งแห้ง (Drier)

### - การแห้งโดยการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สารเคลือบผิวประเภทนี้ ส่วนใหญ่บรรจุในภาชนะแยกกัน ก่อนใช้จึงนำมาผสมกันตามอัตราส่วนที่ผู้ผลิตแนะนำ ซึ่งเมื่อผสมแล้ว จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เป็นฟิล์มที่แห้งแข็ง ดังนั้นเมื่อผสมแล้วจึงต้องทำให้หมดภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ ถ้าปฏิกิริยาเกิดที่อุณหภูมิห้อง เรียกสารเคลือบผิวชนิดนี้ว่า สารเคลือบผิวชนิดบ่มเย็น (Cold curing coatings) ตัวอย่างเช่น ยูเรียเรซิน โพลียูรีเทนเรซิน เป็นต้น แต่ถ้าการเกิดปฏิกิริยา ต้องใช้อุณหภูมิสูง เรียกสารเคลือบผิวชนิดนี้ว่า สารเคลือบผิวชนิดอบ (Stoving or baking coatings)

## 2.7 การทดสอบสารเคลือบผิว

ในการทดสอบสารเคลือบผิว จะทำการทดสอบในสถานะต่าง ๆ กันดังนี้ คือ

- ของเหลว
- ฟิล์มเปียก
- ฟิล์มแห้ง

### 2.7.1 การทดสอบสารเคลือบผิวในสถานะของเหลว

#### 1. ความหนืด (Viscosity)

ความหนืด หมายถึง ความต้านทานต่อการไหลของของเหลว การวัดความหนืด สามารถกระทำได้หลายวิธี เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความหนืด เรียกว่า มาตรฐานความหนืด หรือวิสโคมิเตอร์ ในการวัดความหนืด ไม่ว่าจะใช้วิธีใดก็ตาม อุณหภูมิมาตรฐานที่กำหนดให้ใช้คือ 25 องศาเซลเซียส

โดยปกติความหนืดของสารเคลือบผิวหาได้ในหน่วยพอยส์ (Poise) โดยที่น้ำจะมีความหนืดประมาณ 0.01 พอยส์ หรือ 1 เซนติพอยส์ แต่มาตรฐานความหนืดบางประเภท จะวัดการไหลภายใต้แรงโน้มถ่วง กล่าวคือ อัตราการไหลหาได้จาก อัตราส่วนของความหนืดต่อความหนาแน่น ความหนืดที่ได้จากวัดโดยวิธีการแบบนี้ เรียกว่า ความหนืดคิเนมาติก (Kinematic viscosity) มีหน่วยเป็นสโตกส์ (Stokes) หรือตารางเซนติเมตรต่อวินาที

มาตรวัดความหนืดมีหลายชนิดดังนี้ คือ

### 1.1 บับเบิลวิสโคมิเตอร์ (Bubble viscometer)

มาตรวัดความหนืดชนิดนี้ นิยมใช้วัดความหนืดของน้ำมันและสารยัด ชนิดที่รู้จักกันดีที่สุดคือ การ์ดเนอร์ - โฮลด์ท บับเบิลวิสโคมิเตอร์ (Gardner - Holdt bubble viscometer) อาศัยหลักการที่ว่า ความหนืดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร็วของฟองอากาศ กล่าวคือ ของเหลวที่บรรจุอยู่ในหลอดมาตรฐาน มีปริมาณพอดีที่จะทำให้เกิดฟองอากาศเหนือระดับของเหลวเมื่อหลอดถูกพลิกกลับไปมา และเมื่อกลับหลอดของเหลวก็จะไหล อัตราการไหล หรือความเร็วของการเคลื่อนที่ของฟองอากาศที่เกิดขึ้น จะแปรโดยตรงกับความหนืดของของเหลว ยิ่งของเหลวมีความหนืดเพิ่มขึ้น ฟองอากาศก็จะเคลื่อนที่ได้ช้าลง

### 1.2 ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด (Ford viscosity cups)

การวัดความหนืดโดยใช้ถ้วยวัดความหนืดเป็นวิธีการที่โรงงานนิยมใช้กันมาก เนื่องจากสะดวกและรวดเร็ว ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ดทำด้วยวัสดุที่ทนการกัดกร่อนและตัวทำละลาย ที่กันถ้วยมีท่อทางออกซึ่งทำด้วยทองเหลือง ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ดมี 3 ขนาด คือ ถ้วยหมายเลข 2 หมายเลข 3 และหมายเลข 4 ถ้วยแต่ละขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางออกต่างกัน และเหมาะสำหรับการหาความหนืดของสารเคลือบผิวได้ในช่วงต่างกัน

หมายเลขถ้วย	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อทางออก (นิ้ว)	ช่วงความหนืด (เซนติสโตกส์)
2	0.10	25 - 120
3	0.13	37 - 231
4	0.15	70 - 370

### 1.3 มาตรวัดความหนืดแบบสตอร์เมอร์ (Stormer viscometer)

มาตรวัดความหนืดแบบนี้ ใช้หาความหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยที่ค่าความหนืดแสดงโดยน้ำหนักเป็นกรัมที่ต้องใช้ เพื่อให้เกิดอัตราแรงเฉือนตามที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไป กำหนดให้เป็น 200 รอบต่ออนาที

นอกจากนี้การวัดความหนืดของสารเคลือบผิว ยังสามารถวัดได้โดยใช้มาตรวัดความหนืดชนิดอื่น ๆ ได้แก่ มาตรวัดความหนืดบรูคฟิลด์ (Brookfield viscometer) โรโททีนเนอร์ (Rotathinner) และ โคนแอนด์เพลตวิสโคมิเตอร์ (Cone & plate viscometer) ซึ่งมาตรวัดความหนืดทั้ง 3 ชนิดนี้ให้ค่าความหนืดที่มีหน่วยพอยส์

## 2. ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile content)

การหาปริมาณสารที่ระเหยได้เป็นการตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของสารเคลือบผิว หาได้โดยการนำสารเคลือบผิวไปอบให้แห้ง น้ำหนักส่วนที่หายไปคือ ปริมาณสารที่ระเหยได้

### 2.7.2 การทดสอบสารเคลือบผิวในสถานะฟิล์มเปียก

#### 1. การหาความหนาของฟิล์มเปียก

##### 1.1 การหาด้วยวีลเกจ (Wheel gauge)

วีลเกจเป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วยวงล้อ 3 วง โดยที่วงกลางมีขนาดเล็กและอยู่เยื้องศูนย์กลางกับวงข้าง ๆ สามารถวัดความหนาของฟิล์มเปียกในช่วง 10 ถึง 1500 ไมโครเมตร

##### 1.2 การหาด้วยคอมบ์เกจ (Comb gauge)

คอมบ์เกจ เป็นเครื่องมือที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ประกอบด้วยวีลที่มีพื้นนอกเป็นแนวฐาน และพื้นในจะสั้นกว่าพื้นนอกเป็นลำดับ ซึ่งแสดงขนาดของช่องว่างระหว่างปลายของพื้นและแนวฐาน

#### 2. ระยะเวลาการแห้งตัว (Drying time)

วิธีการที่ง่ายที่สุดในการหาระยะเวลาการแห้งของสารเคลือบผิวที่ใช้กันมาตั้งแต่สมัยโบราณ คือ ใช้นิ้วแตะเบา ๆ ที่ผิวของฟิล์ม การแห้งของฟิล์มของสารเคลือบผิวซึ่งแห้งได้เองในอากาศแตกต่างกันตามระยะเวลาการแห้ง ดังนี้

2.1 แห้งที่ผิว (Surface dry) หมายถึง การแห้งถึงขั้นที่แห้งเฉพาะผิวหน้า แต่ข้างล่างยังนิ่มและเหนียว ทดสอบได้โดยใช้ลูกแก้วกลมใส (Ballotini)

2.2 แห้งแข็ง (Hard dry) หมายถึง การแห้งถึงขั้นที่สามารถเคลือบอีกชั้นหนึ่งทับได้ด้วยแปรง ทดสอบได้โดยใช้นิ้วมือกดลงบนฟิล์ม หรือทดสอบโดยใช้เครื่องมือทดสอบการแห้งแข็ง (Hard dry apparatus)

### 2.7.3 การทดสอบสารเคลือบผิวในสถานะฟิล์มแห้ง

#### 1. การหาความหนาของฟิล์มที่แห้งแล้ว

ความหนาของฟิล์มที่แห้งแล้ว สามารถคำนวณหาได้ถ้ารู้ความหนาของฟิล์มเปียก และ ปริมาตรของของแข็งส่วนที่ไม่ระเหย อย่างไรก็ตามการหาความหนาของฟิล์มที่แห้งแล้วนี้ นิยมใช้ เครื่องมือวัดมากกว่า ซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

##### 1.1 การวัดด้วยไมโครมิเตอร์

วิธีนี้ใช้วัดความหนาของฟิล์มแห้งซึ่งมีผิวที่มีความแข็งพอสมควร เหมาะสำหรับแผ่นทดสอบที่มีผิวหน้าแบนราบ ทำการวัดความหนา ก่อนล้างฟิล์มของตำแหน่งทดสอบและหลังล้างฟิล์มออก จะได้ความหนาของฟิล์ม

##### 1.2 การวัดด้วยไดอัลเกจ (Dial gauge)

วิธีนี้ใช้วัดความหนาของฟิล์มแห้งบนแผ่นทดสอบหรือบนวัตถุอื่นที่มีผิวเรียบพอสมควร การทดสอบทำได้โดยวิธีเดียวกับการวัดด้วยไมโครมิเตอร์ แต่เครื่องมือที่ใช้คือ ไดอัลเกจ

##### 1.3 การวัดโดยอาศัยหลักการของแมกเนติกฟลักซ์

การวัดโดยวิธีนี้ใช้หลักที่ว่า ปริมาณแมกเนติกฟลักซ์จะผันแปรตามระยะห่างระหว่างแม่เหล็กและโลหะที่เป็นสารแม่เหล็ก ซึ่งก็คือ ความหนาของฟิล์ม

##### 1.4 การวัดโดยอาศัยหลักการของเอ็ดดีเคอร์เรนต์

วิธีนี้ใช้สำหรับวัดความหนาของฟิล์มบนแผ่นโลหะที่เป็นสารแม่เหล็กหรือไม่เป็นก็ได้ เครื่องมือที่ใช้ อาศัยหลักการของเอ็ดดีเคอร์เรนต์ที่ว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในความต้านทานปรากฏ ของลวดโพรบ อันเนื่องจากเอ็ดดีเคอร์เรนต์ซึ่งขดลวดเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในแผ่นทดสอบ เป็นผลทำให้กระแสที่ไหลในขดลวดโพรบเปลี่ยนไป ขนาดของเอ็ดดีเคอร์เรนต์ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิด จะแปรผันตามระยะทางระหว่างขดลวดโพรบและแผ่นทดสอบ

#### 2. การวัดความเงา

ฟิล์มจะมีความเงามากน้อยเพียงใด ขึ้นกับความสามารถของฟิล์มในการรับแสง และ สะท้อนออกไป ความสามารถดังกล่าวขึ้นอยู่กับความเรียบของพื้นผิว และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ ความเงาแบ่งออกได้เป็นหลายระดับเมื่อทำการวัดที่มุม 60 องศา ดังนี้ คือ

2.1 เงาเต็มที (Full gloss) หมายถึง ความเงาที่มีค่าสูงกว่า 70 หน่วย

2.2 กึ่งเงา (Semi gloss) หมายถึง ความเงาที่มีค่าอยู่ระหว่าง 30 ถึง 70 หน่วย

2.3 เงาเปลือกไข่ (Eggshell gloss) หมายถึง ความเงาที่มีค่าอยู่ระหว่าง 15 ถึง 30 หน่วย

2.4 ด้านเปลือกไข่ (Eggshell flat) หมายถึง ความเงาที่มีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 15 หน่วย

2.5 ด้าน (Flat , matt) หมายถึง ไม่มี ความเงา

### **3. ความแข็ง (Hardness)**

ความแข็ง หมายถึง ความสามารถของฟิล์มของสารเคลือบผิว ที่ทนต่อการเกิดรอยจากการกด หรือขูดขีดด้วยของแข็ง วิธีการหาความแข็งของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป คือ การทดสอบการขูดขีด (Scratch test) ซึ่งก็คือ การหาความต้านทานต่อการแทงทะลุของฟิล์มของสารเคลือบผิวโดยการขีดด้วยเข็ม การทดสอบทำได้โดยการใช้เครื่องมือทดสอบการขูดขีด

การทดสอบหาความแข็งของฟิล์มวิธีอื่น ๆ ได้แก่ การทดสอบความแข็งโดยการใช้ดินสอ (Pencil hardness test) ทดสอบโดยนำดินสอที่มีความแข็งต่าง ๆ กัน (6H ถึง 4B) กดลงบนฟิล์ม

### **4. ความอ่อนตัวไม่เปราะ (Flexibility)**

การหาความอ่อนตัวไม่เปราะของฟิล์มสารเคลือบผิว ทำได้โดยการทดสอบความทนทานต่อการแตกร้าวหรือหลุดล่อนจากแผ่นทดสอบ เมื่อนำไปดัดโค้งรอบแกนทรงกระบอก (Bending test)

### **5. ความติดแน่น (Adhesion)**

ความติดแน่นของฟิล์มของสารเคลือบผิว เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความมากน้อยของการยึดเกาะระหว่างฟิล์มกับพื้นผิววัสดุ การหาความติดแน่นวิธีที่ง่ายที่สุด คือ ใช้ของมีคมขูดที่ผิวฟิล์ม ถ้าฟิล์มเปราะหรือมีแรงยึดเกาะกับพื้นผิวไม่ดี ฟิล์มก็จะเกิดการแตก

### **6. ความทนน้ำ (Water resistance)**

การหาความทนน้ำ เป็นการหาความสามารถของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่จะกันน้ำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปได้ ทดสอบโดยการแช่น้ำได้ตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

## 2.8 ข้อบกพร่องที่เกิดกับสารเคลือบผิว

ข้อบกพร่องที่เกิดกับสารเคลือบผิว มีหลายลักษณะดังนี้

### 2.8.1 การเป็นฝ้า (Bloom)

การเป็นฝ้า หมายถึง ลักษณะมีคราบลอยหรือฝ้าที่เกิดขึ้นบนผิวของฟิล์มของสีเคลือบ หรือ วาร์นิชที่แห้งแล้ว และทำให้ความเงาของฟิล์มลดลง การเป็นฝ้าเกิดมาจาก

- การใช้สารเร่งแห้งที่ทำจากเกลือของโคบอลต์ หรือแมงกานีสมากเกินไป ทำให้เกิดการตกตะกอนของสารที่เรียกว่า ลินอกซิน (Linnoxyn) บนผิวฟิล์ม และดูดความชื้นและฝุ่นทำให้เป็นฝ้า
- การใช้สารยึดติดที่มีคุณภาพต่ำ จะดูดความชื้นจากอากาศในระหว่างการแห้ง
- แอมโมเนียและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศ ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นตะกอนเล็ก ๆ ของแอมโมเนียมซัลเฟตจับอยู่บนผิวของฟิล์ม

การเป็นฝ้าที่เกิดขึ้นบนผิวของสารเคลือบผิว สามารถกำจัดได้โดยการใช้ผ้าเปียกเช็ดออก นอกจากนี้สามารถป้องกันการเกิดการเป็นฝ้าได้โดยการเติมแคลเซียมแนฟที่เนตเป็นสารเติมแต่งลงไปในสารเคลือบผิว

### 2.8.2 การพอง (Blistering)

การพอง หมายถึง การโป่งที่ผิวของฟิล์มที่แห้งแล้ว เนื่องจากมีความชื้นหรือแก๊สใต้ฟิล์ม ส่วนใหญ่การพองจะเกิดกับสีสำหรับการตกแต่งที่ทำมาจากอัลคิเดเรซิน อีพอกซีเอสเตอร์ ยูรีเทน ออยล์ และน้ำมันวาร์นิช เนื่องจากสารยึดเหนี่ยวโดยเฉพาะอย่างยิ่ง อัลคิเดเรซิน ประกอบด้วยส่วนที่สามารถสกัดได้ด้วยน้ำ (Water - extractable fraction)

การพองที่เกิดขึ้นกับฟิล์มที่ใช้เคลือบผิวไม้ มีสาเหตุจากความชื้นจากดวงอาทิตย์ ทำให้ฟิล์มอ่อนตัว และเกิดความดันใต้ฟิล์ม ซึ่งเป็นผลมาจากการระเหยของสารที่ระเหยได้ ทำให้ผิวของฟิล์มขยายตัวโป่งออกมา

นอกจากนี้ น้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศหรือฝน ก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ฟิล์มเกิดการพองได้ กล่าวคือ น้ำจะไปละลายหรือสกัดสารบางตัว เกิดเป็นออสโมติกเซลล์ และถ้ามีน้ำซึมผ่านเข้าไปอีก ฟิล์มที่ห่อหุ้มออสโมติกเซลล์นี้ ก็จะขยายตัวภายใต้ความดัน ทำให้ฟิล์มโป่งออกมา

## 2.8.3 ความต้านแปรง (Brush drag)

ความต้านแปรง หมายถึง ความต้านทานของสีต่อขนแปรงเมื่อทาสีด้วยแปรง ถ้ามีความต้านแปรงมากเกินไป จะทำให้สมบัติในการทาด้วยแปรงเสียไป ความต้านแปรงมีสาเหตุจากความหนืดสูงเกินไป ดังนั้นการแก้ไขทำได้โดยการเติมตัวทำละลายเพื่อช่วยลดความหนืด

## 2.8.4 การเป็นฝุ่น (Chalking)

การเป็นฝุ่น หมายถึง การที่ผิวหน้าของฟิล์มเปลี่ยนลักษณะเป็นฝุ่น เนื่องจากการเสื่อมคุณภาพ หรือการสลายตัวของสารยึดติดที่เข้าทำปฏิกิริยากับอากาศ

อย่างไรก็ดีการเป็นฝุ่นถ้าเกิดเพียงเล็กน้อย ก็จัดว่าเป็นผลดีประการหนึ่ง กล่าวคือ จะช่วยป้องกันสิ่งสกปรกต่าง ๆ ไม่ให้เกาะอยู่ที่ผิวของฟิล์มได้ และเมื่อฝนตกก็จะชะล้างเอาฝุ่นที่เกิดขึ้นออกไป นอกจากนี้การขจัดผิวของฟิล์มที่เป็นฝุ่น ก็สามารถทำได้ง่าย โดยการเช็ดออก

## 2.8.5 รอยแตก (Cracking)

รอยแตก หมายถึง ข้อบกพร่องของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่เกิดการแยกตัวเนื่องจากสารเคลือบผิวไม่สามารถขยายตัวและหดตัวได้ ในอัตราที่เท่ากันระหว่างกรรมวิธีการแห้งตัวของฟิล์ม ซึ่งเป็นผลมาจากการเคลือบสารเคลือบผิวหนาเกินไป การเกิดรอยแตก ยังมีสาเหตุเนื่องจากฟิล์มเปราะ ดังนั้นการแก้ไขจึงทำได้โดยการเลือกใช้สารเคลือบผิวที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า

## 2.8.6 การเป็นรูเข็มและการเป็นหลุม (Pinholding & cratering)

การเป็นรูเข็ม หมายถึง การเกิดเป็นรูเข็มเล็ก ๆ บนผิวของสารเคลือบผิว มีสาเหตุมาจาก ระหว่างการเคลือบเกิดฟองอากาศเล็ก ๆ ซึ่งจะแตกระหว่างกรรมวิธีการแห้งตัวเป็นฟิล์ม ทำให้ผิวของฟิล์มเกิดเป็นรูเล็ก ๆ ลักษณะเหมือนรูเข็ม

ในกรณีที่เคลือบหนามาก ๆ ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่ และเมื่อฟองอากาศนี้แตกระหว่างการแห้งตัว จะทำให้เกิดเป็นแอ่งรูปถ้วยในฟิล์ม เรียกข้อบกพร่องนี้ว่า การเป็นหลุม

## 2.8.7 การล่อนเป็นเกล็ด

การล่อนเป็นเกล็ด หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ฟิล์มของสารเคลือบผิวหลุดออกมาเป็นแผ่นเล็ก ๆ ซึ่งมีรูปร่างต่างกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยต่ำกว่า 6 มิลลิเมตร การล่อนเป็นเกล็ด มีสาเหตุจากฟิล์มไม่มีแรงยึดกับผิววัสดุ มักจะเกิดกับผิววัสดุที่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ ดังนั้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเคลือบด้วยสารเคลือบผิว แรงดันจากน้ำใต้ฟิล์มจะดันฟิล์มให้หลุดออกมา โดยชั้นแรกจะเกิดการพองก่อน แล้วจึงจะล่อนเป็นเกล็ดออกมา

#### 2.8.8 การดึงตัว (Lifting)

การดึงตัว หมายถึง ข้อบกพร่องที่เกิดจากการพองตัวของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่แห้งแล้ว เมื่อเคลือบสารเคลือบผิวอีกชั้นหนึ่งทับ มักจะเกิดเป็นรอยย่น การดึงตัวมีสาเหตุจากการเลือกใช้ตัวทำละลายที่แรงเกินไป

#### 2.8.9 การเป็นวุ้นเหนียว (Livering)

การเป็นวุ้นเหนียว หมายถึง การที่สีหรือวาร์นิชมีความข้นเหลวเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเป็นวุ้น จนถึงขั้นที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ มีสาเหตุจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างผงสีกับสารยึดติด หรือจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับออกซิเจน

#### 2.8.10 ลักษณะผิวส้ม (Orange peel)

ข้อบกพร่องชนิดนี้ แสดงถึงลักษณะของฟิล์มที่พ่นแล้วไม่เรียบคล้ายผิวส้ม มีสาเหตุหลายประการ เช่น

- ความหนืดสารเคลือบสูงเกินไป
- ใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายไม่เหมาะสม
- ความดันของลมที่พ่นไม่ถูกต้อง
- ขณะพ่น หัวพ่นอยู่ห่างจากผิววัสดุมากเกินไป เกิดสูญเสียตัวทำละลายก่อนไปเกาะที่ผิววัสดุ ทำให้ฟิล์มที่ได้ไม่เรียบ

#### 2.8.11 การเป็นคลื่น (Rivelling)

การเป็นคลื่น หมายถึง การที่ผิวของฟิล์มมีลักษณะไม่เรียบคล้ายระลอกคลื่น มีสาเหตุจากการเคลือบหนาเกินไป หรือจากการใช้สารเร่งแห้งจากโคบอลต์มากเกินไป ทำให้การแห้งตัวเป็นฟิล์มจากชั้นบนสุดไปยังชั้นล่างสุดเป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ

#### 2.8.12 การย้อย (Sagging or curtaining)

การย้อย หมายถึง การที่ฟิล์มไหลลงมาระหว่างทำการเคลือบแล้วเกิดการแข็งตัว เป็นผลให้ผิวเคลือบไม่สม่ำเสมอ มีขอบส่างหนา โดยปกติ การย้อยจะมีลักษณะเหมือนม่าน เกิดขึ้น

เฉพาะพื้นผิวในแนวตั้ง มีสาเหตุจากการเคลือบหนาเกินไป หรือจากการใช้ตัวทำละลายที่ระเหยได้ช้า หรือทำการเคลือบที่อุณหภูมิต่ำเกินไป

### 2.8.13 การเกิดฝ้า (Skinning)

การเกิดฝ้า หมายถึง สารเคลือบผิวที่รวมตัวเป็นแผ่นลอยอยู่ที่ผิวหน้า การรวมตัวจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปิดกระป๋องที่บรรจุสารเคลือบผิวทิ้งไว้ เนื่องจากสารเคลือบผิวจะเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นออกมา และจำเป็นต้องกำจัดแผ่นเหล่านี้ออกก่อนที่จะนำสารเคลือบผิวนั้นไปใช้

สารเคลือบผิวที่แห้งได้เร็ว จะมีโอกาสเกิดเป็นฝ้าได้มาก ในทางตรงกันข้ามสารเคลือบผิวที่แห้งได้ช้า โอกาสที่จะเกิดเป็นฝ้าระหว่างการเก็บมีน้อย ดังนั้นในการผลิตสีหรือวารนิช จึงต้องใส่สารกันการเกิดฝ้าซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นสารที่ระเหยได้ เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน

สำหรับการเกิดฝ้าที่ผิวหน้าของฟิล์ม มีสาเหตุจากสารเคลือบมีส่วนผสมของสารเร่งแห้งที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือ มีส่วนผสมของสารเร่งแห้งจากโคบอลต์มากเกินไป หรือมีส่วนผสมของสารเร่งแห้งจากแมงกานีสหรือตะกั่วมากเกินไป นอกจากนี้การเกิดฝ้าที่ผิวหน้าของฟิล์มอาจมีสาเหตุมาจาก กระจกทำการเคลือบมีลมแรงเกินไป ทำให้ผิวด้านบนสุดแห้งได้ดี ในขณะที่ฟิล์มชั้นล่างยังมีตัวทำละลายหลงเหลืออยู่ หรือไม่สามารถรับออกซิเจนได้

### 2.8.14 การเกิดรอยย่น (Wrinkling)

ข้อบกพร่องชนิดนี้มีลักษณะเป็นรอยย่นในฟิล์ม เนื่องจากผิวฟิล์มแห้งไม่สม่ำเสมอ มีสาเหตุจาก 2 ประการด้วยกันคือ สารเคลือบผิวมีสารเร่งแห้งมากเกินไป หรือการเคลือบหนาเกินไป



### บทที่ 3

### การวิจัยและการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน

### 3.1 วัสดุและเคมีภัณฑ์

ชั้นสน	เกรดการค้า
กรดไฮโดรคลอริก	เกรดวิเคราะห์
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	เกรดวิเคราะห์
เอทิลอัลกอฮอล์	เกรดวิเคราะห์
อะซิโตน	เกรดวิเคราะห์
ฟีนอล์ฟทาลิน	เกรดวิเคราะห์
โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต	เกรดวิเคราะห์
คาร์บอนเตตระคลอไรด์	เกรดวิเคราะห์
เมอร์คิวริกอะซิเตท	เกรดวิเคราะห์
กรดแกลเลียมอะซิติก	เกรดวิเคราะห์
โพแทสเซียมไอโอไดด์	เกรดวิเคราะห์
ไอโอดีน	เกรดวิเคราะห์
ไพริดีน	เกรดวิเคราะห์
กรดซัลฟิวริก	เกรดวิเคราะห์
โบรมีน	เกรดวิเคราะห์
โซเดียมไทโอซัลเฟต	เกรดวิเคราะห์
โซเดียมคาร์บอเนต	เกรดวิเคราะห์
โพแทสเซียมไอโอเดต	เกรดวิเคราะห์
แป้งมันสำปะหลัง	เกรดการค้า
กรดซาลิซาลิก	เกรดวิเคราะห์
กลีเซอรอล	เกรดวิเคราะห์
เพนตะอิมิทธิทอล	เกรดวิเคราะห์
ฟีนอล	เกรดวิเคราะห์
พาราเทอร์เทียรีฟีนอล	เกรดวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์มาลดีไฮด์	เกรดวิเคราะห์
โซเดียมเมทอกไซด์	เกรดวิเคราะห์
โทลูอีน	เกรดวิเคราะห์
น้ำมันลินสีด	เกรดการค้า
น้ำมันตั้งอิว	เกรดการค้า
น้ำมันสน	เกรดการค้า

### 3.2 อุปกรณ์

ขวด 3 คอ  
 ฮีทติ้งแมนทอล  
 คอนเดนเซอร์  
 เครื่องทำความเย็น  
 มอเตอร์พร้อมใบพัด  
 เทอร์โมมิเตอร์  
 ขวดรูปชมพู่  
 บิวเรต  
 ปีเปต  
 กระบอกตวง  
 ขวดวัดปริมาตร  
 บีกเกอร์



### 3.3 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางเคมี

เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	Jasco IR - 810 (Jasco Co.,Ltd.)
เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์	TGA 51 (Dupont Co.,Ltd.)
เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์	NMR 300 MHz
เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ FT - IR	
เครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	(Shimatsu Co.,Ltd.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบสมบัติทางกายภาพ

แผ่นเหล็ก

แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

แผ่นอลูมิเนียม

แผ่นแก้วใส

แผ่นแก้วทาสีดำด้านหลัง

แผ่นไม้

เครื่องเคลือบฟิล์ม

เครื่องพ่นสี

แปรงทาสี

ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด (Ford cup ของ Sheen Instruments Ltd.)

เครื่องวัดลิกเกจ (Wheel gauge ของ Sheen Instruments Ltd.)

เครื่องวัดความหนาของฟิล์มแห้ง (PosiTest Banana Gauge ของ Sheen Instruments Ltd.)

เครื่องวัดระยะเวลาแห้งแข็ง (RC - 11094 ของ Sheen Instrument Ltd.)

เครื่องวัดความเงา (microgloss 60 ของ Sheen Instrument Ltd.)

เครื่องทดสอบความทนทานต่อการดัดโค้ง (Mandrel set MG 1412 ของ Gardner laboratory Inc.)

เครื่องทดสอบการขีดขีด (Automatic scratch tester ของ Sheen Instruments Ltd.)

เครื่องเร่งสภาวะ (QUV Accelerated Weathering Tester)

## ส่วนที่ 1 : ชันสน

### 3.5 วิธีการปรับปรุงชันสนด้วยกลีเซอรอล

- ชันชันสน 267.6 กรัม (89 %)
- ชันกลีเซอรอล 32.4 กรัม (11 %)
- บดชันสนแล้วใส่ลงในขวด 3 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
- ให้ความร้อนด้วยฮีทติ้งเมนทอล
- ให้ความร้อนแก่ชันสน จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ วัดอุณหภูมิได้ 200 องศาเซลเซียส
- เติมกลีเซอรอลลงในชันสนที่หลอมเหลว เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 260 องศาเซลเซียส
- ทำการปั่นกวนตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- สุ่มตัวอย่างสารออกมาหาค่าแสดงความเป็นกรด ทุก 3 ชั่วโมง
- ได้ค่าแสดงความเป็นกรดน้อยกว่า 20 จึงหยุดดำเนินการปฏิกิริยา



รูป 3.1 แสดงการตั้งชุดรีฟลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



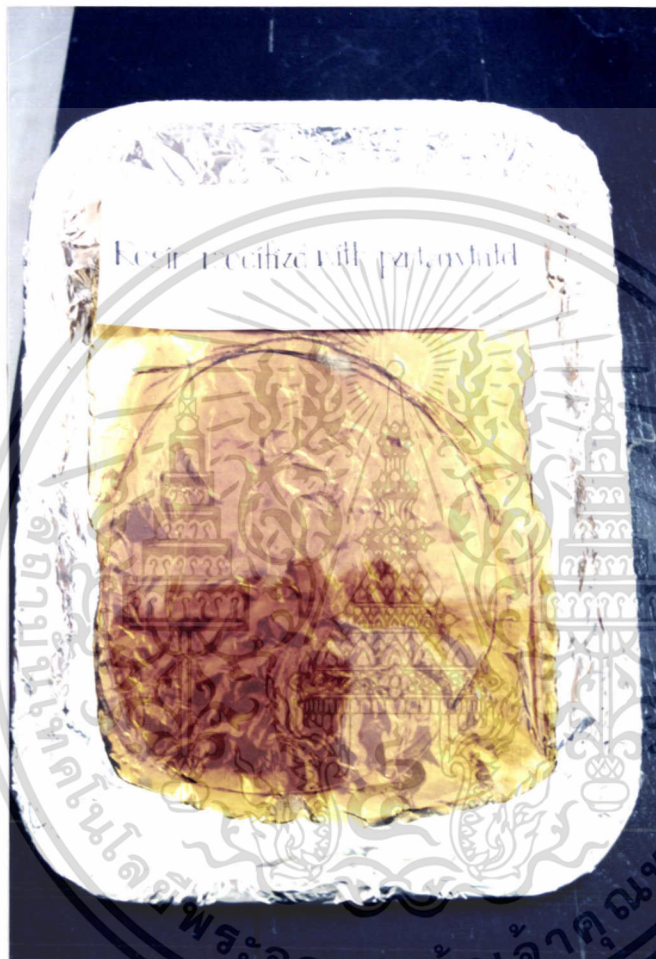
รูป 3.2 แสดงชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล

### 3.6 วิธีการปรับปรุงชั้นสนด้วยเพนตะอีริทริทอล

- ชั่งชั้นสน 340 กรัม (90 %)
- ชั่งเพนตะอีริทริทอล 37.4 กรัม (10 %)
- บดชั้นสนแล้วใส่ลงในขวด 3 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
- ให้ความร้อนด้วยฮีตติ้งเมนทอล
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ วัดอุณหภูมิได้ 200 องศาเซลเซียส
- เติมเพนตะอีริทริทอลลงในชั้นสนที่หลอมเหลว เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 260 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แล 24 ้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการบันทึกเวลาตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- สุ่มตัวอย่างสารออกมาหาค่าแสดงความเป็นกรด ทุก 2 ถึง 3 ชั่วโมง
- ได้ค่าแสดงความเป็นกรดน้อยกว่า 20 จึงหยุดดำเนินการปฏิบัติการ



รูป 3.3 แสดงชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยเพนตะอิทธิทรอล

### 3.7 วิธีการปรับปรุงชั้นสนด้วยฟีนอลิกเรซิน

ทำการปรับปรุงชั้นสนด้วยฟีนอลิกเรซิน 2 ชนิด คือ ฟีนอลิกเรซินจากฟีนอลกับฟอร์มัลดีไฮด์ และฟีนอลิกเรซินจากพาราเทอร์เทียรี่ฟีนอลกับฟอร์มัลดีไฮด์

### 3.7.1 การปรับปรุงชั้นสนด้วยฟีนอลิกเรซิน จากฟีนอล

แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

#### ขั้นที่ 1 เตรียมฟีนอลิกเรซิน (อัตราส่วนฟีนอลต่อฟอร์มัลดีไฮด์เป็น 1 : 1.7)

- ชั่งฟีนอล 50 กรัม
- ชั่งฟอร์มัลดีไฮด์ 85 กรัม
- เติมฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์ ลงในบีกเกอร์
- ให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส พร้อมปั่นกวนตลอดเวลา
- เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนได้สภาวะที่เป็นเบส (pH ~ 8 - 9)
- ทำปฏิกิริยาต่อไปจนได้ของเหลวเหนียว
- ได้ฟีนอลิกเรซิน

#### ขั้นที่ 2 ทำการปรับปรุงชั้นสน

- ชั่งชั้นสน 320 กรัม (80 %)
- ชั่งฟีนอลิกเรซิน 44.8 กรัม (11.2 %)
- ชั่งเพนตะอีริทริทอล 35.2 กรัม (8.8 %)
- บดชั้นสนแล้วใส่ลงในขวด 3 คอ ขนาด 500 มิลลิตร
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบูร์ณ วัดอุณหภูมิได้ 200 องศาเซลเซียส
- เติมฟีนอลิกเรซินและเพนตะอีริทริทอลลงในชั้นสนที่หลอมเหลว เพิ่มอุณหภูมิให้เป็น 240 ถึง 270 องศาเซลเซียส
- ทำการปั่นกวนตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- สุ่มตัวอย่างสารออกมาหาค่าแสดงความเป็นกรด ทุก 2 ถึง 3 ชั่วโมง
- ได้ค่าแสดงความเป็นกรดน้อยกว่า 20 จึงหยุดดำเนินการปฏิกิริยา



รูป 3.4 แสดงชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล

### 3.7.2 การปรับปรุงชั้นสนด้วยฟีนอลิกเรซิน จากพาราเทอร์เทียรีฟีนอล แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

#### **ขั้นที่ 1 เตรียมฟีนอลิกเรซิน (อัตราส่วนฟีนอลต่อฟอร์มัลดีไฮด์เป็น 1 : 1.7)**

- ชั่งพาราเทอร์เทียรีฟีนอล 75 กรัม
- ชั่งฟอร์มัลดีไฮด์ 25 กรัม
- เติมพาราเทอร์เทียรีฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์ ลงในบีกเกอร์
- ให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส พร้อมปั่นกวนตลอดเวลา
- เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนได้สภาวะที่เป็นเบส (pH ~ 8 - 9)
- ทำปฏิกิริยาต่อไปจนได้ของเหลวเหนียว

ได้ฟีนอลิกเรซิน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขั้นที่ 2 ทำการปรับปรุงชั้นสน

- ชั่งชั้นสน 320 กรัม (80 %)
- ชั่งฟีนอลิกเรซิน 44.8 กรัม (11.2 %)
- ชั่งเพนตะอิริทริทอล 35.2 กรัม (8.8 %)
- บดชั้นสนแล้วใส่ลงในขวด 3 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ วัดอุณหภูมิได้ 200 องศาเซลเซียส
- เติมฟีนอลิกเรซินและเพนตะอิริทริทอลลงในชั้นสนที่หลอมเหลว เพิ่มอุณหภูมิให้เป็น 240 ถึง 270 องศาเซลเซียส
- ทำการปั่นจนตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- สุ่มตัวอย่างสารออกมาหาค่าแสดงความเป็นกรด ทุก 2 ถึง 3 ชั่วโมง
- ได้ค่าแสดงความเป็นกรดน้อยกว่า 20 จึงหยุดดำเนินการปฏิกิริยา



รูป 3.5 แสดงชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินจากพาราเทอร์เชียรีฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 การทดสอบสมบัติของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง

ทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของชั้นสน และชั้นสนที่ได้ผ่านการปรับปรุงแล้ว

#### 3.8.1 การหาค่าสะพานนิฟิเคชันนัมเบอร์<sup>2</sup>

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน KHP 0.125 โมลาร์ ดังนี้

นำ KHP ไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง แล้วชั่ง KHP ที่อบแล้วให้ได้ น้ำหนัก 6.3750 กรัม ละลายในน้ำ 150 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตรด้วยเอทิลอัลกอฮอล์ ในขวดวัดปริมาตร

2. เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์ ดังนี้

ชั่ง KOH 28.1392 กรัม ละลายด้วยเอทิลอัลกอฮอล์ ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรในขวดวัดปริมาตร หาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน KHP โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เก็บสารละลายนี้ในภาชนะพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.5 โมลาร์ ดังนี้

ชั่งกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 36.5 % มา 12.4865 กรัม เจือจางด้วยน้ำจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร หาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน KOH โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

4. ชั่งชั้นสนหรือชั้นสนผ่านการปรับปรุงที่บดละเอียดในช่วงน้ำหนัก 2.95 - 3.05 กรัม ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารช่วยการละลาย (ตัวทำละลายผสมระหว่าง โทลูอีน และ เอทิลอัลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1 : 1) 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐาน KOH ลงไป 50 มิลลิลิตร

5. รีฟลักซ์สารละลายในข้อ 4 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา ถ่ายใส่ในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร รักษาอุณหภูมิของสารละลายให้อยู่ในช่วง 60 - 70 องศาเซลเซียส จนกว่าจะไทเทรต

6. ไทเทรตกับสารละลายกรดมาตรฐาน ไฮโดรคลอริก โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

7. ทำสารละลายแบลนด์ โดยเริ่มทำตั้งแต่ข้อ 4 โดยไม่ใส่ชั้นสน แล้วทำการคำนวณค่าสะพานนิฟิเคชันนัมเบอร์

### 3.8.2 การหาค่าแสดงความเป็นกรด

1. สุ่มตัวอย่างชั้นสนหรือชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงมา 5 กรัม นำมาทำให้เป็นสารละลาย โดยละลายในอะซิโตน 100 มิลลิลิตร
2. ทำการไทเทรตหาค่าแสดงความเป็นกรด ระหว่างสารละลายมาตรฐาน KOH กับสารละลายของชั้นสน โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ใช้สารละลายมาตรฐาน KOH เป็นไทเทรนต์ และสารละลายชั้นสนเป็นไทเทรนต์
3. ทำการคำนวณหาค่าแสดงความเป็นกรด

### 3.8.3 การศึกษาโครงสร้างองค์ประกอบของชั้นสน

ศึกษาโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Infrared Spectroscopy) Jasco IR - 810 ของบริษัท Jasco Co.,Ltd.

1. ชั่งชั้นสนหรือชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงให้มีน้ำหนักประมาณ 0.005 - 0.01 กรัม ผสมกับโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) 0.09 กรัม บดให้ละเอียดและเข้ากัน
2. นำไปอัดเม็ด โดยใช้เครื่องอัดเม็ด จะได้แผ่น KBr (KBr disc)
3. นำแผ่น KBr ไปวัดด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ในช่วงเลขคลื่น 4000 ถึง 400  $\text{cm}^{-1}$

### 3.8.4 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของชั้นสน

ศึกษาโดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ TGA51 ของบริษัท Dupont Co.,Ltd. นำชั้นสนหรือชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงมาบดละเอียด ชั่งน้ำหนัก 20 มิลลิกรัม ใส่ลงใน pan ของเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ แล้วทำการวัดสมบัติทางความร้อนโดยตั้งสภาวะดังนี้

Segment : 1 Type : 3 Initial Temp. 40 ° C

Segment : 2 Type : 5 Isothermal 2 min.

Segment : 3 Type : 4 Ramp 20 ° C/min ถึง 800 ° C

## ส่วนที่ 2 : วารีนิช

### 3.9 การศึกษาสมบัติของน้ำมันชักแห้ง

ทำการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันชักแห้ง เพื่อเลือกน้ำมันชักแห้งที่เหมาะสมมาใช้ในการผสมสูตรวารีนิช

#### 3.9.1 การศึกษาโครงสร้างองค์ประกอบของน้ำมันชักแห้ง

ในงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบสมบัติของน้ำมันชักแห้ง 2 ชนิด คือ น้ำมันตังอิ้ว และน้ำมันลินสีด

1. ศึกษาโครงสร้างโดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR)

โดยมีขั้นตอนวิธีการทำเหมือนการศึกษาโครงสร้างโดยใช้เครื่อง Jasco IR - 810 แต่จะต้องทำแผ่น KBr ที่เตรียมจากผง KBr 0.1 กรัม มาอัดเป็นแผ่น 2 แผ่น แล้วจึงนำตัวอย่างน้ำมันมาป้ายลงบนแผ่นหนึ่งเล็กน้อย และนำแผ่น KBr อีกแผ่นมาประกบเข้าด้วยกัน

2. ศึกษาโครงสร้างโดยใช้เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (NMR) 300 MHz
3. ศึกษาโครงสร้างโดยใช้เครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
4. ศึกษาค่าความไม่อิ่มตัวในโครงสร้างโดยการหาค่าไอโอดีน (Iodine value)<sup>7</sup> ดังนี้

- เตรียมสารละลายเมอร์คิวริกอะซิเตท ( $\text{Hg}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ )

นำเมอร์คิวริกอะซิเตท 5 กรัม ละลายในกรดแกลเชียลอะซิติก แล้วปรับปริมาตรเป็น

250 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

- เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)

นำโพแทสเซียมไอโอไดด์ 37.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 250

มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

- เตรียมสาร Rosenmund - Kuhnenn

เติมกรดแกลเชียลอะซิติกปริมาตร 4 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

เป็นจำนวน 3 ใบ เติมฟิรดินจำนวน  $2.84 \pm 0.02$  กรัม ลงในขวดใบที่ 1 อย่างช้า ๆ แล้วทำให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **31** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอ่างน้ำแข็ง, เติมกรดซัลฟริกเข้มข้น จำนวน  $3.55 \pm 0.02$  กรัม ลงในขวดใบที่ 2 อย่างช้า ๆ และทำให้เย็นเช่นเดียวกัน , เติมสารละลายขวดที่ 2 ลงในสารละลายขวดที่ 1 และให้ความเย็นต่อไปสำหรับขวดที่ 3 ให้เติมโบรมีนลงไปจำนวน 2.84 กรัม แล้วเติมสารละลายโบรมีนนี้ลงไปในส่วนผสมของสารละลายขวดที่ 1 และ 2 ถ่ายสารใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยกรดแกลเซียมอะซิติกให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ถ่ายใส่ขวดสีชาปริมาตร 500 มิลลิลิตร เติมกรดแกลเซียมอะซิติกลงไป 250 มิลลิลิตร

- เตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 0.1 N.

ละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 24.8 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรในขวดวัดปริมาตร เติมโซเดียมคาร์บอเนต 0.5 กรัม หยดคลอโรฟอร์มลงไปเล็กน้อย นำไปหาความเข้มข้นที่แน่นอนกับสารละลาย KI

- เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต ( $\text{KIO}_3$ )

ละลายโพแทสเซียมไอโอเดต 0.12 ถึง 0.17 กรัมในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย KI ที่ได้จากการละลาย KI 2 กรัม ในกรดซัลฟริกเข้มข้นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ทำการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตทันที โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์

- เตรียมสารละลายน้ำแข็ง

ละลายแข็งมันสำปะหลัง 1 กรัมในน้ำเย็น เติมสารละลายลงในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร คนอย่างรวดเร็ว และทำให้เย็น เติมกรดซาลิซิลิกลงไป 0.125 กรัม เก็บไว้ในตู้เย็น

- ละลายตัวอย่างน้ำมัน 0.104 กรัม ด้วยสารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์ 5 มิลลิลิตร ในขวดวัดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีฝาปิด ทุบขวดด้วยกระดาษฟอยล์ นำไปเติมสารละลายเมอร์คิวริกอะซิเตท 10 มิลลิลิตร ในห้องที่มีแสงสว่างน้อย เขย่า 2 ถึง 3 ครั้ง เติมสาร Rosenmund - Kuhnhenh ลงไป 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย KI ลงไปเล็กน้อย เขย่าจนสารละลายเข้ากันดี เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกมาเติมสารละลาย KI 20 มิลลิลิตร เขย่า 2 ถึง 3 ครั้ง เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เขย่าอีกครั้ง ปิดฝาขวด ตั้งทิ้งไว้ 1 นาที

- ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตอย่างรวดเร็ว พร้อมบันทึกเวลา และใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์เมื่อใกล้ถึงจุดยุติ

- ทำสารละลายแบลนด์ และคำนวณหาค่าความไม่อิ่มตัว

### 3.10 การเตรียมวาร์นิชจากชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง<sup>6</sup>

#### 3.10.1 วาร์นิชสูตร RGL3

##### **เตรียมจากชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล**

- ชั่งชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง 150 กรัม
- ชั่งน้ำมันลินสีด 150 กรัม
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์
- เติมน้ำมันลินสีดลงไปผสมกับชั้นสนหลอมเหลว ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส
- ทำการปั่นจนตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- ทำการผสมเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
- ทิ้งให้อุณหภูมิต่ำลง แล้วจึงนำมาผสมกับน้ำมันสนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย ให้ความหนืดอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 2.5 stokes
- ได้วาร์นิชสูตร RGL3

#### 3.10.2 วาร์นิชสูตร RGL6

##### **เตรียมจากชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล**

- ชั่งชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง 150 กรัม
- ชั่งน้ำมันลินสีด 150 กรัม
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์
- เติมน้ำมันลินสีด ลงไปผสมกับชั้นสนหลอมเหลว ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส
- ทำการปั่นจนตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- ทำการผสมเป็นเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง
- ทิ้งให้อุณหภูมิต่ำลง แล้วจึงนำมาผสมกับน้ำมันสนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย ให้ความหนืดอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 2.5 stokes
- ได้วาร์นิชสูตร RGL6

#### 3.10.3 วาร์นิชสูตร RGLD

##### **เตรียมจากชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล**

- ชั่งชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง 150 กรัม
- ชั่งน้ำมันลินสีด 150 กรัม

- ชั่งโซเดียมเมทอกไซด์ (สารเร่งแห้ง) 1.5 กรัม
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์
- เติมน้ำมันลินสีดและโซเดียมเมทอกไซด์ ลงไปผสมกับชั้นสนหลอมเหลว ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส
- ทำการปั่นจนตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- ทำการผสมเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
- ทิ้งให้อุณหภูมิต่ำลง แล้วจึงนำมาผสมกับน้ำมันสนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย ให้ความหนืดอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 2.5 stokes
- ได้วาร์นิชสูตร RGLD

### 3.10.4 วาร์นิชสูตร RP<sub>e</sub>LD

**เตรียมจากชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยเพนตะอิริทริทอล**

- ชั่งชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง 150 กรัม
- ชั่งน้ำมันลินสีด 150 กรัม
- ชั่งโซเดียมเมทอกไซด์ (สารเร่งแห้ง) 1.5 กรัม
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์
- เติมน้ำมันลินสีดและโซเดียมเมทอกไซด์ ลงไปผสมกับชั้นสนหลอมเหลว ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส
- ทำการปั่นจนตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- ทำการผสมเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
- ทิ้งให้อุณหภูมิต่ำลง แล้วจึงนำมาผสมกับน้ำมันสนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย ให้ความหนืดอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 2.5 stokes
- ได้วาร์นิชสูตร RP<sub>e</sub>LD

### 3.10.5 วาร์นิชสูตร RPLD

**เตรียมจากชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยพีนอลิกเรซินชนิดพีนอล**

- ชั่งชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง 150 กรัม
- ชั่งน้ำมันลินสีด 150 กรัม
- ชั่งโซเดียมเมทอกไซด์ (สารเร่งแห้ง) 1.5 กรัม
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์

- เติมน้ำมันลินสีดและโซเดียมเมทอกไซด์ ลงไปผสมกับชั้นสนหลอมเหลว ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส
- ทำการปั่นกวนตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- ทำการผสมเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
- ทิ้งให้อุณหภูมิต่ำลง แล้วจึงนำมาผสมกับน้ำมันสนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย ให้ได้ความหนืดอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 2.5 stokes
- ได้วารันิซสูตร RPLD

### 3.10.6 วารันิซสูตร RPBLD

เตรียมจากชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินชนิดพาราเทอร์เทียรีฟีนอล

- ชั่งชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง 150 กรัม
- ชั่งน้ำมันลินสีด 150 กรัม
- ชั่งโซเดียมเมทอกไซด์ (สารเร่งแห้ง) 1.5 กรัม
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์
- เติมน้ำมันลินสีดและโซเดียมเมทอกไซด์ ลงไปผสมกับชั้นสนหลอมเหลว ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส
- ทำการปั่นกวนตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- ทำการผสมเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
- ทิ้งให้อุณหภูมิต่ำลง แล้วจึงนำมาผสมกับน้ำมันสนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย ให้ได้ความหนืดอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 2.5 stokes
- ได้วารันิซสูตร RPBLD

### 3.11 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของวารันิซ

ศึกษาโดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ (TGA) โดยขั้นตอนในการทดลอง ทำเช่นเดียวกับการศึกษาสมบัติทางความร้อนของชั้นสน

### 3.12 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของวาร์นิช

#### 3.12.1 วิธีการวัดค่าความหนืด<sup>8,9</sup>

- หาค่าความหนืดโดยใช้ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ต ที่สภาวะอุณหภูมิ  $25 \pm 0.1$  องศาเซลเซียส
- เลือกใช้ถ้วยวัดความหนืดหมายเลข 4 เพื่อให้ได้ช่วงระยะเวลาการไหลของผลิตภัณฑ์ออกจากถ้วยอยู่ระหว่าง 20 ถึง 100 วินาที
- ตั้งเครื่องมือให้อยู่ในแนวระดับ เพื่อช่วยให้ตัวอย่างที่บรรจุในถ้วยจนเต็มนั้นไม่มีรอยโค้ง (Meniscus) หรือล้นออกจากถ้วยด้านใดด้านหนึ่ง ดังรูป
- ทำการหาเวลาการไหลของตัวอย่างออกจากถ้วยเป็นวินาที โดยเอานิ้วปิดท่อทางออกของถ้วย แล้วเติมตัวอย่างลงไป ควรเติมตัวอย่างจนล้น แล้วใช้กระจกหรือพายปาด ปาดส่วนที่ล้นออก เอานิ้วที่ปิดท่อออก จับเวลาตั้งแต่ตัวอย่างเริ่มไหลออกจากท่อ จนกระทั่งการไหลขาดสาย
- ทำความสะอาดถ้วยด้วยตัวทำละลาย
- คำนวณค่าความหนืดออกมาเป็น stokes



รูป 3.6 แสดงถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.12.2 วิธีการเตรียมแผ่นทดสอบและการเคลือบแผ่นทดสอบ<sup>10</sup>

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของวาร์นิชที่เตรียมได้ ทำได้โดยนำแผ่นทดสอบมาเคลือบด้วยวาร์นิช แล้วนำไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ

#### **การเตรียมแผ่นทดสอบ**

แผ่นทดสอบสำหรับทดสอบสมบัติทางกายภาพของวาร์นิช ได้แก่

- แผ่นเหล็ก
- แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก
- แผ่นอลูมิเนียม
- แผ่นแก้วใส
- แผ่นแก้วสีดำ
- แผ่นไม้

#### **แผ่นเหล็ก**

ใช้แผ่นเหล็กหนา 0.6 - 1 มิลลิเมตร และมีขนาดไม่น้อยกว่า 70 x 150 มิลลิเมตร ใช้กระดาษทรายขัดดูแผ่นเหล็ก เพื่อให้ผิวหน้าเรียบ และกำจัดความสกปรกออก การขัดดูควรกระทำแบบการขัดแห้ง โดยใช้กระดาษทรายที่มีค่าขนาดความคม 220

การดูแผ่นเหล็กทำโดยใช้เครื่องขัดเหล็ก วิธีทำดำเนินเป็นขั้น ๆ ดังนี้

1. ขัดดูเป็นแนวเส้นตรง ในทิศทางที่ขนานกับด้านใดด้านหนึ่งของแผ่นเหล็ก
2. ขัดดูเป็นแนวตั้งฉากกับทิศทางเดิม จนกระทั่งรอบดูครั้งแรกหายไป
3. ขัดดูเป็นแนววงกลม โดยให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 80 ถึง 100 มิลลิเมตร จนกระทั่งได้รอยดูเป็นรูปวงกลมซ้อนกันอยู่

ควรทำความสะอาดแผ่นเหล็กก่อนนำไปใช้ โดยใช้ทินเนอร์ หลังทำความสะอาดเหล็กแล้วไม่ควรใช้มือจับแผ่นเหล็กนั้นอีก

#### **แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (Tinplate panels)**

แผ่นทดสอบที่ใช้ควรเป็นแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ที่มีความหนาเป็น 0.3 มิลลิเมตร ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

70 x 150 มิลลิเมตร ทำความสะอาดแผ่นเหล็กโดยใช้การขัดถูด้วยมือ ใช้กระดาษทรายที่มีขนาดความคม 320 ทำการขัดถูโดยใช้วิธีเดียวกับการขัดถูแผ่นเหล็ก แล้วทำความสะอาดด้วยทินเนอร์เพื่อกำจัดอนุภาคอื่น ๆ ที่เกาะอยู่

#### **แผ่นอลูมิเนียม (Aluminium panels)**

นำแผ่นอลูมิเนียมที่มีขนาด 70 x 150 มิลลิเมตร มาทำความสะอาดด้วยทินเนอร์ก่อนนำไปเคลือบ การเตรียมแผ่นอลูมิเนียมต้องเตรียมพื้นที่ก่อนที่จะเคลือบด้วยผลิตภัณฑ์ เพราะถ้าเก็บไว้จะเกิดฟิล์มของอลูมิเนียมออกไซด์ บนผิวหน้าของแผ่นทดสอบ

#### **แผ่นแก้วใส (Glass panels)**

แผ่นแก้วที่ใช้ต้องเป็นแผ่นแก้วที่เป็นเงามัน มีความหนาอย่างน้อย 3 มิลลิเมตร และมีขนาด 100 x 150 มิลลิเมตร แล้วทำความสะอาดด้วยทินเนอร์

#### **แผ่นแก้วสีดำ (Black-glass panels)**

ใช้แผ่นแก้วสีดำ หรืออาจนำแผ่นแก้วใสมาเคลือบด้วยสีดำบนด้านหลัง แผ่นแก้วที่ใช้มีความหนา 3 มิลลิเมตร และขนาด 100 x 150 มิลลิเมตร แล้วทำความสะอาดด้วยทินเนอร์บนด้านที่จะทำการเคลือบ

#### **แผ่นไม้ (Wood panels)**

ไม้ที่นำมาใช้เป็นแผ่นทดสอบจะต้องไม่มีรอบตำหนิ เช่น ตา รอยแตกต่าง ๆ รอยผุ หรือความบกพร่องอื่น ๆ เป็นไม้แบน (Flat sawn) มีความหนา 10 มิลลิเมตร และมีขนาด 45 x 75 มิลลิเมตร ไม้ที่ใช้เป็นแผ่นทดสอบในงานวิจัยนี้คือไม้สัก นำแผ่นไม้มาขัดถูโดยใช้กระดาษทรายละเอียด ถูบริเวณที่จะเคลือบ ตามขอบและมุมของแผ่นทดสอบ จนกระทั่งเรียบ แล้วใช้แปรงปิดผงไม้และสิ่งสกปรกอื่น ๆ ออก

#### **การเคลือบแผ่นทดสอบ**

การเคลือบวารนิชบนแผ่นทดสอบ แบ่งเป็น 3 วิธี คือ

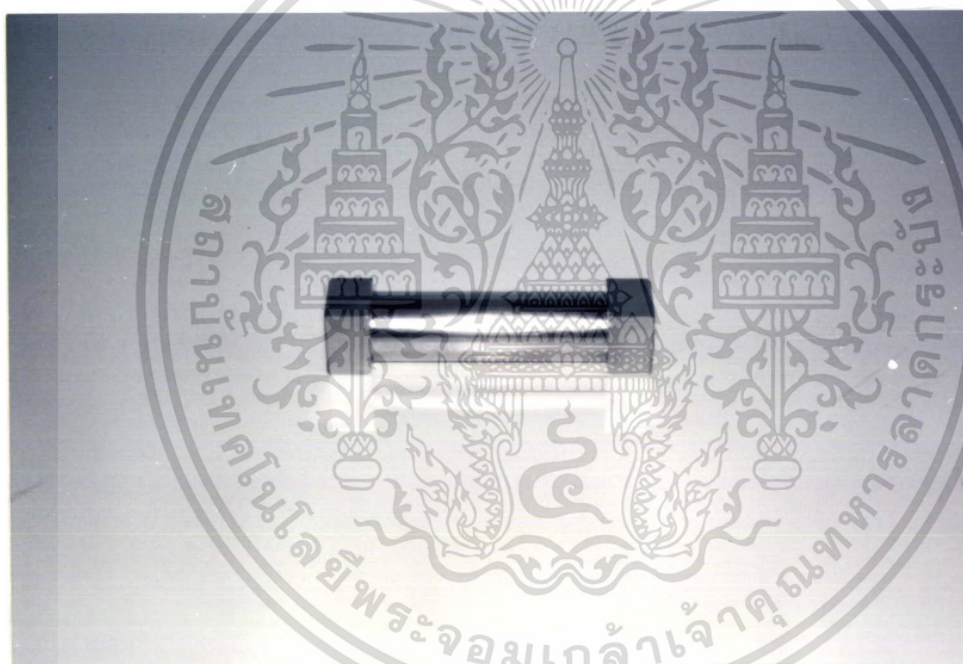
1. การเคลือบ
2. การพ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 38 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การทา

#### การเคลือบ

ทำการเคลือบแผ่นทดสอบโดยใช้เครื่องทำฟิล์มมีลักษณะดังรูป เลือกใช้ระยะห่างระหว่างพื้นผิวและเครื่องเคลือบ (Gap size) ให้มีขนาด 100 ไมครอน เริ่มทำการเคลือบโดยนำแผ่นทดสอบมาวางให้อยู่ในแนวระดับ คนผลิตภัณฑ์ให้เข้ากันและไม่มีฟองอากาศ ตักผลิตภัณฑ์ปริมาณหนึ่งมาเทลงบนแผ่นทดสอบ นำเครื่องเคลือบมาวางและออกแรงกดลากอย่างสม่ำเสมอ ทิ้งแผ่นทดสอบให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำไปทดสอบ การเคลือบนี้จะใช้กับแผ่นทดสอบที่เป็นแก้ว

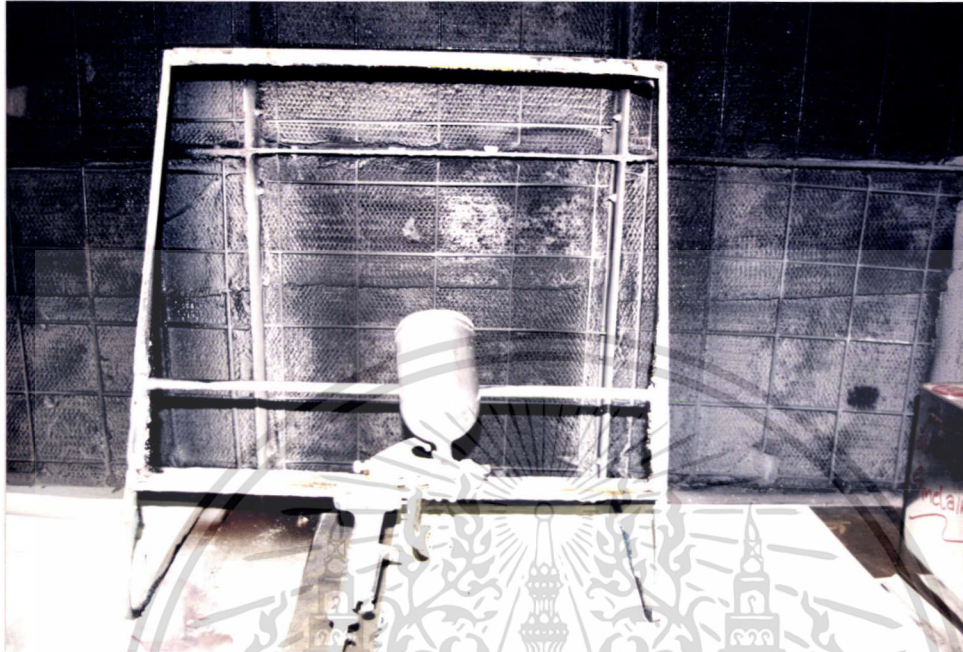


รูป 3.7 แสดงเครื่องทำฟิล์ม

#### การพ่น

ทำการพ่นโดยใช้เครื่องพ่น (Manual application) ดังรูป ภายใต้สภาวะความกดดันอากาศคงที่ และมีอุณหภูมิดักความชื้นที่ช่องให้อากาศเข้า ปรับการไหลของผลิตภัณฑ์ ระยะระหว่างเครื่องพ่นกับแผ่นทดสอบ เพื่อที่จะให้ได้ฟิล์มที่เรียบเสมอกัน ได้ระดับและเปียกทั่วกัน ทิ้งให้แห้งสำหรับการพ่นจะใช้กับการเคลือบแผ่นเหล็ก แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก และแผ่นอลูมิเนียม ทำให้มีความหนาของฟิล์มสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.8 แสดงเครื่องฟ้นสี

#### การทา

เลือกใช้แปรงที่มีคุณภาพดี สะอาด แบน และไม่มีขนแปรงที่หลุดร่วงติดอยู่ แล้วทำให้แปรงเปียกโดยจุ่มแปรงลงในผลิตภัณฑ์ให้ลึกประมาณ 2 ใน 3 ของความยาวขนแปรง ยกขึ้นและทาพลิกกลับไปกลับมาบนพื้นผิวที่สะอาด ทำซ้ำจนขนแปรงเปียกชุ่มดี ทำการทาโดยให้ทาขึ้นลงแล้วทาตามขวางและทาขึ้นลงเบา ๆ อีก 2 ครั้ง เสร็จแล้วทิ้งแผ่นทดสอบให้แห้งในแนวนอน การทานี้จะใช้กับแผ่นทดสอบที่เป็นแผ่นไม้

#### 3.12.3 วิธีการหาความหนาของฟิล์ม<sup>11</sup>

มีวิธีการหาความหนาของฟิล์ม 2 ชนิดคือ การหาความหนาของฟิล์มเปียก และการหาความหนาของฟิล์มที่แห้งแล้ว

##### การหาความหนาของฟิล์มเปียก

ทำการหาความหนาโดยใช้วีลเกจ (Wheel gauge) ใช้แผ่นทดสอบเป็นแผ่นแก้วใส แล้วทำการเคลือบวาร์นิชโดยใช้เครื่องทำฟิล์ม วีลเกจประกอบด้วยวงล้อ 3 วงที่มีขนาดของสันขอบเท่ากัน

วงกลางมีขนาดเล็กกว่า และเยื้องศูนย์กลางกับวงข้าง ๆ ทั้งสอง ดังรูป เมื่อกำลังเครื่องมือไปบนฟิล์มเปียก ขอบของวงกลางจะแสดงตำแหน่ง ซึ่งสัมพันธ์ผิวของฟิล์มบนแผ่นทดสอบพอดี



รูป 3.9 แสดงวีลเกจ

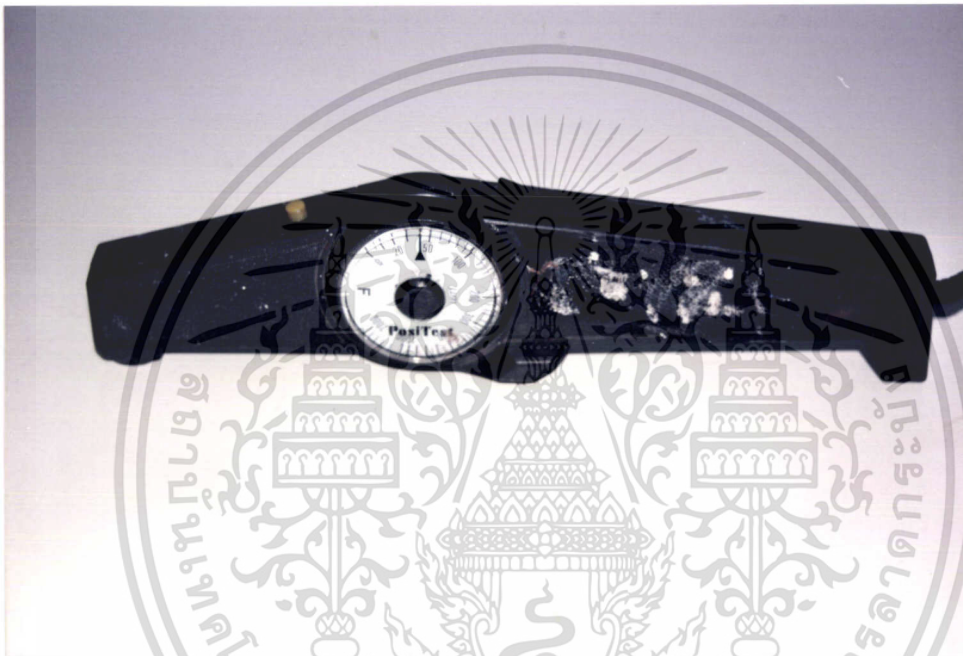
เริ่มทำการทดสอบโดยเมื่อเคลือบผลิตภัณฑ์ลงบนแผ่นทดสอบแล้ว ให้อ่างเครื่องมือลงบนผิวของฟิล์มทันที ขอบของวงกลมทั้งสองจะสัมพันธ์กับแผ่นทดสอบตรงตำแหน่งที่อ่านได้ค่าสูงสุดบนสเกล แล้วหมุนล้อนี้ไปอย่างน้อย 180 องศา ตามความยาวของผิวของฟิล์ม แล้วยกเครื่องมือออกตรวจดูตำแหน่งแรกของขอบวงในทีวารินซ์ติดขึ้นมา บันทึกค่าความหนาของฟิล์มเปียกที่อ่านได้

#### **การหาความหนาของฟิล์มแห้ง**

วิธีนี้ใช้วัดค่าความหนาของฟิล์มแห้งของผลิตภัณฑ์บนแผ่นโลหะที่เป็นสารแม่เหล็ก (Metallic substrate) ในงานวิจัยนี้ใช้แผ่นเหล็กมาทดสอบ และทำการเคลือบวารินซ์โดยการพ่น ใช้หลักการของแมกเนติกฟลักซ์ (Magnetic flux) คือ ปริมาณแมกเนติกฟลักซ์ จะผันแปรตามระยะห่างระหว่างแม่เหล็กและโลหะที่เป็นสารแม่เหล็ก ซึ่งได้แก่ความหนาของวารินซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่ใช้คือเครื่องมือวัดแรงต้านทานแรงดึงดูดของแม่เหล็ก (Magnetic pull - off instrument) ดังรูป ใช้วัดแรงที่สามารถต้านทานแรงดึงดูดระหว่างแม่เหล็กถาวรและแผ่นเหล็ก ค่าแรงดึงดูดแปรผันตามค่าความหนาของฟิล์มระหว่างแม่เหล็กกับแผ่นเหล็ก สามารถวัดแรงต้านทานได้โดยวางโพรบลงบนแผ่นทดสอบ แล้วอ่านแรงดึงดูดที่เกิดจากขดลวดสปริงที่ต่อกับแม่เหล็กถาวร



รูป 3.10 แสดงเครื่องวัดความหนาของฟิล์มแห้ง

### 3.12.4 วิธีวัดระยะเวลาการแห้ง<sup>12,13</sup>

การวัดระยะเวลาการแห้งจะใช้แผ่นทดสอบเป็นแผ่นแก้วใสแล้วทำการเคลือบวารินิชโดยใช้เครื่องทำฟิล์ม แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วนคือ การวัดระยะเวลาการแห้งผิว และการวัดระยะเวลาการแห้งแข็ง

#### **การวัดระยะเวลาแห้งผิว**

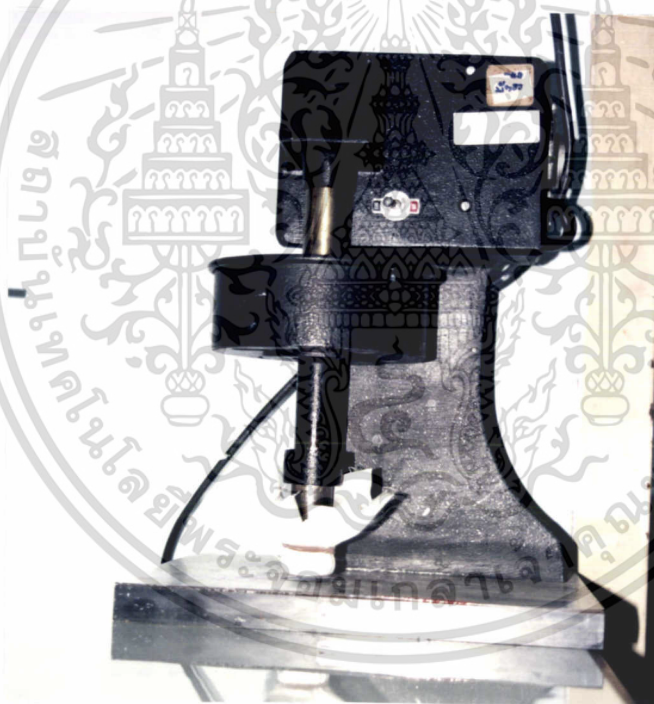
ทดสอบโดยเทลูกแก้วที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 ไมครอน ประมาณ 0.5 กรัมลงบนผิวเคลือบ หลังจากเวลา 10 วินาที ถูแผ่นทดสอบเอียงทำมุม 20 องศากับแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วใช้แปรงปัดเบา ๆ ถ้าเกิดการแห้งผกแล้ว จะสามารถปิดลูกแก้วออกโดยไม่ทำให้ผิวเสีย ทดสอบระยะเวลาการแห้งที่ผิวเป็นระยะ ๆ บันทึกเวลาที่แห้งผก

### การวัดระยะเวลาแห้งแข็ง<sup>13,14</sup>

ทำการทดสอบระยะเวลาแห้งแข็งโดยใช้เครื่องทดสอบการแห้งแข็ง มีลักษณะดังรูป มีหัวกดปลายหนา 6 มิลลิเมตร ทำด้วยยางธรรมชาติ และมีก้อนน้ำหนักวางทับเพื่อทำให้น้ำหนักทั้งหมดของหัวกดเป็น 1.8 กิโลกรัม ปลายหัวกดหุ้มด้วยผ้าฝ้าย แล้วใช้ที่หนีบหนีบผ้าไว้ให้ตึงไม่มีรอยยับ หัวกดกดจะประกอบด้วยลูกเบี้ยว ที่หมุนด้วยความเร็วประมาณ 6 รอบต่อนาที ทำหน้าที่โดยอัตโนมัติคือ เมื่อลูกเบี้ยวเริ่มหมุนจะเคลื่อนหัวกดลงมาบนแผ่นทดสอบ และดึงหัวกดขึ้นหลังจากหมุนไปเป็นมุมประมาณ 270 องศา



รูป 3.11 แสดงเครื่องทดสอบการแห้งแข็ง

ทดสอบเป็นระยะ ๆ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมจนกระทั่งผิวเคลือบเกิดการแห้งแข็ง โดยวางขึ้นทดสอบไว้ได้หัวกด ให้ผิวเคลือบอยู่ด้านบน เริ่มทดสอบโดยเปิดสวิตช์ หัวกดจะหมุนเคลื่อนลงมาบนแผ่นทดสอบ หลังจากหัวกดเคลื่อนกลับไปที่ได้เดิมแล้ว นำขึ้นทดสอบออกมาพิจารณา ผิวเคลือบจะแห้งแข็งถ้าผิวไม่หลุดจนเห็นพื้นแผ่นทดสอบ บันทึกเวลาตั้งแต่เคลือบจนถึงเมื่อผิวเคลือบแห้งแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.12.5 วิธีหาปริมาณสารที่ไม่ระเหย<sup>14.15</sup>

หาปริมาณสารที่ไม่ระเหยโดยใช้แผ่นแก้วเป็นแผ่นทดสอบ ซึ่งน้ำหนักของแผ่นแก้ว ทำการเคลือบแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ  $105 \pm 2$  องศาเซลเซียส นำแผ่นทดสอบออกมาเก็บไว้ในเดสิคเคเตอร์ และทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำการคำนวณหาปริมาณสารที่ไม่ระเหย

### 3.12.6 วิธีทดสอบหาความเงาของฟิล์ม<sup>14.18</sup>

ทำการทดสอบโดยวัดความเงาด้วยมุม 60 องศา สำหรับการทดสอบความเงาของวารีนิชนี้จะต้องใช้แผ่นทดสอบเป็นแผ่นแก้วสีดำ หรืออาจใช้แผ่นแก้วใสมาเคลือบด้วยสีดำบนด้านหลังแล้วทำการเคลือบวารีนิชโดยใช้เครื่องเคลือบ เครื่องวัดความเงามีลักษณะดังรูป ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง ทรัปส่องแสงลงบนผิวแผ่นทดสอบ และแหล่งรับแสงสำหรับรับแสงสะท้อนจากพื้นผิวแผ่นทดสอบ



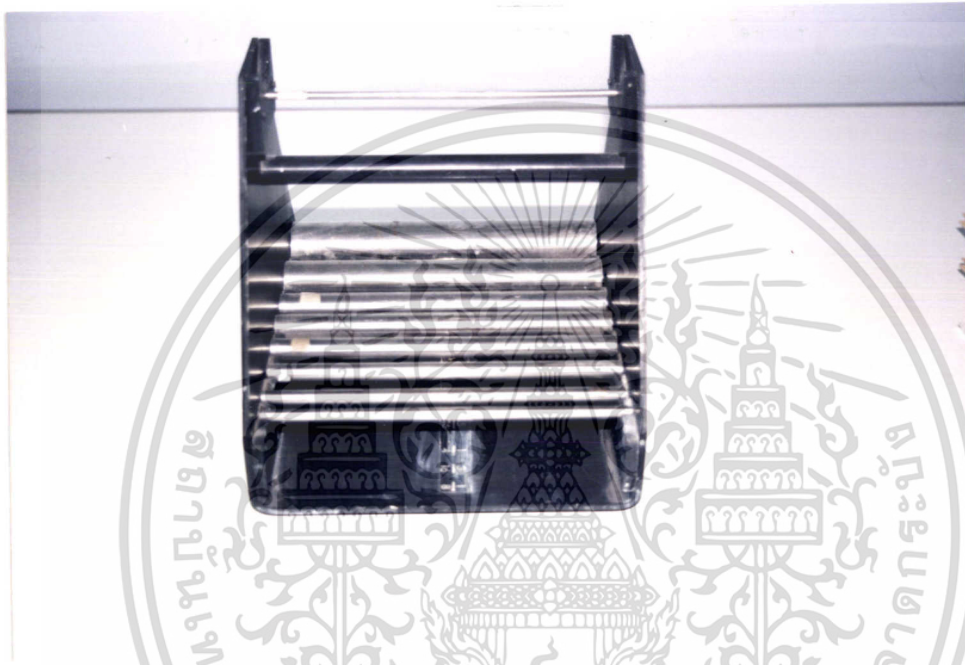
รูป 3.12 แสดงเครื่องวัดความเงา

ทำการวัดค่าความเงาโดยนำเครื่องมือมาวางทาบลงบริเวณพื้นผิวที่จะทำการทดสอบ แล้วอ่านค่าความเงา ให้ทำการอ่านค่าความเงา 3 ครั้ง จากฟิล์มทดสอบที่ตำแหน่งต่าง ๆ ขนานกับทิศทางการเคลือบ แล้วหาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.12.7 วิธีทดสอบความทนการตัดโค้ง<sup>17</sup>

การทดสอบนี้จะใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกเป็นแผ่นทดสอบ แล้วทำการเคลือบโดยการพ่น เครื่องมือทดสอบจะมีแกนทรงกระบอกหลายขนาด ตั้งแต่ 3 ถึง 20.5 มิลลิเมตร ทำด้วยวัสดุแข็ง และทนทานต่อการสึกกร่อน มีลักษณะดังรูป



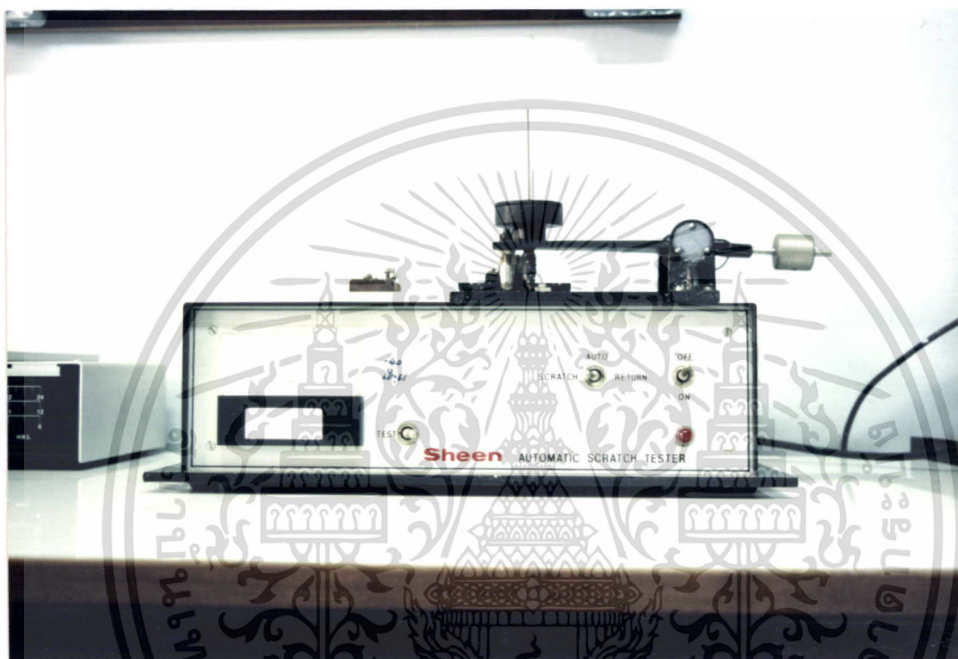
รูป 3.13 แสดงเครื่องทดสอบความทนการตัดโค้ง

ทำการทดสอบโดยนำแผ่นทดสอบที่เคลือบด้วยวาร์นิช มาวางบนแกนทรงกระบอกโดยให้ผิวเคลือบอยู่ด้านบน ใช้มือทั้งสองกดแผ่นทดสอบทั้ง 2 ข้างของแกนทรงกระบอกจนถึงแกนพุง พิจารณาดูรอยร้าวหรือการหลุดล่อนของผิวเคลือบ ในบริเวณที่ทำการทดสอบ บันทึกผล

### 3.12.8 วิธีทดสอบความทนการขูดขีด<sup>18</sup>

การทดสอบนี้เป็นการหาความต้านทานต่อการแทงทะลุ (Penetration) ของฟิล์มวาร์นิช โดยใช้แผ่นทดสอบเป็นอลูมิเนียม แล้วทำการเคลือบวาร์นิชโดยการพ่น เครื่องมือที่ใช้ทดสอบมีส่วนประกอบที่จำเป็นคือ แผ่นเลื่อนได้ในแนวนอน โดยแรงขับจากมอเตอร์ ให้มีความเร็วคงที่ 3 ถึง 4 เซนติเมตรต่อวินาที แผ่นเลื่อนนี้วางไว้ได้เข็มซึ่งตั้งฉากกับฟิล์ม เข็มยึดติดกับที่จับ เหนือที่จับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นที่วางน้ำหนัก ซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 2 กิโลกรัม ในการทดสอบนี้จะใช้น้ำหนัก 600 กรัม เครื่องทดสอบการขีดมีลักษณะดังรูป



รูป 3.14 แสดงเครื่องทดสอบการขีด

ทำการทดสอบโดยยึดแผ่นทดสอบกับแผ่นที่เลื่อนได้ของเครื่องมือ โดยหันด้านที่เคลือบตัวอย่างขึ้น และด้านยาวของแผ่นทดสอบขนานกับทิศทางของการขีด วางน้ำหนักลงเหนือเข็มเปิดสวิตช์มอเตอร์ แล้วปล่อยให้เข็มขีดบนผิวเคลือบ นำแผ่นทดสอบออกมาตรวจดูว่า รอยขีดทางผิวเคลือบทะลุถึงแผ่นทดสอบหรือไม่ อาจใช้แว่นขยายช่วยในการพิจารณา

### 3.12.9 วิธีทดสอบความทนน้ำ<sup>19</sup>

การทดสอบความทนน้ำ ใช้แผ่นทดสอบเป็นแผ่นไม้และทำการเคลือบโดยการทา ทั้งให้แห้งเป็นเวลา 168 ชั่วโมง แล้วทดสอบโดยนำแผ่นทดสอบไปจุ่มน้ำ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วตรวจดูรอยพองหรือข้อบกพร่องอื่น ๆ

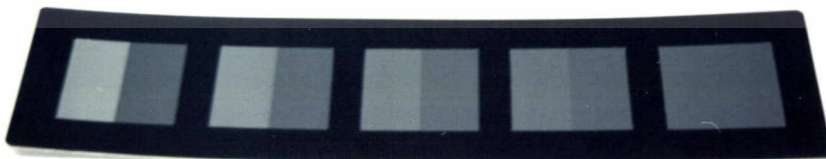
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.12.10 วิธีทดสอบความคงทนต่อสภาพอากาศ<sup>20</sup>

การทดสอบความคงทนต่อสภาพอากาศนี้ ใช้แผ่นทดสอบเป็นแผ่นอลูมิเนียมและทำการเคลือบโดยใช้การพ่น ทิ้งให้แห้งเป็นเวลา 168 ชั่วโมง และทำการทดสอบโดยใช้เครื่องเร่งสภาวะเป็นเวลา 168 ชั่วโมง แล้วนำออกมาพิจารณาความเปลี่ยนแปลงความเงาที่ลดลง และการเป็นฝุ่นที่เกิดขึ้น



รูป 3.15 แสดงเครื่องเร่งสภาวะ







รูป 3.16 แสดงแผ่นที่ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของสี (Grey scale)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.12.11 วิธีทดสอบความติดแน่น <sup>21</sup>

การทดสอบความติดแน่น ใช้แผ่นทดสอบเป็นแผ่นไม้ และทำการเคลือบโดยการทา นำมาทดสอบความติดแน่นโดยใช้คัตเตอร์กรีดแผ่นทดสอบให้ห่างกันช่องละ 1 มิลลิเมตร กรีดทางยาว 11 ครั้ง และกรีดทางขวาง 11 ครั้ง จะได้จำนวนช่องทั้งหมดเป็น 100 ช่อง การกรีดจะต้องทำการกรีดให้ถึงแผ่นทดสอบภายในครั้งเดียว เมื่อกรีดเสร็จใช้แปรงปัดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนพื้นผิว แล้วนำเทปใสมาติดลงบนตารางที่กรีดไว้ ใช้มือหรือยางลบรีดให้เรียบ ปล่อยให้แห้ง 90 ± 30 วินาที ดึงเทปที่แปะออก พิจารณาว่ามีการหลุดลอกของฟิล์มวารินิชอย่างไร ดังต่อไปนี้

Classification	Surface of cross-cut area from which flaking has occurred. (Example for six parallel cuts)
5B	None
4B	
3B	
2B	
1B	
0B	Greater than 65%

5B - ขอบของรอยตัดเรียบดี ไม่มีการหลุดออกมาของวารินิช

4B - มีวารินิชหลุดติดออกมาบริเวณรอยที่เส้นตัดกัน น้อยกว่า 5 % ของพื้นที่ทดสอบ

3B - มีวารินิชหลุดติดออกมาตามริม และบริเวณที่เส้นตัดกัน คิดเป็น 5 - 15 % ของพื้นที่

#### ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2B - มีวาร์นิชหลุดตามริมรอยตัดและบางส่วนของรูปสี่เหลี่ยม คิดเป็น 35 % ของพื้นที่ทดสอบ

1B - มีการหลุดของวาร์นิชตามริมรอยตัดเป็นเส้นใหญ่ และมีการหลุดออกไปเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม คิดเป็น 35 - 65 % ของตาราง

0B - มีการหลุดลอกออกไปเป็นแผ่น การยึดติดต่ำกว่าเกรด 1





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### ส่วนที่ 1 : ชั้นสน

#### 4.1 ผลการศึกษาสมบัติของชั้นสน

##### 4.1.1 ผลการศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบของชั้นสน

ตารางที่ 4.1 แสดงเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของชั้นสน จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

เลขคลื่น (cm <sup>-1</sup> )	หมู่ฟังก์ชัน
3500 - 3100	- OH ของหมู่กรดคาร์บอกซิลิก
1700	- C = O ของหมู่กรดคาร์บอกซิลิก
1475	- CH <sub>2</sub> -
1475 และ 1385	- CH <sub>3</sub>
1280	C - O ของหมู่กรดคาร์บอกซิลิก
820	R <sub>2</sub> C = CHR

##### 4.1.2 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของชั้นสน

ทำการศึกษาโดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ (TGA) จากการทดลองพบว่าชั้นสนเกิดการค้ำที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ มีอุณหภูมิในการสลายตัว เท่ากับ 310 องศาเซลเซียส

#### 4.1.3 ผลการหาค่าสะพานิพีเคชันนัมเบอร์

จากการทดลองพบว่า ชั้นสนกรดการค้ำที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ มีค่าสะพานิพีเคชันนัมเบอร์เฉลี่ย เท่ากับ 164.53

#### 4.1.4 ผลการหาค่าแสดงความเป็นกรด

จากการทดลองพบว่า ชั้นสนกรดการค้ำที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ มีค่าแสดงความเป็นกรดเฉลี่ย เท่ากับ 157.2

### 4.2 ผลการศึกษาสมบัติของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง

#### 4.2.1 ผลการศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง

ตารางที่ 4.2 แสดงเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของชั้นสน จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ชั้นสนปรับปรุงด้วย	เลขคลื่น (cm <sup>-1</sup> )	หมู่ฟังก์ชัน
กลีเซอรอล	2870	- C - H ยึด (sp <sup>3</sup> )
	1715	- C = O ของหมู่เอสเทอร์
	1475	- CH <sub>2</sub> -
	1475 และ 1385	- CH <sub>3</sub>
	1180 และ 1220	- C - O - ของหมู่เอสเทอร์
	820	R <sub>2</sub> C = CHR
เพนตะอริทริทอล	2870	- C - H ยึด (sp <sup>3</sup> )
	1740	- C = O - ของหมู่เอสเทอร์
	1475	- CH <sub>2</sub> -
	1475 และ 1385	- CH <sub>3</sub>
	1180 และ 1220	- C - O - ของหมู่เอสเทอร์
	820	R <sub>2</sub> C = CHR

ชั้นสนับปรังด้วย	เลขคลื่น (ซม. <sup>-1</sup> )	หมู่ฟังก์ชัน
ฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล	3440	- OH
	2870	- C - H ยึด (sp <sup>3</sup> )
	1735	- C = O ของหมู่เอสเทอร์
	1500 และ 1620	C $\overset{\text{-----}}{\text{-----}}$ C
	1475	- CH <sub>2</sub> -
	1475 และ 1388	- CH <sub>3</sub>
	1240 , 1180	C - O ของหมู่อีเธอร์และเอสเทอร์
	820	R <sub>2</sub> C = CHR
พาราเทอร์เทียรีฟีนอล	3440	- OH
	2880	- C - H ยึด (sp <sup>3</sup> )
	1735	- C = O ของหมู่เอสเทอร์
	1500 และ 1620	C $\overset{\text{-----}}{\text{-----}}$ C
	1475	- CH <sub>2</sub> -
	1475 และ 1390	- CH <sub>3</sub>
	1390 และ 1370	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C
	820	R <sub>2</sub> C = CHR

#### 4.2.2 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของชั้นสนับปรังผ่านการปรับปรัง

โดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ (TGA)

ตารางที่ 4.3 แสดงผลค่าอุณหภูมิการสลายตัวของชั้นสนับปรัง

ชั้นสนับปรังด้วย	อุณหภูมิการสลายตัว (°C)
กลีเซอรอล	430
เพนตะอีริทริทอล	461
ฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล	424
ฟีนอลิกเรซินจากพาราเทอร์เทียรีฟีนอล	424

#### 4.2.3 ผลการหาค่าสะพานนิพิตะชั้นนัมเบอร์

ตารางที่ 4.4 แสดงผลค่าสะพานนิพิตะชั้นนัมเบอร์ของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง

ชั้นสนปรับปรุงด้วย	ค่าสะพานนิพิตะชั้นนัมเบอร์
กลีเซอรอล	63.5
เพนตะอีริทริทอล	55.8
ฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล	82.7
ฟีนอลิกเรซินจากพาราเทอร์เทียรีฟีนอล	91.89

#### 4.3.4 ผลการหาค่าความเป็นกรด

ตาราง 4.5 แสดงผลค่าความเป็นกรดของชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล

ระยะเวลาทำปฏิกิริยา(ชม.)	ค่าความเป็นกรด
0	157.2
3	30.7
4	29.2
6	28.1
8	23.16
9	19.4

ตารางที่ 4.6 แสดงผลค่าความเป็นกรดของชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยเพนตะอีริทริทอล

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา(ชม.)	ค่าความเป็นกรด
3	96.1
5	61.6
9	31.6
11	23.8
13	14.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 53 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลค่าความเป็นกรดของชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา(ชม.)	ค่าความเป็นกรด
1	125.6
3	60.1
4	45.9
6	40.1
9	33.4
11	22.3
13	20.1

ตารางที่ 4.8 แสดงผลค่าความเป็นกรดของชั้นสนปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินจากพาราเทอร์เทียรีฟีนอล

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา(ชม.)	ค่าความเป็นกรด
1	122.5
3	89.5
5	89.1
8	55.2
11	45.5
13	26.7
14.5	23.6
16.5	21.8
18.5	18.7

## ส่วนที่ 2 : วารสาร

### 4.3 ผลการศึกษาสมบัติของน้ำมันชักแห้ง

#### 4.3.1 ผลการศึกษาโครงสร้างองค์ประกอบของน้ำมันชักแห้ง

ตารางที่ 4.9 แสดงเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของน้ำมันชักแห้งจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ชนิดน้ำมันชักแห้ง	เลขคลื่น (cm <sup>-1</sup> )	หมู่ฟังก์ชัน
น้ำมันดงอิว	3462	- OH ของหมู่คาร์บอกซิล
	3001	- C - H ยืด (sp <sup>2</sup> )
	2842	- C - H ยืด (sp <sup>3</sup> )
	1736	- C = O ของหมู่เอสเทอร์
	1163 และ 1239	- C - O -
	717	cis - RH = CHR
น้ำมันลินสีด	3467	- OH ของหมู่คาร์บอกซิล
	3009	- C - H ยืด (sp <sup>2</sup> )
	2859	- C - H ยืด (sp <sup>3</sup> )
	1750	- C = O ของหมู่เอสเทอร์
	1099 และ 1239	- C - O -
	728	cis - RH = CHR

ตารางที่ 4.10 แสดง Chemical shift และหมู่ฟังก์ชันของน้ำมันชักแห้ง จากการวิเคราะห์  
ด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรมิเตอร์

ชนิดน้ำมันชักแห้ง	Chemical shift	Integral	หมู่ฟังก์ชัน
น้ำมันตังฮิว	0.9	2.969	CH <sub>3</sub>
	2.10	2.338	CH <sub>2</sub> - CH = CH
	2.35	1.523	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} - \text{C} - \text{CH}_2 - \end{array}$
	5.35	2.148	HC = CH
น้ำมันลินสีด	0.9	1.8772	CH <sub>3</sub>
	2.10	1.9347	CH <sub>2</sub> - CH = CH
	2.35	1.2472	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} - \text{C} - \text{CH}_2 - \end{array}$
	5.35	2.0927	HC = CH

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าการดูดกลืนรังสีที่ความยาวคลื่นสูงสุด ( $\lambda_{\text{max}}$ ) ของน้ำมันชักแห้ง  
จากการวิเคราะห์ ด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ชนิดของน้ำมันชักแห้ง	ความยาวคลื่นสูงสุด (นาโนเมตร)
น้ำมันตังฮิว	264
น้ำมันลินสีด	266.5

### 4.3.2 การหาค่าไอโอดีนของน้ำมันชักแห้ง

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าไอโอดีนของน้ำมันชักแห้ง

ชนิดของน้ำมันชักแห้ง	ค่าไอโอดีน
น้ำมันตังอิ้ว	129.17
น้ำมันลินสีด	143.06

### 4.4 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของวาร์นิช

โดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์

ตารางที่ 4.13 แสดงอุณหภูมิสลายตัวของน้ำมันวาร์นิช

ชนิดของวาร์นิช	อุณหภูมิสลายตัว (°C)
RGL3	424
RGL6	422
RGLD	424
RP <sub>E</sub> LD	438
RPLD	442
RPBLD	440

## 4.5 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวารัณิษ

### 4.5.1 ผลการวัดความหนืด

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการวัดความหนืดของวารัณิษ โดยใช้ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด

ชนิดของวารัณิษ	ความหนืด (Stokes)
RGL3	1.37
RGL6	1.43
RGLD	1.71
RP <sub>e</sub> LD	1.34
RPLD	1.49
RPBLD	1.50

### 4.5.2 ผลการหาความหนาของฟิล์ม

#### ความหนาของฟิล์มเปียก

ทำการวัดความหนาของฟิล์มเปียก โดยใช้เครื่องวัดเกจ ได้ประมาณ 40 ไมโครเมตร ในทุกสูตรของวารัณิษ

#### ความหนาของฟิล์มแห้ง

ทำการวัดความหนาของฟิล์มแห้ง โดยใช้เครื่อง Positest ได้ประมาณ 28 - 30 ไมโครเมตร ในทุกสูตรของวารัณิษ

### 4.5.3 ผลการวัดระยะเวลาการแห้ง

#### การวัดระยะเวลาแห้งผิว

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการวัดระยะเวลาแห้งผิวของวาร์นิช โดยใช้ลูกแก้ว

ชนิดของวาร์นิช	ระยะเวลาแห้งผิว (ชั่วโมง)
RGL3	43
RGL6	42.5
RGLD	47.5
RP <sub>E</sub> LD	48
RPLD	47.5
RPBLD	49.5

#### การวัดระยะเวลาแห้งแข็ง

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการวัดระยะเวลาแห้งแข็งของวาร์นิช โดยใช้เครื่องวัดระยะเวลาแห้งแข็ง RC - 11094

ชนิดของวาร์นิช	ระยะเวลาแห้งแข็ง (ชั่วโมง)
RGL3	114
RGL6	105.5
RGLD	135
RP <sub>E</sub> LD	135
RPLD	159.5
RPBLD	162.5

#### 4.5.4 แสดงผลการหาปริมาณสารที่ไม่ระเหย

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการหาปริมาณสารที่ไม่ระเหยของวาร์นิช

ชนิดของวาร์นิช	ปริมาณ สารที่ไม่ระเหย (%)
RGL3	92.5
RGL6	76
RGLD	87.88
RP <sub>e</sub> LD	89.47
RPLD	81.25
RPBLD	77.42

#### 4.5.5 แสดงผลการหาความเงาของฟิล์ม

ตาราง 4.18 แสดงผลการหาความเงา โดยใช้เครื่อง Microgloss 60

ชนิดของวาร์นิช	ความเงา
RGL3	95.6
RGL6	95.49
RGLD	94.1
RGP <sub>e</sub> LD	93.71
RPLD	94.7
RPBLD	92.2

#### 4.5.6 แสดงผลการทดสอบความทนทานต่อการดัดโค้ง

ตารางที่ 4.19 แสดงผลเส้นผ่านศูนย์กลางแกนทรงกระบอกของเครื่อง Mandrel set ที่ฟิล์มของวารินิขสามารถโค้งงอได้ โดยไม่เกิดการแตกของฟิล์ม

ชนิดของน้ำมันวารินิข	ขนาดเส้นผ่าน ศ.ก.ของแกน (mm.)
RGL3	ไม่ผ่าน
RGL6	ไม่ผ่าน
RGLD	3
RP <sub>E</sub> LD	3
RPLD	3
RPBLD	3

#### 4.5.7 ผลการทดสอบการขีดขีด

จากการทดสอบการขีดขีด โดยใช้เครื่อง Automatic scratch tester และใช้น้ำหนัก 600 กรัม พบว่าฟิล์มของวารินิขทุกสูตร สามารถทนทานต่อการขีดขีดได้

#### 4.5.8 ผลการทดสอบความทนน้ำ

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบความทนน้ำ

ชนิดของน้ำมันวารินิข	ลักษณะของฟิล์มหลังทดสอบ
RGL3	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
RGL6	เกิดคราบขาวเล็กน้อย
RGLD	เกิดคราบสีขาว
RP <sub>E</sub> LD	เกิดคราบสีขาว
RPLD	เกิดคราบสีขาว
RPBLD	เกิดคราบสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 61จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5.9 ผลการทดสอบความคงทนต่อสภาพอากาศ

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบความทนทานต่อสภาพอากาศ โดยใช้  
เครื่อง QUV Accelerated weathering tester

ชนิดของน้ำมันวารินิช	การเป็นฝุ่น	% ความเงาที่ลดลง	ความแตกต่างของสี
RGL3	ไม่เป็น	50	3
RGL6	ไม่เป็น	3.6	4
RGLD	ไม่เป็น	37.5	3
RP <sub>E</sub> LD	ไม่เป็น	18.18	2
RPLD	ไม่เป็น	36.3	2
RPBLD	ไม่เป็น	39.39	2

#### 4.5.10 ผลการทดสอบการยึดติด

จากการทดสอบการยึดติด โดยการทำให้ Tape test พบว่า วารินิชทุกสูตรไม่เกิดการหลุด  
ล่อนออกหลังจากทำการทดสอบ จึงจัดอยู่ในเกรด 5B



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



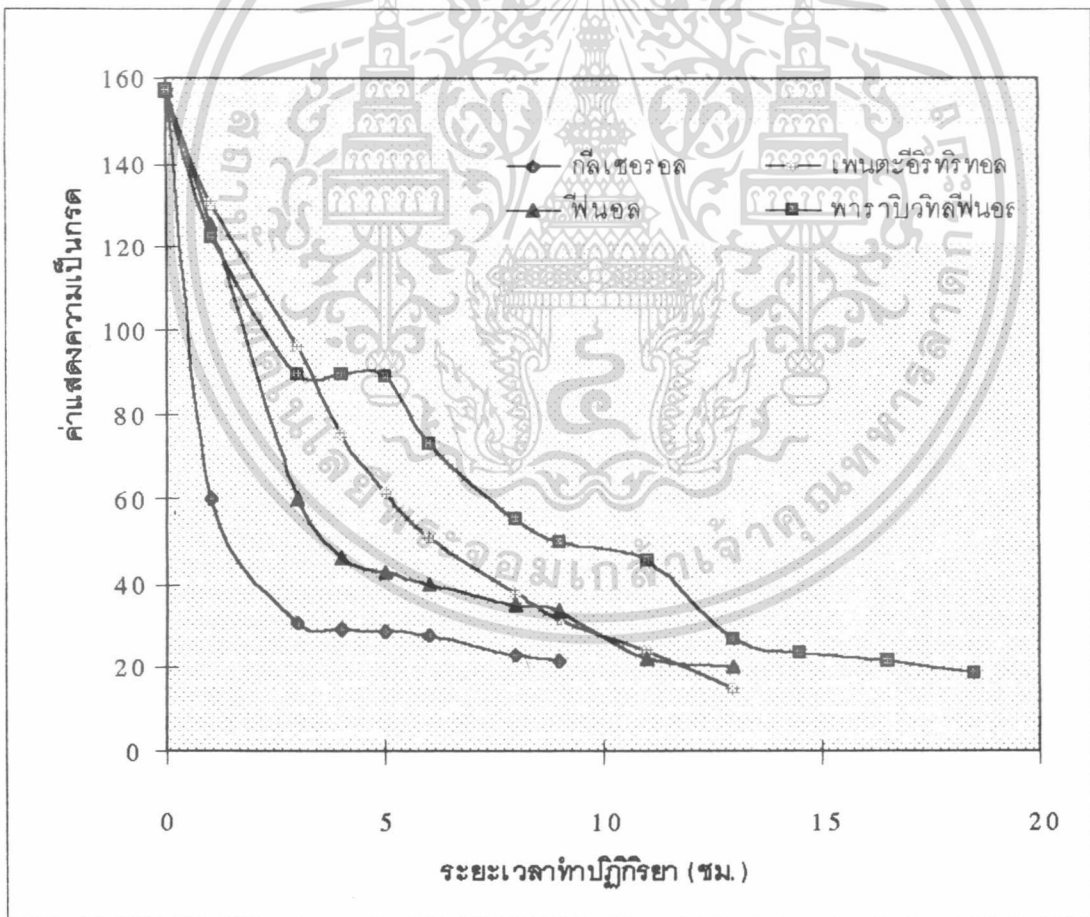
ค. การศึกษาสมบัติทางความร้อนของชั้นสน โดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์

พบว่าชั้นสนสลายตัวที่อุณหภูมิ 310 องศาเซลเซียส โดยสลายตัวเพียงครั้งเดียวจนหมด

5.1.2 การศึกษาสมบัติของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง

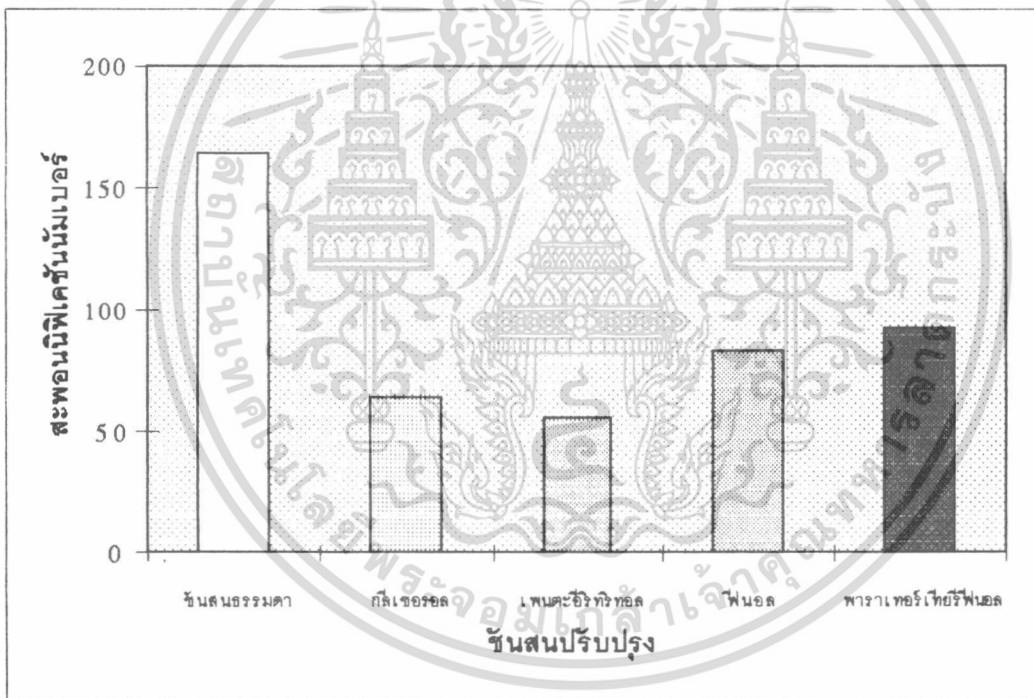
ก. ค่าแสดงความเป็นกรดและค่าสะพานนิฟิเคชันนัมเบอร์

รูปที่ 5.1 แสดงค่าความเป็นกรดของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงที่เวลาต่าง ๆ



จากรูปที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงชั้นสนด้วยกลีเซอรอล ใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยที่สุด เพื่อลดค่าความเป็นกรดให้ต่ำกว่า 20 รองลงมา คือ การปรับปรุงชั้นสนด้วยเพนตะอีริทริทอล การปรับปรุงชั้นสนด้วยฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล และการปรับปรุงชั้นสนด้วยฟีนอลิกเรซินจากพาราเทอร์เทียรีฟีนอล ตามลำดับ และยังพบอีกว่า ในช่วง 4 ชั่วโมงแรก อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นไปอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากการปรับปรุงชั้นสน เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนยิ่งขึ้น ทำให้สารเข้าทำปฏิกิริยาได้ยากขึ้น

รูปที่ 5.2 แสดงค่าสะพานนิฟิเคชันของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีต่าง ๆ เทียบกับชั้นสนธรรมดา



จากรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่า ชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยเพนตะอีริทริทอล ทนต่อปฏิกิริยาสะพานนิฟิเคชันได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรับปรุงด้วยวิธีอื่น ๆ และพบว่า การปรับปรุงชั้นสนด้วยฟีนอลิกเรซิน มีค่าสะพานนิฟิเคชันมาก

**ข. การศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง โดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์**

**1. ชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยกลีเซอรอลและเพนตะอีริทริทอล**

จากการศึกษา โครงสร้างขององค์ประกอบของชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยกลีเซอรอลและเพนตะอีริทริทอล โดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่า มีหมู่ฟังก์ชันดังต่อไปนี้ คือ

- 1715                                      ซึ่งเป็นพีกของ  $C = O$  ของหมู่เอสเทอร์
- 1180 และ 1220                        ซึ่งเป็นพีกของ  $C - O$  ของหมู่เอสเทอร์
- 820                                        ซึ่งเป็นพีกของ  $R_2C = CHR$  ของโรซินแอซิดที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา

แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง ชั้นสนกับโพลีออล เป็นสารประกอบเอสเทอร์

**2. ชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซิน**

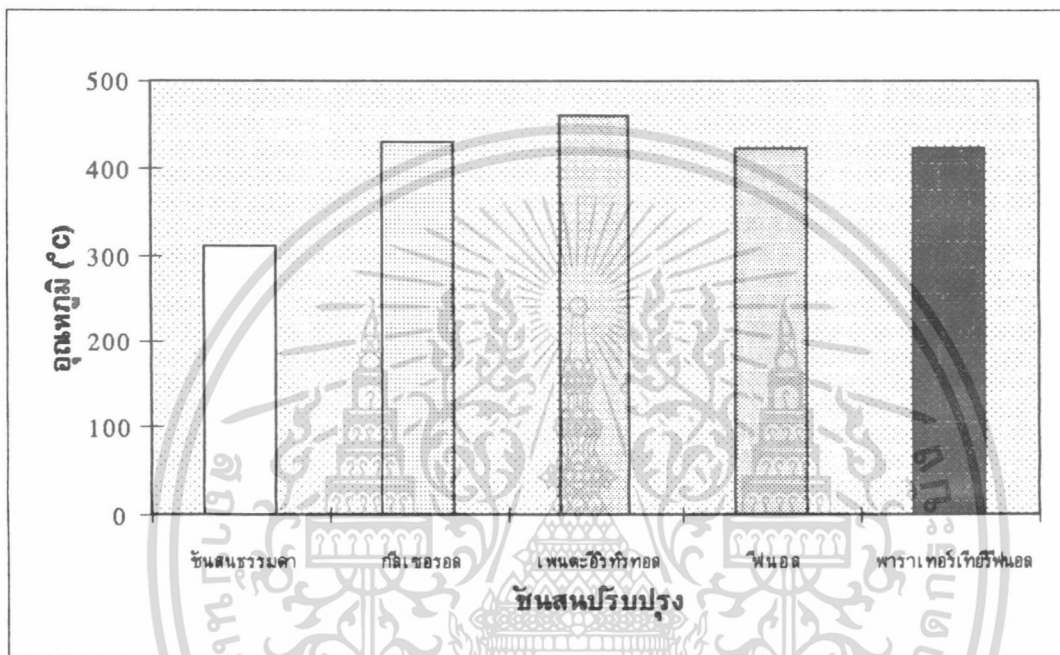
จากการศึกษา โครงสร้างขององค์ประกอบของชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซิน โดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่า มีหมู่ฟังก์ชันดังต่อไปนี้ คือ

- 1735                                      ซึ่งเป็นพีกของ  $C = O$  ของหมู่เอสเทอร์
- 1500 และ 1620                        ซึ่งเป็นพีกของ  $C \equiv C$  ของฟีนอลิกเรซิน
- 1240 , 1180                            ซึ่งเป็นพีกของ  $C - O$  ของหมู่อีเทอร์ และเอสเทอร์
- 810                                        ซึ่งเป็นพีกของ  $R_2C = CHR$  ของโรซินแอซิด ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา

แสดงว่าผลิตภัณฑ์ ที่ได้เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง ชั้นสนกับฟีนอลิกเรซิน และเพนตะอีริทริทอล เกิดเป็นสารประกอบอีเทอร์และเอสเทอร์ โดยหมู่อีเทอร์เกิดจากปฏิกิริยาของฟีนอลิกเรซิน ส่วนหมู่เอสเทอร์เกิดจากปฏิกิริยาของเพนตะอีริทริทอล

ค. การศึกษาสมบัติทางความร้อนของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง โดยใช้เครื่องเทอร์โมกราฟิเมตริกแอนาไลเซอร์

รูปที่ 5.3 แสดงอุณหภูมิการสลายตัวของชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง เทียบกับชั้นสนธรรมดา



จากรูปที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงชั้นสนด้วยเฟนตะอีริทรีทอล มีอุณหภูมิการสลายตัวสูงที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปรับปรุงชั้นสน มีโครงสร้างที่ซับซ้อน

## ส่วนที่ 2 : วารันซ์

### 5.1.3 การศึกษาสมบัติของน้ำมันชักแห้ง

จากการวิเคราะห์น้ำมันชักแห้ง พบว่า น้ำมันลินสีด มีความไม่อึดตัวมากกว่าน้ำมันตั้งอิว เนื่องจากสามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลท ที่ความยาวคลื่นสูงกว่า และจากการหาค่าไอโอดีน พบว่า น้ำมันลินสีดมีค่าไอโอดีนสูงกว่า นอกจากนี้ผลจากการตรวจสอบด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ พบว่า น้ำมันลินสีดมีหมู่ไม่อิ่มตัวหรือพันธะคู่มากกว่าน้ำมันตั้งอิว

### 5.1.4 การศึกษาสมบัติของวารันซ์

ก. การศึกษาสมบัติทางความร้อนของวารันซ์ โดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์

พบว่า วารันซ์สูตร RPLD และสูตร RPBLD มีอุณหภูมิในการสลายตัวมากที่สุด เนื่องจากวารันซ์ทั้ง 2 สูตรนี้มีโครงสร้างที่แข็งแรงมากที่สุด

ข. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของวารันซ์

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของวารันซ์สูตรต่าง ๆ

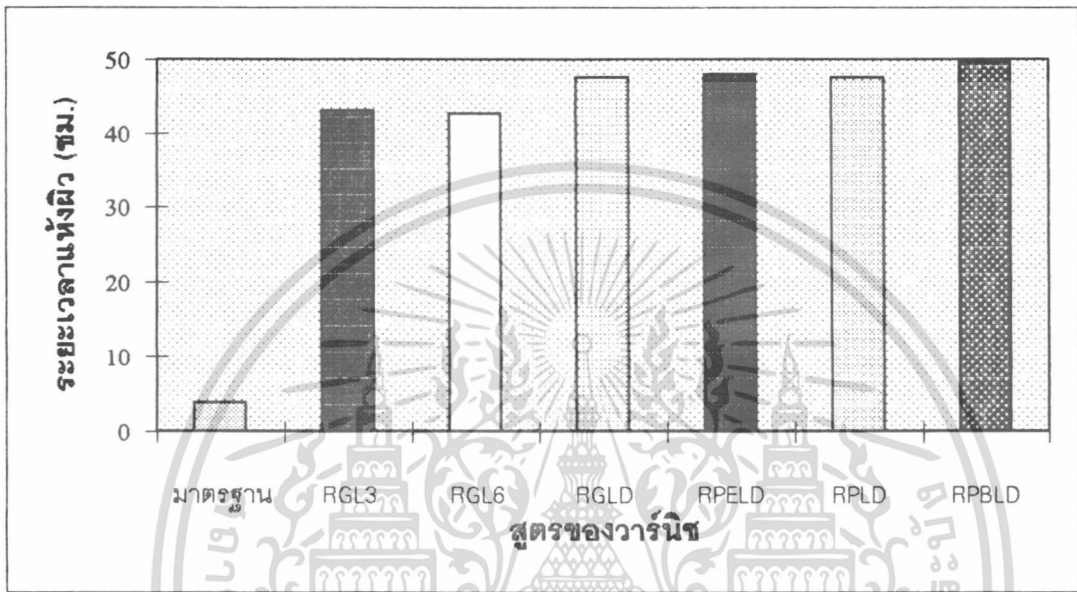
สมบัติทางกายภาพ	เกณฑ์กำหนด	RGL3	RGL6	RGLD	RPeLD	RPLD	RPBLD
1. ความหนืด(สต็อกส์)	1 - 2.5	1.37	1.43	1.71	1.34	1.49	1.5
2. ระยะเวลาแห้ง(ชั่วโมง)							
2.1 แห้งผิว	4	43	42.5	47.5	48	47.5	49.5
2.2 แห้งแข็ง	18	114	105.5	135	135	159.5	162.5
3. % ปริมาณสารไม่ระเหย	> 45	92.5	76	87.88	89.47	81.25	77.42
4. ความเงาที่มุม 60 องศา	> 85	95.6	95.5	94.1	93.71	94.78	92.2
5. ความทนการดัดโค้ง(มม.)	3	มผ.	มผ.	ผ.	ผ.	ผ.	ผ.
6. ความทนการขูดขีด(กรัม)	600	ผ.	ผ.	ผ.	ผ.	ผ.	ผ.
7. ความทนน้ำ	—	มป.	มีคราบ	มีคราบ	มีคราบ	มีคราบ	มีคราบ
8. ความทนสภาพอากาศ							
8.1 การเป็นฝุ่น	—	มปผ.	มปผ.	มปผ.	มปผ.	มปผ.	มปผ.
8.2 ความเงาที่ลดลง	< 30	50	3.6	37.5	18.18	36.3	39.39
8.3 ความต่างของสี	> เบอร์ 4	3	4	3	2	2	2
9. การยึดติด	—	5B	5B	5B	5B	5B	5B

หมายเหตุ ผ. = ผ่าน , มผ. = ไม่ผ่าน , มป. = ไม่เปลี่ยน และ มปผ. = ไม่เป็นฝุ่น

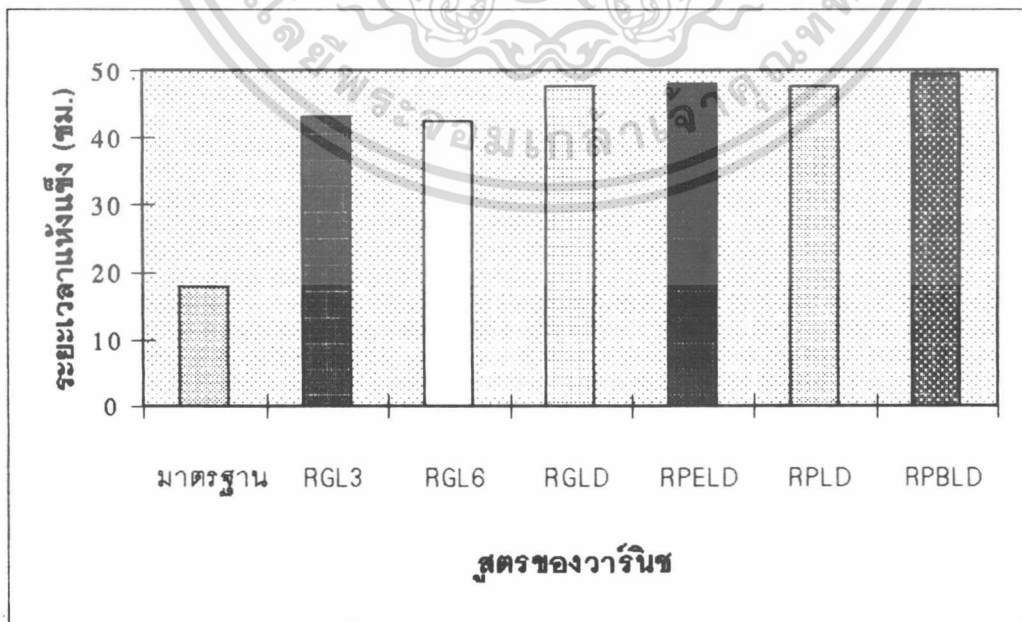
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของวารินสูตรต่าง ๆ กับเกณฑ์มาตรฐาน ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.4 ถึง 5.8 และตารางที่ 5.3

รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาแห้งผิวของวารินสูตรต่าง ๆ กับมาตรฐาน

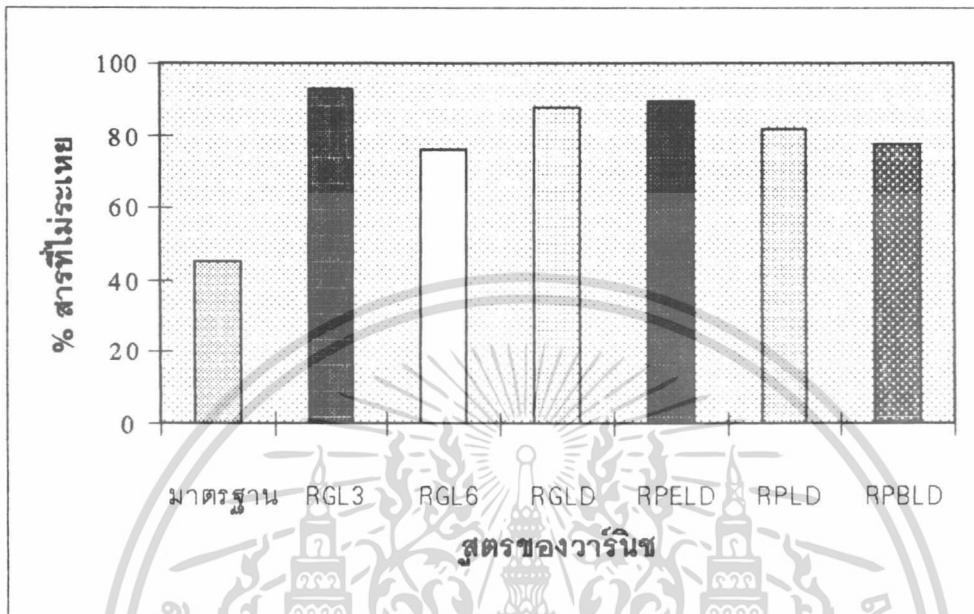


รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาแห้งแข็งของวารินสูตรต่าง ๆ เทียบกับมาตรฐาน

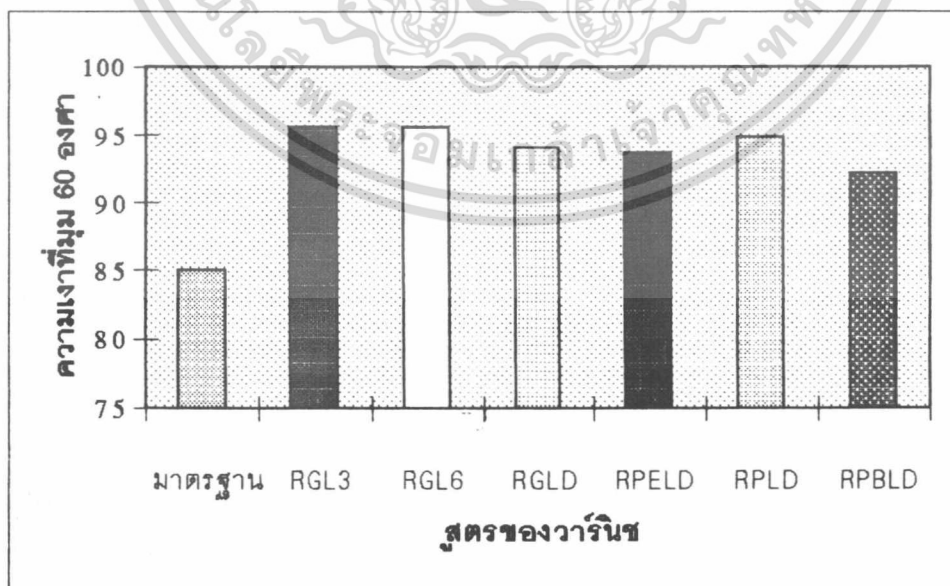


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารที่ไม่ระเหยของวารินสูตรต่างๆ เทียบกับมาตรฐาน

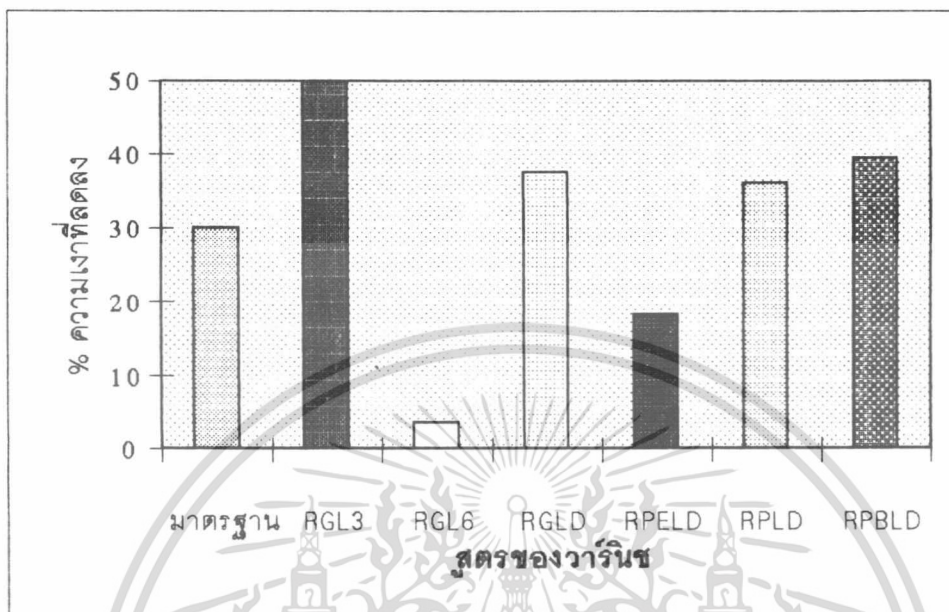


รูปที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบความเงาที่มุม 60 องศาของวารินสูตรต่างๆ เทียบกับมาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 70 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบความเงาที่ลดลงของวารันิช เมื่อทดสอบด้วย เครื่องเร่งสภาวะเทียบกับมาตรฐาน



ตารางที่ 5.3 แสดงสมบัติ ทางกายภาพของวารันิชสูตรต่าง ๆ ที่ไม่สามารถวัดเป็นตัวเลข เทียบกับมาตรฐาน

สมบัติ	สูตรของวารันิช					
	RGL3	RGL6	RGLD	RPELD	RPLD	RPBLD
1. ความทนการดัดโค้ง (ใช้แกนเส้นผ่าน ศ.ก. 3 มม.)	×	×	✓	✓	✓	✓
2. ความทนการขูดขีด (ใช้น้ำหนัก 600 กรัม)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. ความทนน้ำ	✓	×	×	×	×	×
4. ความทนสภาพอากาศ						
4.1 การเป็นฝุ่น	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4.2 ความต่างของสี	×	✓	×	×	×	×
5. การยึดติด (เกรด 5B)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ คือ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน , เครื่องหมาย × คือ ไม่ผ่านเกณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. สรุปสมบัติของวารีนิชแต่ละสูตรได้ดังนี้

#### **สูตร RGL3**

- ระยะเวลาแห้งผิวและแห้งแข็งเร็ว
- ความทนการตัดโค้งไม่ดี
- ความทนน้ำดี
- ความคงทนต่อสภาพอากาศ พบว่า มีความเงาลดลงมากที่สุด แต่มีการเปลี่ยนแปลงของสีเล็กน้อย และไม่เกิดเป็นฝุ่น

#### **สูตร RGL6**

- ระยะเวลาแห้งผิวและแห้งแข็งเร็วที่สุด
- ความทนการตัดโค้งไม่ดี
- ความทนน้ำดี
- ความคงทนต่อสภาพอากาศดีที่สุด คือ มีความเงาลดลงและเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยที่สุด และไม่เกิดเป็นฝุ่น ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

#### **สูตร RGLD**

- ระยะเวลาแห้งผิวและแห้งแข็งค่อนข้างช้า
- ความทนการตัดโค้งดีมาก
- ความคงทนต่อสภาพอากาศ พบว่า มีความเงาลดลงเกินมาตรฐานเล็กน้อย มีการเปลี่ยนแปลงของสีเล็กน้อย และไม่เกิดเป็นฝุ่น

#### **สูตร RP<sub>E</sub>LD**

- ระยะเวลาแห้งผิวและแห้งแข็งค่อนข้างช้า
- ความทนการตัดโค้งดีมาก
- ความคงทนต่อสภาพอากาศ พบว่า มีความเงาลดลงเพียงเล็กน้อย และไม่เกิดเป็นฝุ่น ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน แต่มีการเปลี่ยนแปลงของสีมาก

### **สูตร RPLD**

- ระยะเวลาแห้งผิวและแห้งแข็งช้า
- ความทนการตัดโค้งดีมาก
- ความคงทนต่อสภาพอากาศ พบว่า มีความเงาลดลงเกินมาตรฐานเล็กน้อย และไม่เกิดเป็นฝุ่น แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมาก

### **สูตร RPBLD**

- ระยะเวลาแห้งผิวและแห้งแข็งช้าที่สุด
- ความทนการตัดโค้งดีมาก
- ความคงทนต่อสภาพอากาศ พบว่า ความเงาลดลงเกินมาตรฐานเล็กน้อย และไม่เกิดเป็นฝุ่น แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมาก

2. วารินททุกสูตร เหมาะในการใช้งานตกแต่งเฟอร์นิเจอร์ เนื่องจากมีความเงาอยู่ในเกณฑ์ดี และทนต่อการขีดข่วน

3. วารินทสูตร RGL6 เหมาะในการนำไปใช้งานภายนอกอาคารได้ดีที่สุด เนื่องจากมีความทนทานต่อสภาพอากาศดีที่สุด

4. วารินทสูตร RGL3 และ RGL6 มีการแห้งตัวเร็วที่สุด แต่มีความทนการตัดโค้งต่ำ เนื่องจากการแห้งตัวอย่างรวดเร็ว จะทำให้ฟิล์มที่ได้เปราะ

5. วารินททุกสูตรมีการแห้งตัวช้ากว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับวารินท เนื่องจาก
- น้ำมันชักแห้งมีความไม่อิ่มตัวน้อย
  - สารเร่งแห้งที่ใช้อาจเสื่อมสภาพไปในขณะที่ทำปฏิกิริยา
  - อัตราส่วนระหว่างชั้นสนกับน้ำมันชักแห้งที่ใช้้น้อยเกินไป

## **5.3 ข้อเสนอแนะ**

1. ควรเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาหลาย ๆ ชนิด
2. ควรให้ความร้อนแก่ปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง และสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาได้ดี
3. ควรใช้น้ำมันชักแห้งที่มีความไม่อิ่มตัวมาก

4. เนื่องจากน้ำมันชักแห้งที่ใช้เป็นเกรดการค้า อาจมีกสารเจือปนที่ไม่ต้องการ เช่น น้ำกรดไขมันอิ่มตัว เป็นต้น จึงควรทำการตรวจสอบคุณภาพก่อน เช่น ค่าความเป็นกรด ค่าสaponification index เป็นต้น

5. หากพบว่าน้ำมันชักแห้งที่ใช้มีความไม่บริสุทธิ์ ควรนำมาผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ก่อน

6. ควรทดสอบหาอัตราส่วนระหว่างชั้นสนกับน้ำมันชักแห้งที่เหมาะสมที่สุด

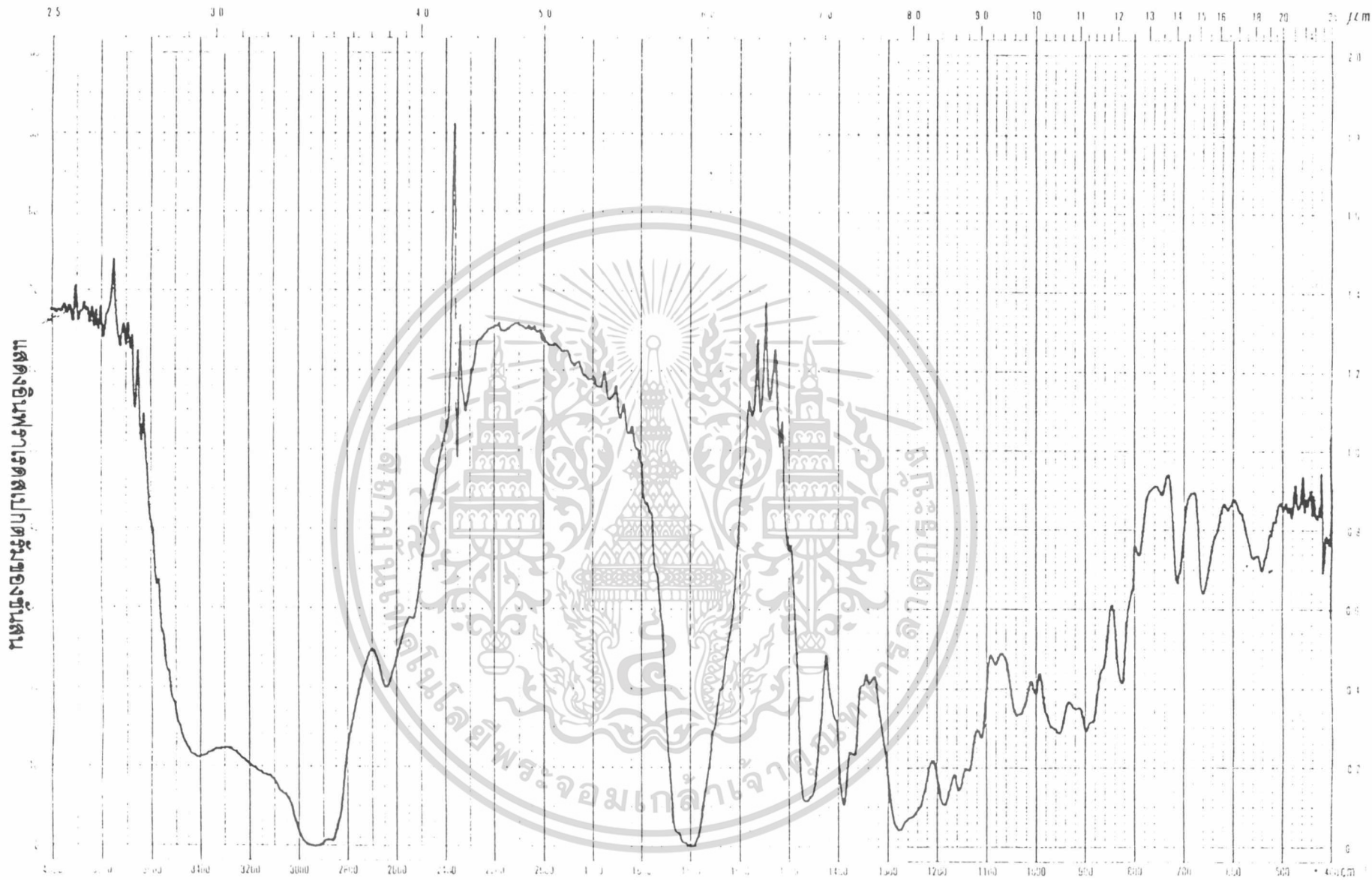
7. ควรทดสอบหาระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างชั้นสนที่ผ่านการปรับปรุง กับน้ำมันชักแห้ง ให้ได้เวลาที่ดียที่สุด ที่ทำให้ได้วารินชที่มีสมบัติดีที่สุด





**ภาคผนวก ก**  
**สเปกตรัมและเทอร์โมแกรม**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

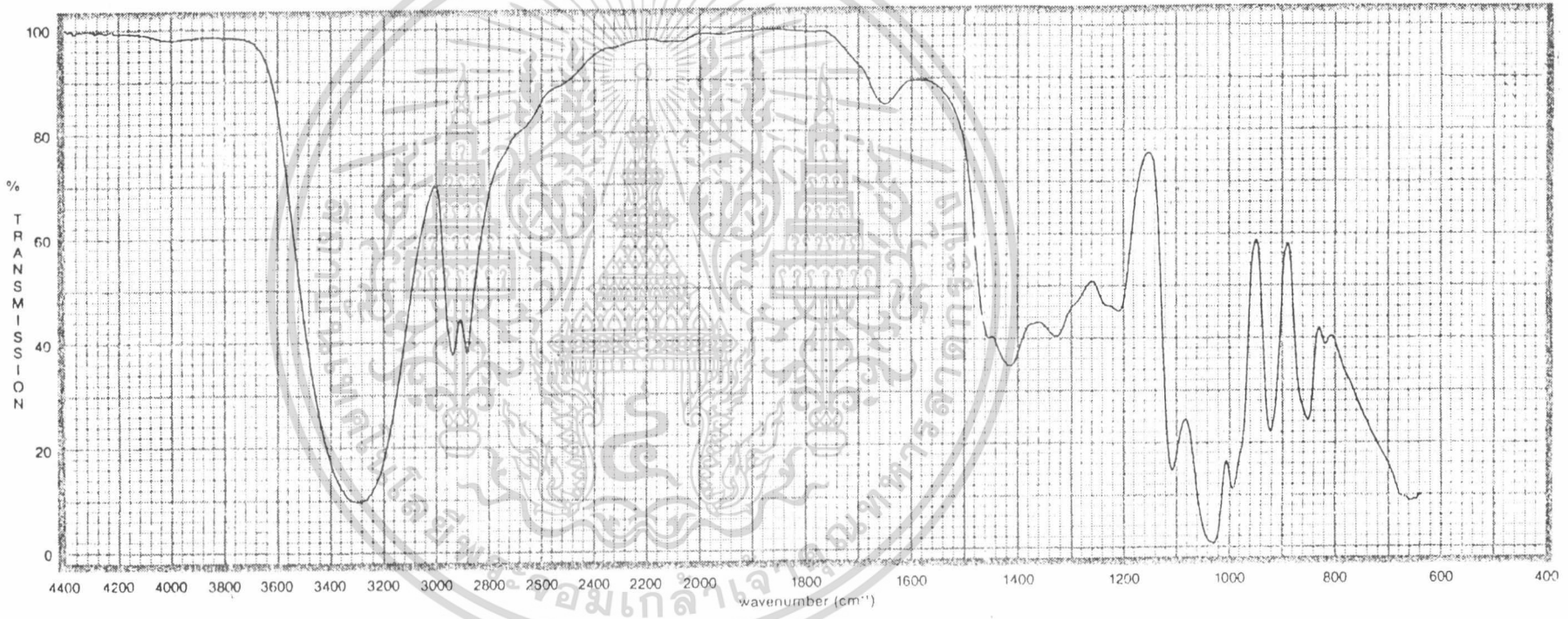


DATE	MODE	SCAN SPEED	SAMPLE	SAMPLING METHOD	CONCENTRATION	REMARKS
------	------	------------	--------	-----------------	---------------	---------

Rosin

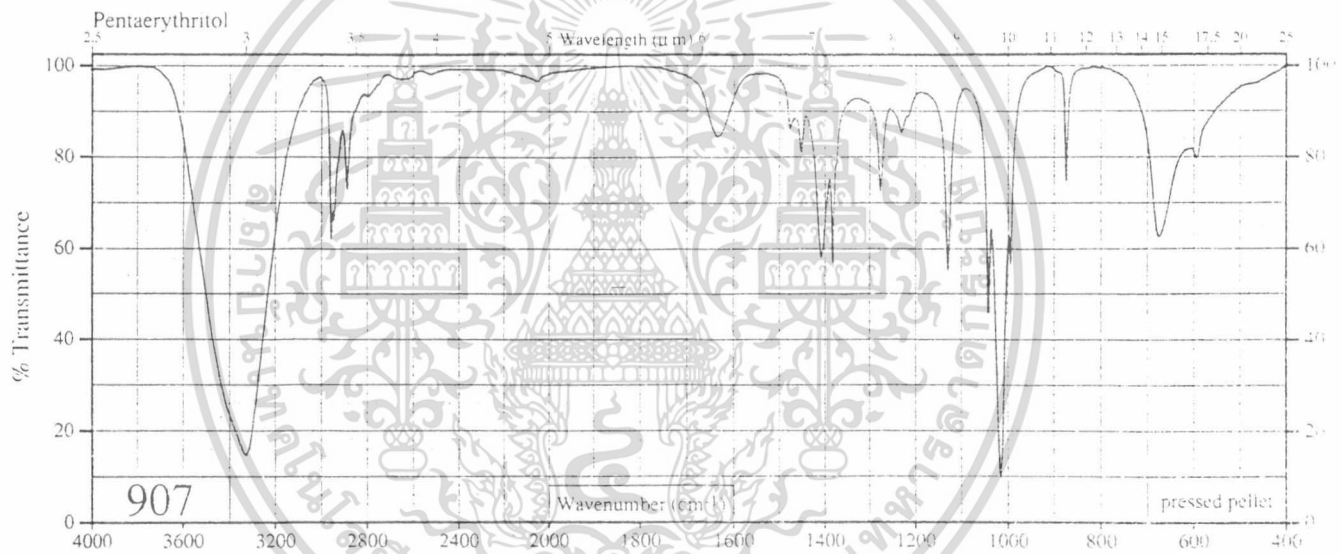
แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของชันสน

SOURCE: J.T. Baker Chemical Co.

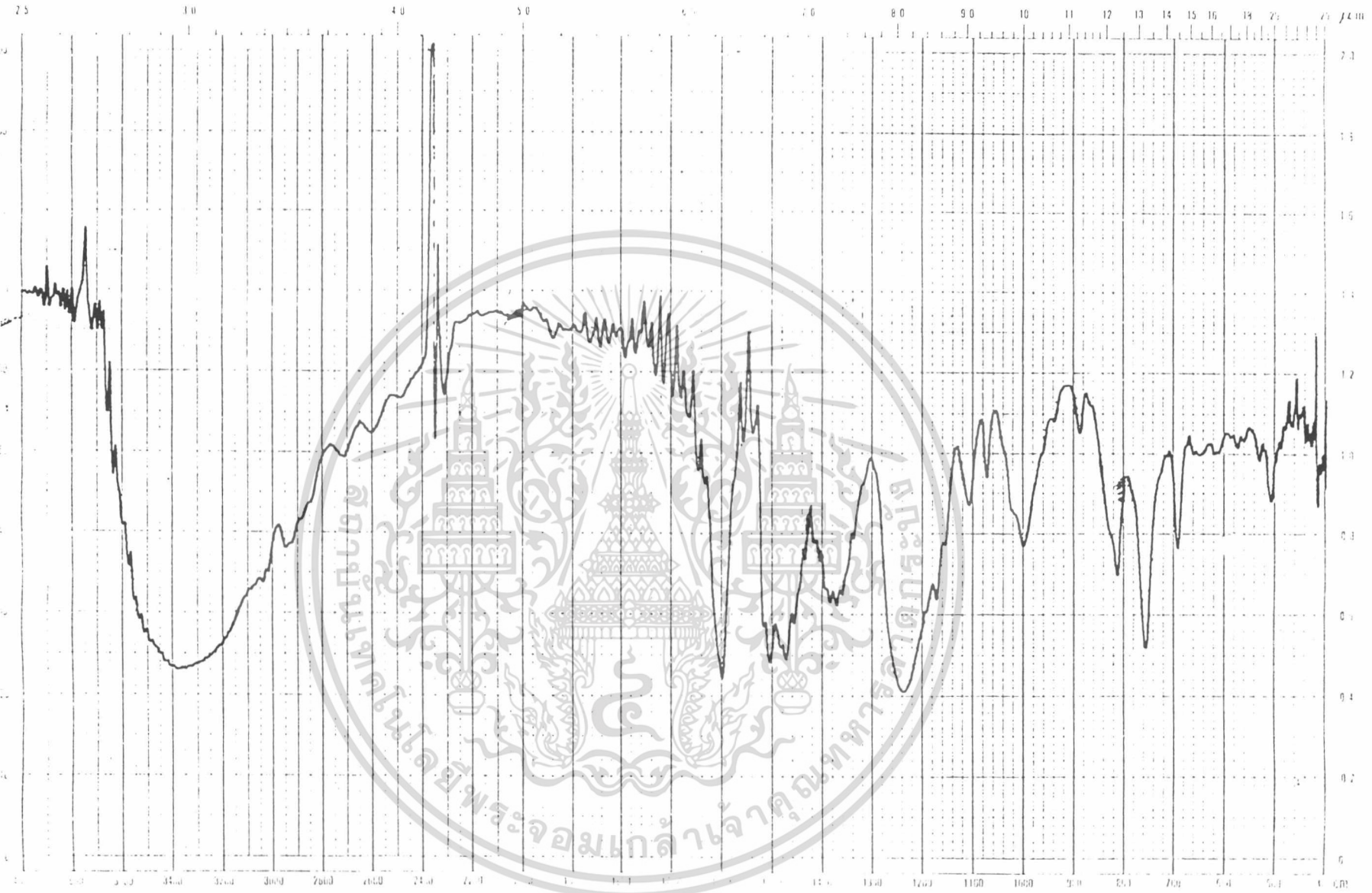


แสดงอินฟราเรดของผลิตภัณฑ์

แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของเพนตะอริทริทอล 23

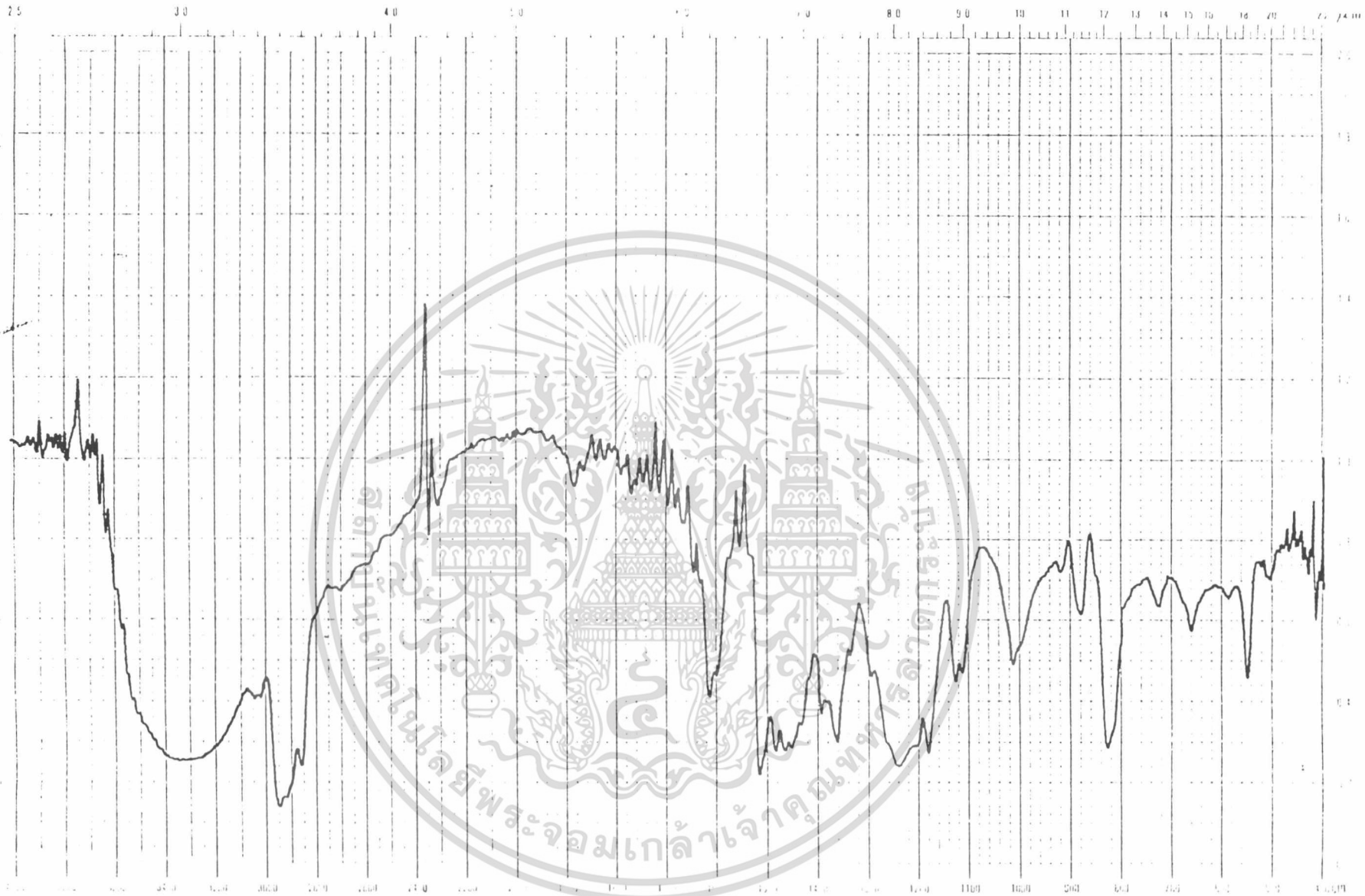


แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล



DATE	MODE	SCAN SPEED	SAMPLE	SAMPLING METHOD	CONCENTRATION	REMARKS
OPERATOR	SPAN EXPANDER	SLIT	Phenolic Resin (Phenol)	CELL LENGTH	SOLVENT	

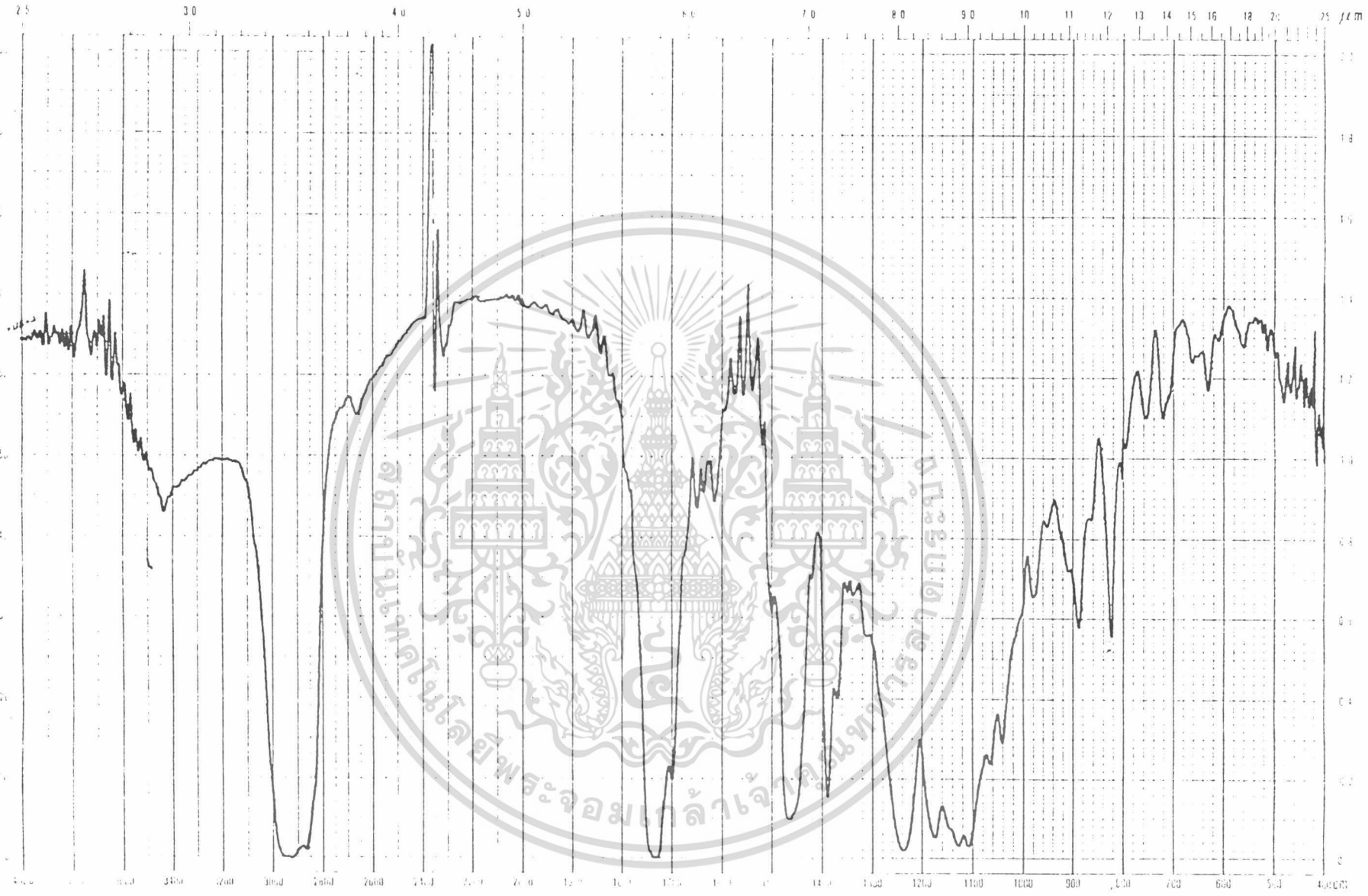
กรมวิทยาศาสตร์บริการ



DATE	MODE	SCAN SPEED	SAMPLE	SAMPLING METHOD	CONCENTRATION	REMARKS
	SPAN	SLIT	Phenolic Resin (p-tert butyl phenol)	CELL LENGTH	SOLVENT	
OPERATOR	Z/EXPANDER					

08

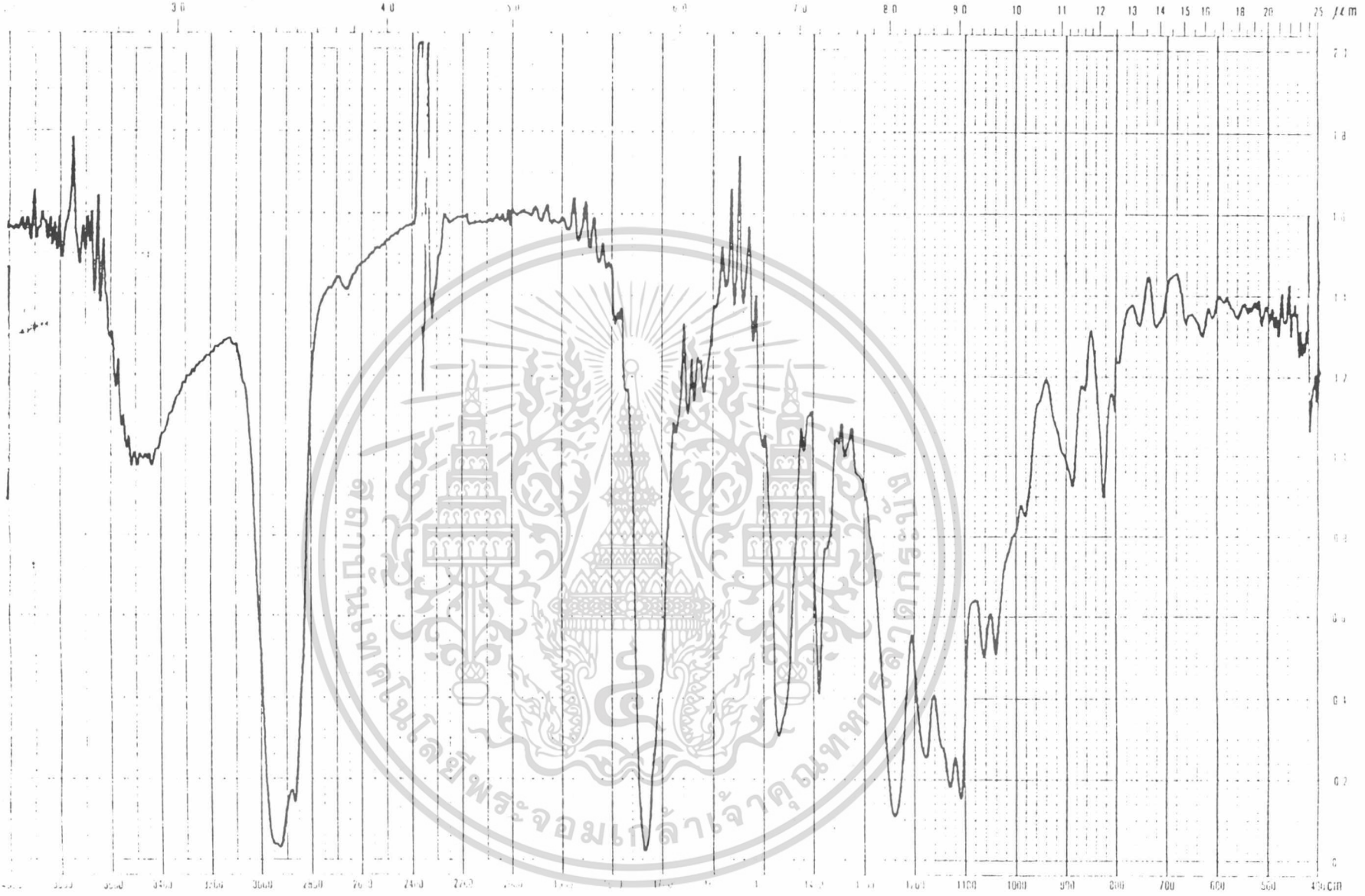
ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม



DATE	MODE	SCAN SPEED	SAMPLE	SAMPLING METHOD	CONCENTRATION	REMARKS
------	------	------------	--------	-----------------	---------------	---------

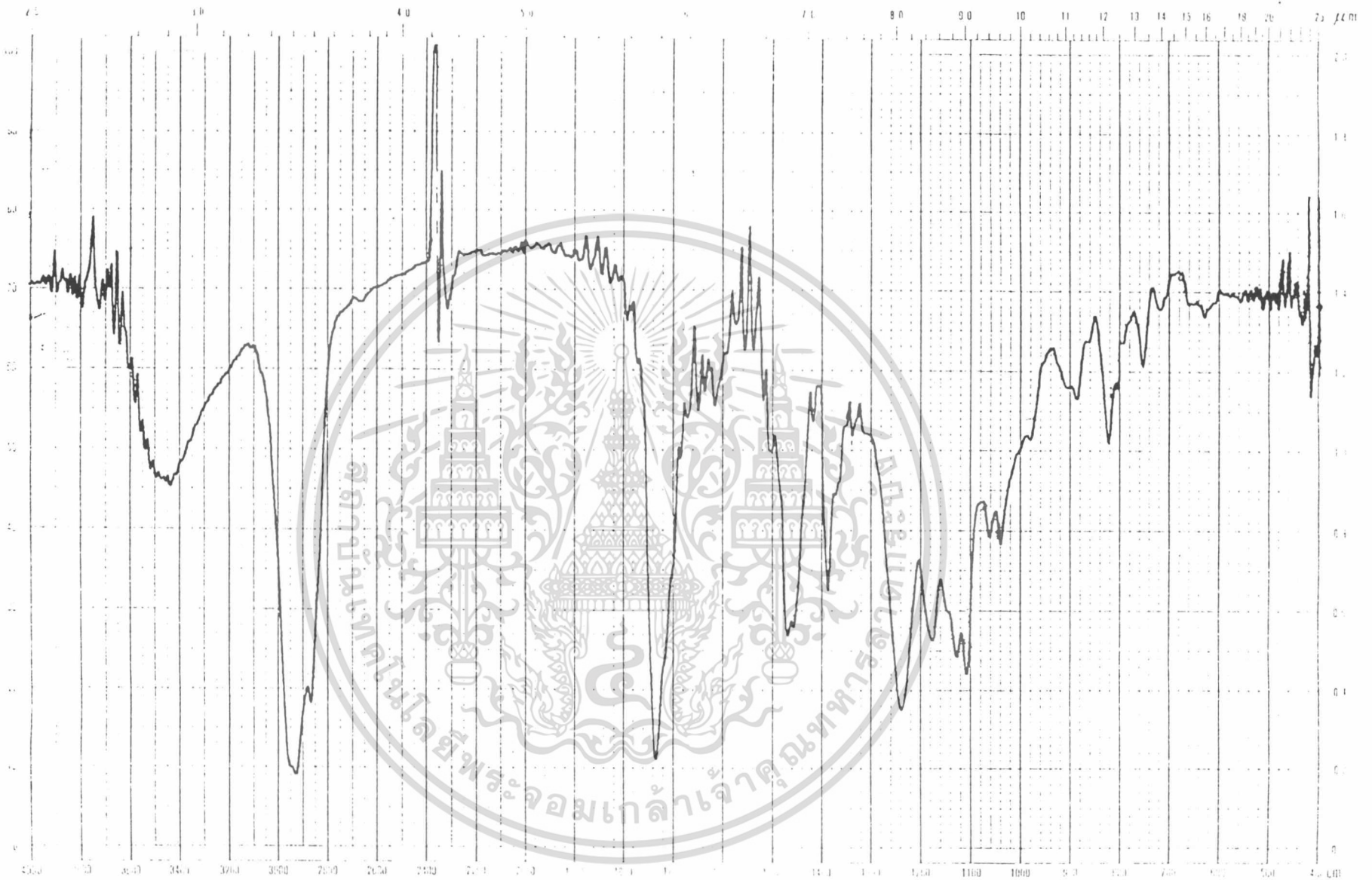
Glycerol

แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของชั้นเคลือบที่ปรากฏด้วยเทคนิคอินฟราเรด



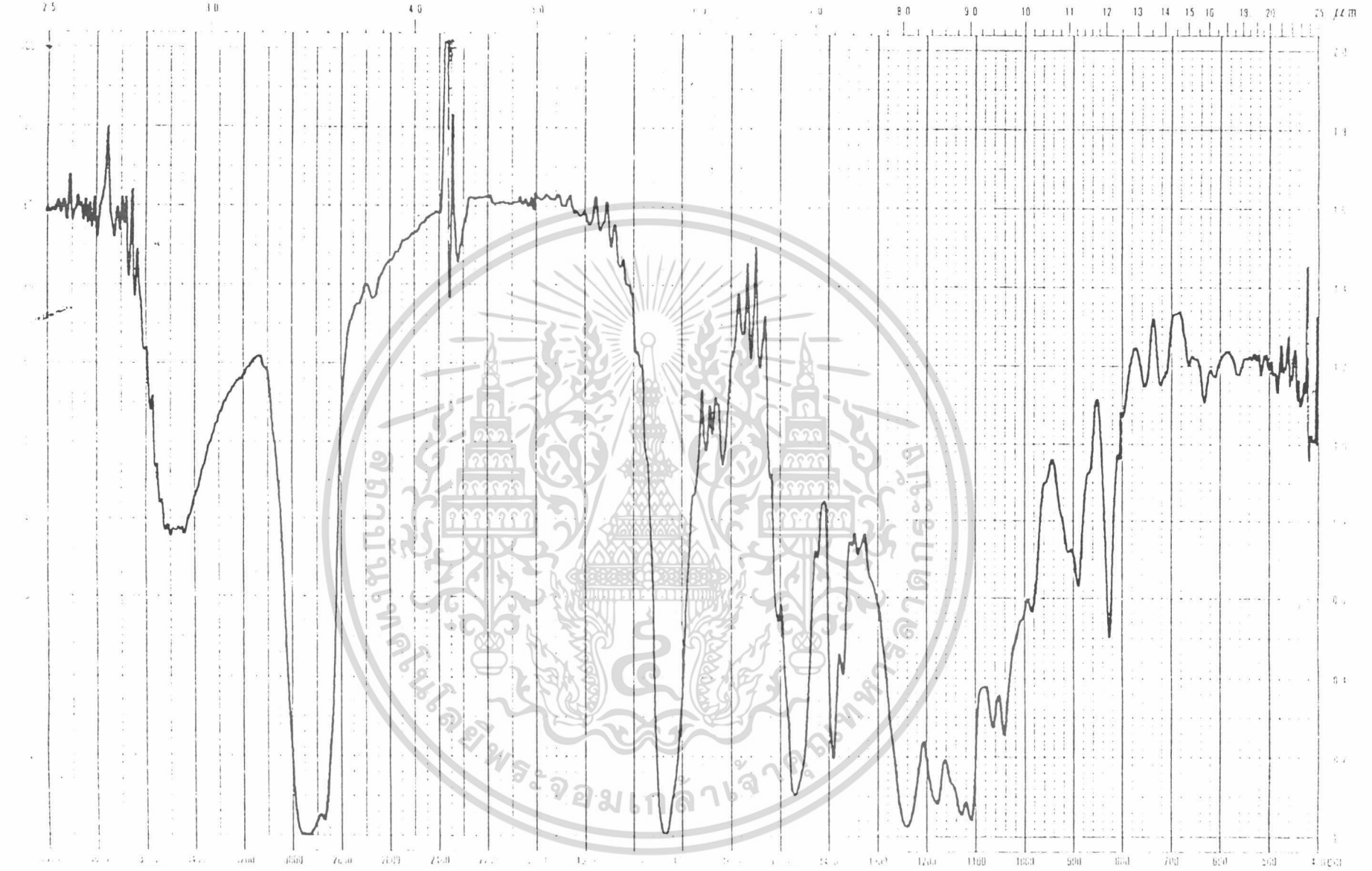
DATE	MODE	SCAN SPEED	SAMPLE	SAMPLING METHOD	CONCENTRATION	REMARKS
	SPAN		Pentaerytritol			

82 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของชิ้นสนที่ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซิน (ฟีนอล)



DATE	MODE	SCAN SPEED	SAMPLE	SAMPLING METHOD	CONCENTRATION	REMARKS
			Phenol-formaldehyde			

แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของชิ้นงานที่รับปรุงด้วยพีเอชเคเจี้น (พาราเทอริไซไซบิวทิลพีแอล)



DATE	MODE	SCAN SPEED	SAMPLE	SAMPLING METHOD	CONCENTRATION	REMARKS
------	------	------------	--------	-----------------	---------------	---------

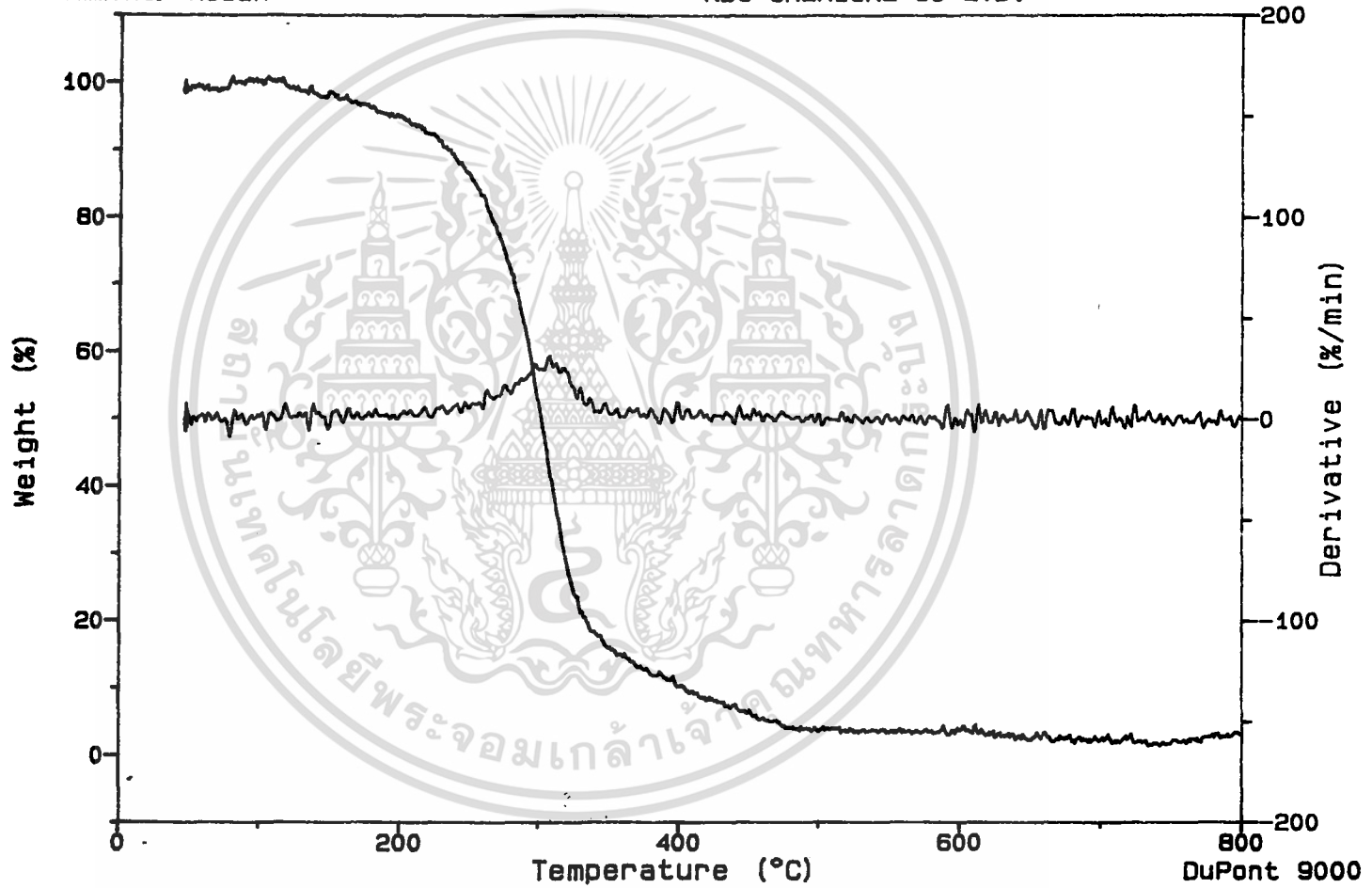
P-tert butyl Phenol  
formaldehyde

Sample: ROSIN  
Size: 9.3487 mg Kcell: 0.9523  
Method: ROSIN  
Comment: ROSIN

TGA

Run: 77

Operator: AEW  
ABC CHEMICAL CO LTD.

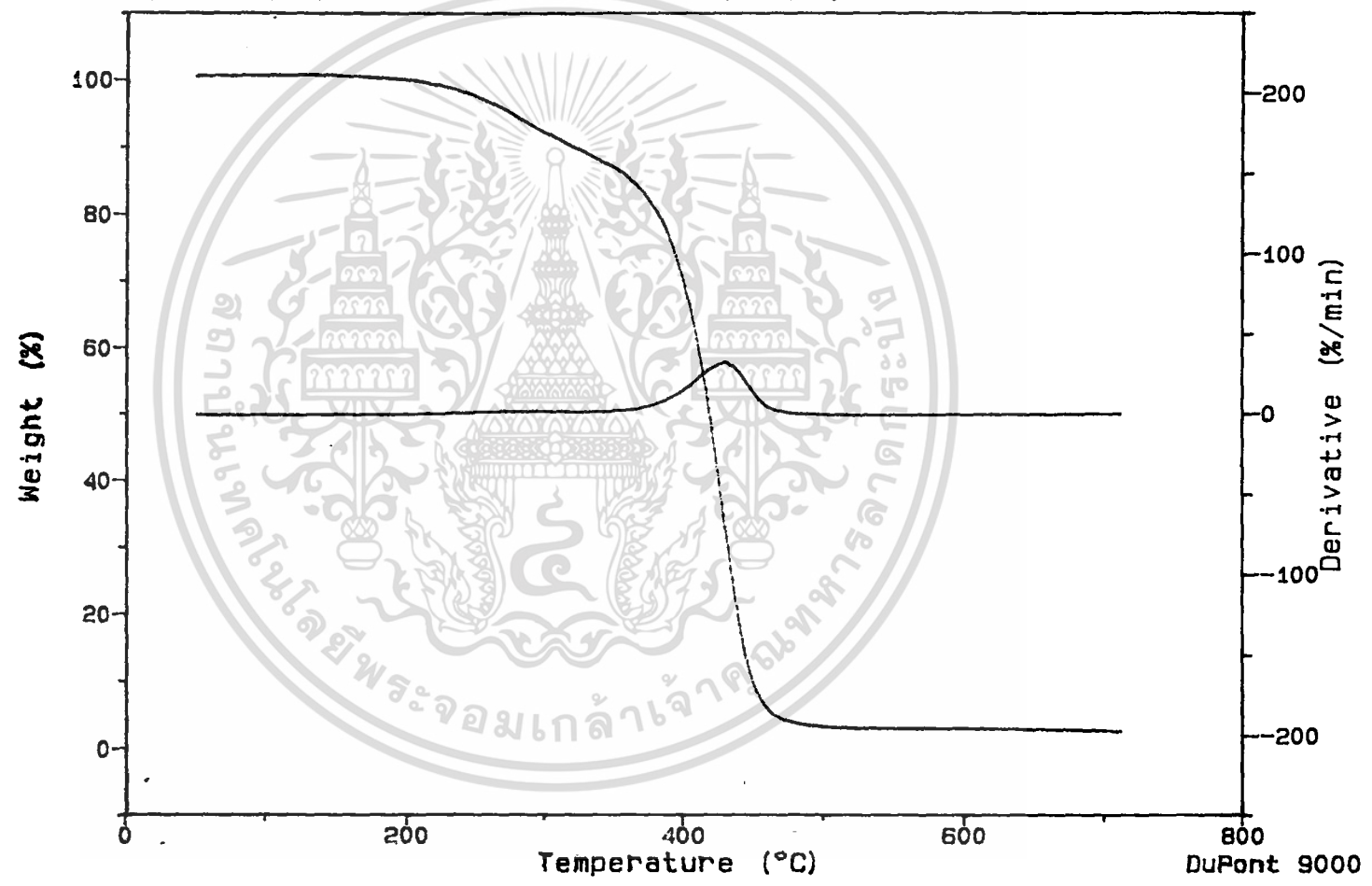


แสดงเทอริโมแกรม (TGA) ของชันสน

Sample: GLYCEROL  
Size: 9.9449 mg Kcell: 0.9523  
Method: GLYCEROL  
Comment: GLYCEROL

Run: 53  
TGA Operator: ROONG  
ABC CHEMICAL CO LTD.

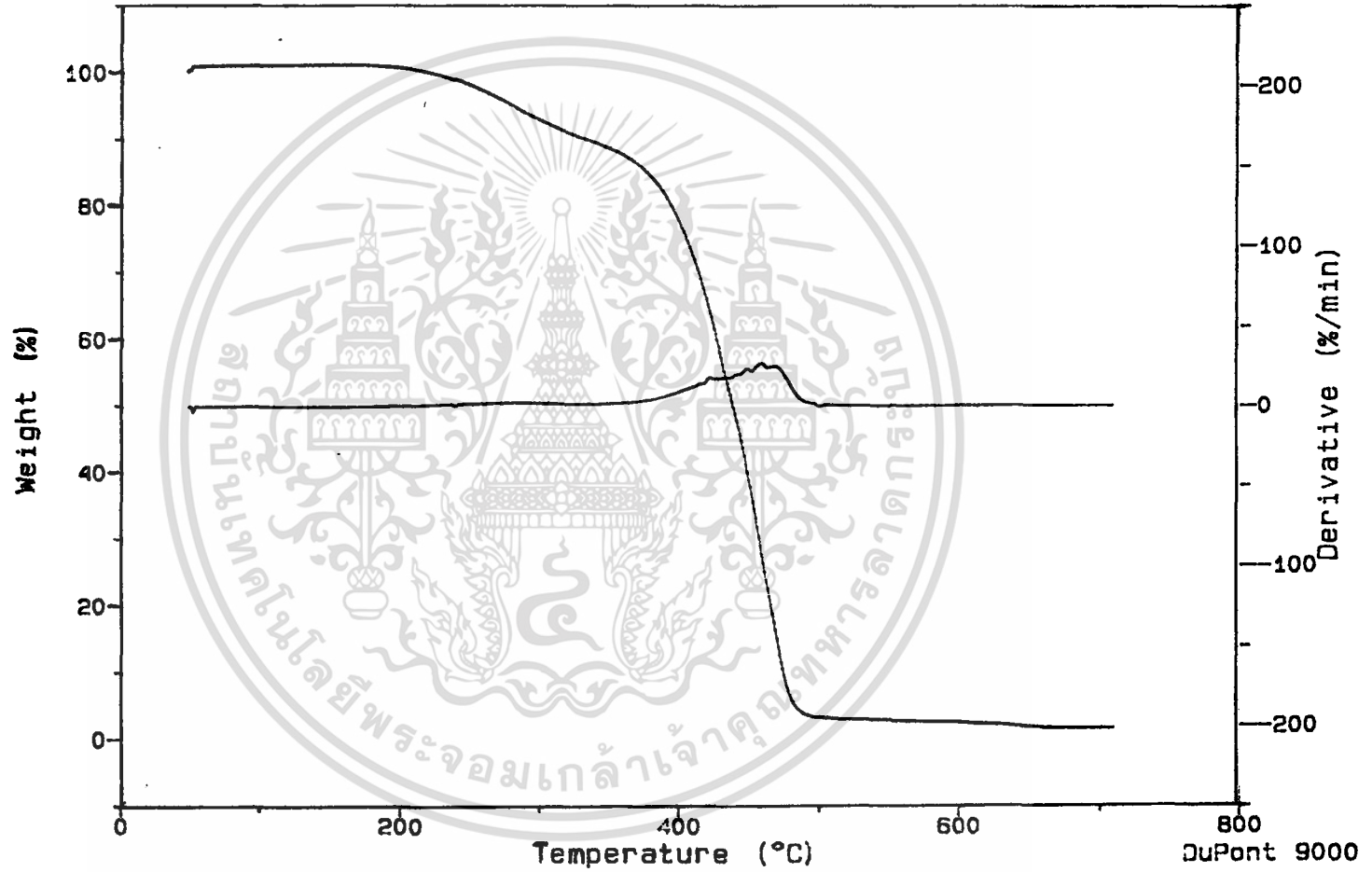
แสดงเทอริโมแกรม (TGA) ของไขมันที่ปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล



Sample: PENTA  
Size: 9.7135 mg Kcell: 0.9523  
Method: PENTA  
Comment: PENTA

TGA

Run: 54  
Operator: ROONG  
ABC CHEMICAL CO LTD.



แสดงกราฟในแก๊ส (TGA) ของชิ้นที่รับส่งด้วยเพนตะอิทธิพล

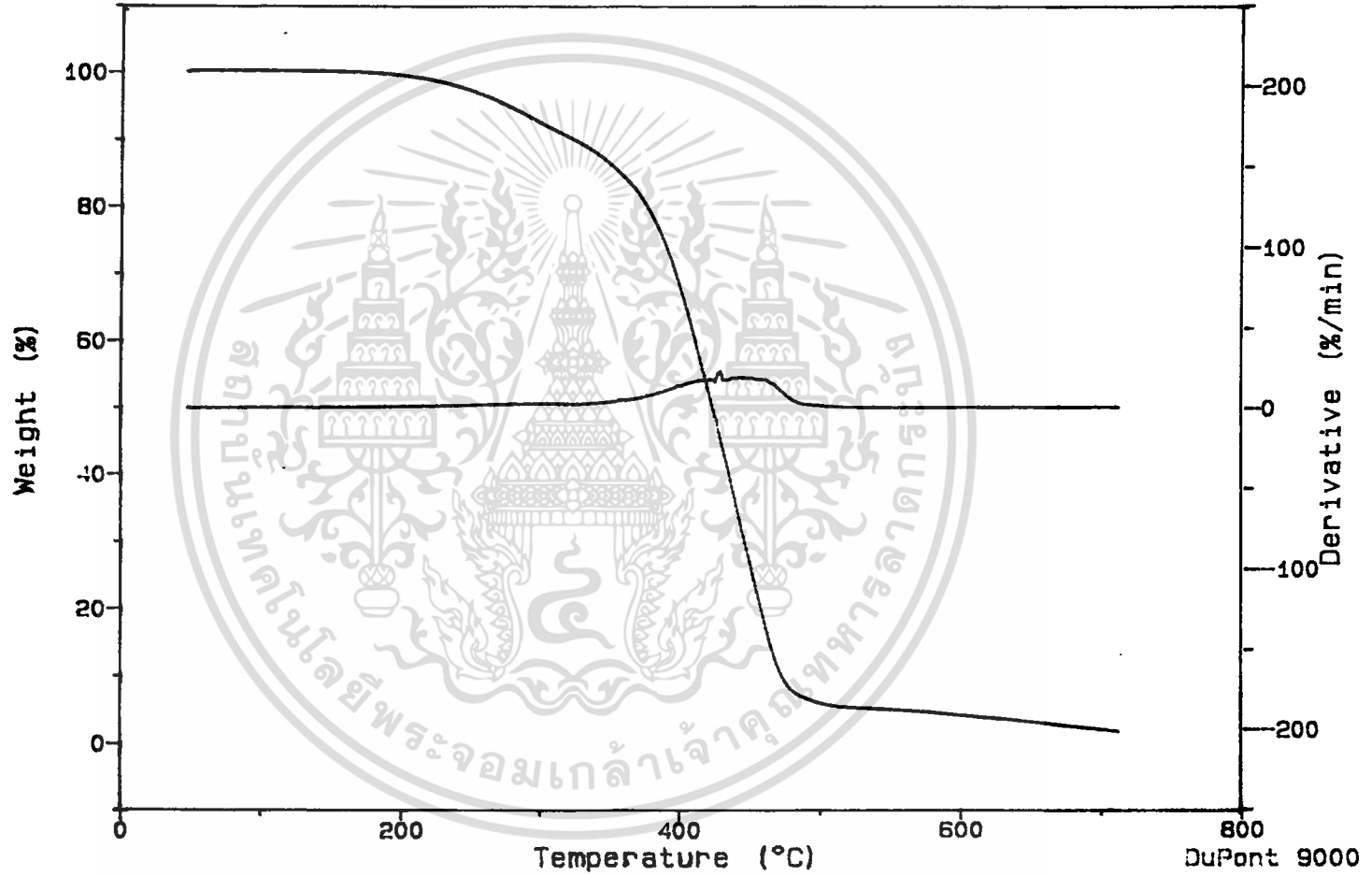
Sample: PHENOL  
Size: 9.7525 mg Kcell: 0.9523  
Method: PHENOL  
Comment: PHENOL

TGA

Run: 55

Operator: ROONG  
ABC CHEMICAL CO LTD.

แสดงเทอร์โมแกรม (TGA) ของชิ้นที่ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซิน (ฟีนอล)



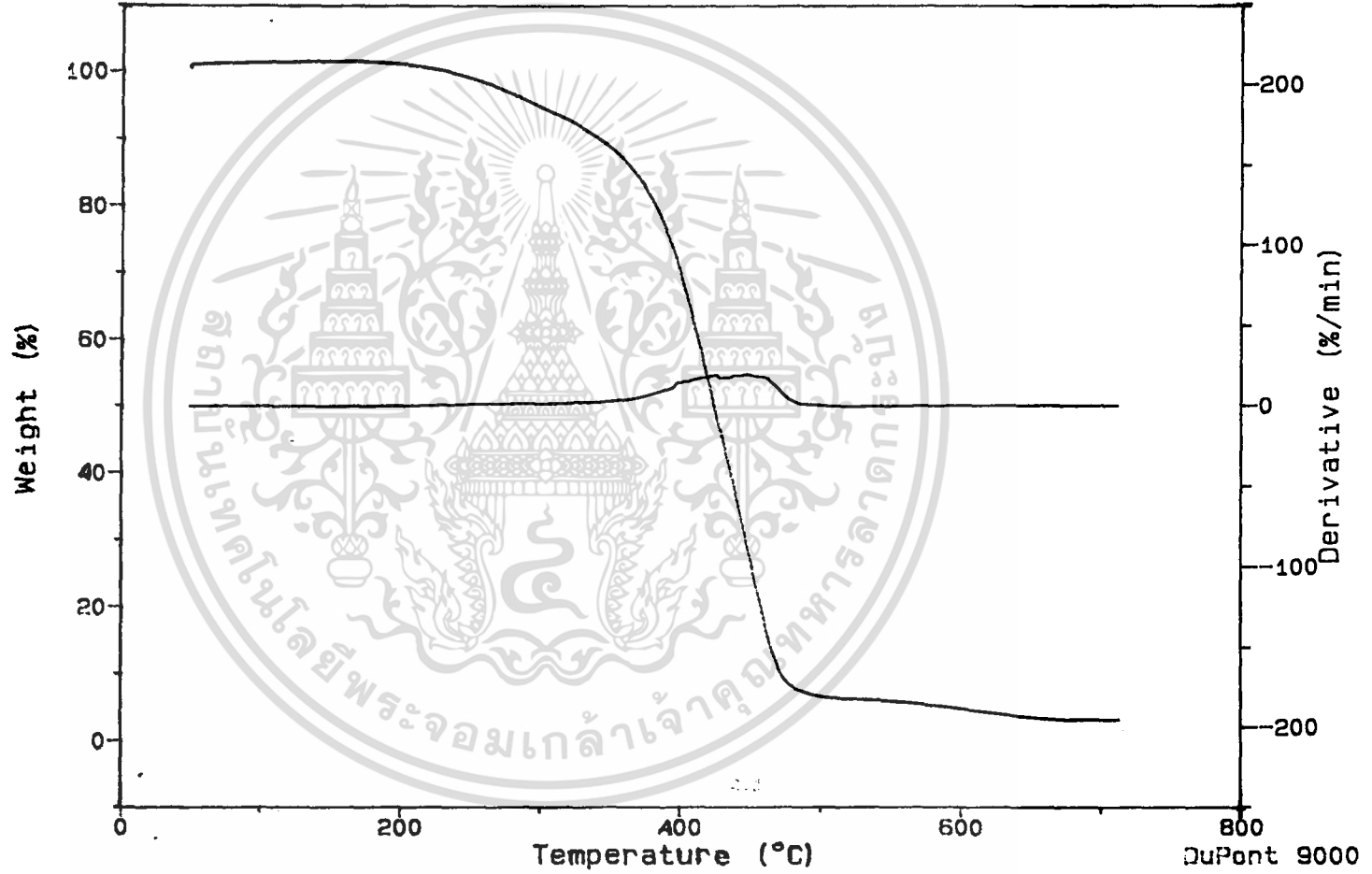
แสดงเทอริมแกรม (TGA) ของชิ้นดมปรุ่บงด้วยที่นอลิกเรซินพาราเทอริที่บงที่ลที่นอล

Sample: PARATERT  
Size: 9.8354 mg Kcell: 0.9523  
Method: PARATERT  
Comment: PARATERT

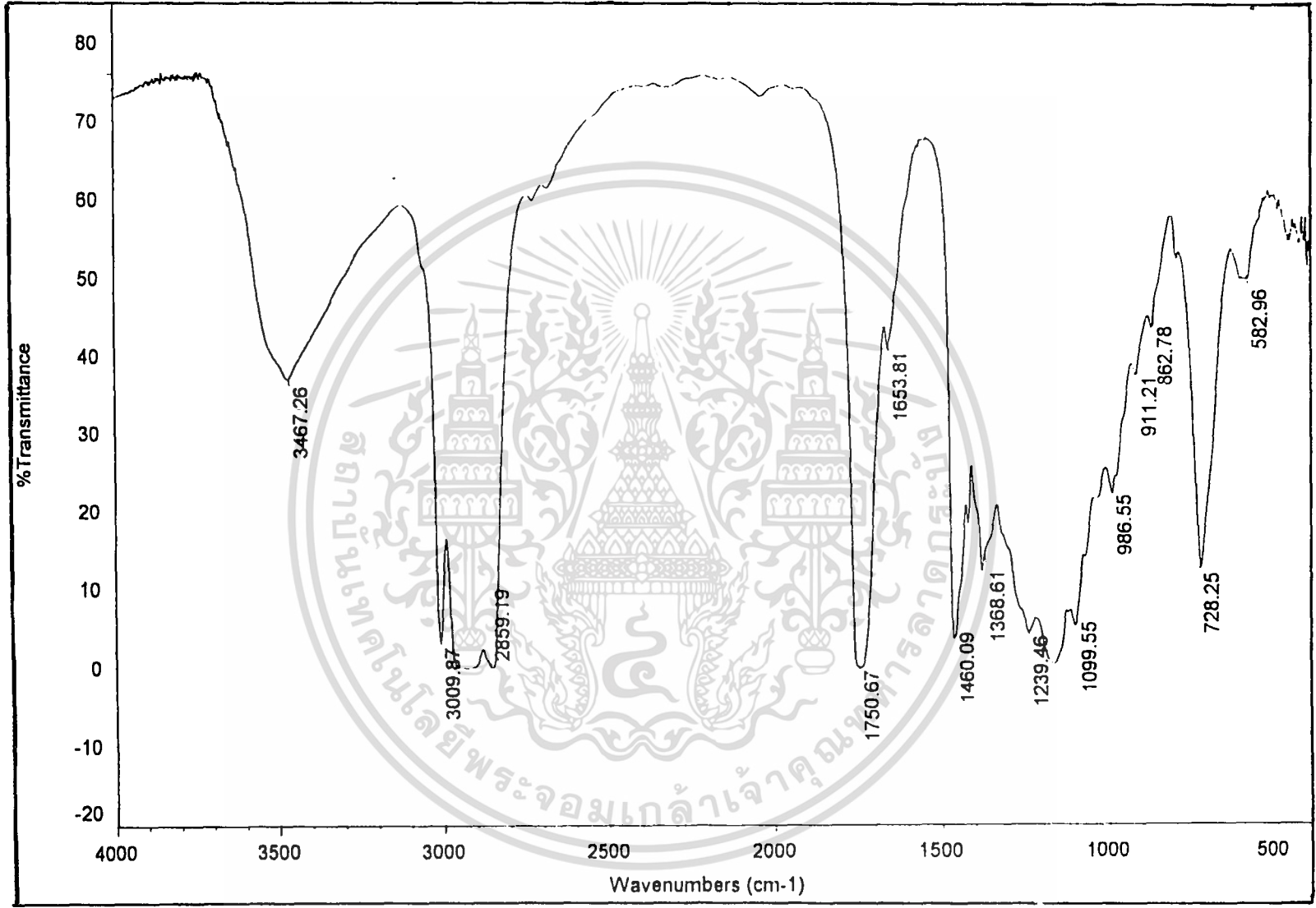
TGA

Run: 56

Operator: ROONG  
ABC CHEMICAL CO LTD.

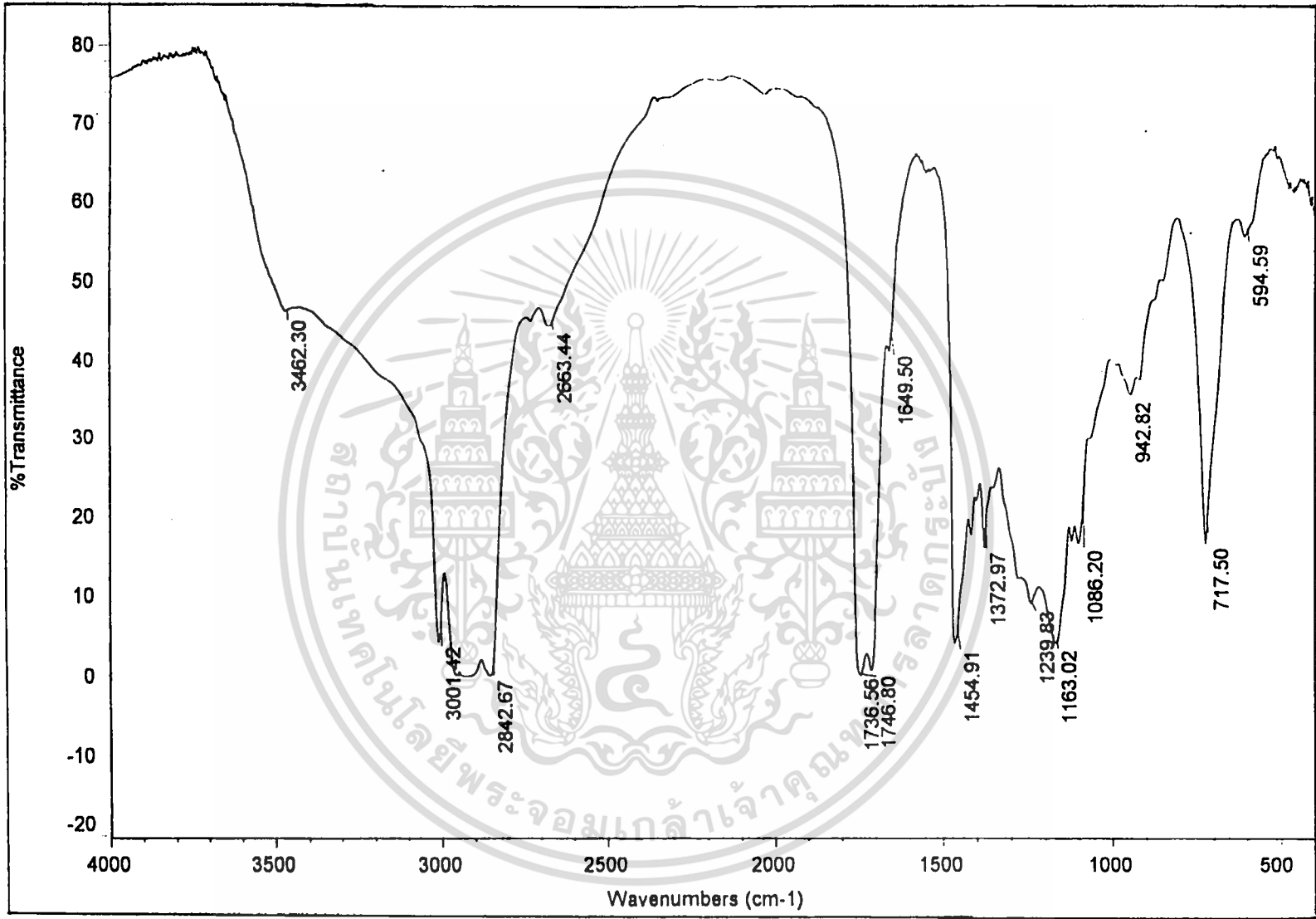


สเปกตรัมอินฟราเรดของสารประกอบอินทรีย์

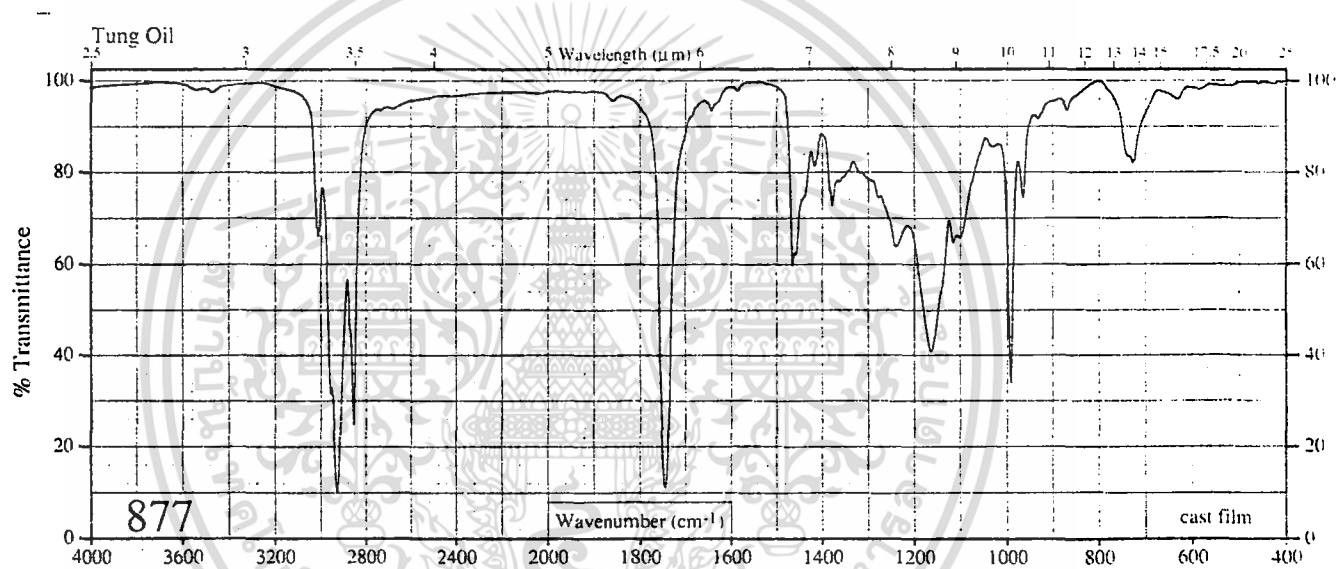




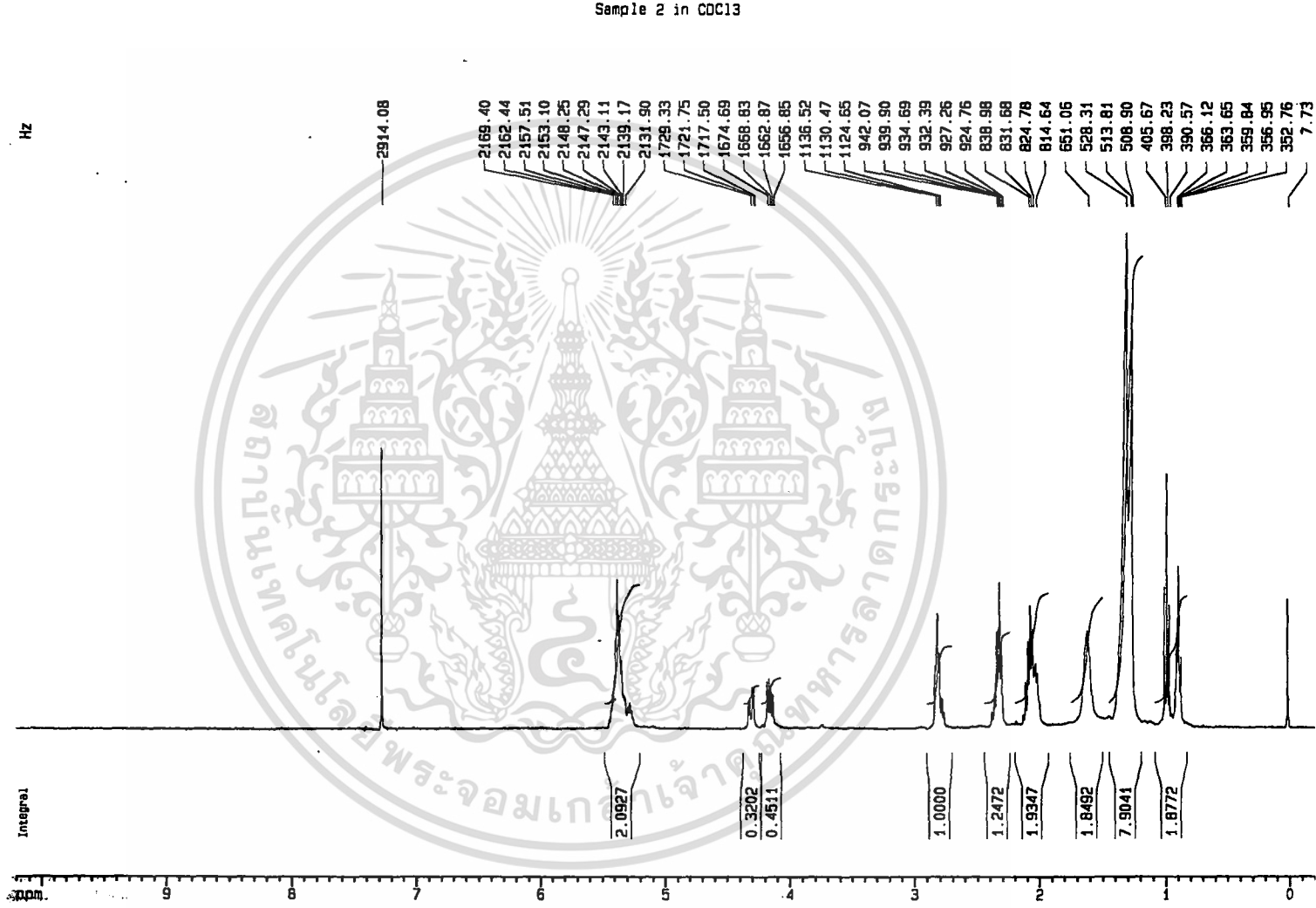
ข้อมูลพื้นฐานของผลึกและสถานะผลึก



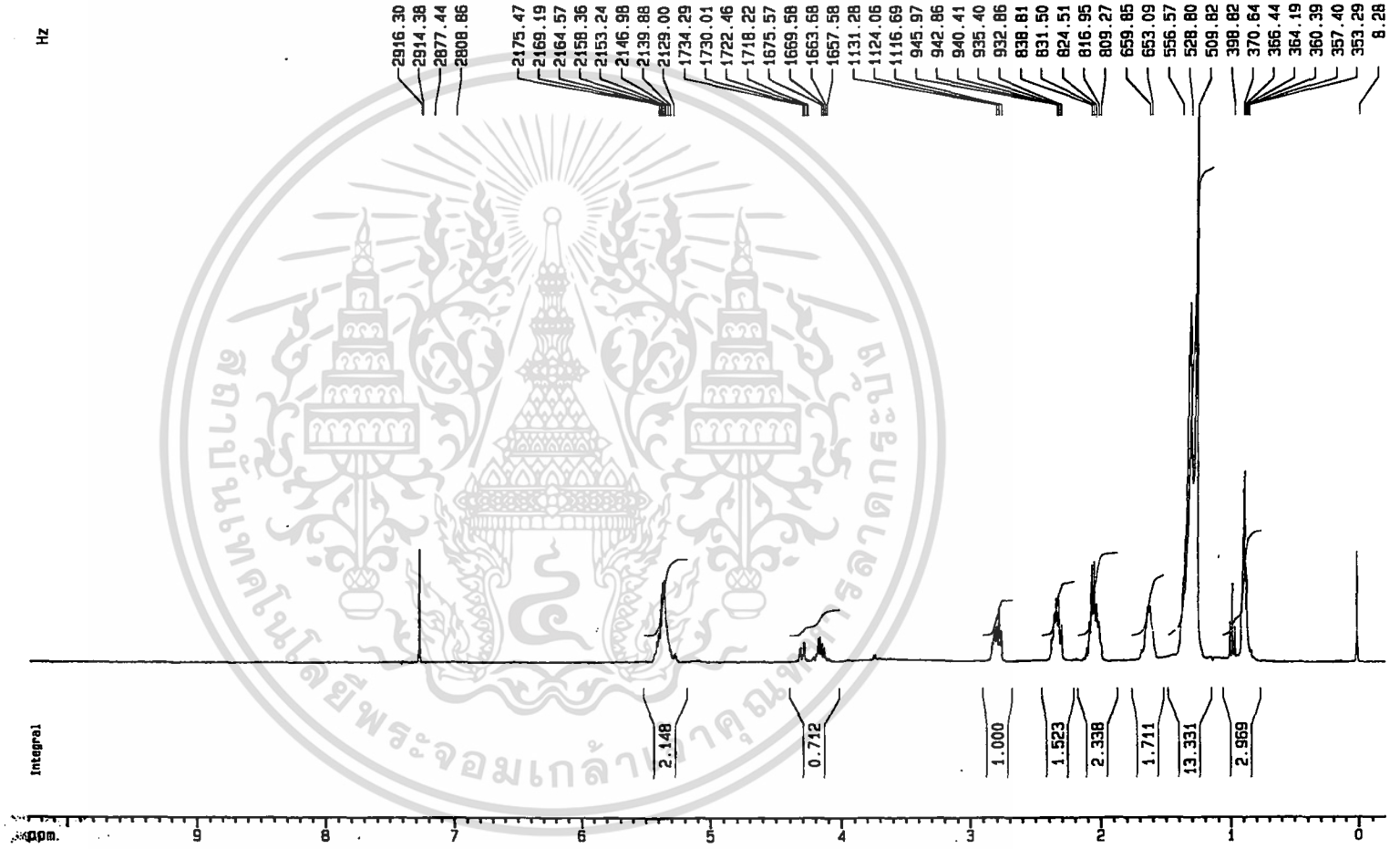
แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมมาตรฐานของน้ำมันเตา



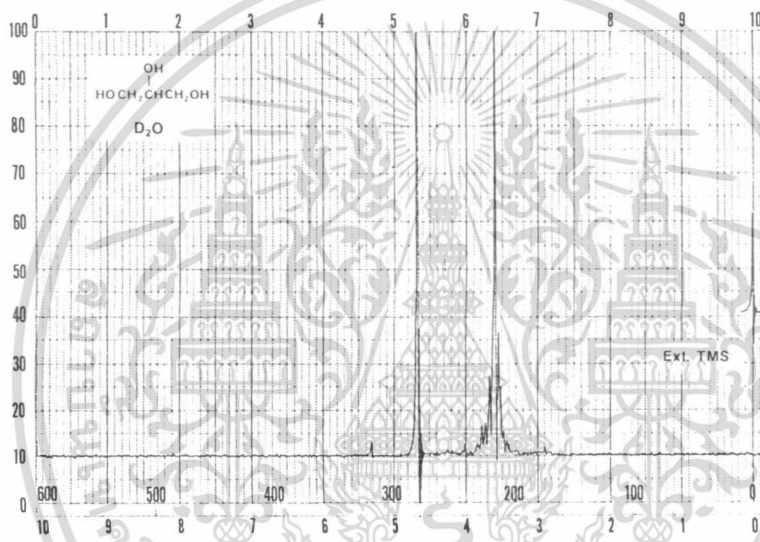
คดีเชิงพาณิชย์ฟ้องขอคุ้มครองสิขมภาพและสิทธิในเครื่องหมายการค้าและสิทธิในสิ่งประดิษฐ์



แสดงนิวเคลียสคาร์บอนที่แตกตัวของน้ำมันดีเซล



13,487-2  
 Glycerol  
 $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$   
 M.W. 92.09 m.p. 18° b.p. 182°/2mm.  $n_D^{20}$  1.4685  
 d 1.261 Beil. 1,502 IR 91H

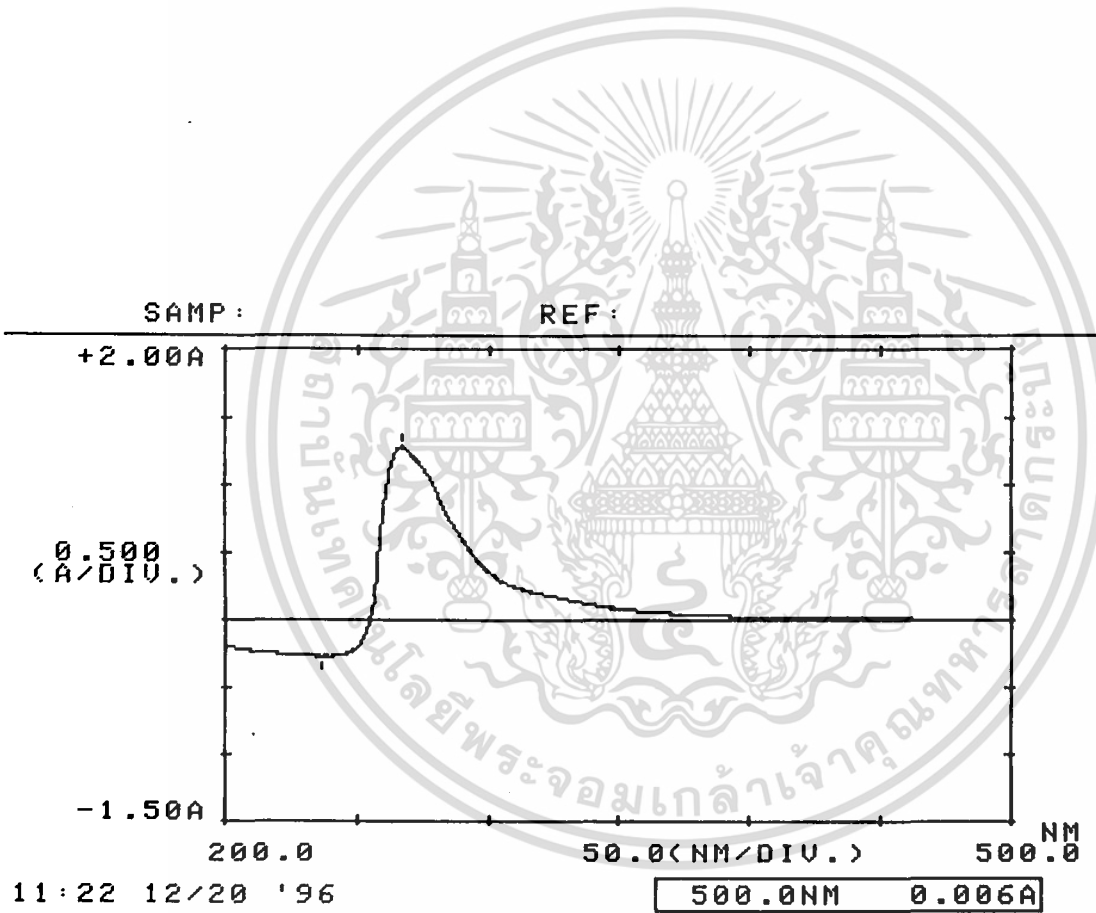


**แสดงนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกตรัมมาตรฐานของกลีเซอรอล<sup>24</sup>**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อที่ 95 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\*\*\* PEAK-PICK \*\*\*

-- PEAK --		-- VALLEY --	
$\lambda$	ABS	$\lambda$	ABS
266.5	1.291	236.5	-0.271

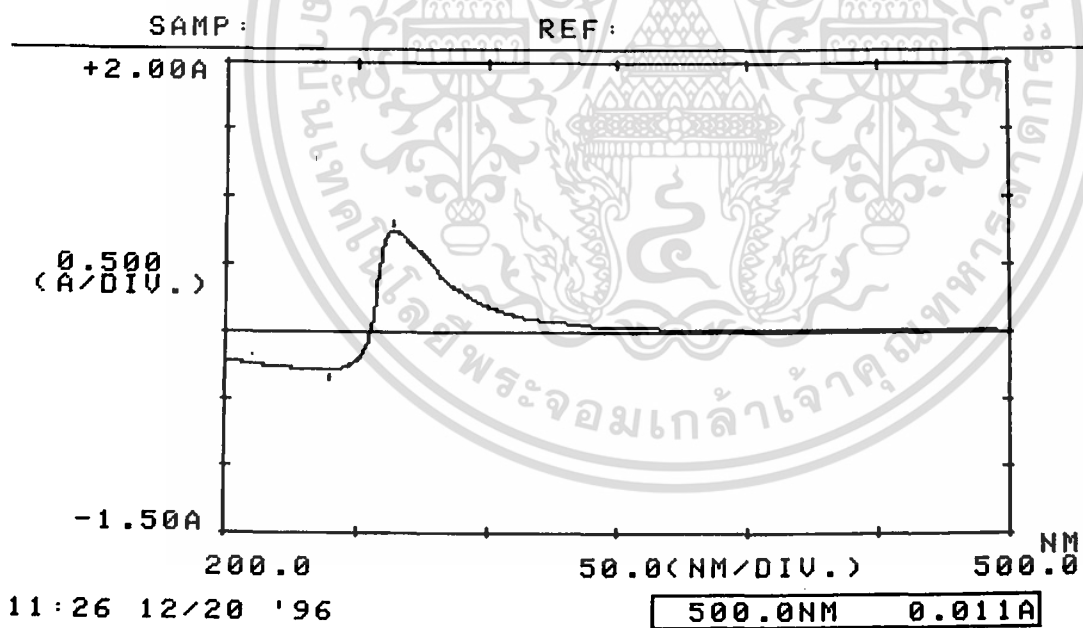


**แสดงอัลตราไวโอเลตสเปกตรัมของน้ำมันลินสีด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\*\*\* PEAK-PICK \*\*\*

-- PEAK --		-- VALLEY --	
$\lambda$	ABS	$\lambda$	ABS
264.0	0.743	239.5	-0.281



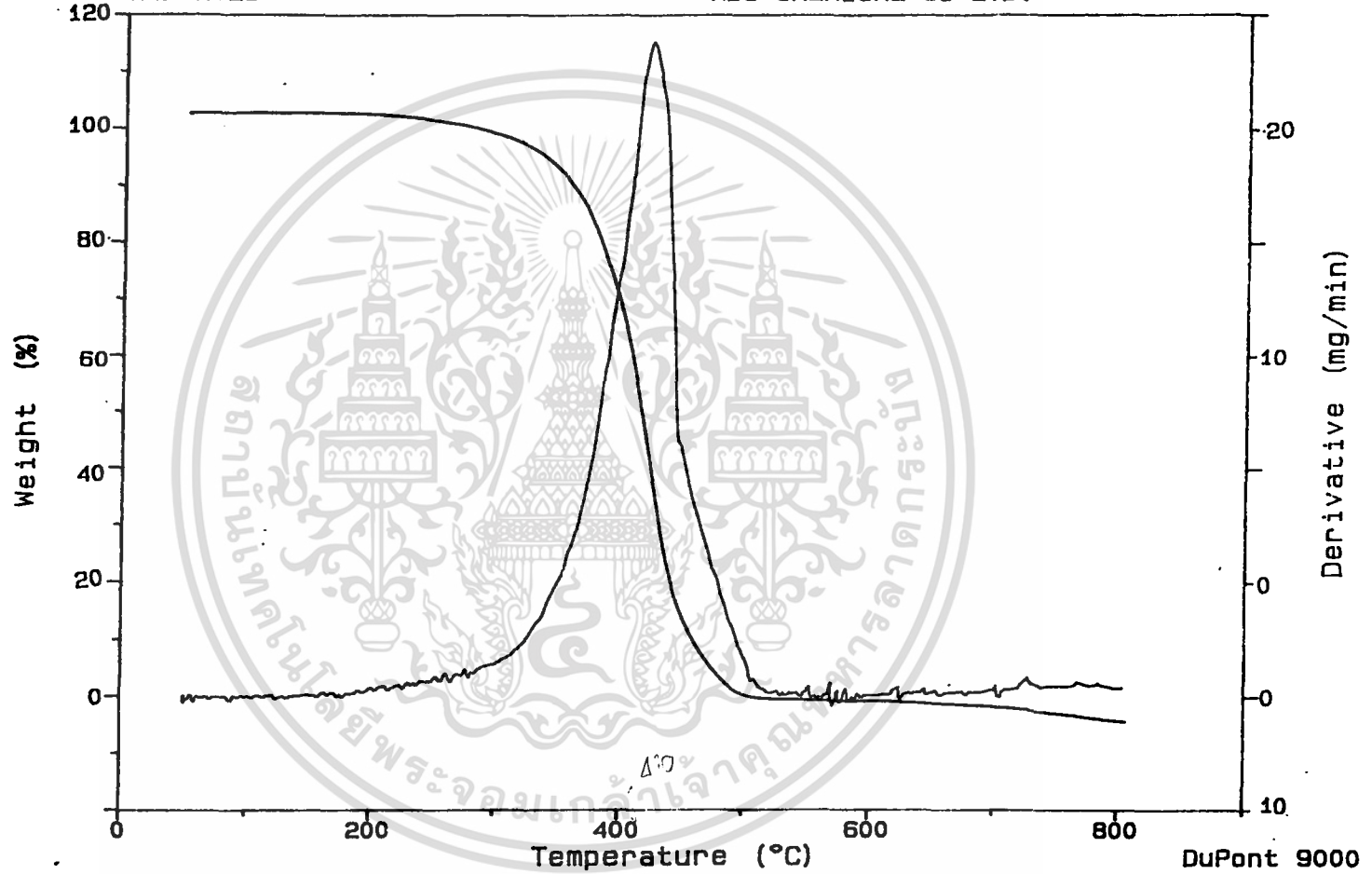
### แสดงอัลตราไวโอเลตสเปกตรัมของน้ำมันตังอิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา<sup>97</sup> และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample: RGL3  
Size: 10.2706 mg Kcell: 0.9523  
Method: RGL3  
Comment: RGL3

TGA

Run: 62  
Operator: CHERRY  
ABC CHEMICAL CO LTD.

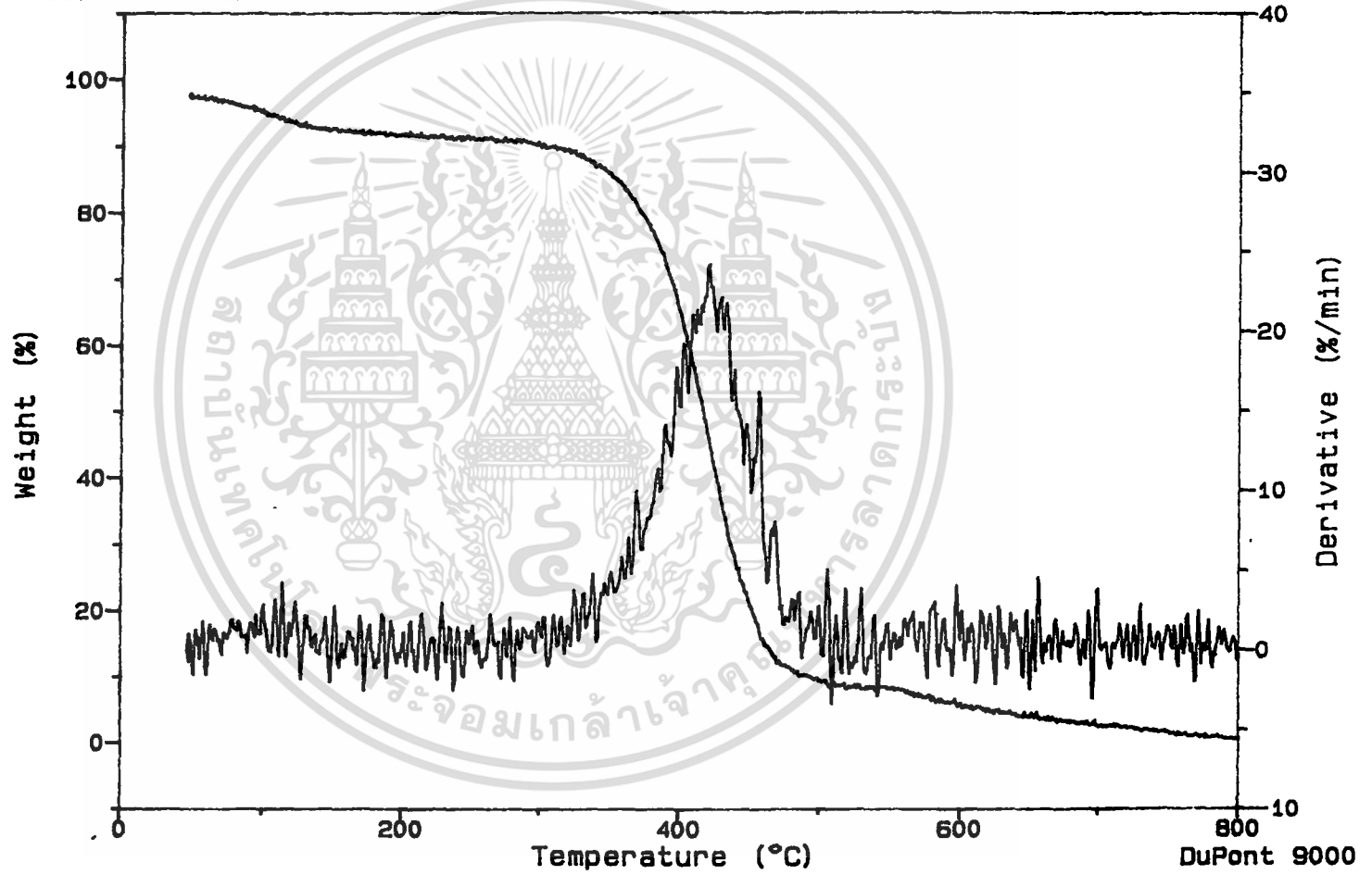


แสดงเทอริโมแกรม (TGA) ของสาร RGL3

Sample: RGL6  
Size: 9.5620 mg Kcell: 0.9523  
Method: RGL6  
Comment: RGL6

TGA

Run: 75  
Operator: AEW  
ABC CHEMICAL CO LTD.



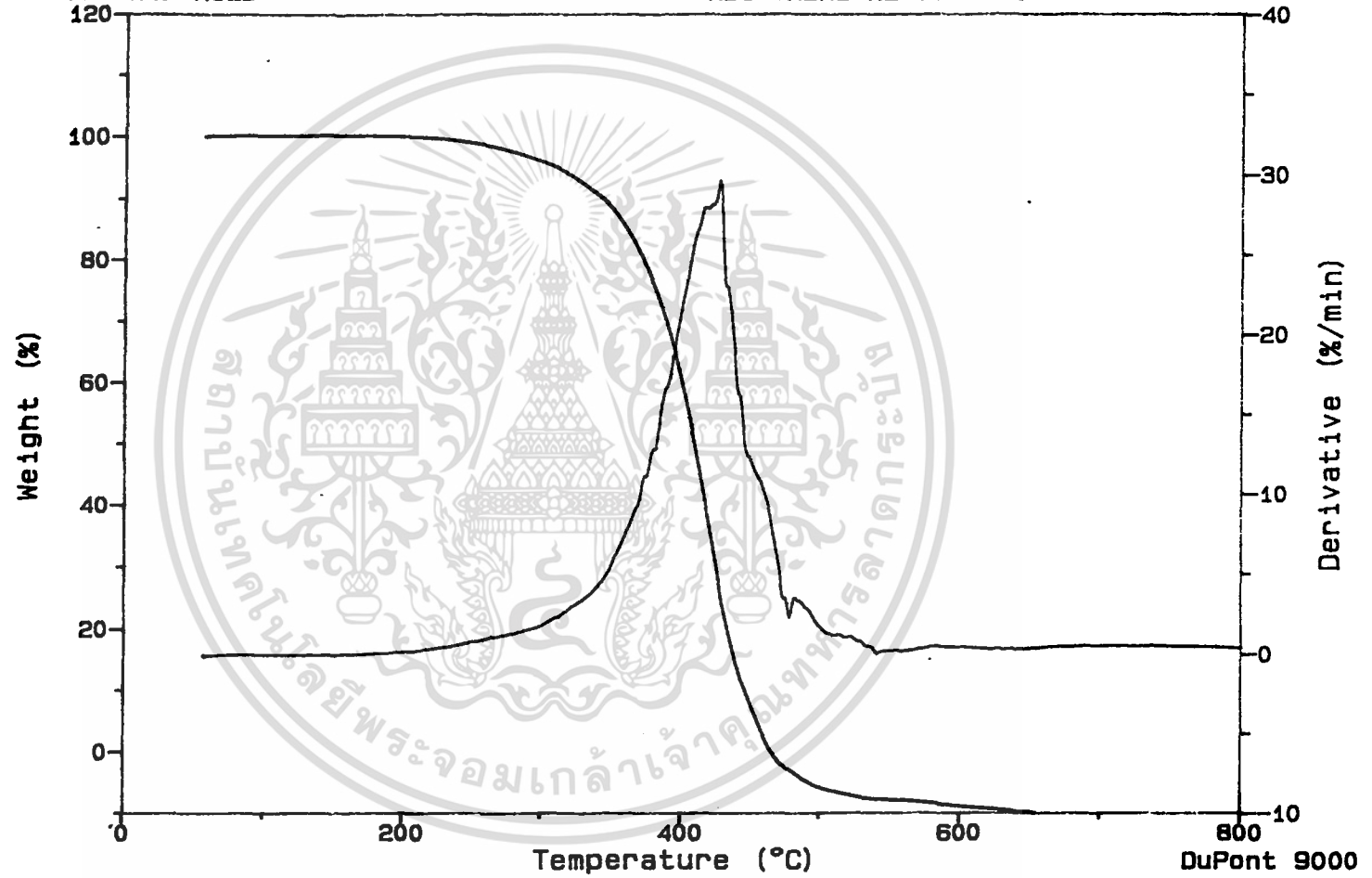
แสดงเทอริโมกราฟ (TGA) ของสาร RGL6

Sample: RGLD  
Size: 9.8135 mg Kcell: 0.9523  
Method: RGLD  
Comment: RGLD

TGA

Run: 68

Operator: R00NG  
ABC CHEMICAL CO LTD.

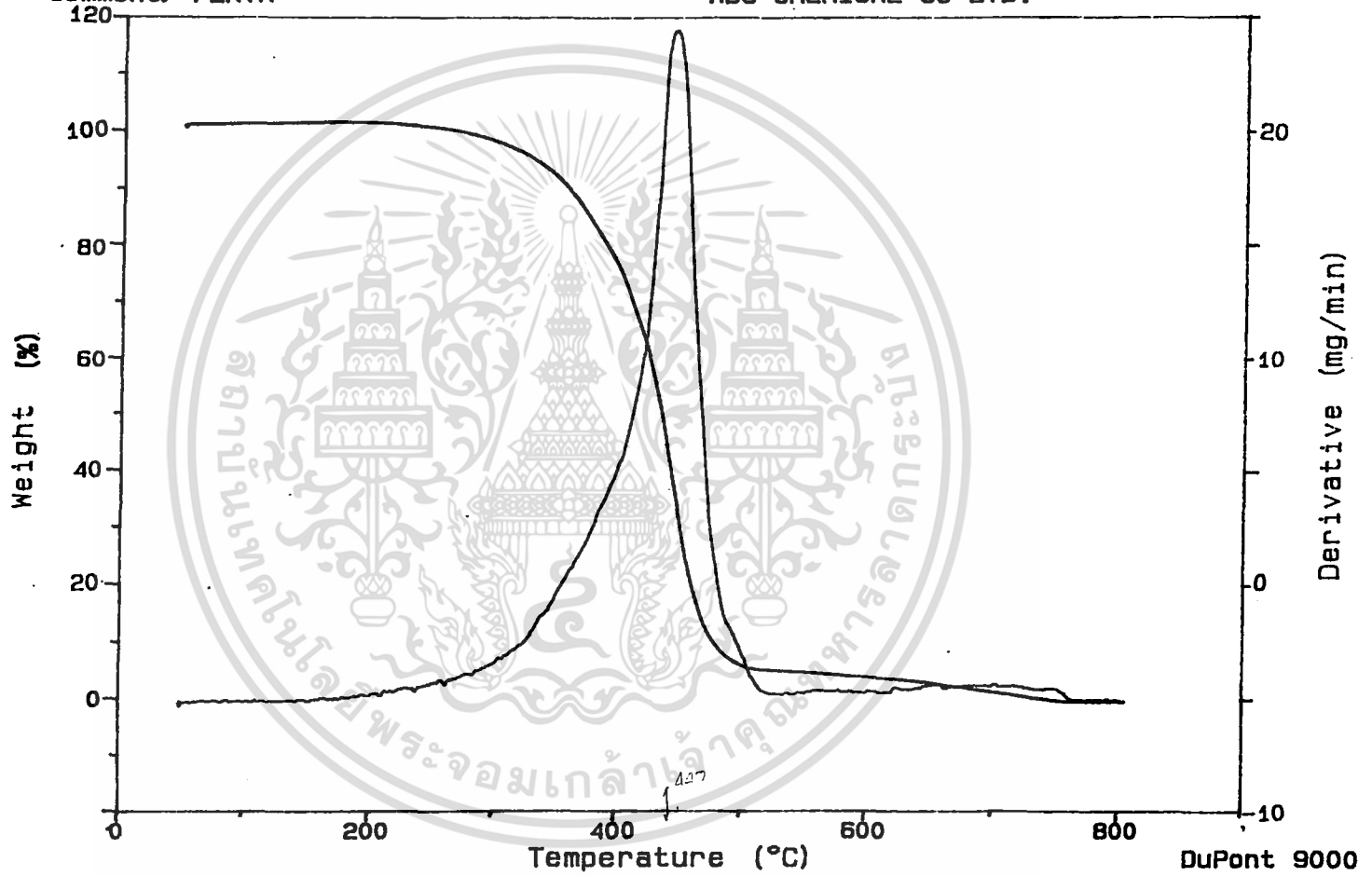


แสดงเทอริโมแกรม (TGA) ของสาร RGLD

Sample: PENTA  
Size: 9.9763 mg Kcell: 0.9523  
Method: PENTA  
Comment: PENTA

TGA

Run: 63  
Operator: CHERRY  
ABC CHEMICAL CO LTD.

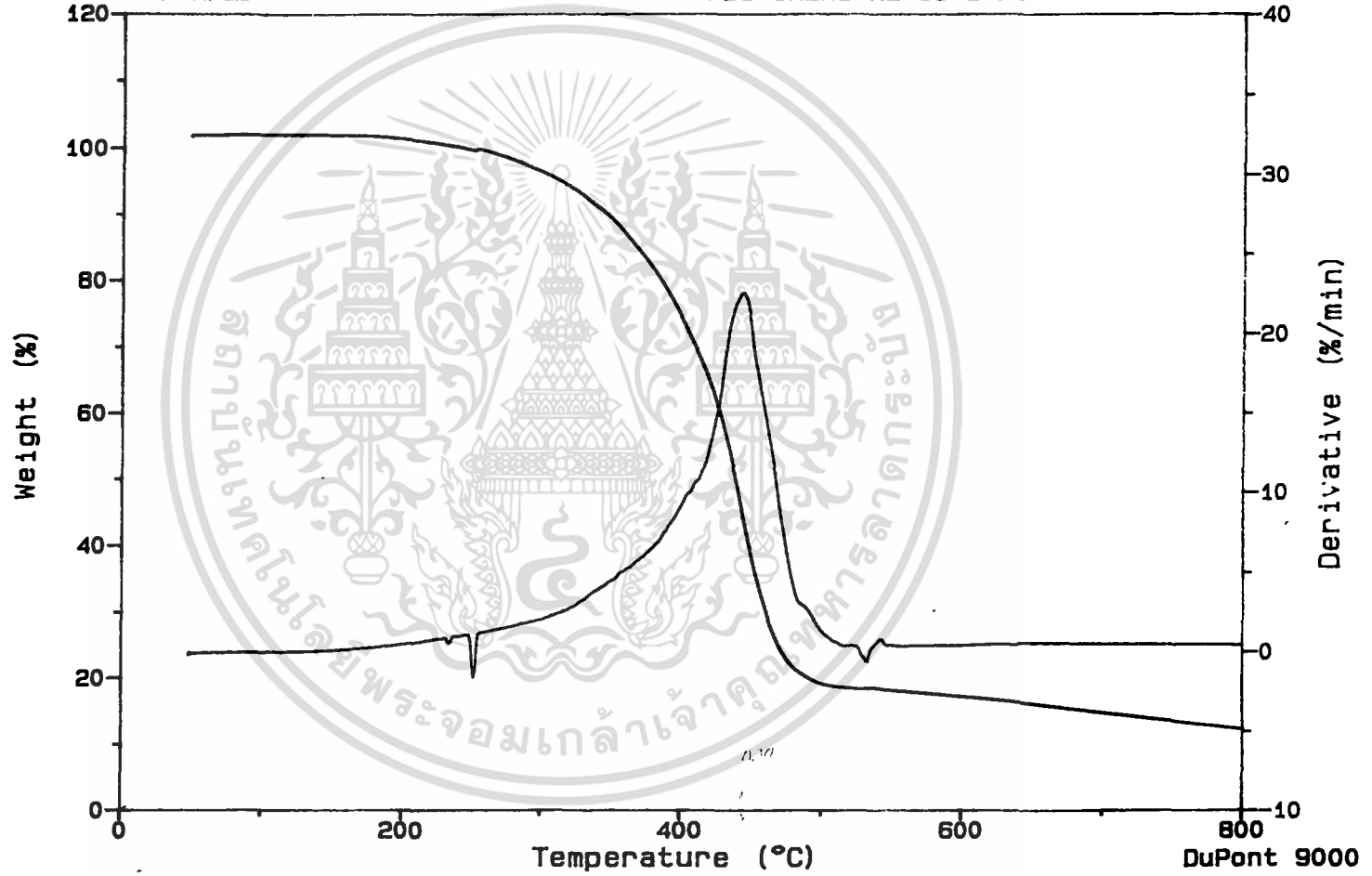


แสดงกราฟในกราฟ (TGA) ของงานวิจัยคุณ RP.LD

Sample: RPLD  
Size: 10.7677 mg Kcell: 0.9523  
Method: RPLD  
Comment: RPLD

TGA

Run: 67  
Operator: ROONG  
ABC CHEMICAL CO LTD.



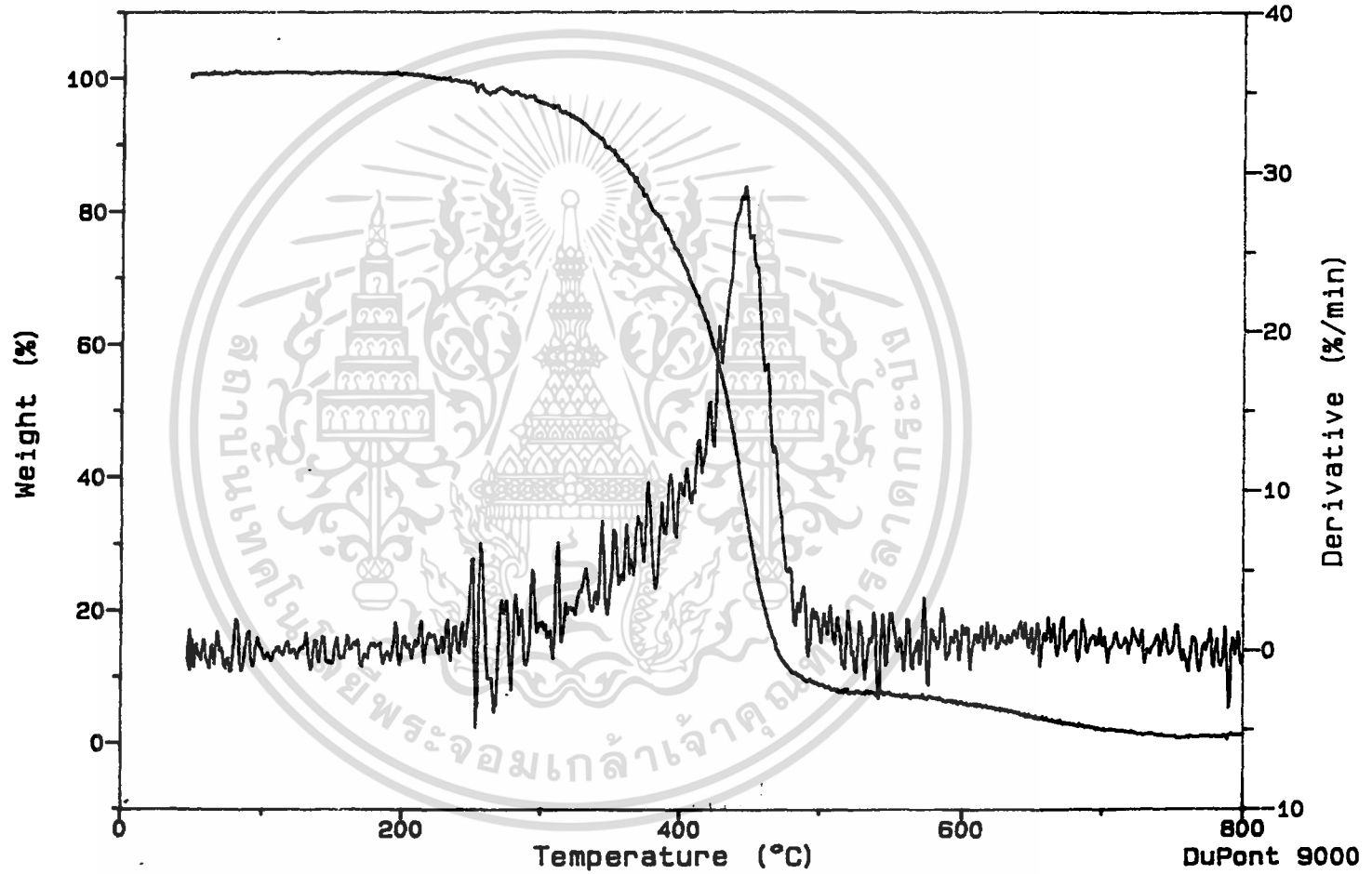
แสดงเทอริโมแกรม (TGA) ของสาร RPLD

Sample: RPBLD  
Size: 10.2610 mg Kcell: 0.9523  
Method: RPBLD  
Comment: RPBLD

TGA

Run: 76

Operator: AEW  
ABC CHEMICAL CO LTD.



แสดงเทอริโมแกรม (TGA) ของสาร RPBLD



**ภาคผนวก ข**  
**ข้อมูลการทดลอง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. การหาค่าสะพานนิฟิเคชันนัมเบอร์

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ = 0.478 โมลาร์

ตาราง ข.1 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชั้นสนด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.478 โมลาร์

ชั้นสนปรับปรุงด้วย	น้ำหนักตัวอย่าง	ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไทเทรต (ซม. <sup>3</sup> )		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
กลีเซอรอล	3.0619	6.6	6.2	6.4
เพนตะอริทริทอล	3.0015	6.5	6.3	6.4
ฟีนอลิกเรซิน (ฟีนอล)	3.0005	5.9	5.7	5.8
ฟีนอลิกเรซิน (พาราเทอร์เทียรีบิวทิลฟีนอล)	2.9912	5.5	5.7	5.6
แมลงค์	-	7.7	7.6	7.65

## 2. การหาค่าความเป็นกรด

ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ = 0.3970 โมลาร์

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ จะใช้ครั้งละ 5 กรัม

### 2.1 ชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยกลีเซอรอล

ตาราง ข.2 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชั้นสนด้วยสารละลาย KOH  
เข้มข้น 0.3970 โมลาร์

ชั่วโมงที่ทำการสุ่มตัวอย่าง	ปริมาตร KOH ที่ใช้ในการไทเทรต (ซม. <sup>3</sup> )	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
3	37.8	37.7
4	6.9	6.8
6	6.55	6.4
8	5.2	5.3
9	4.35	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยเพนตะอิริทอล

ตาราง ข.3 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชั้นสน ด้วยสารละลาย KOH  
เข้มข้น 0.3970 โมลาร์

ชั่วโมงที่ทำการสุ่มตัวอย่าง	ปริมาณ KOH ที่ใช้ในการไทเทรต (ซม <sup>3</sup> )	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
3	23.1	23
5	14.8	14.7
9	7.6	7.6
11	5.5	5.6
13	3.5	3.4

## 2.3 ชั้นสนที่ปรับปรุงด้วยฟีนอลิกเรซินจากฟีนอล

ตาราง ข.4 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชั้นสน ด้วยสารละลาย KOH  
เข้มข้น 0.3970 โมลาร์

ชั่วโมงที่ทำการสุ่มตัวอย่าง	ปริมาณ KOH ที่ใช้ในการไทเทรต (ซม <sup>3</sup> )	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	28.2	28.3
3	13.5	13.4
4	10.3	10.1
6	9	9.1
9	7.5	7.4
11	5	5.1
13	4.6	4.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ขั้นตอนที่ปรับปรุงด้วยพินอลิกเรซินจากพาราเทอร์เทียริบิวทิลพินอล

ตาราง ข.5 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างขั้นสน ด้วยสารละลาย KOH  
เข้มข้น 0.3970 โมลาร์

ชั่วโมงที่ทำการสุ่มตัวอย่าง	ปริมาณ KOH ที่ใช้ในการไทเทรต (ซม <sup>3</sup> )	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	33	33.2
3	50.1	50.2
5	20	20.05
8	12.4	12.3
11	10	10.1
13	6	6
14.5	5.3	5.4
16.5	4.9	5.0
18.5	4.2	4.1

## 3. ค่าไอโอดีน

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ = 0.0959 โมลาร์

ตาราง ข.6 แสดงผลการไทเทรตสารละลายน้ำมัน ด้วยสารละลาย Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
เข้มข้น 0.0959 โมลาร์

ชนิดน้ำมัน	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)		ปริมาณ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ที่ใช้ไทเทรต (ซม.)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
น้ำมันตังอิ้ว	0.1062	0.1034	23.5	23.5
น้ำมันลินสีด	0.1395	0.1310	23.4	24.1
แบลงค์	-	-	39.5	39.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ความหนืด

ทำการวัดความหนืดโดยใช้ถ้วยของฟอร์ดที่มีท่อทางออกหมายเลข 4

ตาราง ข.7 แสดงผลการวัดความหนืดของวารินิช เป็นวินาที

สูตรวารินิช	เวลา (วินาที)
RGL3	40.01
RGL6	41.56
RGLD	49.07
RP <sub>e</sub> LD	39.34
RPLD	43.36
RPBLD	43.49

#### 5. หาปริมาณสารที่ไม่ระเหย

ตาราง ข.8 แสดงผลน้ำหนักของสารก่อน - หลังอบ เพื่อหาปริมาณสารไม่ระเหย

สูตร	น้ำหนักของวารินิชก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักของวารินิชหลังอบ (กรัม)
RGL3	0.40	0.37
RGL6	0.50	0.38
RGLD	0.33	0.29
RP <sub>e</sub> LD	0.38	0.34
RPLD	0.32	0.26
RPBLD	0.31	0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ค**  
**การคำนวณในการทดลอง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การคำนวณค่าต่าง ๆ ในการทดลอง

### 1. ค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์ (Sponnification number)

$$\text{สูตร} \quad \text{ค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์} = \frac{(B - A) \times N \times 56.1}{B}$$

เมื่อ A คือ มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานกรดที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายตัวอย่าง

B คือ มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานกรดที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลงค์

C คือ น้ำหนักของตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นของกรด มีหน่วยเป็นโมลาร์

56.1 คือ มวลโมเลกุลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

### 2. ค่าแสดงความเป็นกรด

$$\text{สูตร} \quad \text{ค่าแสดงความเป็นกรด} = \frac{(AN \times 56.1)}{B}$$

เมื่อ A คือ มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต สารละลายตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

B คือ น้ำหนักของตัวอย่าง

56.1 คือ มวลโมเลกุลของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

### 3. ค่าไอโอดีน

$$\text{สูตร} \quad [(B - A) N \times 12.69] / C$$

เมื่อ A คือ มิลลิกรัมของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไอโอดีนที่ใช้ในการไทเทรตสารตัวอย่าง

- B คือ มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตแบบลงค้
- N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีหน่วยเป็นโมลาร์
- C คือ น้ำหนักชั่งของตัวอย่างเป็นกรัม

4. ค่าความหนืด (สำหรับถ้วยฟอร์ตที่มีท่อทางออกหมายเลข 4)

$$\text{สูตร ความหนืด} = \frac{3.846 t - 17.300}{100} \quad \text{หน่วย สโตกส์}$$

100

เมื่อ  $t$  คือ เวลาการไหลของของเหลว หน่วยเป็นวินาที

5. การหาปริมาณสารที่ไม่ระเหย

$$\text{สูตร ปริมาณสารที่ไม่ระเหย} = \frac{100 m_2}{m_1} \quad \text{หน่วย ร้อยละของนน.}$$

เมื่อ  $m_1$  คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ เป็นมิลลิกรัม

$m_2$  คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ เป็นมิลลิกรัม

## บรรณานุกรม

1. อรุษา สรวารี , สารเคลือบผิว (สี, วาร์นิช และแล็กเกอร์) , พิมพ์ครั้งที่ 1 , สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์ , 2537.
2. กิตติ อรุณานนท์ , นันทวิช โภชนงศ์ และมนิสรา กาสุยะ " การประยุกต์ใช้ชั้นสนทน ในการอนุรักษ์ไม้ " โครงการพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2538.
3. ดล รัตนรักษ์ และบุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์ " การประยุกต์ใช้ชั้นสนทนในการอนุรักษ์ โบราณวัตถุ " โครงการพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2536.
4. Alfred A. Albert in Paint and Varnish Technology , Chapter 7 . pp. 108 - 118.
5. Moustafa , M. And Metwally , M. In Pigment and Resin Technology. 21(8). (1992):12 - 15.
6. Oldring , P. And Haywordd , G. In Resin for Surface Coating Vol. 1 Chapter 3 , Selective Industrial Training Associates Limited , London , 1986.
7. American Society of Testing Material. " Standard Test Method for Total Iodine Value of Drying Oils and Their Derivatives " ASTM. D 1541 - 86 (Reapproved 1995).
8. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง การหา ความหนืด " มอก. 285. เล่ม 14 , 2524.
9. Canadian Government Specifications Board. " Standard for Varnish , General Purpose , Interior " CGSB 1 - GP - 36 M. 1968.
10. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง แผ่น ทดสอบและการเตรียม " มอก. 285 . เล่ม 3 , 2521.
11. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง การหา ความหนาของฟิล์ม " มอก. 285 . เล่ม 5 , 2521.
12. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง การ ทดสอบการแห้งที่ผิวโดยใช้ลูกแก้ว " มอก. 285 . เล่ม 9 , 2524.
13. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แอลซีดีเรซิน วาร์นิช " มอก. 1066 - 2534.
14. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง การ ทดสอบระยะเวลาเมื่อแห้งแข็ง " มอก. 285 . เล่ม 10 , 2524.

15. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง การหาสารที่ระเหยและสารที่ไม่ระเหย " มอก. 285 . เล่ม 6 , 2524.
16. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง การวัดความเงาของฟิล์มสีต่าง ๆ ยกเว้นสีรอนท์ ที่ 20, 60, และ 85 องศา " มอก. 285 . เล่ม 17 , 2524.
17. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง การทนการดัดโค้ง " มอก. 285 . เล่ม 19 , 2525.
18. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง การทนการขูดขีด " มอก. 285 . เล่ม 32 , 2527.
19. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. " วิธีทดสอบสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เรื่อง ความทนน้ำ " มอก. 285 . เล่ม 22 , 2525.
20. American Society of Testing Material. " Standard Recommende Practice for Operating Light - and Water - Exposure Apparatus (Fluorescent UV- Condensation Tape) For Exposure Of Nonmetallic Materials " ASTM. G 53 - 77 , 1977.
21. American Society of Testing Material. " Standard Test Method for Measuring Adhesion by tape test " ASTM. D 3359 - 93 , 1993.
22. Diana , L. Hansen in Sprouse Collection of Infrared Spectra , pp. 275 - 276 , Sprouse Scientific Systems , Ind. Pensylvania.
23. Darlene , R. Brezinski in Infrared Spectroscopy Atlas For the Coatings Industry , 4th ed. Vol. 1 . pp. 648 , Cansolidated Research , Inc.
24. Charles , J. Pouchert in The Aldrich Library of NMR Spectra Vol. 1 , Aldrich Chemical Company ,inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้