



สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานโครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2540

เรื่อง

การพัฒนาการใช้ชั้นสนในการอนุรักษ์ไม้

โดย

ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัครรัตน์

ดร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH

TP

959

PS

ที่ 647ก' น. 1

เลขหมู่.....

117409

เลขทะเบียน.....

วัน เดือน ปี.....

-4 ค.ศ. 2554

b. 12300640
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การศึกษาการนำชั้นสนซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูก มาประยุกต์ใช้ในการซ่อมแซมสถาปัตยกรรมไม้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการนำชั้นสนมาปรับปรุงคุณภาพ โดยทำให้เป็นพอลิเมอร์ร่วมกับ มาเลอิกแอนไฮไดรด์ แล้วนำมาผสมกับสารตัวเติม คือ ซีลี้อย ในอัตราส่วนต่างๆ และเพิ่มความแข็งแรงโดยผสมสารพอลิเมอร์ ประเภทเทอร์โมพลาสติก ได้แก่ พอลิสไตรีน (PS) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) จากนั้นนำมาศึกษาสมบัติด้านการทนต่อแรงอัด และการดูดซึมน้ำ ซึ่งพบว่าชั้นงานที่เตรียมจากสูตรผสมพอลิเมอร์ร่วม LDPE และ ซีลี้อย โดยใช้ความร้อนในอัตราส่วน 5:2.5:2.5 โดยน้ำหนัก จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุด สำหรับสมบัติด้านการดูดซึมน้ำนั้นพบว่า สูตรผสมพอลิเมอร์ร่วม LDPE และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน ในอัตราส่วน 6: 2.5:1.5 จะให้ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก และปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด

การศึกษาในส่วนที่ 2 เป็นการเตรียมน้ำมันชักเงาจากชั้นสน โดยเตรียมให้อยู่ในรูปของ เอสเทอร์กัม หรือ โรซินเอสเทอร์ โดยชั้นสนมาทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับกลีเซอรอลเมื่อนำเอสเทอร์กัมที่ได้มาผสมกับน้ำมันชักแห้ง คือ น้ำมันดงอี๊ว หรือน้ำมันสนสิด จะได้น้ำมันชักเงา ซึ่งนำมาทดสอบสมบัติด้านต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด และระยะเวลาการแห้งตัว โดยเปรียบเทียบตามค่าความเป็นกรดที่ได้ จากการศึกษพบว่า น้ำมันชักเงาที่มีค่าความเป็นกรดต่ำสุด จะมีระยะเวลาในการแห้งตัวเร็วที่สุด

ABSTRACT

The use of rosin for restoration of wooden objects and building was studied into two parts. The first part involves the development of rosin by synthesis of copolymer from the reaction between rosin and maleic anhydride and determination of the suitable formula for restoration of wooden work by variation the proportion of copolymer (rosin-maleic anhydride), sawdust and thermoplastic resins. Polystyrene (PS) and low density polyethylene (LDPE) were used as thermoplastic resins. Then the compressive strength and water absorption content of wooden samples were studied. It was found that the formula prepared by heating the copolymer with LDPE and sawdust in ratio of 5:2.5:2.5 by weight gave the highest compressive strength. The studies on water absorption of the copolymer : LDPE : sawdust formula prepared by heating in ratio of 6:2.5:1.5 by weight gave the lowest percent weight and volume changes.

The second part of this project involves the use of rosin as a starting material for preparation of varnish. Rosin was treated with glycerol by esterification reaction to give the ester gum. The ester gum was then mixed with drying oil such as tung oil or linseed oil. At high temperature, varnish was obtained. The properties of varnish were determined. These included viscosity, density and drying time of varnish. The studies showed that the varnish having low acid value provided shorter drying time.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	vi
สารบัญตาราง	viii
บทที่ 1 บทนำ	
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	
ส่วนที่ 1 ชั้นสน	
2.1 ชั้นสน	4
2.2 แหล่งที่มาและกรรมวิธีการผลิตชั้นสน	4
2.3 สมบัติของชั้นสน	5
2.4 องค์ประกอบของชั้นสน	5
ส่วนที่ 2 พอลิเมอร์ร่วม	7
2.5 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของพอลิเมอร์ร่วมระหว่างชั้นสนกับ มาเลอิก แอนไฮไดรด์	7
2.6 การเกิดพอลิเมอร์ร่วมระหว่างชั้นสนกับมาเลอิก แอนไฮไดรด์	10
ส่วนที่ 3 น้ำมันชักเงา	11
2.7 น้ำมันชักเงา	11
2.8 การแบ่งประเภทของน้ำมันชักเงา	11
2.9 องค์ประกอบของน้ำมันชักเงา	12
2.10 ประเภทของน้ำมันชักเงา	13
2.11 กระบวนการเตรียมน้ำมันชักเงา	13
2.12 เอสเทอร์ กัม	14
2.13 คุณสมบัติของเอสเทอร์ กัม ที่ได้จากปฏิกิริยา	19

บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน	
ส่วนที่ 1 ชั้นสน	
3.1 วัสดุและเคมีภัณฑ์	20
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ตรวจสอบ	20
3.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของชั้นสน	21
ส่วนที่ 2 พอลิเมอร์ร่วม	23
3.4 การสังเคราะห์และการศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์ร่วม	23
3.5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผสมสูตร	25
3.6 การผสมสูตร พอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย และพอลิเมอร์ร่วม เทอร์โมพลาสติก และซีลี้อย โดยใช้ตัวทำละลาย	26
3.7 การผสมสูตร พอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย และพอลิเมอร์ร่วม เทอร์โมพลาสติก และซีลี้อย โดยใช้ความร้อน	28
3.8 การทดสอบสมบัติความแข็งแรงต่อแรงอัด	29
3.9 การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ	30
ส่วนที่ 3 น้ำมันชักเงา	31
3.10 การเตรียมเอสเทอร์ กัม	31
3.11 การไทเทรตหาค่าแสดงความเป็นกรด	36
3.12 การเตรียมน้ำมันชักเงา	36
3.13 การวัดค่าความหนืดของน้ำมัน	38
3.14 การเคลือบไม้ด้วยน้ำมันชักเงา	39
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
ส่วนที่ 1 ชั้นสน	
4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของชั้นสน	40
ส่วนที่ 2 พอลิเมอร์ร่วม	42
4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของพอลิเมอร์ร่วม	42
4.3 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมวัสดุผสมสูตร	44
4.4 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสมชั้นสนกับซีลี้อย และสูตรผสม ชั้นสนเทอร์โมพลาสติกและซีลี้อย ที่เตรียมโดยใช้ตัวทำละลาย	45

	หน้า
4.5 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสมชั้นสนกับซีลี้อยและสูตรผสม ชั้นสนเทอร์โมพลาสติกและซีลี้อย ที่เตรียมโดยใช้ความร้อน	46
ส่วนที่ 3 น้ำมันชักเงา	49
4.6 สมบัติของเอสเทอร์ กัม	49
4.7 การศึกษาสมบัติของน้ำมันชักเงา	51
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์	
ส่วนที่ 1 วัตถุประสงค์	53
5.1 สรุปผลการวิจัย	53
5.2 สรุปผลและวิจารณ์	73
5.3 ข้อเสนอแนะ	74
ส่วนที่ 2 น้ำมันชักเงา	75
5.4 สรุปผลการวิจัย	75
5.5 ข้อเสนอแนะ	77
ภาคผนวก ก สเปกตรัมและเทอร์โมแกรม	78
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลอง	97
ภาคผนวก ค การคำนวณต่างๆในการทดลอง	111
เอกสารอ้างอิง	113



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเรซิน แอซิด ชนิดต่างๆ	6
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ 1) มาเลอิก แอนไฮไดรด์ 2) กรดมาเลอิก	7
รูปที่ 3.1 พอลิเมอร์ร่วมที่สังเคราะห์ได้แต่ยังไม่ได้กลั่นโทลูอินที่เหลือจากปฏิกิริยาออก	24
รูปที่ 3.2 พอลิเมอร์ร่วมที่สังเคราะห์ได้และกลั่นโทลูอินที่เหลือจากปฏิกิริยาออกแล้ว	24
รูปที่ 3.3 ชิ้นงานสำหรับทดสอบสมบัติความแข็งแรงต่อแรงอัด	27
รูปที่ 3.4 ลักษณะการวางชิ้นงานสำหรับทดสอบสมบัติความแข็งแรงต่อแรงอัด	30
รูปที่ 3.5 เอสเทอร์ กัม แบดซ์ที่ 1	31
รูปที่ 3.6 เอสเทอร์ กัม แบดซ์ที่ 2	32
รูปที่ 3.7 เอสเทอร์ กัม แบดซ์ที่ 3	33
รูปที่ 3.8 เอสเทอร์ กัม แบดซ์ที่ 4	34
รูปที่ 3.9 เอสเทอร์ กัม แบดซ์ที่ 5	35
รูปที่ 3.10 น้ำมันชักเงาแบดซ์ต่างๆ	37
รูปที่ 3.11 ไม้ที่ยังไม่ได้ทาน้ำมันชักเงา	37
รูปที่ 3.12 ไม้ที่ทาน้ำมันชักเงาแล้ว	38
รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมชั้นสนกับซีล้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และใช้เวลาในการอบชิ้นงานต่างกัน	56
รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมชั้นสนกับซีล้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน	
รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสมต่างๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน	58
รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบร้อยละของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสมต่างๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน	58
รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงต่อแรงอัด และสูตรผสมพอลิเมอร์ร่วมกับซีล้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และใช้ระยะเวลาอบชิ้นงาน 7 วัน	59
รูปที่ 5.6 ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วม พอลิสไตรีน และซีล้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย	60
รูปที่ 5.7 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย	61

รูปที่ 5.8 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมต่างๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และระยะเวลาในการอบชิ้นงานต่างกัน	62
รูปที่ 5.9 ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสมพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย	63
รูปที่ 5.10 ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสมพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย	63
รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงต่อแรงอัด และสูตรผสมพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน	65
รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม พอลิเมอร์รวมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน	66
รูปที่ 5.13 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน	67
รูปที่ 5.14 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมต่างๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน	68
รูปที่ 5.15 ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสมพอลิเมอร์รวม พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และซีลี้อย	69
รูปที่ 5.16 ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสมพอลิเมอร์รวม พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และซีลี้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน	69
รูปที่ 5.17 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และวิธีใช้ความร้อน	70
รูปที่ 5.18 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และวิธีใช้ความร้อน	71
รูปที่ 5.19 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุดของสูตรผสมที่เตรียมด้วยวิธีการต่างๆ	72
รูปที่ 5.20 ค่าความหนาแน่นของน้ำมันชักเงาแบคซ์ต่าง ๆ	75
รูปที่ 5.21 ค่าความหนืดของน้ำมันชักเงาแบคซ์ต่าง ๆ	76

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สมบัติทั่วไปของชั้นสน	5
ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพของมาเลอิก แอนไฮไดรด์	7
ตารางที่ 4.1 เลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของชั้นสนจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	40
ตารางที่ 4.2 ช่วงอุณหภูมิและร้อยละโดยน้ำหนักที่สูญหายไปในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของชั้นสน	40
ตารางที่ 4.3 สมบัติทางความร้อนและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของชั้นสน	41
ตารางที่ 4.4 สมบัติการละลายของชั้นสนในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ	41
ตารางที่ 4.5 เลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์รวมจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	42
ตารางที่ 4.6 ช่วงอุณหภูมิและร้อยละโดยน้ำหนักที่สูญหายไปในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของพอลิเมอร์รวม	43
ตารางที่ 4.7 สมบัติทางความร้อนและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของพอลิเมอร์รวม	43
ตารางที่ 4.8 สมบัติการละลายของพอลิเมอร์รวมในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ	44
ตารางที่ 4.9 ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสมระหว่างชั้นสนชนิดต่าง ๆ กับซีลี้อย ในอัตราส่วน (โดยน้ำหนัก) 6:4 ที่เตรียมโดยโซอะซีโตนเป็นตัวทำละลายและอบขึ้นงาน 21 วัน	44
ตารางที่ 4.10 ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสมระหว่างพอลิเมอร์รวม กับซีลี้อย ในอัตราส่วน (โดยน้ำหนัก) 6:4 ที่เตรียมโดยโซอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ที่ระยะเวลาอบขึ้นงานต่าง ๆ กัน	45
ตารางที่ 4.11 ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสมระหว่างพอลิเมอร์รวม กับซีลี้อย ในอัตราส่วนต่าง ๆ เตรียมโดยโซอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ที่ระยะเวลาอบขึ้นงาน 7 วัน	46
ตารางที่ 4.12 ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสมระหว่างพอลิเมอร์รวม PS กับซีลี้อย ในอัตราส่วนต่าง ๆ เตรียมโดยโซอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ที่ระยะเวลาอบขึ้นงาน 7 วัน	46

ตารางที่ 4.13 ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์รวม กับซีลี้อย ในอัตราส่วนต่าง ๆ เตรียมโดยใช้ความร้อน	47
ตารางที่ 4.14 ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์รวม LDPE กับซีลี้อย ในอัตราส่วนต่าง ๆ เตรียมโดยใช้ความร้อน	48
ตารางที่ 4.15 เลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของเอสเทอร์ กัม แบทซ์ต่าง ๆ	49
ตารางที่ 4.16 ช่วงอุณหภูมิและร้อยละโดยน้ำหนักที่สูญหายไปในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของเอสเทอร์ กัม	50
ตารางที่ 4.17 ค่าความเป็นกรดของเอสเทอร์ กัม แบทซ์ต่าง ๆ	50
ตารางที่ 4.18 ค่าความหนาแน่นของน้ำมันชักเงาแบตซ์ต่าง ๆ	51
ตารางที่ 4.19 ค่าความหนืดน้ำมันชักเงาแบตซ์ต่าง ๆ	52
ตารางที่ 4.20 ระยะเวลาการแห้งตัวของน้ำมันชักเงาแบตซ์ต่าง ๆ	52
ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของชั้นสนที่ใช้ในการวิจัย กับมาตรฐาน FSC หมายเลข LLL-R-656b	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ไม้เป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างแต่เนื่องจากไม้เป็นอินทรีย์วัตถุจึงสามารถเสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา รวมทั้งอาจถูกทำลายไปโดยสัตว์ประเภทกัดแทะ ดังนั้นในการอนุรักษ์ศิลปโบราณวัตถุเหล่านี้ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอให้กลับคืนสู่สภาพ เดิม ได้มีการใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ประเภทเทอร์โมเซต (Thermoset) ประเภท อีพอกซีเรซิน (Epoxy Resin) มาใช้ในการซ่อมแซม แต่ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีข้อเสีย คือ เมื่อผสมกันจะเกิดการพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ให้สารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นร่างแห (Cross-linked) จึงไม่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ และยังยากต่อการกำจัดออกในกรณีเกิดความผิดพลาดหรือมีการคิดค้นสารตัวใหม่ที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าเดิมมาใช้แทน นอกจากนี้ยังมีราคาแพงอีกด้วย

ได้มีผู้ทำการศึกษาและประยุกต์ใช้ชันสน (Rosin) ซึ่งเป็นชันไม้ชนิดหนึ่งที่ได้จากไม้สกุลสน (Pinus) เป็นวัตถุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูก มาอนุรักษ์ศิลปโบราณวัตถุประเภทไม้ แทนผลิตภัณฑ์ประเภทเทอร์โมพลาสติก ซึ่งได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy Methyl Cellulose, CMC) และ พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate), PVAc) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับพอลิเมอร์สังเคราะห์ประเภทเทอร์โมเซตของ บริษัท ซีบ่า - โกล์ จำกัด และยังสามารถกำจัดออกได้โดยใช้ตัวทำละลาย แต่มีข้อเสีย คือ มีค่าการดูดซึมน้ำสูง

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุผสมสูตรให้ดีขึ้นกว่าเดิม โดยการนำชันสนมาปรับปรุงคุณภาพโดยทำเป็นพอลิเมอร์ร่วมกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride) แล้วทำการผสมสูตรกับซีลเลอร์ในอัตราส่วนต่างๆ กัน นอกจากนี้ยังนำสารเทอร์โมพลาสติก ซึ่งได้แก่ พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density Polyethylene, LDPE) มาใช้เสริมแรงอีกด้วย

การทำน้ำมันชักเงา หรือวารนิช (Varnish) จัดเป็นศิลปะประเภทหนึ่ง มีมาแต่ครั้งโบราณกาล พบหลักฐานในสมัยอียิปต์ ซึ่งต่อมากกรีก และโรมัน ก็รับเอามาใช้และพัฒนาขึ้นตามลำดับ ในสมัยแรกนั้น น้ำมันชักเงาทำขึ้นจากวัสดุหลัก คือ อำพัน (Amber) และเรซิน (Resin) ที่ใช้ต่อมาภายหลังก็มี เช่น Animi, Benzoin, Colophony หรือ Rosin, Copal, Damar, Elemi, Mastic และ Sandarac ซึ่งก็จะนำมาผสมกับน้ำมันชักแห้ง (Drying oil) ไม้ใช้ตัวทำละลายแต่อย่างใด หากต้องการการไหลตัวของน้ำมันชักเงาที่ดีขึ้น ก็ปรับปริมาณของน้ำมันชักแห้งตามความเหมาะสม

สูตรการผลิตน้ำมันชักเงานั้น เป็นการบอกเล่ากันปากต่อปาก และเป็นที่ยุ่จักกันดีก็ เฉพาะในหมู่ศิลปิน และช่างไม้เท่านั้น การเตรียมน้ำมันชักเงาขึ้นใช้งาน ก็เป็นการเตรียม เฉพาะแต่ละครั้งเท่านั้น สูตรในการทำจึงถูกปกปิดเป็นความลับ จนกระทั่งในสมัยกลาง คือ ราวศตวรรษที่ 11 จึงได้มีการปรับปรุงและจดบันทึกเป็นหลักฐานข้อมูลการเตรียมน้ำมันชักเงา เก็บไว้จนศตวรรษที่ 18

การผลิตน้ำมันชักเงาได้ทำเป็นอุตสาหกรรมขึ้นในประเทศอังกฤษ โดยเป็นโรงงานผลิต น้ำมันชักเงา ตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1790 ซึ่งสูตรที่ใช้ในการผลิตก็เป็นตำราเฉพาะที่ได้รับสืบทอด กันมา จนในช่วงระยะเวลา 100 กว่าปีมานี้ ได้มีการค้นพบหลักการและทฤษฎีใหม่ ๆ ทาง วิทยาศาสตร์ขึ้นมากมาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ ได้มีการนำเอาวัตถุ ดิบชนิดใหม่ เข้ามาทำการผลิต ทั้งที่เป็นวัสดุธรรมชาติ และวัสดุสังเคราะห์ ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อ การผลิตน้ำมันชักเงาด้วย ได้มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง และแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น ได้มีการนำ องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันชักเงาชนิดใหม่เข้ามาใช้งาน ซึ่งก็คือ น้ำมันทัง (Tung oil)

องค์ประกอบของน้ำมันชักเงาที่ใช้ คือ ชันสน, น้ำมันดิงอิว และน้ำมันลินดีด โดย ทรายเออร์ที่ใช้ช่วยในด้านคุณสมบัติการแห้งตัว คือ ซิงค์ออกไซด์ ในขั้นตอนเตรียมน้ำมัน ชักเงานั้น ต้องเปลี่ยนชันสนให้อยู่ในรูปของเอสเทอร์ กัม หรือ ไรซินเอสเทอร์ก่อนจึงทำการผสม สูตรกับน้ำมันชักแห้ง เพื่อให้ได้เป็นน้ำมันชักเงา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น การ เคลือบผิวไม้เพื่อยืดอายุการใช้งาน, เพิ่มความทนทาน, การกันน้ำ และเพิ่มความสวยงามให้ แก่เนื้อไม้อีกด้วย

น้ำมันชักเงาที่ได้จะนำมาทำการศึกษาสมบัติเบื้องต้น เช่น ความหนาแน่น, ความหนืด, การแห้งตัว และทำการเปรียบเทียบค่าแสดงความเป็นกรด ว่ามีผลอย่างไรต่อคุณสมบัติของ น้ำมันชักเงาที่ได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา ประยุกต์ และพัฒนาสมบัติเชิงกลของวัสดุที่เตรียมจากการผสมสูตรของชันสน ชี้เลื่อย และเทอร์โมพลาสติก เพื่อนำมาใช้ในงานสงวนรักษาและอนุรักษ์ไม้
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาสมบัติของน้ำมันชักเงาที่เตรียมจากชันสน และเป็นแนวทางในการ นำมาประยุกต์ใช้ในงานเคลือบผิวไม้

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าหาเทอร์โมพลาสติกที่จะนำมาใช้ในการผสมสูตร
2. ศึกษาสมบัติเชิงกลของสูตรผสม ชั้นสน ชี้เลื่อย และเทอร์โมพลาสติกในอัตราส่วนต่าง ๆ ได้แก่
 - สมบัติความแข็งแรงต่อแรงอัด (Compressive Strength)
 - สมบัติการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)
3. ศึกษา และพัฒนาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันชักเงาที่เตรียมจากชั้นสน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำชั้นสน ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูก มาประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์ไม้ได้
2. ได้วัสดุที่มีสมบัติใกล้เคียงกับพอลิเมอร์สังเคราะห์ประเภทเทอร์โมเซต ที่ใช้ในการ อนุรักษ์ศิลปโบราณวัตถุประเภทไม้ที่ชื้นกันอยู่ในปัจจุบัน และสามารถกำจัดออกได้โดยใช้ตัวทำละลาย
3. ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันชักเงาที่สามารถใช้ในการเคลือบทาไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1

ชั้นสน

2.1 ชั้นสน

ชั้นสน (Rosin หรือ Colophony) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากต้นสน โดยมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามกรรมวิธีการผลิต เช่น กัมโรซิน (Gum rosin) , วูดโรซิน (Wood rosin) และ ทอลล์ออยโรซิน (Tall oil rosin)

ชั้นสนที่ได้จากธรรมชาติ, ชั้นสนที่ทำการปรับปรุงคุณภาพและอนุพันธ์ของชั้นสนสามารถนำไปใช้เป็นสารตัวเติม (Additive), สารปรับปรุงคุณภาพ (Modifying agent) และโปรเซสซิงเอเจนต์ (Processing agent) สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตหรือสังเคราะห์พอลิเมอร์ได้

ชั้นสน และอนุพันธ์ของชั้นสนได้มีการใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถที่จะพัฒนา และปรับปรุงเพื่อให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมได้ ชั้นสนมีคุณสมบัติที่ดีหลายด้าน อาทิเช่น คุณสมบัติด้านการยึดติดกับพื้นผิว , ความมันเงา , ความแข็ง , ความทนทานด้านการขัดถู , ความต้านทานน้ำ และสามารถใช้เป็นสารช่วยยึด (Binder) , อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) , พลาสติไซเซอร์ (Plasticiser) และแทคคิไฟเออร์ (Tackifier) ได้อีกด้วย และเนื่องจากชั้นสนมีราคาถูกจึงช่วยลดต้นทุนในการผลิตสารพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้อีกทางหนึ่ง

2.2 แหล่งที่มา และกรรมวิธีการผลิตชั้นสน

ชั้นสนเป็นของแข็ง ใส มีสีเหลืองอ่อนจนถึงน้ำตาล สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทตามลักษณะการผลิต ดังนี้

2.2.1 กัมโรซิน (Gum rosin)

เป็นชั้นที่ได้จากการกรีดต้นสน ซึ่งจะมีน้ำมันสน (turpentine) ปนออกมาด้วย ให้กรองเอากากออก แล้วจึงทำการกลั่นด้วยไอน้ำ เพื่อแยกเอาน้ำมันสนออกไป

2.2.2 วูดโรซิน (Wood rosin)

เป็นชั้นที่ได้จากการนำไม้สนมาสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วจึงกลั่นอีกชั้นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ทอลล์ออยโรซิน (Tall oil rosin)

ได้จากการสกัดแยก และทำการกลั่นลำดับส่วน น้ำมันทอลล์ออยดิบ (Crude tall oil) ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่ได้จากอุตสาหกรรมกระดาษ

2.3 สมบัติของชันสน

ชันสนเป็นของแข็ง เปราะ ที่อุณหภูมิห้อง ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อีทิลแอลกอฮอล์ , อีเทอร์ , เอสเทอร์ , อลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน , อโรมาติกไฮโดรคาร์บอน และ คลอริเนตเตดไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากชันสนเป็นของแข็งอสัณฐาน จึงไม่มีจุดหลอมเหลวที่แน่นอน ดังนั้นจึงค่อยๆ หลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน

ชันสนมีกรดเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นค่าแสดงความเป็นกรดจึงเป็นตัวกำหนดสมบัติที่สำคัญประการหนึ่ง สีของชันสนนั้นมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อน จนถึงสีน้ำตาล ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา กรรมวิธีการผลิต และกรรมวิธีในการสกัด

ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติโดยทั่วไปของชันสน

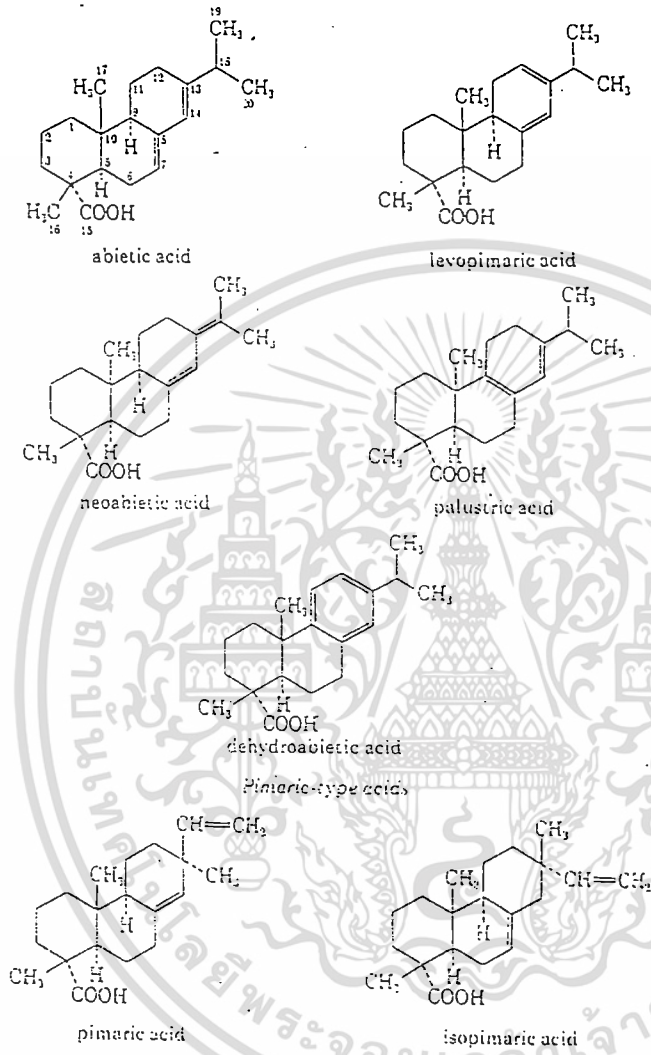
สมบัติ	กัมโรซิน	วูดโรซิน	ทอลล์ออยโรซิน
จุดอ่อนตัว, องศาเซลเซียส	76	73	77
ค่าแสดงความเป็นกรด	164	163	165
ค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์	172	168	174
ส่วนประกอบที่ไม่เป็นสปอนนิฟิเคชัน, %	8	6.5	5
สี (USDA rosin scale)	WG	WG	WG
ดัชนีหักเห ที่ 20 องศาเซลเซียส	1.541	1.545	1.540
ความถ่วงจำเพาะ ที่ 20/4 องศาเซลเซียส	1.07	1.067	1.07

2.4 องค์ประกอบของชันสน

ชันสนเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ประกอบไปด้วยกรดอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง พวกโมโนคาร์บอกซิลิกแอซิด ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกได้ว่าเป็น เรซิน แอซิด (Resin acid)

เรซิน แอซิด เป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่ในชันสนประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือจะเป็นพวกสารประกอบที่เป็นกลาง

โครงสร้างขององค์ประกอบมีลักษณะต่าง ๆ กัน อาทิเช่น กรดอไบเอติก (Abietic acid) , กรดพิมาริก (Pimaric acid) , กรดนีโออไบเอติก (Neoabietic acid) และกรดพาลัสตริก (Palustric acid) ดังรูปที่ 2.1



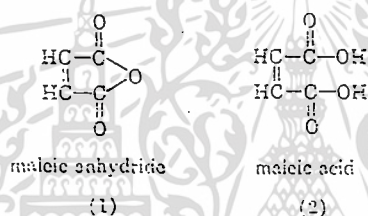
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเรซินแอซิด ชนิดต่าง ๆ

ส่วนที่ 2 พอลิเมอร์รวม

2.5 สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของพอลิเมอร์รวม ระหว่างชั้นสน กับ มาเลอิก แอนไฮไดรด์

มาเลอิก แอนไฮไดรด์ เป็นสารประกอบที่ไม่อิ่มตัว ที่เป็นอนุพันธ์ของกรดมาเลอิก สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายลักษณะ เช่น การผลิตเรซิน , ยาง , กาว , ผงซักฟอก , สารตัวเติม และสารเคลือบผิว

โครงสร้างของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ และกรดมาเลอิก แสดงได้ดังรูปที่ 2.2



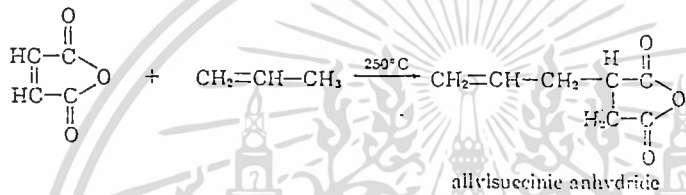
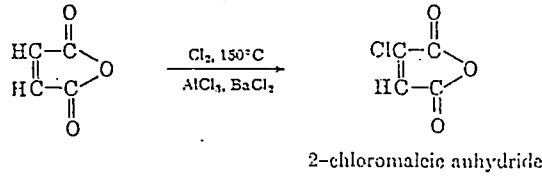
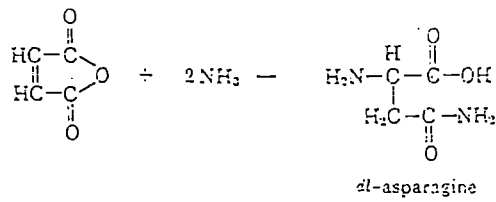
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของ (1) มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (2) กรดมาเลอิก

2.5.1 คุณสมบัติทางกายภาพของมาเลอิก แอนไฮไดรด์

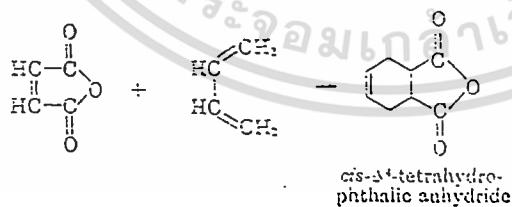
ตารางที่ 2.2 แสดงสมบัติทางกายภาพของมาเลอิก แอนไฮไดรด์

Physical Properties	
crystalline form	orthorhombic needles
heat of formation, solid, kcal/mole	112.2
heat of combustion, solid, kcal/mole	6.0
specific heat	
solid	0.285
liquid	0.396
heat of fusion, kcal/mole	2.75
heat of vaporization, kcal/mole	10.5
heat of hydration to the acid, kcal/mole	8.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



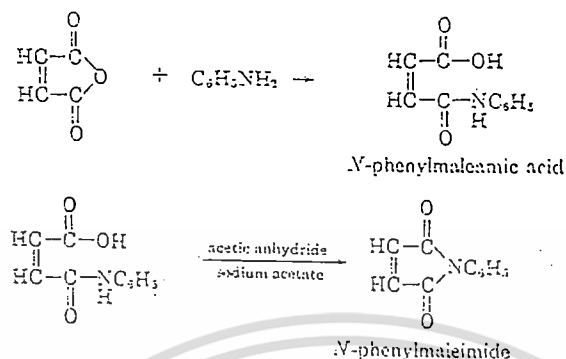
มาเลอิก แอนไฮไดรด์ สามารถเกิดปฏิกิริยาดีลส์-อัลเดอร์ (Diels-Alder) กับคอนจูเกตเตดไดอีน (Conjugated diene) ได้เป็นซิส-ไซโคลเฮกซีนไดคาร์บอกซิลิก แอนไฮไดรด์ (cis-Cyclohexenedicarboxylic anhydrides) ตัวอย่างเช่น ทำปฏิกิริยากับบิวทาไดอีน (Butadiene) จะได้ ซิส-4,4-เตตราไฮโดรฟทาลิก แอนไฮไดรด์ (cis-4,4-Tetrahydrophthalic anhydride) ดังแสดง



ข. ปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอกซิลิก

มาเลอิก แอนไฮไดรด์สามารถทำปฏิกิริยากับ โมโนไฮดริค อัลกอฮอล์ (Monohydric alcohol) และพอลิไฮดริค อัลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol) โดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็น

โมโนเอสเตอร์ (Monoester) และพอลิเอสเตอร์ (Polyester) ตามลำดับ และสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเอมีนได้ ดังสมการ

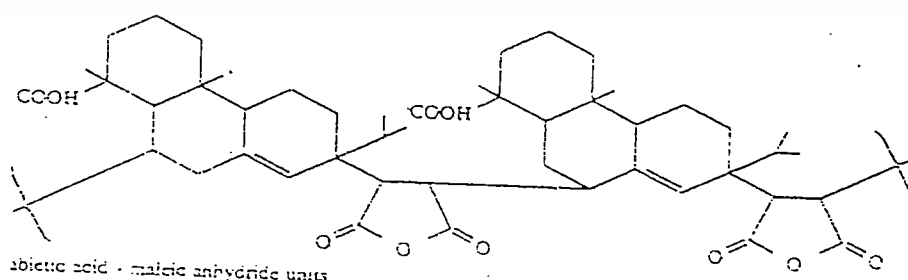


2.6 การเกิดพอลิเมอร์ระหว่างชั้นสน กับมาเลอิก แอนไฮไดรด์

ชั้นสนที่จะนำมาเตรียมเป็นพอลิเมอร์รวมใช้ได้ทั้ง กัมโรซิน , วูดโรซิน และทอลล้อยโรซิน โดยในการเตรียมพอลิเมอร์รวมนี้ต้องประกอบไปด้วย ชั้นสน , มาเลอิก แอนไฮไดรด์ , อนุมูลอิสระ และตัวทำละลายที่เหมาะสม ให้ความร้อนเพื่อทำปฏิกิริยาเป็นระยะเวลาหนึ่ง จะได้ของผลมของ โรซินไดเมอร์ , โรซินมาเลอิก แอนไฮไดรด์ แอ็ดดัก และพอลิเมอร์รวมระหว่างชั้นสนกับมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 1,200

จากการวิเคราะห์เชื่อว่ากรดอไบเอติก (Abietic acid) และกรดนีโออไบเอติก (Neoabietic acid) เกิดเป็นพอลิเมอร์รวม แต่กรดพาลัสตริก (Palustric acid) เกิดเป็น 1: 1 Diels-Alder adduct

พอลิเมอร์รวมที่เกิดขึ้นเชื่อว่าเป็น 1: 1 ของเรซิน แอซิด : มาเลอิก แอนไฮไดรด์ ที่มีโครงสร้างแบบเส้นตรง โดยอยู่กันอย่างสลับกันไปมา ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง มาเลอิก แอนไฮไดรด์ กับกรดอโบเอติก ควรอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 1.5 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของผสม โดยจะมีน้ำหนักโมเลกุลอย่างน้อย 1,200 (โดยปกติอยู่ในช่วง 3,000 - 10,000) มีจุดหลอมเหลวเพิ่มขึ้น ความแข็งเพิ่มมากขึ้น ละลายในอัลกอฮอล์ได้ดีลง ความสามารถในการเหนียวทำให้เกิดการตกผลึกลดลง ความเหนียวลดลง แต่ความหนืด และดัชนีการหักเหเพิ่มขึ้น

ส่วนที่ 3 น้ำมันชักเงา

2.7 น้ำมันชักเงา

น้ำมันชักเงา คือ ของเหลวเนื้อเดียวที่มีความใส จะเกิดการแห้งตัวได้เมื่อสัมผัสกับอากาศ และถ้าเคลือบลงไปบนพื้นผิวใดแล้วจะได้เป็นชั้นฟิล์มบางใส อาจเรียกน้ำมันชักเงาได้ว่าเป็นสีทา (Paint) ที่ปราศจากสี (Pigment) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า สารตัวพา (Vehicle) ในสีทา ก็คือ น้ำมันชักเงา

ประโยชน์ของน้ำมันชักเงา คือ ใช้สำหรับเคลือบผิววัสดุใด ๆ เพื่อป้องกันการขูดขีด และยังใช้ตกแต่งเพื่อให้เกิดความสวยงามอีกด้วย

2.8 การแบ่งประเภทของน้ำมันชักเงา

โดยทั่วไป สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

2.8.1 สปิริตวาร์นิช (Spirit varnish)

เป็นน้ำมันชักเงาที่ได้จากการผสมกันระหว่าง เรซิน และตัวทำละลายที่ระเหยได้ (Volatile solvent) เกิดการแห้งตัวเป็นแผ่นฟิล์มได้ด้วยการระเหยเท่านั้น โดยแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้น ก็คือ องค์ประกอบที่ไม่ระเหยไป ซึ่งก็คือ เรซิน นั่นเอง ฟิล์มที่ได้จะมีลักษณะแข็ง เหนียว และพื้นผิวไม่เรียบ

2.8.2 น้ำมันวาร์นิช (Oleoresinous varnish)

เป็นน้ำมันชักเงาที่ได้จากการผสมกันระหว่าง เรซิน , น้ำมันชักแห้ง , ทินเนอร์ (Thinner) และดรายเออร์ (Drier) ส่วนหนึ่งจะเกิดการแห้งตัวเป็นแผ่นฟิล์มได้ด้วยการระเหย อีกส่วนจะเกิดการแห้งตัวเป็นแผ่นฟิล์มได้ด้วยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันควบคู่กันไป โดยการแห้งตัวของทั้ง 2 ส่วนนี้ สามารถเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้ด้วยดรายเออร์

2.9 องค์ประกอบของน้ำมันวาร์นิช

แยกโดยละเอียดได้ดังนี้

2.9.1 เรซิน

เรซินโดยทั่วไปมีลักษณะแข็ง ละลายได้ในน้ำมัน และเกิดการกระจายตัวในน้ำมันได้เมื่อให้ความร้อน หน้าที่ของเรซิน คือ เพิ่มความแข็งและความมันเงาให้แก่แผ่นฟิล์มของน้ำมันชักเงา นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มการยึดติดกับผิววัสดุอีกด้วย การเลือกใช้เรซินที่เหมาะสมก็สามารถให้สมบัติการแห้งตัวที่ดีของฟิล์มน้ำมันชักเงาได้ และชนิดของเรซินที่ใช้ก็มีผลด้านความทนทานต่อสารเคมี และความเป็นฉนวนไฟฟ้าของฟิล์มอีกด้วย

2.9.2 น้ำมันชักแห้ง

น้ำมันชักแห้งเป็นสารที่ช่วยในการทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มของน้ำมันชักเงาโดยแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นอาจมีลักษณะเป็นฟิล์มแข็ง หรือ ฟิล์มอ่อนก็ได้ นอกจากนั้นน้ำมันชักแห้งยังให้สมบัติด้านความทนทาน และความยืดหยุ่นแก่แผ่นฟิล์มอีกด้วย ในการเตรียมน้ำมันชักเงานั้นอาจใช้น้ำมันชักแห้งเพียงตัวเดียวหรือใช้หลายตัวผสมกันก็ได้ น้ำมันชักแห้งที่มีปริมาณของลินอเลอิคมาก จะให้การแห้งตัวที่ช้า และเกิดเป็นแผ่นฟิล์มอ่อน โดยทั่วไปนิยมใช้น้ำมันทั้งเป็นน้ำมัน ชักแห้ง เนื่องจากให้การแห้งตัวที่ดี สามารถทนน้ำ และสารเคมีได้

2.9.3 ทินเนอร์

วัตถุประสงค์ของการใช้ทินเนอร์ คือ เพื่อปรับความหนืดของน้ำมันชักเงาให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานในลักษณะต่างๆ เช่น การทา, การฉีดพ่น, การใช้ลูกกลิ้ง, การจุ่ม ฯลฯ สำหรับน้ำมันชักเงาที่เหมาะสมกับงานทานั้น จะมีความหนืดที่ประมาณ 2 พอยส์ ที่ 25 องศาเซลเซียส ทินเนอร์ที่ใช้โดยทั่วไป คือ ไวท์ สปีริต (White spirit)

2.9.4. ทรายเออร์

ทรายเออร์เป็นสารที่เร่งให้เกิดการแห้งตัวให้เกิดเร็วขึ้น โดยจะเติมลงไปเพียง 0.1% การใช้ทรายเออร์ผสมกันหลายชนิด จะให้ผลที่ดีกว่าการใช้ทรายเออร์เพียงชนิดเดียว

ทรายเออร์ที่นิยมใช้จะอยู่ในรูปสารประกอบของโลหะดังต่อไปนี้

- ตะกั่ว
- มังกานีส
- ลังกะสี
- เหล็ก
- แคลเซียม
- โคบอลต์

2.10 ประเภทของน้ำมันชักเงา

องค์ประกอบที่ระเหยของน้ำมันชักเงา คือ ทินเนอร์ และสารละลายที่มีในเนื้อน้ำมันชักเงา ส่วนองค์ประกอบที่ไม่ระเหยหรือปริมาณของแข็งก็คือน้ำหนักของแผ่นฟิล์มแห้ง

น้ำมันชักเงาที่มีคุณสมบัติที่ดีควรมีน้ำหนักของแผ่นฟิล์มแห้งประมาณ 60 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ การจำแนกชนิดของน้ำมันชักเงาอาจแบ่งได้ตามอัตราส่วนระหว่างเรซิน:น้ำมันชักแห้งได้ดังนี้

Resin : oil proportion	Varnish
1 : 0.5 to 1 : 2	Short oil
1 : 2 to 1 : 3	Medium oil
1 : 4 to 1 : 5	Long oil

จากตารางข้างบน Short oil varnish มีการแห้งตัวที่รวดเร็ว ได้แผ่นฟิล์มแข็ง และมีความมันเงามากแต่จะมีความยืดหยุ่นน้อย ส่วนใหญ่ใช้กับงานภายใน

สำหรับ Long oil varnish จะมีการแห้งตัวที่ช้ากว่า แต่มีความยืดหยุ่นและมีความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศดี เหมาะสำหรับงานทาภายนอก และใช้เป็นสารตัวกลางสำหรับสีทาภายนอก

2.11 กระบวนการเตรียมน้ำมันชักเงา

จากองค์ประกอบทั่วไปของน้ำมันชักเงา คือ ชันสน, น้ำมันชักแห้ง, ทินเนอร์และทรายเออร์ นำทั้งหมดมารวมกันเพื่อเตรียมเป็นน้ำมันชักเงาได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากชั้นสนหรือโรซิน ต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเอสเทอร์ กัม (Ester gum) เพื่อ
สมบัติที่ดีขึ้น เนื่องจากถ้านำชั้นสนมาเตรียมเป็นน้ำมันชักเงาจะให้คุณสมบัติด้อยหลาย
ประการ เช่น คุณสมบัติการแห้งตัวจะช้า ทนสารประเภทอัลคาไลได้ไม่ดี จึงต้องนำมาทำให้อยู่
ในรูปอนุพันธ์ของชั้นสน ซึ่งก็คือ เอสเทอร์กัม หรือ โรซินเอสเทอร์

2.12 เอสเทอร์ กัม

เอสเทอร์กัม หรือ โรซินเอสเทอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างชั้นสน
กับอัลกอฮอล์หรือสารประกอบไฮดรอกซีเช่น กลีเซอรอล โดยจะเกิดเป็นปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน

2.12.1 อัลกอฮอล์ที่ใช้ทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับชั้นสน

- โมโนไฮดริคอัลกอฮอล์ (Monohydric alcohol)

เช่น เมทิล, เอทิล, ไอโซโพรพิล, ไอโซบิวทิล, เฮกซิล, อลิล, เบนซิล, คอเลส-
เทอริล, เมทิล, ลเตียริล, ซีริล, ไมริทิล, ซิดิล และเฮกซิลอัลกอฮอล์

- โพลีไฮดริคอัลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol)

เช่น กลีเซอรอล, โพลีกลีเซอรอล, เอทิลีน, ไดเอทิลีน, บิวทิลีนไกลคอล, เพนตะอริ-
ทริทอล, แมนนิทอล และซอพิทอล

2.12.2 เอสเทอร์ฟายอิงเอเจนท์ตัวอื่น ๆ

เช่น ฟีนอล, ครีซอล, แนฟทอล, รีซอซินอล, อะเซติน, คลอโรไฮดริน, ไบรโมไฮ-
ดริน, อัลคิลีนออกไซด์, คลอโรอีเทอร์, เบนซิล, เมทิลเบนซิล, เบนซิล โทลิล,
และไซลิคลอไรด์

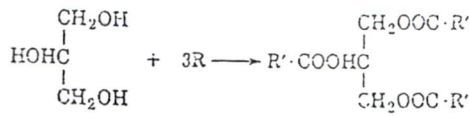
2.12.3 โครงสร้างของเอสเทอร์กัม

องค์ประกอบหลักของชั้นสนคือ อะไบเอติกแอซิด (Abiatic acid) ซึ่งเป็นโมโนเบสิก
แอซิด มีอยู่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามทฤษฎีแล้ว 1 โมเลกุลของกลีเซอรอลจะทำปฏิกิริยา
กับ 3 โมเลกุลของอะไบเอติกแอซิด เกิดเป็นเอสเทอร์ โดยเมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นจะได้เอสเทอร์กัม
ในรูปของ ไตรเรซิเนท (Triresinate)

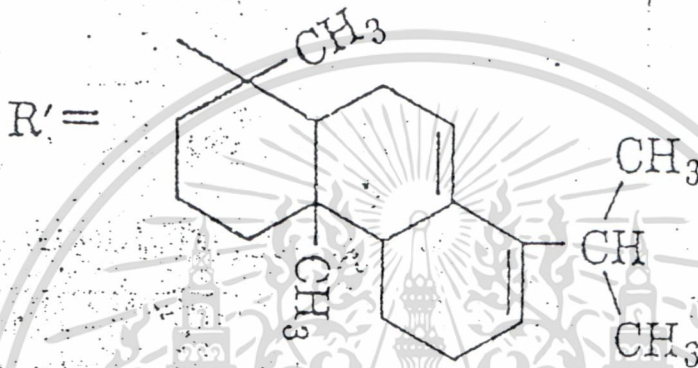
อย่างไรก็ตาม อะไบเอติก 1 หรือ 2 โมเลกุลก็สามารถทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอลได้ เกิด
เป็นโมโนหรือไดเรซิเนท แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความทนทานต่อความชื้นที่แตกต่างกันออกไป



ในการผลิตเอสเทอร์กัมในรูปของไตรเรซินเท มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังนี้



R = Rosin



2.12.4 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างชันสนกับกลีเซอรอล

ในการทำเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างชันสนกับกลีเซอรอล มีหลายวิธีที่แตกต่างกันดังนี้ อาจให้ความร้อนกับชันสนแล้วเติมกลีเซอรอลในปริมาณที่มากเกินไป ชันสนจะเกิดการหลอมตัว จากนั้นให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่จะทำปฏิกิริยาได้โดยสมบูรณ์ หรือ ให้ความร้อนแก่ชันสน อุณหภูมิเกิดปฏิกิริยา จากนั้น เติมกลีเซอรอลลงไปชันสนที่กำลังร้อนจะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันทันที อาจมีการกำจัดน้ำออกโดยใช้โดยใช้กระบวนการลดความดันหรือเติมสารประกอบประเภทกรดซึ่งสามารถดูดน้ำได้ ดังนั้นในการทำปฏิกิริยาควรออกแบบคอนเดนเซอร์เพื่อให้ความสามารถควบแน่นไอระเหยของกลีเซอรอลให้กลับลงในปฏิกิริยาและสามารถกำจัดไอน้ำออกไปได้

วิธีอื่น ๆ ที่จะเตรียมเอสเทอร์กัมก็อาจทำได้โดย เตรียมสารละลายของชันสนในอัลกอฮอล์แล้วนำไปทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน โดยทั่วไปจะเริ่มทำปฏิกิริยาโดยให้ความร้อนแก่ชันสนจนกระทั่งเกิดการหลอมตัวโดยสมบูรณ์ จากนั้นจึงเริ่มเติมกลีเซอรอลเข้าทำปฏิกิริยาในลักษณะของกลีเซอรอลร้อน ระยะเวลาในการเติมกลีเซอรอลอาจจะประมาณ 2 ถึง 3 ชั่วโมงขึ้นกับขนาดของแบตเตอรี่และอุปกรณ์ (ในระหว่างทำปฏิกิริยาต้องทำการปั่นกวาดตลอดเวลา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทันทีที่กลีเซอรอลสัมผัสกับชั้นสนที่หลอมเหลวจะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน และมีไอน้ำเกิดขึ้นด้วย ถ้าการเติมกลีเซอรอลเป็นไปอย่างรวดเร็วปฏิกิริยาจะเกิดรุนแรง และเมื่อเติมกลีเซอรอลหมดโดยสมบูรณ์แล้วอุณหภูมิจะขึ้นสูงถึง 290 องศาเซลเซียส และเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ จุดนี้ต้องมีการลดความดันเพื่อทำการกำจัดน้ำและกลีเซอรอลที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา เพื่อป้องกันการรบกวนต่อคุณสมบัติของเอสเทอร์กัมที่ได้

การผลิตเอสเทอร์กัม จะทำให้น้ำและองค์ประกอบที่ระเหยได้ระเหยออกไป ซึ่งก็หมายถึงว่ากลีเซอรอลจำนวนหนึ่งจะระเหยออกไปด้วย ดังนั้นในการทำปฏิกิริยาจึงควรทำการรีฟลักซ์และใช้ปริมาณของกลีเซอรอลให้มากกว่าตามทฤษฎีประมาณ 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการเร่งปฏิกิริยาและชดเชยปริมาณกลีเซอรอลที่ระเหยออกไป และเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาก็จะกำจัดปริมาณกลีเซอรอลที่มากเกินไปออกไปด้วยการกลั่นลดความดัน

ก. อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา

ความเร็วของปฏิกิริยาสามารถควบคุมได้ด้วยการกำหนดอุณหภูมิ โดยปฏิกิริยาระหว่างชั้นสนกับกลีเซอรอลสามารถเกิดได้ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้รวดเร็ว และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปฏิกิริยานี้คือ 280 องศาเซลเซียส แต่จะไม่ใช้อุณหภูมิที่สูงกว่านี้เนื่องจาก

- กลีเซอรอลจะเดือดที่ 290 องศาเซลเซียส
- ชั้นสนจะเกิดการเปลี่ยนสี และเกิดการสลายตัว

ตามทฤษฎี ใช้ชั้นสน 105.3 ส่วน ที่มีค่าแสดงความเป็นกรดเท่ากับ 160 และใช้กลีเซอรอล 9.2 ส่วน ทำปฏิกิริยากันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส ค่าแสดงความเป็นกรดจะลดลงเหลือ 50 และเมื่อเวลาผ่านไปอีก 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส เท่าเดิม แล้วเพิ่มอุณหภูมิจนถึงจุดเดือดของกลีเซอรอล คือ ที่ 290 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันจะเกิดได้สมบูรณ์ภายใน 15 นาที แต่ในการทดลองอาจใช้เวลานานขึ้น

ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยา คือ ที่ 280 องศาเซลเซียส ถ้าใช้ชั้นสน 100 ส่วน กับ กลีเซอรอล 12 ส่วน ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง แต่ถ้าให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานเกินไป อาจเกิดการสลายตัวของเอสเทอร์ ส่งผลให้มีปริมาณกรดอิสระเพิ่มขึ้น

ข. ความดันที่ใช้ทำปฏิกิริยา

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำปฏิกิริยาระหว่าง โมโนไฮดริก อัลกอฮอล์ กับ ชันสน ที่อุณหภูมิสูงจำเป็นต้องใช้ความดันสูงตามไปด้วย ตัวอย่างเช่น การเตรียม เอทิล อะไบเอเทต จาก เอทิล อัลกอฮอล์ กับ ชันสน จะใช้อุณหภูมิที่ 265 องศาเซลเซียส และความดันที่ 800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

แต่สำหรับปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอล กับ ชันสน ความดันไม่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากการทดลองที่ผ่านมายืนยันได้ว่าที่ความดันบรรยากาศ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ความดัน ในบางกระบวนการที่มีการลดความดันระหว่างการทำปฏิกิริยา เพื่อกำจัดน้ำออกไป จะมีการกำจัดกลีเซอรอลออกไปด้วยซึ่งก็จะมีผลดีคือ ทำให้คุณสมบัติด้านการทนน้ำเพิ่มขึ้น และลดการเกิดเป็นฝ้า (Blooming) ของแผ่นฟิล์ม

ค. ปริมาณของกลีเซอรอลที่ใช้ทำปฏิกิริยา

จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างชันสน กับ กลีเซอรอล อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาสูงค่อนข้างที่จะใกล้เคียงกับอุณหภูมิจุดเดือดของกลีเซอรอล ซึ่งอาจทำให้เกิดการสูญเสียกลีเซอรอลไปปริมาณหนึ่ง ดังนั้นในการทำปฏิกิริยาควรใช้ปริมาณของกลีเซอรอลที่มากเกินไป คือ มากกว่าตามทฤษฎีประมาณ 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ จะเหมาะสมที่สุด

การใช้ปริมาณกลีเซอรอลที่มากขึ้น สามารถช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยา และช่วยลดค่าแสดงความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ลงอีกด้วย เมื่อใช้ปริมาณของชันสน 105.3 ส่วน และกลีเซอรอล 9.2 ส่วน จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแสดงความเป็นกรดที่ 50 หลังจากทำปฏิกิริยาไป 6 ชั่วโมงที่ 260 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลเป็น 11.5 ส่วน ค่าแสดงความเป็นกรดจะลดลงเหลือ 22 ภายใต้สภาวะการทำงานเดียวกัน

มีข้อที่น่าสังเกตอีกประการหนึ่ง คือ ถ้าใช้ปริมาณของกลีเซอรอลที่น้อยลงผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความใส เมื่อเกิดการเย็นตัว หลังจากทำปฏิกิริยาที่ 260 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แต่ถ้าใช้ปริมาณกลีเซอรอลที่มากขึ้นจะได้ผลิตภัณฑ์เหมือนกันแต่ต้องใช้เวลามากขึ้น คือ ใช้เวลาทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง ซึ่งก็จะเห็นได้ว่าการใช้ปริมาณกลีเซอรอลที่แตกต่างกันก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะแตกต่างกันออกไป

ง. ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทำเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างชันสน กับ กลีเซอรอล มีมากมายหลายชนิดดังนี้

- สารประกอบออกไซด์ของ สังกะสี , ตะกั่ว , แคลเซียม , แบเรียม , แมกนีเซียม และ อลูมิเนียม
- เกลือของโลหะ เช่น แคลเซียม เบริเน็ต , แคลเซียม เบริเน็ต , ลิเทียม เบริเน็ต ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

117409

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารประกอบคลอไรด์ของ เหล็ก และสังกะสี
- กรด เช่น กรดไฮโดรคลอริก , กรดคาร์บอนิก , กรดซัลฟูริก , กรดบอริก , กรดซัคซินิก ฯลฯ

น้ำมันซักร้างก็มีผลในการเร่งปฏิกิริยาเช่นกัน โดยน้ำมันทั้งออยล์จะมีอิทธิพลมากที่สุด

ตัวอย่างของตัวเร่งปฏิกิริยา

- แคลเซียมออกไซด์

การใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างชั้นสน กับ กลีเซอรอล ดังนี้ ถ้าใช้ชั้นสน 105.3 ส่วน ทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอล 11.5 ส่วน โดยใช้แคลเซียมออกไซด์ 0.117 ส่วน ค่าแสดงความเป็นกรดจะลดลงเหลือ 6.5 ภายในเวลา 10 ชั่วโมง ที่ 260 องศาเซลเซียส และที่สภาวะการทำงานเดียวกันนี้ถ้าไม่ใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ค่าแสดงความเป็นกรดจะลดเหลือ 12.5

ถ้าใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะเดิม แต่ลดปริมาณการใช้ กลีเซอรอลลงเหลือ 10.3 ส่วน ค่าแสดงความเป็นกรดจะลดลงมาที่ 8 ภายในเวลา 10 ชั่วโมง ที่ 260 องศาเซลเซียส และถ้าลดปริมาณกลีเซอรอลลงมาอีกที่ 9.76 ส่วนจะได้ค่าแสดงความเป็นกรด ที่ 13.5 ภายใต้สภาวะการทำงานเดียวกัน

และถ้าต้องการให้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันเกิดเร็วขึ้น ก็ต้องใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา ที่เพิ่มขึ้นด้วย คือ ชั้นสน 300 ส่วน ใช้แคลเซียมออกไซด์ 12 ส่วน ทำปฏิกิริยากันที่ 290 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมกลีเซอรอลลงไป 40 ส่วน แล้วทำปฏิกิริยาต่อที่ 270 ถึง 290 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาอีก 30 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแสดงความเป็นกรดที่ 9.0

- ซิงค์ออกไซด์

เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพดีกว่าแคลเซียมออกไซด์ โดยทำการทดลองใช้ชั้นสน 105.3 ส่วน กลีเซอรอล 11.5 ส่วนและ ซิงค์ออกไซด์ 0.117 ส่วน จะได้ เอสเทอร์กัม ที่มีค่าแสดงความเป็นกรดที่ 10.4 ภายในเวลา 4 ชั่วโมง ที่ 260 องศาเซลเซียส

จ. การลดปริมาณกรดอิสระที่เกิดในปฏิกิริยา

กรดอิสระจะมีเหลือหลังจากทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน สามารถทำการลดปริมาณลงได้โดยเติม เบสออกไซด์ เช่น ซิงค์ออกไซด์ หรือ แคลเซียมออกไซด์

จ. ผลของโลหะที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยา

ควรใช้หม้อปฏิกิริยาที่ทำด้วยอลูมิเนียม หรือ สแตนเลส สตีล จะเหมาะสมที่สุด เนื่องจากถ้าใช้โลหะเป็นเหล็ก จะทำให้ เอสเทอร์ กัม ที่ได้เกิดการเปลี่ยนสี

ข. การปั่นกวรระหว่างการทำปฏิกิริยา

เนื่องจากกัลิเซอรอลมีค่าความถ่วงจำเพาะสูง ในขณะที่ทำปฏิกิริยาจะทำให้ กัลิเซอรอลอยู่ด้านล่างของหม้อปฏิกิริยา จึงต้องทำการปั่นกวรอยู่ตลอดเวลา เพื่อการทำปฏิกิริยาอย่างทั่วถึงนอกจากนี้การปั่นกวรยังมีผลต่อการควบคุมสีของผลิตภัณฑ์

2.13 คุณสมบัติของเอสเทอร์ กัม ที่ได้จากปฏิกิริยา

เอสเทอร์ กัม มีค่าแสดงความเป็นกรดอยู่ในช่วง 6 ถึง 15 และมีจุดหลอมเหลวที่ 85 องศาเซลเซียส สามารถละลายได้ในอะลิฟาติกและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน, น้ำมันพืช, อีเทอร์, อะซีโตน และในสารละลายเซลลูโลสอีกหลายตัว ไม่ละลายในเซลโลโซลฟ์ (Cellosolve), เซลโลโซลอะซิเตต, ไดอะซีโตน, อีลกอฮอล์ และ เอทิล แลคเตต

เอสเทอร์ กัม มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับชันสนในด้านการตกผลึก ในกรณีที่ต้องการป้องกันการตกผลึกของสารละลายเอสเทอร์กัม ควรเติมอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน ลงไปเล็กน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1

ชั้นสน

3.1 วัสดุและเคมีภัณฑ์

ชั้นสน	เกรดการค้า
กรดไฮโดรคลอริก(36.5%)	เกรดวิเคราะห์
โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์	เกรดวิเคราะห์
เอทิลอัลกอฮอล์	เกรดวิเคราะห์
ไอโซโพรพิลอัลกอฮอล์	เกรดวิเคราะห์
โกลูอิน	เกรดวิเคราะห์
อะซีโตน	เกรดการค้า
พอลิสไตรีน	เกรดการค้า
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ	เกรดการค้า
กลีเซอรอล	เกรดวิเคราะห์
น้ำมันตั้งอิว	เกรดการค้า
น้ำมันลินสีด	เกรดการค้า
ซิงค์ออกไซด์	เกรดวิเคราะห์

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ตรวจ

เครื่องทดสอบแรงอัด LLOYD LR 30 KN	
เครื่องอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์	Jasco IR-810 Jasco Co.,Ltd.
เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์	DSC 50 Shimatsu Co.,Ltd.
เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์	TGA 51 Dupont Co.,Ltd.
ตูอบสูญญากาศ	
ตูอบ	
ตะแกรงร่อน ขนาด 30, 60 และ 100 เมช	
ขวด 3 คอ	
หม้อปฏิริยา	
ไบพัดสำหรับกวนในหม้อปฏิริยาและในขวด 3 คอ	
แท่นให้ความร้อน	
มอเตอร์	
ชุดรีฟลักซ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 20 ะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของชั้นสน

3.3.1 การศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบชั้นสน

ศึกษาโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Infrared Spectrophotometer)

Jasco IR - 810 ของ บริษัท Jasco Co.,Ltd.

1. ชั่งชั้นสนให้มีน้ำหนักประมาณ 2 - 3 มิลลิกรัม ผสมกับโปดัสเซียมโบรไมด์ (KBr) 2-3 กรัม บดให้ละเอียดและเข้ากัน
2. นำไปอัดเม็ดโดยใช้เครื่องอัดเม็ด จะได้เคปียาร์ดิสก์ (KBr disk)
3. นำเคปียาร์ดิสก์ไปวัดด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ในช่วงเลขคลื่น 4000 ถึง 400 ซม.

3.3.2 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของชั้นสน

1. โดยใช้เครื่องดีฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์

นำชั้นสนมาบดให้ละเอียดใส่ในอลูมิเนียมเซลล์ ปิดผนึกแล้วนำไปวัดสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่องดีฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ ซึ่งตั้งสภาวะดังนี้

dT/dt	20	°C/min
T(hold)	400	°C
(hold)	0	min
Sampling int.	1	sec
Nitrogen flow.	20	ml/min

2. โดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์

นำชั้นสนมาบดละเอียด ชั่งน้ำหนักในช่วง 20 - 40 มิลลิกรัม ใส่ในช่องใส่สารตัวอย่างของเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ แล้วทำการวัดสมบัติทางความร้อนโดยตั้งสภาวะดังนี้

TGA weight	: 2
Segment : 1	Type : 3 Initial Temp. 30.00 °C
Segment : 2	Type : 5 Isothermal 5.00 min
Segment : 3	Type : 4 Ramp 20 °C/min ถึง 900 °C

3.3.3 การศึกษาสมบัติการละลายของชั้นสน

ตัวทำละลายที่ใช้ศึกษา ได้แก่

- โทลูอีน
- อะซีโตน
- เมทิลอัลกอฮอล์
- เอทิลอัลกอฮอล์
- ไอโซโพรพิลอัลกอฮอล์

นำชั้นสนมาบดละเอียด ชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 0.5 มิลลิกรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลาย 10 มิลลิลิตร และคนตลอดเวลา ถ้าไม่ละลายให้นำไปให้ความร้อนเพื่อช่วยการละลาย บันทึกผลการละลายของชั้นสนในตัวทำละลายแต่ละชนิด

3.3.4 การหาค่าสปอนนิฟิเคชันนมเบอร์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน KHP 0.125 โมลาร์ :

นำ KHP ไปอบที่ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง แล้วชั่ง KHP ที่อบแล้วให้ได้ น้ำหนัก 6.3822 กรัม ละลายในน้ำ 150 มิลลิลิตร แล้วปรับให้มีปริมาตร 250 มิลลิลิตร ด้วยไอโซโพรพิลอัลกอฮอล์ โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

2. เตรียมสารละลายไปดัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์ :

ชั่งไปดัสเซียมไฮดรอกไซด์ 8.2513 กรัม ละลายด้วยเอทิลอัลกอฮอล์ และทำให้ มีปริมาตร 250 มิลลิลิตร หาค่าความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยการไทเทรตกับสารละลายในข้อ 1 โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เก็บสารละลายนี้ในภาชนะพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.5 โมลาร์ :

ชั่งกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 36.5% มา 12.4865 กรัม เจือจางด้วยน้ำจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร หาค่าความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานไปดัสเซียมไฮดรอกไซด์ในข้อ 2 โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

4. ชั่งชั้นสนที่บดละเอียดในช่วงน้ำหนัก 2.95-3.05 กรัม ลงในขวดก้นกลมขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารช่วยการละลาย (ตัวทำละลายผสม ระหว่าง โทลูอีน และไอโซโพรพิลอัลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 1:1) 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐานไปดัสเซียมไฮดรอกไซด์ในข้อ 2 ลงไป 50 มิลลิลิตร

5. รีฟลักซ์สารละลายในข้อ 4 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาถ่ายใส่ในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร ล้างด้วยไอโซโพรพิลอัลกอฮอล์ครั้งละ 100 มิลลิลิตร 3 ครั้ง รักษาอุณหภูมิของ สารละลายให้อยู่ในช่วง 60-70 องศาเซลเซียสจนกว่าจะทำการไทเทรต

6. ไทเทรตกับสารละลายกรดมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกในข้อ 3 โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็น อินดิเคเตอร์

7. ทำสารละลายแบลนด์ โดยเริ่มทำตั้งแต่ข้อ 4. แต่ไม่ต้องใส่ชั้นสน
8. คำนวณค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์

3.3.5 การหาค่าแสดงความเป็นกรด

1. ชั่งชั้นสนที่บดละเอียดในช่วง 3.95 - 4.05 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร เติมเอทิลอัลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตรคนให้ละลาย (ให้ความร้อนช่วยการละลายถ้าจำเป็น) จากนั้นปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง
2. โทเทรตสารละลายในข้อ 1 ด้วยสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์ จากข้อ 3.2 โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์
3. คำนวณค่าแสดงความเป็นกรด

ส่วนที่ 2 พอลิเมอร์รวม

3.4 การสังเคราะห์ และ การศึกษาคุณสมบัติของพอลิเมอร์รวม ระหว่างชั้นสนกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์

3.4.1 การสังเคราะห์

1. ชั่งชั้นสน 75.5 กรัม มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 16.2 กรัม และไทลูอิน 64.0 กรัม ใส่ในหม้อปฏิกริยาขนาด 1000 มิลลิลิตร
2. นำหม้อปฏิกริยาไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำ (water bath)ควบคุมอุณหภูมิให้เป็น 70 องศาเซลเซียส
3. เมื่อส่วนผสมละลายหมด เติม AIBN แล้วบ่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมง
4. เกล็ดสารละลายที่ได้ใส่ในภาดอคูมินีมที่มีกระดาษฟอยล์รอง
5. นำไปอบที่ตู้อบสูญญากาศเพื่อกันแยกไทลูอินส่วนที่เหลือจากปฏิกริยาออก โดยใช้อุณหภูมิ ประมาณ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที
6. นำภาดออกมาจากตู้อบและทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเก็บพอลิเมอร์รวมที่ได้ไว้ในภาชนะปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ ²³ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงพอลิเมอร์ร่วมที่สังเคราะห์ได้ แต่ยังไม่ได้กลั่นเอาโพลูอินที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาออก



รูปที่ 3.2 แสดงพอลิเมอร์ร่วมที่กลั่นเอาโพลูอินที่เหลือจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ออกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การศึกษาคุณสมบัติของพอลิเมอร์รวม

1. การศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบของพอลิเมอร์รวม
ทำเหมือนข้อ 3.3.1 แต่เปลี่ยนจากใช้ชั้นสนมาเป็นพอลิเมอร์รวม
2. การศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์รวม
ทำเหมือนข้อ 3.3.2 แต่เปลี่ยนจากใช้ชั้นสนมาเป็นพอลิเมอร์รวม
3. การศึกษาสมบัติการละลายของพอลิเมอร์รวม
ทำเหมือนข้อ 3.3.3 แต่เปลี่ยนจากใช้ชั้นสนมาเป็นพอลิเมอร์รวม

3.5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผสมสูตร

3.5.1 การเตรียมสารตัวเติม

นำซีลี้อยไม้ล็กมาร้อนผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 30, 60 และ 100 เมช ตามลำดับ และเก็บซีลี้อยที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ไว้ในภาชนะปิด เพื่อทำการผสมสูตรต่อไป

3.5.2 การเลือกชนิดของชั้นสนที่จะนำมาใช้ในการผสมสูตร

ชนิดของชั้นสนที่จะเลือกใช้ในการผสมสูตร ได้แก่

- ชั้นสนธรรมชาติ
- พอลิเมอร์รวม (ที่ยังไม่ได้กลั่นเอาโหลูอินที่เหลือจากปฏิกิริยาออก)
- พอลิเมอร์รวม (ที่กลั่นเอาโหลูอินออกแล้ว)

ทำการผสมสูตร ระหว่าง ชั้นสน(หรือพอลิเมอร์รวม)กับซีลี้อย ในอัตราส่วน (โดยน้ำหนัก) เป็น 6 : 4 โดยวิธี

ใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลาย และใช้ระยะเวลาในการอบขึ้นงาน 21 วัน

1. ชั่งชั้นสนธรรมชาติ 600 กรัม นำไปแช่ในอะซีโตน (ใช้อะซีโตนในอัตราส่วน 30 - 50 เปอร์เซ็นต์ ของ น้ำหนักชั้นสน) และรอให้ชั้นสนละลายจนหมด
2. เติมน้ำซีลี้อย 400 กรัม คนให้เข้ากัน แล้วปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยออกจนมีน้ำหนักไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสูตรผสมทั้งหมด
3. เทใส่แม่พิมพ์สำหรับทดสอบความแข็งแรงต่อแรงอัด 5 ชั้น และแม่พิมพ์สำหรับทดสอบการดูดซึมน้ำ 3 ชั้น โดยแม่พิมพ์แต่ละชั้นมีแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์รอง

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน
5. นำชิ้นงานออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และนำไปทดสอบต่อไป
6. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 1-5 แต่เปลี่ยนจากชั้นสนธรรมดาเป็นพอลิเมอร์ร่วมที่กลั่นและไม่กลั่นเอาโทลูอีนออก

หมายเหตุ : สาเหตุที่เลือกใช้สูตรผสม ชั้นสนต่อซีลี้อยเป็น 6 : 4 และใช้ระยะเวลาในการอบชิ้นงาน 21 วัน เนื่องจากเป็นสูตรผสมที่ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุดในโครงการวิจัย ปี 2536

3.5.3 การเลือกระยะเวลาในการอบชิ้นงาน

ทำการผสมสูตร ชั้นสนกับซีลี้อย ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก เป็น 6 : 4 โดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย โดยวิธีการผสมเป็นดังข้อ 3.5.2 (ข้อ 1 - 3) และนำชิ้นงานไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาอบเป็นดังนี้

- | | |
|----------|----------|
| - 3 วัน | - 7 วัน |
| - 14 วัน | - 21 วัน |

แล้วจึงนำชิ้นงานไปทดสอบคุณสมบัติต่อไป

3.6 การผสมสูตร ชั้นสนกับซีลี้อย และ ชั้นสน เทอร์โมพลาสติก ซีลี้อย โดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

3.6.1 การผสมสูตร ชั้นสนกับซีลี้อย โดยใช้ตัวทำละลาย

ใช้อัตราส่วนระหว่าง ชั้นสน กับซีลี้อย (โดยน้ำหนัก) เป็นดังนี้

- | | |
|----------|---------|
| - 10 : 0 | - 9 : 1 |
| - 8 : 2 | - 7 : 3 |
| - 6 : 4 | - 5 : 5 |
| - 4 : 6 | |

1. นำชั้นสนชนิดที่ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุดในข้อ 3.5.2 มาชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนแล้วนำไปแช่ในอะซิโตน จนกระทั่งละลายหมด
2. เติมซีลี้อยตามอัตราส่วน คนให้เข้ากัน แล้วปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยออกจนมีน้ำหนักไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสูตรผสมทั้งหมด
3. เทใส่แม่พิมพ์สำหรับทดสอบความแข็งแรงต่อแรงอัด 5 ชิ้น และแม่พิมพ์สำหรับทดสอบการดูดซึมน้ำ 3 ชิ้น โดยแม่พิมพ์แต่ละชิ้นมีแผ่นอลูมิเนียมฟรอยด์รอง

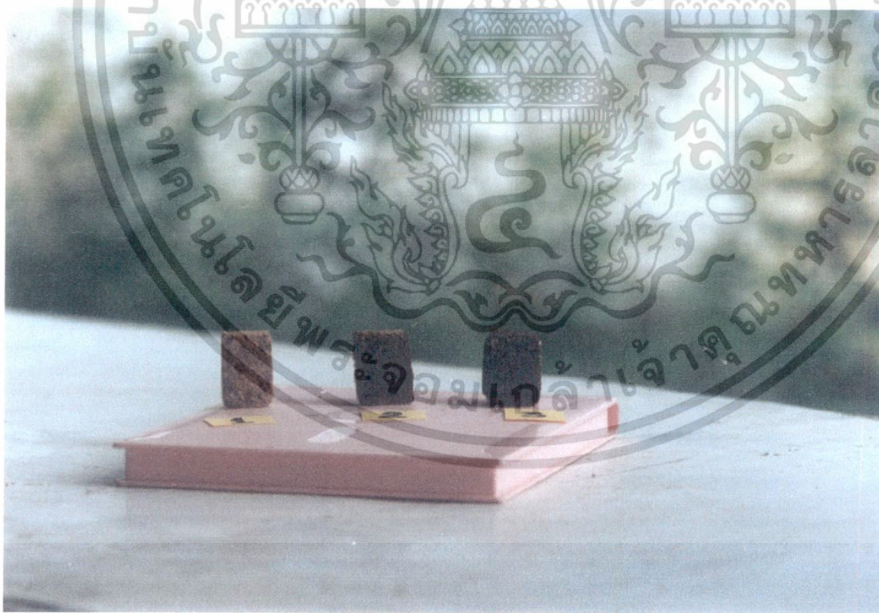
4. นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยให้ระยะเวลาอบตามที่เลือกไว้ในข้อ 3.5.3
5. นำชิ้นงานออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และนำไปทดสอบต่อไป

3.6.2 การผสมสูตร ชั้นสน PS ขี้เลื่อย โดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

ใช้อัตราส่วนผสมระหว่าง ชั้นสน PS และขี้เลื่อย ดังต่อไปนี้

- 5 : 0.5 : 4.5	- 5 : 1.0 : 4.0
- 5 : 1.5 : 3.5	- 5 : 2.0 : 3.0
- 6 : 0.5 : 3.5	- 6 : 1.0 : 3.0
- 6 : 1.5 : 2.5	- 6 : 2.0 : 2.0
- 7 : 0.5 : 2.5	- 7 : 1.0 : 2.0
- 7 : 1.5 : 1.5	- 7 : 2.0 : 1.0

1. นำชั้นสนชนิดที่ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุดในข้อ 3.5.2 และ PS มาชั่งน้ำหนักตามอัตรา ส่วน แล้วนำไปแช่ในอะซิโตน จนกระทั่งชั้นสนละลายหมด และ PS มีลักษณะเป็นเจลใส
2. ทำการทดลองต่อไป เหมือนข้อ 3.6.1 (ข้อ 2 – 5)



รูปที่ 3.3 แสดงชิ้นงานสำหรับทดสอบสมบัติความแข็งแรงต่อแรงอัด

- 1) สูตรผสมชั้นสนกับขี้เลื่อย ที่เตรียมโดยใช้ตัวทำละลาย
- 2) สูตรผสมพอลิเมอร์ร่วม ที่เตรียมโดยใช้ตัวทำละลาย
- 3) สูตรผสมพอลิเมอร์ร่วม PS และขี้เลื่อย ที่เตรียมโดยใช้ตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การผสมสูตร ชั้นสนกับซีลี้อย และ ชั้นสน เทอร์โมพลาสติก ซีลี้อย โดยวิธีใช้ความร้อน

3.7.1 การผสมสูตร ชั้นสนกับซีลี้อย โดยใช้ความร้อน

ใช้อัตราส่วนระหว่าง ชั้นสน กับซีลี้อย (โดยน้ำหนัก) เป็นดังนี้

- 7 : 3

- 6 : 4

- 5 : 5

1. ชั่งน้ำหนักชั้นสนชนิดที่ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุดในข้อ 3.5.2 และซีลี้อยตามอัตราส่วน
 2. นำชั้นสนมาให้ความร้อนจนกระทั่งหลอมละลายหมด โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 70 - 80 องศาเซลเซียส
 3. คอย ๆ เติมซีลี้อยลงในพอลิเมอร์ที่หลอมเหลวและกวนตลอดเวลาจนกว่าซีลี้อยจะหมด และส่วนผสมเข้ากันดี โดยควบคุมเวลาไว้ไม่เกิน 10 นาที
 4. เทลงในแม่พิมพ์อย่างรวดเร็ว แต่ถ้าของเหลวมีลักษณะเหนียวมากก็ทำการปั่นไล่ลงในแม่พิมพ์ (แม่พิมพ์ทดสอบความแข็งแรงต่อแรงอัด 5 ชั้น และแม่พิมพ์สำหรับทดสอบการดูดซึมน้ำ 3 ชั้น)
 5. ปลดอยชิ้นงานให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงแกะออกจากแม่พิมพ์ และนำไปทดสอบสมบัติต่อไป
- หมายเหตุ : ขณะทำการเทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์ ต้องทำให้เร็วที่สุด เนื่องจากส่วนผสมจะเกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว และอาจไม่เต็มแม่พิมพ์ได้

3.7.2 การผสมสูตร ชั้นสน LDPE ซีลี้อย โดยวิธีใช้ความร้อน

ใช้อัตราส่วนผลสมระหว่าง ชั้นสน LDPE และซีลี้อย ดังต่อไปนี้

- 5 : 4.0 : 1.0

- 5 : 3.5 : 1.5

- 5 : 3.0 : 2.0

- 5 : 2.5 : 2.5

- 6 : 3.0 : 1.0

- 6 : 2.5 : 1.5

- 6 : 2.0 : 2.0

- 6 : 1.5 : 2.5

- 7 : 2.0 : 1.0

- 7 : 1.5 : 1.5

- 7 : 1.0 : 2.0

- 7 : 0.5 : 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. นำชิ้นสนชนิดที่ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุดในข้อ 3.5.2 และ LDPE มาชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วน
2. นำ LDPE ไปให้ความร้อน จนเริ่มเป็นเจลใส โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 140 - 150 องศาเซลเซียส
3. เติมชิ้นสนลงไปและคนตลอดเวลา จนกระทั่งส่วนผสมหลอมละลายหมดและเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
4. คอย ๆ เติมซีลี้อยลงไปในไปและกวนตลอดเวลาจนกว่าซีลีอยจะหมดและส่วนผสมเข้ากันดี โดยควบคุมเวลาไว้ไม่เกิน 10 นาที
5. เทลงในแม่พิมพ์อย่างรวดเร็ว แต่ถ้าของเหลวมีลักษณะหนืดมากก็ทำการปั่นใส่ลงในแม่พิมพ์ (แม่พิมพ์ทดสอบความแข็งแรงต่อแรงอัด 5 ชั้น และแม่พิมพ์สำหรับทดสอบการดูดซึมน้ำ 3 ชั้น)
6. ปลอยชิ้นงานให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงแกะออกจากแม่พิมพ์ และนำไปทดสอบสมบัติต่อไป

หมายเหตุ : ขณะทำการเทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์ ต้องทำให้เร็วที่สุด เนื่องจากส่วนผสมจะเกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว และอาจไม่เต็มแม่พิมพ์ได้

3.8 การทดสอบสมบัติความแข็งแรงต่อแรงอัด

นำชิ้นงานสำหรับทดสอบสมบัติความแข็งแรงต่อแรงอัดที่เตรียมในข้อ 3.5 - 3.7 มาทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง Lloyd 30 KN โดยตั้งสภาวะดังนี้

Test Speed	: 5.00 mm/min
Load Cell	: 3059.10 kgf
Cell Class	: 0.5



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการวางงานชิ้นงาน สำหรับทดสอบสมบัติความแข็งแรงต่อแรงอัด

3.9 การทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ

นำชิ้นงานสำหรับทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำที่เตรียมในข้อ 3.5-3.7 มาทำการทดสอบดังนี้

1. นำชิ้นงานไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่ในเดซิเคเตอร์ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง
2. นำชิ้นงานทุกชิ้นมา ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดโดยเฉลี่ยของชิ้นงาน โดยทำเครื่องหมายที่ตำแหน่งที่ทำการวัดขนาดไว้
3. แช่ชิ้นงานไว้ในน้ำเย็น ควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 24 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำชิ้นงานขึ้นจากน้ำ ซับหยดน้ำที่ผิวให้แห้ง ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของชิ้นงาน โดยวัดที่ตำแหน่งเดิมที่ทำเครื่องหมายไว้
5. คำนวณหาค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่3 น้ำมันชักเงา

3.10 การเตรียมเอสเทอร์ กัม

3.10.1 เอสเทอร์ กัม แบบตซ์ 1

- ชั่งชั้นสน 604.0 กรัม
- ชั่งกลีเซอรอล 67.5 กรัม
- เติมชั้นสนลงในหม้อปฏิกิริยาที่ทำด้วยโลหะปลอดสนิม
- ให้ความร้อนแก่หม้อปฏิกิริยาด้วยอ่างน้ำมัน โดยน้ำมันที่ใช้ คือ น้ำมันซิลิโคน
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสน จนหลอมเหลวโดยสมบรูณ์ วัดอุณหภูมิของอ่างน้ำมันได้ 225 องศาเซลเซียส
- เติมกลีเซอรอลลงในชั้นสนที่หลอมเหลว
- ทำการปั่นกวนอยู่ตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน
- ทุก 3 ถึง 6 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างสารออกมาหาค่าแสดงความเป็นกรด
- ได้ค่าแสดงความเป็นกรดตามต้องการ จึงหยุดดำเนินปฏิกิริยา
- ได้ เอสเทอร์ แบบตซ์ 1



รูปที่ 3.5 แสดงเอสเทอร์ กัม แบบตซ์ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.2 เอสเทอร์ กัม แบตช์ 2

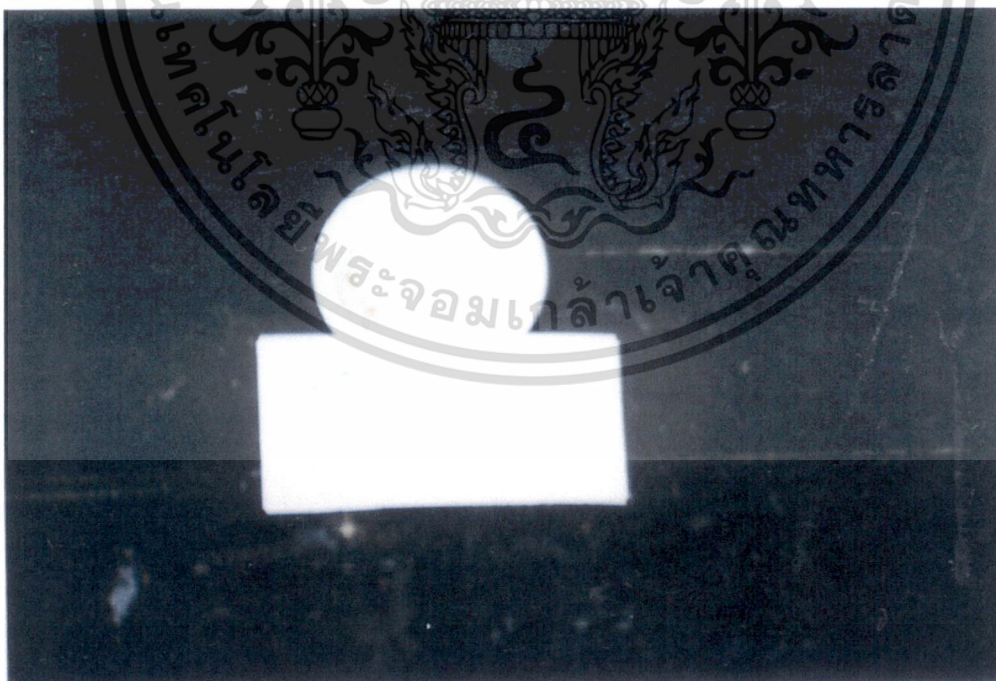
- ชั่งชั้นสน 1359 กรัม
- ชั่งกลีเซอรอล 151.8 กรัม
- เติมชั้นสนลงในหม้อปฏิกิริยาที่ทำด้วยโลหะปลอดสนิม
- ให้ความร้อนแก่หม้อปฏิกิริยาด้วย ฮอต เพลต (ตั้งอุณหภูมิที่ 350 องศาเซลเซียส)
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสนจนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ วัดอุณหภูมิในปฏิกิริยาได้ 150 องศาเซลเซียส
- เติมกลีเซอรอลลงในชั้นสนที่หลอมเหลว
- ทำการปั่นกวนอยู่ตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศ ของก๊าซไนโตรเจน
- สุ่มตัวอย่างสารออกมาหาค่าแสดงความเป็นกรด
- ได้ค่าแสดงความเป็นกรดตามต้องการจึงหยุดดำเนินการปฏิกิริยา
- ได้ เอสเทอร์ กัม แบตช์ 2



รูปที่ 3.6 แสดงเอสเทอร์ กัม แบตช์ที่ 2
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.3 เอสเทอร์ กัม แบตช์ 3

- ชั่งชั้นสน 302 กรัม
- ชั่งกลีเซอรอล 35 กรัม
- เติมชั้นสนลงในขวดก้นกลม 3 คอ
- ให้ความร้อนแก่ขวดก้นกลม 3 คอ ด้วยฮีทติ้งแมนทอล (Heating mantle)
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสนจนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ วัดอุณหภูมิในปฏิกิริยาได้ 280 องศาเซลเซียส
- เติมกลีเซอรอลที่ลงในชั้นสนที่หลอมเหลว
- ทำการปั่นกวนอยู่ตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศ ของก๊าซไนโตรเจน พร้อมทำการรีฟลักซ์
- เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปได้ระยะเวลาหนึ่ง ทำการสุ่มตัวอย่างสารออกมาหาค่าแสดงความเป็นกรด
- ได้ค่าแสดงความเป็นกรดที่ต้องการจึงหยุดดำเนินปฏิกิริยา
- ได้เอสเทอร์ กัม แบตช์ 3



รูปที่ 3.7 แสดงเอสเทอร์ กัม แบตช์ที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.4 เอสเทอร์ กัม แบตช์ 4

- ชั่งชั้นสน 302 กรัม
- ชั่งกลีเซอรอล 35 กรัม
- เติมชั้นสนลงในขวดก้นกลม 3 คอ
- ให้ความร้อนแก่ขวดก้นกลม 3 คอ ด้วยฮีตติ้งเมนทอล
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสนจนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ วัดอุณหภูมิในปฏิกิริยาได้ 280 องศาเซลเซียส
- เติมกลีเซอรอลลงในชั้นสนที่หลอมเหลว
- ทำการปั่นกวนอยู่ตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมกับทำการรีฟลักซ์
- เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปได้ระยะเวลาหนึ่ง ทำการสุ่มตัวอย่างสารออกมาหาค่าแสดงความเป็นกรด
- ได้ค่าแสดงความเป็นกรดที่ต้องการจึงหยุดดำเนินปฏิกิริยา
- ได้ เอสเทอร์ กัม แบตช์ 4



รูปที่ 3.8 แสดง เอสเทอร์ กัม แบตช์ที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.5 เอสเทอร์ กัม แบตช์ 5

- ชั่งชั้นสน 302 กรัม
- ชั่งกลีเซอรอล 35 กรัม
- เติมชั้นสนลงในขวดก้นกลม 3 คอ
- ให้ความร้อนแก่ขวดก้นกลม 3 คอ ด้วยฮีทตั้งแมนทอล
- ให้ความร้อนแก่ชั้นสนจนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ วัตถุประสงค์ในปฏิบัติการได้ 280 องศาเซลเซียส
- เติมกลีเซอรอลลงในชั้นสนที่หลอมเหลว
- ทำการปั่นกวนอยู่ตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมกับทำการรีฟลักซ์
- เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปได้ระยะเวลาหนึ่ง ทำการสุ่มตัวอย่างสารออกมาหาค่าแสดงความเป็นกรด
- ได้ค่าแสดงความเป็นกรดที่ต้องการจึงหยุดดำเนินปฏิบัติการ
- ได้ เอสเทอร์ กัม แบตช์ 5



รูปที่ 3.9 แสดงเอสเทอร์ กัม แบตช์ที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 การไทเทรตหาค่าแสดงความเป็นกรด

- เตรียมสารละลายมาตรฐาน KOH 0.1 N :

ละลาย KOH 6.6 กรัมในเมทิล อัลกอฮอล์ 1 ลิตร จากนั้นทำการเตรียมสารละลายของ KHP โดยทำการละลาย KHP 0.5106 กรัมในน้ำ 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ ไอโซโพรพิล อัลกอฮอล์ 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วทำการไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน KOH โดยให้สารละลาย KOH เป็นไทแทนต์ และสารละลาย KHP เป็นไทแทรนด์

- สุ่มตัวอย่างสาร เอสเทอร์ กัม ในช่วง 2 ± 0.02 กรัม แล้วนำมาทำเป็นสารละลายของเอสเทอร์ กัม โดยละลายในโทลูอีน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และไอโซโพรพิล อัลกอฮอล์ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร

- ทำการไทเทรตหาค่าแสดงความเป็นกรด ระหว่างสารละลายมาตรฐาน KOH กับสารละลายของ เอสเทอร์ กัม โดยใช้สารละลายตัวแรกเป็นไทแทรนด์ และสารละลายตัวหลังเป็นไทแทนต์

- ทำการคำนวณหาค่าแสดงความเป็นกรด

3.12 การเตรียมน้ำมันชักเงา

- ชั่งเอสเทอร์ กัม 100 กรัม

- ชั่งน้ำมันตังอิว 176 กรัม

- ชั่งน้ำมันลินสีด 24 กรัม

- ให้ความร้อนแก่ เอสเทอร์ กัม จนหลอมเหลวโดยสมบูรณ์

- เติมน้ำมันตังอิวลงไปผสมกันกับเอสเทอร์ กัม ที่หลอมเหลว ที่อุณหภูมิ 290 องศาเซลเซียส

- ทำการปั่นกวนอยู่ตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน พร้อมกับทำการรีฟลักซ์

- เมื่อเอสเทอร์ กัม ผสมกับน้ำมันตังอิวจนเป็นเนื้อเดียวกันโดยสมบูรณ์ ลดอุณหภูมิลงมาที่ 270 องศาเซลเซียส

- เติมน้ำมันลินสีด และให้อุณหภูมิคงที่ ที่ 270 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาหนึ่ง

- ลดอุณหภูมิลงมาที่ 200 องศาเซลเซียส อย่างรวดเร็ว

- ได้น้ำมันชักเงา

* ทุกแบบต้งการทดลองทำด้วยวิธีการเดียวกัน*

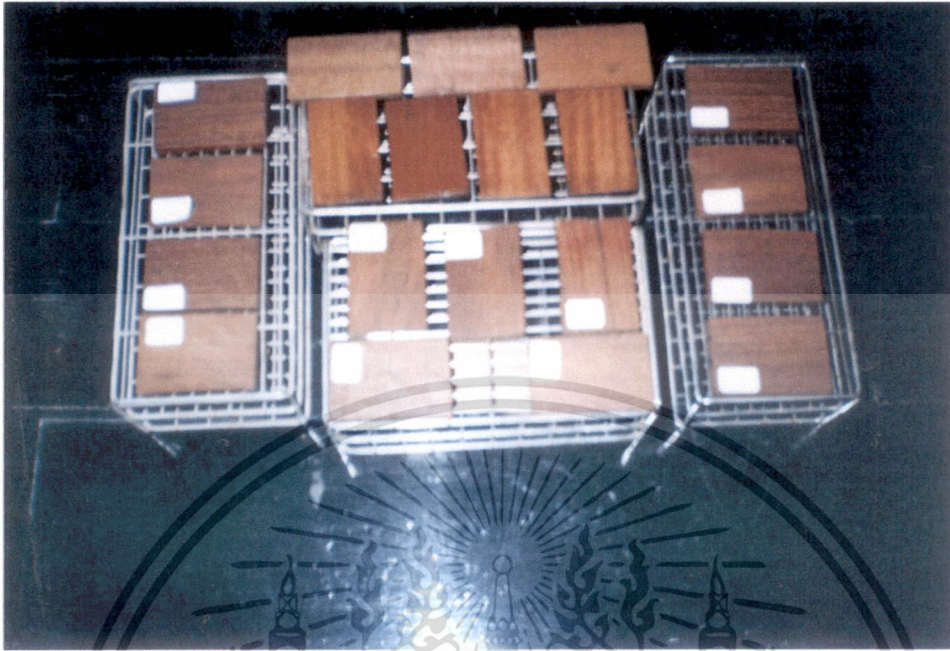
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงน้ำมันชกเงาเบตซ์ต่างๆ

รูปที่ 3.11 แสดงไม้ที่ยังไม่ได้ทาน้ำมันชกเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงไม้ที่ทาด้วยน้ำมันชักเงาแล้ว.

3.13 การวัดค่าความหนืดของน้ำมันชักเงา

- หาค่าความหนืดโดยใช้เครื่องบรูคฟิลด์ วิสโคมิเตอร์
- ทำการเลือกขนาดของเข็มตามการประมาณความหนืดของน้ำมันชักเงา
- นำเข็มที่เลือกได้มาทำการวัดความหนืด
- ปรับความเร็วรอบของการหมุนของเข็มที่เหมาะสม
- อ่านค่าที่ได้จากหน้าปัทม์เครื่อง
- ถ้าค่าที่อ่านได้ มีค่าเกินหน้าปัทม์เครื่อง ให้ทำการปรับความเร็วรอบของการหมุนของเข็มให้เหมาะสม หรือทำการเปลี่ยนขนาดเข็ม จนสามารถอ่านค่าจากหน้าปัทม์ได้
- นำค่าที่อ่านได้ มาคำนวณหาค่าความหนืดของน้ำมันชักเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.14 การเคลือบน้ำมันชักเงาบนผิวไม้

- ตัดชิ้นไม้ขนาด 0.25*2*3 นิ้ว
- ขัดชิ้นไม้ให้เรียบเสมอกันตลอดชิ้นงาน
- ทำการทาน้ำมันชักเงาที่ได้ลงบนชิ้นงาน ทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
- ทาซ้ำอีกหลายๆ ครั้ง จนเกิดการเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มของน้ำมันชักเงา
- วัดระยะเวลาการแห้งตัว และสมบัติอื่นๆ ที่เกิดขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1

ชั้นสน

4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของชั้นสน

4.1.1 ผลการศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบของชั้นสน

ตารางที่ 4.1 แสดงเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของชั้นสนจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

เลขคลื่น (ซ.ม.)	หมู่ฟังก์ชัน
3600-3300	-OH ของ หมู่คาร์บอกซิลิก
2950	-C-H (ยืด)
1700	-C=O ของ หมู่คาร์บอกซิลิก
1650	- C = C -
1460 และ 1390	- CH ₃
1280	-C-O ของหมู่คาร์บอกซิลิก

4.1.2 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของชั้นสน

1. ศึกษาโดยใช้เครื่องเทอร์โมกราฟิเมตริกแอนาไลเซอร์

ตารางที่ 4.2 แสดงช่วงอุณหภูมิและร้อยละโดยน้ำหนักที่สูญหายไปในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของชั้นสน

ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละโดยน้ำหนักที่หายไป
100 - 320	53
320 - 500	43
700 - 780	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ 40% อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาโดยใช้เครื่องดีพีเพอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์

ตารางที่ 4.3 แสดงสมบัติทางความร้อนและปฏิกิริยาที่เกิดในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของชั้นสน

ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ลักษณะทางความร้อนและปฏิกิริยา
30 - 110	ดูดความร้อน เนื่องจากการระเหยน้ำมันสนส่วนที่ยังหลงเหลืออยู่ในชั้นสน
149.5 - 194.6	ดูดความร้อน เนื่องจากการหลอมเหลวของสารองค์ประกอบ
310 - 390	ดูดความร้อน เนื่องจากการสลายตัว

4.1.3 การศึกษาสมบัติการละลายของชั้นสน

ตารางที่ 4.4 แสดงสมบัติการละลายของชั้นสนในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

ตัวทำละลาย	การละลาย	ลำดับการละลาย
โทลูอีน	ละลายได้ค่อนข้างดี แต่ต้องมีการคนสารละลายเพื่อช่วยในการละลาย	2
อะซิโตน	ละลายได้ดีมาก	1
เมทิลอัลกอฮอล์	ละลายได้พอใช้ แต่ต้องคนสารละลายและให้ความร้อนช่วยในการละลาย	3
เอทิลอัลกอฮอล์	ละลายได้พอใช้ แต่ต้องคนสารละลายและให้ความร้อนช่วยในการละลาย	4
ไอโซโพรพิลอัลกอฮอล์	ละลายได้พอใช้ แต่ต้องคนสารละลายและให้ความร้อนช่วยในการละลาย	5

4.1.4 การหาค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์

จากการทดลอง พบว่า ชั้นสนเกรดการค้าที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ มีค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์เฉลี่ย เท่ากับ 164.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ41ห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การหาค่าแสดงความเป็นกรด

จากการทดลอง พบว่า ชั้นสนกรดการค้ำที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ มีค่าแสดงความเป็นกรดเฉลี่ย เท่ากับ 175.19

ส่วนที่ 2 พอลิเมอร์รวม

4.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์รวม ระหว่าง ชั้นสนกับมาเลอิก แอนไฮไดรด์

4.2.1 ผลการศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบของพอลิเมอร์รวม

ตารางที่ 4.5 แสดงเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์รวมจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

เลขคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
3600 -3300	-OH ของ หมู่คาร์บอกซิลิก
1860 และ 1780	-C=O ของ แอซิด แอนไฮไดรด์
1700	-C=O ของ หมู่คาร์บอกซิลิก
1650	-C = C -
1280	-C = O ของหมู่คาร์บอกซิลิก
1240	-C = O ของแอซิด แอนไฮไดรด์
700	CIS-R-C = C-R-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์รวม

1. ศึกษาโดยใช้เครื่องเทอร์โมกราฟิมेटริกแอนาไลเซอร์

ตารางที่ 4.6 แสดงช่วงอุณหภูมิและร้อยละโดยน้ำหนักที่สูญหายไปในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของพอลิเมอร์รวม

ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละโดยน้ำหนักที่หายไป
130 - 190	8
190 - 360	52
360 - 500	30
670 - 800	10

2. ศึกษาโดยใช้เครื่องดีพีเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์

ตารางที่ 4.7 แสดงสมบัติทางความร้อนและปฏิกิริยาที่เกิดในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของพอลิเมอร์รวม

ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ลักษณะทางความร้อนและปฏิกิริยา
45 - 138.7	ดูดความร้อน เนื่องจากการหลอมเหลวของสารที่เป็นองค์ประกอบ
138.7 - 220	ดูดความร้อน เนื่องจากการหลอมเหลวของสารที่เป็นองค์ประกอบ
310 - 400	ดูดความร้อน เนื่องจากการสลายตัว

4.2.3 การศึกษาสมบัติการละลายของพอลิเมอร์รวม

ตารางที่ 4.8 แสดงสมบัติการละลายของพอลิเมอร์รวมในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

ตัวทำละลาย	การละลาย	ลำดับ การ ละลาย	กรณีเปรียบ เทียบกับชั้น สน
โทลูอีน	ละลายได้พอใช้ แต่ต้องคนสารละลายและ ให้ความร้อนช่วยในการละลาย	2	ช้ากว่าชั้นสน
อะซิโตน	ละลายได้ดี	1	ช้ากว่าชั้นสน
เมทิลแอลกอฮอล์	ละลายได้พอใช้ แต่ต้องคนสารละลายและ ให้ความร้อนช่วยในการละลาย	3	ช้ากว่าชั้นสน
เอทิลแอลกอฮอล์	ละลายได้พอใช้ แต่ต้องคนสารละลายและ ให้ความร้อนช่วยในการละลาย	4	ช้ากว่าชั้นสน
ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์	ละลายได้พอใช้ แต่ต้องคนสารละลายและ ให้ความร้อนช่วยในการละลาย	5	ช้ากว่าชั้นสน

4.3 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมวัสดุผสมสูตร

4.3.1. ผลการเลือกชนิดของชั้นสนที่เหมาะสมในการผสมสูตร

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าแข็งแรงตอแรงอัด และค่าการดูดซึมน้ำ ของสูตรผสมระหว่าง ชั้นสนชนิด
ต่าง ๆ กับซีลี้อย ในอัตราส่วน (โดยน้ำหนัก) 6 : 4 เตรียมโดยใช้อะซิโตนเป็นตัว
ทำละลาย และอบชิ้นงานนาน 21 วัน

ชนิดของชั้นสน	ความแข็งแรงตอแรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	
		โดยน้ำหนัก	โดยปริมาตร
ชั้นสนธรรมดา	208.1	22.55	5.34
พอลิเมอร์รวม (ยังไม่ได้กลั่นโทลูอีนออก)	118.1	19.09	5.96
พอลิเมอร์รวม (กลั่นโทลูอีนออกแล้ว)	473.1	49.9	5.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 44 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง พบว่า สูตรผสมที่ใช้พอลิเมอร์รวมที่กลั่นโทลูอีนออกแล้วเป็นองค์ประกอบ จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุด และค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำมีค่าน้อย ดังนั้น จึงเลือกใช้พอลิเมอร์รวมที่กลั่นโทลูอีนออกแล้วใช้ในการผสมสูตร ตลอดโครงการวิจัย

4.3.2 ผลในการเลือกระยะเวลาในการอบชิ้นงาน

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำ ของสูตรผสม พอลิเมอร์รวมกับซีลี้อย ในอัตราส่วน 6 : 4 ที่เตรียมโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ที่ระยะเวลาอบชิ้นงานต่าง ๆ กัน

ระยะเวลาอบ (วัน)	ความแข็งแรงต่อแรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	
		โดยน้ำหนัก	โดยปริมาตร
3	139.1	31.10	13.08
7	265.9	19.29	10.72
14	324.6	2.95	5.99
21	473.1	19.09	5.96

จากผลการทดลอง พบว่า ชิ้นงานจะมีค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการอบชิ้นงานนานขึ้น ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำนั้นก็มีแนวโน้มที่ลดลงด้วย ดังนั้น ในโครงการวิจัยในครั้งนี้จะเลือกระยะเวลาในการอบชิ้นงาน 7 วัน เนื่องจากให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงพอสมควร และค่าการดูดซึมน้ำไม่สูงมาก และที่สำคัญ คือ ระยะเวลาไม่นานจนเกินไปด้วย

4.4 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม กับ ซีลี้อย และสูตรผสม ชั้นสน เทอร์โมพลาสติก ซีลี้อย ซึ่งเตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

4.4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย ที่เตรียม ด้วยวิธีใช้ตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำ ของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วมกับ ซีลี้อย ในอัตราส่วนต่างๆ ที่เตรียมโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย และใช้ ระยะเวลาอบชิ้นงาน 7 วัน

สูตร	ความแข็งแรงต่อแรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	
		โดยน้ำหนัก	โดยปริมาตร
10 : 0	9.9	2.03	2.02
9 : 1	44.3	2.69	0.83
8 : 2	167.3	6.39	6.98
7 : 3	238.6	17.51	3.35
6 : 4	265.7	19.29	10.72
5 : 5	169.7	59.34	7.69
4 : 6	60.75	97.49	11.14

4.4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม PS และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำ ของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม PS และซีลี้อย ในอัตราส่วนต่างๆ ที่เตรียมโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย และ ใช้ระยะเวลาอบชิ้นงาน 7 วัน

สูตร	ความแข็งแรงต่อแรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	
		โดยน้ำหนัก	โดยปริมาตร
5 : 0.5 : 4.5	221.6	-	-
5 : 1.0 : 4.0	147.8	36.89	4.16
5 : 1.5 : 3.5	31.5	22.99	11.73
5 : 2.0 : 3.0	282.8	18.01	2.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร	ความแข็งแรงต่อแรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	
		โดยน้ำหนัก	โดยปริมาตร
6 : 0.5 : 3.5	281.1	21.72	19.09
6 : 1.0 : 3.0	219.9	4.90	1.76
6 : 1.5 : 1.5	145.8	21.33	9.11
6 : 2.0 : 2.0	324.2	4.32	3.80
7 : 0.5 : 2.5	189.0	14.90	6.70
7 : 1.0 : 2.0	171.5	20.26	3.50
7 : 1.5 : 1.5	122.5	10.30	2.02
7 : 2.0 : 1.0	107.8	7.89	15.80

หมายเหตุ : สูตร 5 : 0.5 : 4.5 ทดสอบค่าการดูดซึมน้ำไม่ได้ เนื่องจากชิ้นงานเปื่อยยุ่ยเมื่อโดนน้ำ

4.5 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม กับ ซีลี้อย และสูตรผสม พอลิเมอร์รวม เทอร์โมพลาสติก ซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธี ใช้ความร้อน

4.5.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม กับ ซีลี้อย ที่เตรียม ด้วยวิธีใช้ความร้อน

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำ ของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม กับซีลี้อย ในอัตราส่วนต่างๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

สูตร	ความแข็งแรงต่อแรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	
		โดยน้ำหนัก	โดยปริมาตร
7 : 3	304.4	18.39	23.05
6 : 4	366.8	15.52	21.78
5 : 5	1.02	-	-

หมายเหตุ : สูตร 5 : 5 ทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำไม่ได้ เนื่องจากชิ้นงานเปื่อยยุ่ยเมื่อโดนน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม LDPE และซีล้อย
ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำ ของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม
LDPE และซีล้อย ในอัตราส่วนต่างๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

สูตร	ความแข็งแรงต่อแรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	
		โดยน้ำหนัก	โดยปริมาตร
5 : 4.0 : 1.0	224.7	4.44	4.63
5 : 3.5 : 1.5	218.8	0.60	2.81
5 : 3.0 : 2.0	364.7	3.87	4.07
5 : 2.5 : 2.5	394.6	8.12	10.69
6 : 3.0 : 1.0	152.9	0.16	2.89
6 : 2.5 : 1.5	172.6	0.14	1.42
6 : 2.0 : 2.0	319.9	4.54	6.26
6 : 1.5 : 2.5	372.6	12.03	12.11
7 : 2.0 : 1.0	173.1	9.11	9.93
7 : 1.5 : 1.5	288.9	11.13	12.53
7 : 1.0 : 2.0	263.3	0.63	1.01
7 : 0.5 : 2.5	335.5	10.03	14.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 48 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3
น้ำมันชักเงา

4.6 สมบัติของเอสเทอร์ กัม

4.6.1 การศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบทางเคมีของเอสเทอร์ กัม
ศึกษาโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ตารางที่ 4.15 แสดงเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของเอสเทอร์ กัม แบริดซ์ต่าง ๆ

แบบริดซ์	เลขคลื่น (ซม. ⁻¹)	หมู่ฟังก์ชัน
1	2950 1740 1235, 1150	C - H ยึด C = O ยึด ของเอสเทอร์ C - O - C ยึด ของเอสเทอร์
2	3600 2950 1700 1280, 1050	O - H C - H ยึด C = O ยึด ของเอสเทอร์ C - O - C ยึด
3	3000 - 2800 1740 1460, 1390 1240, 1180	C - H ยึด C = O ยึด ของซันสน - CH ₂ งอ C - O - C ยึดของเอสเทอร์
4	2900 1730 1460, 1380 1240, 1120	C - H ยึด C = O ยึด ของเอสเทอร์ - CH ₂ งอ C - O - C ยึด ของเอสเทอร์
5	3600 - 3100 3000 - 2800 1700 1260, 1055	O - H C - H ยึด C = O ยึด ของเอสเทอร์ C - O - C ยึดของเอสเทอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 49 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของเอสเทอร์กัม
ศึกษาโดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์

ตารางที่ 4.16 แสดงช่วงอุณหภูมิและร้อยละโดยน้ำหนักที่สูญหายไปในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของ
เอสเทอร์ กัม

แบตช์ที่	ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละโดยน้ำหนักที่หายไป
3	100 - 370	30
	370 - 420	48
	420 - 700	12
	หลัง 700	10
4	200 - 420	75
	420 - 500	19
	500 - 750	2
	หลัง 750	2
5	150 - 340	60
	340 - 500	34
	หลัง 700	6

4.6.3 ค่าความเป็นกรดของเอสเทอร์ กัม

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าแสดงความเป็นกรดของเอสเทอร์กัม แบตช์ต่าง ๆ

แบตช์ที่	ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมของ KOH / กรัม)
1	9.0	124.55
	17.0	97.65
	24.5	83.57
	28.5	76.01
	35.5	74.45
	43.5	70.23
	49.0	69.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบตซ์ที่	ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมของ KOH / กรัม)
2	11	138.43
3	12	80.49
	15	55.77
	20	39.71
4	6	20.03
	10	6.34
5	3	91.28

4.7 การศึกษาสมบัติของน้ำมันชักเงา

4.7.1 ความหนาแน่นของน้ำมันชักเงา

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าความหนาแน่นของน้ำมันชักเงา

เบตซ์ที่	ความหนาแน่น (กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร)
1	0.9680
2	0.9610
3	0.9588
4	0.9602
5	0.9600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และไม่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2 ความหนืดของน้ำมันชักเงา

ตารางที่ 4.19 แสดงความหนืดของน้ำมันชักเงา

แบตช์ที่	ความหนืด (เซนติพอยล์)
1	530
2	300
3	237.5
4	245
5	205

4.7.3 ระยะเวลาการแห้งตัวของน้ำมันชักเงา

ตารางที่ 4.20 แสดงระยะเวลาในการแห้งตัวของน้ำมันชักเงา แบตช์ต่าง ๆ

แบตช์ที่	ระยะเวลาในการแห้งตัว (วัน)
1	6
2	7
3	6
4	5
5	7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1

วัสดุผสมสูตร

5.1 วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของชั้นสน

ก. ค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์ และค่าแสดงความเป็นกรด

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของชั้นสนที่ใช้ในการวิจัย กับมาตรฐาน FSC หมายเลข LLL-R-656b

สมบัติทางกายภาพ	มาตรฐาน Ferderal specification	ชั้นสนที่ใช้ในการวิจัย
ค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์	> 162	164.53
ค่าแสดงความเป็นกรด	> 150	175.19

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า ชั้นสนที่ใช้ในการทดลอง มีค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์ และค่าแสดงความเป็นกรด สูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้

ข. การศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบของชั้นสน

ศึกษาโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

จากการศึกษาหมู่ฟังก์ชันของชั้นสน ด้วยเครื่องอินฟราเรด สเปกโตรโฟโตมิเตอร์พบว่า หมู่ฟังก์ชันสำคัญ มีสัญญาณดังนี้คือ

- 3600 - 3300 cm^{-1} ซึ่งเป็นช่วงพีกของ -O-H (ยืด)
- 2950 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ -C-H (ยืด)
- 1700 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ -C=O ของเรซิน แอซิด
- 1650 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ -C=C- ของเรซิน แอซิด
- 1280 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ -C-O- ของเรซิน แอซิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การศึกษาสมบัติทางความร้อนของชั้นสน

1. ศึกษาด้วยเครื่องดีฟเฟอเรนเชียล สแกนนิ่ง แคลอริมิเตอร์

ในช่วงแรกชั้นสนจะดูดความร้อนเพื่อใช้ในการระเหยน้ำมันสนที่ยังเหลืออยู่ และเพื่อใช้ในการหลอมเหลว จนกระทั่งที่อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส ชั้นสนจะเริ่มเกิดการสลายตัวในที่สุด

2. ศึกษาด้วยเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์

องค์ประกอบแรกจะระเหยที่อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียสจะเริ่มสลายตัวจนอุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส จะเหลือน้ำหนัก 4% ของน้ำหนักเดิม และสลายตัวต่อไปจนหมดที่อุณหภูมิ 780 องศาเซลเซียส

5.1.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของพอลิเมอร์รวม

ก. การละลายของพอลิเมอร์รวม

จากการศึกษาเกี่ยวกับการละลายของพอลิเมอร์รวมในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โทลูอิน อะซีโตน เมทิลอัลกอฮอล์ เอทิลอัลกอฮอล์ และไอโซโพรพิลอัลกอฮอล์ พบว่า พอลิเมอร์รวมสามารถละลายได้ดีที่สุดในอะซีโตน และเมื่อเปรียบเทียบกับ การละลายของชั้นสนธรรมชาติ พบว่า ความสามารถในการละลายของพอลิเมอร์รวมในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ จะลดลง

ข. การศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบของพอลิเมอร์รวม

จากการศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบของพอลิเมอร์รวม โดยใช้เครื่องอินฟราเรด สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่า มีหมู่ที่แตกต่างจากชั้นสนธรรมชาติ คือ

- 1840 และ 1780 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ แอซิดแอนไฮไดรด์ ของ มาเลอิก แอนไฮไดรด์ ที่เข้ามาทำปฏิกิริยา
- 1240 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ -C-O ของแอซิด แอนไฮไดรด์
- 700 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ cis-R-C=C-R ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา

พืชที่ชั้นที่ 700 ซม¹ สามารถยืนยันได้ว่าการเกิดปฏิกิริยาเกิดที่ตำแหน่งพันธะคู่ของ มาเลอิก แอนไฮไดรด์ เนื่องจากความเข้มของสเปกตรัมลดลงอย่างเห็นได้ชัด (เทียบกับอินฟราเรด สเปกตรัมของ มาเลอิก แอนไฮไดรด์) ส่วนหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ร่วมที่เพิ่มขึ้นมาเนื่องการเกิดปฏิกิริยาระหว่างชั้นสนกับมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ก็คือ แอซิด แอนไฮไดรด์

ค. การศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ร่วม

1. จากการศึกษาโดยใช้เครื่องดีพีเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์

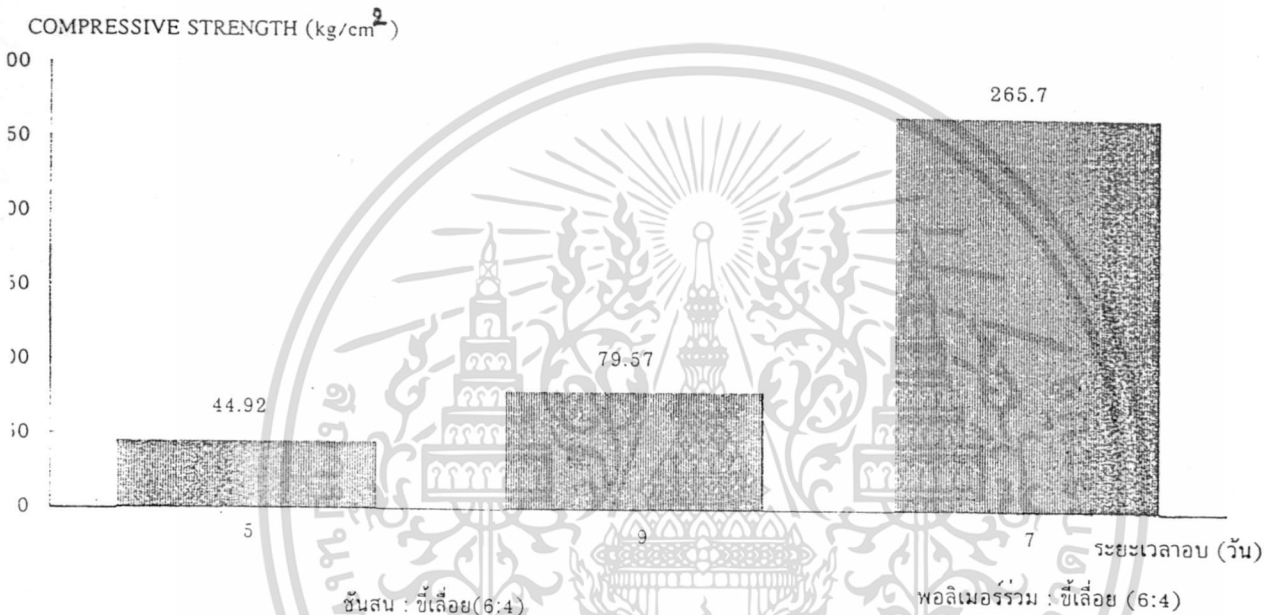
พอลิเมอร์ร่วมจะเริ่มเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิ ประมาณ 310 องศาเซลเซียส สาเหตุที่พอลิเมอร์ร่วมสามารถทนความร้อนได้ดีกว่าชั้นสน เนื่องจากพอลิเมอร์ร่วมที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างชั้นสน กับ มาเลอิก แอนไฮไดรด์ มีมวลโมเลกุลเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

2. จากการศึกษาโดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์

จากเทอร์โมแกรมของพอลิเมอร์ร่วม เกิดการระเหยขององค์ประกอบแรกที่ 80 องศาเซลเซียส และเกิดการระเหยขั้นที่สองต่อมาจนถึงอุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซลเซียส และเกิดการสลายตัวจนถึง 500 องศาเซลเซียส จะเหลือน้ำหนัก 10% ของน้ำหนักเดิม และสลายตัวจนหมดที่ 800 องศาเซลเซียส จะสังเกตได้ว่า พอลิเมอร์จะสามารถทนความร้อนได้ดีกว่าชั้นสน ซึ่งก็เนื่องมาจากมวลโมเลกุลที่มากขึ้น

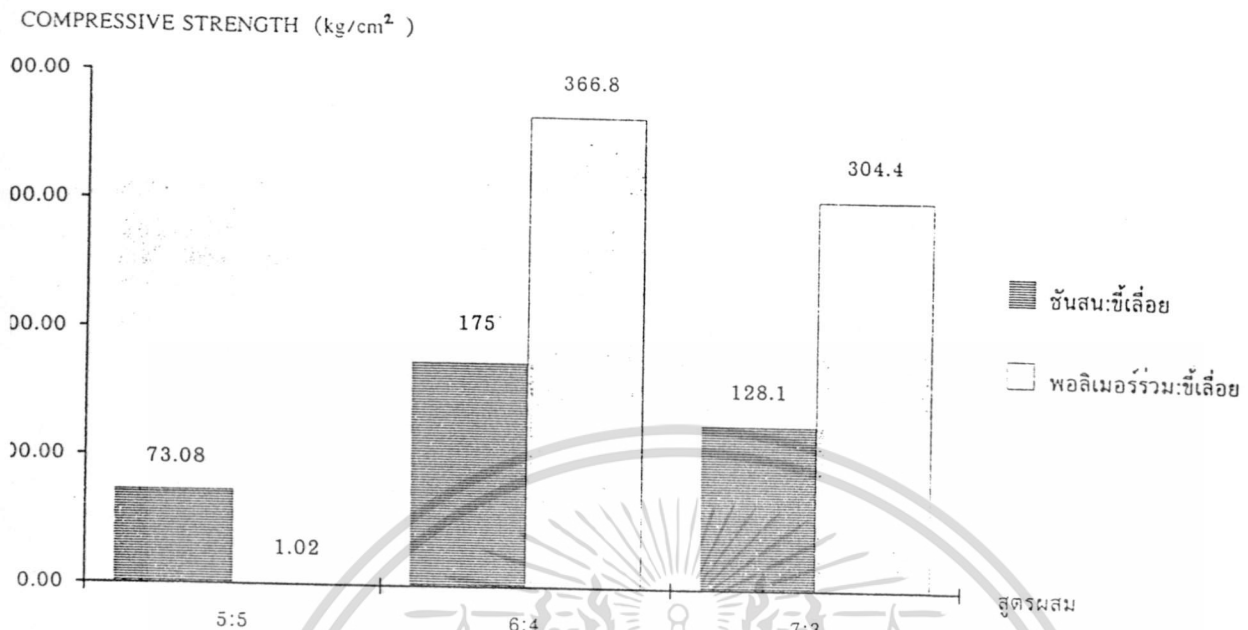
5.1.3 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสมสูตรที่เตรียมโดยใช้ชั้นสนธิกรรมดากับพอลิเมอร์ร่วมเป็นองค์ประกอบ

ก. ความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลายและวิธีใช้ความร้อน



รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมชั้นสนกับซีเมนต์และสูตรผสมพอลิเมอร์ร่วมกับซีเมนต์ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และใช้ระยะเวลาในการอบขึ้นงานต่าง ๆ กัน

จากรูปที่ 5.1 พบว่า ในการเตรียมสูตรผสมระหว่างชั้นสนกับซีเมนต์ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเป็น 6 : 4 โดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และนำขึ้นงานไปอบที่ระยะเวลาแตกต่างกัน สูตรผสมที่ใช้พอลิเมอร์ร่วมเป็นองค์ประกอบ จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัด 265.7 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสูงกว่ากรณีใช้ชั้นสนธรรมดา ดังนั้นการใช้พอลิเมอร์ร่วมแทนชั้นสนธรรมดาในการผสมสูตรจะเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติด้านความแข็งแรงต่อแรงอัด นอกจากนี้ยังใช้ระยะเวลาในการอบขึ้นงานน้อยกว่าด้วย



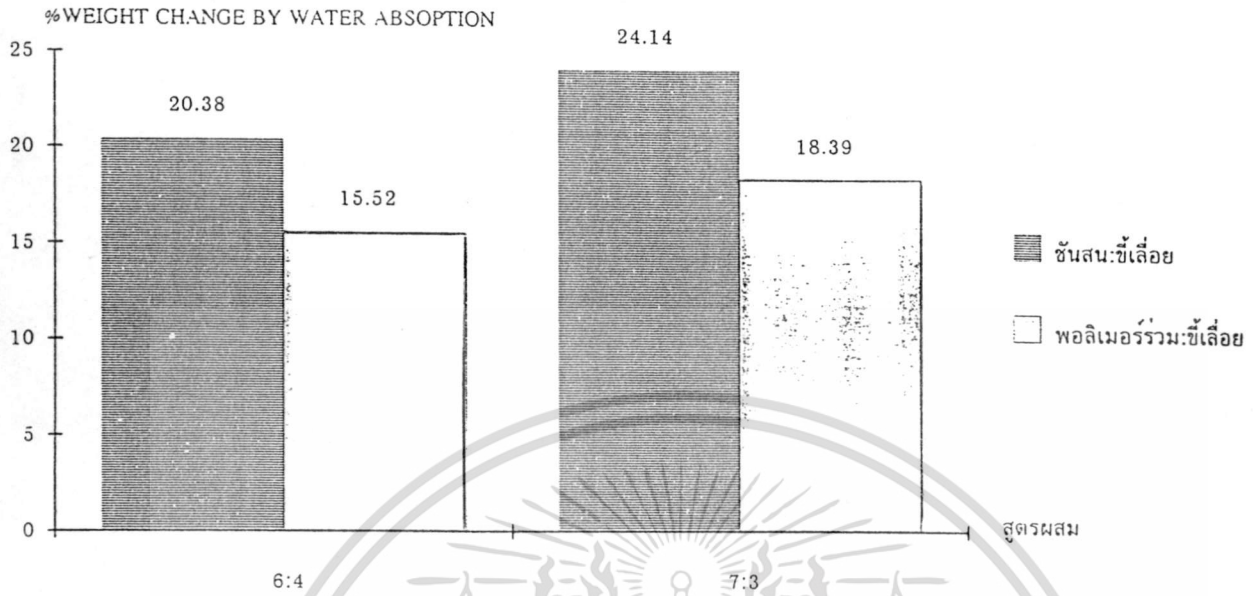
รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมชั้นสนกับซีลี้อยและสูตรผสมพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

จากรูป 5.2 พบว่า กรณีเตรียมสูตรผสมโดยวิธีใช้ความร้อน สูตรผสมที่ใช้พอลิเมอร์ร่วมเป็นองค์ประกอบ มีแนวโน้มที่จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงกว่ากรณีใช้ชั้นสนธรรมดา และสูตรผสมในอัตราส่วนพอลิเมอร์ร่วมต่อซีลี้อย เป็น 6 : 4 ก็ให้ค่าสูงสุด คือ 366.8 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งจะสูงกว่ากรณีวิธีใช้ตัวทำละลาย

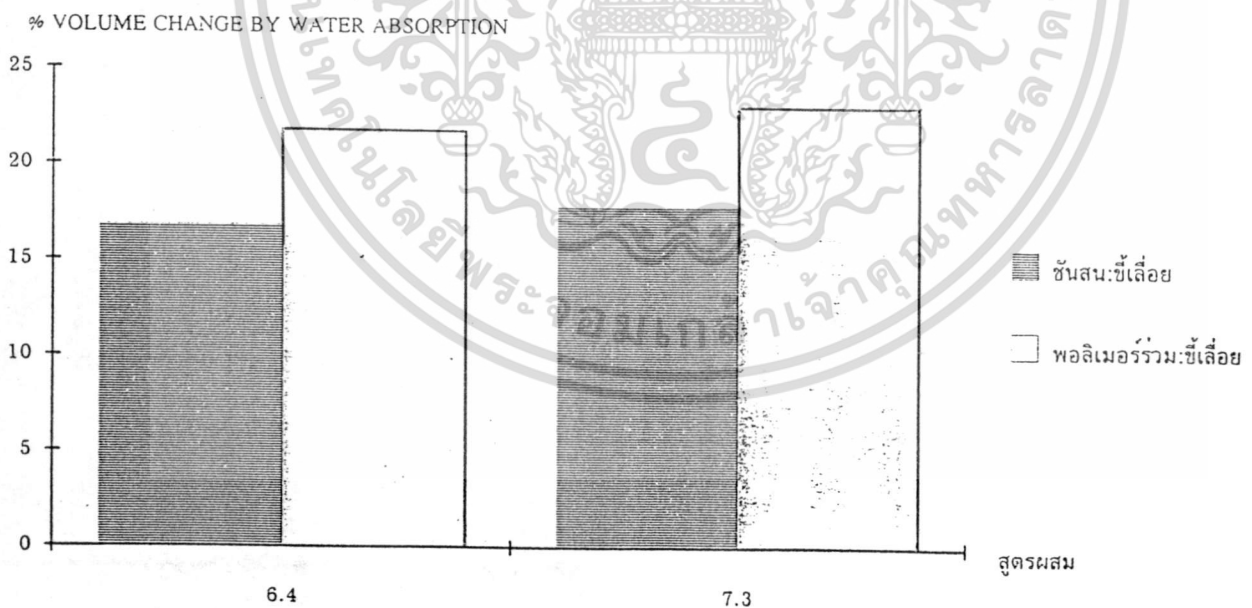
ข. ค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสม ชั้นสน กับซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และวิธีใช้ความร้อน

กรณีเตรียมชิ้นงานโดยวิธีใช้ตัวทำละลายนั้น กรณีใช้ชั้นสนธรรมดาในการผสมสูตรไม่สามารถที่จะทดสอบชิ้นงานได้ เนื่องจากชิ้นงานมีลักษณะเป็นหลุมเนื่องจากการระเหยของตัวทำละลายและเปื่อยยุ่ยเมื่อโดนน้ำ แต่ในกรณีที่ใช้พอลิเมอร์ร่วมในการผสมสูตรนั้น สามารถนำชิ้นงานมาทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำได้ แสดงว่า การใช้พอลิเมอร์ร่วมจะช่วยให้ส่วนผสมต่าง ๆ ยึดติดกันได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสมต่าง ๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน



รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของการเปลี่ยนแปลงปริมาตร เนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสมต่าง ๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

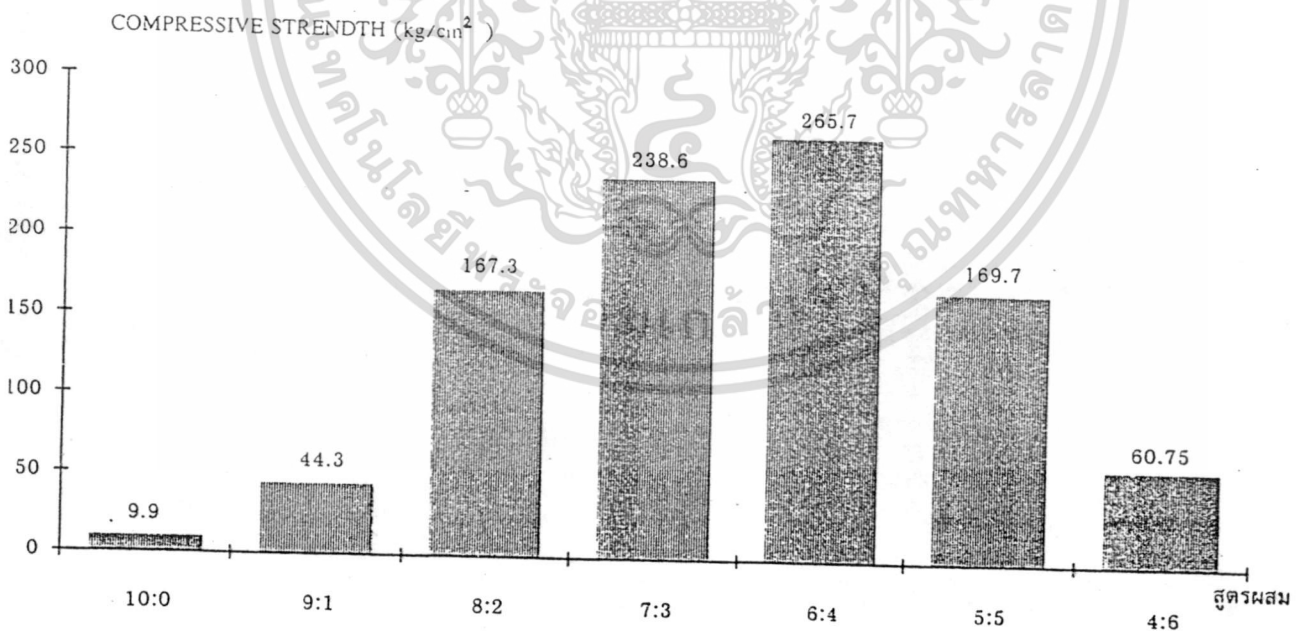
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.3 และ 5.4 พบว่า ที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน สูตรผสมระหว่างพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อยู่ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อนจะมีร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำต่ำกว่าสูตรผสมระหว่างชั้นสนธรรมาคกับซีลี้อยู่ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากพอลิเมอร์ร่วมมีมาเลือกแอนไฮไดรด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาโคโพลิเมอร์ไรเซชันปนอยู่ด้วย และมาเลือกแอนไฮไดรด์นี้ก็สามารถละลายได้ในน้ำ ดังนั้นเมื่อนำชิ้นงานมาแช่น้ำ มาเลือกแอนไฮไดรด์ก็จะละลายออกมาทำให้น้ำหนักของชิ้นงานหลังแช่น้ำลดลงนั่นเอง

ส่วนร้อยละของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรที่ใช้พอลิเมอร์ร่วมจะสูงกว่าสูตรที่ใช้ชั้นสนธรรมาค ทั้งนี้ก็เพราะ เมื่อมาเลือกแอนไฮไดรด์ละลายออกไป โอกาสที่ซีลี้อยู่จะสัมผัสกับน้ำก็มีมากขึ้น โอกาสที่ซีลี้อยู่จะบวมตัวก็มีมากกว่า

5.1.4 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสมสูตรที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

ก. ความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วม กับซีลี้อยู่ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

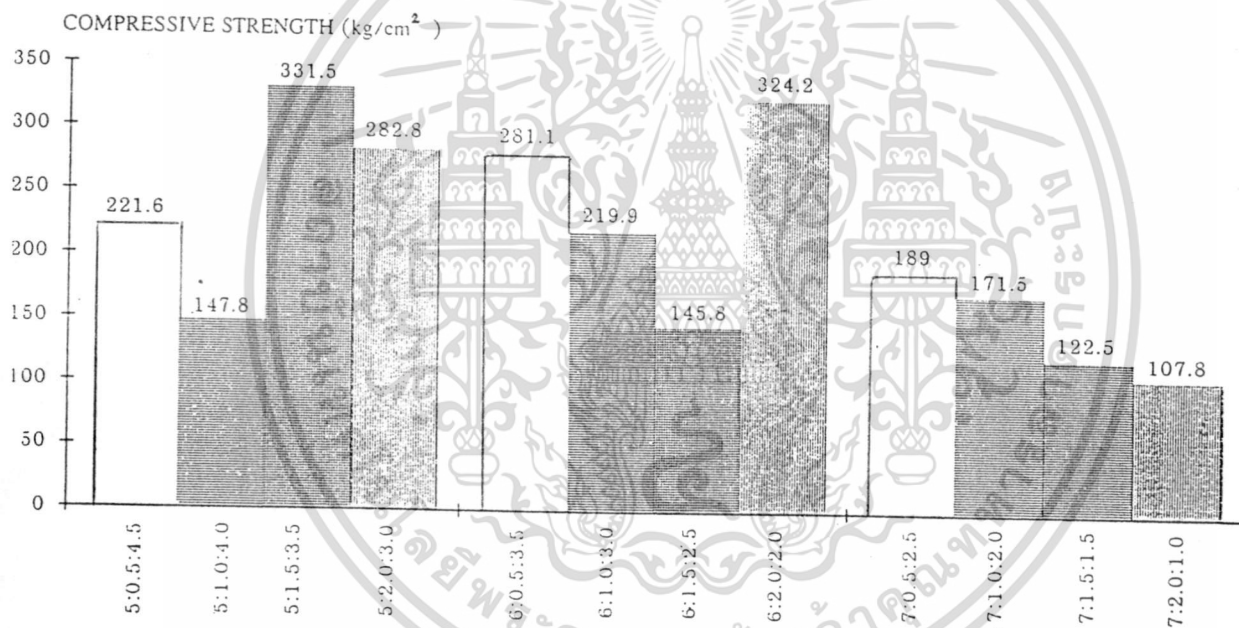


รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงต่อแรงอัดกับสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อยู่ ซึ่งเตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และใช้ระยะเวลาในการอบชิ้นงาน 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.5 พบว่า สูตรผสมที่ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุด คือ สูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก เป็น 6 : 4 และพบว่าค่าความแข็งแรงต่อแรงอัด จะแปรผันกับอัตราส่วนของพอลิเมอร์รวมและซีลี้อยในสูตรผสม กล่าวคือ เมื่อใช้ซีลี้อยซึ่งเป็น วัสดุเสริมแรงเพิ่มมากขึ้น ความแข็งแรงต่อแรงอัดของชิ้นงานก็จะเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งถึงจุดหนึ่ง ที่อัตราส่วนของซีลี้อยมีมากเกินไป ทำให้พอลิเมอร์รวมไม่สามารถผสมได้ทั่วถึง ค่าความแข็งแรง ต่อแรงอัดก็จะลดลง

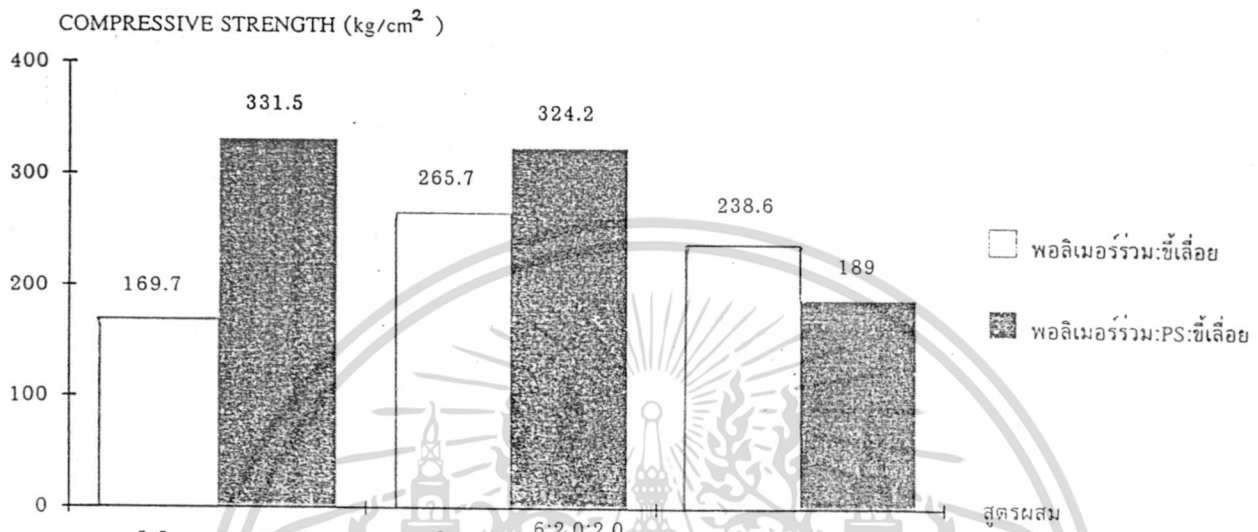
ข. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม PS และ ซีลี้อย ที่เตรียม โดยวิธีใช้ตัวทำละลาย



รูปที่ 5.6 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม PS และ ซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

จากรูปที่ 5.6 พบว่า ในการเตรียมสูตรผสมโดยวิธีใช้ตัวทำละลายนี้ สูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์รวม PS และ ซีลี้อย เป็น 5 : 1.5 : 3.5 จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุดที่สุด คือ 331.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และที่อัตราส่วนของพอลิเมอร์รวมคงที่ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ PS จะทำให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของชิ้นงานลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก PS มีลักษณะที่เหนียวหนืด ทำให้ตัวทำละลายระเหยออกได้ยากมากขึ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วม ซีลี้อย และ สูตรผสมพอลิเมอร์ร่วม PS ซีลี้อย ซึ่งเตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

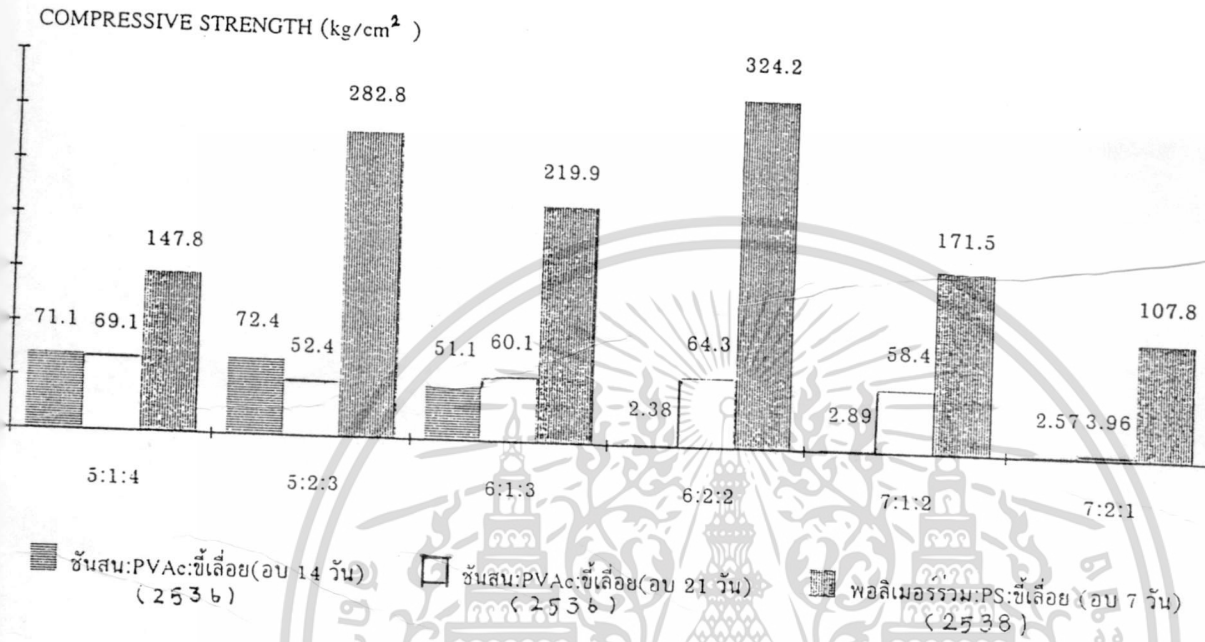


รูปที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม ที่เตรียมโดยใช้ตัวทำละลาย

จากรูปที่ 5.7 พบว่า ที่อัตราส่วนของพอลิเมอร์ร่วมคงที่ สูตรผสมที่มี PS เป็นองค์ประกอบจะมีแนวโน้มที่จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงกว่ากรณีที่ไม่มี PS ทั้งนี้เพราะ PS เป็นเทอร์โมพลาสติกที่ช่วยในการเสริมแรงของวัสดุผสมสูตรนั่นเอง

ง. เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม กับผลการวิจัยในปีการศึกษา 2536

2536



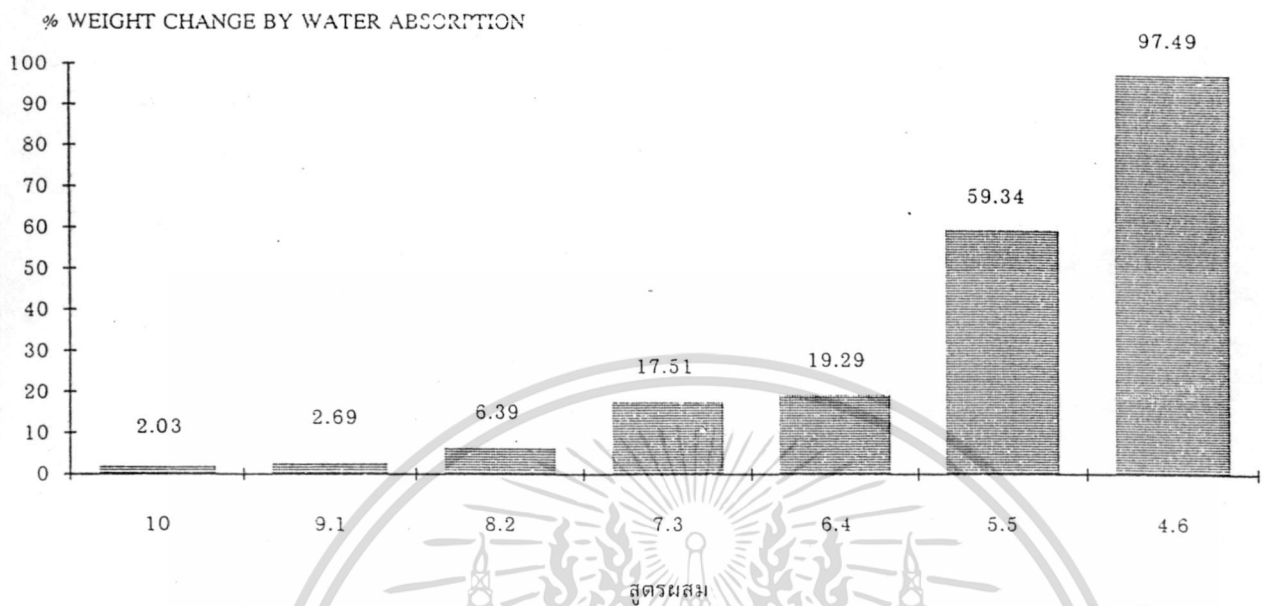
รูปที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมต่าง ๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และใช้ระยะเวลาในการอบชิ้นงานแตกต่างกัน

จากรูปที่ 5.8 พบว่า สูตรผสม พอลิเมอร์รวม PS และซีเมนต์ มีแนวโน้มที่จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงกว่ากรณีใช้สูตรผสมระหว่าง ชิ้นสนธรรมา PVAc และซีเมนต์ แม้ว่าจะใช้ระยะเวลาในการอบชิ้นงานน้อยกว่า คือ 7 วัน และสูตรที่ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุด 324.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คือ สูตร พอลิเมอร์รวม : PS : ซีเมนต์ เป็น 6 : 2 : 2

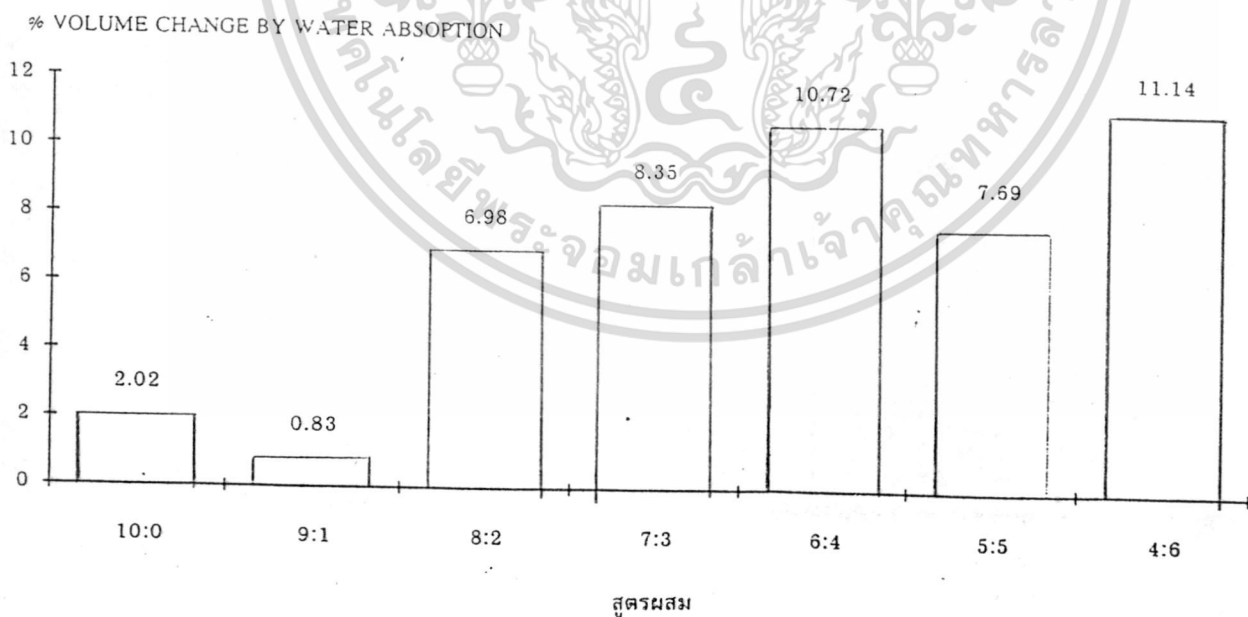
แสดงว่า PS สามารถปรับปรุงสมบัติด้านความแข็งแรงต่อแรงอัดได้ดีกว่า PVAc นั่นคือ เราสามารถพัฒนาชนิดของเทอร์โมพลาสติกที่ใช้ในการผสมสูตร ซึ่งเตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. การดูดซึมน้ำ ของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย



รูปที่ 5.9 แสดงค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม กับ ซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย



รูปที่ 5.10 แสดงค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม กับ ซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

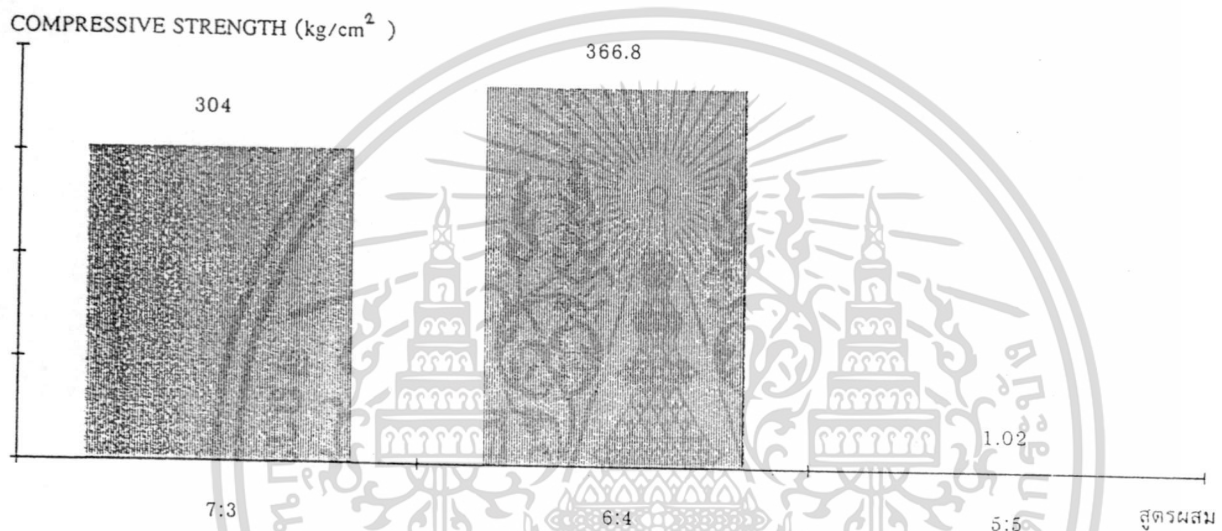
จากรูปที่ 5.9 พบว่า สูตรผสมระหว่างพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย ในอัตราส่วน 4 : 6 จะมีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำสูงที่สุด คือ ร้อยละ 97.49 และจากรูป 5.10 สูตรผสมระหว่างพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย ในอัตราส่วน 4 : 6 ก็จะมีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำสูงที่สุด คือ ร้อยละ 11.14 จะเห็นได้ว่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำนี้ จะเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับอัตราส่วนของซีลี้อยในสูตรผสม ทั้งนี้เนื่องจากซีลี้อยสามารถที่จะดูดซึมน้ำได้ ดังนั้นความสามารถในการดูดซึมน้ำของชิ้นงานจึงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

ฉ. ค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม PS และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

เนื่องจากชิ้นงานสำหรับทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม PS และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลายมีลักษณะเป็นรูพรุน เนื่องจากกระบวนการระเหยของตัวทำละลาย ทำให้ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำแกว่ง จึงไม่สามารถที่จะสรุปได้

5.1.5 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสมสูตร ที่เตรียมโดยวิธีใช้ ความร้อน

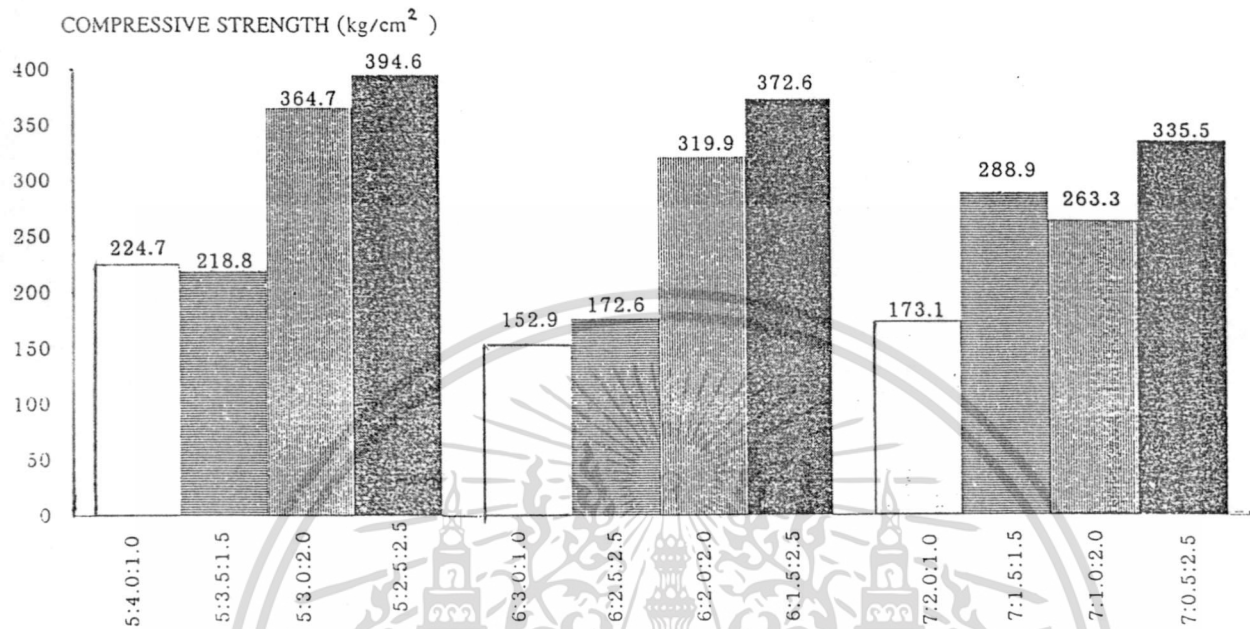
ก. ความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ ความร้อน



รูปที่ 5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงต่อแรงอัดกับสูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

จากรูปที่ 5.11 พบว่า ในกรณีที่เตรียมสูตรผสมโดยวิธีใช้ความร้อน ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม ระหว่าง พอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย ในอัตราส่วน 6 : 4 จะมีค่าสูงสุด คือ 366.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดนี้ก็จะแปรผันตามอัตราส่วนของพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย เช่นเดียวกับกรณีการผสมสูตรโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย

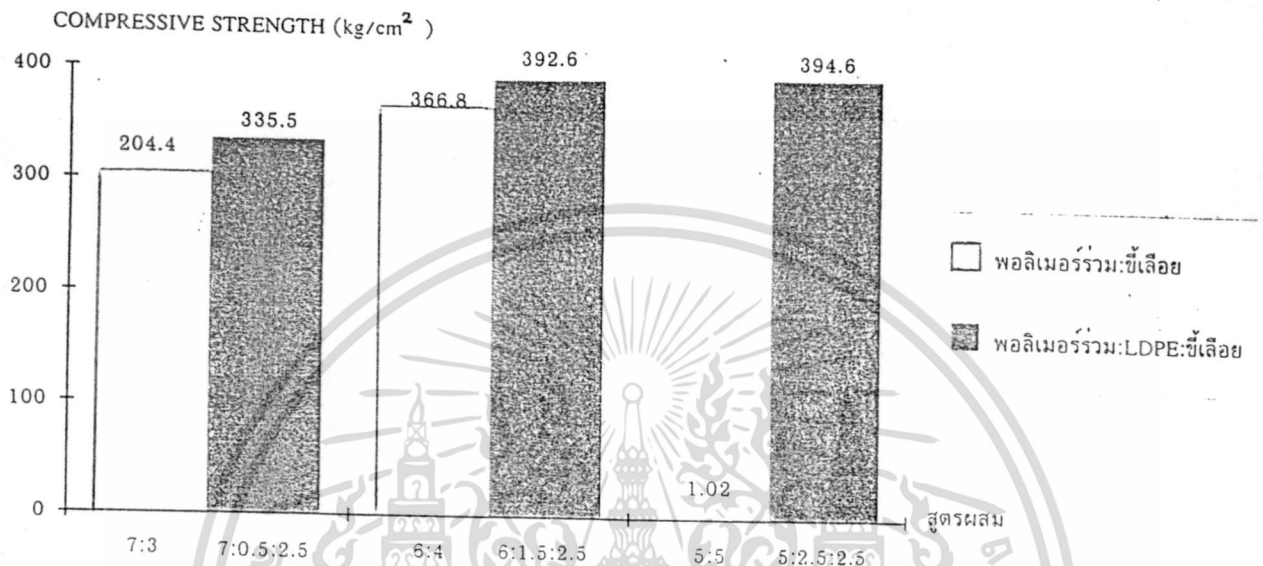
ข. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม LDPE และ ซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน



รูปที่ 5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงต่อแรงอัดกับสูตรผสม พอลิเมอร์รวม LDPE และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

จากรูป 5.12 พบว่า สูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์รวม LDPE และซีลี้อย ในอัตราส่วน 5 : 2.5 : 2.5 จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุด คือ 394.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และที่อัตราส่วนของพอลิเมอร์รวมคงที่ ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของชิ้นงานจะลดลง เมื่ออัตราส่วนของ LDPE ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากขณะที่ LDPE หลอมเหลวด้วยความร้อน จะมีลักษณะที่เหนียวหนืดมาก ดังนั้น ถ้าอัตราส่วนของ LDPE มีมากจะทำให้การผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์รวม และซีลี้อยทำได้ยาก ส่งผลให้ความแข็งแรงต่อแรงอัดของวัสดุผสมสูตรลดลงตามไปด้วย

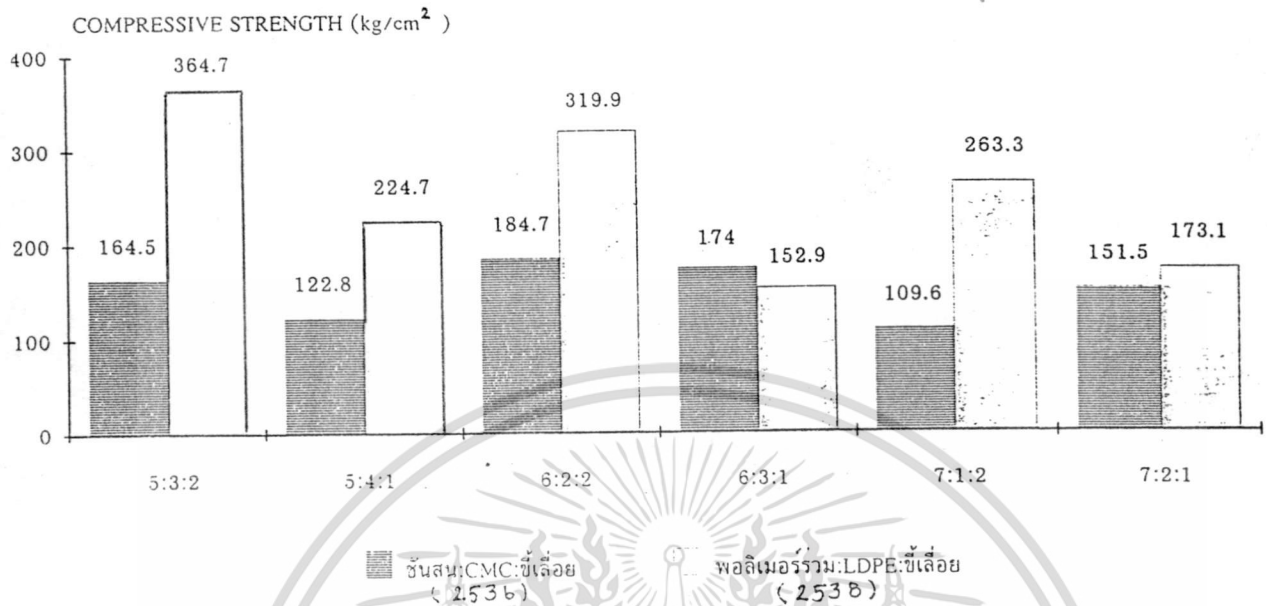
ค. เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วม ซีลี้อย และสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วม LDPE ซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน



รูปที่ 5.13 การเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

จากรูปที่ 5.13 พบว่า ในการเตรียมสูตรผสมโดยวิธีใช้ความร้อน ที่อัตราส่วนของพอลิเมอร์ร่วมคงที่ ถ้าใช้ LDPE เป็นองค์ประกอบ จะทำให้ชิ้นงานมีค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงกว่ากรณีที่ไม่ใช่ ทั้งนี้เพราะ LDPE จะเข้าไปช่วยเสริมแรงของวัสดุผสมสูตรนั่นเอง

ง.เปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม กับผลการวิจัยในปีการศึกษา 2536



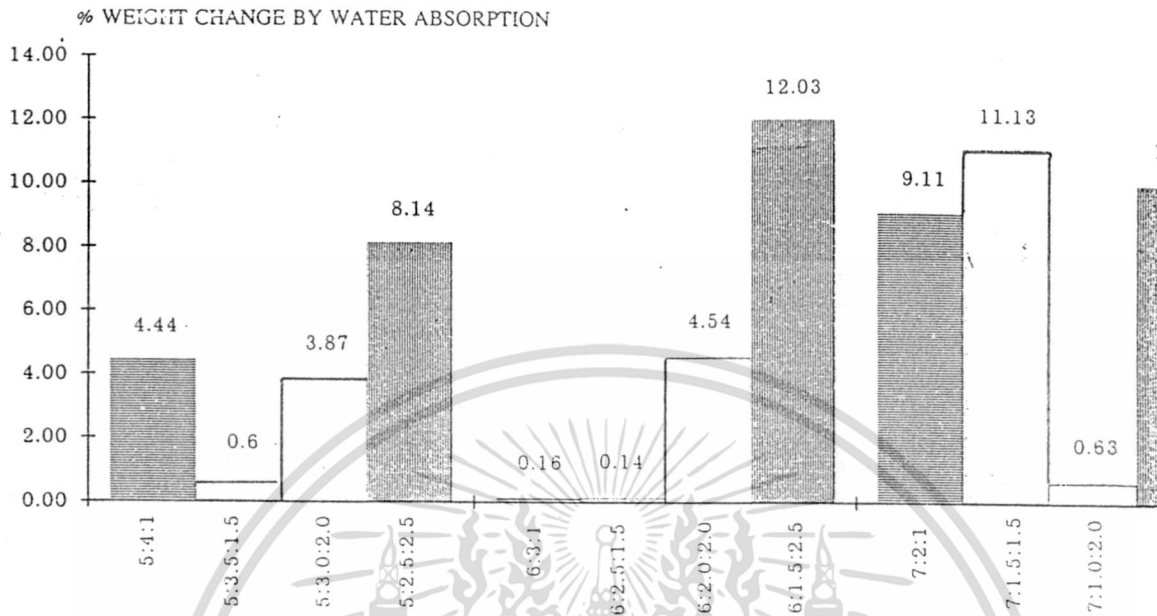
รูปที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัด ของสูตรผสมต่าง ๆ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

และจากรูปที่ 5.14 พบว่า สูตรผสม พอลิเมอร์รวม LDPE และซีลื้อยก็มีแนวโน้มที่จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงกว่ากรณีใช้สูตรผสม ชั้นสนธรรมชาติ CMC และซีลื้อย และสูตรที่ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุด 364.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คือ สูตร พอลิเมอร์รวม : LDPE : ซีลื้อย เป็น 5 : 3 : 2

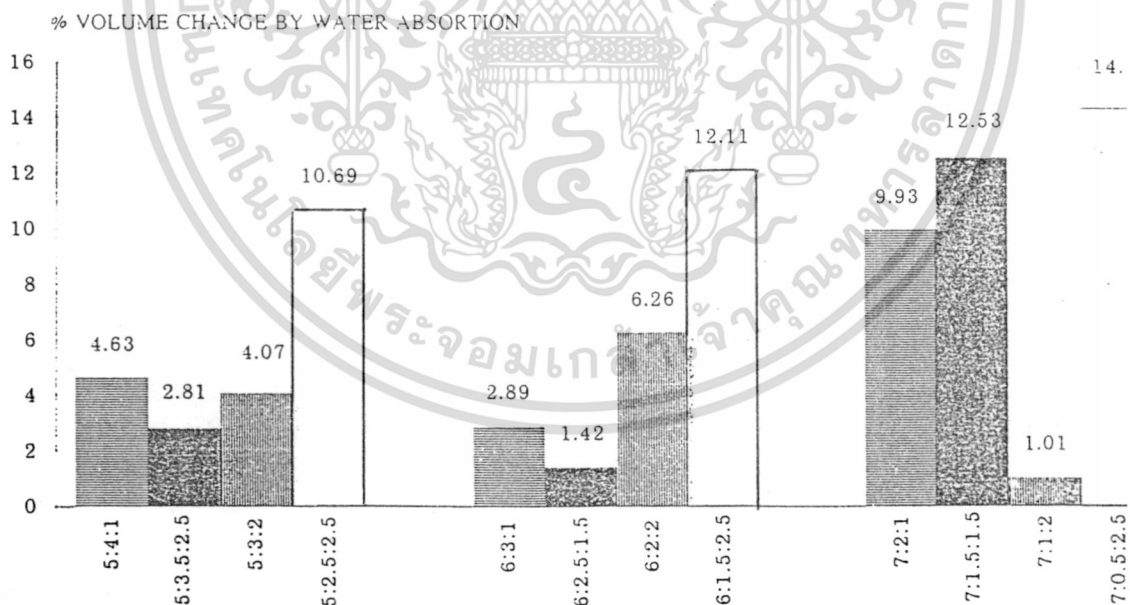
จ. การดูดซึมน้ำ ของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วมกับซีลื้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

ค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วมกับซีลื้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อนนี้ ไม่สามารถที่จะทำการสรุปได้ เนื่องจากมีข้อมูลน้อยเกินไป (มีเพียง 2 สูตร)

ข. ค่าการดูดซึมน้ำของสูตรผสม พอลิเมอร์ร่วม LDPE และซีลีโอซ ที่เตรียมโดยวิธี
ความร้อน



รูปที่ 5.15 แสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำของสูตรผสม พ
เมอร์ร่วม LDPE และ ซีลีโอซ



รูปที่ 5.16 แสดงการร้อยละการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำของ สูตรผสม พ
เมอร์ร่วม LDPE และซีลีโอซ ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

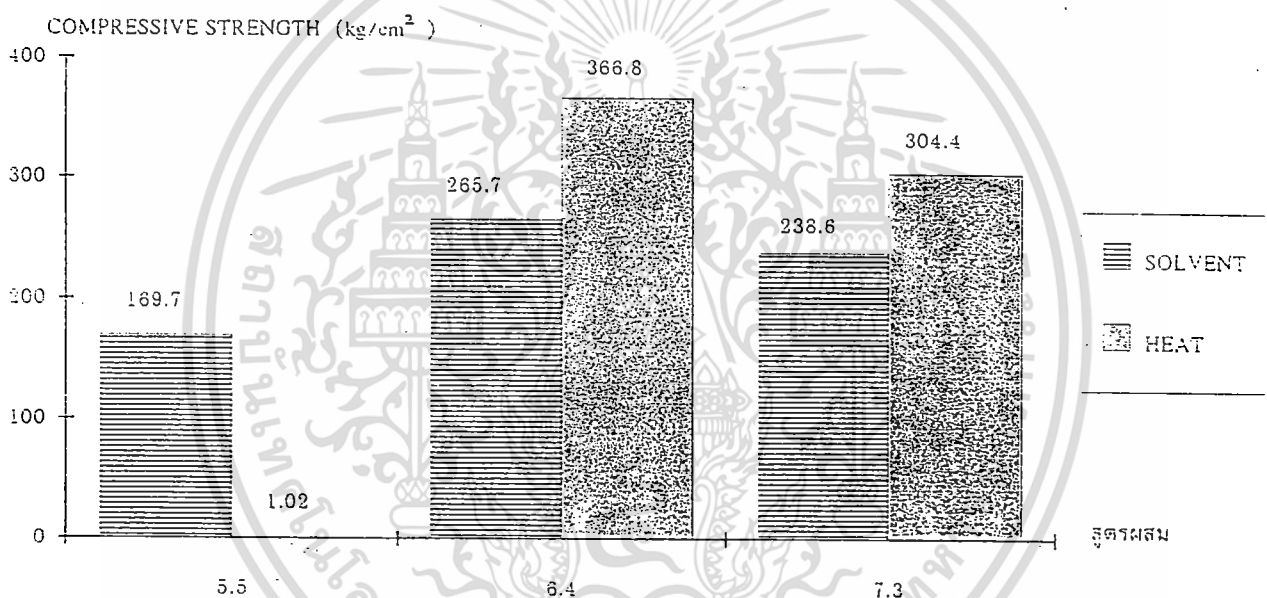
หมายเหตุ : สูตรผสม 7 : 1 : 2 มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก และปริมาตรเนื่องจากก
ดูดซึมน้ำต่ำกว่าปกติ จึงตัดออกจากการพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.15 และ 5.16 พบว่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก และปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำ ของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม LDPE และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อนจะมีแนวโน้มลดลง เมื่ออัตราส่วนของ LDPE ในสูตรผสมเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก LDPE มีสมบัติไม่ดูดซึมน้ำนั่นเอง หรือกล่าวได้อีกทางหนึ่งว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ LDPE จะทำให้อัตราส่วนของซีลี้อยในสูตรผสมลดลง ดังนั้นการดูดซึมน้ำของซีลี้อยในสูตรผสมก็ลดลงด้วย

5.1.6 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสม พอลิเมอร์รวม กับ ซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และวิธีใช้ความร้อน

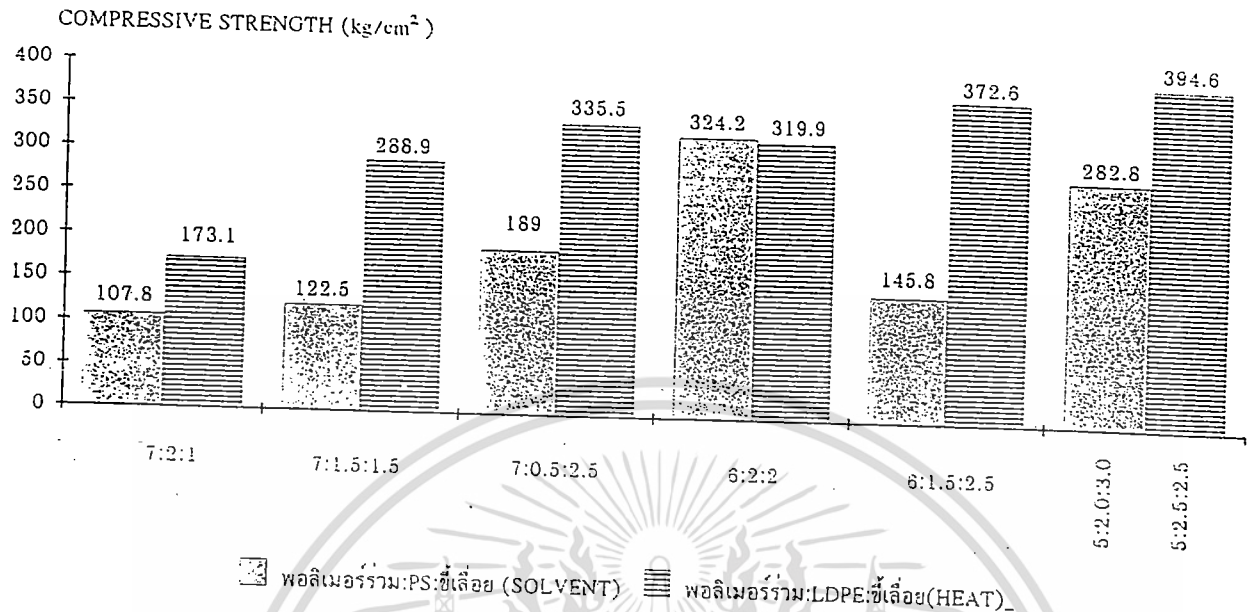
ก. สูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์รวม ซีลี้อย



รูปที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมพอลิเมอร์รวมกับซีลี้อยที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย และวิธีใช้ความร้อน

จากรูปที่ 5.17 พบว่า ที่อัตราส่วนระหว่างพอลิเมอร์รวมกับซีลี้อยสูตรเดียวกัน ชิ้นงานที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงกว่ากรณีวิธีใช้ตัวทำละลาย ทั้งนี้เพราะการใช้ตัวทำละลายนั้น เมื่อนำชิ้นงานไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วันแล้ว ตัวทำละลายก็ยิ่งระเหยออกไม่หมด จึงมีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงอัดลดลง

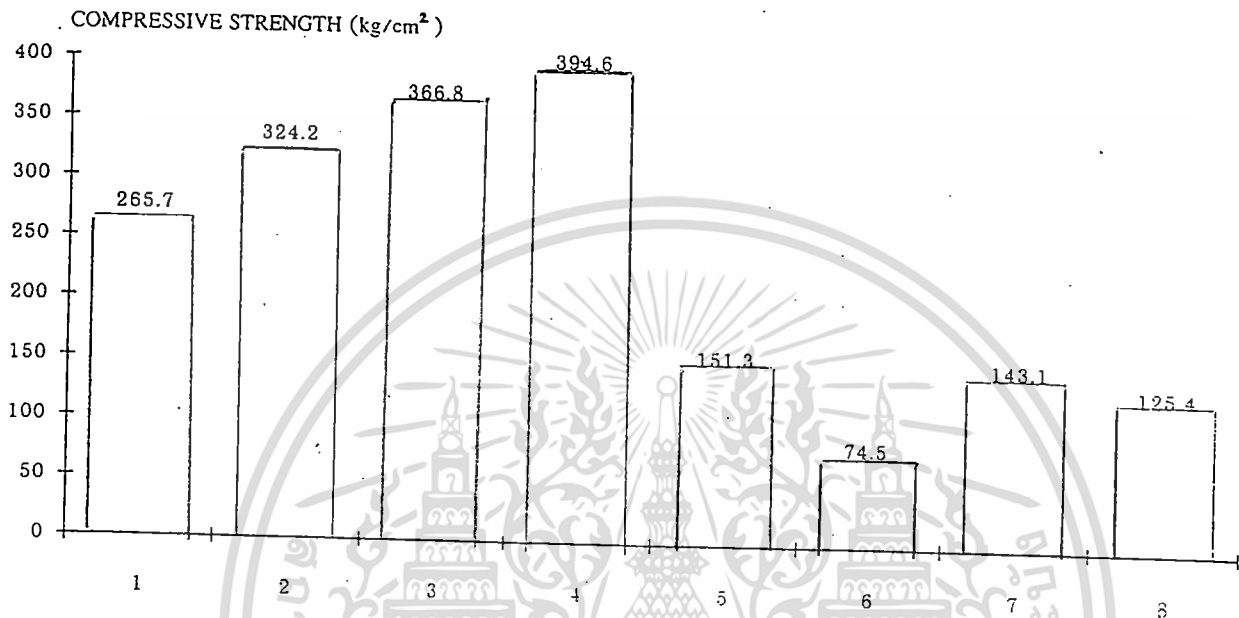
ข. สูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์รวม กับซีลี้อย



รูปที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อแรงอัดของสูตรผสมที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลายและวิธีใช้ความร้อน

จากรูปที่ 5.18 แสดงให้เห็นว่า ที่อัตราส่วนขององค์ประกอบเดียวกัน สูตรผสมระหว่างพอลิเมอร์รวม PS และซีลี้อย ซึ่งเตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดต่ำกว่าสูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์รวม LDPE และซีลี้อย ซึ่งเตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน ทั้งนี้เนื่องจาก การนี้ใช้ตัวทำละลายจะมีตัวทำละลายหลงเหลืออยู่ในวัสดุผสมสูตรแม้จะอบขึ้นงานานานถึง 7 วัน ทำให้ความแข็งแรงต่อแรงอัดลดลง

5.1.6 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุดของสูตรผสมที่เตรียมโดยวิธีการต่าง ๆ กับ พลาสติกประเภทเทอร์โมเซตของบริษัท ชีบา-ไก้จำกัด และ ไม้ธรรมชาติชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 5.19 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุดของสูตรผสมที่เตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ กับพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตของบริษัท ชีบา-ไก้จำกัด และ ไม้ธรรมชาติชนิดต่าง ๆ

- 1 = สูตรผสม พอลิเมอร์รวม : ชีเลื่อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย
- 2 = สูตรผสม พอลิเมอร์รวม : PS : ชีเลื่อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย
- 3 = สูตรผสม พอลิเมอร์รวม : ชีเลื่อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน
- 4 = สูตรผสม พอลิเมอร์รวม : LDPE : ชีเลื่อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน
- 5 = ไม้โมก
- 6 = ไม้สัก
- 7 = ไม้เต็ง
- 8 = พลาสติกประเภทเทอร์โมเซตของบริษัท ชีบา-ไก้ จำกัด

จากรูปที่ 5.19 พบว่า สูตรผสมที่ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุด 394.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คือ สูตรผสมระหว่างพอลิเมอร์รวม LDPE และซีลี้อย ที่เตรียมด้วยวิธีใช้ความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่า สูตรผสมทุกสูตรที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงกว่ามาตรฐาน และพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตของบริษัทซีบ้า - ไก๊ จำกัด

5.2 สรุปผลและวิจารณ์

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรผสม พอลิเมอร์รวมกับซีลี้อย และสูตรผสม พอลิเมอร์รวม เทอร์โมพลาสติก และซีลี้อย สามารถวิจารณ์ผลการทดลองโดยรวมดังนี้

1. เมื่อใช้พอลิเมอร์รวมระหว่างชั้นสนกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ ผสมสูตรแทนชั้นสนธรรมดาจะทำให้สมบัติด้านความแข็งแรงต่อแรงอัดเพิ่มขึ้น และร้อยละของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการดูดซึมน้ำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการดูดซึมน้ำจะลดลง
2. สูตรผสมที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดมากกว่าพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตของ บริษัท ซีบ้า-ไก๊ จำกัด คือ

- สูตรผสม พอลิเมอร์รวมกับซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย
- สูตรผสม พอลิเมอร์รวมกับซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน
- สูตรผสม พอลิเมอร์รวม PS และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย
- สูตรผสม พอลิเมอร์รวม LDPE และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน

3. สูตรผสมที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงสุด คือ สูตรผสมระหว่าง พอลิเมอร์รวม LDPE และซีลี้อย ซึ่งเตรียมโดยวิธีใช้ความร้อน แต่ไม่เหมาะที่จะขึ้นรูปด้วยมือ เนื่องจากในขั้นตอนการผสมสูตรใช้ความร้อนสูงมาก
4. สูตรผสมที่เตรียมโดยวิธีใช้ความร้อนจะมีค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงกว่าสูตรผสมที่เตรียมโดยใช้ตัวทำละลาย และการเพิ่มเทอร์โมพลาสติกเข้าไปในสูตรผสม จะทำให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดเพิ่มมากขึ้น

5. สูตรผสมพอลิเมอร์รวม PS และซีลี้อย ที่เตรียมโดยวิธีใช้ตัวทำละลาย มีค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงกว่ากรณีที่ไม่ได้เติม PS แต่มีข้อเสีย คือ ลักษณะของชิ้นงานที่ได้ไม่สวยงาม มีรูพรุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการระเหยของตัวทำละลายขณะอบ และยังส่งผลให้สมบัติการดูดซึมน้ำไม่แน่นอน
อีกด้วย

6. ราคาของวัสดุที่ทำการวิจัยนี้มีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทเทอร์โมเซต
ของบริษัทซีบ้า-ไก้ จำกัด คือ

- | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----|-----|
| - ราคาผลิตภัณฑ์ของบริษัทซีบ้า-ไก้ | กิโลกรัมละ | 833 | บาท |
| - ราคาวัสดุผสมสูตร ประมาณ | กิโลกรัมละ | 400 | บาท |

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า วัสดุผสมสูตรที่เตรียมได้ทั้ง 4 วิธีมีคุณสมบัติด้านความแข็งแรง
ต่อแรงอัดดี แต่คุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำ การทนแรงกระแทก ความเป็นเนื้อเดียวกัน ยังไม่ดีพอ
จึงควรที่จะทำการวิจัยเพื่อปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ ต่อไป

ในกรณีที่ใช้เทอร์โมพลาสติกเป็นสารเสริมแรง โดยวิธีการเตรียมแบบใช้ตัวทำละลาย ควร
เลือกเทอร์โมพลาสติกตัวอื่นแทนพอลิสไตรีน หรืออาจใช้สารเสริมแรงชนิดอื่นแทน

ส่วนกรณีที่ใช้วิธีการเตรียมโดยใช้ความร้อนนั้น สามารถที่จะใช้ LDPE เป็นสารเสริมแรงได้
เนื่องจากให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดสูงและขึ้นงานมีลักษณะสวยงาม แต่ควรที่จะเลือกวิธีการ
ผสมแบบอื่นแทนการผสมด้วยมือ อาทิเช่น การฉีดขึ้นรูป เพราะจะทำให้การผสมเป็นเนื้อเดียวกันดี
ขึ้น และได้ขึ้นงานที่สวยงาม นอกจากนี้ยังสามารถเลือกใช้พลาสติกตัวอื่นที่เหมาะสมได้อีกด้วย

ส่วนที่ 2 น้ำมันชั๊กเงา

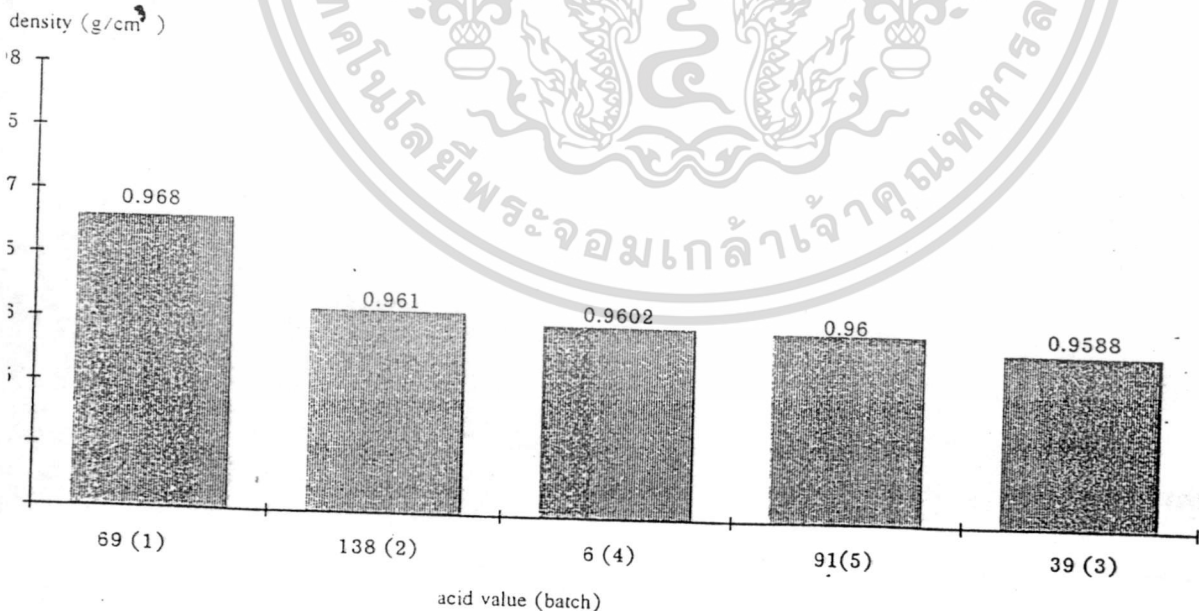
5.4 สรุปผลการวิจัย

5.4.1 การหาค่าแสดงความเป็นกรดของเอสเทอร์ กัม

เอสเทอร์ กัม แบตช์ 1 และ 2 มีอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาต่ำเกินไป ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เกิดขึ้นจึงเกิดได้ไม่สมบูรณ์นัก ทำให้ค่าแสดงความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงค่อนข้างสูงอยู่ คือที่ 69.05 และ 138.43 mgKOH / g ตามลำดับ (ชั้นสนที่ไม่ได้เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเอสเทอร์ กัมมีค่าแสดงความเป็นกรดที่ 175.19 mgKOH / g)

ส่วนเอสเทอร์ กัม แบตช์ที่ 3, 4 และ 5 มีลักษณะการทดลองเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่เวลาในการทำปฏิกิริยา โดยเอสเทอร์ กัม แบตช์ที่ 4 มีอุณหภูมิ และเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ที่สุด จึงให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแสดงความเป็นกรดที่ต่ำที่สุด คือ 6.34 mgKOH / g ส่วนเอสเทอร์ กัม แบตช์ที่ 3 และ 5 นั้น มีค่าแสดงความเป็นกรดที่ 39.71 และ 61.28 mgKOH / g ตามลำดับ

5.4.2 การหาค่าความหนาแน่นของน้ำมันชั๊กเงา



รูปที่ 5.20 แสดงค่าความหนาแน่นของน้ำมันชั๊กเงาเบตช์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.5 การศึกษาระยะเวลาการแห้งตัวของแผ่นฟิล์มน้ำมันชักเงา

พบว่าระยะเวลาการแห้งตัวของแต่ละแบตช์นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน โดยแบตช์ที่มีการแห้งตัวเร็วที่สุดนั้น คือ แบตช์ที่ 4 ใช้เวลาในการแห้งตัวประมาณ 5 วัน

5.4.6 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของเอสเทอร์ กัม โดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริก แอนาไลซิส

จากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิสูง เอสเทอร์ กัม ที่มีค่าแสดงความเป็นกรดที่ต่ำจะเกิดการสลายตัวได้ใกล้เคียงกันกับเอสเทอร์ กัม ที่มีค่าแสดงความเป็นกรดที่สูง คือ ที่ประมาณ 200 องศาเซลเซียส

5.5 ข้อเสนอแนะ

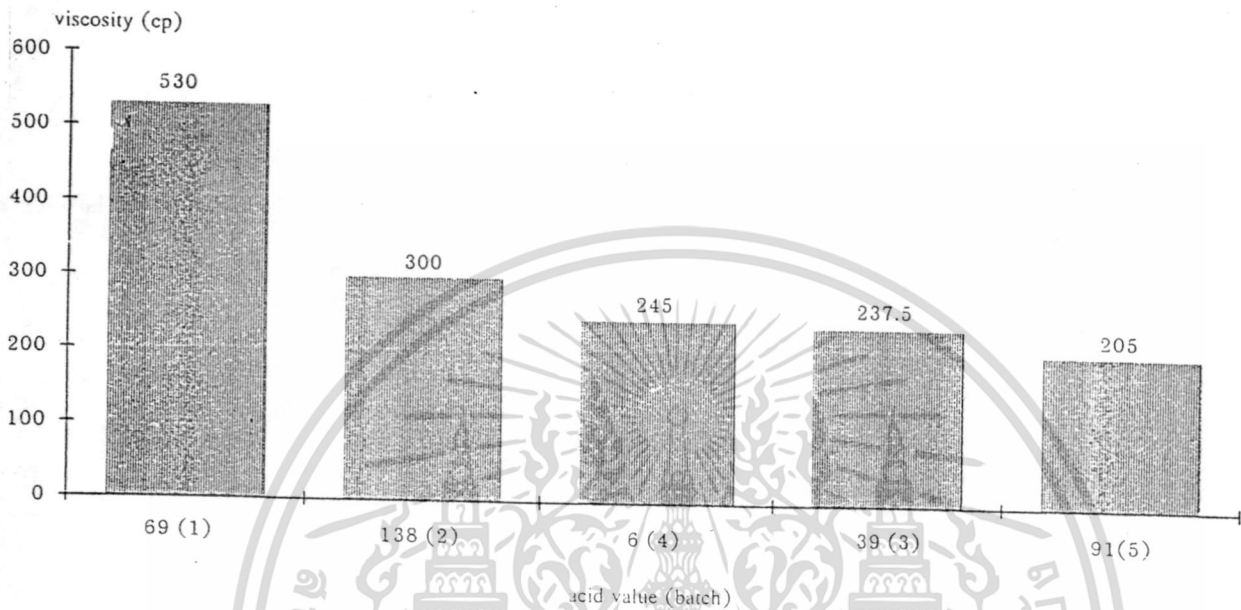
สำหรับผู้สนใจและต้องการศึกษาต่อ อาจศึกษาเพิ่มเติมตามแนวทาง ดังนี้

1. เตรียมเอสเทอร์ กัมที่มีค่าแสดงความเป็นกรดให้อยู่ในช่วง 6 - 20 มิลลิกรัม ของโปดัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม เนื่องจากเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด แล้วจึงนำมาเตรียมเป็นน้ำมันชักเงา จากนั้นทำการศึกษาคุนสมบัติ แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้
2. ในระหว่างเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ควรเฝ้าความร้อนแก่ปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง และลม้าเสมอ เพื่อคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี
3. ใช้ น้ำมันชักแห้งหลายชนิดแตกต่างกัน เช่น น้ำมันละหุ่ง , น้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันจากเมล็ดดอกทานตะวัน ฯลฯ แล้วทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติที่ได้
4. เลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างชนิดกัน เพื่อหาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.20 พบว่า ค่าความหนาแน่นของน้ำมันชักเงาที่ได้ ของแบตช์ 1 มีค่ามากที่สุด คือ 0.9680 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นก็เป็นของแบตช์ที่ 2, 4, 5 และ 3 ตามลำดับ

5.4.3 การหาค่าความหนืดของน้ำมันชักเงา



รูปที่ 5.21 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันชักเงาแบตช์ต่างๆ

จากรูปที่ 5.21 พบว่าน้ำมันชักเงา แบตช์ที่ 1 มีค่าความหนืดมากที่สุด คือ 530 เซนติพอยล์ ส่วนแบตช์อื่น ๆ ที่เหลือ ก็มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในราว 200 เซนติพอยล์ ซึ่งก็เหมาะกับการนำไปใช้งานด้านการทาพื้นผิว โดยแบตช์ที่มีค่าความหนืดต่ำที่สุด คือ แบตช์ที่ 5 มีค่าความหนืดที่ 205 เซนติพอยล์

5.4.4 การวิเคราะห์โครงสร้างขององค์ประกอบทางเคมีของ เอสเทอร์ กัม ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

จากการวิเคราะห์แถบสเปคตรัมของเอสเทอร์ กัม ที่ได้ พบว่า ชั้นสนทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอล เกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน ได้เป็นเอสเทอร์ทุกตัว เนื่องจากเกิดแถบสเปคตรัมที่ประมาณ 1700 และช่วง 1300 - 1050 ซม.⁻¹ (มี 2 แถบที่มีความเข้มแตกต่างกัน) ซึ่งเป็นช่วงของเอสเทอร์ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.5 การศึกษาระยะเวลาการแห้งตัวของแผ่นฟิล์มน้ำมันชักเงา

พบว่าระยะเวลาการแห้งตัวของแต่ละแบตช์นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน โดยแบตช์ที่มีการแห้งตัวเร็วที่สุดนั้น คือ แบตช์ที่ 4 ใช้เวลาในการแห้งตัวประมาณ 5 วัน

5.4.6 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของเอสเทอร์ กัม โดยใช้เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลซิส

จากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิสูง เอสเทอร์ กัม ที่มีค่าแสดงความเป็นกรดที่ต่ำจะเกิดการสลายตัวได้ใกล้เคียงกันกับเอสเทอร์ กัม ที่มีค่าแสดงความเป็นกรดที่สูง คือ ที่ประมาณ 200 องศาเซลเซียส

5.5 ข้อเสนอแนะ

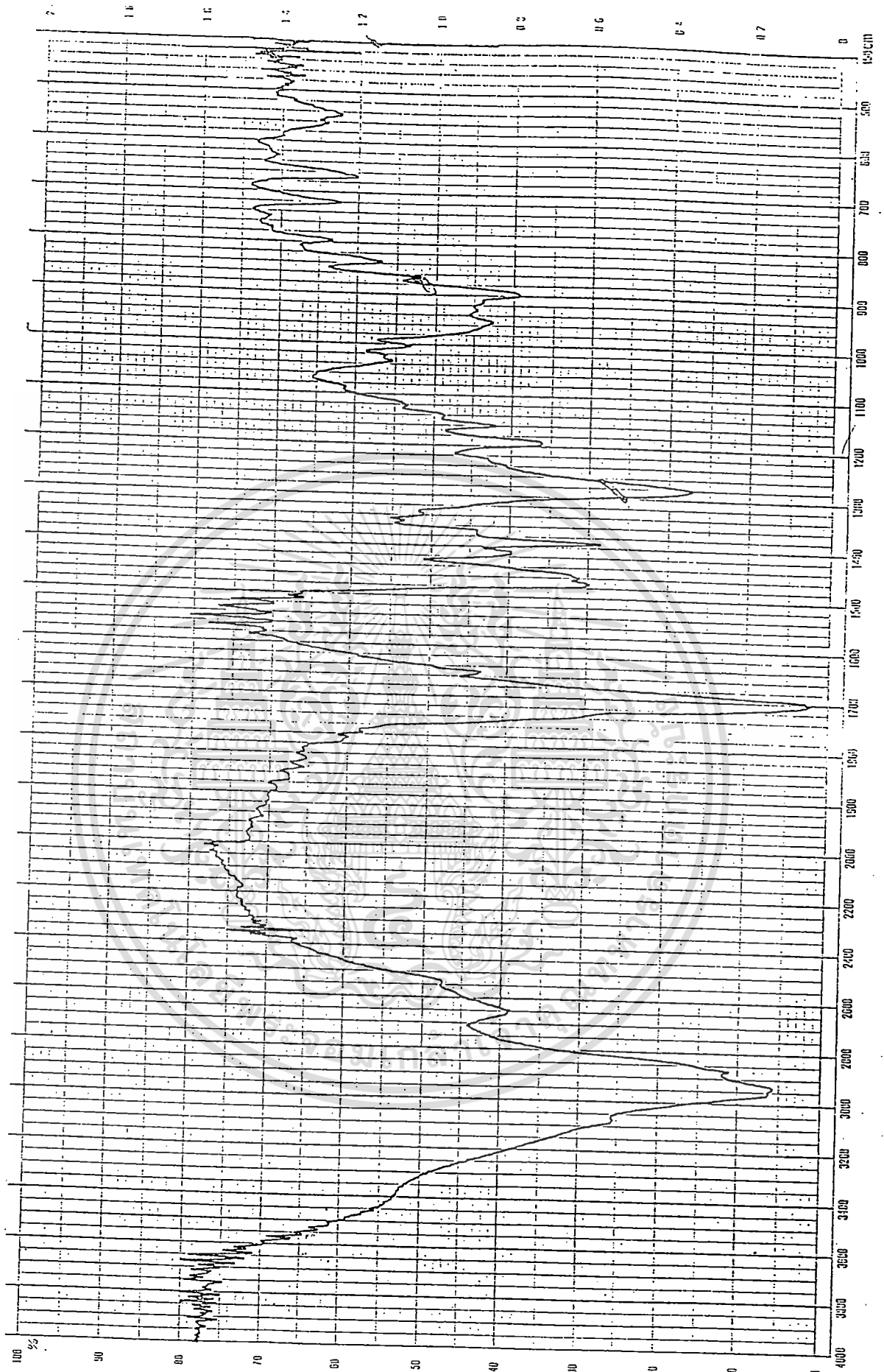
สำหรับผู้สนใจและต้องการศึกษาต่อ อาจศึกษาเพิ่มเติมตามแนวทาง ดังนี้

1. เตรียมเอสเทอร์ กัมที่มีค่าแสดงความเป็นกรดให้อยู่ในช่วง 6 - 20 มิลลิกรัม ของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม เนื่องจากเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด แล้วจึงนำมาเตรียมเป็นน้ำมันชักเงา จากนั้นทำการศึกษาคณสมบัติ แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้
2. ในระหว่างเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ควรให้ความร้อนแก่ปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง และลมาเสมอ เพื่อคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี
3. ใช้น้ำมันชักแห้งหลายชนิดแตกต่างกัน เช่น น้ำมันละหุ่ง , น้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันจากเมล็ดดอกทานตะวัน ฯลฯ แล้วทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติที่ได้
4. เลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างชนิดกัน เพื่อหาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุด

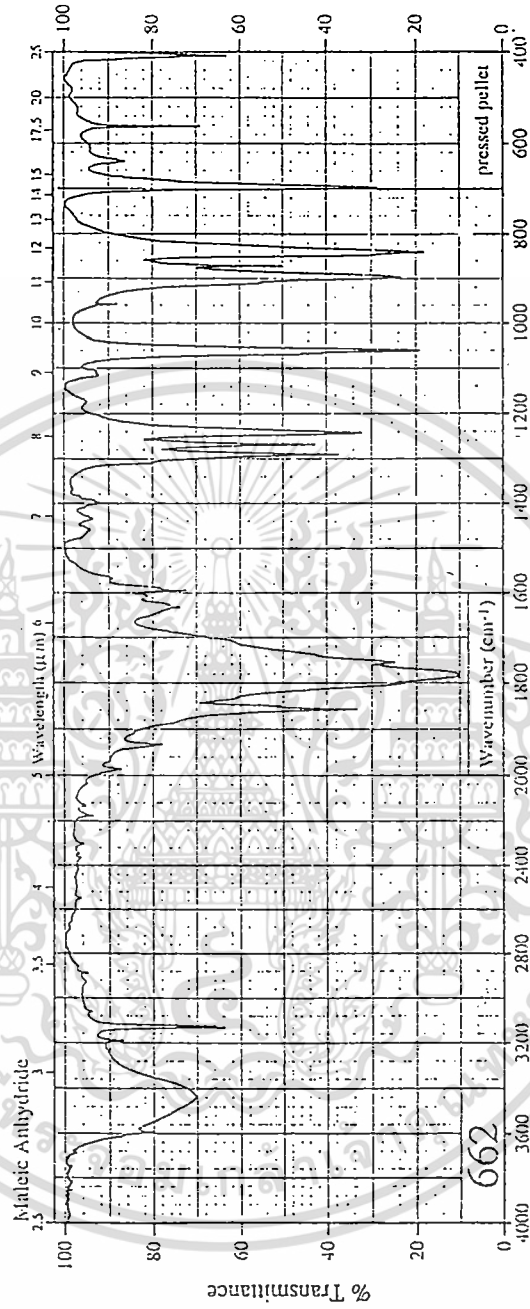
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

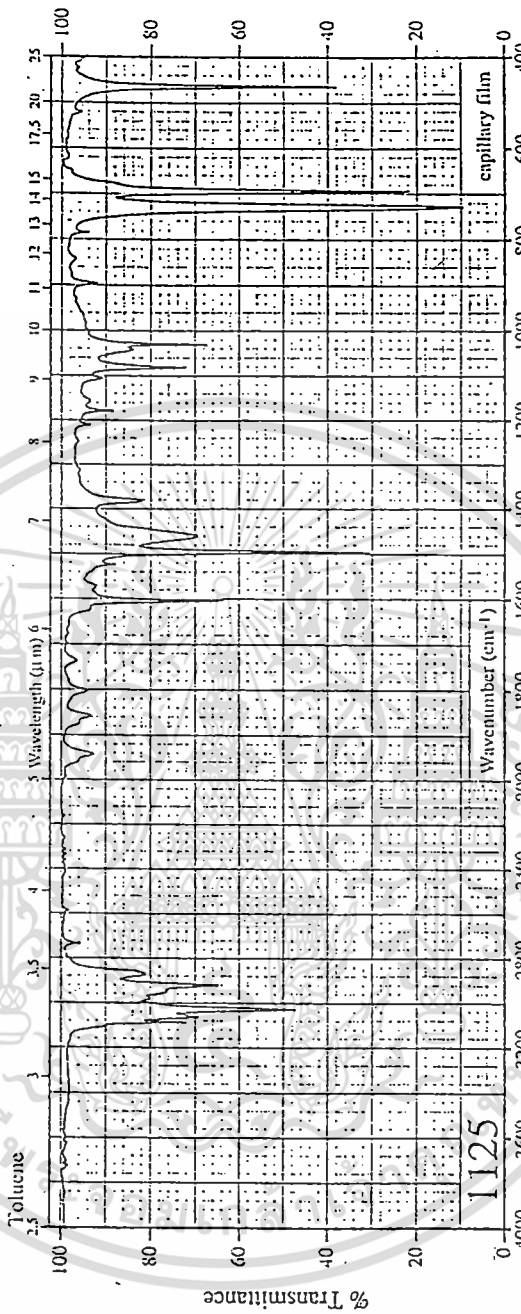


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แสดง อินฟราเรดลเปกตรัมของชั้นดิน
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



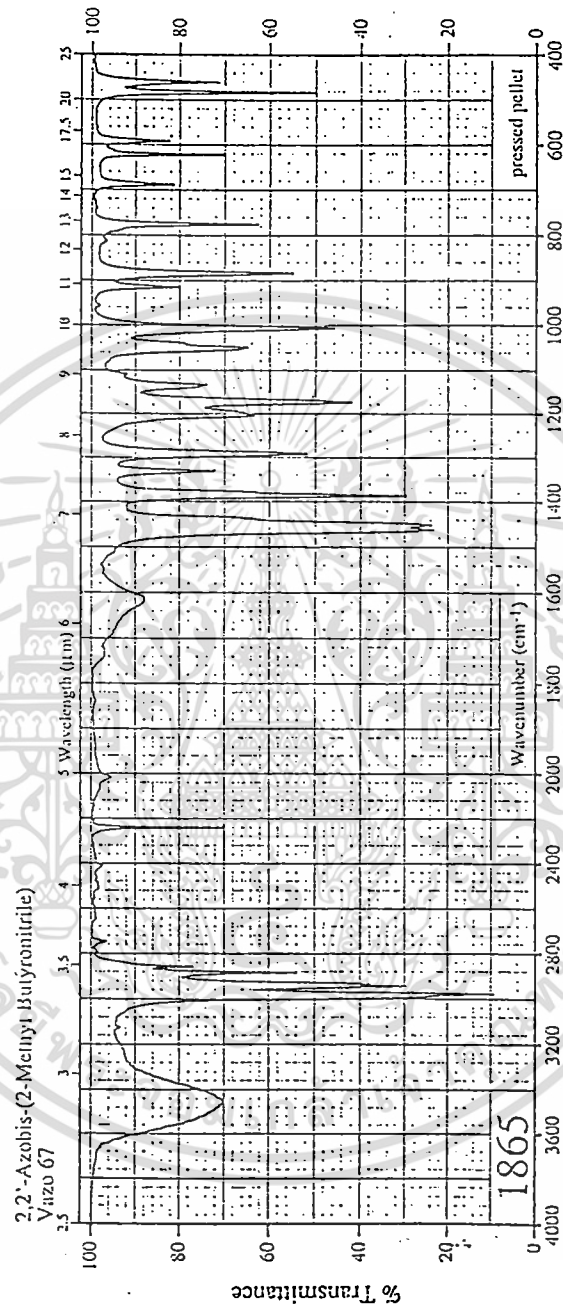
แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของมาเลอิกแอนไฮไดรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



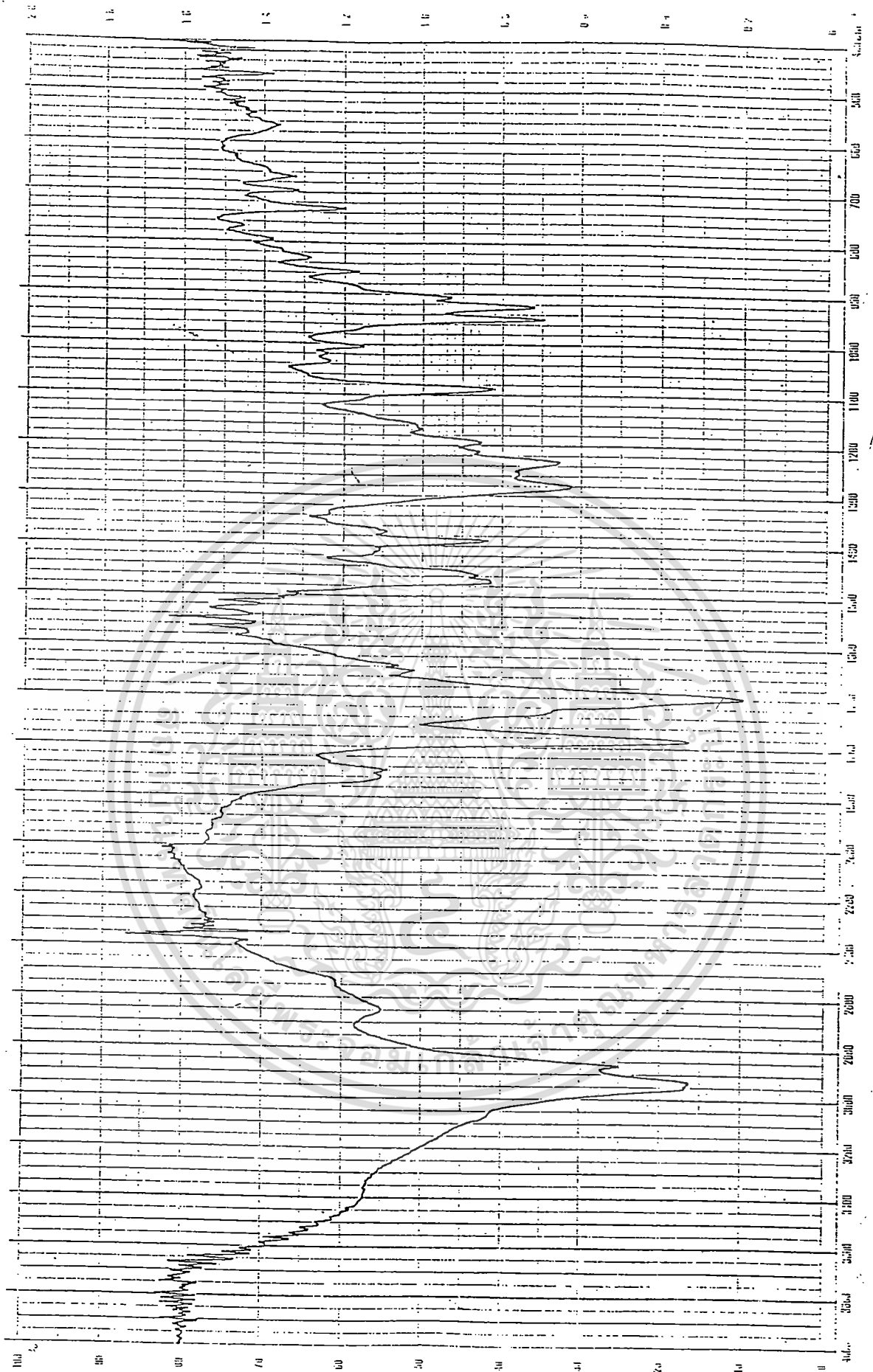
แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของโทลูอีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

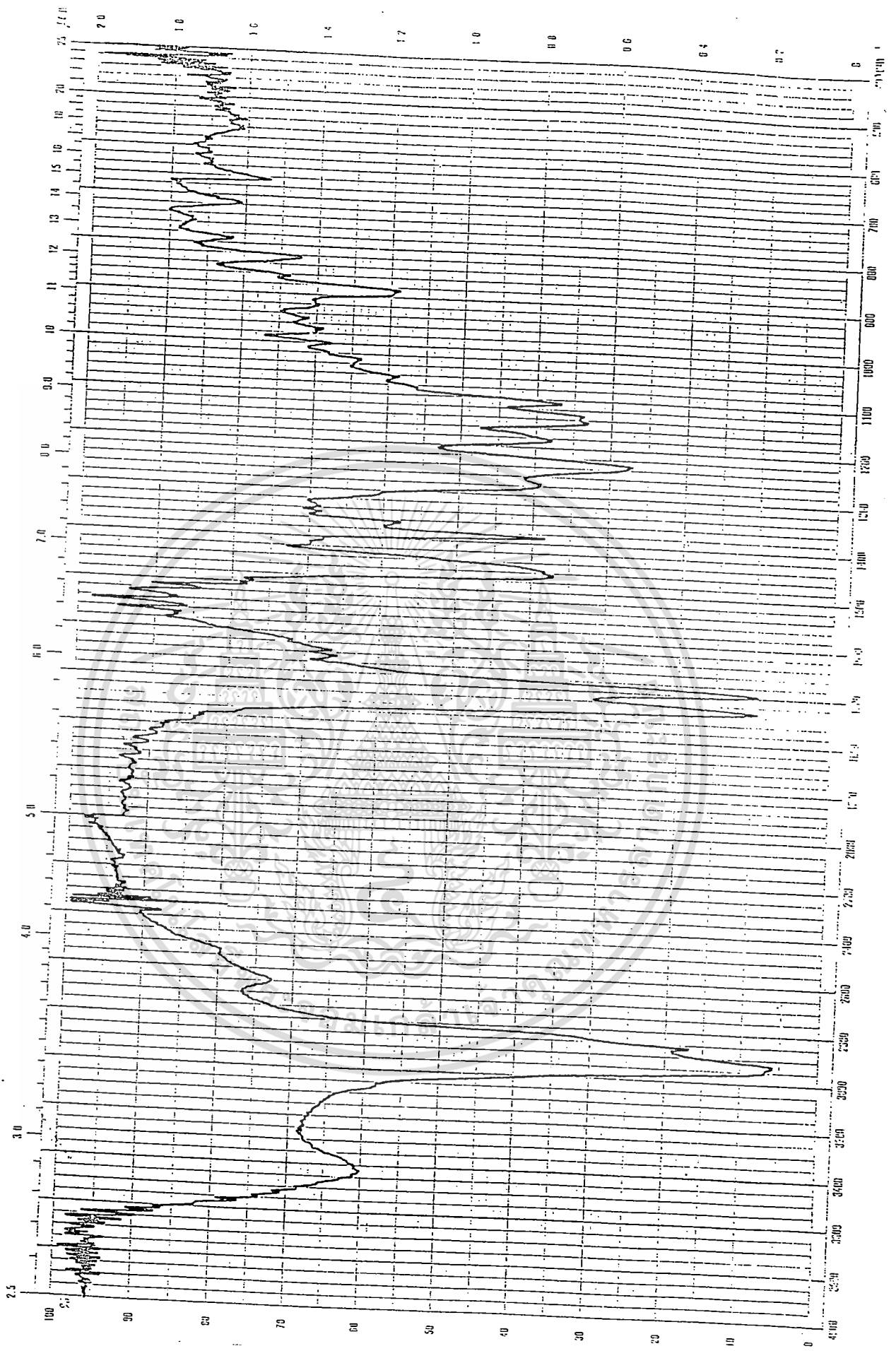


แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ AIBN

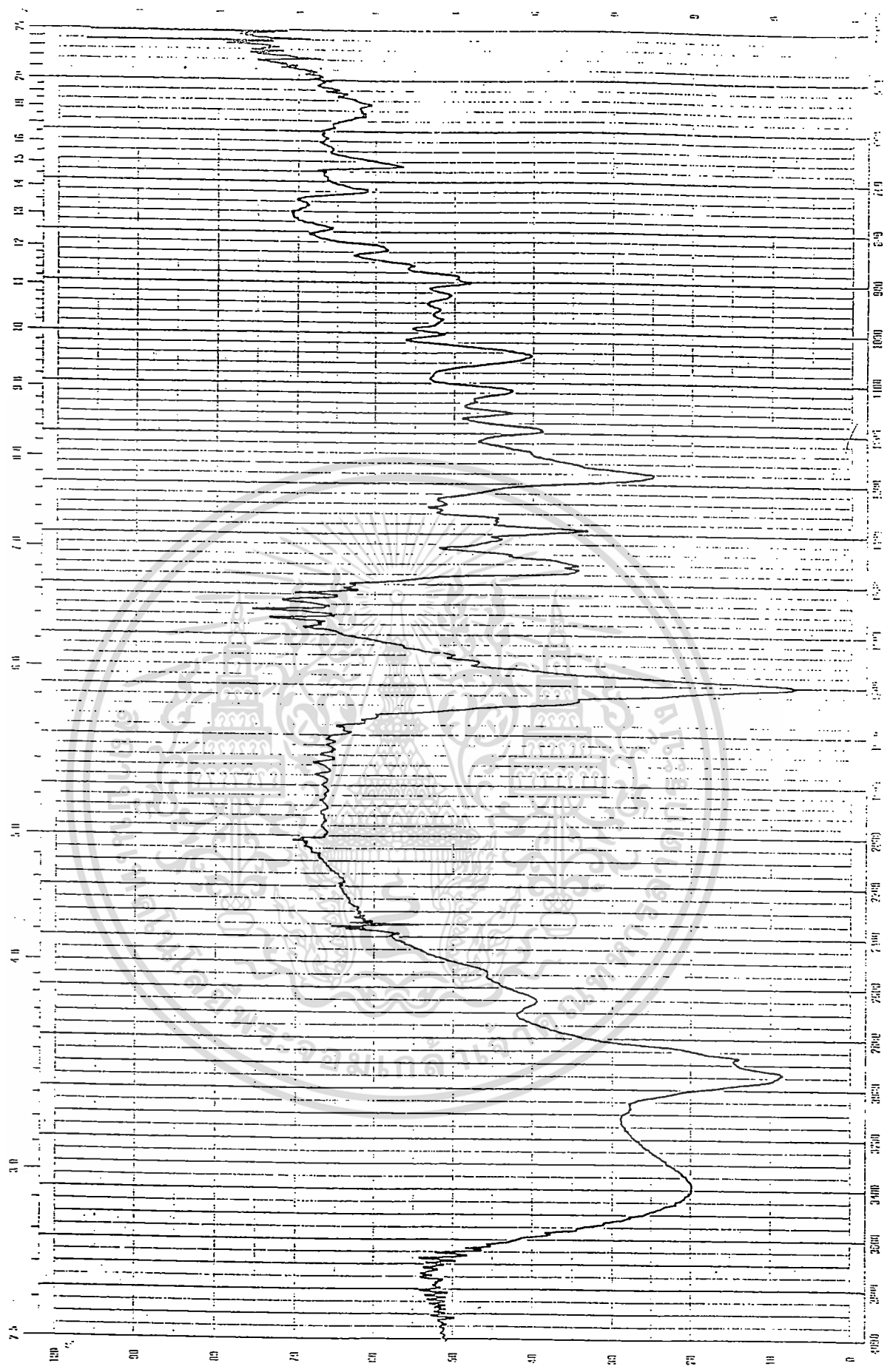
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับแสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิเมอร์รวมหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

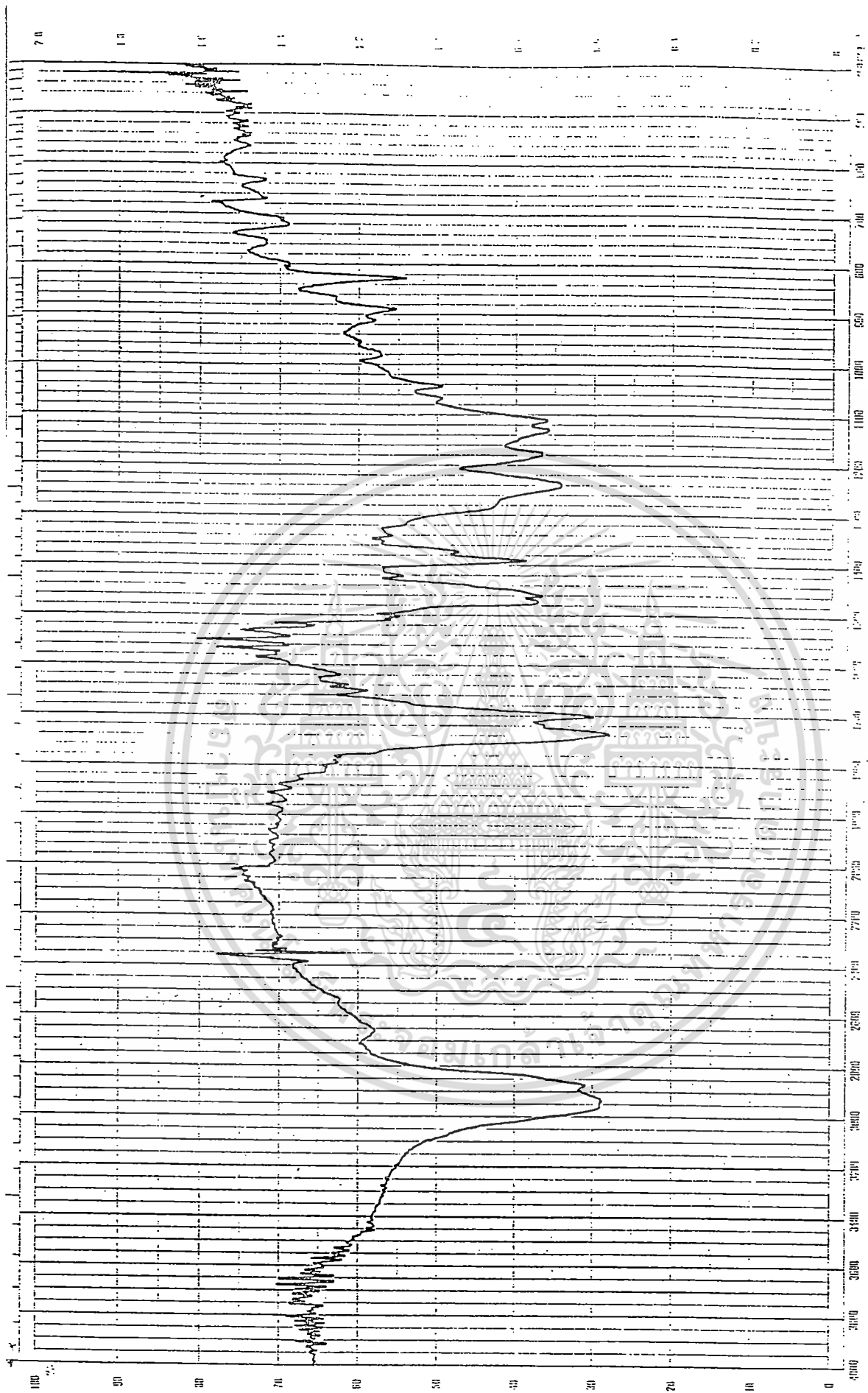


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของเอ็ดเทอร์ กัม แปะตซ์ 1
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

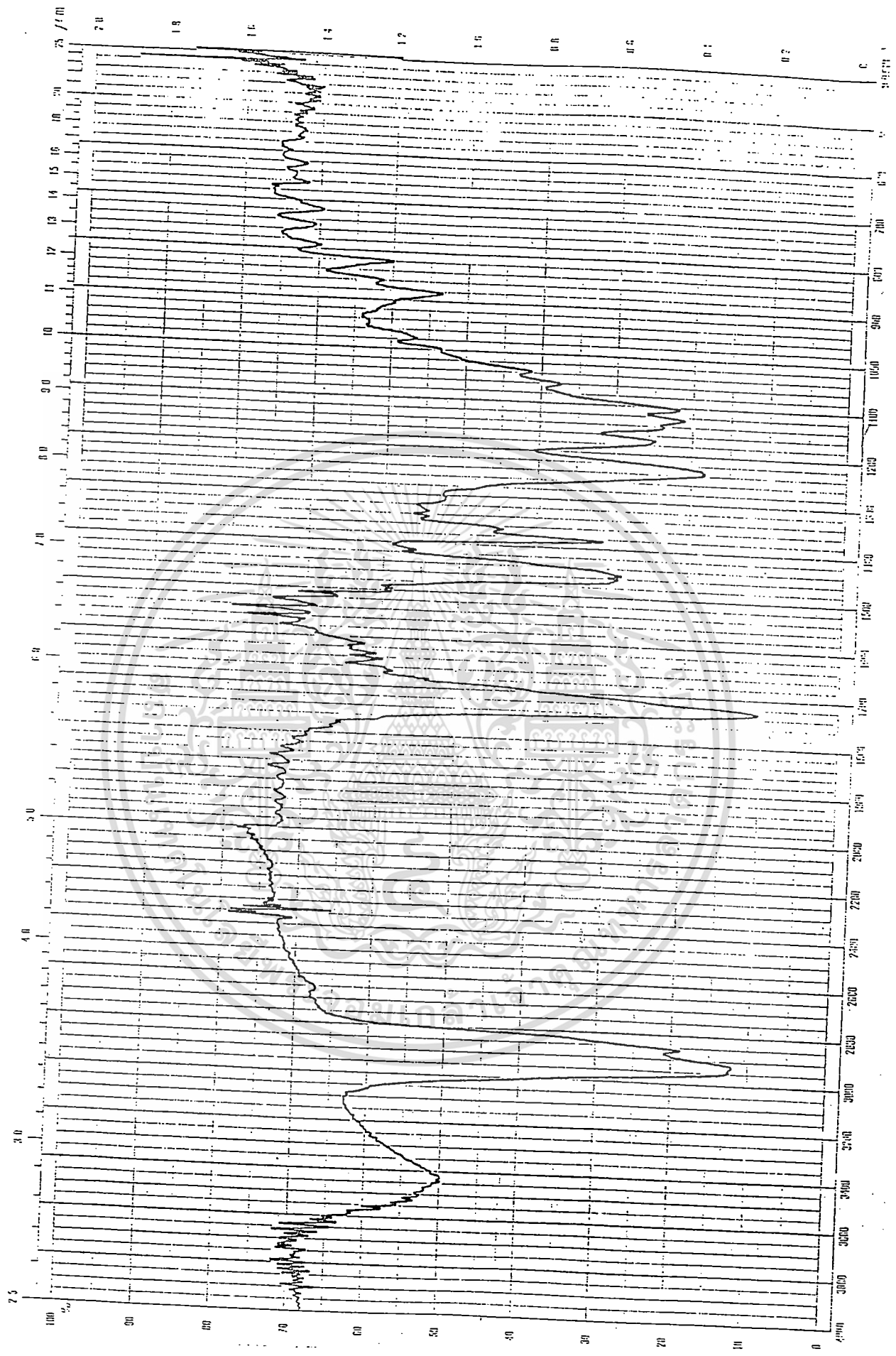


แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของเอสเทอร์ กัม แบตช์ 2

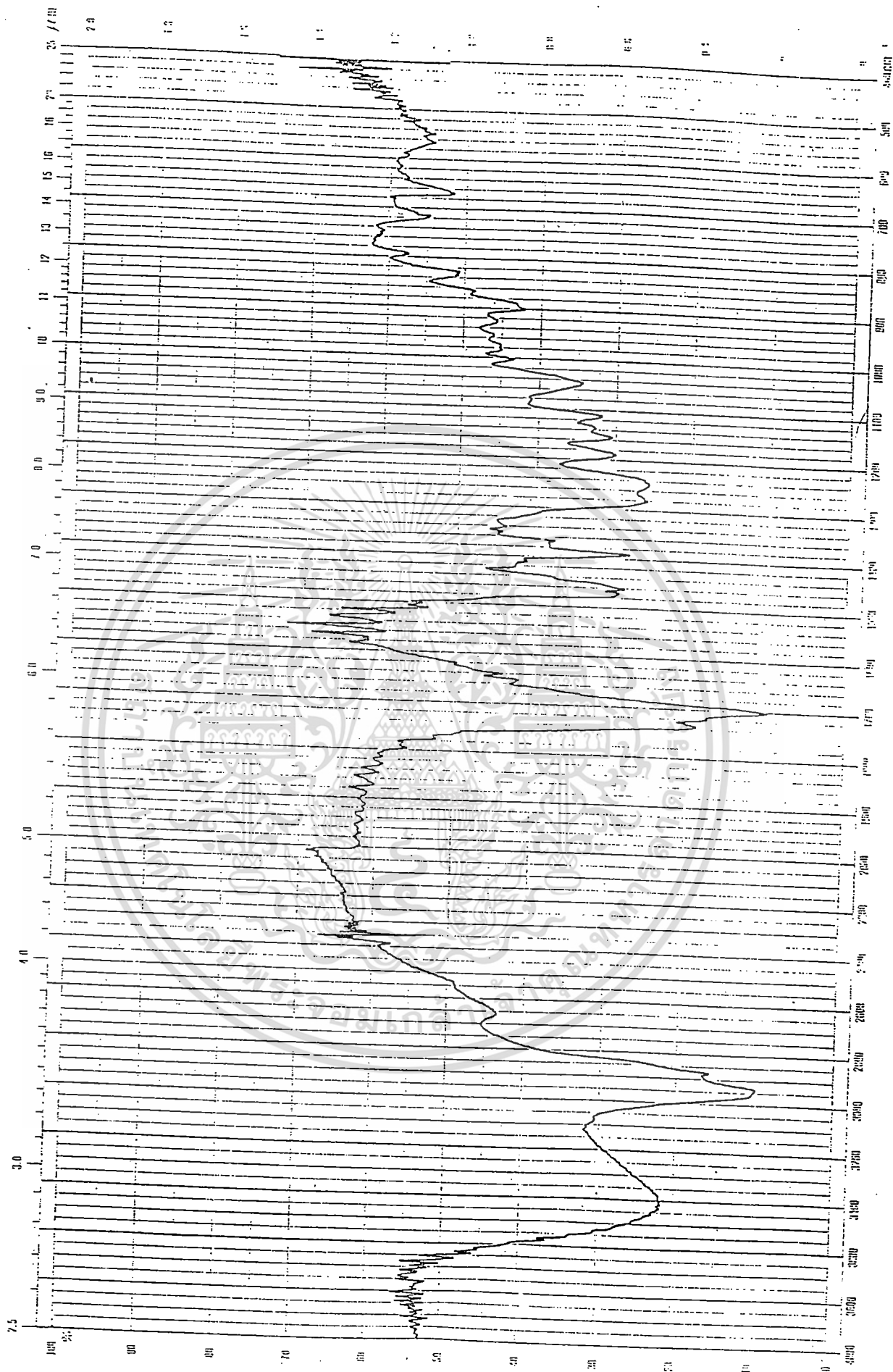
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของเฮลเทอร์ กิม แบตช์ 3
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของเอสเทอร์ กัม แบตซ์ 4
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ หุคครั้งที่มีการนำไปใช้

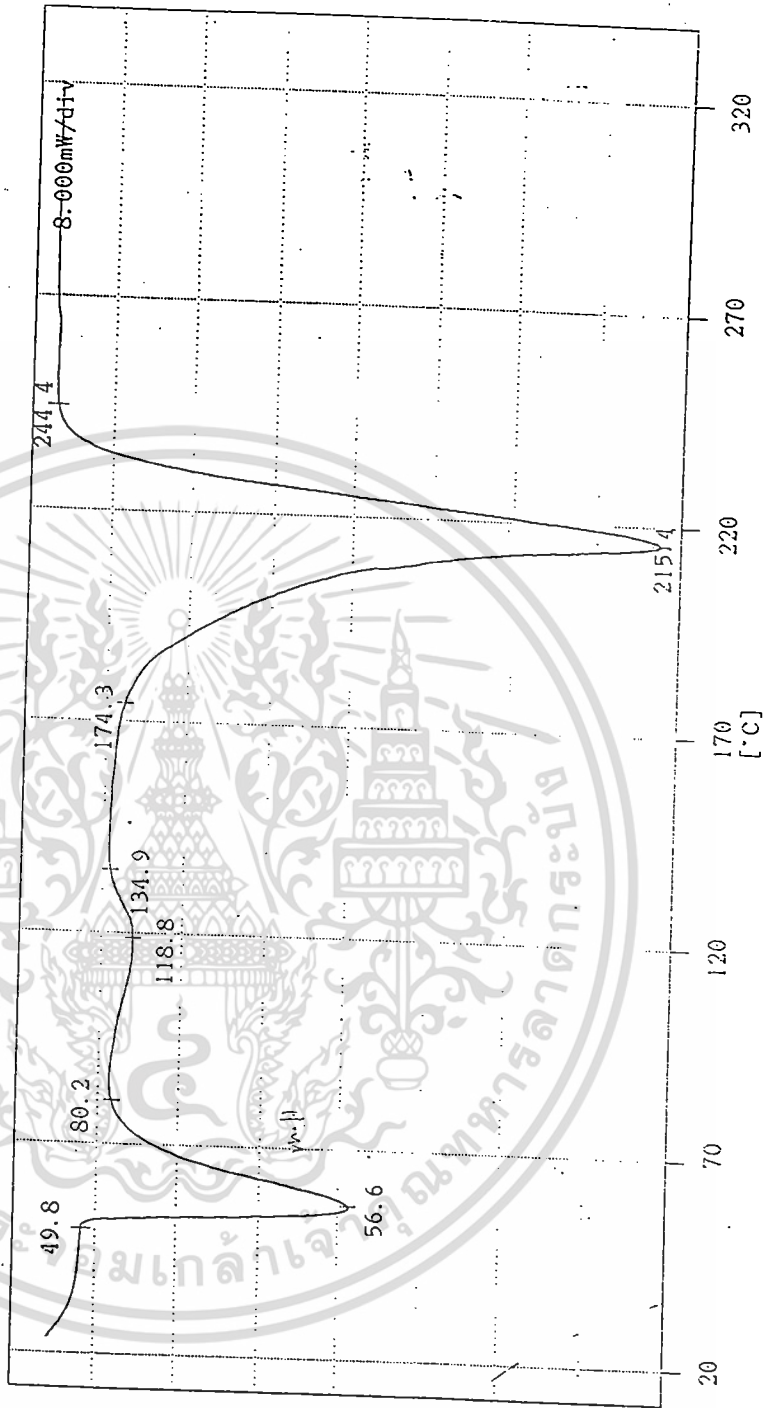
==== THERMAL ANALYSIS REPORT =====

39/02/13

FILE NAME <<RNS3.000>>

DATE (y/m/d) : 39/02/13
 SAMPLE NAME : MALEIC ANHYDRIDE
 COMMENT :
 SAMPLE Q'TY: 9.2 mg
 MODULE TYPE : DSC
 SAMPLING INT.: 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●
 dT/dt τ (hold) δT (add) x n (repeat)
 1: 20 400 0 0 0
 2: 0 0 0 0 0
 3: 0 0 0 0 0
 4: 0 0 0 0 0
 5: 0 0 0 0 0



แสดงผลเทอร์โมแกรม (DSC) ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

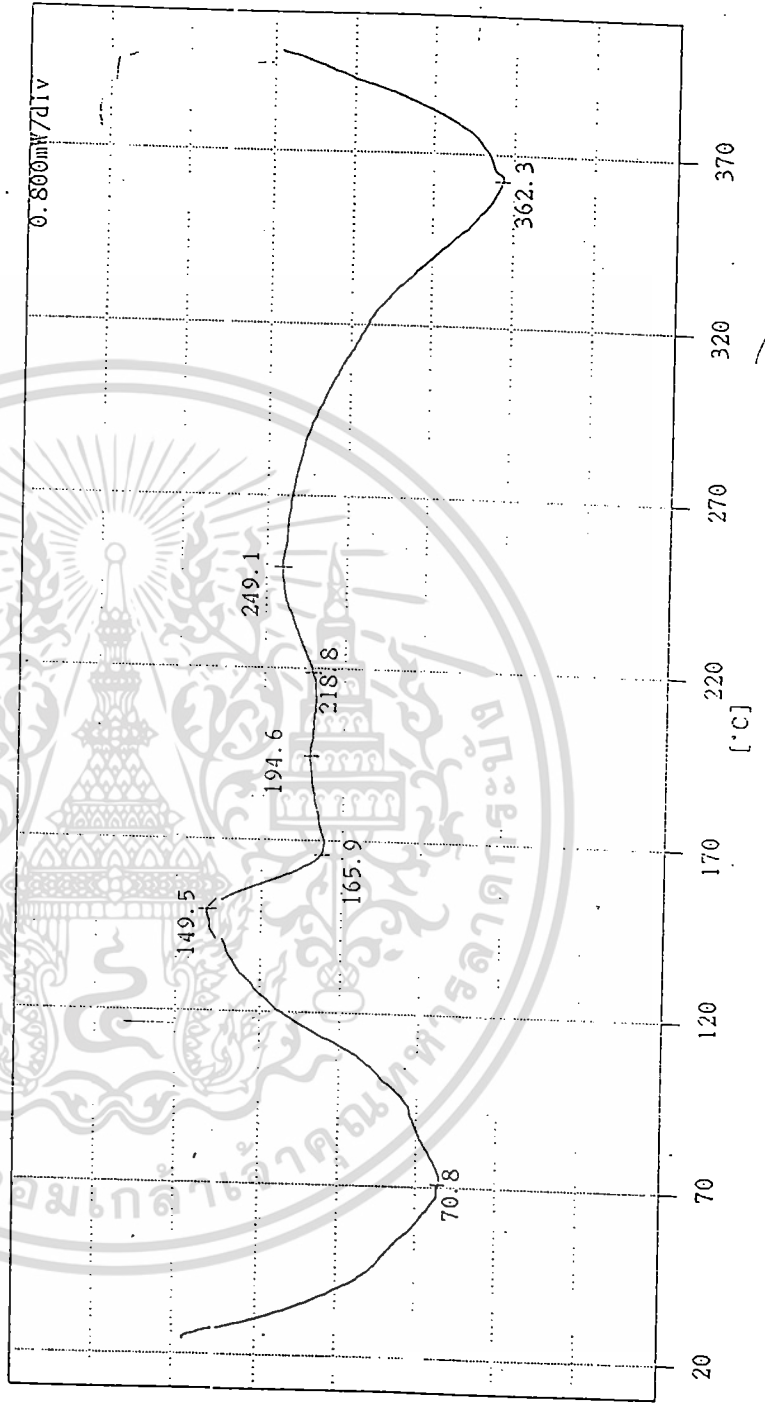
==== THERMAL ANALYSIS REPORT =====

96/02/28

FILE NAME <<NANI.000>>

DATE (y/m/d) : 96/02/28
 SAMPLE NAME : ROSIN
 COMMENT :
 SAMPLE Q'TY: 5.1 mg
 MODULE TYPE : DSC
 SAMPLING INT.: 1 sec

TEMPERATURE PROGRAM
 T(hold) τ (hold) δT (add) x n(repeat)
 1: 400 0 0 0
 2: 0 0 0 0
 3: 0 0 0 0
 4: 0 0 0 0
 5: 0 0 0 0



แสดงผลเทอร์โมแกรม (DSC) ของชันสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

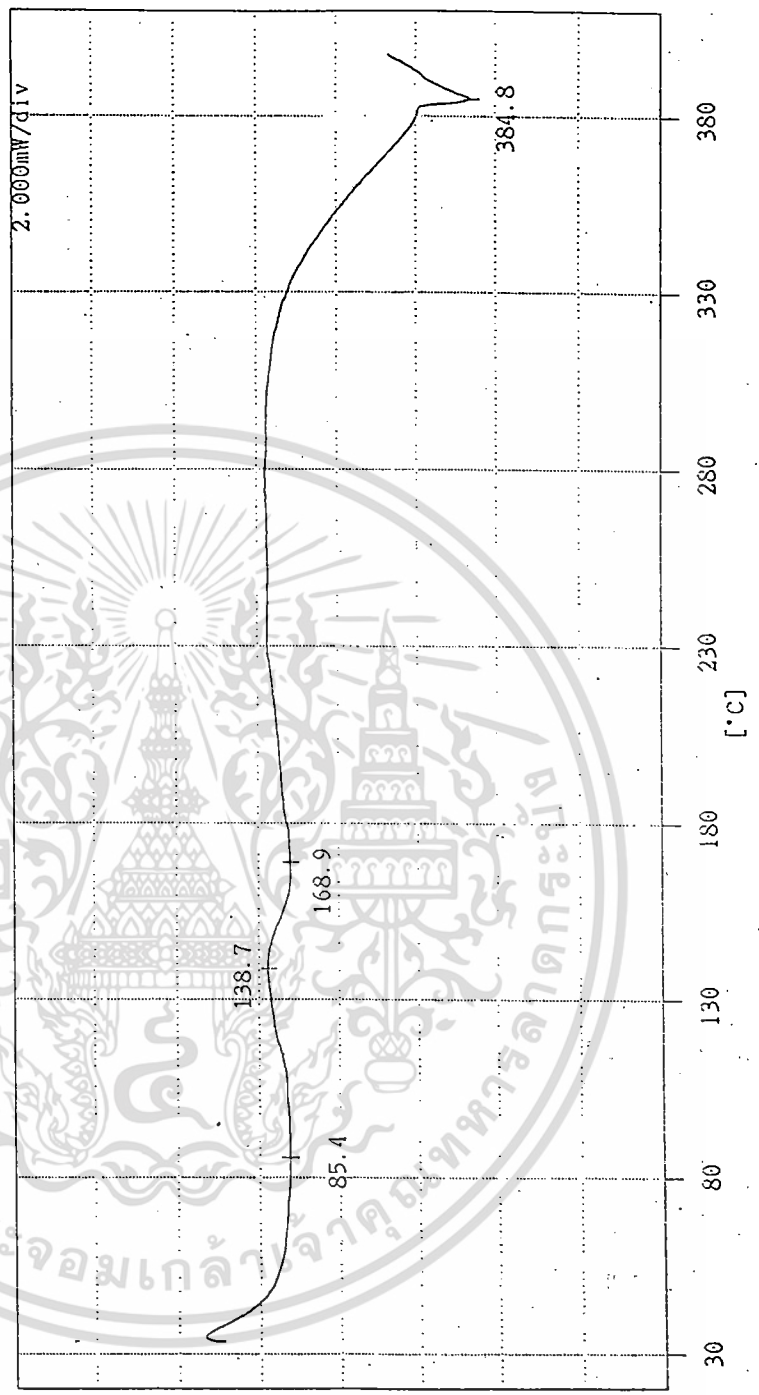
==== THERMAL ANALYSIS REPORT =====

96/03/05

FILE NAME <<NAN2.000>>

DATE (y/m/d) : 96/02/28
 SAMPLE NAME : MOD ROSIN
 COMMENT :
 SAMPLE Q'TY : 3.5 mg
 MODULE TYPE : DSC
 SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM 0
 dT/dt T(hold) τ(hold) ΔT(add) x n(repeat)
 1: 20 400 0 0 0
 2: 0 0 0 0 0
 3: 0 0 0 0 0
 4: 0 0 0 0 0
 5: 0 0 0 0 0



แสดงผลเทอร์โมแกรม (DSC) ของพอลิเมอร์รวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample: ROSIN
Size: 5.8528 mg
Method: ROSIN
Comment: CHECK

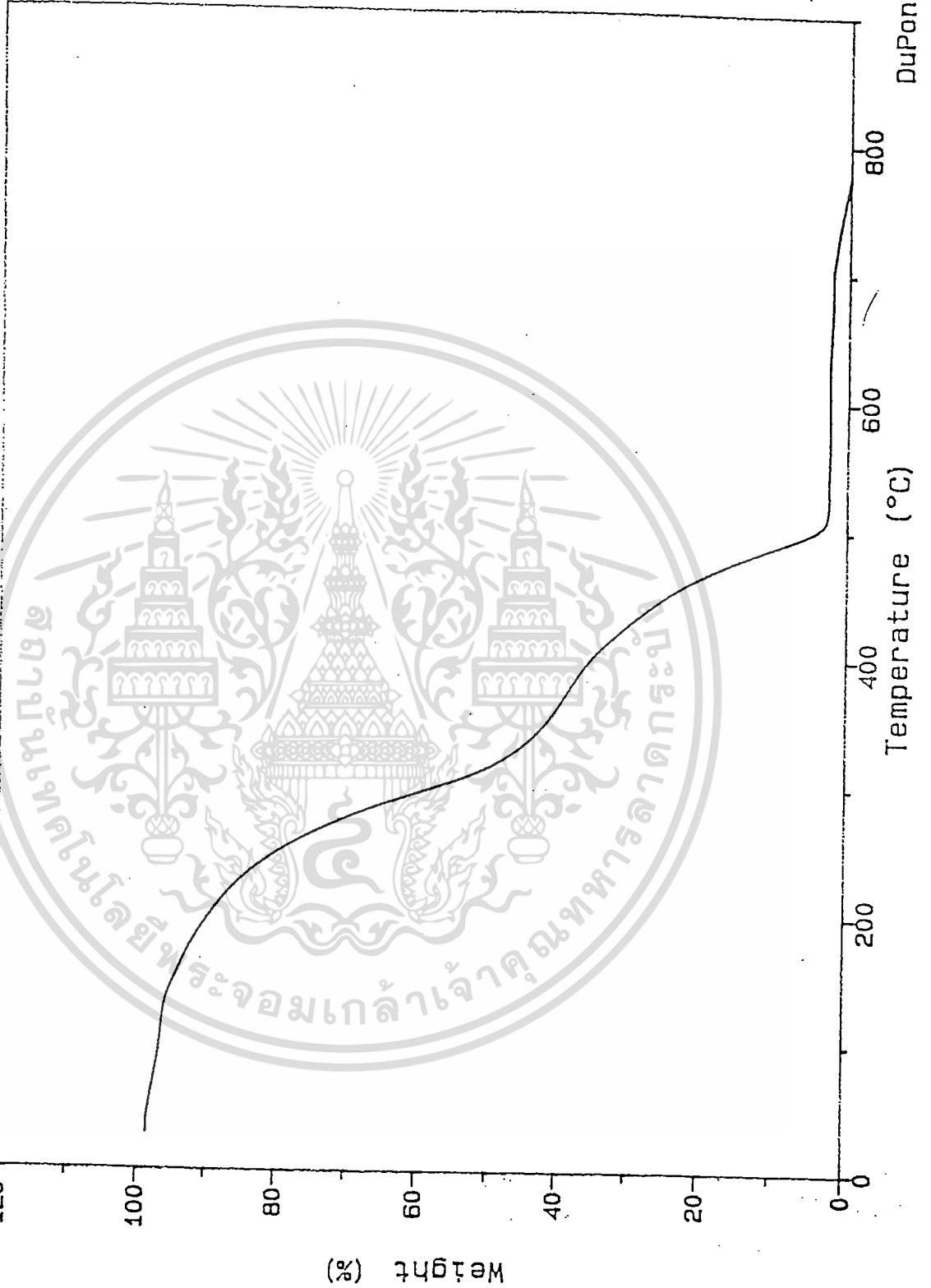
Kcell: 0.9523

TGA

Run: 11

Operator: WAT

KMITL



DuPont 9000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แสดงผลเทอร์โมแกรม (TGA) ของขันทัน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

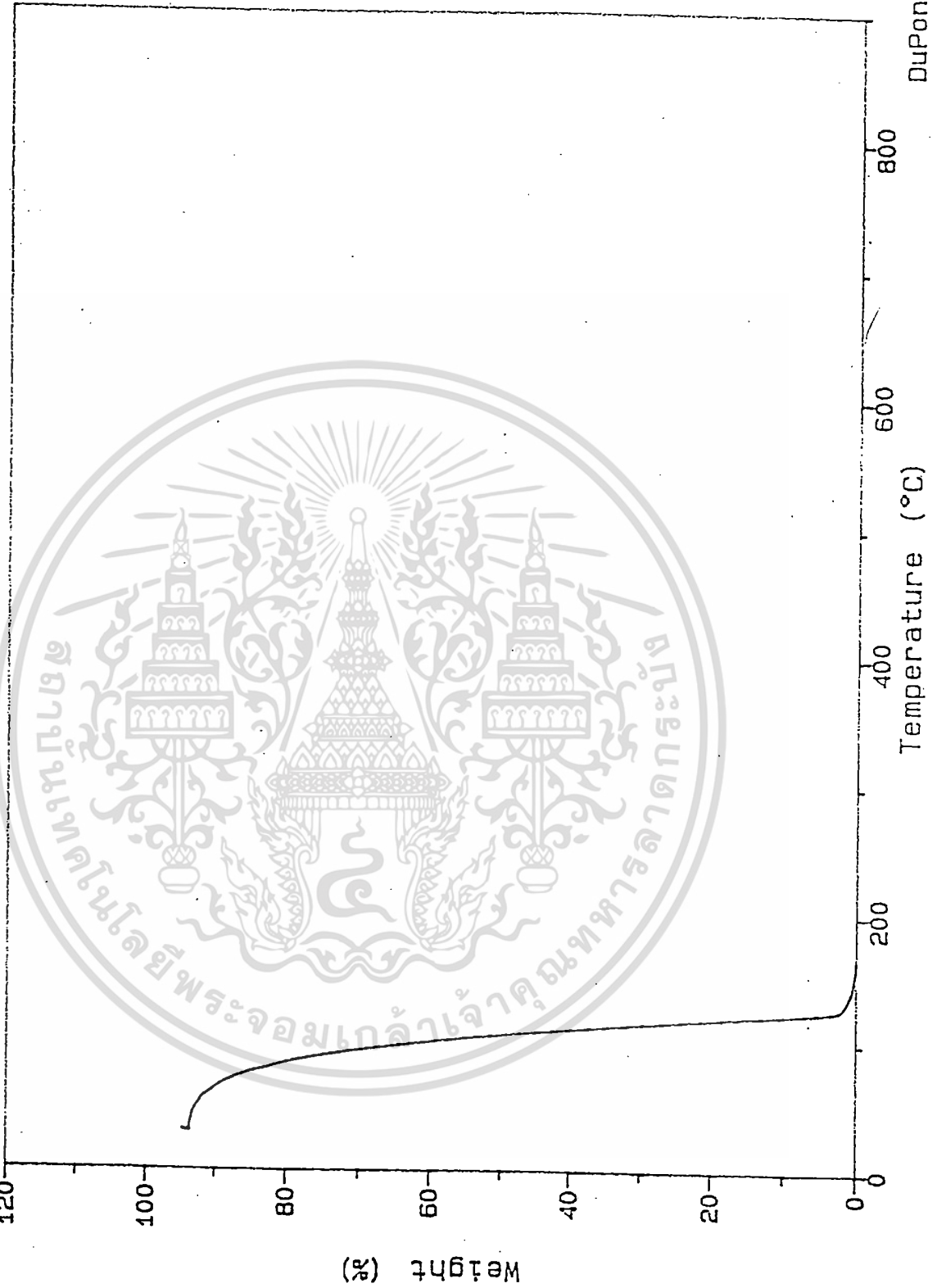
Sample: MALEIC ANHYDRIDE
Size: 6.6985 mg Kcell: 0.9523
Method: MALEIC
Comment: CHECK
120

Run: 10

TGA

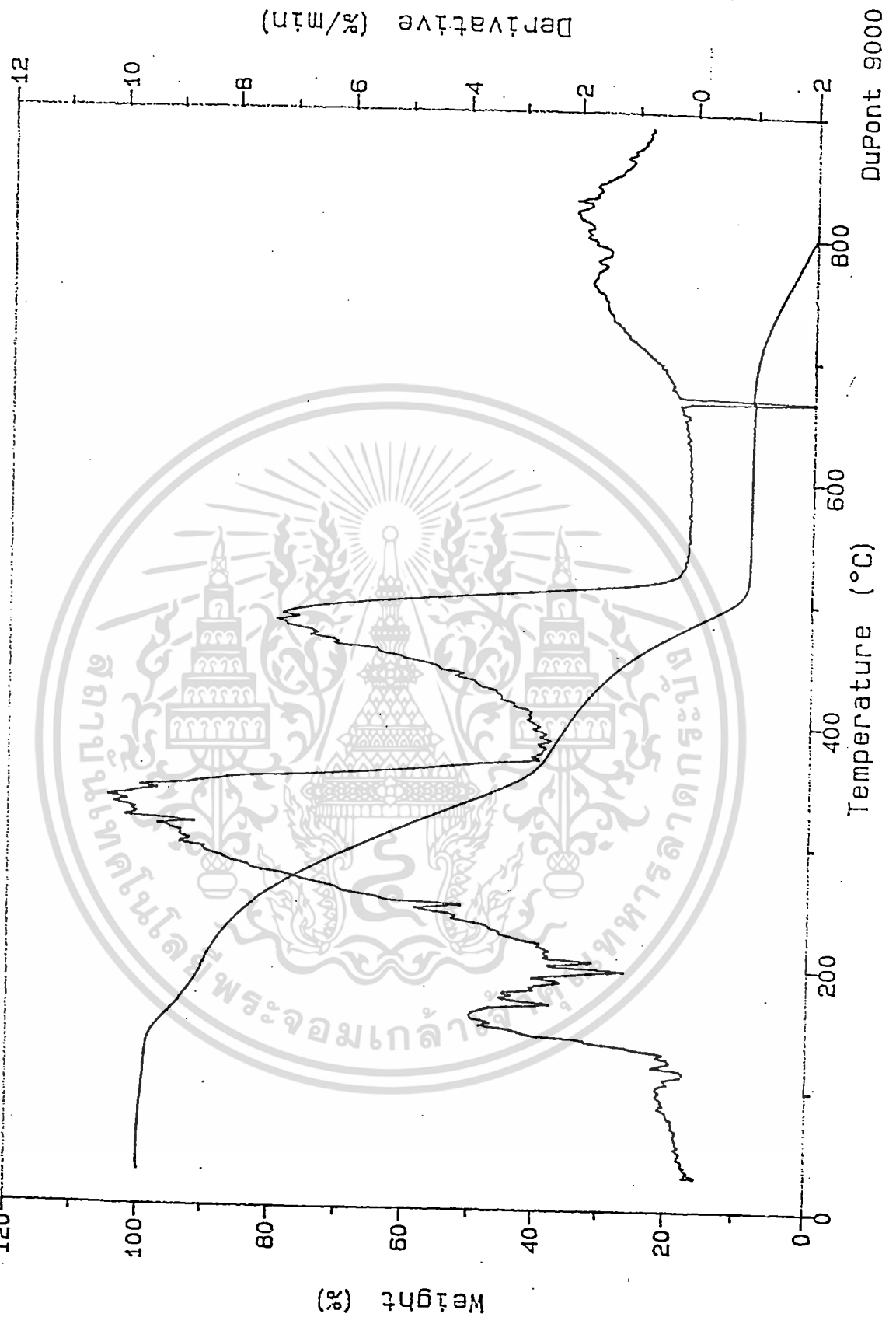
Operator: WAT

KMITL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้แสดงผลเทอร์โมแกรม (TGA) ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 92 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample: MODSTER
 Size: 10.1420 mg Kcell: 1.0000 TGA
 Method: ROSIN MOD Operator: WAT
 Comment: QC CHECK THAILAND
 Run: 15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือทรัพย์สินทางปัญญาที่นำเข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample: ROSIN ESTER3

Size: 11.9666 mg Kcell: 0.9523

Method: ANALYSIS

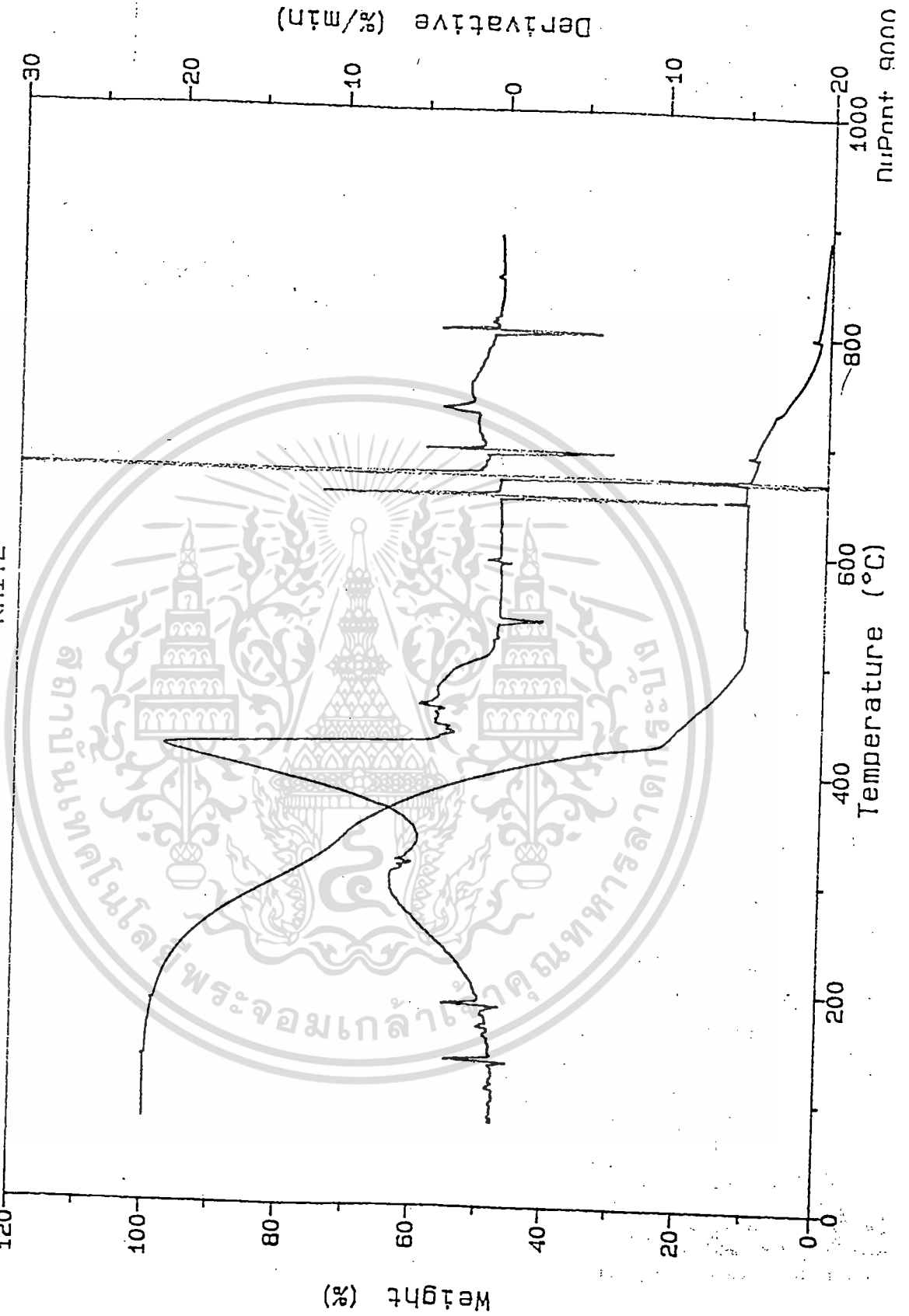
Comment: 15 FEB 96

Run: 7

TGA

Operator: KITTI

KMITL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้แสดงผลเทอร์โมแกรม (TGA) ของเอสเทอร์ กัม แบตซ์ 3 ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

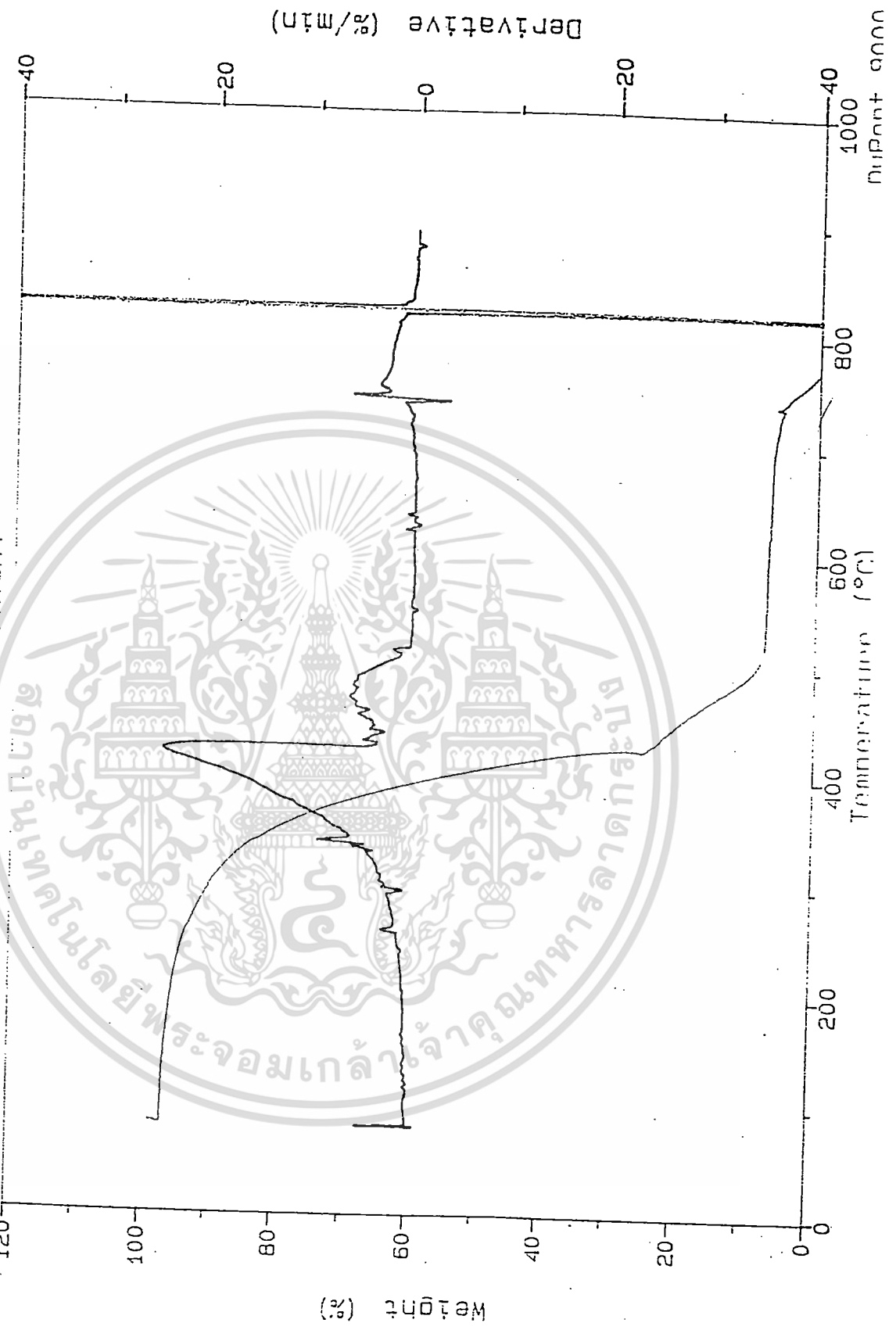
Sample: ROSIN ESTER4
Size: 12.7151 mg Kcell: 0.9523
Method: ROS ESTER 4
Comment: 15 FEB 96

Run: 6

TGA

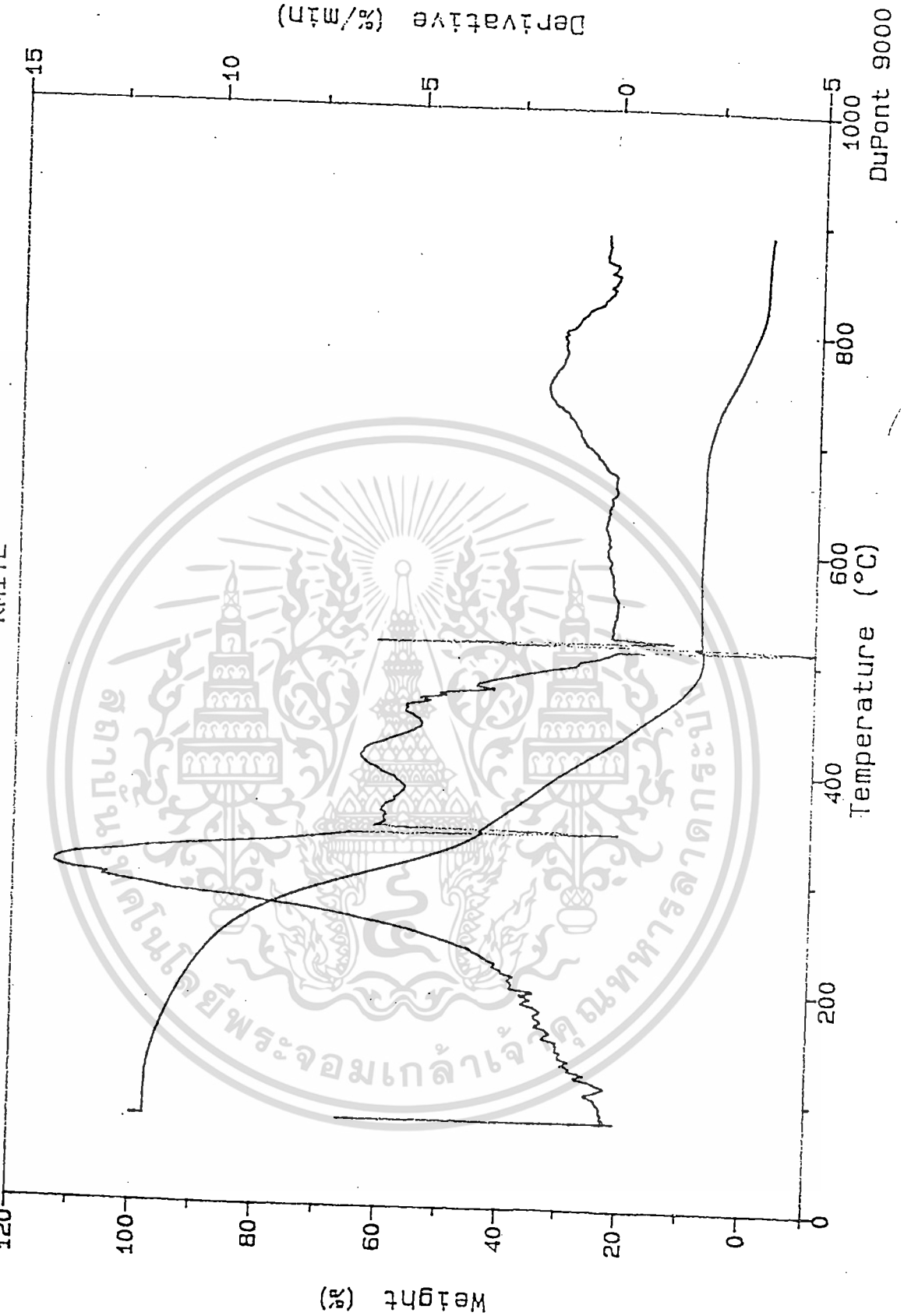
Operator: KITTI

BATCH4



แสดงผลเทอร์โมแกรม (TGA) ของเอสเทอร์ กัม แบตช์ 4
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample: HUSIN ES1EH5
 Size: 11.2076 mg Kcell: 0.9523
 Method: ANALYSIS
 Comment: 15 FEB 96
 Run: 8
 Operator: KITTI
 KMITL



แสดงผลเทอร์โมแกรม (TGA) ของเฮดเทอร์ กัม แบตซ์ 5
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การหาค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ = 0.47 โมลาร์
 น้ำหนักของชันสน = 3.000 กรัม

ตาราง ข. 1 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชันสนด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.47 โมลาร์

ครั้งที่	ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรต (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	
	สารละลายชันสน	สารละลายแบลงค์
1	1.8	3.1
2	1.8	3.1
3	1.8	3.1
ปริมาตรเฉลี่ย	1.8	3.1

2. การหาค่าแสดงความเป็นกรด

น้ำหนักของชันสน = 3.9989 กรัม
 ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง = 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตาราง ข.2 แสดงผลการไทเทรตสารละลายตัวอย่างชันสนด้วยสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.446 โมลาร์

ครั้งที่	ปริมาตร KOH ที่ใช้ไทเทรต (cm ³)
1	1.40
2	1.50
3	1.40
ปริมาตรเฉลี่ย	1.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดสอบคุณสมบัติความแข็งแรงต่อแรงอัด

ก. สูตรการผสม ชั้นสน กับ ซีเมนต์ซึ่งเตรียมโดยใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลาย และอบ
ชั้นงานนาน 21 วัน

ชนิดของชั้นสน	แรงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ความแข็งแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
ชั้นฉนวนธรรมดา	517.0	241.0
	543.3	216.1
	494.5	192.6
	448.4	182.6
\bar{X}		208.1
SD		26.1
พอลิเมอร์รวม (ไม่ได้กลั่น โหล่อื่นออก)	406.4	135.1
	275.1	80.2
	276.7	87.3
	450.2	157.9
	341.1	130.2
\bar{X}		118.1
SD		33.2
พอลิเมอร์รวม (กลั่นโหล่อื่น ออกแล้ว)	1132	447.0
	1397	479.2
	1237	494.6
	1123	417.4
\bar{X}		459.55
SD		34.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. สูตรการผสมพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อย 6:4

ระยะเวลาอบ(วัน)	แรงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ความแข็งต่อแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
3	331.0	149.8
	360.0	147.5
	307.0	119.9
\bar{X}		139.10
SD		16.6
7	647.0	262.5
	579.0	269.2
	654.0	248.5
	523.0	221.0
	767.7	328.1
\bar{X}		265.86
SD		39.4
14	844.6	337.49
	621.7	255.80
	768.3	297.77
	890.3	373.10
	855.4	358.87
\bar{X}		324.61
SD		47.8
21	1132	447.0
	1397	479.2
	1237	494.6
	1123	417.4
\bar{X}		459.55
SD		34.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. สูตรการผสมพอลิเมอร์ร่วมกับซีลี้อยซึ่งเตรียมโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย และ
อบ 7 วัน

สูตร	แรงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ความแข็งต่อแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
10:0	19.94	7.06
	32.06	11.68
	31.67	10.85
	31.72	9.90
\bar{X}		9.9
SD		2.0
9:1	93.28	64.47
	142.3	57.00
	115.0	37.52
	144.7	48.30
\bar{X}		44.3
SD		10.3
8:2	488.2	172.8
	583.7	206.3
	443.0	141.2
	487.3	148.7
\bar{X}		167.3
SD		29.3
7:3	990.0	365.0
	365.1	147.2
	537.6	203.7
\bar{X}		238.6
SD		113.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร	แรงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ความแข็งแรงต่อแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
6:4	647.0	262.5
	579.0	269.2
	654.0	248.5
	523.0	221.0
	767.7	328.1
\bar{X}		265.9
SD		39.4
5:5	393.1	178.2
	323.5	149.3
	408.5	181.6
\bar{X}		169.7
SD		17.7
4:6	153.9	55.79
	149.9	58.71
	136.5	58.23
	159.3	62.99
	199.7	68.06
\bar{X}		60.75
SD		4.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. สูตรการผสมพอลิเมอร์รวม PS และซีลี้อย ซึ่งเตรียมโดยใช้ตัวทำละลายและอบ
 ชั่งงาน 7 วัน

สูตร	แรงที่ไซ (กิโลกรัม)	ความแข็งตอแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
5:0.5:4.5	481.4	207.8
	706.6	275.3
	635.1	258.3
	453.0	178.5
	457.5	188.1
\bar{X}		221.6
SD		43.0
5:1.0:4.0	432.4	161.7
	380.5	145.3
	341.05	134.0
	399.8	155.3
	361.9	142.8
\bar{X}		147.8
SD		10.9
5:1.5:3.5	1025.0	345.3
	886.5	299.7
	900.5	326.3
	914.7	299.2
	1179.0	387.2
\bar{X}		331.5
SD		36.7
5:2.0:3.0	971.5	294.7
	872.3	268.2
	848.9	285.4
\bar{X}		282.8
SD		13.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร	แรงที่ไซ (กิโลกรัม)	ความแข็งต่อแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
6:0.5:3.5	772.2	297.8
	687.2	274.1
	854.0	336.6
	535.5	215.9
\bar{X}		281.1
SD		50.5
6:1.0:3.0	609.9	205.9
	596.0	187.9
	433.3	132.6
	458.9	133.3
\bar{X}		164.9
SD		37.6
6:1.5:2.6	455.1	118.6
	664.2	168.2
	741.6	193.5
	501.4	132.1
	483.3	116.3
\bar{X}		145.8
SD		33.8
6:2.0:2.0	1361.0	418.7
	888.8	328.3
	810.7	294.8
	1096.0	324.6
	827.5	254.3
\bar{X}		324.1
SD		60.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร	แรงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ความแข็งแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
7:0.5:2.5	421.5	141.0
	673.1	205.2
	509.1	147.8
	510.2	185.5
	810.8	265.5
\bar{X}		189.0
SD		50.3
7:1.0:2.0	561.1	189.0
	523.2	162.3
	550.2	164.7
	563.1	170.0
\bar{X}		171.5
SD		12.1
7:1.5:1.5	394.5	113.6
	343.3	105.5
	424.4	158.0
	468.1	148.3
	290.7	87.34
\bar{x}		122.5
SD		29.7
7:2.0:1.0	393.0	95.55
	381.4	100.7
	351.0	92.31
	488.2	135.0
	436.8	115.6
\bar{X}		107.8
SD		17.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. สูตรผสมพอลิเมอร์รวม กับซีลี้อย โดยใช้ความร้อนในการผสม

สูตร	แรงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ความแข็งต่อแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
5:5	1.781	0.88
	3.719	1.84
	1.427	0.66
\bar{X}		1.12
SD		0.6
6:4	822.4	326.7
	1089.0	407.2
	918.1	366.5
\bar{X}		366.8
SD		40.3
7:3	693.4	240.6
	896.0	344.7
	790.3	264.0
	1068.0	407.6
	764.3	265.1
\bar{X}		304.4
SD		69.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. สูตรการผสมพอลิเมอร์รวม LDPE และซีลี้อยเตรียมโดยใช้ความร้อน

สูตร	แรงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ความแข็งต่อแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
5:4.0:1.0	581.2	233.6
	648.9	223.8
	646.6	237.3
	451.4	197.2
	625.9	231.3
\bar{X}		224.7
SD		16.1
5:3.5:1.5	696.5	241.5
	596.7	220.8
	574.1	218.7
	551.3	194.0
\bar{X}		218.8
SD		40.3
5:3.0:2.0	908.6	367.1
	930.9	369.2
	856.3	337.8
	1021.0	410.2
	890.8	339.4
\bar{X}		364.7
SD		29.4
5:2.5:2.5	718.0	336.9
	870.9	394.4
	724.2	357.3
	1056.0	421.8
	1268.0	462.9
\bar{X}		394.7
SD		50.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ 106 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร	แรงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ความแข็งแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
6:3.0:1.0	412.9	176.4
	597.4	206.7
	308.0	105.7
\bar{X}		152.9
SD		50.8
6:2.5:1.5	500.1	185.0
	416.0	149.8
	466.7	161.8
	466.6	193.9
\bar{X}		172.6
SD		20.4
6:2:2	864.7	296.7
	765.4	273.5
	897.2	346.5
	1025.0	351.5
	852.5	331.3
		319.9
\bar{X}		33.6
SD		33.6
6:1.5:2.5	906.3	340.7
	904.7	354.3
	967.2	410.8
	830.6	368.2
	941.3	389.1
		372.6
\bar{X}		372.6
SD		27.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร	แรงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ความแข็งแรงอัด(กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
7:2:1	471.0	177.5
	514.1	182.9
	480.5	187.7
	462.0	141.0
	460.8	176.3
\bar{x}		173.1
SD		18.5
7:1.5:1.5	656.4	267.2
	905.6	353.6
	612.2	247.8
	790.6	305.8
	577.0	270.1
\bar{X}		288.9
SD		41.5
7:1:2	861.5	347.8
	670.5	244.4
	605.7	197.6
\bar{X}		263.3
SD		76.9
7:0.5:2.5	707.2	305.3
	1053.0	391.0
	620.8	265.7
	1063.0	403.8
	834.8	311.8
\bar{X}		335.5
SD		59.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ 108 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาตร KOH ที่ใช้ในการไทเทรตหาค่าแสดงความเป็นกรด

แบบซ์ที่	เวลาในการทำ ปฏิกิริยา (ชั่วโมง)	ปริมาณ KOH ที่ใช้ไทเทรต (ลูกบาศก์เซนติเมตร)				ตัวอย่าง เอสเทอร์ กัม ที่ลุ่ม (กรัม)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
1.	9.0	6.70	6.80	6.90	6.80	2.015
	17.0	5.30	5.30	5.30	5.30	2.004
	24.5	4.50	4.60	4.50	4.53	2.001
	28.5	4.40	4.30	4.30	4.33	2.000
	35.5	4.10	4.10	4.00	4.06	2.013
	43.5	3.90	3.90	3.80	3.86	2.029
	49.0	3.70	3.80	3.80	3.76	2.010
2.	11.0	7.50	7.50	7.50	7.50	2.000
3.	12.0	4.30	4.40	4.50	4.40	2.018
	15.0	3.30	3.20	3.20	3.23	2.138
	20.0	2.30	2.30	2.30	2.30	2.138
4.	6.0	1.10	1.10	1.10	1.10	2.027
	10.0	0.46	0.46	0.46	0.46	2.010
5.	3.0	5.00	5.00	5.00	5.00	2.022

- ตัวอย่างสารละลายของเอสเทอร์ กัม ที่ใช้ไทเทรตในแต่ละครั้ง คือ 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- สารละลายมาตรฐาน KOH ที่ใช้มีความเข้มข้นที่ 0.0987 N

5. การหาค่าความหนาแน่นของน้ำมันชักเงา

- น้ำหนักฟิคโนมิเตอร์ = 16.2708 กรัม
- น้ำหนักฟิคโนมิเตอร์ + น้ำ = 26.4224 กรัม
- น้ำหนักน้ำ = 10.1516 กรัม
- ความหนาแน่นของน้ำที่ 30 องศาเซลเซียส = 0.9957 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ปริมาตรฟิคโนมิเตอร์ = 10.1954 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค่าความหนาแน่นสัมบูรณ์ของน้ำ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

องศาเซลเซียส	ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)
15	0.999127
16	0.998971
17	0.998772
18	0.998623
19	0.998433
20	0.998231
21	0.998020
22	0.997798
23	0.997566
24	0.997324
25	0.997072
26	0.996811
27	0.996540
28	0.996260
29	0.995972
30	0.995684

แบบที่	น้ำหนักพิกโนมิเตอร์และ น้ำมันชักเงา (กรัม)	น้ำหนักน้ำมันชักเงา (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)
1	26.1399	9.8691	0.9680
2	26.0685	9.7977	0.9610
3	26.0460	9.7752	0.9588
4	26.0602	9.7894	0.9602
5	26.0585	9.7877	0.9600

6. การวัดค่าความหนืดของน้ำมันชักเงา

- ใช้เครื่องบรูคฟิลด์ วิสโคมิเตอร์ (Brookfield Viscometer) แบบ RV
- สปีนเดิล นัมเบอร์ = 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าต่าง ๆ ในการทดลอง

1. ค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์ (Spomnification Number)

สูตร ค่าสปอนนิฟิเคชันนัมเบอร์ = $(B-A) \times N \times 56.1$

C

เมื่อ A คือ มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานกรดที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลงค์

B คือ มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานกรดที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายตัวอย่าง

C คือ น้ำหนักชั่งของตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นของกรด มีหน่วยเป็นโมลาร์

56.1 คือ มวลโมเลกุลของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์

2. ค่าแสดงความเป็นกรด (Acid Number)

สูตร ค่าแสดงความเป็นกรด = $(AN \times 56.1)$

B

เมื่อ A คือ มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์

B คือ น้ำหนักชั่งของตัวอย่าง

56.1 คือ มวลโมเลกุลของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์

3. ค่าร้อยละของน้ำหนักและปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการดูดซึมน้ำ

สูตร

$$\text{ร้อยละการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก} = (W_2 - W_1) \times 100 / W_1$$

$$\text{ร้อยละการเปลี่ยนแปลงปริมาตร} = (V_2 - V_1) \times 100 / V_1$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของชิ้นงานก่อนการทดสอบ

W_2 คือ น้ำหนักของชิ้นงานหลังการทดสอบ

V_1 คือ ปริมาตรของชิ้นงานก่อนการทดสอบ

V_2 คือ ปริมาตรของชิ้นงานหลังการทดสอบ

4. ค่าความหนาแน่นของน้ำมันชักเงา

สูตร $V = (N - M) / \rho$
 $Dm = (W - w) / V$

- เมื่อ V คือ ปริมาตรของพิคโนมิเตอร์
N คือ น้ำหนักของพิคโนมิเตอร์ และน้ำ
M คือ น้ำหนักของพิคโนมิเตอร์ที่แห้ง
 ρ คือ ความหนาแน่นลัมบูร์นของน้ำ ณ อุณหภูมิใด ๆ
Dm คือ ความหนาแน่นของน้ำมันชักเงา
W คือ น้ำหนักของพิคโนมิเตอร์ และน้ำมันชักเงา
w คือ น้ำหนักของพิคโนมิเตอร์ที่แห้ง

5. ค่าความหนืดของน้ำมันชักเงา

โดยใช้เครื่องบรูคฟีลด์วิสโคมิเตอร์ แบบ RV (Brookfield viscometer)

สูตร $\text{Viscosity} = \text{Factor} * \text{Reading}$

- เมื่อ Factor คือ ค่าที่ขึ้นกับความเร็วยกที่ใช่
Reading คือ ค่าที่อ่านได้

เอกสารอ้างอิง

1. ดล รัตนรักษ์ และ บุญรักษ์ กาญจนวรรณิชย์ “ การประยุกต์ใช้ชั้นสนในการอนุรักษ์โบราณวัตถุ ” โครงการพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2536.
2. David W. Parker; *US. Pat. 4,963,630* Oct. 16, 1990.
3. Chatfield, H. W.; *Varnish Constituents*, 3 rd ed., PP. 251-261, Leonard Hill Limited, London, 1953.
4. H. Bennett; *The Chemical Formulary*, PP. 56-57, Vol. 3, Chemical Publishing Co.,Inc., New York, 1936.
5. Mattiello, J. J.; *Protective and Decorative Coating, Paints, Varnishes, Lacquers, and Inks*, Vol. 1, third printing, PP. 292-301, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1946.
6. Brezinski, D. R.; *An Infrared Spectroscopy Atlas for the Coatings Industry*, 4 th ed., Federation of Society for Coatings Technology, Pennsylvania.
7. Bekales, N. M.; *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, Vol. 1 and 12, John Wiley & Sons, Inc.
8. Oldring, P.; Haywordd, G.; *Resins for Surface Coating*, Vol.1, Chapter 3, Selective Industrial Training Associates Limited, London, 1986.
9. Remington, J. S.; *Drying Oils, Thinner and Varnishes*, PP. 105-120, Industrial Book Service (Abacus Limited), London, 1950.
10. M. R. Mills; *An Introduction to Drying Oil Technology*, PP. 120-137, Pergamon Press Ltd., London, 1952.
11. Oil & Colour Chemists' Association; *Paint Technology Manual*, Part 3 Convertible Coatings, Chapter 2,3,4., Chapman & Hall, London, 1966.
12. Singer, E.; *Fundamentals of Paint, Varnish and Lacquer Technology*, New York, 1957.
13. G. G. Sword; *Paint Testing Manual, Physical an Chemical Examination of Paints, Varnishes, Lacquers, an Colors*, 13 edition, PP. 415-421, June 1972.
14. American Society of Testing Material (1985), *Standard Guied for Testing Varnishes*, ASTM. D154-85 (Reapproved 1989).

15. American Society of Testing Material (1987), *Standard Test Methods for Acid Number of Rosin*, ASTM. D465-82.
16. American Society of Testing Material (1991), *Standard Test Methods for Saponification Number of Naval Store Products Including Tall Oil and Other Related Product*, ASTM. D464-91.
17. American Society of Testing Material (1992), *Standard Test Methods for Acid Number of Naval Store Products Including Tall Oil and Other Related Products*, ASTM. D465-92.
18. American Society of Testing Maaterial (1985), *Standard Test Methods For Density of Paint, Varnish, Lacquer, and Related Products*, ASTM. D1475-85.
19. Federal Specification (1957), *Rosin Gum, Rosin Wood and Rosin Tall Oil*, LLL - R - 626b



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้