

เนื้อหาการวิจัย

1. การทดลอง

1.1 ยางและสารเคมี

1.1.1 ยางธรรมชาติ (Natural rubber) ชนิด low ammonia natural rubber (LA-NR)

ใช้น้ำยางสดผลิตโดยบริษัทปัดตานีอุตสาหกรรม จำกัด

1.1.2 มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride)

ชนิด AR grade บริสุทธิ์ $> 99.0\%$ น้ำหนักโมเลกุล 98.06 กรัมต่อโมล จุดหลอมเหลว $52-54\text{ }^{\circ}\text{C}$ ผลิตโดยบริษัท Fluka chemical ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

1.1.3 เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (Benzoyl peroxide)

ชนิด AR grade บริสุทธิ์ 93.0% น้ำหนักโมเลกุล 242.23 กรัมต่อโมล จุดหลอมเหลว $103-107\text{ }^{\circ}\text{C}$ ผลิตโดยบริษัท Merck ประเทศเยอรมัน

1.1.4 โทลูอีน (Toluene)

ชนิด AR grade บริสุทธิ์ 95.5% จุดเดือด $110.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ น้ำหนักโมเลกุล 92.14 กรัมต่อโมล ผลิตโดยบริษัท Merck ประเทศเยอรมัน

1.1.5 อะซีโตน (Acetone)

ชนิด Commercial grade บริสุทธิ์ 99.5% จุดเดือด $56.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ น้ำหนักโมเลกุล 58.0 กรัมต่อโมล

1.1.6 Wood Rosin

ชื่อทางการค้า Resin w/w ใช้เป็นสารเพิ่มความเหนียว ผลิตโดยบริษัทปัดตานีอุตสาหกรรม จำกัด

1.1.7 diphenylamine

ชนิด AR grade มีสูตร $\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}$ ใช้เป็นสารป้องกันการเสื่อม (Antioxidant) ผลิตโดยบริษัท BDH Chemicals ประเทศอังกฤษ

1.1.8 Potassium oleate

ชนิด AR grade มีสูตร $\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{KO}_2$ มีมวลโมเลกุล 320.56 ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemical ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

1.1.9 Chloroform

ชนิด AR grade มีสูตร CHCl_3 มีมวลโมเลกุล 119.38 ผลิตโดยบริษัท VWR International

1.2 เครื่องและมืออุปกรณ์

1.2.1 เครื่องชั่งละเอียดรุ่น ER-120A ผลิตโดยบริษัท JK ประเทศญี่ปุ่น

1.2.2 เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield Engineering Laboratories ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.2.3 เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensometer) รุ่น 5567P5843 ผลิตโดย INSTRON CORPORATION ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.2.4 เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลิตโดยบริษัท Nicolet Instrument Cooperation รุ่น Omnic ESP magna-IR 560 Spectrometer ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.2.5 ชุดเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ (Polymerization Reactor) ประกอบด้วย ขวดก้นกลมห้าคอ (five neck round-bottom flask), เครื่องกวน (Mechanical stirrer), คอนเดนเซอร์ (Condenser), อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath), แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen gas)

1.2.6 pH meter รุ่น Mettler Toledo MP 225

1.2.7 ชันไม้ทดสอบประกอบด้วย

(1) ชันทดสอบ shear strength ความหนาของไม้ 5 มิลลิเมตร กว้าง 1 นิ้ว ยาว 2.2 นิ้ว ตามมาตรฐาน ASTM D2339-94a

(2) ชันทดสอบ Cleavage peel strength ความหนาของไม้ 5 มิลลิเมตร กว้าง 1 นิ้ว ยาว 7 นิ้ว ตามมาตรฐาน ASTM D3807-93

(3) ชันทดสอบความทนทานต่อน้ำ กว้าง 1 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว หนา 5 มิลลิเมตร

1.3 วิธีการทดลอง

1.3.1 การเตรียมยางธรรมชาติมาเลอจากยางธรรมชาติ

นำยางธรรมชาติแห้งซึ่งได้ทำให้บริสุทธิ์แล้วโดยการละลายในโทลูอินแล้วจับตัวด้วยอะซีโตนมา 5 กรัม ละลายในโทลูอิน 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 °C กวนด้วยอัตราเร็ว 130 รอบ/นาที ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน 1 ชั่วโมง จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 °C เติมตัวริเริ่มปฏิกิริยา BPO 3 phr และมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr คัดสารผสมปฏิกิริยาประมาณ 20 มิลลิลิตร ที่เวลา 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ชั่วโมง นำไปจับตัวด้วยอะซีโตน จากนั้นอบที่ 40 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

1.3.2 การศึกษาสมบัติของยางธรรมชาติมาเลอ

1.3.2.1 การหาปริมาณการเกาะติดของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติ

นำพอลิเมอร์ที่ได้ผ่านการทำให้บริสุทธิ์หนัก 0.1 กรัม ละลายในคลอโรฟอร์ม 10 มิลลิลิตรในภาชนะปิดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาหยดบนเซลล์ NaCl ระเหยตัวทำละลายออก วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR

คำนวณอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 1716, 1776-1779 และ 1854 cm^{-1} กับเลขคลื่น 836 cm^{-1}

$$\text{อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรด} = \frac{A_{1716} + A_{1776-1779} + A_{1854}}{A_{836}} \dots(1)$$

เมื่อ

$$A_{1716} = \text{พื้นที่ใต้พีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 1716 cm}^{-1}$$

$$A_{1776-1779} = \text{พื้นที่ใต้พีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 1776-1779 cm}^{-1}$$

$$A_{1854} = \text{พื้นที่ใต้พีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 1854 cm}^{-1}$$

$$A_{836} = \text{พื้นที่ใต้พีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 836 cm}^{-1}$$

1.3.2.2 การทำกราฟมาตรฐานของ NR/maleic anhydride physical mixture

เตรียม physical mixture ของ NR/maleic anhydride โดยใช้ยางธรรมชาติผสมกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 2, 4, 6, 8 และ 10 phr หยอดคลอโรฟอร์มลงไปเล็กน้อย โดยการกวนที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งตัวทำละลายระเหยหมด นำสารผสมไปวัด FTIR spectrum เขียนกราฟสัดส่วนของ $A_{1716}+A_{1781}+A_{1854}/A_{836}$ กับความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์

1.3.2.3 การหาเปอร์เซ็นต์เจล

สกัดตัวอย่างโคพอลิเมอร์ที่ได้ด้วยโทลูอีนที่ 110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อบตัวอย่างที่สกัดได้ให้แห้งจนมีน้ำหนักคงที่ คำนวณสัดส่วนเจลจาก

$$\text{Gel fraction} = \frac{W \times 100}{W_0} \quad \dots(2)$$

เมื่อ W = น้ำหนักของตัวอย่างแห้งหลังจากการสกัด

W_0 = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนการสกัด

1.3.3 การเตรียมกาวจากยางธรรมชาติมาเลอเทอ

1.3.3.1 การออกสูตรกาว

ออกสูตรการเตรียมกาวจากยางธรรมชาติมาเลอเทอ (maleated natural rubber, MNR) หรือ เรียกว่ายางธรรมชาติกริฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์และส่วนประกอบอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 : ส่วนประกอบของการออกสูตรกาว

Ingredients	Formulations (phr)				
	A	B	C	D	E
MNR (NR-g-MAH)	100	100	100	100	100
20 % K-oleate	5	5	5	5	5
Diphenylamine	1	1	1	1	1
Toluene*	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Wood rosin	0	10	20	30	40

* เตรียมเป็น 10 % ความเข้มข้นของ MNR (NR-g-MAH)

1. ชั่งยางและสารเคมีตามสูตรในตาราง
2. ละลาย MNR ในโทลูอีน กวนด้วยเครื่องกวนอย่างแรงที่อุณหภูมิห้องเมื่อ MNR ละลายสมบูรณ์แล้ว เติม 20% K-oleate กวนอย่างแรงอีก 5 นาที

ละลายสมบูรณ์แล้ว เติม 20% K-oleate กวนอย่างแรงอีก 5 นาที

3. เติม wood rosin และ diphenylamine กวนต่อเป็นเวลา 30 นาที
4. เก็บกาวในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด
5. ทดสอบสมบัติของกาวที่เตรียมได้

1.3.3.2 การศึกษาผลของปริมาณ MNR ต่อสมบัติของกาว

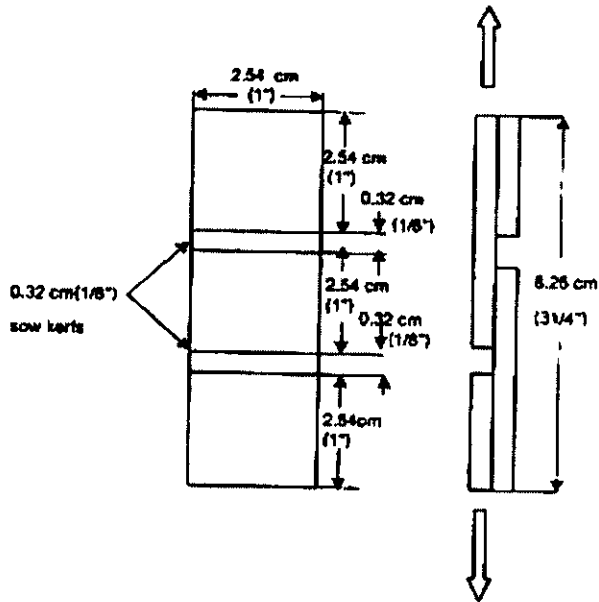
เตรียมกาวตามสูตรที่ให้แรงยึดติดกับไม้สูงที่สุด โดยแปรปริมาณของเนื้อกาว 10, 20 และ 30 % ความเข้มข้น

1.3.4 ศึกษาสมบัติของกาว

1.3.4.1 ผลของอายุการเก็บกาวต่อความเหนียวของกาวโดยวัดค่าความเหนียวของกาวด้วยเครื่อง วัดความเหนียวแบบ Brookfield Engineering Laboratories ที่เวลาการเก็บกาว 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน

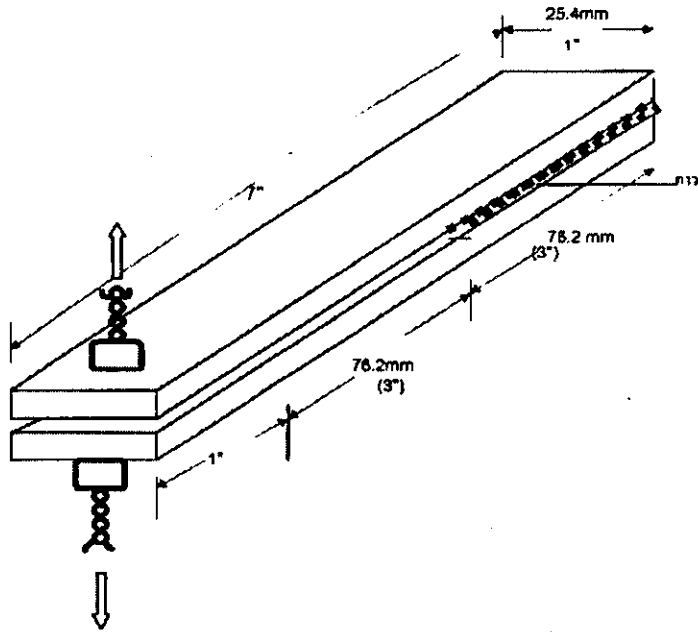
1.3.4.2 ผลของอายุการเก็บต่อ pH ของกาว โดยวัดค่า pH ของกาวด้วยเครื่อง pH meter รุ่น Mettler Toledo MP 225 ที่เวลาการเก็บกาว 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน

1.3.4.3 ทดสอบกาวด้าน shear strength ตามมาตรฐาน ASTM D2339-94a ต่ออายุการเก็บของกาวทุกสัปดาห์ โดยதாகาวบนไม้อัดขึ้นทดสอบทั้ง 2 แผ่น จากนั้นนำมาประกบกันทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง ($23\pm 1^{\circ}\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์ $50\pm 2\%$ ไม้อัดที่ใช้ทดสอบมีขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 2.2 นิ้วหนา 5 มิลลิเมตร ในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ 5 ซ้ำ แล้วนำไปทดสอบการดึงเดือนด้วยเครื่อง tensometer รายงานผลในหน่วยแรงต่อพื้นที่ทดสอบ (lb/in^2)



รูปที่ 1.1 : แสดงขั้นตอนทดสอบ shear strength ตามมาตรฐาน D2339-94a

1.3.4.4 ทดสอบการฉีก cleavage peel strength ตามมาตรฐาน ASTM D3807-93 ต่ออายุการเก็บของกาวทุกสัปดาห์ โดยทากาวบนไม้อัดชั้นทดสอบทั้ง 2 แผ่น จากนั้นนำมาประกบกันทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง ($23 \pm 1^{\circ}\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์ $50 \pm 2\%$ ไม้อัดที่ใช้ทดสอบมีขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 7 นิ้วหนา 5 มิลลิเมตร ในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ 5 ซ้ำ แล้วนำไปทดสอบการดึงฉีกด้วยเครื่อง tensometer รายงานผลการทดลองที่ได้ในหน่วยแรงต่อความกว้างของชั้นทดสอบ kN/m



รูปที่ 1.2 : แสดงขั้นตอนทดสอบ cleavage peel strength ตามมาตรฐาน D3807-93

1.3.4.5 ทดสอบสมบัติการทนต่อน้ำ

เตรียมชิ้นไม้อัดทดสอบขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว หนา 5 มิลลิเมตร นำกาวที่เตรียมได้ทาบนไม้อัดชั้นทดสอบทั้ง 2 แผ่น จากนั้นนำมาประกบกัน ทิ้งไว้จนกาวแห้งรอให้กาวเซตตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่ในน้ำให้ท่วมชิ้นทดสอบจับเวลาจนกระทั่งไม้อัดหลุดออกจากกันเอง

2.ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

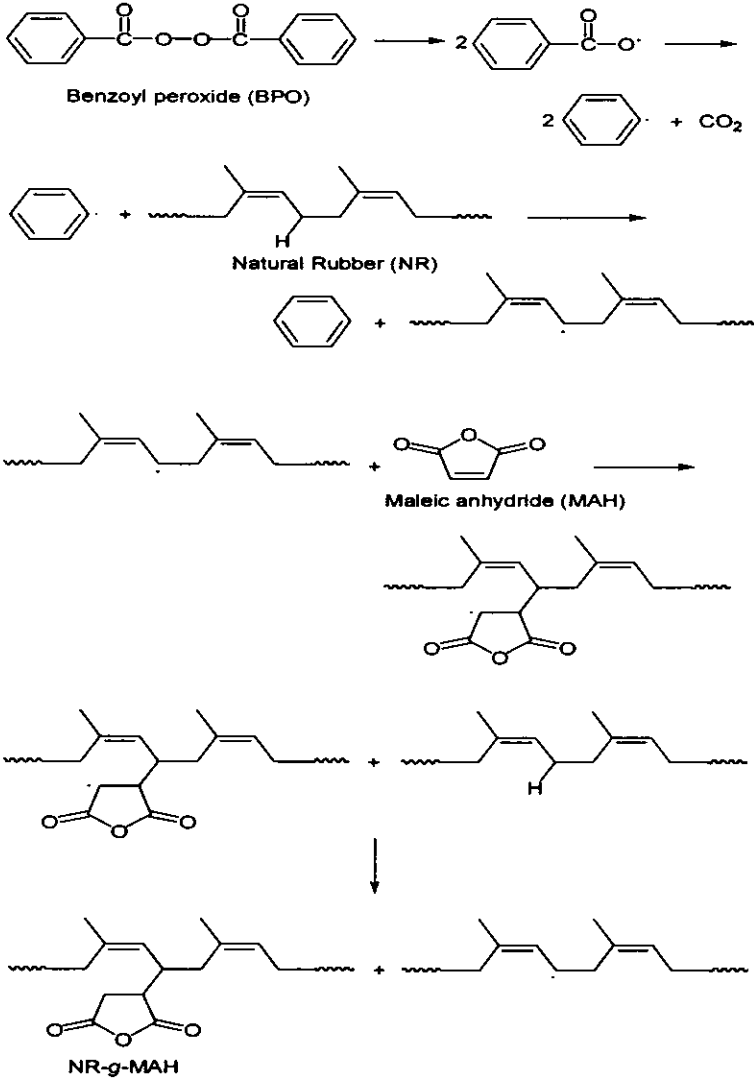
2.1 สมบัติของกาวตามมาตรฐาน มอก. 521-2527

ตารางที่ 2.1 : สมบัติของกาวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกาวยาง (มอก. 521-2527)

สมบัติ	เกณฑ์ที่กำหนด
Total solid content (% TSC)	40
Viscosity (cPs)	1500-5000
Shear strength (lb/in ²)	31.9
Peel strength (kN / m)	2

2.2 การเตรียมยางธรรมชาติมาเลเททจากยางธรรมชาติ

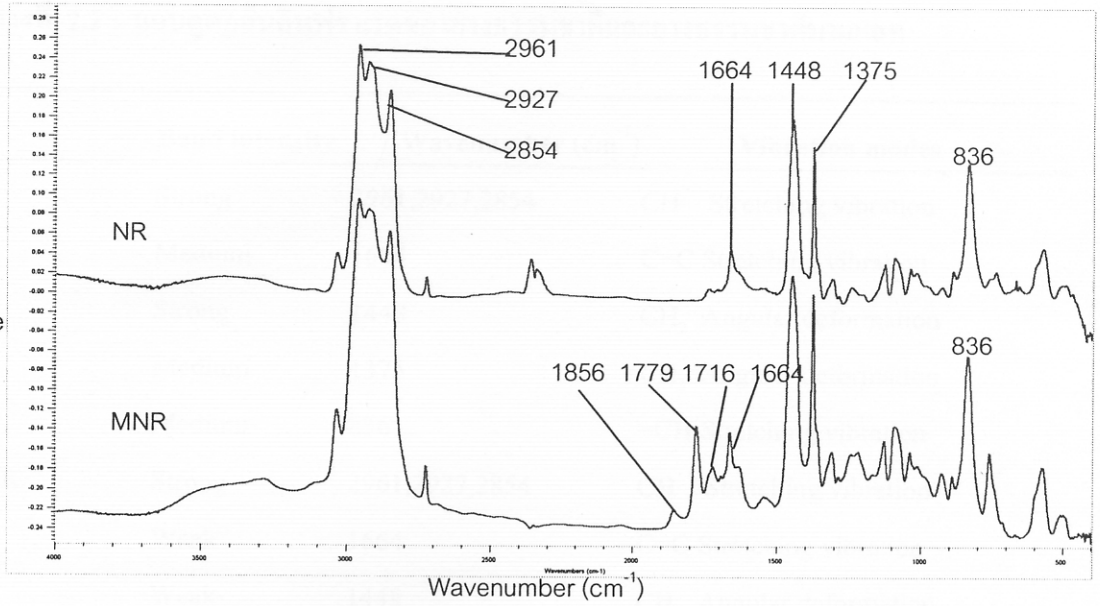
จากการเตรียมยางธรรมชาติมาเลเททโดยใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (BPO) 3 phr ที่อุณหภูมิ 80°C ที่เวลา 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ชั่วโมง



รูปที่ 2.1: กลไกปฏิกิริยาการกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนยางธรรมชาติโดยใช้ BPO เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา

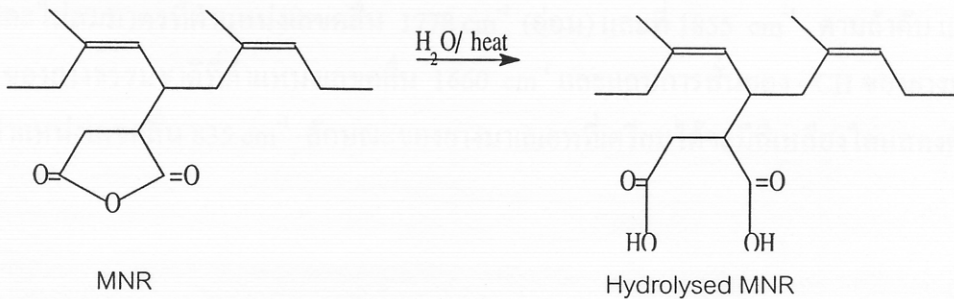
ปฏิกิริยา (รูปที่ 2.1) เริ่มจากตัวริเริ่มปฏิกิริยา BPO แตกตัวด้วยความร้อนเป็นอนุมูลฟีนิลเข้าตั้งโปรตอนบนสายโซ่ยางธรรมชาติที่ตำแหน่ง allylic เกิดอนุมูลของยางธรรมชาติซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ เกิดเป็นอนุมูลใหญ่ของ succinic anhydride ที่ติดอยู่บนสายโซ่ยางธรรมชาติขั้นสุดท้ายเกิดการย้ายสายโซ่ของอนุมูลอิสระไปยังสายโซ่ยางธรรมชาติสายโซ่อื่นจะได้กราฟต์โคพอลิเมอร์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติ (Saelao and Phinyocheep, 2004)

นำยางธรรมชาติและกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 : สเปกตรการดูดกลืนจาก FTIR ของยางธรรมชาติ และยางมาเลเทศ

จากรูปที่ 2.2 สเปกตรการดูดกลืนแสงจาก FTIR ของยางธรรมชาติจะแสดงตำแหน่งที่เลขคลื่น 836 cm^{-1} เป็นแถบการงอของ =CH ใน *cis*-1,4-polyisoprene ส่วน MNR จะปรากฏการดูดกลืนที่ตำแหน่งเลขคลื่น $1776\text{-}1779\text{ cm}^{-1}$ และที่เลขคลื่น $1854\text{-}1856\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นแถบการสั่นของหมู่คาร์บอนิล C=O แบบ symmetric (strong) และ asymmetric (weak) ในวงห้าเหลี่ยมแอนไฮไดรด์ ตามลำดับ และที่ตำแหน่งเลขคลื่น 836 cm^{-1} เป็นแถบการงอของ =CH ของ *cis*-1,4-polyisoprene อย่างไรก็ตาม MNR ที่เตรียมได้ปรากฏแถบการดูดกลืนที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1716 cm^{-1} ของ C=O ของ carboxylic acid ด้วยแสดงว่าหมู่ succinic anhydride บนยางธรรมชาติอ่อนไหวต่อความชื้น ทำให้ยางมาเลเทศเกิดการไฮโดรไลซ์เปิดวงแหวนดังแสดงในรูปที่ 2.3



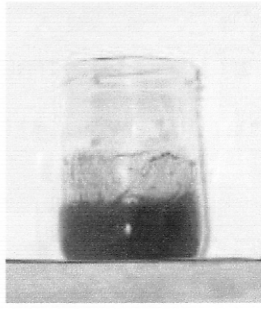
รูปที่ 4.3 : ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของยางธรรมชาติมาเลเทศ

เปรียบเทียบแถบดูดกลืนอินฟราเรดของยางธรรมชาติและยางธรรมชาติมาเลเทศแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 : แถบดูดกลืนอินฟราเรดของยางธรรมชาติและยางธรรมชาติมาเลเทศ

	Band intensity	Wavenumber (cm ⁻¹)	Vibration modes
NR	Strong	2961,2927,2854	CH Stretching vibration
	Medium	1664	C=C Stretching vibration
	Strong	1448	CH ₂ Angular deformation
	Medium	1375	CH ₃ Angular deformation
	Medium	836	=CH Stretching vibration
MNR	Strong	2961,2927,2854	CH Stretching vibration
	Weak	1664	C=C Stretching vibration
	Weak	1448	CH ₂ Angular deformation
	Medium	1375	CH ₃ Angular deformation
	Weak	1854-1856	C=O Asymmetric stretching
	Medium	1776-1779	C=O Symmetric stretching
	Weak	1707	C=O Symmetric stretching due to acid form

สเปกตรัมของ NR-g-MAH ที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับงานของผู้วิจัยท่านอื่น ๆ พบว่าการดูดกลืนอยู่ในช่วงเดียวกันดังเช่นในงานวิจัยของ Saelao and Phinyocheep (2004) ซึ่งทำการทดลองกับยางธรรมชาติโดยใช้ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ 0.5-1.5 % โดยโมล และมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 5-25 % โดยโมล อุณหภูมิ 60–80 °C เวลา 1-30 ชั่วโมง แสดงแถบการสั่นของ C=O ในวงแหวนที่เชื่อมแอนไฮไดรด์แบบสมมาตรและไม่สมมาตรที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1778 cm⁻¹ (อ่อน) และที่ 1855 cm⁻¹ ตามลำดับ แถบการสั่นของ C=C ของยางธรรมชาติที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1660 cm⁻¹ และแถบการสั่นของ =CH ของยางธรรมชาติปรากฏที่ตำแหน่งเลขคลื่น 835 cm⁻¹ ลักษณะของยางมาเลเทศที่เตรียมได้จะมีสีเหลืองใสแสดงดังรูปที่ 2.4

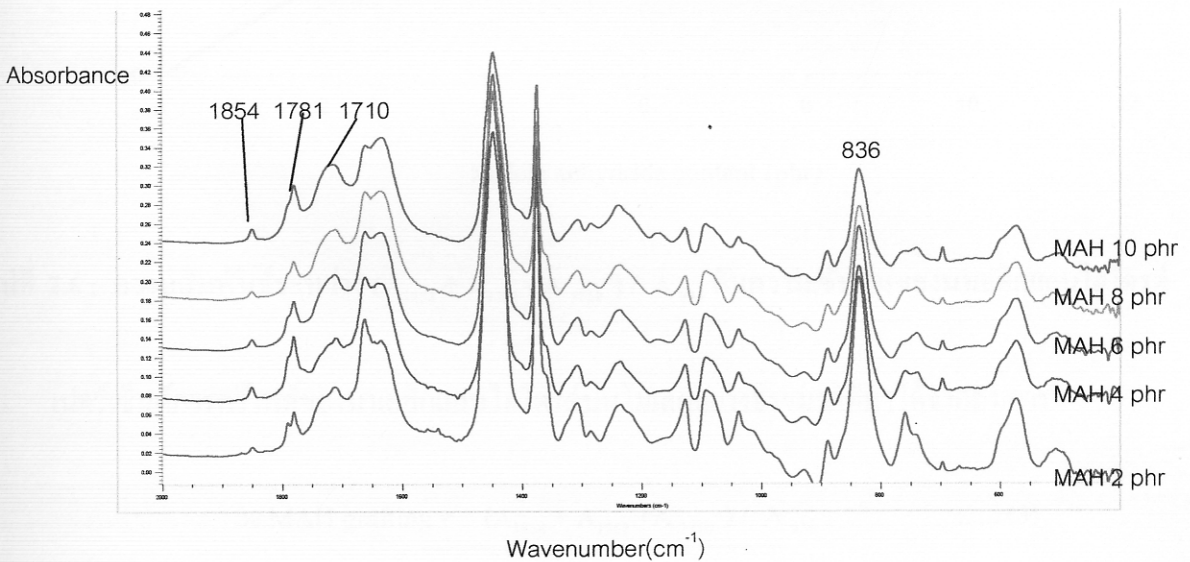


รูปที่ 2.4 ลักษณะยางมาเลอที่เตรียมได้

2.3 ศึกษาผลของปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ต่อปริมาณการกราฟต์

2.3.1 การกราฟมาตรฐานของ NR/MAH physical mixture (Barra, 1999)

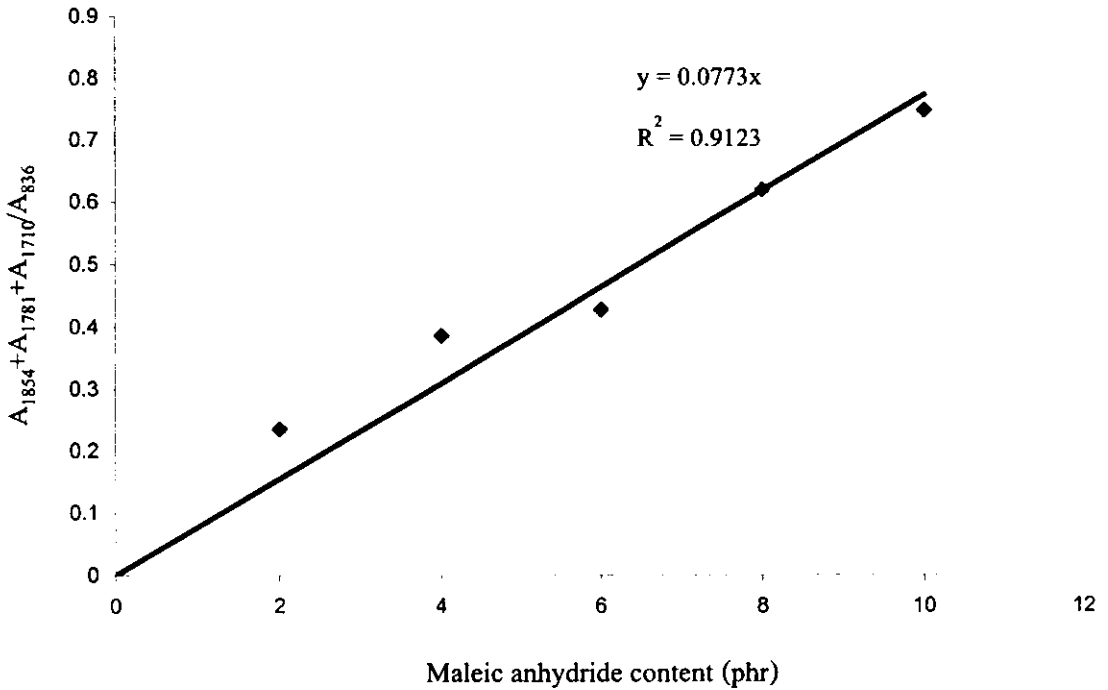
จากการสร้างกราฟมาตรฐานซึ่งเตรียมโดยการผสมมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 2, 4, 6, 8 และ 10 phr กับยางธรรมชาติ หยดคลอโรฟอร์มเล็กน้อยผสมให้เข้ากัน การดูดกลืนแสงอินฟราเรดของสารผสมระหว่างยางธรรมชาติกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ทางฟิสิกส์แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 : การดูดกลืนแสงอินฟราเรดของ NR/MAH physical mixture

จากรูปที่ 2.5 การดูดกลืนแสงอินฟราเรดของยางธรรมชาติกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ ปรากฏแถบการดูดกลืนที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1856 cm^{-1} และ 1781 cm^{-1} ซึ่งเป็นแถบการสั่นของ C=O ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์แบบไม่สมมาตร (อ่อน) และสมมาตร (เข้ม) ตามลำดับ และแถบการสั่นของ C=O ของกรดมาเลอิกที่เกิดจากมาเลอิกแอนไฮไดรด์ทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศเปลี่ยนเป็นกรดมาเลอิกซึ่งจะปรากฏแถบ

การสั่นที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1710 cm^{-1} และแถบการสั่นของ $=\text{CH}$ ใน *cis*-1,4-polyisoprene ปรากฏที่ตำแหน่งเลขคลื่น 836 cm^{-1} เขียนกราฟระหว่าง $(A_{1854} + A_{1781} + A_{1710}) / A_{836}$ กับความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 : ความสัมพันธ์ระหว่าง $(A_{1854} + A_{1781} + A_{1710}) / A_{836}$ กับความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์

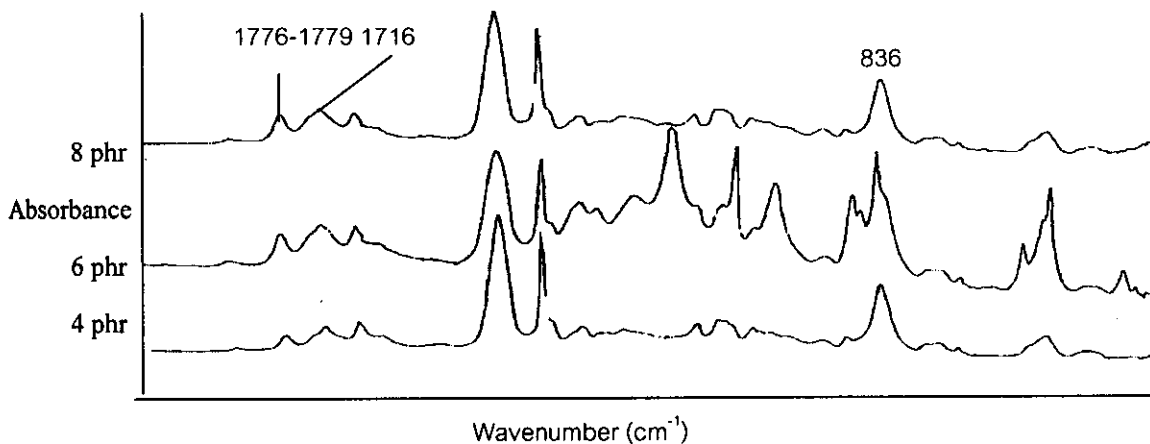
เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติหาได้จากสมการ

$$\% \text{ MAH grafting} = \frac{(A_{1854} + A_{1781} + A_{1710}) / A_{836}}{0.0773} \quad \dots\dots(3)$$

2.3.2 ผลของปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ต่อการกราฟต์

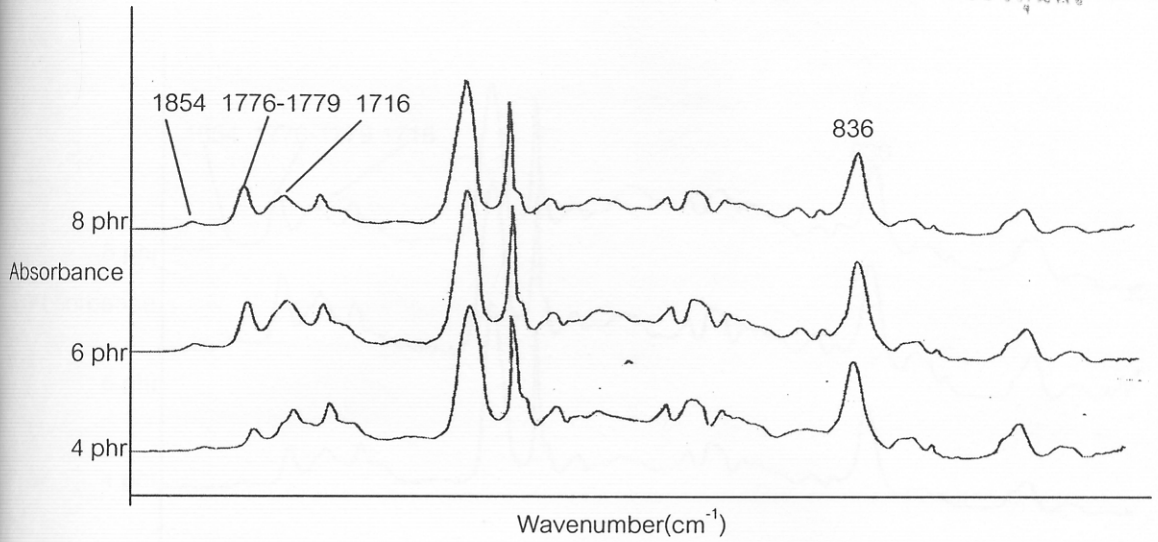
จากการนำยางธรรมชาติ 5 กรัม ละลายในตัวทำละลายโทลูอีน 100 มิลลิลิตร ผสมกับเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ 3 phr มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr ที่อุณหภูมิ 80°C ปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินไปเป็นเวลา 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ชั่วโมง

นำกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MNR) ที่สังเคราะห์ได้ตรวจสอบด้วย FTIR ได้ผลดังรูปที่ 2.7, 2.8 และ 2.9



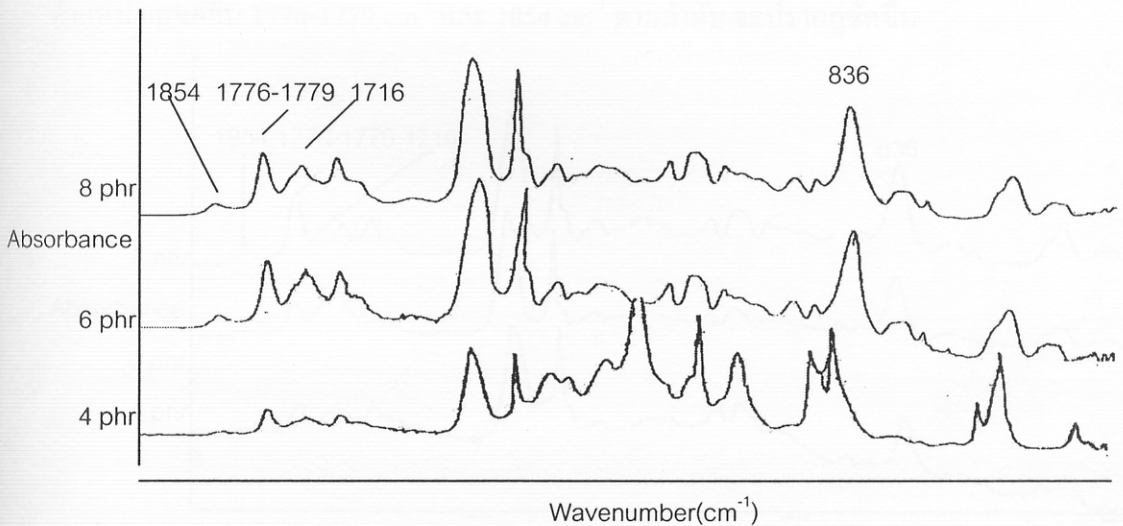
รูปที่ 2.7 : การดูดกลืนอินฟราเรดของยางธรรมชาติมาเลเทศเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr BPO 3 phr ที่เวลา 1 ชั่วโมง

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นว่าเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr กราฟต์กับยางธรรมชาติเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจะปรากฏแถบการดูดกลืนที่ตำแหน่งเลขคลื่น $1776-1779\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นแถบการสั่นแบบสมมาตรของ $\text{C}=\text{O}$ ในวงห้าเหลี่ยมแอนไฮไดรด์ เมื่อความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น แถบการดูดกลืนที่ตำแหน่งเลขคลื่น $1776-1779\text{ cm}^{-1}$ จะปรากฏชัดขึ้น

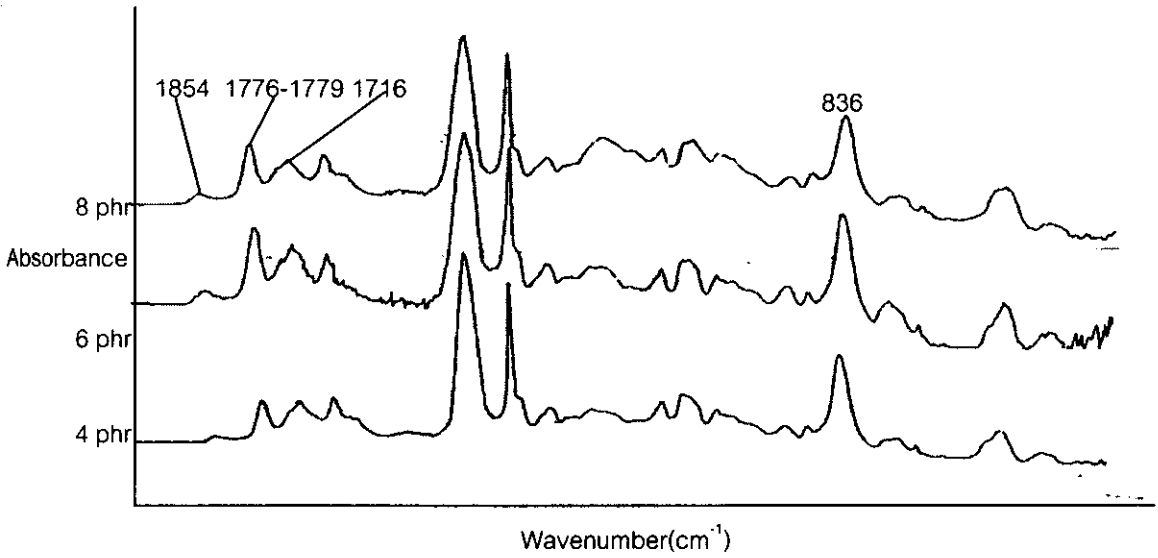


รูปที่ 2.8 : การดูดกลืนอินฟราเรดของยางธรรมชาติมาเลเทศเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr BPO 3 phr ที่เวลา 1.5 ชั่วโมง

จากรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์เพิ่มขึ้นเป็น 4, 6 และ 8 phr แถบการสั่นของ C=O แบบสมมาตร (เข้ม) และไม่สมมาตร (อ่อน) ในวงห้าเหลี่ยมแอนไฮไดรด์ปรากฏที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1776-1779 cm⁻¹ และ 1854 cm⁻¹ ตามลำดับ จะปรากฏชัดเจน

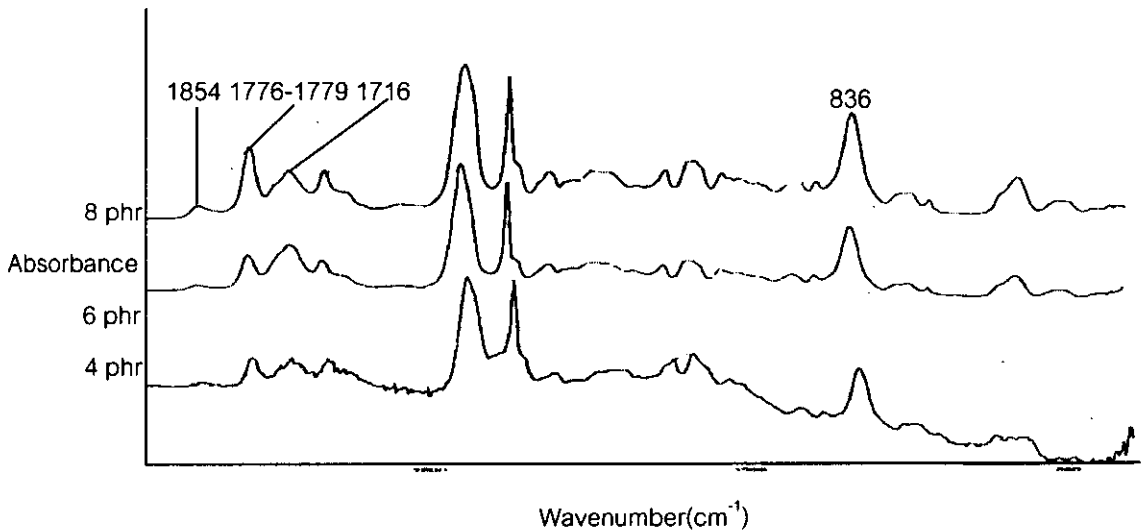


รูปที่ 2.9 : การดูดกลืนอินฟราเรดของยางธรรมชาติมาเลเทศเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr, BPO 3 phr ที่เวลา 2.0 ชั่วโมง



รูปที่ 2.10 : การดูดกลืนอินฟราเรดของยางธรรมชาติมาเลทเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr, BPO 3 phr ที่เวลา 2.5 ชั่วโมง

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์เพิ่มขึ้นเป็น 4, 6 และ 8 phr แถบการสั่นของ C=O แบบสมมาตร (เข้ม) และไม่สมมาตร (อ่อน) ในวงห้าเหลี่ยมแอนไฮไดรด์ปรากฏที่ตำแหน่งเลขคลื่น $1776-1779\text{ cm}^{-1}$ และ 1854 cm^{-1} ตามลำดับ จะปรากฏชัดเจน



รูปที่ 2.11 : การดูดกลืนอินฟราเรดของยางธรรมชาติมาเลทเมื่อมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4.0, 6.0 และ 8 phr, BPO 3 phr ที่เวลา 3.0 ชั่วโมง

นำกราฟโคพอลิเมอร์มาเปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคระหว่างพีค $1854, 1776-1779$ และ 1716 cm^{-1} กับพีค 836 cm^{-1} ($A_{1854} + A_{1776-1779} + A_{1716} / A_{836}$) เพื่อหาปริมาณการกราฟด์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติ แสดงดังตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.12

ตารางที่ 2.3 : อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้พิกัด $A_{1854} + A_{1776-1779} + A_{1716} / A_{836}$ กับการเกิดปฏิกิริยาที่เวลาต่าง ๆ
เมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr

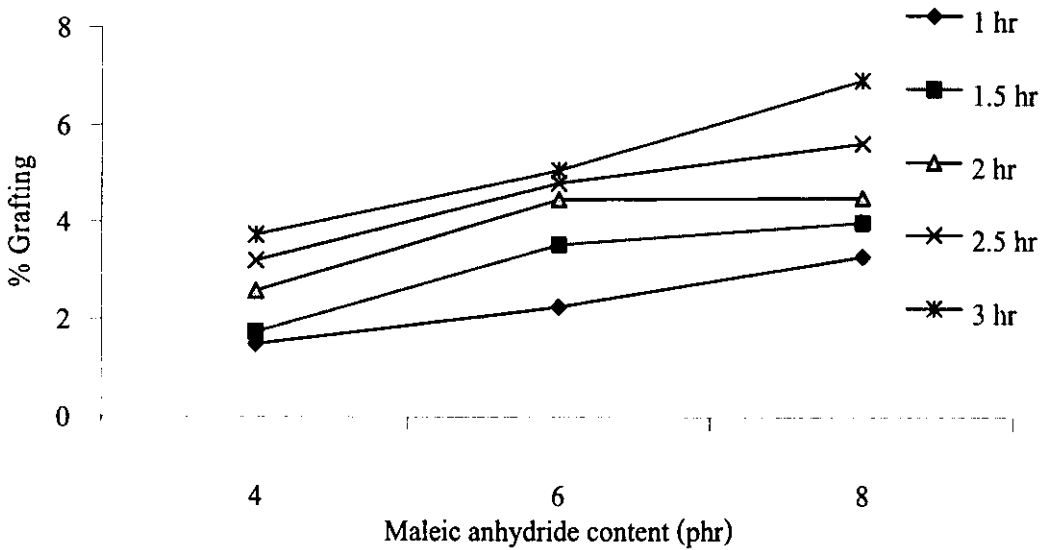
Time (hr)	$A_{1854} + A_{1776-1779} + A_{1716} / A_{836}$		
	MAH 4 phr	MAH 6 phr	MAH 8 phr
1	0.116	0.175	0.255
1.5	0.135	0.274	0.309
2.0	0.200	0.346	0.349
2.5	0.248	0.373	0.436
3.0	0.289	0.393	0.536

หาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์จากสมการที่ 3 ได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 : % Grafting กับการเกิดปฏิกิริยาที่เวลาต่าง ๆ เมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr

Time (hr)	% Grafting		
	MAH 4 phr	MAH 6 phr	MAH 8 phr
1.0	1.50	2.26	3.30
1.5	1.75	3.54	4.00
2.0	2.59	4.48	4.51
2.5	3.21	4.82	5.64
3.0	3.74	5.08	6.93

จากตารางที่ 2.4 สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การกราฟต์กับความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่เวลาต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 : % Grafting ที่เวลาต่าง ๆ ใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr

จากรูปที่ 2.12 % Grafting ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr จะเห็นว่าเมื่อปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์เพิ่มขึ้นค่า % Grafting จะมีค่าสูงขึ้น และมีค่าสูงสุดเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 8 phr ทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง มีค่า % Grafting เท่ากับ 6.93 % ซึ่งอธิบายได้ว่าประสิทธิภาพการกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลของยางธรรมชาติขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ในยางธรรมชาติ เมื่อปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์มากขึ้นการกระจายตัวของมาเลอิกแอนไฮไดรด์เข้าไปในโมเลกุลยางธรรมชาติได้มากขึ้นมาเลอิกแอนไฮไดรด์จึงสามารถทำปฏิกิริยากับ reactive sites บนโมเลกุลยางธรรมชาติสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับงานวิจัยของ Nakason *et al.* (2004) ซึ่งทำการทดลองโดยกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติโดยใช้ BPO 3 phr MAH 1.0-12.0 phr ทำปฏิกิริยาที่ 80 °C 2 ชั่วโมง พบว่า $A_{1776-1779} / A_{836}$ เพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของ MAH เพิ่มขึ้นในช่วง 1.0-10.0 phr เมื่อความเข้มข้น MAH มากกว่า 10 phr $A_{1776-1779} / A_{836}$ จะลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Griyoryeva *et al.* (2000) ซึ่งกราฟต์ MAH บน EPDM ใช้ MAH 0-10 % โดยน้ำหนัก Trigonox 101 0.04% โดยน้ำหนัก เวลาในการทำปฏิกิริยา 15 นาที อุณหภูมิในการผสม 180 °C พบว่าเมื่อปริมาณ MAH เพิ่มขึ้น %การกราฟต์สูงขึ้นด้วย และจากการทดลองของ Saclao และ Phinyocheep (2004) ซึ่งศึกษาอิทธิพลของจำนวนมาเลอิกแอนไฮไดรด์ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ โดยใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 5, 10, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์โดยโมล ยางธรรมชาติที่ใช้มีน้ำหนักโมเลกุล 47000 กรัม/โมล BPO 1 เปอร์เซ็นต์โดยโมล ทำปฏิกิริยาที่ 80 °C พบว่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์โดยโมลและเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 20 – 25 เปอร์เซ็นต์โดยโมล เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

2.3.3 การหาเปอร์เซ็นต์เจล

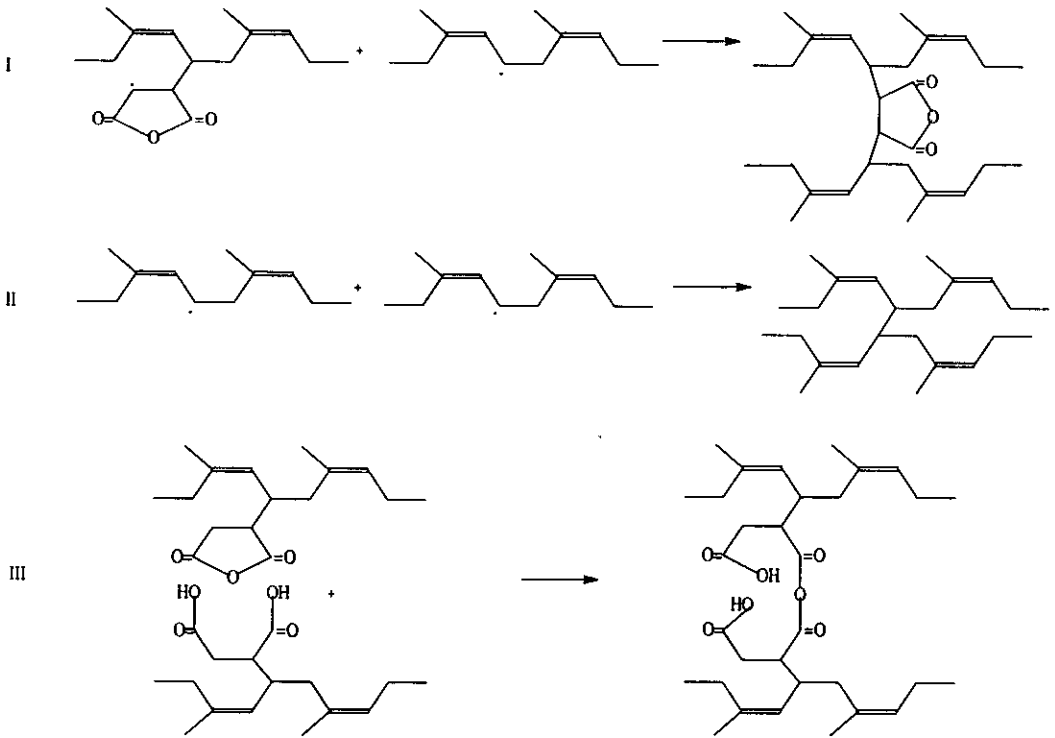
จากการหาเปอร์เซ็นต์เจลโดยนำกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้โดยนำโคพอลิเมอร์ที่ได้รีฟลักซ์ในโทลูอีนที่อุณหภูมิ 110 °C เวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นกรองส่วนที่ไม่ละลายออก อบที่ 40 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เจลกับปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr ที่เวลาต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1.5 จะเห็นว่าเจลเกิดเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์เพิ่มขึ้น และที่ MAH 4 และ 6 phr ไม่มีเจลเกิดขึ้น

ตารางที่ 1.5 : % เจลที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr ที่เวลาต่าง ๆ

Maleic anhydride content (phr)	Reaction time (hr)				
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
4	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0.81	1.62

เนื่องจากปฏิกิริยาการเตรียมยางมาเลอิกเกิดผ่านกลไกแบบอนุมูลอิสระ (รูปที่ 2.13) การเกิดเจลอาจเกิดได้ดังนี้คือ อนุมูลใหญ่ของยางธรรมชาติสามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลใหญ่ของ succinic anhydride ที่เกาะอยู่บนยางธรรมชาติดังรูปที่ 2.13 (I) อนุมูลใหญ่ของยางธรรมชาติทำปฏิกิริยากับอนุมูลใหญ่ของยางธรรมชาติอนุมูลอื่น แสดงดัง รูปที่ 2.13 (II) ขั้นตอนทั้งสองขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุมูลที่เกิดขึ้นและความเข้มข้นของตัวกลางปฏิกิริยา รวมทั้งปฏิกิริยาระหว่างหมู่กรดที่เกิดจากการเปิดวงแหวนแอนไฮไดรด์สามารถทำปฏิกิริยากับส่วนของแอนไฮไดรด์ที่เหลือได้แสดงดังรูปที่ 2.13 (III) จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นสาเหตุของการเกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างโมเลกุลซึ่งทำให้เกิดเจลขึ้น (Saelao and Phinyocheep, 2004)

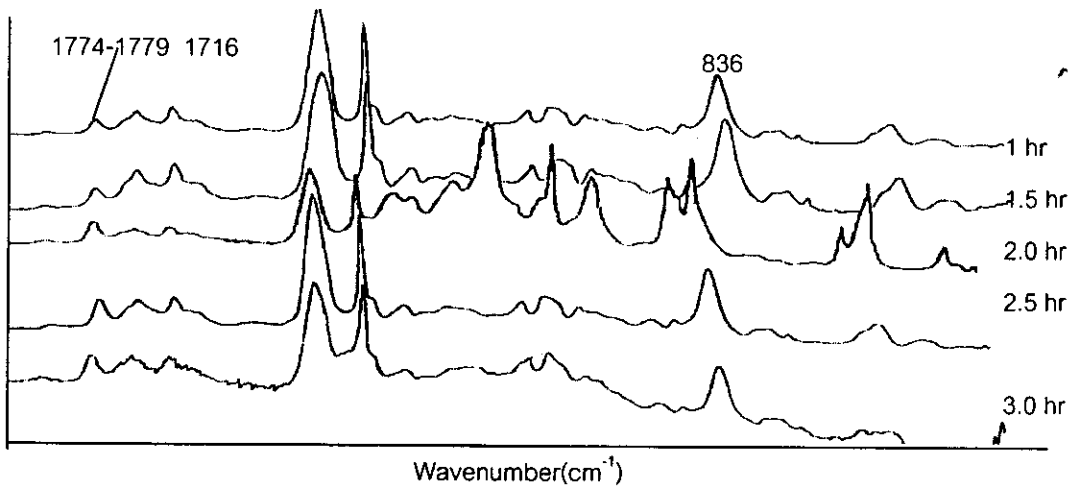


รูปที่ 2.13 : กลไกปฏิกิริยาที่เป็นไปได้ในการเกิดการเชื่อมโยง (การเกิดเจล) ระหว่างอนุพลอิสระ

2.4 ศึกษาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณการกราฟต์

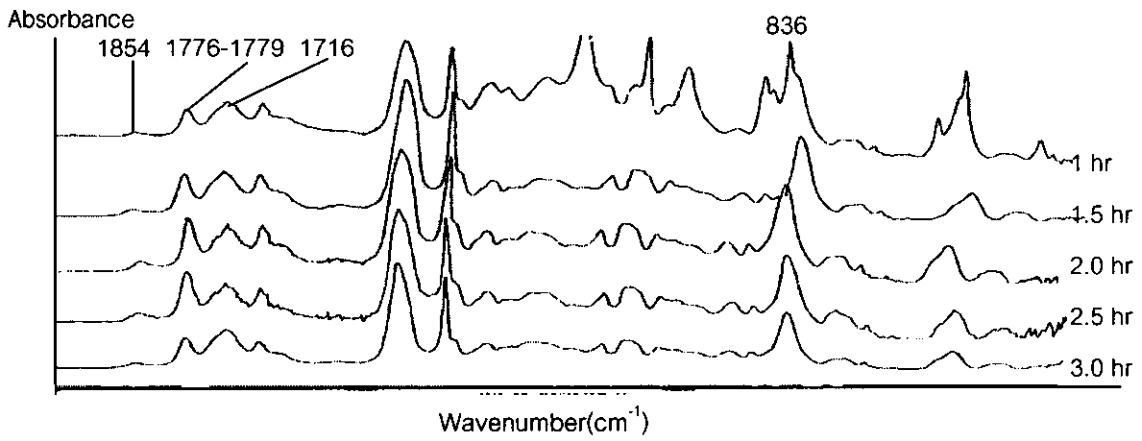
จากการวิเคราะห์ด้วย FTIR แสดงดังรูปที่ 2.14, 2.15 และ 2.16

Absorbance

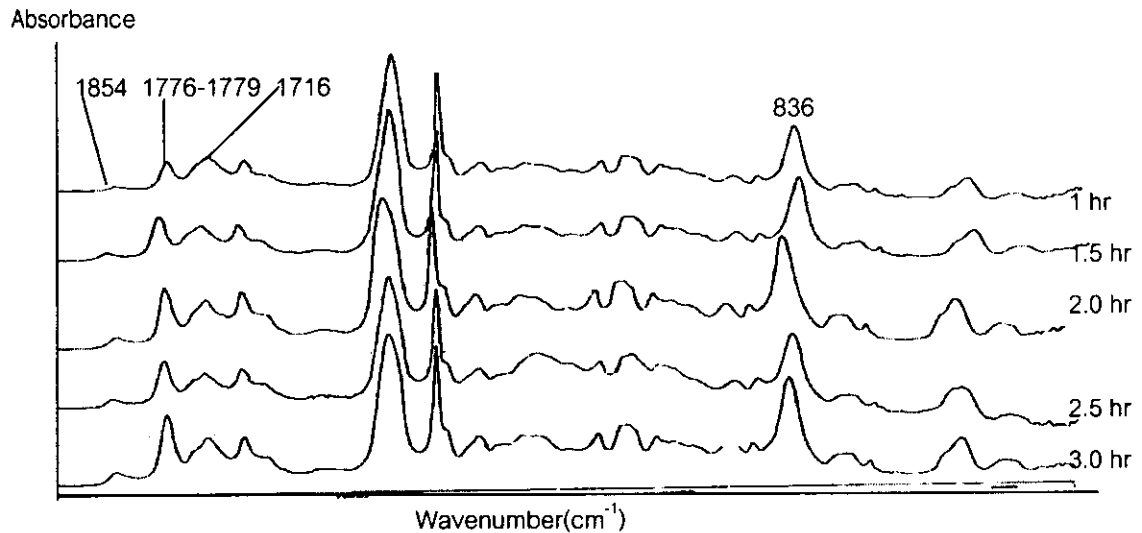


รูปที่ 2.14 : การดูคลื่นอินฟราเรดของธรรมชาติยางมาเลเทอ (Maleated Natural Rubber) ใช้ BPO 3 phr มาเลอิกแอนไฮไดรต์ 4 phr ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ชั่วโมง

รูปที่ 2.14 พบว่าแถบการสั่นของ C=O ในห้าเหลี่ยมแอนไฮไดรด์ปรากฏที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1776-1779-1779 cm^{-1} จะปรากฏชัดขึ้นเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น



รูปที่ 2.15 : การดูดกลืนอินฟราเรดของธรรมชาติยางมาเลอเทอ (Maleated Natural Rubber) ใช้ BPO 3 phr มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 6 phr ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ชั่วโมง



รูปที่ 2.16 : การดูดกลืนอินฟราเรดของธรรมชาติยางมาเลอเทอ (Maleated Natural Rubber) ใช้ BPO 3 phr มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 8 phr ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ชั่วโมง

จากรูปที่ 2.14-2.16 จะเห็นว่าเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้นการดูดกลืนอินฟราเรดของหมู่คาร์บอนิลในแอนไฮไดรด์ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1776-1779 cm^{-1} และเลขคลื่น 1854 cm^{-1} ของ C=O

stretching แบบ symmetric(strong) และ asymmetric(weak) ตามลำดับ จะปรากฏชัดเจนและค่า % grafting มีค่าสูงขึ้น

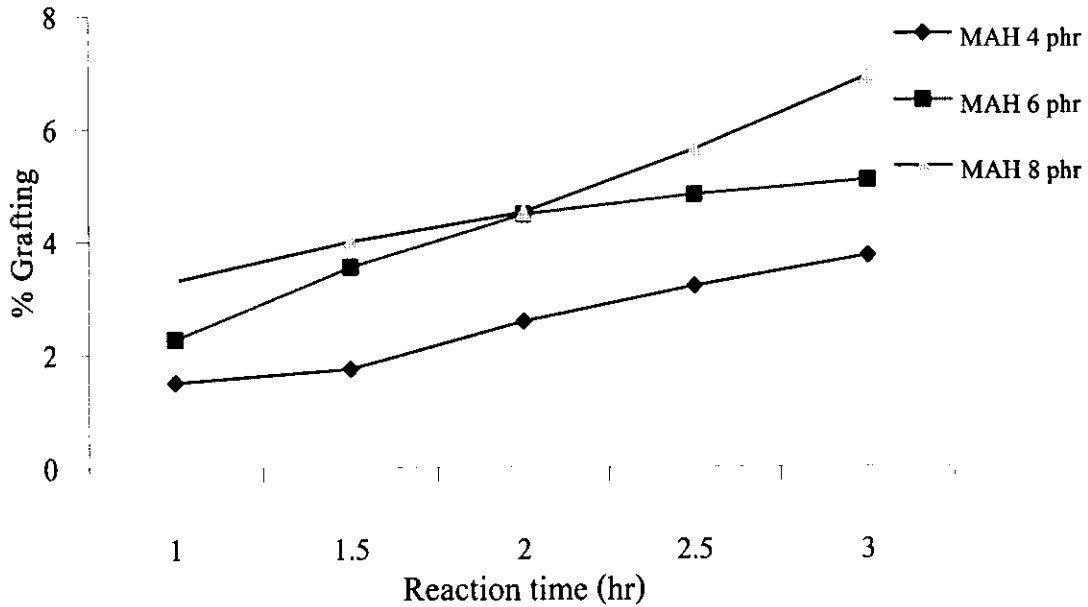
2.4 การศึกษาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณการกราฟต์

ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่ออัตราส่วนพื้นที่ที่ได้พีด $A_{1776-1779} + A_{1854} + A_{1716} / A_{836}$ แสดงดังตารางที่ 2.6 และรูปที่ 2.17 พบว่าเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของมาเลอิกแอนไฮไดรด์สามารถจับกับโมเลกุลของยางธรรมชาติได้มากขึ้น

ตารางที่ 2.6 : ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่ออัตราส่วน $A_{1776-1779} + A_{1854} + A_{1716} / A_{836}$ เมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr

Reaction time (hr)	$A_{1776-1779} + A_{1854} + A_{1716} / A_{836}$		
	MAH 4 phr	MAH 6 phr	MAH 8 phr
1.0	0.116	0.175	0.255
1.5	0.135	0.274	0.309
2.0	0.200	0.346	0.349
2.5	0.248	0.373	0.436
3.0	0.289	0.393	0.536

จากตารางที่ 2.6 สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การกราฟต์กับเวลาในการทำปฏิกิริยาเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr ได้ดังรูปที่ 2.17



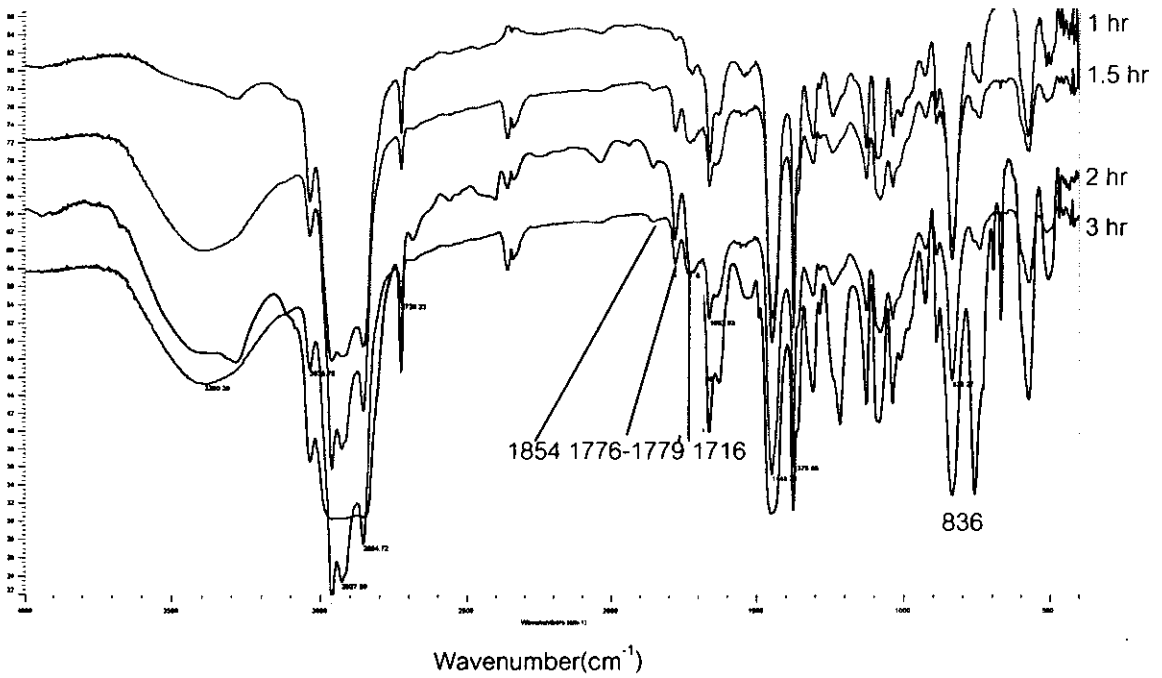
รูปที่ 2.17: เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกราฟต์กับเวลาในการทำปฏิกิริยาเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr

จากรูปที่ 2.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ เมื่อแปรเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ ปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr พบว่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทำ ปฏิกิริยานานขึ้นแนวโน้มนี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกันทั้ง 3 ความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์

2.5 ศึกษาสมบัติการเป็นกาวติดไม้

จากการนำยางธรรมชาติมาเลอเทที่เตรียมจากการใช้ยางธรรมชาติ 5.0 กรัม ในโทลูอิน 100 มิลลิลิตร เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ BPO 3 phr มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 8 phr ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะไนโตรเจนที่ อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1.0, 1.5, 2.0 และ 3.0 ชั่วโมง นำยางธรรมชาติมาเลอเทที่สังเคราะห์ได้วิเคราะห์ ด้วยเครื่อง FTIR แสดงดังรูปที่ 2.18

% Transmittance



รูปที่ 2.18 : อินฟราเรดสเปกตรัมของยางธรรมชาติมาเลเทศที่เวลาในการทำปฏิกิริยาต่าง ๆ

ยางธรรมชาติมาเลเทศที่สังเคราะห์ได้ปรากฏแถบการสั่นของ C=O แบบไม่สมมาตรและสมมาตร ในวงห้ำเหลี่ยมแอนไฮไดรด์ ปรากฏที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1854 (อ่อน) และ 1776-1779 cm⁻¹ (เข้ม) ตามลำดับ และที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1716 cm⁻¹ เป็นแถบการสั่นของหมู่คาร์บอนิลในรูปของกรดคาร์บอกซิลิกและที่ตำแหน่งเลขคลื่น 836 cm⁻¹ เป็นแถบการสั่นของ =CH ใน *cis*-1,4-polyisoprene ทาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติได้จากสมการที่ 3 ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 : เปอร์เซนต์การกราฟต์ของยางธรรมชาติมาเลเทศที่ใช้เตรียมกาว

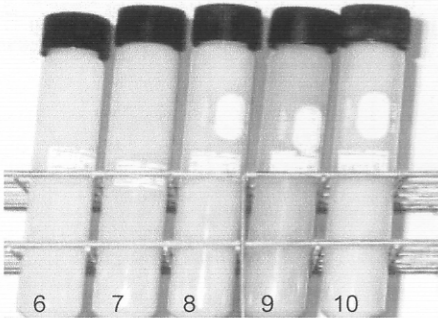
Reaction time (hr)	$(A_{1854} + A_{1781} + A_{1716})/A_{836}$	% Grafting
1.0	0.113	1.46
1.5	0.196	2.54
2.0	0.275	3.56
3.0	0.341	4.41

จากการนำยางธรรมชาติมาเลเทศมาสังเคราะห์กาวโดยใช้ 5.0 กรัม โพลีเอทเธนไฮโอเลต 5 phr ไดฟีนิลเอมีน 1 phr ละลายในโทลูอีน 50 มิลลิลิตร เติม wood rosin เพื่อเพิ่มความเหนียวโดยแปรปริมาณ wood rosin 0, 10, 20, 30, และ 40 phr ลักษณะของกาวที่สังเคราะห์ได้แสดงดังรูปที่ 2.19, 2.20, 2.21 และ 2.22



1 2 3 4 5

รูปที่ 2.19 : ลักษณะของกาวที่สังเคราะห์จากยาง
ธรรมชาติมาเลเทศ (1.46% grafting) 1) 0 %
wood rosin 2) 10 % wood rosin 3) 20 %
wood rosin 4) 30 % wood rosin 5) 40 %
wood rosin



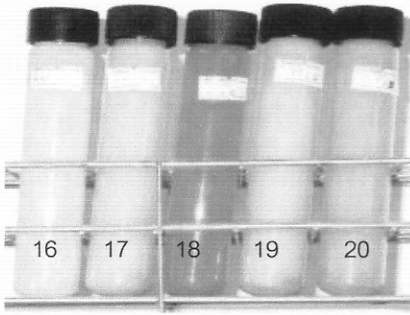
6 7 8 9 10

รูปที่ 2.20 : ลักษณะของกาวที่สังเคราะห์จากยาง
ธรรมชาติมาเลเทศ (2.54% grafting) 6) 0 %
wood rosin 7) 10 % wood rosin 8) 20 % wood
rosin 9) 30 % wood rosin 10) 40 % wood rosin



11 12 13 14 15

รูปที่ 2.21 : ลักษณะของกาวที่สังเคราะห์จากยาง
ธรรมชาติมาเลเทศ (3.56 % grafting) 11) 0 %
wood rosin 12) 10 % wood rosin 13) 20 %
wood rosin 14) 30 % wood rosin 15) 40 %
wood rosin



รูปที่ 4.22 : ลักษณะของกาวที่สังเคราะห์จากยาง
ธรรมชาติมาเลท (4.41 % grafting) 16) 0 % wood
rosin 17) 10 % wood rosin 18) 20 % wood rosin
19) 30 % wood rosin 20) 40 % wood rosin

2.5.1 ศึกษาผลของ wood rosin ต่อสมบัติของกาว

2.5.1.1 ค่า pH ต่ออายุการเก็บกาว

ตารางที่ 2.8 : ค่า pH ต่ออายุการเก็บกาวสูตรต่าง ๆ

Formulation Codes	Storage duration (days)				
	1	7	14	21	28
1	6.87	7.87	6.83	6.94	7.04
2	6.91	6.56	6.74	7.08	7.74
3	6.46	6.86	6.71	6.81	6.53
4	6.02	6.56	6.61	6.53	7.84
5	6.18	6.56	6.18	6.74	6.37
6	7.87	6.71	7.03	7.56	6.41
7	7.43	7.06	7.37	7.84	7.93
8	6.20	6.80	6.18	6.53	7.57
9	6.74	6.31	6.47	7.38	8.03
10	6.11	6.66	6.83	6.47	7.54
11	6.84	6.51	6.67	7.05	7.01
12	7.24	7.04	7.23	7.57	6.47
13	6.48	7.05	6.81	6.37	6.51
14	6.34	7.38	6.37	7.84	7.97
15	6.44	6.50	6.55	7.01	8.37
16	8.11	7.45	7.38	7.29	6.04
17	7.01	6.48	6.56	6.87	6.53
18	7.27	6.29	6.71	6.38	6.84
19	6.82	7.11	6.98	6.42	6.87
20	6.28	7.44	6.37	6.47	7.83

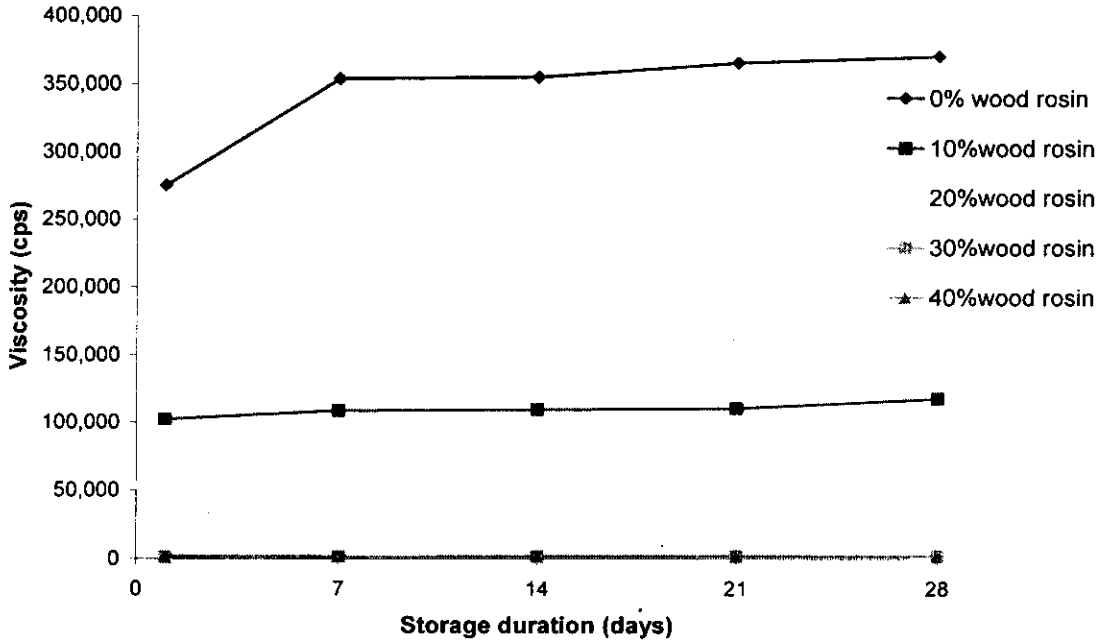
จากตารางที่ 2.8 จะเห็นว่าเมื่อแปรปริมาณ wood rosin ค่า pH ของกาวไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ค่า pH ของกาวมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 6.02–8.37 และเมื่อเวลาผ่านไปค่า pH ของกาวก็มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการเปลี่ยนแปลง pH ของกาวไม่ขึ้นกับปริมาณ wood rosin และอายุการเก็บของกาวที่เป็นเช่นนี้อาจมีผลมาจากการที่ wood rosin จัดเป็น Aliphatic hydrocarbon resin ซึ่งมีความเข้ากันได้ดีกับยางธรรมชาติและ wood rosin มีสภาพเป็นกรดเช่นเดียวกับยางธรรมชาติมาเลเอททำให้ pH ของกาวไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

2.5.1.2 ค่าความหนืดต่ออายุการเก็บกาว

ตารางที่ 2.9 : ค่าความหนืด (viscosity, cPs) ต่ออายุการเก็บกาวสูตรต่าง ๆ

Formulation Codes	Storage duration (days)				
	1	7	14	21	28
1	275,300	354,100	355,600	366,000	371,000
2	102,400	108,800	109,700	110,600	117,800
3	2,800	4,200	4,700	5,100	5,680
4	1,700	1,800	2,100	2,280	2,310
5	1,400	1,660	1,700	1,900	2,090
6	139,500	159,400	167,000	170,800	173,400
7	49,700	56,800	59,800	60,400	62,400
8	19,700	22,200	23,600	24,700	25,000
9	80	150	170	180	200
10	60	120	150	160	190
11	1,470	1,800	2,600	2,970	3,140
12	110	170	200	240	250
13	100	110	140	160	230
14	90	130	160	190	230
15	70	110	130	150	200
16	1,200	1,230	1,600	1,800	2,300
17	1,120	1,150	1,200	1,250	1,580
18	310	360	410	430	470
19	100	120	130	150	180
20	80	100	110	130	150

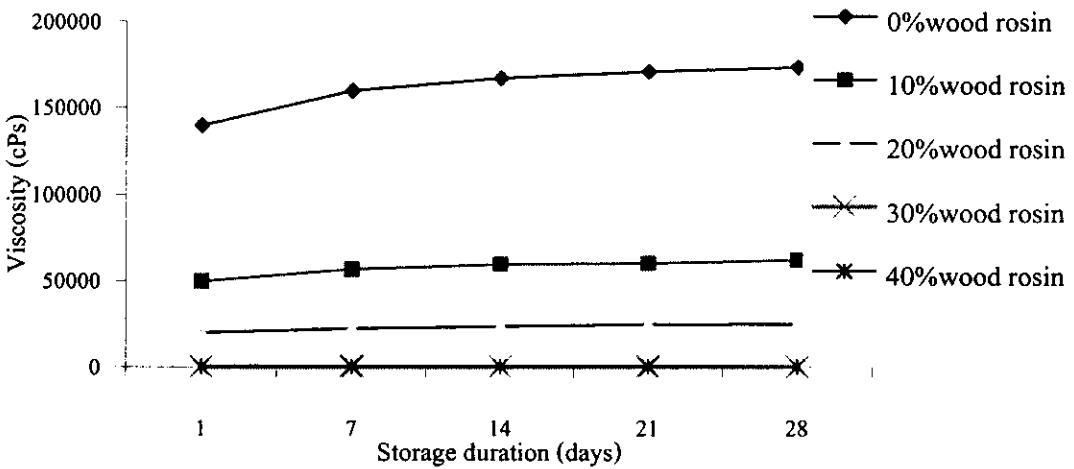
จากตารางที่ 2.9 สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของกาวกับอายุการเก็บกาวสูตรต่าง ๆ แปรปริมาณ wood rosin แสดงดังรูปที่ 2.23 -2.24



รูปที่ 2.23 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR

1.46 % การกราฟต์)

จากรูปที่ 2.23 พบว่าความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บกาวนานขึ้น และกาวสูตรที่ไม่เติม wood rosin ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บกาวได้ 1 อาทิตย์ ส่วนสูตรกาวที่เติม wood rosin ความหนืดของกาวค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแม้จะเก็บกาวเป็นเวลา 4 อาทิตย์แล้ว

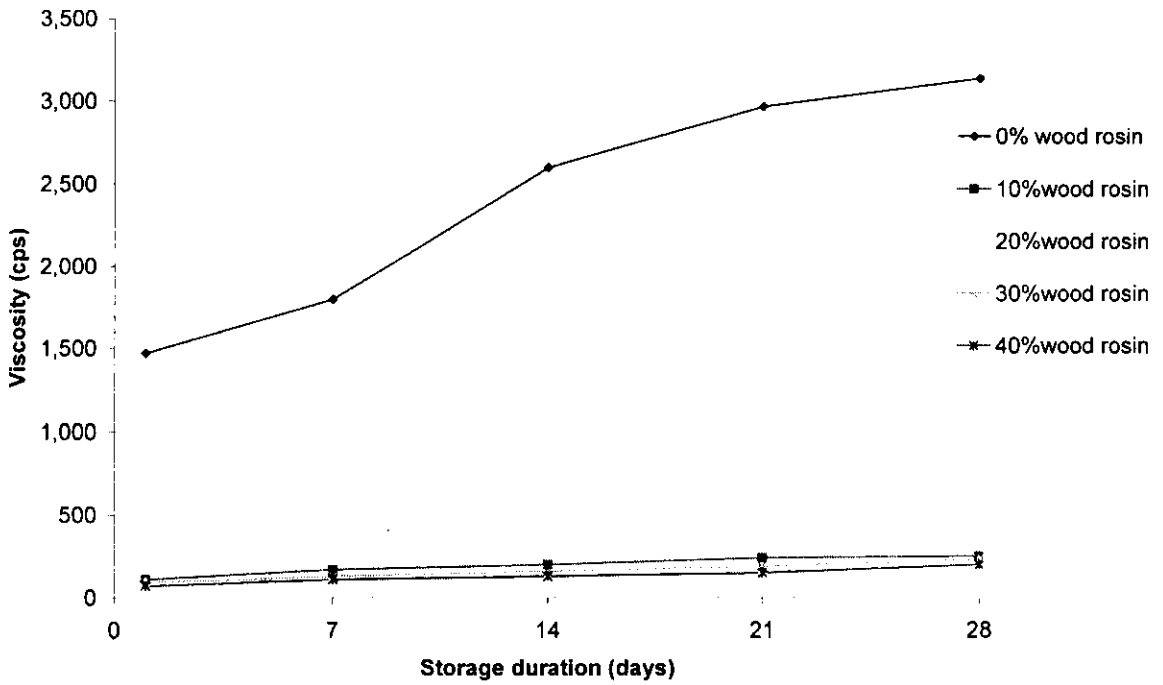


รูปที่ 2.24 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR

2.54 % การกราฟต์)

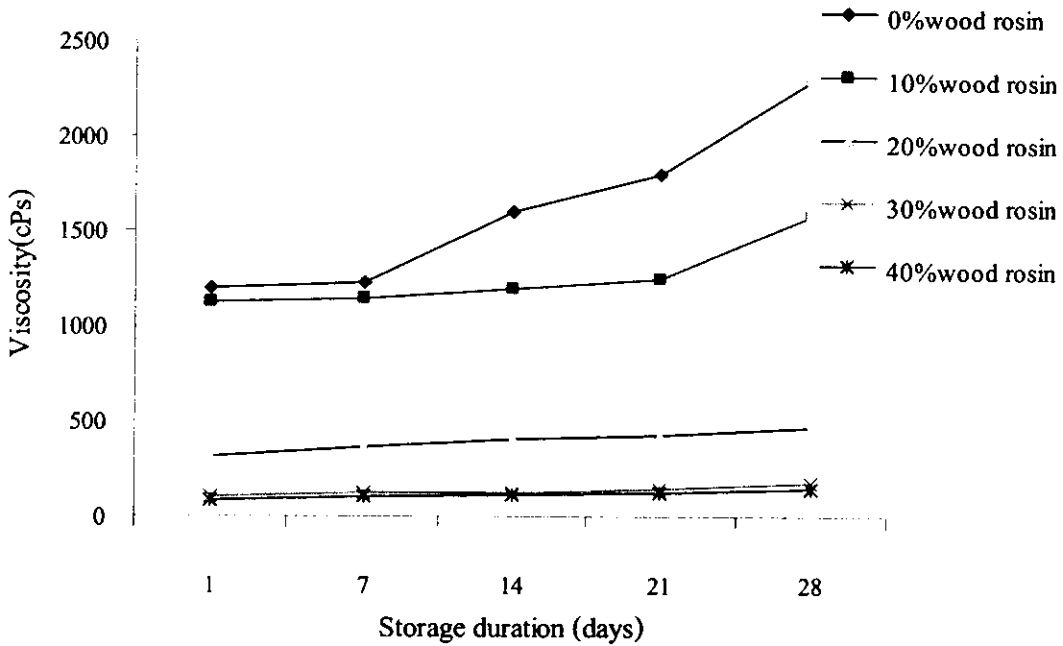
จากรูปที่ 2.24 พบว่าความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บกาวนานขึ้น กาวสูตรที่ไม่เติม wood rosin ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บกาว 1 อาทิตย์ ส่วนกาวสูตรที่เติม wood rosin 10, 20, 30

และ 40 phr เมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นความหนืดไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แม้จะเก็บกาว 4 อาทิตย์ และ กาวที่เติม wood rosin มากขึ้นความหนืดของกาวจะลดลง



รูปที่ 2.25 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 3.56 % การกราฟต์)

จากรูปที่ 2.25 พบว่าความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บนานขึ้น กาวสูตรที่ไม่เติม wood rosin ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บกาว 1 อาทิตย์และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนกาวสูตรที่เติม wood rosin 10, 20, 30 และ 40 phr เมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นความหนืดไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แม้จะเก็บกาว 4 อาทิตย์ และกาวที่เติม wood rosin มากขึ้นความหนืดของกาว จะลดลง



รูปที่ 2.26 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 4.41% การกราฟต์)

จากรูปที่ 2.26 พบว่ากาวทุกสูตรเมื่อเก็บไว้นานค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่จะเห็นว่ากาวในสูตรที่ไม่ใส่ wood rosin เป็น tackifier นั้นค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนกาวที่ใส่ wood rosin ความหนืดจะค่อนข้างคงที่

2.5.1.3 Shear strength และ Cleavage peel strength ต่ออายุการเก็บ

จากการทดสอบสมบัติของกาวด้าน Shear Strength ด้วยเครื่อง tensometer ค่าที่ได้แสดงดังตารางที่

ตารางที่ 2.10 : ค่า Shear strength (lb/in²) ของกาวสูตรต่าง ๆ ในช่วงการเก็บ 35 วัน

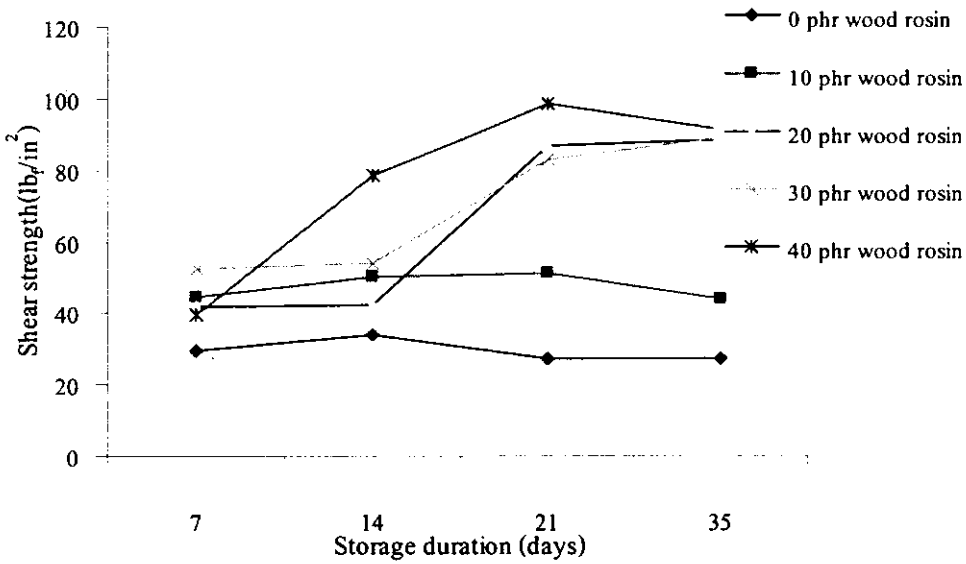
Formulation Codes	Storage duration (days)			
	7	14	21	35
1	29.70 ± 2.51	33.86 ± 4.90	48.91 ± 3.00	27.48 ± 13.55
2	44.78 ± 7.18	50.18 ± 5.58	51.10 ± 5.96	44.28 ± 11.94
3	41.69 ± 6.67	42.66 ± 2.14	87.05 ± 12.34	88.79 ± 16.44
4	52.68 ± 6.21	53.92 ± 7.54	82.98 ± 7.26	89.33 ± 16.18
5	39.42 ± 7.07	78.91 ± 13.63	98.54 ± 12.24	91.41 ± 6.65
6	9.59 ± 0.92	34.58 ± 4.03	53.95 ± 5.22	28.27 ± 6.43
7	84.25 ± 18.88	97.32 ± 10.18	107.55 ± 10.37	83.82 ± 4.88
8	89.48 ± 9.53	93.73 ± 17.85	98.04 ± 19.27	95.20 ± 16.22
9	7.18 ± 3.43	13.93 ± 4.98	20.37 ± 3.71	20.48 ± 2.10
10	9.72 ± 2.13	11.11 ± 3.12	11.66 ± 1.91	26.87 ± 5.97
11	0.85 ± 0.45	5.78 ± 1.68	11.55 ± 1.47	11.49 ± 0.84
12	5.69 ± 1.12	5.71 ± 1.23	5.71 ± 0.78	10.78 ± 2.80
13	0.77 ± 0.39	5.67 ± 0.50	5.67 ± 1.44	14.14 ± 2.28
14	0.44 ± 0.13	5.63 ± 0.71	5.9 ± 0.97	15.52 ± 1.23
15	5.67 ± 0.94	17.08 ± 3.08	37.09 ± 10.46	18.97 ± 6.51
16	5.67 ± 1.46	11.55 ± 1.63	19.25 ± 2.69	4.55 ± 1.18
17	0.6 ± 0.10	2.90 ± 0.52	5.69 ± 0.87	17.43 ± 1.89
18	0.61 ± 0.21	1.26 ± 0.15	9.38 ± 2.09	88.79 ± 19.13
19	0.65 ± 0.19	4.16 ± 0.23	5.86 ± 1.47	32.65 ± 2.05
20	1.40 ± 0.66	5.67 ± 0.75	6.40 ± 1.90	29.56 ± 3.56

ส่วนการทดสอบสมบัติของกาวด้าน Cleavage peel strength ด้วยเครื่อง tensometer ค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 2.11

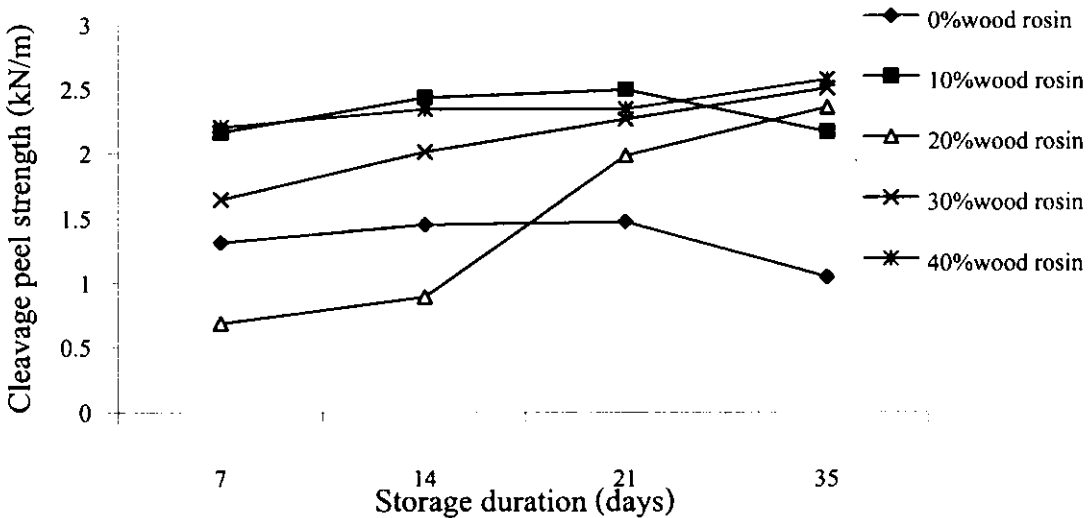
ตารางที่ 2.11 : ค่า Cleavage peel strength (kN/m) ของกาวสูตรต่าง ๆ ในช่วงเวลาการเก็บ 35 วัน

Formulation Codes	Storage duration (days)			
	7	14	21	35
1	1.31 ± 0.67	1.45 ± 0.25	1.47 ± 0.23	1.04 ± 0.15
2	2.16 ± 0.31	2.43 ± 0.40	2.49 ± 0.12	2.16 ± 0.29
3	0.68 ± 0.26	0.89 ± 0.17	1.98 ± 0.33	2.35 ± 0.30
4	1.64 ± 0.37	2.01 ± 0.24	2.26 ± 0.26	2.50 ± 0.08
5	2.20 ± 0.19	2.34 ± 0.14	2.34 ± 0.17	2.57 ± 0.25
6	0.88 ± 0.35	0.91 ± 0.11	1.21 ± 0.14	1.37 ± 0.28
7	2.44 ± 0.40	2.48 ± 0.55	2.69 ± 0.18	2.75 ± 0.88
8	2.26 ± 0.50	2.46 ± 0.37	2.83 ± 0.19	1.80 ± 0.36
9	0.08 ± 0.05	0.32 ± 0.18	1.15 ± 0.19	0.97 ± 0.25
10	0.05 ± 0.05	0.33 ± 0.05	0.72 ± 0.19	0.92 ± 0.33
11	0.68 ± 0.21	0.79 ± 0.11	0.93 ± 0.37	1.17 ± 0.70
12	0.43 ± 0.21	0.76 ± 0.16	1.01 ± 0.46	1.14 ± 0.22
13	0.84 ± 0.22	0.94 ± 0.20	0.97 ± 0.16	1.08 ± 0.09
14	0.53 ± 0.14	0.97 ± 0.22	1.05 ± 0.25	1.34 ± 0.26
15	0.65 ± 0.13	1.06 ± 0.21	1.46 ± 0.86	1.46 ± 0.33
16	0.11 ± 0.03	0.27 ± 0.06	0.71 ± 0.15	0.86 ± 0.16
17	0.47 ± 0.06	0.58 ± 0.09	0.62 ± 0.14	1.46 ± 0.33
18	0.23 ± 0.03	0.49 ± 0.020	0.75 ± 0.25	1.29 ± 0.22
19	0.31 ± 0.13	0.45 ± 0.08	1.20 ± 0.28	1.47 ± 0.19
20	0.14 ± 0.05	0.74 ± 0.21	1.26 ± 0.18	1.63 ± 0.20

จากตารางที่ 2.10 และ 2.11 สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวกับอายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณ wood rosin ได้แสดงดังรูปที่ 2.27-2.34



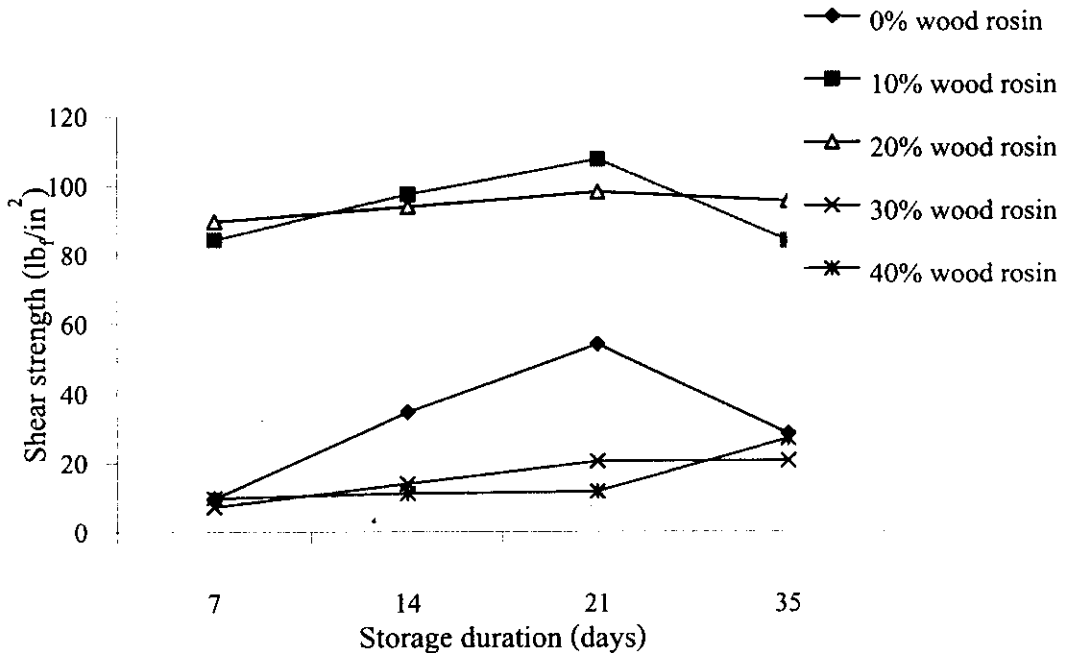
รูปที่ 2.27 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 1.46 % การกราฟต์)



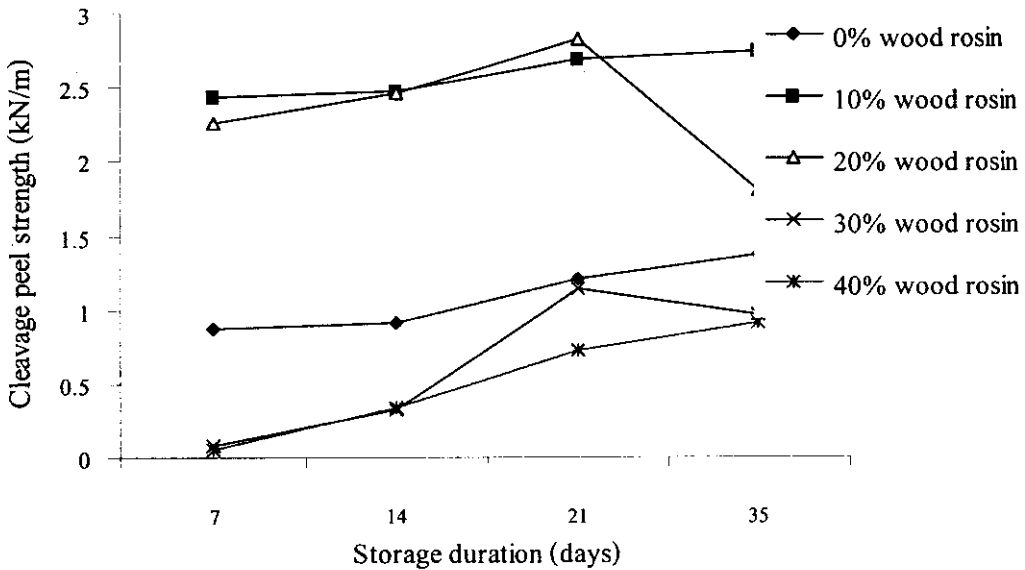
รูปที่ 2.28 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 1.46 % การกราฟต์)

จากรูปที่ 2.27 และ 2.28 ค่า Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวที่เตรียมโดยใช้ยางธรรมชาติมาเลอเทอ 1.46 % การกราฟต์พบว่าค่า Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ wood rosin เพิ่มขึ้นในช่วง 10-40 phr ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้ wood rosin เป็น tackifier ทำหน้าที่เพิ่มความเหนียวของแผ่นฟิล์มกาว นอกจากนี้อายุการเก็บยังมีผลต่อสมบัติของกาวด้าน Shear strength และ Cleavage peel strength ด้วยพบว่าเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นค่า Shear strength และ

Cleavage peel strength จะมีค่าสูงขึ้นและพบว่าค่า Shear strength และ Cleavage peel strength เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บกวาดได้ภายใน 5 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากเมื่ออายุการเก็บกวาดนานขึ้นค่าความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมทำให้แรงยึดติดของกาวสูงขึ้น ส่วนกาวที่ไม่เติม wood rosin ค่า Shear strength ของกาวลดลงเมื่อเก็บกวาดนานกว่า 3 สัปดาห์ และจากมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์กาวยาง มอก. 521-2527 (ตารางที่ 2.1) ค่า Shear strength ของกาวคือ 31.9 lb/in² พบว่ากาวที่ไม่เติม wood rosin ค่าที่ได้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเก็บกวาดได้ 1 สัปดาห์

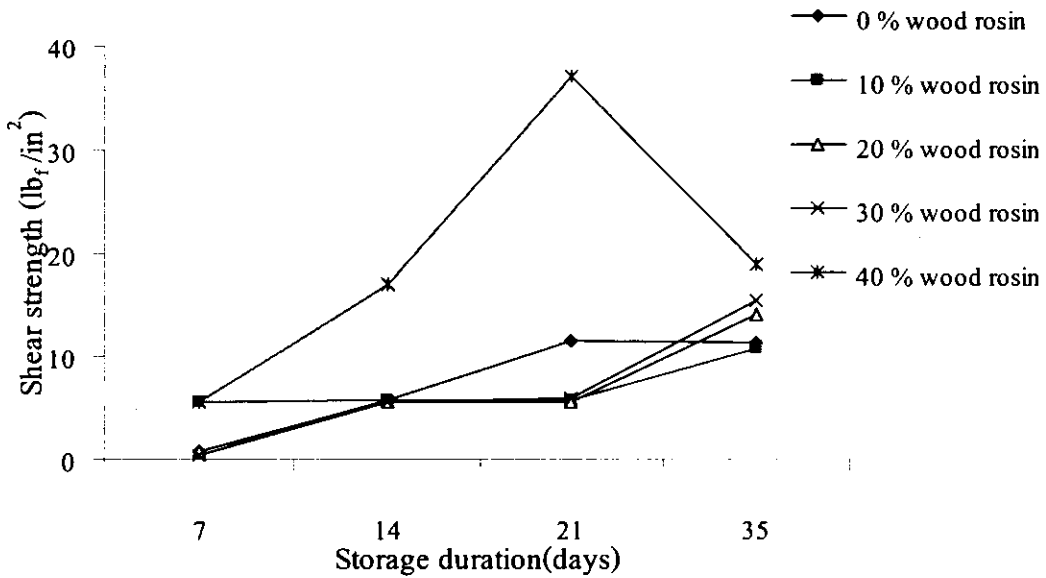


รูปที่ 4.29 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 2.54 % การกราฟต์)

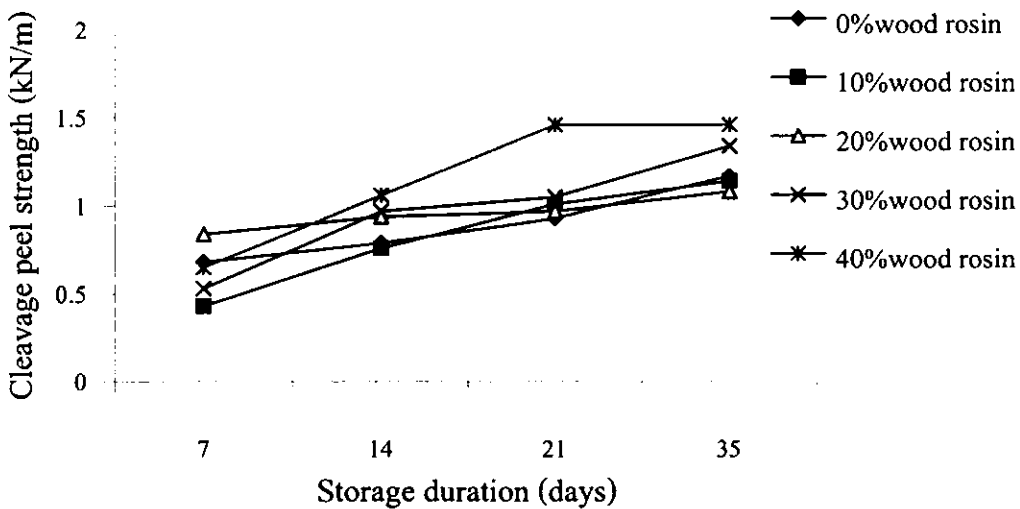


รูปที่ 2.30 : Cleavage peel strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 2.54 % การกราฟต์)

จากรูปที่ 2.29 และ 2.30 พบว่าค่า Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ wood rosin เพิ่มขึ้น ไม่เกิน 20 phr แต่เมื่อเพิ่มปริมาณ wood rosin เป็น 30 และ 40 phr ค่า Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวจะลดลง ซึ่งแสดงว่า wood rosin จะทำให้กาวมีสมบัติด้าน Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวสูงขึ้นจนถึงจุด ๆ หนึ่ง แล้วสมบัติดังกล่าวจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อปริมาณ wood rosin เพิ่มขึ้น และพบว่าเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นถึง 5 สัปดาห์ ค่า Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวจะสูงขึ้นส่วนกาวที่ไม่เติม wood rosin ค่า Shear strength ของกาวลดลงเมื่อเก็บกาวนานกว่า 3 สัปดาห์ และจากมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์กาวยาง มอก. 521-2527 (จากตารางที่ 2.1) ค่า Shear strength ของกาวคือ 31.9 lb/in^2 Cleavage peel strength คือ 2.0 kN/m พบว่ากาวที่เติม wood rosin 10 และ 20 phr ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเก็บกาวได้ 1 สัปดาห์

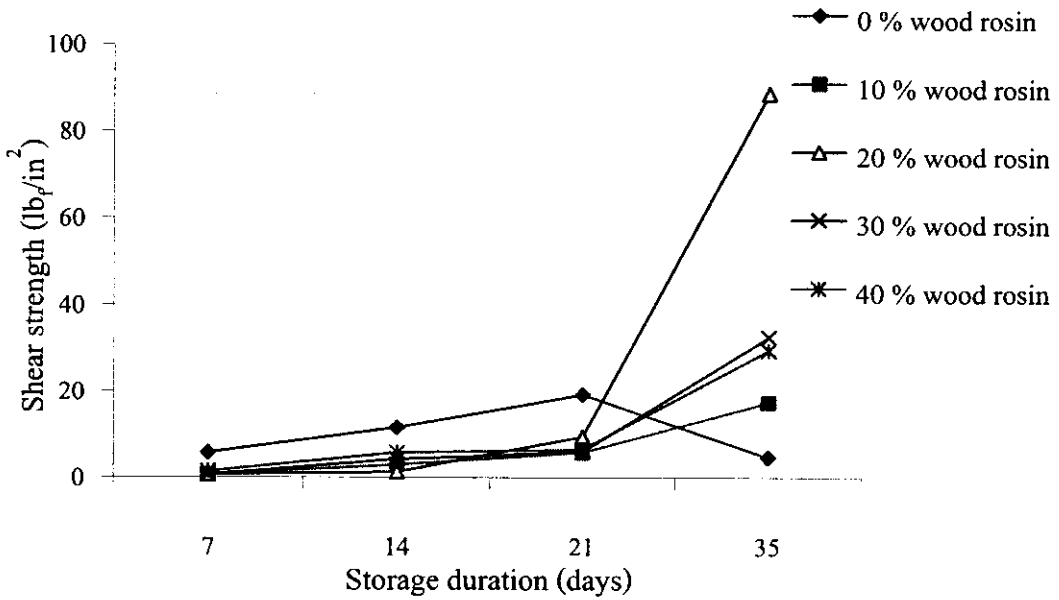


รูปที่ 2.31 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 3.56 % การกราฟต์)

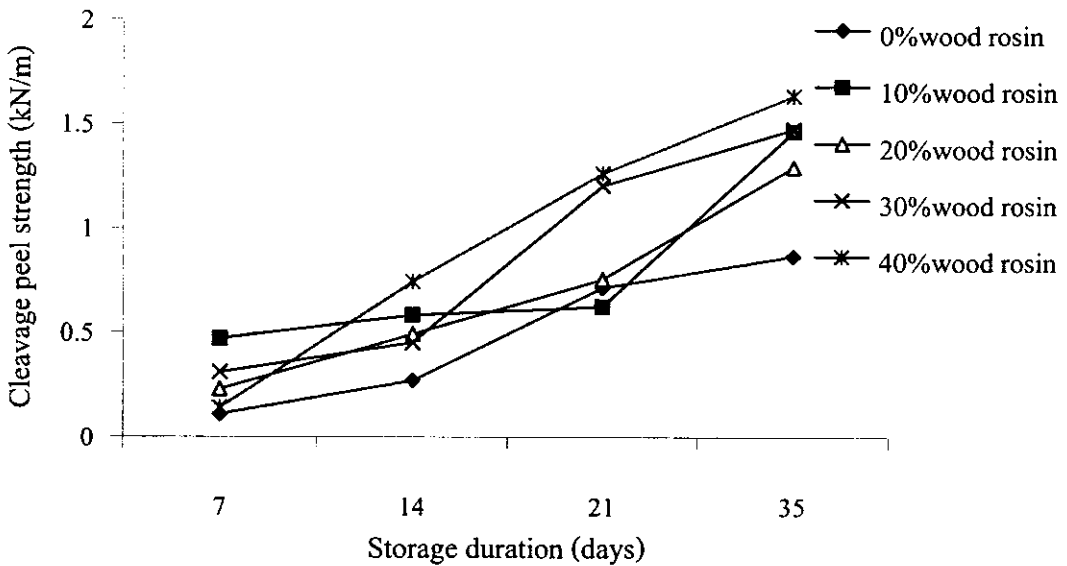


รูปที่ 2.32 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ NR-g-MAH 3.56 % การกราฟต์)

จากรูปที่ 2.31 และ 2.32 พบว่าค่า Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ wood rosin เพิ่มขึ้น และเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นค่า Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นแต่กาวสูตรที่ไม่ใส่ wood rosin เมื่อเก็บกาวนานกว่า 3 สัปดาห์ ค่า Shear strength ของกาวลดลง อาจเป็นผลมาจากกาวที่ไม่เติม wood rosin ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้การกระจายตัวของกาวขณะทา กาวไม่ดีส่งผลให้แรงยึดติดของกาวลดลง



รูปที่ 2.33 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 4.41 % การกราฟต์)



รูปที่ 2.34 : Cleavage peel strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 4.41 % การกราฟต์)

จากรูปที่ 2.33 และ 2.34 พบว่าค่า Shear strength ของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ wood rosin เพิ่มขึ้น และเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นค่า Shear strength ของกาวเพิ่มขึ้นแต่กาวสูตรที่ไม่ใส่ wood rosin เมื่อเก็บกาวนานกว่า 3 สัปดาห์ ค่า Shear strength ของกาวลดลง อาจเป็นผลมาจากกาวที่ไม่เติม wood rosin ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้การกระจายตัวของกาวขณะทา กาวไม่ดีส่งผลให้แรงยึดติดของกาวลดลง

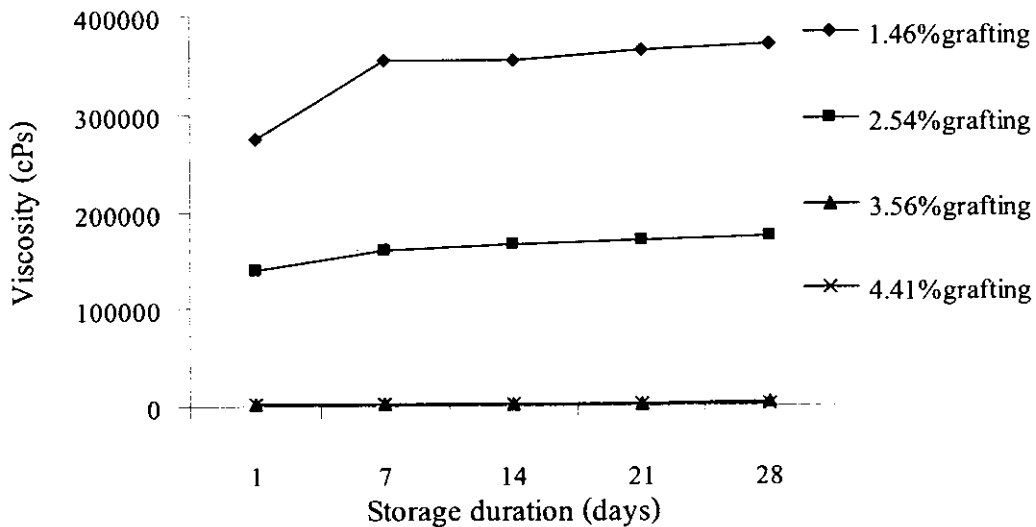
2.5.1.3 สมบัติในการทนทานต่อน้ำของกาว

จากการทดสอบการทนทานต่อน้ำของกาวโดยทาภาวนบนชิ้นไม้ที่เตรียมไว้ รอให้กาวเซตตัว 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่น้ำให้ท่วมชิ้นไม้ รอจนกระทั่งไม้หลุดออกจากกันเองผลที่ได้แสดงดัง พบว่า กาวที่เตรียมได้ทุกสูตรสามารถทนทานต่อน้ำได้มากกว่า 30 วัน ซึ่งอธิบายได้ว่ากาวที่เตรียมได้มีการเกิดพันธะเชื่อมโยงที่แข็งแรงขึ้นภายในเนื้อกาวทำให้กาวสามารถทนทานต่อน้ำสูง

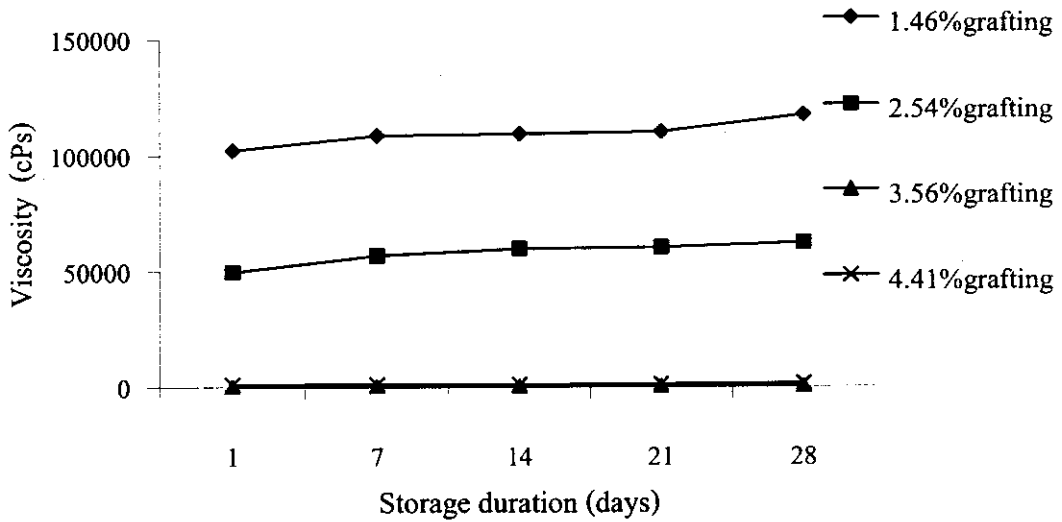
2.5.2 ศึกษาผลของปริมาณการกราฟต์ต่อสมบัติของกาว

2.5.2.1 ความหนืดต่ออายุการเก็บกาว

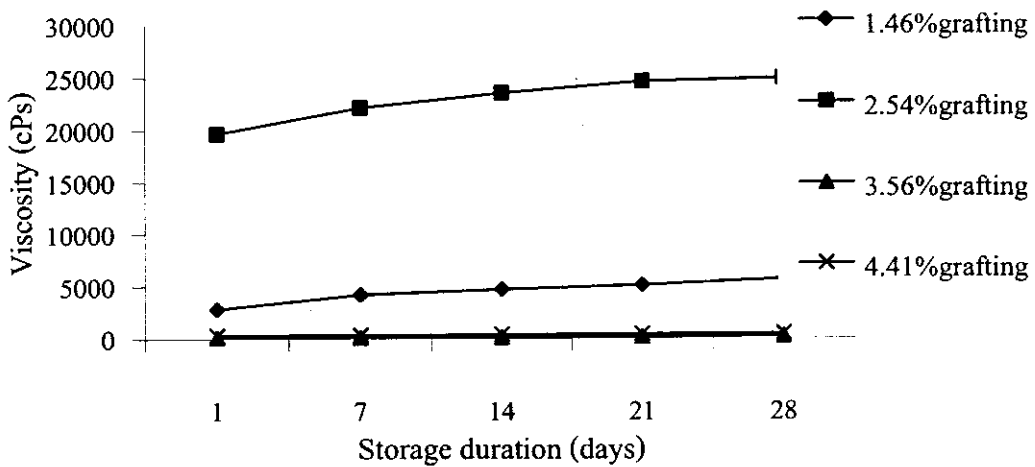
จากตารางที่ 2.9 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ได้ดังรูป 2.35- 2.39



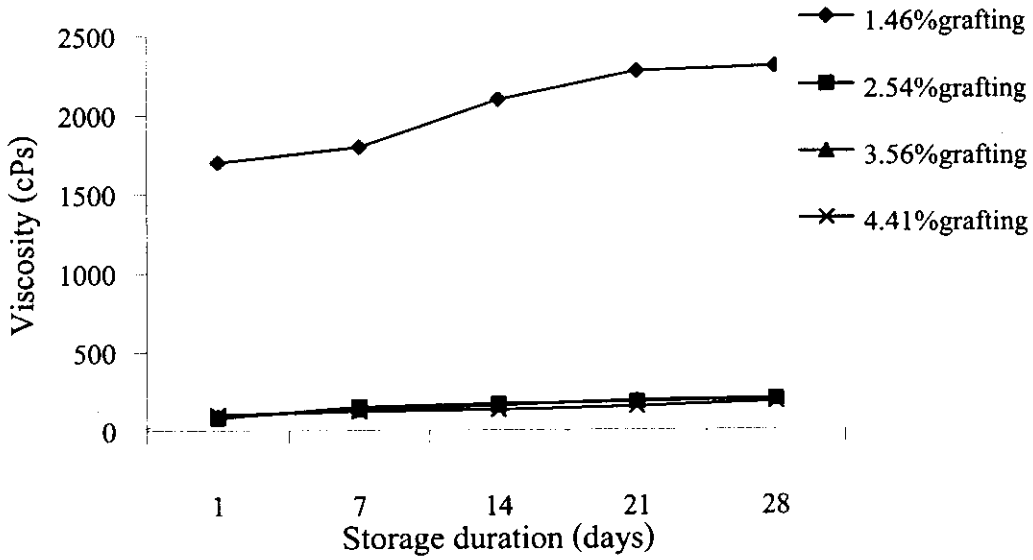
รูปที่ 2.35 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ ใช้ wood rosin 0 phr



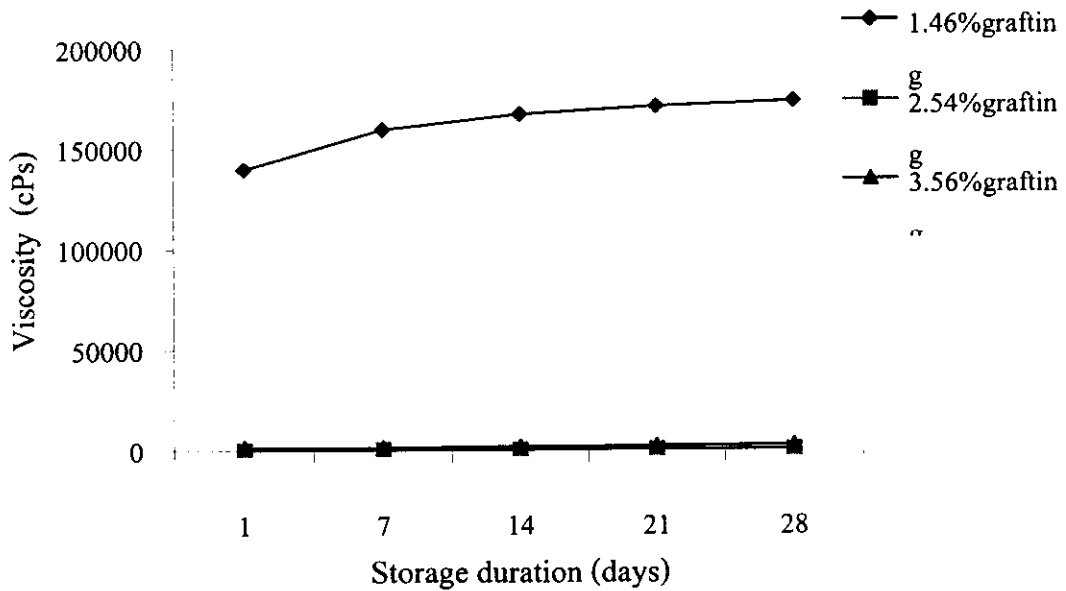
รูปที่ 2.36 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ใช้ wood rosin 10 phr



รูปที่ 2.37 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ใช้ wood rosin 20 phr



รูปที่ 2.38 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ใช้ wood rosin 30 phr

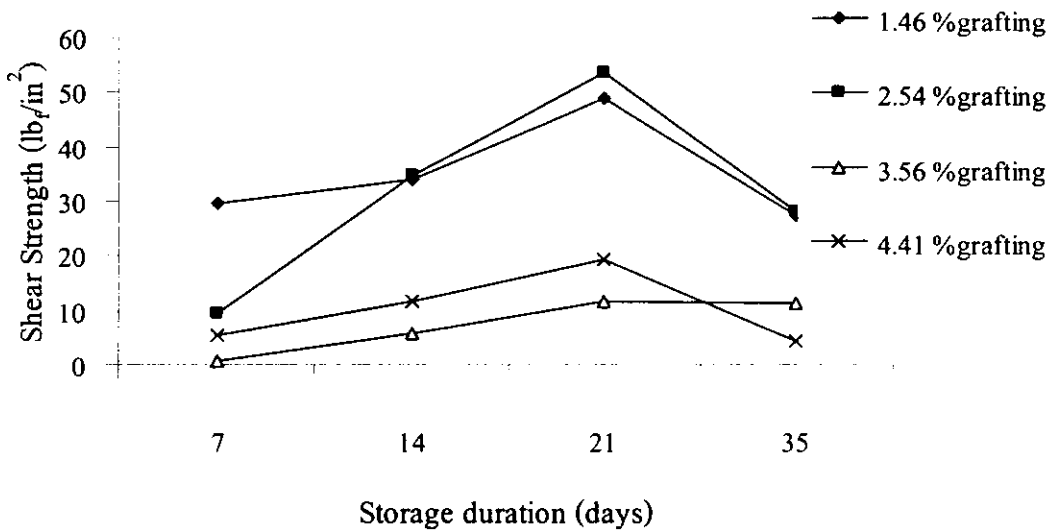


รูปที่ 2.39 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ใช้ wood rosin 40 phr

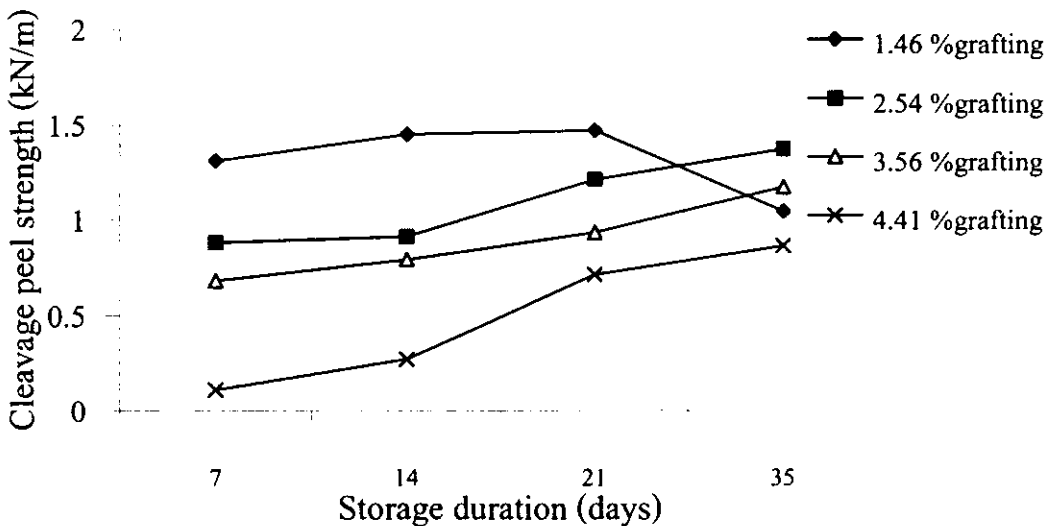
จากรูปที่ 2.35–2.39 จะเห็นว่าเมื่อปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นความหนืดของกาวจะมีค่าลดลง กาวที่เติม wood rosin 10, 20, 30, 40 phr และไม่เติม wood rosin ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขางมาเลอเตที่มีปริมาณการกราฟต์สูงความเกาะของหมู่ succinic anhydride ในโมเลกุลขางมาเลอเตทำให้โมเลกุลของขางเกาะกันอย่างหลวม ๆ ดังนั้นเมื่อปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นความหนืดของกาวจึงลดลง

2.5.2.2 Shear strength และ Cleavage peel strength ต่ออายุการเก็บ

จากตารางที่ 2.10 และ 2.11 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Shear Strength และ Cleavage peel strength ต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ได้ดังรูป 2.40–2.49

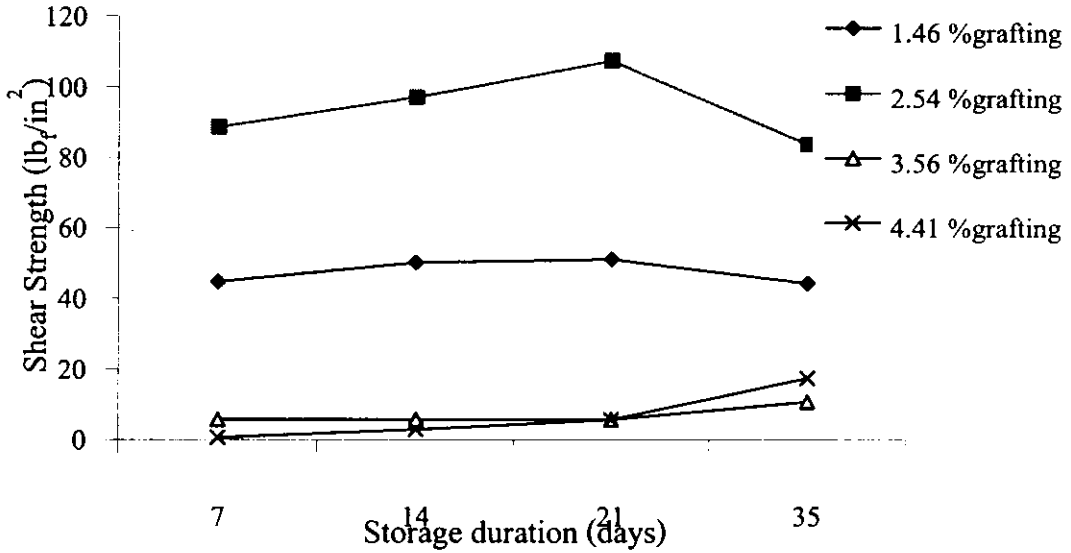


รูปที่ 2.40 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 0 phr)

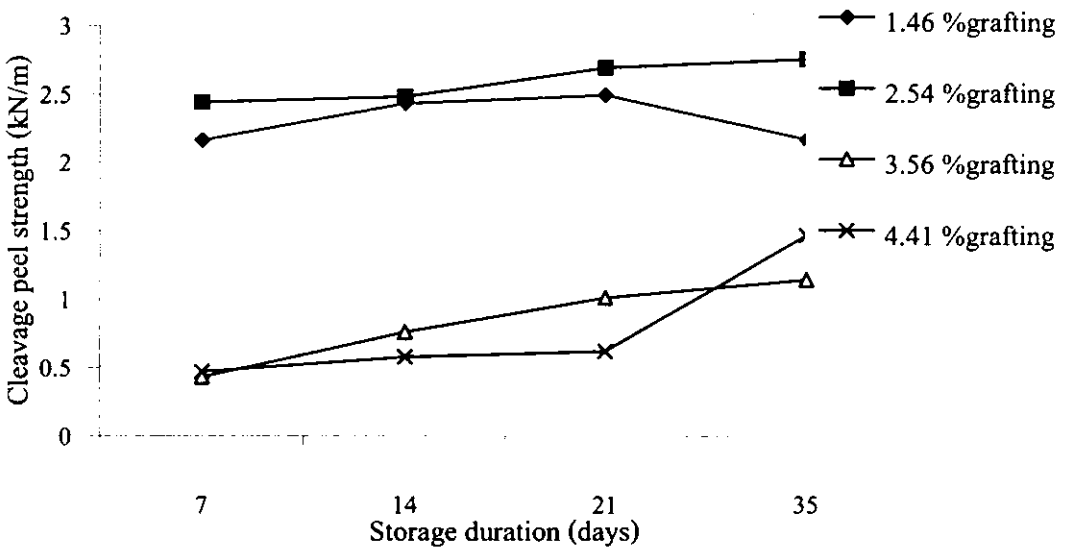


รูปที่ 2.41 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 0 phr)

จากรูปที่ 2.40 และ 2.41 กาวที่ไม่เติม wood rosin พบว่าคุณสมบัติด้าน Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวลดลงเมื่อปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นและเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นและพบว่ากาวที่เตรียมจาก MNR 1.46, 2.54, 3.56 และ 4.41 % การกราฟต์เมื่ออายุการเก็บกาว 1 สัปดาห์ ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์กาวยาง (ตารางที่ 2.1) พบว่าค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด



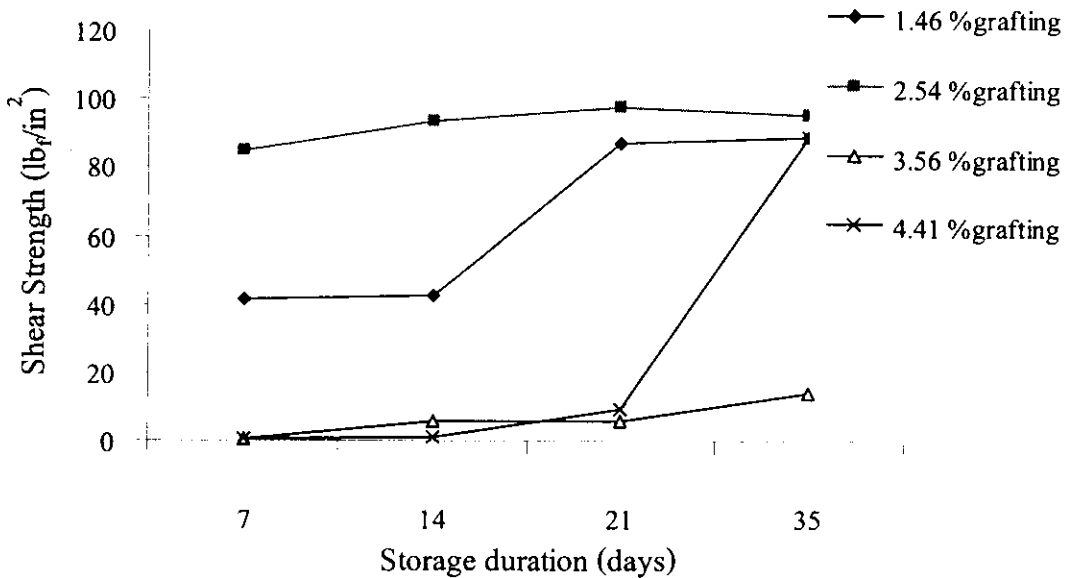
รูปที่ 2.42 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 10 phr)



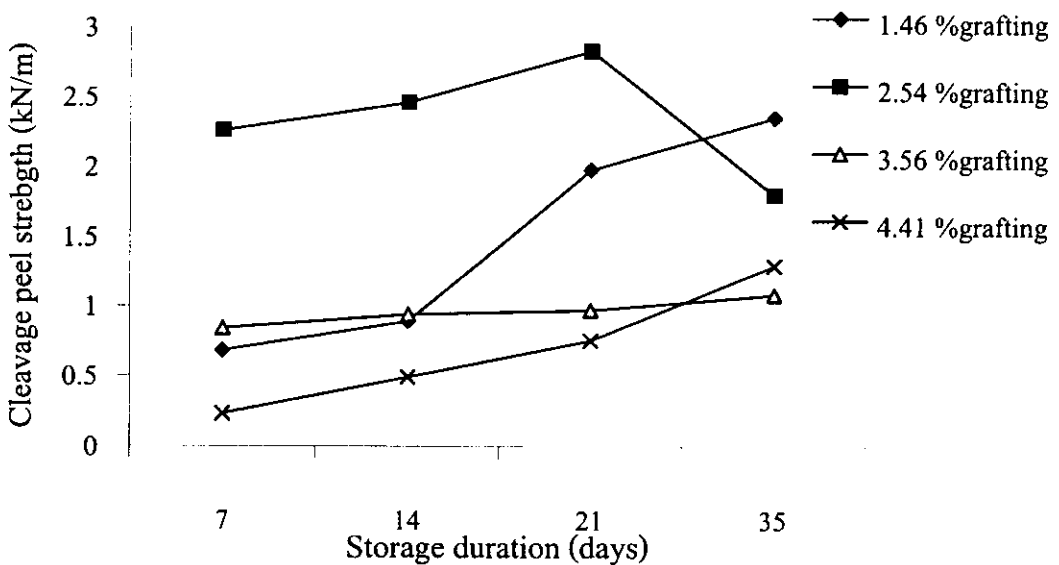
รูปที่ 2.43 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 10 phr)

จากรูปที่ 2.42 และ 2.43 เมื่อเติม wood rosin 10 phr ในกาวที่แปรปริมาณการกราฟต์พบว่ากาวที่เตรียมจากยางธรรมชาติมาเลเอท 2.54 เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ทำให้กาวมีค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength สูงที่สุดและค่าดังกล่าวจะลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์เพิ่มขึ้นเป็น 3.56 และ 4.41 เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ซึ่งแสดงว่าปริมาณการกราฟต์ของยางธรรมชาติมาเลเอทเพิ่มขึ้นไม่เกิน 2.54 เปอร์เซ็นต์ทำให้ Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวสูงขึ้น แต่เมื่อปริมาณการกราฟต์สูงมากขึ้นค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวจะลดลง ดังนั้นปริมาณการกราฟต์

ของยางธรรมชาติมาเลเอทที่เหมาะสมในการใช้สังเคราะห์กาวคือ ยางธรรมชาติมาเลเอท 2.54 % การกราฟต์และพบว่ากาวที่เตรียมจากธรรมชาติมาเลเอท 2.54 %การกราฟต์เมื่ออายุการเก็บกาว 1 สัปดาห์ ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ กาวยาง (ตารางที่ 2.1) พบว่าค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือมีค่า Shear strength $84.25 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ Cleavage peel strength 2.44 kN/m

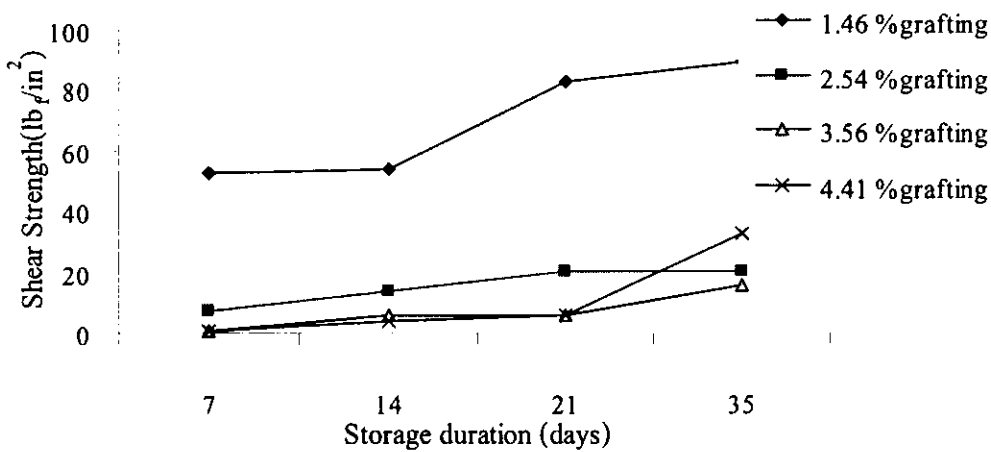


รูปที่ 2.44 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 20 phr)

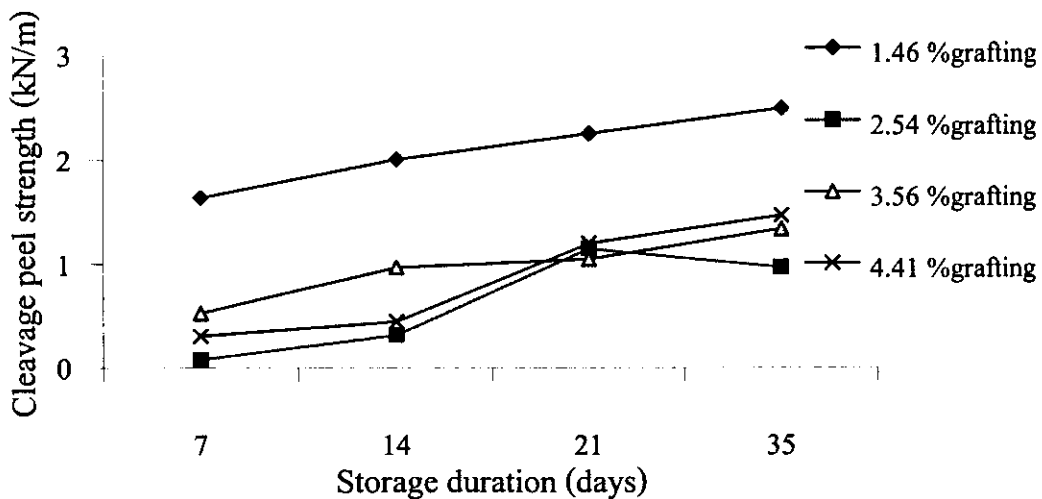


รูปที่ 2.45 : Cleavage peel strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 20 phr)

จากรูปที่ 2.44 และ 2.45 เมื่อเติม wood rosin 20 phr ในกาวที่แปรปริมาณการกราฟต์พบว่ากาวที่เตรียมจาก MNR 2.54 %การกราฟต์ ทำให้กาวมีค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength สูงที่สุด และค่าดังกล่าวจะลดลงเมื่อปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นเป็น 3.56 และ 4.41 %การกราฟต์ ซึ่งแสดงว่า ปริมาณการกราฟต์ของยาง MNR เพิ่มขึ้นไม่เกิน 2.54 เปอร์เซ็นต์ทำให้ Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวสูงขึ้นแต่เมื่อปริมาณการกราฟต์สูงมากขึ้นค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวจะลดลง ดังนั้นปริมาณการกราฟต์ของยาง MNR ที่เหมาะสมในการใช้สังเคราะห์กาวคือ 2.54 %การกราฟต์ และพบว่ากาวที่เตรียมจาก MNR 2.54 %การกราฟต์ เมื่ออายุการเก็บกาว 1 สัปดาห์ ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์กาว ยาง (ตารางที่ 2.1) พบว่าค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือมีค่า Shear strength 89.48 lb/in^2 Cleavage peel strength 2.26 kN/m



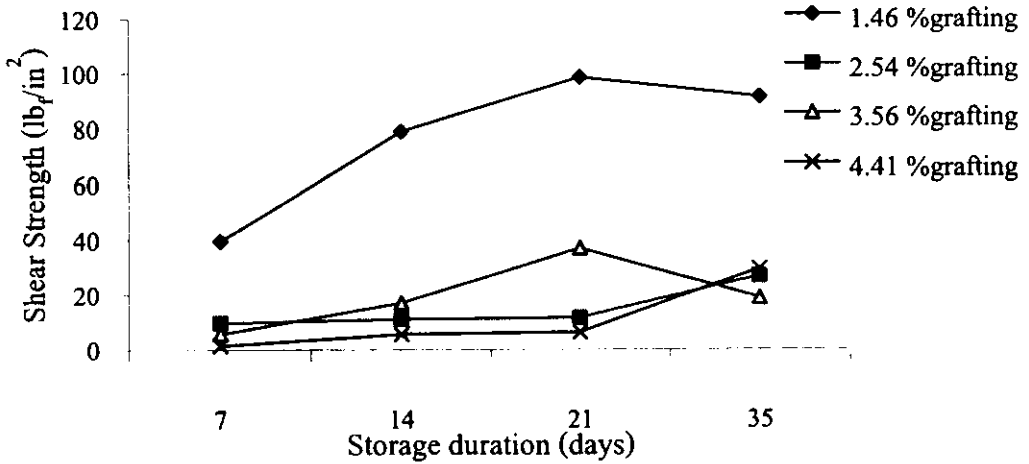
รูปที่ 2.46 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 30 phr)



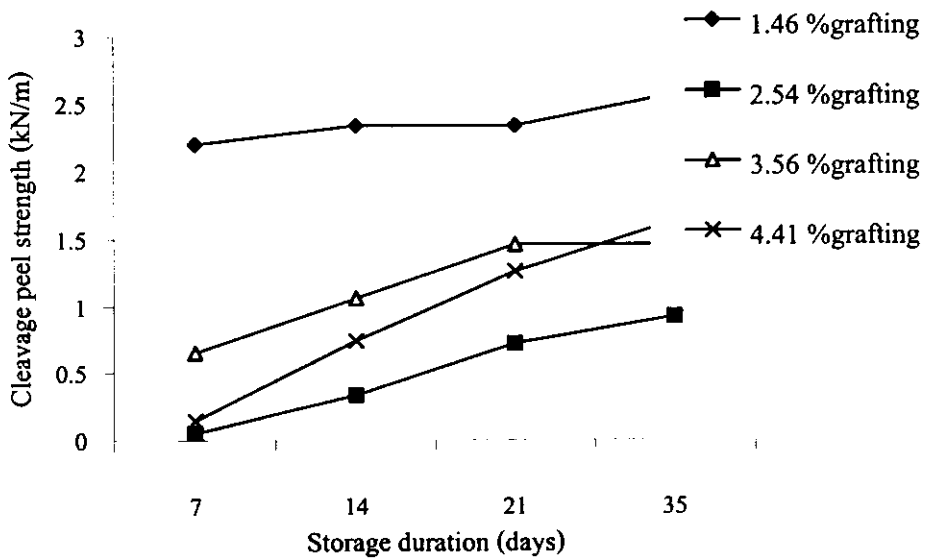
รูปที่ 2.47 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin

30 phr)

จากรูปที่ 2.46 และ 2.47 กาวที่เติม wood rosin 30 phr พบว่าคุณสมบัติด้าน Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวลดลงเมื่อปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นและเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นและพบว่ากาวที่เตรียมจาก MNR 1.46, 2.54, 3.56 และ 4.41 เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เมื่ออายุการเก็บกาว 1 สัปดาห์ ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์กาวยาง (ตารางที่ 2.1) ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน



รูปที่ 2.48 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 40 phr)



รูปที่ 2.49 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 40 phr)

จากรูปที่ 2.48 และ 2.49 กาวที่เติม wood rosin 30 phr พบว่าคุณสมบัติด้าน Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวลดลงเมื่อปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นและเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นและพบว่ากาวที่เตรียมจาก MNR 1.46, 2.54, 3.56 และ 4.41 %การกราฟต์ เมื่ออายุการเก็บกาว 1 สัปดาห์ ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์กาวยาง (ตารางที่ 2.1) ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

จากตารางที่ 2.10 และ 2.11 และรูปที่ 2.40-2.49 พบว่าเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของจะเพิ่มขึ้นด้วย กาวที่มีอายุการเก็บ 1 สัปดาห์และมีค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก 521-2527 คือ กาวที่เตรียมจาก MNR 2.54 %การกราฟต์ เติม wood rosin 10 และ 20 phr และพบว่ากาวที่เติม wood rosin 20 phr มีค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength สูงที่สุดคือ ค่า Shear strength 89.48 lb/in^2 และค่า Cleavage peel strength 2.26 kN/m เมื่อเทียบกับกาวทางการค้า (ตารางที่ 2.12) พบว่ากาวทางการค้ามีค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength สูงกว่ากาวที่สังเคราะห์ได้

ตารางที่ 2.12 : สมบัติของกาวทางการค้า (ATM Adhesive Latex No. A-9000)

Viscosity (cPs)	Shear strength (lb/in^2)	Cleavage peel strength (kN/m)
47,600	502.52 ± 54.02	1.41 ± 0.07

2.5.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นเนื้อกาวต่อสมบัติของกาว

เตรียมกาวตามสูตรที่ให้ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength สูงที่สุดคือเตรียม MNR โดยใช้ BPO 3 phr MAH 8 phr ทำปฏิกิริยาที่ 80°C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง จากนั้นนำ MNR ที่ได้มาเตรียมกาวให้มีความเข้มข้น 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์เนื้อกาวเติม wood rosin 20 phr สมบัติของกาวที่เตรียมได้แสดงดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 : แสดงสมบัติของกาวเมื่อแปรความเข้มข้นเนื้อกาว

MNR content in toluene (%w/w)	Viscosity (cPs)	Shear strength (lb/in^2)	Cleavage peel strength (kN/m)
10	1,500	81.50 ± 6.25	2.40 ± 0.25
20	11,300	102.08 ± 6.86	3.88 ± 0.29
30	2,700	113.89 ± 13.31	4.92 ± 0.50

จากตารางที่ 2.13 เมื่อแปรปริมาณความเข้มข้นของเนื้อกาวพบว่ากาวที่มีความเข้มข้นของเนื้อกาว 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่า Shear strength 113.89 lb/in^2 และค่า Cleavage peel strength 4.92 kN/m ซึ่งเป็นค่าสูงสุด และจากการที่ความหนืดของกาวที่ 20 เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นมีความหนืดสูงมากทั้งนี้เนื่องมาจากยางธรรมชาติมาเลเอทที่ใช้สังเคราะห์กาวละลายไม่ดีพอ ในขั้นตอนการสังเคราะห์กาวเมื่อเติม K-oleate ทำให้ K-oleate กับยางธรรมชาติมาเลเอทผสมเข้าด้วยกันไม่ดีจึงมีผลต่อกาวที่สังเคราะห์ได้ในด้านความหนืด ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength

3. สรุปผลการทดลอง

ปริมาณการกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บน โมเลกุลของยางธรรมชาติ (ยางธรรมชาติมาเลเอท) หากจากอัตราส่วน $(A_{1854} + A_{1776-1779} + A_{1716}) / A_{836}$ เทียบกับกราฟมาตรฐาน NR/MAH physical mixture พบว่าปริมาณการกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บน โมเลกุลของยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาและปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์เพิ่มขึ้น

เตรียมยางธรรมชาติมาเลเอทเพื่อใช้สังเคราะห์กาวคือ ใช้ยางธรรมชาติ 5.0 กรัมในโทลูอิน 100 มิลลิลิตร มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 8.0 phr เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ 3.0 phr ทำปฏิกิริยาที่ 80°C เป็นเวลา 1.0, 1.5, 2.0 และ 3.0 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ได้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เท่ากับ 1.46, 2.54, 3.56 และ 4.41% ตามลำดับ

กาวที่สังเคราะห์จากยางธรรมชาติมาเลเอทที่มีการกราฟต์ 1.46, 2.54, 3.56 และ 4.41 % ที่แปรปริมาณ wood rosin 0- 40 phr พบว่าเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้น ค่า pH ของกาวไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนความหนืดของกาวลดลงเมื่อปริมาณ wood rosin เพิ่มขึ้น และเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นความหนืดของกาวเพิ่มขึ้น

ค่า Shear Strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ wood rosin เพิ่มขึ้น และเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นค่า Shear Strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้น

กาวที่ไม่เติม wood rosin ค่า Shear Strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นไม่เกิน 3 สัปดาห์ และมีค่าลดลงเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้น

จากการทดสอบความสามารถทนทานต่อน้ำพบว่ากาวทุกสูตรสามารถทนทานต่อน้ำนานกว่า 30 วัน

กาวที่สังเคราะห์จากยางมาเลเอท 2.54 เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เติม wood rosin 20 phr ค่า Shear Strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 89.43 lb/in^2 และ 2.26 kN/m เมื่อเก็บกาวได้ 1 สัปดาห์

กาวที่ผ่านมาตรฐาน มอก.521-2527 เมื่อเก็บกาวได้ 1 สัปดาห์ คือกาวที่สังเคราะห์จากยางมาเลเอท 2.54 %การกราฟต์ เติม wood rosin 10 และ 20 phr

ศึกษาผลของความเข้มข้นเนื้อกาวต่อค่า Shear Strength และค่า Cleavage peel strength ของกาว พบว่าเมื่อปริมาณเนื้อกาวเพิ่มขึ้นค่า Shear Strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้น