

การทดลองโดยกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติโดยใช้ BPO 3 phr MAH 1.0-12.0 phr ทำปฏิกิริยาที่ 80 °C 2 ชั่วโมง พบว่า $A_{1776-1779} / A_{836}$ เพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของ MAH เพิ่มขึ้น ในช่วง 1.0-10.0 phr เมื่อความเข้มข้น MAH มากกว่า 10 phr $A_{1776-1779} / A_{836}$ จะลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Grioryeva *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

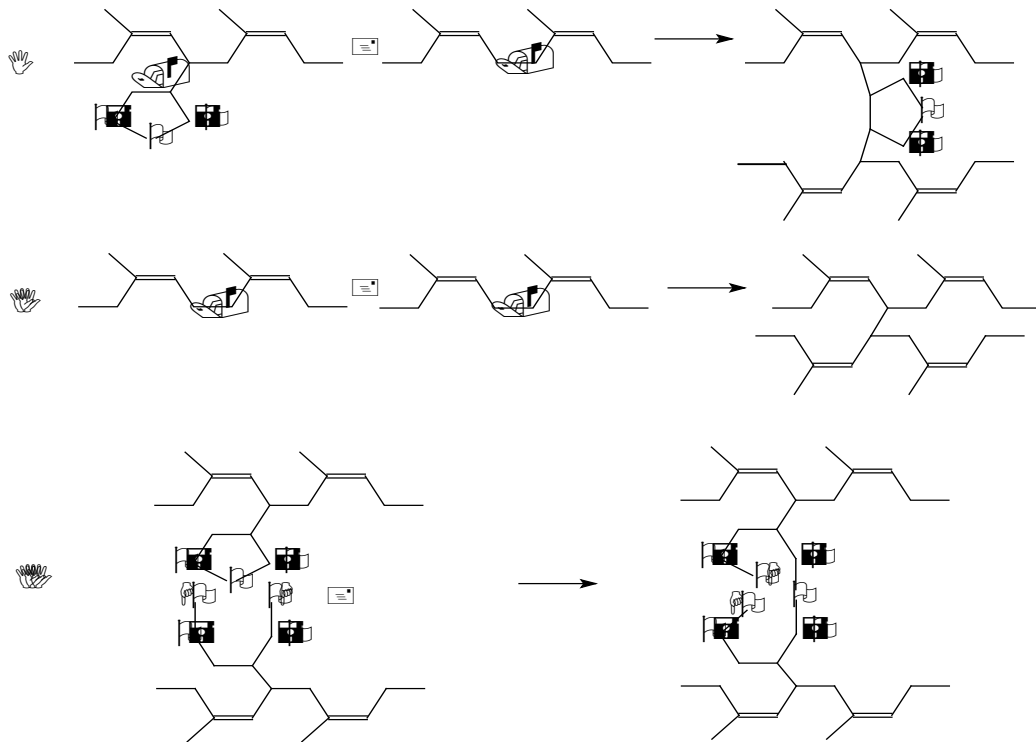
เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เจลกับปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr ที่เวลาต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1.5 จะเห็นว่าเจลเกิดเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์เพิ่มขึ้น และที่ MAH 4 และ 6 phr ไม่มีเจลเกิดขึ้น

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) ขั้นตอนทั้งสองขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุมูลที่เกิด

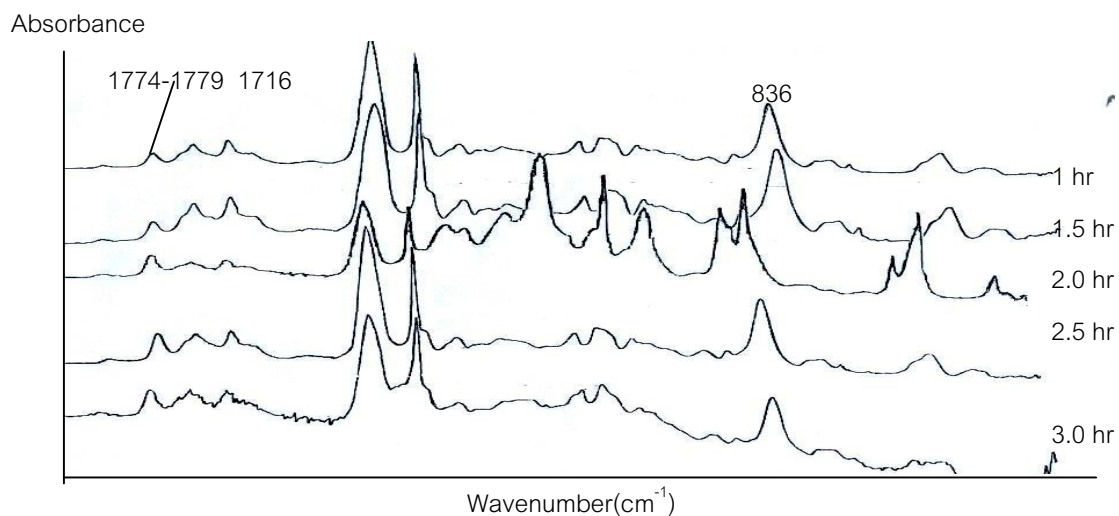
ขึ้นและความเข้มข้นของตัวกลางปฏิกิริยา รวมทั้งปฏิกิริยาระหว่างหมู่กรดที่เกิดจากการเปิดวงแหวนแอนไฮไดรด์สามารถทำปฏิกิริยากับส่วนของแอนไฮไดรด์ที่เหลือได้แสดงดังรูปที่ 2.13 (III) จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นสาเหตุของการเกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างโมเลกุลซึ่งทำให้เกิดเจลขึ้น (Saelao and Phinyocheep, 2004)



รูปที่ 2.13 : กลไกปฏิกิริยาที่เป็นไปได้ในการเกิดการเชื่อมโยง (การเกิดเจล) ระหว่างอนุโมลิสระ

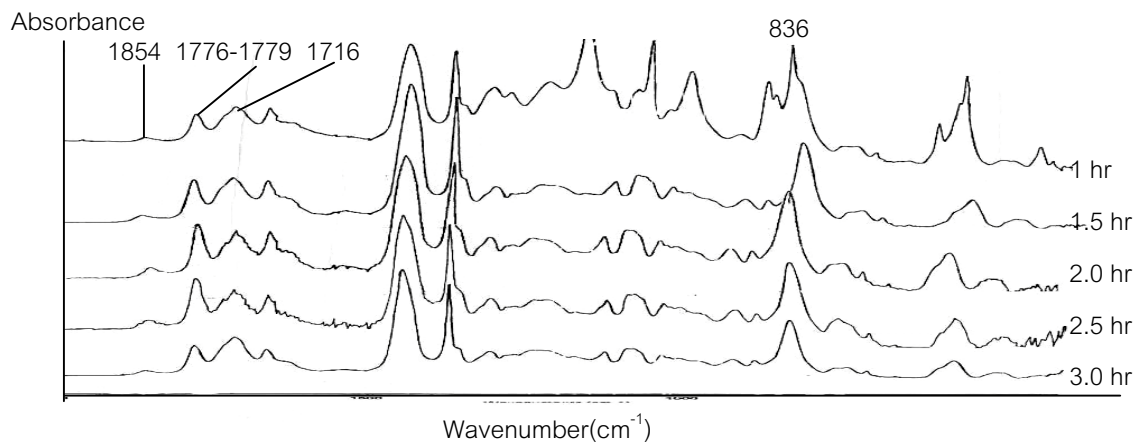
2.4 ศึกษาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณการกราฟต์

จากการวิเคราะห์ด้วย FTIR แสดงดังรูปที่ 2.14, 2.15 และ 2.16

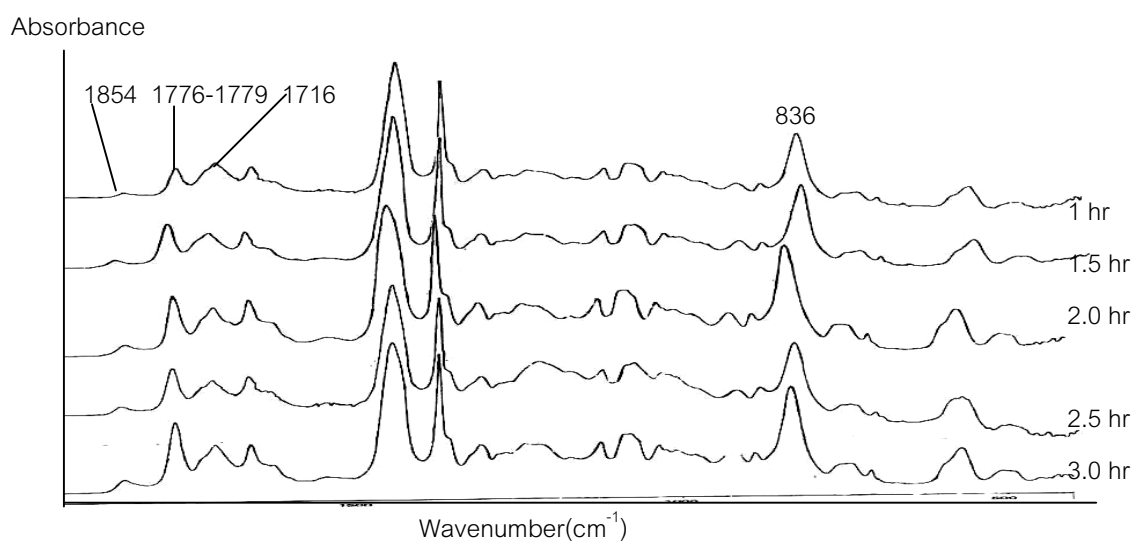


รูปที่ 2.14 : การดูดกลืนอินฟราเรดของธรรมชาติยางมาเลเอท (Maleated Natural Rubber) ใช้ BPO 3 phr มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4 phr ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ชั่วโมง

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



รูปที่ 2.15 : การดูดกลืนอินฟราเรดของธรรมชาติยางมาเลเอท (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 : การดูดกลืนอินฟราเรดของธรรมชาติยางมาเลเอท (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 $1776-1779\text{ cm}^{-1}$ และเลขคลื่น 1854 cm^{-1} ของ C=O stretching แบบ symmetric(strong) และ asymmetric(weak) ตามลำดับ จะปรากฏชัดขึ้นและค่า % grafting มีค่าสูงขึ้น

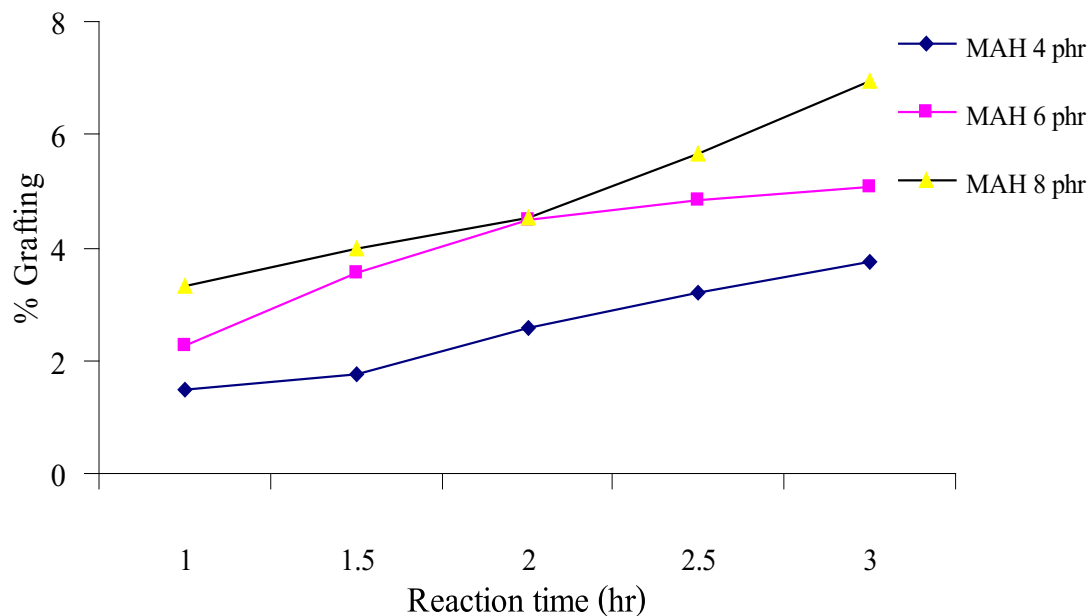
2.4 การศึกษาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณการกราฟต์

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

ตารางที่ 2.6 : ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่ออัตราส่วน $A_{1776-1779} + A_{1854} + A_{1716} / A_{836}$ เมื่อใช้ มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 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



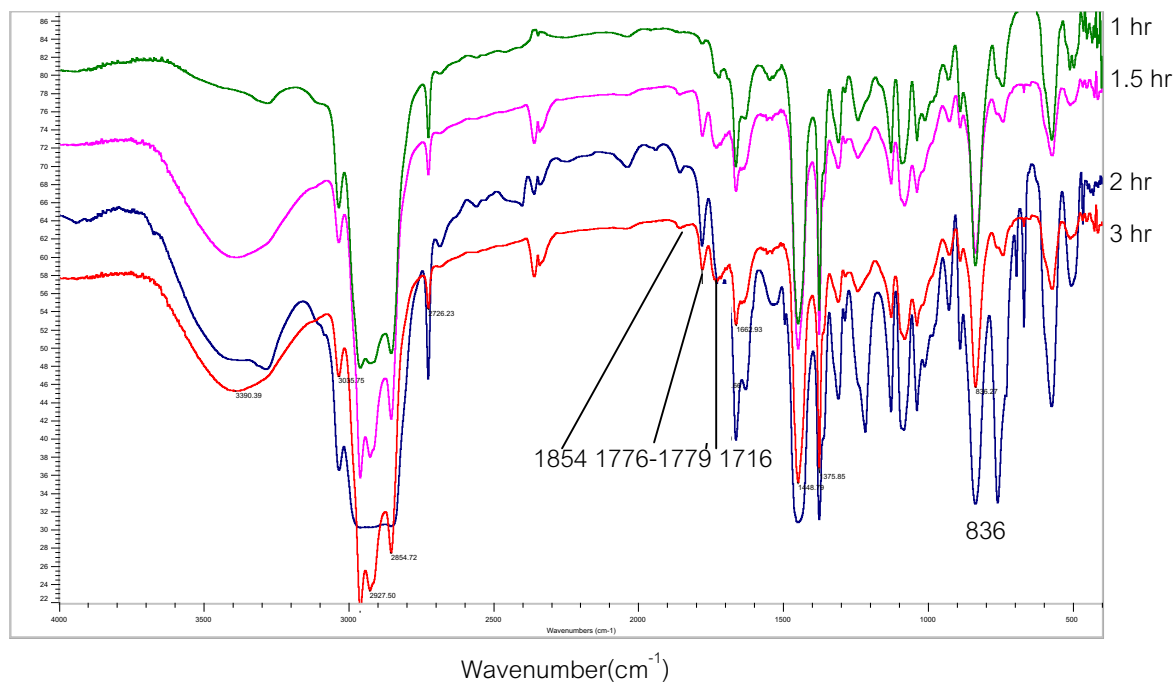
รูปที่ 2.17: เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกราฟต์กับเวลาในการทำปฏิกิริยาเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr

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 : อินฟราเรดสเปกตรัมของยางธรรมชาติมาเลเทศที่เวลาในการทำปฏิกิริยาต่างๆ

ยางธรรมชาติมาเลเทศที่สังเคราะห์ได้ปรากฏแถบการสั่นของ C=O แบบไม่สมมาตรและสมมาตร ในวงห้ายเลียมแอนไฮไดรด์ ปรากฏที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1854 (อ่อน) และ 1776-1779 cm^{-1} (เข้ม) ตามลำดับ และที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1716 cm^{-1} เป็นแถบการสั่นของหมู่คาร์บอนิลในรูปของกรดคาร์บอกซิลิก และที่ตำแหน่งเลขคลื่น 836 cm^{-1} เป็นแถบการสั่นของ =CH ใน *cis*-1,4-polyisoprene หาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติได้จากสมการที่ 3 ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 : เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของยางธรรมชาติมาเลเทศที่ใช้เตรียมกาว

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 โฟเตสเซียมโอเลอเตด 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 : ลักษณะของกาวที่สังเคราะห์จากยางธรรมชาติ
 ชาติมาเลเทศ (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

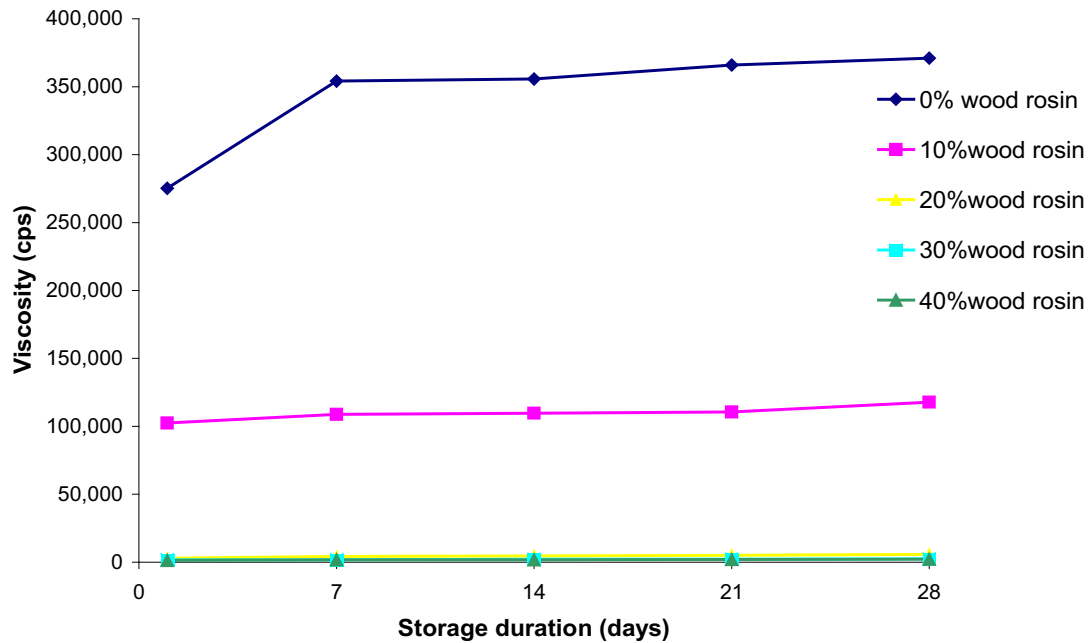
จากตารางที่ 2.8 จะเห็นว่าเมื่อแปรปริมาณ wood rosin ค่า pH ของกาวไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ค่า pH ของกาวมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 6.02–8.37 และเมื่อเวลาผ่านไปค่า pH ของกาวก็มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการเปลี่ยนแปลง pH ของกาวไม่ขึ้นกับปริมาณ wood rosin และอายุการเก็บของกาวที่เป็นเช่นนี้อาจมีผลมาจากการที่ 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

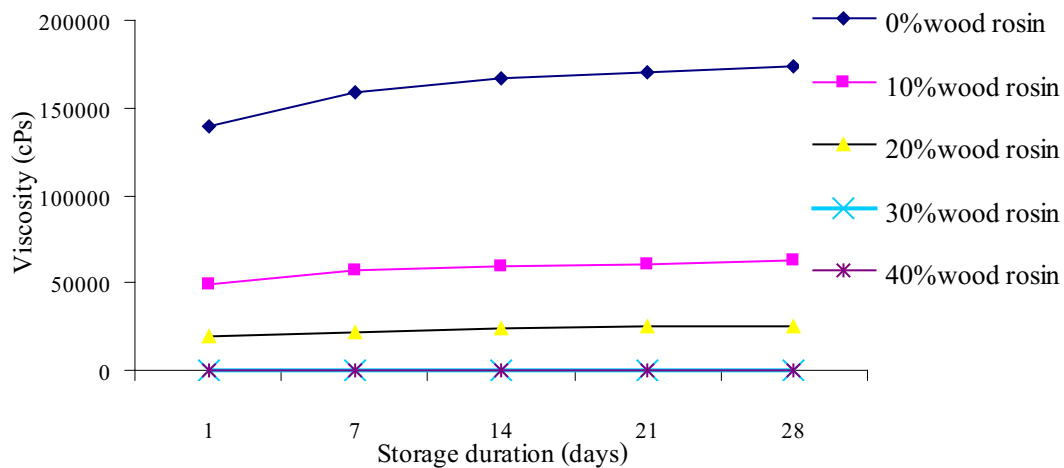
จากตารางที่ 2.9 สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของกาวกับอายุการเก็บกาวสูตรต่าง ๆ แปรปริมาณ wood rosin แสดงดังรูปที่ 2.23 -2.24



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

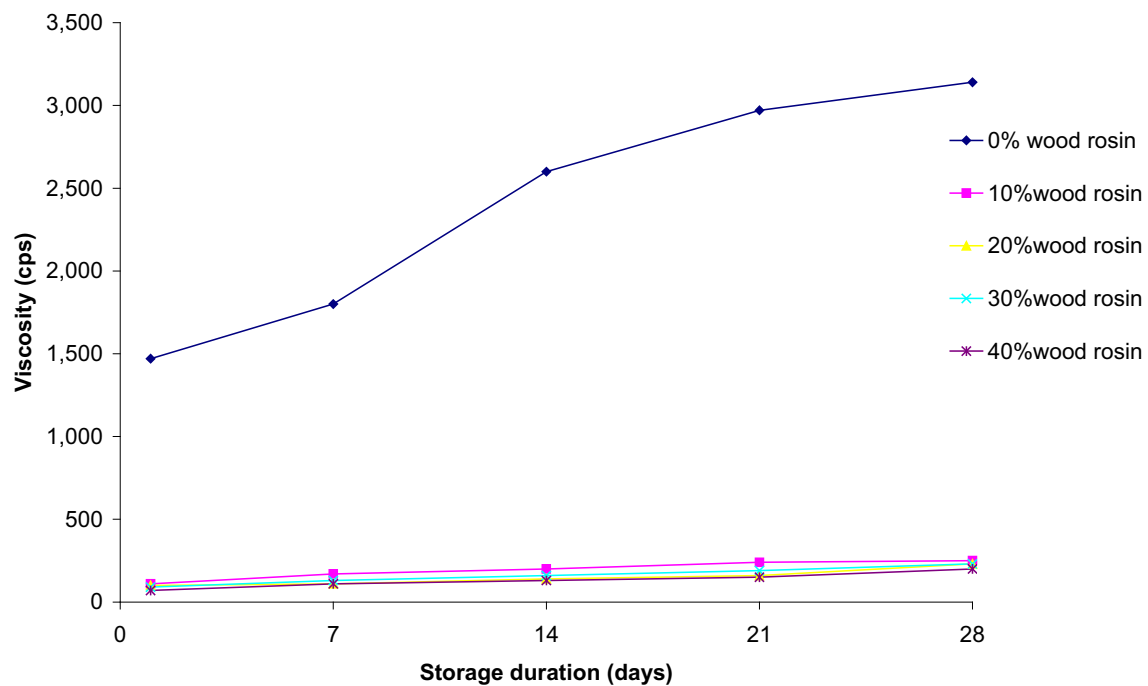


รูปที่ 2.24 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR

2.54 % การกราฟต์)

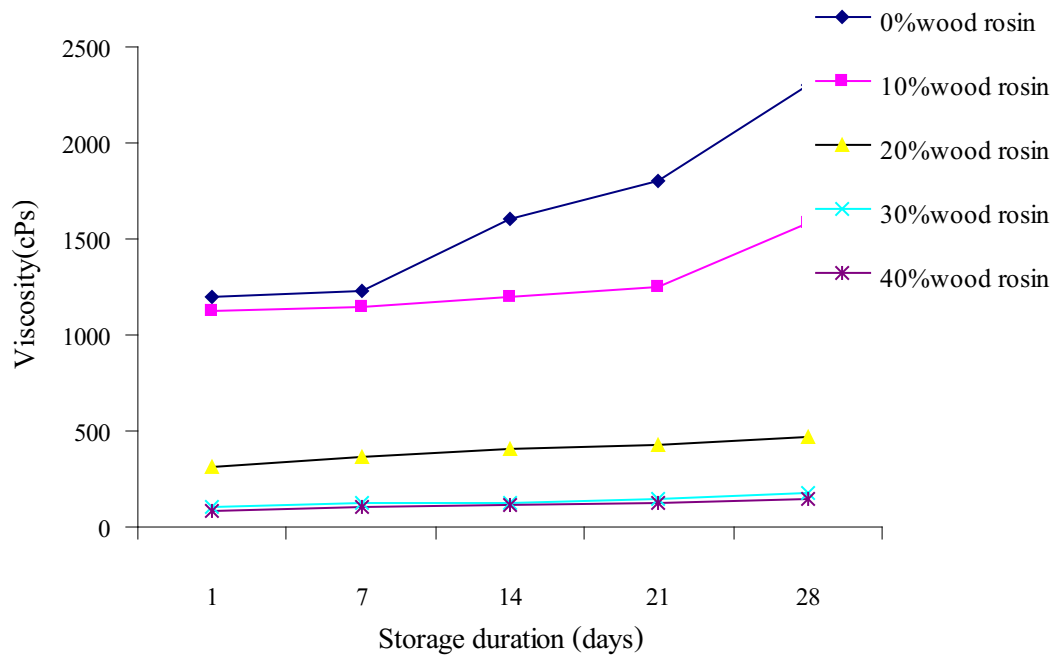
จากรูปที่ 2.24 พบว่าความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บกาวนานขึ้น กาวสูตรที่ไม่เติม wood rosin ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บกาว 1 อาทิตย์ ส่วนกาวสูตรที่เติม wood rosin 10, 20, 30

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 พบว่ากาวทุกสูตรเมื่อเก็บไว้นานค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ 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

2.10

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

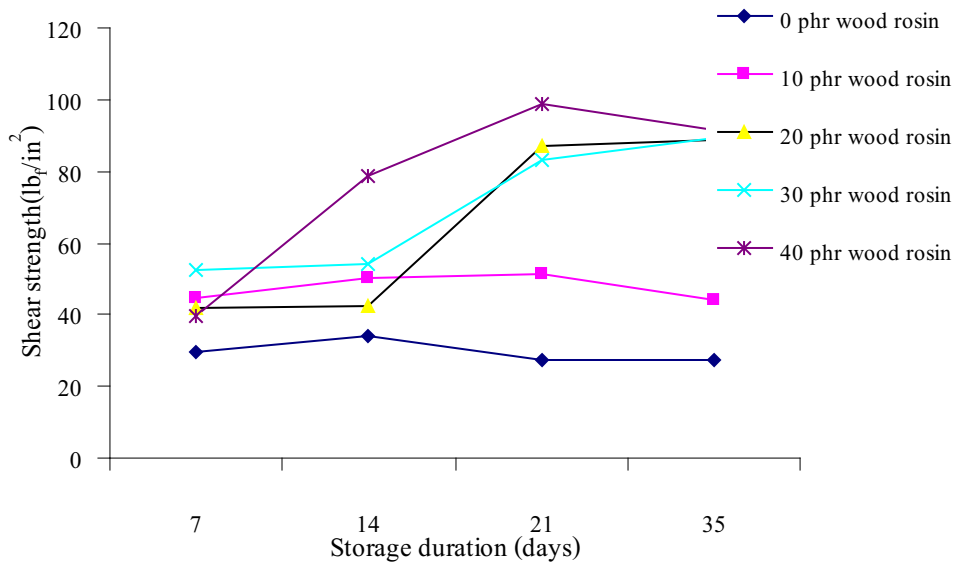
Formulation Codes	Storage duration (days)			
	7	14	21	35
1	29.70 ± 2.51	33.86 ± 4.90	48.91 ± 3.00	27.48 ± 13.55
2	44.78 ± 7.18	50.18 ± 5.58	51.10 ± 5.96	44.28 ± 11.94
3	41.69 ± 6.67	42.66 ± 2.14	87.05 ± 12.34	88.79 ± 16.44
4	52.68 ± 6.21	53.92 ± 7.54	82.98 ± 7.26	89.33 ± 16.18
5	39.42 ± 7.07	78.91 ± 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

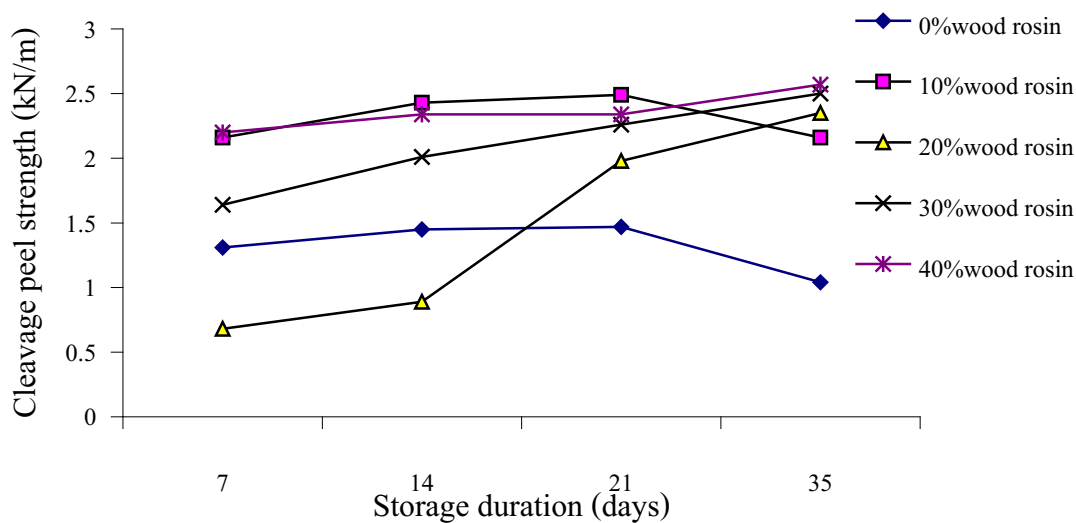
ตารางที่ 2.11 : ค่า Cleavage peel strength(kN/m) ของกาวสูตรต่าง ๆ ในช่วงเวลาการเก็บ 35 วัน

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



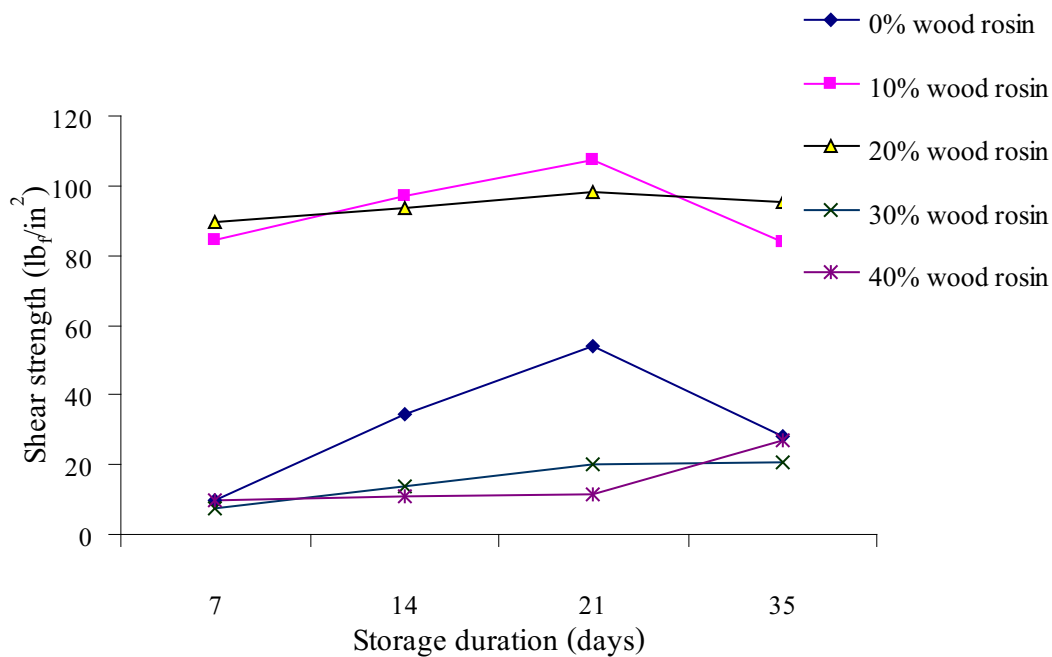
รูปที่ 2.27 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 1.46 % การกราฟต์)



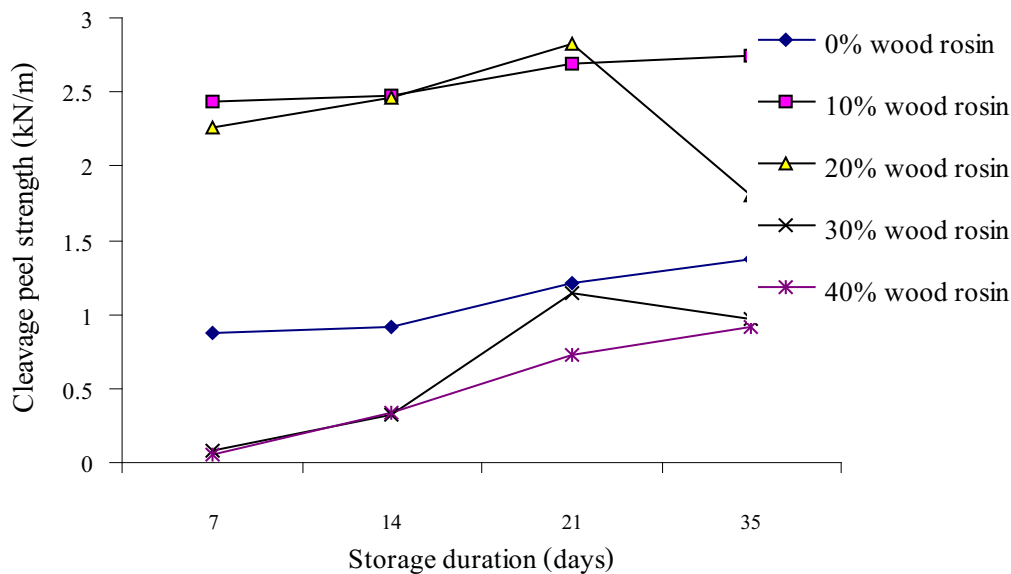
รูปที่ 2.28 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 1.46 % การกราฟต์)

จากรูปที่ 2.27 และ 2.28 ค่า Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวที่เตรียมโดยใช้ยางธรรมชาติมาเลเทท 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 เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บกาวได้ภายใน 5 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากเมื่ออายุการเก็บกาวนานขึ้นค่าความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมทำให้แรงยึดติดของกาวสูงขึ้น ส่วนกาวที่ไม่เติม wood rosin ค่า Shear strength ของกาวลดลงเมื่อเก็บกาวนานกว่า 3 สัปดาห์ และจากมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์กาวยาง มอก. 521-2527 (ตารางที่ 2.1) ค่า Shear strength ของกาวคือ $31.9 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ พบว่ากาวที่ไม่เติม wood rosin ค่าที่ได้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเก็บกาวได้ 1 สัปดาห์

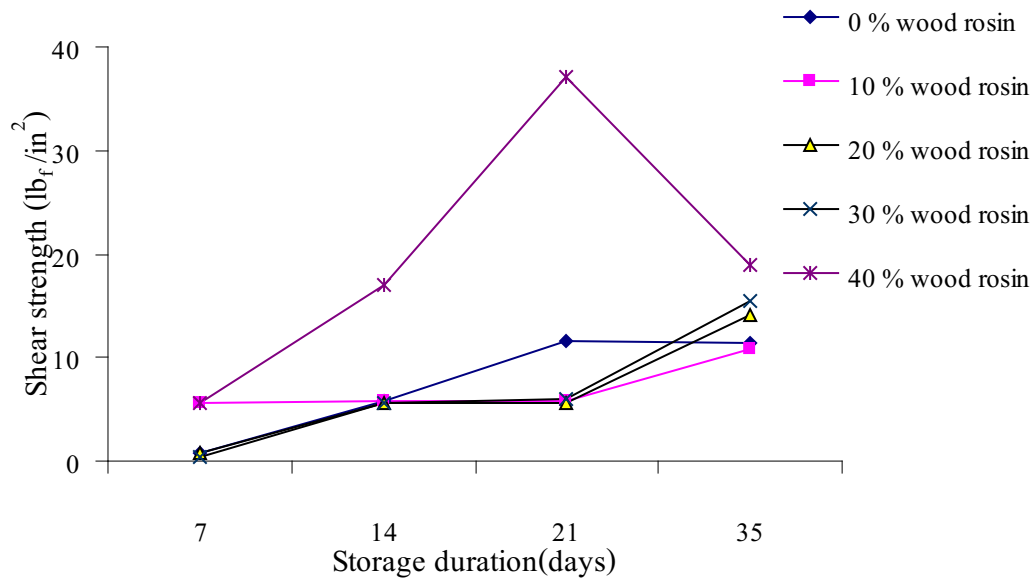


รูปที่ 4.29 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 2.54 % การกราฟต์)

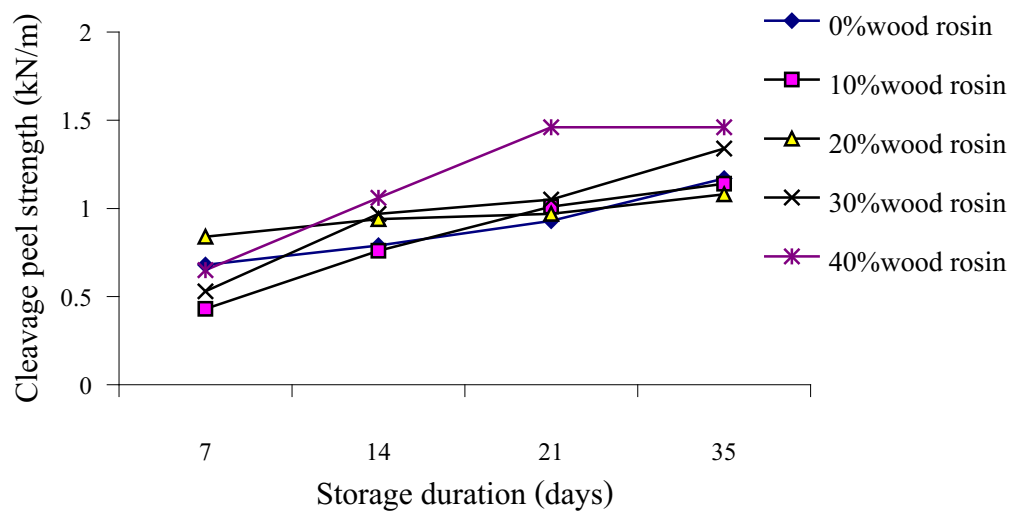


รูปที่ 2.30 : Cleavage peel strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 2.54 % การกราฟต์)

จากรูปที่ 2.29 และ 2.30 พบว่าค่า Shear strength และ Cleavage peel strength ของกาวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ wood rosin เพิ่มขึ้นไม่เกิน 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

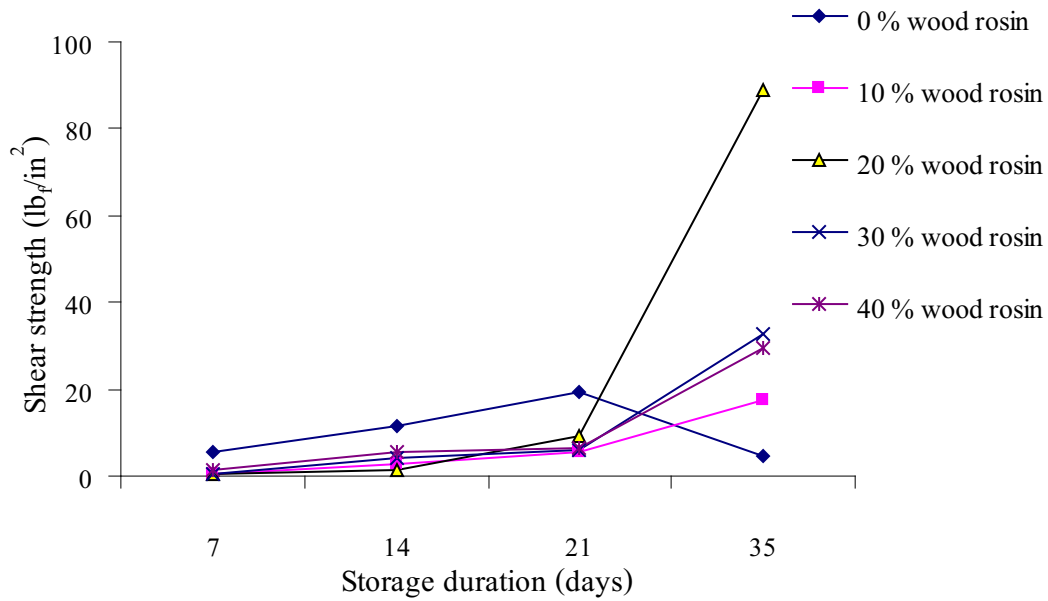


รูปที่ 2.31 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ MNR 3.56 % การกราฟต์)

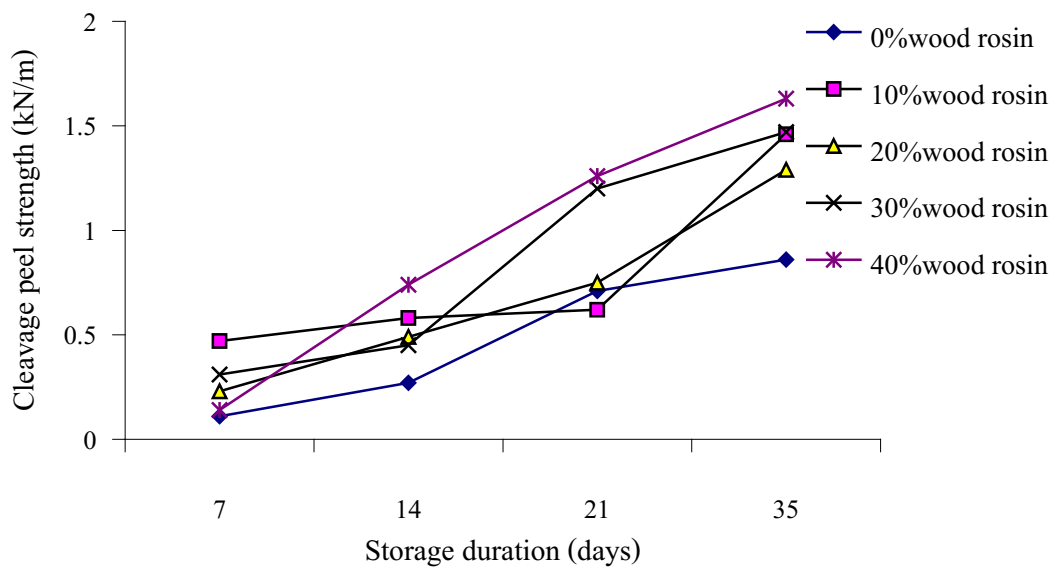


รูปที่ 2.32 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณ wood rosin (ใช้ NR-g-MAH 3.56 % การกราฟต์)

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 ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้การกระจายตัวของกาวขณะทาไม่ดีส่งผลให้แรงยึดติดของกาวลดลง



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 ความเหนียวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้การกระจายตัวของกาวขณะทาไม่ดีส่งผลให้แรงยึดติดของกาวลดลง

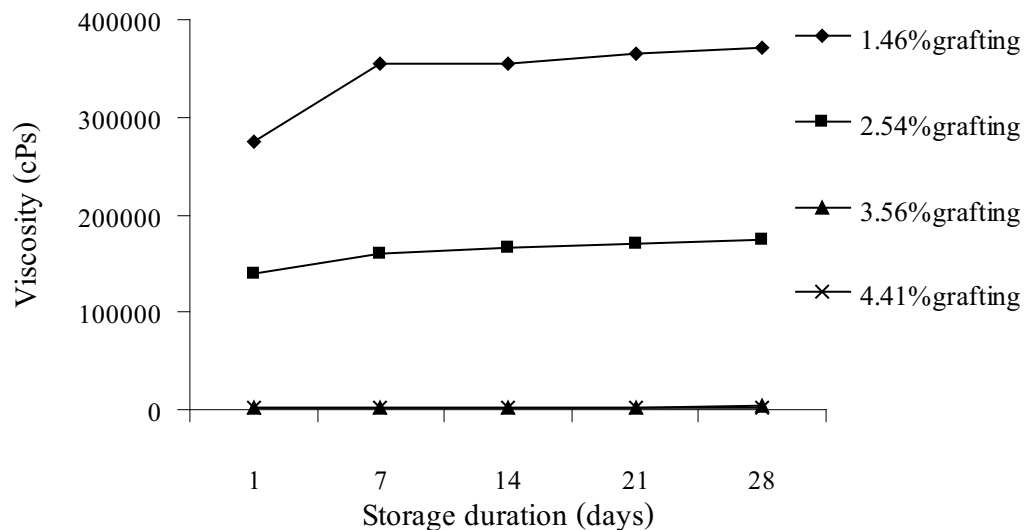
2.5.1.3 สมบัติในการทนทานต่อน้ำของกาว

จากการทดสอบการทนทานต่อน้ำของกาวโดยทาบบนชิ้นไม้ที่เตรียมไว้ รอให้กาวเซตตัว 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่น้ำให้ท่วมชิ้นไม้ รอจนกระทั่งไม้หลุดออกจากกันเองผลที่ได้แสดงดัง พบว่ากาวที่เตรียมได้ทุกสูตรสามารถทนทานต่อน้ำได้มากกว่า 30 วัน ซึ่งอธิบายได้ว่ากาวที่เตรียมได้มีการเกิดพันธะเชื่อมโยงที่แข็งแรงขึ้นภายในเนื้อกาวทำให้กาวสามารถทนทานต่อน้ำสูง

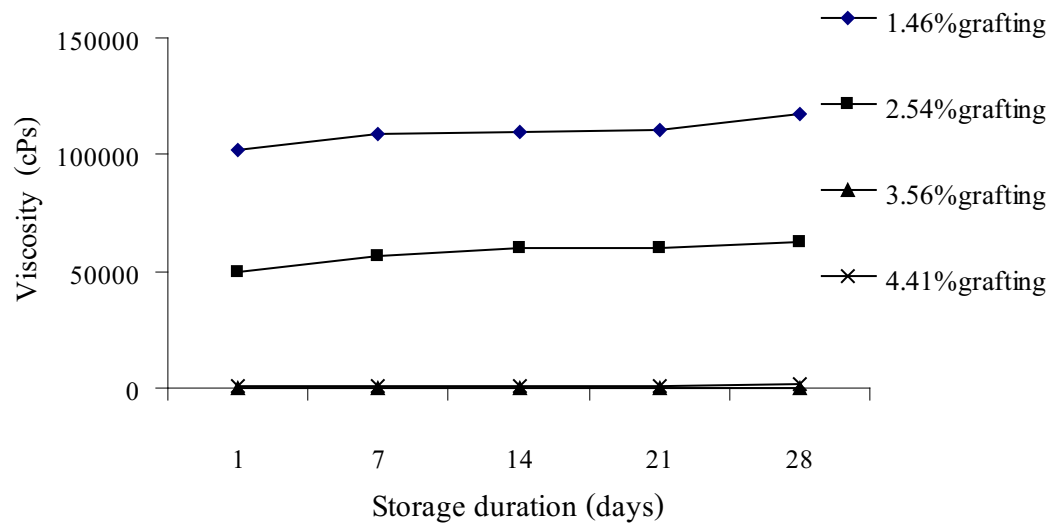
2.5.2 ศึกษาผลของปริมาณการกราฟต์ต่อสมบัติของกาว

2.5.2.1 ความหนืดต่ออายุการเก็บกาว

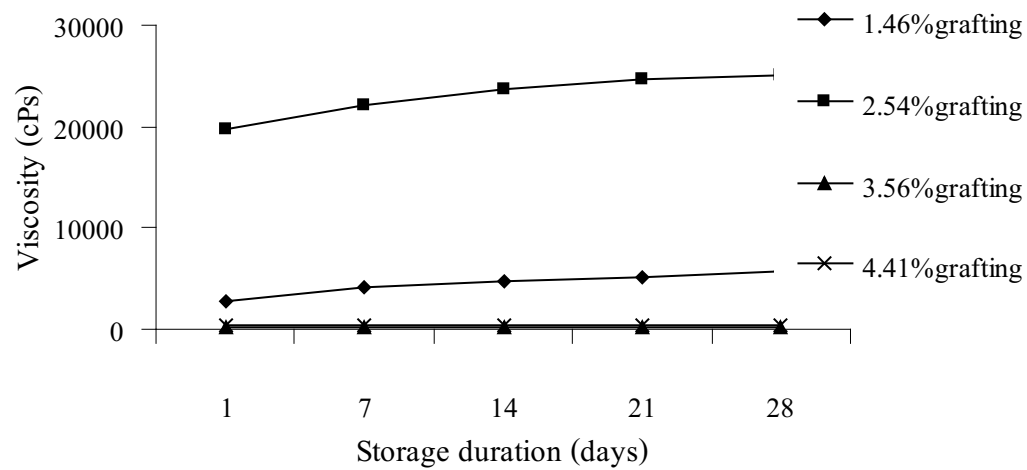
จากตารางที่ 2.9 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ได้ดังรูป 2.35- 2.39



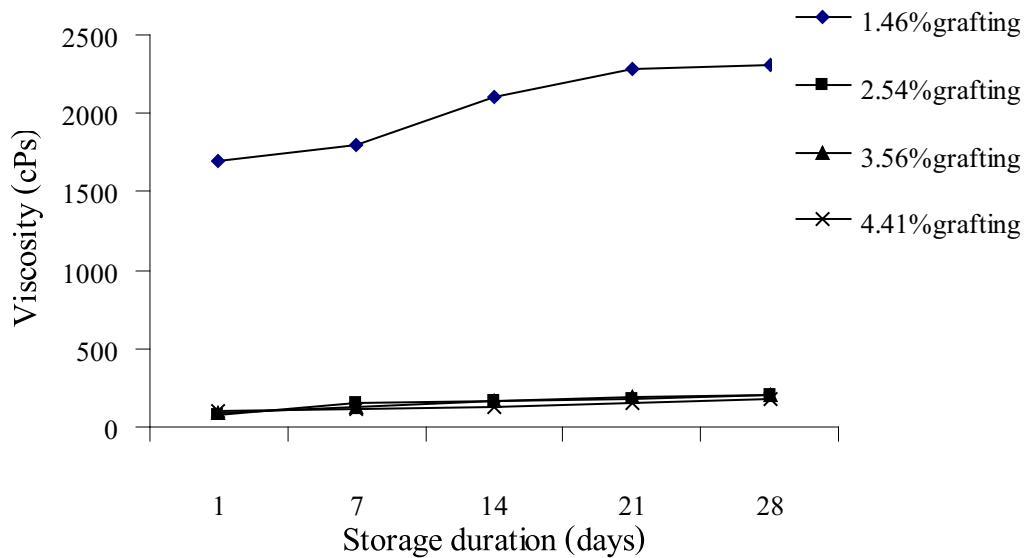
รูปที่ 2.35 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ ใช้ wood rosin 0 phr



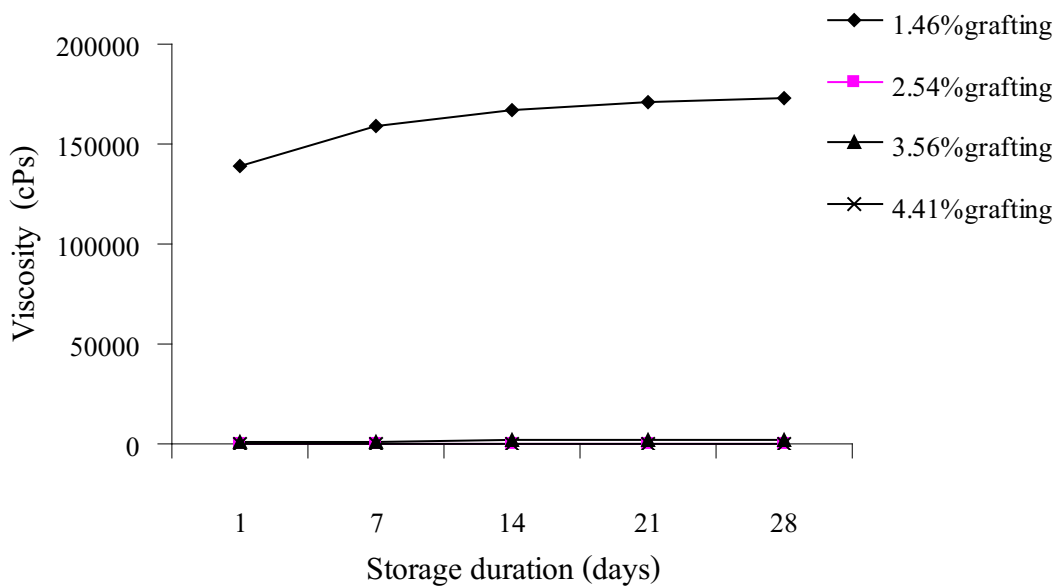
รูปที่ 2.36 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ ใช้ wood rosin 10 phr



รูปที่ 2.37 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ ใช้ wood rosin 20 phr



รูปที่ 2.38 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ใช้ wood rosin 30 phr

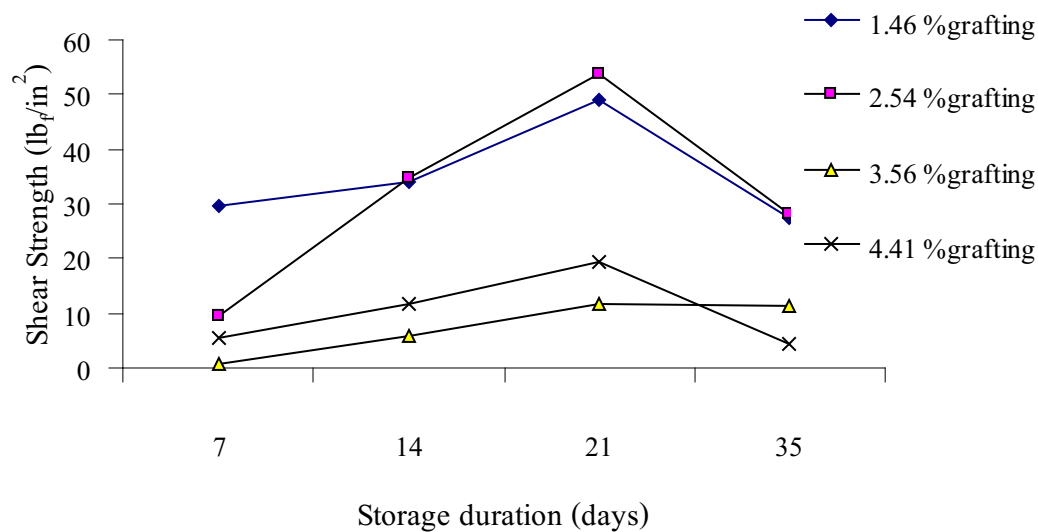


รูปที่ 2.39 : ความหนืดต่ออายุการเก็บกาวเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ใช้ wood rosin 40 phr

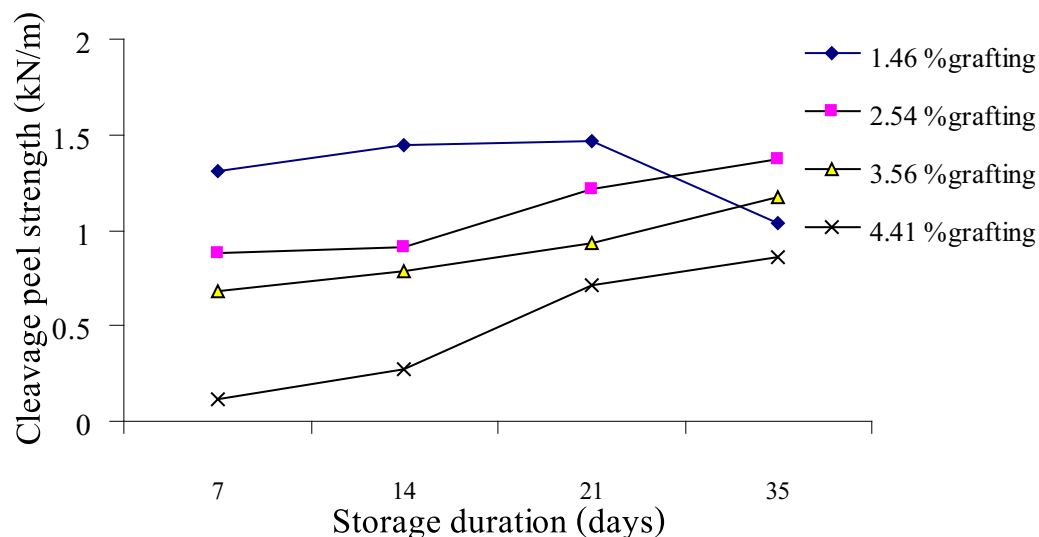
จากรูปที่ 2.35–2.39 จะเห็นว่าเมื่อปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นความหนืดของกาวจะมีค่าลดลง กาวที่เติม wood rosin 10, 20, 30, 40 phr และไม่เติม wood rosin ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยางมาเลอติที่มีปริมาณการกราฟต์สูงความเคะกะของหมู่ succinic anhydride ในโมเลกุลยางมาเลอติทำให้โมเลกุลของยางเกาะกันอย่างหลวม 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

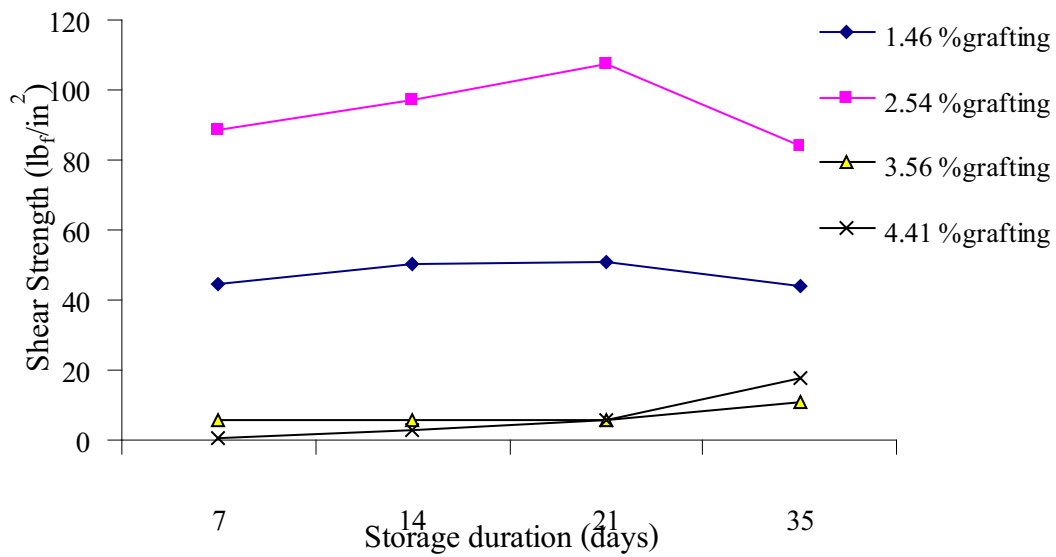


รูปที่ 2.40 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 0 phr)

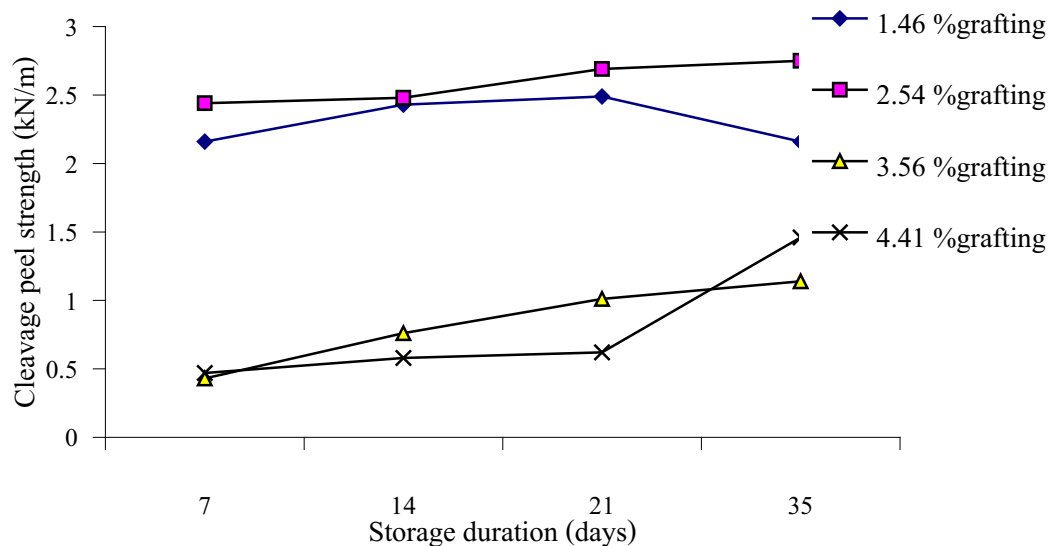


รูปที่ 2.41 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 0 phr)

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



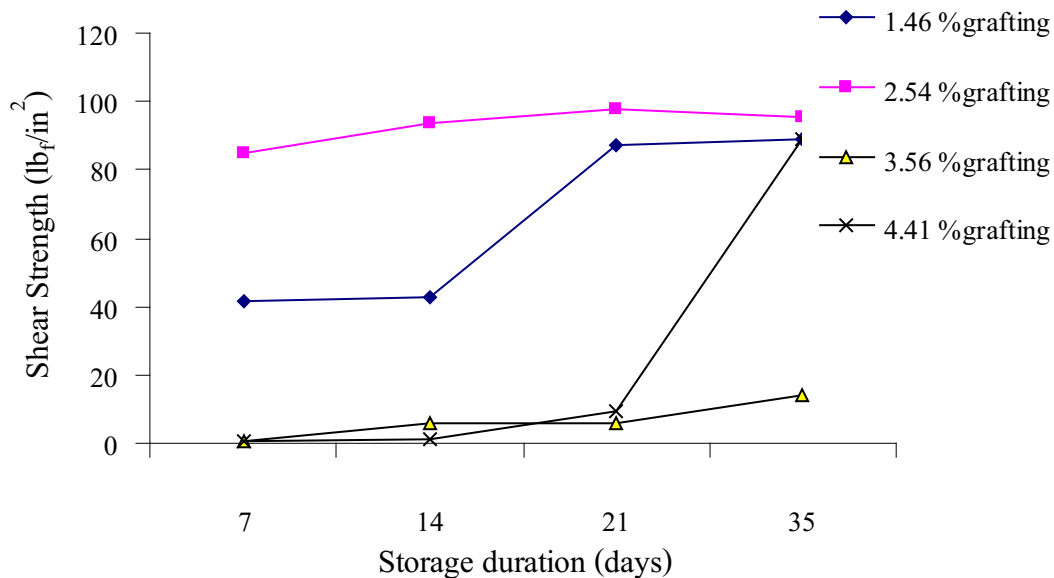
รูปที่ 2.42 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 10 phr)



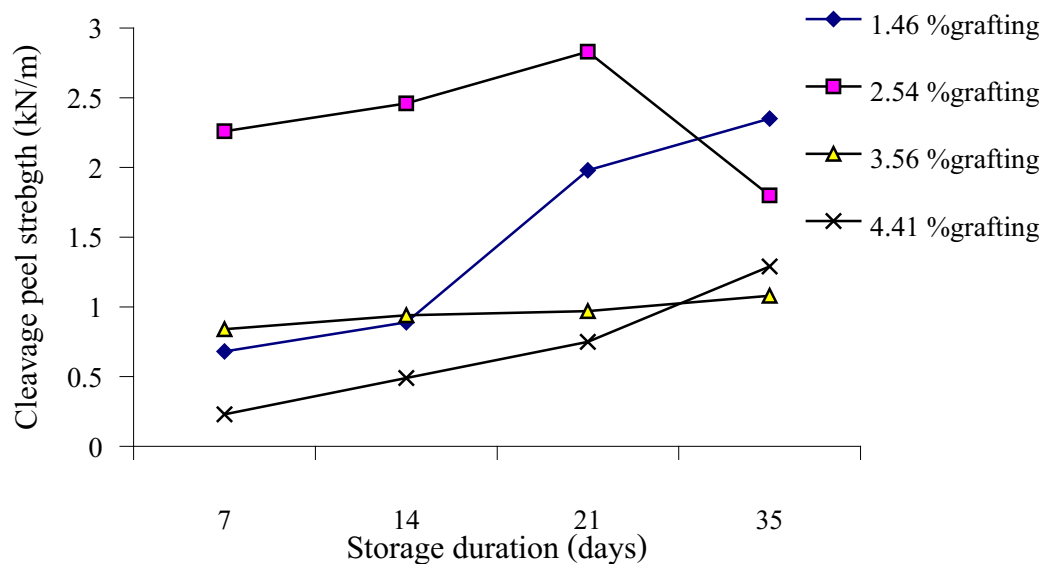
รูปที่ 2.43 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 10 phr)

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

ของยางธรรมชาติมาเลเทศ์ที่เหมาะสมในการใช้สังเคราะห์กาวคือ ยางธรรมชาติมาเลเทศ์ 2.54 %การกรร๊าฟต์และพบว่ากาวที่เตรียมจากธรรมชาติมาเลเทศ์ 2.54 %การกรร๊าฟต์เมื่ออายุการเก็บกาว 1 สัปดาห์ ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์กาว ยาง (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

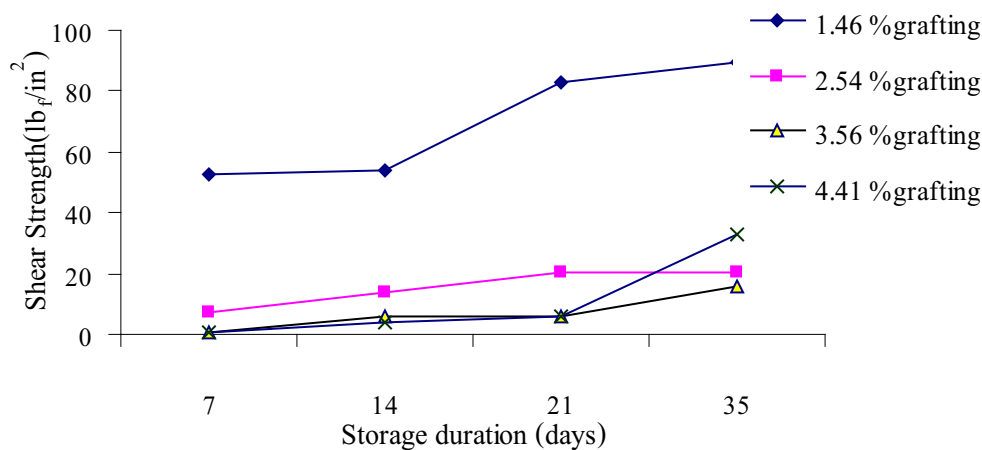


รูปที่ 2.44 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกรร๊าฟต์ (ใช้ wood rosin 20 phr)

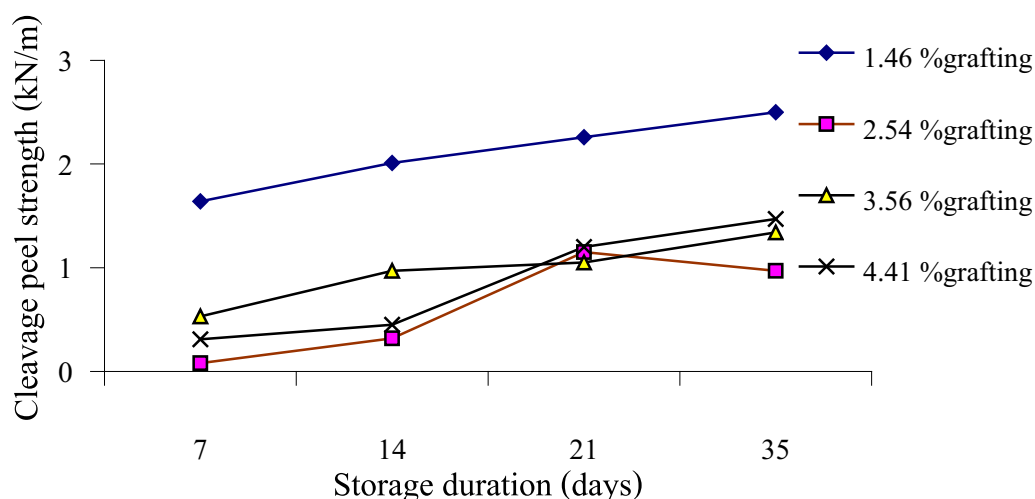


รูปที่ 2.45 : Cleavage peel strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกรร๊าฟต์ (ใช้ wood rosin 20 phr)

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 ซึ่งแสดงว่าปริมาณการกราฟต์ของยาง 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 ของกาวเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์กาวยาง (ตารางที่ 2.1) พบว่าค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือมีค่า Shear strength $89.48 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ Cleavage peel strength 2.26 kN/m

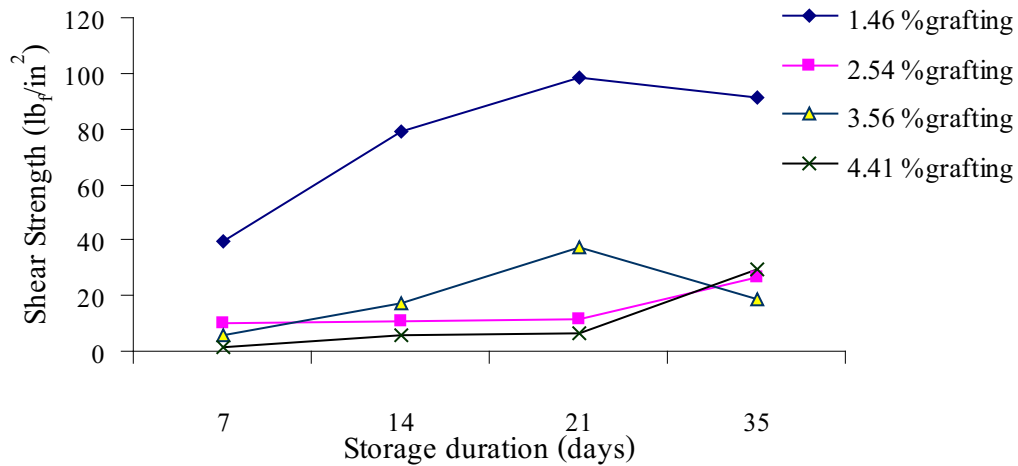


รูปที่ 2.46 : Shear strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 30 phr)

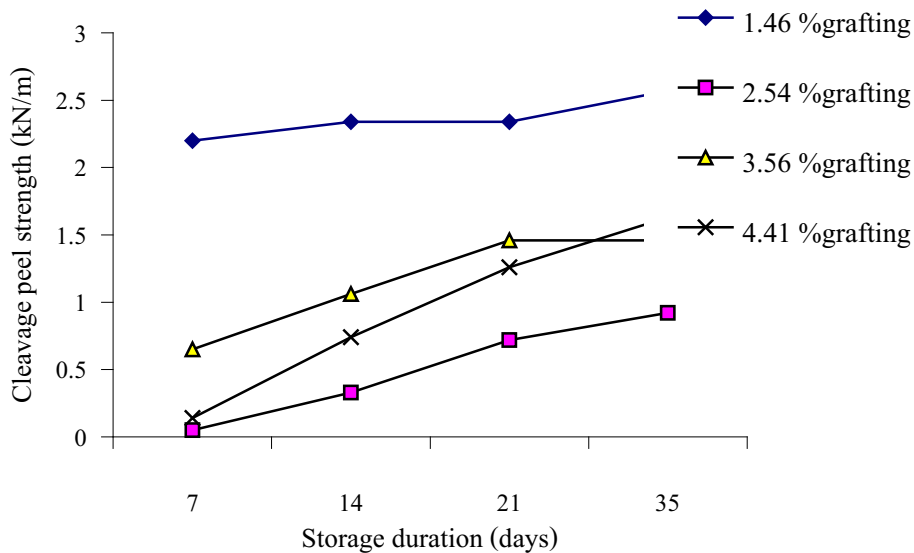


รูปที่ 2.47 : Cleavage Peel Strength ต่ออายุการเก็บเมื่อแปรปริมาณการกราฟต์ (ใช้ wood rosin 30 phr)

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 $89.48 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ 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_f/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_f/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 $113.89 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ และค่า Cleavage peel strength 4.92 kN/m ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุด และจากการที่ความหนืดของกาวที่ 20 เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นมีความหนืดสูงมากทั้งนี้เนื่องมาจากยางธรรมชาติมาเลเทศที่ใช้สังเคราะห์กาวละลายไม่ดีพอ ในขั้นตอนการสังเคราะห์กาวเมื่อเติม K-oleate ทำให้ K-oleate กับยางธรรมชาติมาเลเทศผสมเข้าด้วยกันไม่ดีจึงมีผลต่อกาวที่สังเคราะห์ได้ในด้านความหนืด ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength

3. สรุปผลการทดลอง

ปริมาณการกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลของยางธรรมชาติ (ยางธรรมชาติมาเลเทศ) หาจากอัตราส่วน $(A_{1854} + A_{1776-1779} + A_{1716}) / A_{836}$ เทียบกับกราฟมาตรฐาน NR/MAH physical mixture พบว่าปริมาณการกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลของยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาและปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์เพิ่มขึ้น

เตรียมยางธรรมชาติมาเลเทศเพื่อใช้สังเคราะห์กาวคือ ใช้ยางธรรมชาติ 5.0 กรัมในโทลูอีน 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

กาวที่สังเคราะห์จากยางธรรมชาติมาเลเทศที่มีการกราฟต์ 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

กาวที่สังเคราะห์จากยางมาเลเทศ 2.54 เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ เติม wood rosin 20 phr ค่า Shear Strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวมีค่าสูงสุดเท่ากับ $89.43 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ และ 2.26 kN/m เมื่อเก็บกาวได้ 1 สัปดาห์

กาวที่ผ่านมาตรฐาน มอก.521-2527 เมื่อเก็บกาวได้ 1 สัปดาห์ คือกาวที่สังเคราะห์จากยางมาเลเทศ 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

เอกสารอ้างอิง

- บุญธรรม นิธิอุทัย. 2530. ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และคุณสมบัติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- บุญธรรม นิธิอุทัย และคณะ. 2539. เทคโนโลยีน้ำยางข้น. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- ปรีชา เกียรติกระจาย. 2531. กาวและการยึดติดไม้. โครงการเผยแพร่ความรู้ทางวนผลิตภัณฑ์ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528. สารเคมีสำหรับยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- พรพรรณ นิธิอุทัย. 2534. ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ (คู่มือประกอบการเรียน). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์ และ พรสิทธิ์ วงศ์บุญอุทร. 2540. การเตรียมและสมบัติบางประการของยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ. ว. สงขลานครินทร์. 19(2) : 223-229.
- มะลิ อิทธิฤทธิ์กุล. 2534. การผลิตและการศึกษาสมบัติของยางเหลวที่เตรียมจากน้ำยาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยียาง ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 3.
- เรวดี แต่งเกลี้ยง. 2544. อายุการเก็บและการปรับปรุงการเซตตัวของกาวน้ำยาง. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- วรารณ์ ขจรไชยกูล. 2525. น้ำยาง. เอกสารฉบับที่ 109.
- วรารณ์ ขจรไชยกูล. 2530. กระบวนการผลิตภัณฑ์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 135. กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากยาง ศูนย์วิจัยยางสงขลา กรมวิชาการเกษตร.
- ชนาวดี ลีจากภัย. 2546. เกร็ดน่ารู้ของกาว. ว. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 89-92.
- สาวตรี รุจิชนพาณิชย์. 2525. ยางเหลว (liquid rubber) (online). Available: <http://scitech2.pn.psu.ac.th/polymer/4.5.1%202525.htm> (28 เม.ย. 2548).
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และ ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์. 2543. การปรับสมบัติน้ำยางธรรมชาติเพื่อทำผลิตภัณฑ์แบบขุบ. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2543, หน้า 3.
- สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2548. ยางพารา (online). Available: www.doae.go.th/plant/rubber.htm (20 ก.พ.48).

- อรสา ภัทรไพบูรณ์ไชย.2544. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 741-341 Adhesive and Adhesion คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.ปัตตานี
- อดิษฐ์ รุ่งวิชานวิวัฒน์. 2540. ยางและคุณสมบัติ. ว. ยางและพอลิเมอร์, 2 : 20.
- ASTM D 2339-94a. 1997. Chemical specialties and end use products., 15.06.
- ASTM D3807-93. 1997. Chemical specialties and end use products., 15.06.
- Eckelman, C.A. 2005. Brief survey of wood adhesives (online). Available: www.fur.purdue.edu/pub/online/fur154.pdf (28 April 2005).
- Funasaka, T., Ashihara, T., Maekawa, S., Ohno, S., Meguro, M., Nishino, T. and Nakamae, K.
1999. Adhesive ability and solvent solubility of propylene-butene copolymers modified with
maleic anhydride. Int. J. Adhesion and Adhesives., 19 : 367-371.
- Gelling, I.R. 1991. Epoxidised natural rubber. J. Nat. Rubb. Res., 6(3) 184-205.
- Golub, M. A. and Heller, J. 1963. The reaction of polyisoprene with titanium tetrachloride. Can. J.
Chem. 41 : 937.
- Grigoryeva, O.P. and Karger-Kocsis, J. 2000. Melt grafting of maleic anhydride onto an ethylene
propylene-diene terpolymer (EPDM). Eur. Polym. J., 36:1419-1429.
- Imam, S. H., Gordon, S. H., Mao, L. and Chen, L. 2001. Environmentally friendly wood adhesive
from a renewable plant polymer: characteristics and optimization. Polym. Degrad. Stab.,
73:529-533.
- John, N. and Joseph, R. 1998. Rubber solution adhesives for wood-to-wood bonding. J. Appl.
Polym. Sci., 68:1185-1189.
- Lim, J. G., Baik, J. H., Zhang, X. Q., Son, Y., Choi, W. M. and Park, O. O. 2002. A novel
preparation method of maleic anhydride grafted syndiotactic polystyrene and its blend
performance with nylon 6. Polymer Bulletin., 48:397-405.
- Nakason, C., Kaesama, A. and Supasanthitkul. P, 2004. The grafting of maleic anhydride onto
natural rubber. Polym. Test., 23:35-41.
- Thames, S. F. and Gupta, S. 2001. Synthesis and characterization of maleinized-silylated low
molecular weight guayule rubber (MASiGR). J. Appl. Polym. Sci., 81:754-761.
- Saelao, J. and Phinyocheep, P. 2004. Influence of styrene on grafting efficiency of maleic
anhydride onto natural rubber. J. Appl. Polym. Sci., 95:28-38.

ภาคผนวก 1 : ตารางเปรียบเทียบวัสดุประสงค์

วัสดุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อเตรียมยางธรรมชาติมา เลอะจากยางธรรมชาติ	1.เตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของมาเลอิก แอนไฮไดรด์บนยางธรรมชาติ นำยางธรรมชาติแห้ง 5 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 °C กวนด้วยอัตราเร็ว 130 รอบ/นาที ภาย ใต้บรรยากาศไนโตรเจน 1 ชั่วโมง จากนั้น เพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 °C เติมนมาเลอิกแอนไฮ ไดรด์ 1, 2, 3 และ 4 phr และตัวริเริ่ม ปฏิกิริยา BPO 0.1 phr ที่เวลา 1, 1.5, 2, 2.5, 3 ชั่วโมง ดูดสารผสมปฏิกิริยาประมาณ 5 มิลลิลิตร นำไปจับด้วยอะซิโตน จากนั้น อบที่ 40 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่ปร ปริมาณ BPO เป็น 0.2 phr	1. การเตรียมยางธรรมชาติมาเลอะจากยางธรรม ชาติ นำยางธรรมชาติแห้ง 5 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 °C กวนด้วยอัตราเร็ว 130 รอบ/นาที ภายใต้อากาศไนโตรเจน 1 ชั่วโมง จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 °C เติมตัวริเริ่ม ปฏิกิริยา BPO 3 phr และมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr ดูดสารผสมปฏิกิริยาประมาณ 20 มิลลิลิตร ที่เวลา 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ชั่วโมง นำ ไปจับด้วยอะซิโตน จากนั้นอบที่ 40 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	จากการเตรียมยางธรรมชาติมาเลอะโดยใช้มาเลอิกแอน ไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ 3 phr ที่ อุณหภูมิ 80 °C ที่เวลา 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ชั่วโมง ปฏิกิริยาเริ่มจากตัวริเริ่มปฏิกิริยา BPO แดกด้วย ความร้อนเป็นอนุพลีนิลซึ่งได้โปรตอนบนสายโซ่ยางธรรม ชาติที่ตำแหน่ง allylic เกิดอนุมูลของยางธรรมชาติซึ่งจะทำ ปฏิกิริยาต่อกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ เกิดเป็นอนุมูลใหญ่ของ succinic anhydride ที่ติดอยู่บนสายโซ่ยางธรรมชาติขั้นสุด ท้ายเกิดการย้ายสายโซ่ของอนุมูลอิสระไปยังสายโซ่ยางธรรม ชาติสายโซ่อื่นได้กราฟต์โคพอลิเมอร์ของมาเลอิกแอนไฮ ไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติ
2. เพื่อศึกษาสมบัติของยาง ธรรมชาติมาเลอะ	2.ศึกษาสมบัติของกราฟต์โคพอลิเมอร์ 2.1 การหาปริมาณการเกาะติดของมาเลอิก แอนไฮไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติ 2.1.1 ทำกราฟฟมาตรฐานของ NR/maleic	2. ศึกษาสมบัติของยางธรรมชาติมาเลอะ 2.1 การหาปริมาณการเกาะติดของมาเลอิกแอนไฮ ไดรด์บนโมเลกุลยางธรรมชาติ นำพอลิเมอร์ที่ได้ผ่านการทำให้บริสุทธิ์หนัก	จากการนำยางธรรมชาติ 5 กรัมละลายในโทลูอีน 100 มล. ผสมกับเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ 3 phr มาเลอิกแอนไฮ ไดรด์ 4, 6 และ 8 phr ที่อุณหภูมิ 80 °C ที่เวลา 1, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ชั่วโมง หา % grafting ที่เวลาต่าง ๆ โดยเทียบกับ

	acid physical mixture เตรียม physical mixture ของ NR/maleic acid โดยใช้กรดมาเลอิก 2, 4, 6, 8 และ 10 phr ในคลอโรฟอร์ม โดยการกวนที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งตัวทำละลายระเหยหมด นำสารผสมไปวัด FTIR spectrum เขียนกราฟสัดส่วนของ A_{1707}/A_{835} กับความเข้มข้นของกรดมาเลอิก 2.1.2 หาปริมาณการกราฟ หาปริมาณการกราฟมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนโมเลกุลของธรรมชาติ การนำสารละลาย NR-g-MAH ในโทลูอีนมาเติมน้ำ แล้วรีฟลักซ์ 1 ชั่วโมง เพื่อไฮโดรไลซ์เป็นกรดมาเลอิก จับตัว NR-g-MAH ด้วยอะซิโตน ทำให้แห้งแล้วนำไปวัด FTIR เพื่อหาสัดส่วนของ A_{1707}/A_{835} แล้วนำไปหาปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่กราฟจากกราฟมาตรฐาน 2.1.3 หาสัดส่วนการเกิดเจล สกัดตัวอย่างโคพอลิเมอร์ที่ได้ด้วยโทลูอีนที่ 110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อบตัว	0.1 กรัม ละลายในคลอโรฟอร์ม 10 มิลลิลิตรในภาชนะปิดที่ไว้ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาหยดบนเซลล์ NaCl ระเหยตัวทำละลายออกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR คำนวณอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลจกลืน 1716, 1776-1779 และ 1854 cm^{-1} กับเลจกลืน 836 cm^{-1} 2.2 การทำกราฟมาตรฐานของ NR/maleic anhydride physical mixture เตรียม physical mixture ของ NR/maleic anhydride โดยใช้ของธรรมชาติผสมกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 2, 4, 6, 8 และ 10 phr หยดคลอโรฟอร์มลงไปเล็กน้อย โดยการกวนที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งตัวทำละลายระเหยหมด นำสารผสมไปวัด FTIR spectrum เขียนกราฟสัดส่วนของ $A_{1716} + A_{1781} + A_{1854}/A_{836}$ กับความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 2.3 หาเปอร์เซ็นต์เจล สกัดตัวอย่างโคพอลิเมอร์ที่ได้ด้วยโทลูอีนที่ 110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อบตัวอย่างที่สกัดได้	กราฟมาตรฐานของ NR/maleic anhydride physical mixture พบว่าเมื่อปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่ใช้เพิ่มขึ้น ปริมาณการกราฟจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 8 phr ที่เวลา 3 ชั่วโมงมีปริมาณการกราฟที่สูงสุด 6.93%
--	--	--	--

จากการหา % การเกิดเจลกับปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 4, 6 และ 8 phr ที่เวลาต่าง ๆ พบว่าเจลเกิดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์เพิ่มขึ้น เมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 8 phr ที่เวลา 3 ชั่วโมงมีปริมาณการกราฟที่สูงสุด 6.93%

3.เพื่อศึกษาการเตรียมกาวติดไม้จากยางธรรมชาติมาเลเทศในสภาวะอิมัลชัน	อย่างที่ได้ให้แจ้งมีน้ำหนักที่	ให้แจ้งมีน้ำหนักที่	ใส่ไครต์ 4 และ 6 phr ไม่มีเจลดิจิน
3.เตรียมกาวจากยางธรรมชาติมาเลเทศ 3.1 เตรียมกาวสูตรต่าง ๆ ในสภาวะอิมัลชัน ซึ่งประกอบด้วย NR-g-MAH (1%, 2%, 3% และ 4% grafting), 20 % K-oleate 5 phr, diphenylamine 1 phr และ wood resin ในโทลูอินโดยแปรปริมาณ wood resin 10-40 phr 3.2 ศึกษาผลของความเข้มข้น NR-g-MA ต่อสมบัติของกาว เตรียมกาวตามสูตรที่ให้แรงยึดติดกับไม้สูงที่สุด โดยแปรปริมาณของเนื้อกาว 10, 20, 30 และ 40 %	3.เตรียมกาวจากยางธรรมชาติมาเลเทศ 3.1 เตรียมกาวตามสูตรต่าง ๆ ออกสูตรการเตรียมกาวจากยางธรรมชาติมาเลเทศ (maleated natural rubber, MNR) หรือเรียกว่า ยางธรรมชาติกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์และส่วนประกอบอื่น ๆ ดังนี้: MNR (NR-g-MAH) 100 g, 20 % K-oleate 5 g, Diphenylamine 1 g, Wood resin 0-40 g และ โทลูอิน 1,000 mL.	3.เตรียมกาวจากยางธรรมชาติมาเลเทศ 3.1 เตรียมกาวตามสูตรต่าง ๆ ออกสูตรการเตรียมกาวจากยางธรรมชาติมาเลเทศ (maleated natural rubber, MNR) หรือเรียกว่า ยางธรรมชาติกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์และส่วนประกอบอื่น ๆ ดังนี้: MNR (NR-g-MAH) 100 g, 20 % K-oleate 5 g, Diphenylamine 1 g, Wood resin 0-40 g และ โทลูอิน 1,000 mL.	จากการนำยางธรรมชาติมาเลเทศ (%การกริฟต์ 1.46, 2.54, 3.56 และ 4.41) มาออกสูตรกาวโดยใช้ 5 phr โฟเตสซีเอ็มโอเลอเตด, 1 phr ไดฟีนิลเอมีน ละลายในโทลูอิน 50 มิลลิลิตร เติมน้ำ wood rosin เพื่อเพิ่มความเหนียวโดยแปรปริมาณ wood rosin 0, 10, 20, 30, และ 40 phr ได้กาวที่มีลักษณะเหนียวขึ้น จำนวน 20 สูตร
4.เพื่อศึกษาสมบัติของกาว 4.1 ศึกษาสมบัติของกาว 4.2 ศึกษาสมบัติของกาว 4.3 ศึกษาสมบัติของกาว 4.4 ศึกษาสมบัติของกาว 4.5 ศึกษาสมบัติของกาว	4.ศึกษาสมบัติของกาว 4.1 ศึกษาค่าความเหนียวต่อการยึดเกาะของกาว 4.2 ศึกษาของ pH ต่ออายุการเก็บของกาว 4.3 ทดสอบกาวด้าน shear strength นำโคพอลิเมอร์ที่ได้ทาบนชิ้นทดสอบไม้อัด ขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 2.2 นิ้ว หน้า 5 มิลลิเมตร ร่อนผิวหน้าของกาวแห้งหมด	4.ศึกษาผลของปริมาณ MNR ต่อสมบัติของกาว เตรียมกาวตามสูตรที่ให้แรงยึดติดกับไม้สูงที่สุด โดยแปรปริมาณของเนื้อกาว 10, 20 และ 30 % ความเข้มข้น ศึกษาสมบัติของกาวทางด้าน 4.1 ผลของอายุการเก็บกาวต่อความเหนียวของกาว โดยวัดค่าความเหนียวของกาวด้วยเครื่อง วัดความ	ความเหนียวของกาวเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาการเก็บกาวนานขึ้น และการสูตรที่ไม่เติม wood resin ความเหนียวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บกาวได้ 1 อาทิตย์ ส่วนกาวที่เติม wood resin ความเหนียวของกาวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยถึงแม้ว่าจะเก็บกาวเป็นเวลา 4 อาทิตย์ การมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.02-8.37 เมื่อแปรปริมาณ wood resin ค่า pH ของกาวเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แสดงว่า pH

	จากนั้นประกบแผ่นไม้อัดทั้งสองเข้าด้วยกัน ในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ไม้ 5 ชิ้น จากนั้นร่อนกาวเซตตัวแล้วนำไปทดสอบการดึงเชื่อมด้วยเครื่อง tensometer รายงานผลการทดลองที่ได้ในหน่วย lb/in^2 4.4 ทดสอบกาวด้าน cleavage peel strength นำกาวที่เตรียมได้ทาบนชิ้นทดสอบไม้อัดขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 8 นิ้วหนา 5 มิลลิเมตร ที่เตรียมไว้ทั้งสองชิ้น ร่อนผิวหน้าของกาวทั้งหมด จากนั้นประกบแผ่นไม้อัดทั้งสองเข้าด้วยกัน ในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ไม้ 5 ชิ้น จากนั้นร่อนกาวเซตตัวแล้วนำไปทดสอบการดึงเชื่อมด้วยเครื่อง tensometer รายงานผลการทดลองที่ได้ในหน่วย kN/m 4.5 ทดสอบสมบัติการทนต่อน้ำ เตรียมชิ้นไม้อัดทดสอบขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว 5 มิลลิเมตร โดยนำชิ้นไม้อัดมาตากาว รอให้กาวเซตตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลาจนกระทั่งไม้อัดหลุดออกจาก	หนึ่งแบบ Brookfield Engineering Laboratories ที่เวลาการเก็บกาว 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน 4.2 ผลของอายุการเก็บต่อ pH ของกาว โดยวัดค่า pH ของกาวด้วยเครื่อง pH meter ที่เวลาการเก็บกาว 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน 4.3 ทดสอบกาวด้าน shear strength ตามมาตรฐาน ASTM D2339-94a ต่ออายุการเก็บของกาวทุกสัปดาห์ โดยหากาวบนไม้อัดชิ้นทดสอบทั้ง 2 แผ่น จากนั้นนำมาประกบกันทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง ($23 \pm 1^\circ\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์ $50 \pm 2\%$ ไม้อัดที่ใช้ทดสอบมีขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 2.2 นิ้ว หนา 5 มิลลิเมตร ในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ 5 ซ้ำ แล้วนำไปทดสอบการดึงเชื่อมด้วยเครื่อง tensometer รายงานผลในหน่วยแรงต่อพื้นที่ทดสอบ (lb/in^2)	ของกาว ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณ wood resin และอายุการเก็บ จากการทดสอบความสามารถทนทานต่อน้ำพบว่า กาวทุกสูตรสามารถทนทานต่อน้ำนานกว่า 30 วัน กาวที่เตรียมจากการใช้ยางมาเลอท (2.54 %การกรรพาด์) wood rosin 20 phr ค่า Shear strength และค่า Cleavage peel strength ของกาวมีค่าสูงสุดเท่ากับ $89.43 \text{ lb}/\text{in}^2$ และ $2.26 \text{ kN}/\text{m}$ เมื่อเก็บกาวได้ 1 สัปดาห์
--	---	---	---