บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเสริมแรง N220 N330 และ Hi Sil-233 ต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติ

ค่าความต้านทานต่อแรงดึง และ 300% มอดุลัส ของยางธรรมชาติที่ใช้ N220 > N330 > Hi-Sil 233 ตามลำดับ ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความแข็ง ระยะยืด ณ จุดขาด เวลาการวัลคาไนซ์ (t_{C90}) และ เวลายางคอมปาวด์สุกก่อนกำหนด (t_{S2}) ของยางธรรมชาติที่ใช้ Hi-Sil 233 > N220 > N330 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานต่อแรงดึง 300% มอดุลัส ระยะยืด ณ จุดขาด หลังการบ่มเร่งของยางธรรมชาติที่ใช้ N330 > N220 > Hi-Sil 233 ส่วนความต้านทานต่อการสึกหรอที่ปริมาณสารเสริมแรง 10 และ 20 phr ยางธรรมชาติที่ใช้ Hi-Sil 233 > N220 > N330 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสารตัวเติมเป็น 30 และ 40 phr ยางธรรมชาติที่ใช้ N220 > N330 > Hi-Sil 233 ตามลำดับ

5.1.2 อิทธิพลของปริมาณ Silane Coupling Agent ชนิด Si-69 ต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติ

การเพิ่มปริมาณ Si-69 จะส่งผลให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึง 300% มอดุลัส ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความแข็ง เวลาการวัลคาไนซ์ และเวลายางคอมปาวด์สุกก่อนกำหนด มีค่าสูงขึ้น แต่ค่าความหนืดมูนนีมีแนวโน้มลดลง เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานต่อแรงดึง 300% มอดุลัส และ ระยะยืด ณ จุดขาด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนปริมาณของ Si-69 ไม่ได้ส่งผลต่อค่า ระยะยืด ณ จุดขาด และความต้านทานต่อการสึกหรอมากนักแต่ก็มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มปริมาณ Si-69

5.1.3 สรุปอิทธิพลของสารป้องกันยางเสื่อมชนิดต่างๆ ต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติ เรียงตามลำดับจากสูงไปต่ำได้ดังนี้

1. ความต้านทานต่อแรงดึง : Vulcanox BKF > Wingstay-L > 6PPD > TMQ
2. 300% มอดุลัส: 6PPD > Vulcanox BKF > TMQ > Wingstay-L
3. ระยะยืด ณ จุดขาด: Vulcanox BKF > TMQ > Wingstay-L > 6PPD
4. ความต้านทานต่อแรงดึง ที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการบ่มเร่ง : Vulcanox BKF > Wingstay-L > TMQ > 6PPD
5. 300% มอดุลัส ที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการบ่มเร่ง : Wingstay-L > TMQ > 6PPD > Vulcanox BKF
6. ระยะยืด ณ จุดขาด ที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการบ่มเร่ง : 6PPD > Wingstay-L > TMQ > Vulcanox BKF
7. ความต้านทานต่อโอโซน: Vulcanox BKF > Wingstay-L > 6PPD > TMQ
8. ความต้านทานต่อการหักงอ : 6PPD > Vulcanox BKF > Wingstay-L > TMQ
9. ความต้านทานต่อการขยายตัวของรอยแตก : Vulcanox BKF > 6PPD > TMQ > Wingstay-L

5.1.4 อิทธิพลของปริมาณ Paraffin wax ต่อสมบัติความต้านทานต่อโอโซนของยางธรรมชาติ

เมื่อเพิ่มปริมาณ Paraffin wax มีผลทำให้ยางธรรมชาติทนต่อโอโซนได้ดีขึ้น แต่ถ้าใส่ Paraffin wax มากเกิน 2 phr จะเกิดการซึมออกมาที่ผิวยาง แต่ถ้าใส่ wax น้อยกว่า 1 phr ยางธรรมชาติจะเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีคล้ำขึ้นและเกิดรอยแตกขึ้นที่ผิวของยางธรรมชาติ

5.1.5 อิทธิพลของสัดส่วนยางผสม (EPDM/NR) ต่อสมบัติทางกายภาพของยางผสม

เมื่อเพิ่มยาง EPDM ส่งผลให้ค่าความหนืดมูนนี ความแข็ง เวลาการวัลคาไนซ์ และ เวลายางคอมปาวด์สุกก่อนกำหนด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าความต้านทานต่อแรงดึง 300% มอดุลัส ระยะยืด ณ จุดขาด ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความต้านทานต่อการสึกหรอ ความต้านทานต่อการหักงอ และความต้านทานต่อการขยายตัวของรอยแตก มีแนวโน้มลดลง ที่ปริมาณยาง 20% EPDM ขึ้นไปยางจะไม่เกิดรอยแตกเมื่ออบด้วยความเข้มข้นโอโซน 50 pphm ส่วนเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานต่อแรงดึง และ 300% มอดุลัส มีแนวโน้มลดลง แต่เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า ระยะยืด ณ จุดขาด มีแนวโน้มสูงขึ้น

5.1.6 อิทธิพลของปริมาณสารเสริมแรง (N220 N330 และ Hi-Sil 233) สัดส่วนยางผสม EPDM/NR และสารช่วยยึดติดระหว่างยางกับซิลิกา (Si-69) ต่อสมบัติการติดประสานระหว่างยางกับผ้าใบไนลอนและผ้าฝ้าย

ตัวอย่างที่ใช้ผ้าใบไนลอนจะให้ ค่าความแข็งแรงของการติดประสานระหว่างยางกับผ้าใบ สูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ผ้าฝ้าย และค่าความแข็งแรงของการติดประสานระหว่างยางกับผ้าฝ้ายมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณสารเสริมแรง และ Si-69 แต่ในทางตรงกันข้ามค่าความแข็งแรงของการติดประสานระหว่างยางกับผ้าใบไนลอนมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของการติดประสานระหว่างยางกับผ้าใบ ของยางที่ใช้สารเสริมแรงต่างชนิดกัน พบว่าค่าความแข็งแรงของการติดประสานระหว่างยางกับผ้าใบไนลอนและผ้าฝ้าย ของยางที่ใช้ Hi-Sil 233 > N220 > N330 ส่วนค่าความแข็งแรงของการติดประสานระหว่างยางผสมกับผ้าใบไนลอนและผ้าฝ้าย มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณยาง EPDM

5.1.7 อิทธิพลของกาวยางธรรมชาติ ต่อสมบัติการยึดติดระหว่างยางธรรมชาติกับผ้าฝ้าย

เมื่อทากาวยางธรรมชาติ (Rubber adhesive) ลงบนผ้าฝ้ายก่อนที่จะเคลือบด้วยยางคอมปาวด์ พบว่าค่าความแข็งแรงของการติดประสานระหว่างยางธรรมชาติกับผ้าฝ้ายมีค่าสูงขึ้น และสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ใช้กาวยางธรรมชาติ

5.1.8 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มความเหนียว ต่อสมบัติการยึดติดระหว่างชั้นของผ้าใบ

เมื่อเพิ่มปริมาณสารเพิ่มความเหนียวจะทำให้ ค่าความต้านทานต่อแรงดึง 300% มอดุลัส และ ความหนืดมูนนี มีแนวโน้มลดลง แต่ค่าระยะยืด ณ จุดขาด กลับมีค่าเพิ่มขึ้น และที่ปริมาณสารเพิ่มความเหนียวเท่ากันพบว่า ยางธรรมชาติที่ใช้สารเพิ่มความเหนียวชนิดคูมาโรนเรซิน จะให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึง 300% มอดุลัส และความหนืดมูนนี สูงกว่ายางธรรมชาติที่ใช้ชันสน แต่ในทางกลับกันค่าระยะยืด ณ จุดขาด ของยางธรรมชาติที่ใช้ชันสนมีค่าสูงกว่า คูมาโรนเรซิน ส่วนค่าความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างชั้นของผ้าใบไนลอน ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารเพิ่มความเหนียว แต่เมื่อใช้ผ้าฝ้ายกลับมีค่าการยึดติดระหว่างชั้นของผ้าใบเพิ่มขึ้น ส่วนยางธรรมชาติที่ใช้สารเพิ่มความเหนียวชนิดชันสนจะยึดติดกับผ้าฝ้ายได้ดีกว่ายางธรรมชาติที่ใช้คูมาโรนเรซิน แต่ในทางกลับกันยางธรรมชาติที่ใช้คูมาโรนเรซินจะให้ค่าการยึดติดกับผ้าใบไนลอนดีกว่ายางที่ใช้ชันสน

5.1.9 เปรียบเทียบเทคนิคการเคลือบยางลงบนผ้าใบด้วยเครื่องรีดยาง 3 ลูกกลิ้ง และการเคลือบโดยใช้สารละลายกาวยาง (Rubber adhesive)

เทคนิคการเคลือบยางลงบนผ้าใบด้วยเครื่องรีดยาง 3 ลูกกลิ้ง จะให้ค่าความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างชั้นผ้าใบสูงกว่าเทคนิคการเคลือบด้วยสารละลายกาวยาง ส่วนผ้าใบไนลอนที่เคลือบด้วยเครื่องรีดยาง 3 ลูกกลิ้งจะให้ค่าความแข็งแรงของการยึดติดสูงกว่าผ้าใบไนลอนที่เคลือบด้วยเทคนิคสารละลายกาวยาง แต่เมื่อใช้ผ้าฝ้ายพบว่าเทคนิคการเคลือบผ้าใบด้วยสารละลายกาวยางจะให้ค่าสูงกว่าผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยเครื่องรีดยาง 3 ลูกกลิ้ง อย่างไรก็ตามเทคนิคการเคลือบยางลงบนผ้าใบทั้งสองวิธี จะให้ค่าความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างชั้นผ้าใบไนลอนสูงกว่าผ้าฝ้าย

5.1.10 อิทธิพลของทิศทางการวางตัวของเส้นใยทำมุมในแนว $\pm 45^{o}$ และ $0^{o}/90^{o}$ ต่อความแข็งแรงของผ้าใบไนลอน และผ้าฝ้าย

ผ้าใบไนลอนจะมีความทนต่อแรงดึงสูงเมื่อให้เส้นใยวางตัวทำมุมในแนว $0^{o}/90^{o}$ ส่วนผ้าฝ้ายจะมีความทนต่อแรงดึงสูงสุดเมื่อให้เส้นใยวางตัวทำมุมในแนว $\pm 45^{o}$ เมื่อเปรียบเทียบความทนต่อแรงดึงระหว่างผ้าใบไนลอนกับผ้าฝ้าย พบว่าผ้าใบไนลอนจะมีความทนต่อแรงดึงสูงกว่าผ้าฝ้ายในกรณีที่ให้ทิศทางการวางตัวของเส้นใยอยู่ในแนว $0^{o}/90^{o}$ แต่เมื่อให้ทิศทางการวางตัวของเส้นใยในแนว $\pm 45^{o}$ พบว่าผ้าฝ้ายจะมีความทนต่อแรงดึงสูงกว่าผ้าใบไนลอน

จากผลการทดลองผู้วิจัยได้เลือกใช้ผ้าใบชนิดผ้าใบไนลอน และสูตรยางชั้นผิวหน้า กับสูตรยางระหว่างชั้นผ้าใบ แสดงในตารางที่ 5.1 เพื่อผลิตเป็นถุงบรรจุน้ำ

ตารางที่ 5.1 สูตรยางที่ใช้เคลือบลงบนผ้าใบไนลอนเพื่อผลิตเป็นถุงบรรจุน้ำ

สารเคมี	ปริมาณ (phr)	
	สูตรยางชั้นผิวหน้า	สูตรยางระหว่างชั้นผ้าใบ
RSS No.3	100	100
Sulphur	2.5	1.5
Stearic acid	2	2
Zinc oxide	5	5
Hi Sil 233	30	10
CBS, 6PPD	1	1
TMTM	0.2	0.2
Si-69	0.9	-
PEG 4000	1.8	0.6
Paraffin wax	2	-
Spindle oil	3	3

หมายเหตุ ในงานวิจัยนี้ใช้ผ้าใบไนลอน 1 ชั้น และสูตรยางที่ใช้เคลือบผ้าใบจะใช้สูตรยางชั้นผิวหน้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ส่วนสูตรยางระหว่างชั้นผ้าใบ จะใช้ในกรณีที่มีผ้าใบหลายๆ ชั้น และในกรณีที่ใช้ผ้าฝ้ายจะต้องใช้กาวยางเคลือบลงบนผ้าฝ้ายก่อนเพื่อเพิ่มการยึดติด หรือใช้สูตรยางที่มีปริมาณสารเพิ่มความเหนียวชนิดชันสนในปริมาณ 5 phr ขึ้นไป ส่วนปริมาณซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ควรไม่เกิน 3 phr เนื่องมาจากความเป็นพิษ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาอิทธิพลของ $CaCO_3$ และ Clay เพื่อนำมาเป็นสารตัวเติมลดต้นทุน

5.2.2 ศึกษาการยึดติดระหว่างยางธรรมชาติกับโลหะ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ยึดติดฝาที่เป็นโลหะ

5.2.3 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติการติดประสานระหว่างยางธรรมชาติกับผ้าใบชนิดผ้าใบไนลอน ผ้าฝ้ายและผ้าใบพอลิเอสเทอร์

5.2.4 ศึกษาเทคนิคการเย็บผ้าต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่อ