

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 บทนำตั้งเรื่อง

ยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบที่มีมากในประเทศไทย โดยมีการผลิตและส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่งของโลกตั้งแต่ปี พ.ศ.2534 แต่ประเทศไทยใช้ยางธรรมชาติเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางใช้ในประเทศเพียงแค่ร้อยละ 10 อีกร้อยละ 90 เป็นการส่งออก ขณะเดียวกันประเทศไทยก็ต้องมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ยางจากต่างประเทศมูลค่ากว่า 15,683 ล้านบาท (สถาบันวิจัยยาง, 2548) ถ้าประเทศไทยมีการนำยางธรรมชาติมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ใช้เองในประเทศและส่งออกก็จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับประเทศและส่งเสริมให้คนมีงานทำ เมื่อพิจารณาถึงวัตถุดิบหลักที่นำมาใช้ในการผลิต พบว่าผลิตภัณฑ์หลายชนิดสามารถผลิตได้ทั้งด้วยยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ยางทั้งสองประเภทนี้มีทั้งข้อเด่นและข้อด้อยที่แตกต่างกัน ยางสังเคราะห์มีข้อเด่น คือ ทนต่อความร้อน ทนต่อน้ำมัน โอโซน และสารเคมีบางชนิด ส่วนยางธรรมชาติมีข้อเด่น คือ มีสมบัติเชิงกลที่ดี มีความทนต่อแรงดึง ทนต่อการสึกหรอ ราคาถูก และมีการยึดติดที่ดีกับเนื้อผ้า แต่ผู้บริโภคส่วนใหญ่มักหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางสังเคราะห์ แม้ว่าจะมีราคาสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติก็ตาม เพราะผู้บริโภคไม่มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติจะมีประสิทธิภาพ หรือความทนทานในการใช้งานเทียบเท่ากับยางสังเคราะห์ได้หรือไม่ แต่ในปัจจุบันนี้ยางธรรมชาติสามารถทำให้มีสมบัติใกล้เคียงกับยางสังเคราะห์ได้ด้วยการเติมสารเคมี สารตัวเติม หรือทำยางผสม ยางธรรมชาติสามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่างโดยอาศัยสมบัติที่เด่นของยางธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนสมบัติที่ด้อยสามารถปรับปรุงได้ โดยปกติแล้วมีการนำยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์มาใช้ประโยชน์ทำเป็นผลิตภัณฑ์เคลือบผ้า เช่น ยางปูอ่างเก็บน้ำ ฝายยาง เชื้อนยางกันน้ำ บอลลูน และเรือยางเป็นต้น (บุญธรรม และชลดา, 2541) อย่างไรก็ตามก็ยังไม่มีการนำยางเคลือบผ้ามาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์เก็บน้ำอย่างจริงจังไม่ว่าจะเป็นทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนั้นจึงได้มีการคิดที่จะนำเอายางธรรมชาติมาเคลือบลงบนผ้า เพื่อพัฒนาเป็นถุงเก็บน้ำที่สามารถพับเก็บได้ง่าย เคลื่อนย้ายได้สะดวก และใช้ในถิ่นทุรกันดารได้เป็นอย่างดี

## 1.2 การตรวจเอกสาร

Canter and Blaskiewicz (1976) ได้ศึกษา การติดประสานของยางโอเลฟิน โคพอลิเมอร์ กับผ้าใบไนลอน โดยการนำยาง Halogenated EPDM (ซึ่งเตรียมได้โดยนำยาง EPDM มาผสมกับ N-Haloamide หรือ N,N'-Dichloro-*P*-toluene Sulfonamide) มาบดผสมกับสารเร่ง สารตัวเติม กำมะถันและ Resorcinol-aldehyde ที่มีปริมาณ Aldehyde 2-4 carbon atom จากนั้นนำไปเคลือบลงบนผ้าใบไนลอน แล้วทำการวัลคาไนซ์ด้วยระบบเตาอบอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 350 °F เวลา 1 hr ผ้าใบที่ผ่านการเคลือบยางแล้ว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำถุงลมในรถยนต์และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผ้าใบเสริมแรง เช่น ยางรถยนต์ และท่อต่างๆ เป็นต้น

Elmer (1977) ได้ศึกษาการติดประสานของยางกับเส้นใยแก้ว (Glass fibers) โดยการนำสารละลายต่างผสมในยาง Rubbery vinyl pyridine copolymer (1,3-butadiene 60-80%, styrene 7-32%, 2-vinyl pyridine 45-22%) และละลายด้วยน้ำแล้วเติม O-Cresol-formaldehyde-resorcinol resin จากนั้นนำเส้นใยแก้วจุ่มในสารละลายยางคอมปาวด์เพียงครั้งเดียว แล้วทำให้แห้งจากนั้นนำไปให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการคงรูป ภายหลังจากทำให้คงรูปแล้วนำเส้นใยแก้วที่ผ่านการเคลือบแล้วไปประกอบเข้าด้วยกันด้วยเครื่องรีดยาง (Calender) จะได้เป็นแผ่นยางบางๆ ที่เคลือบบนผิวของเส้นใยแก้ว การติดประสานของยางกับเส้นใยแก้วเป็นการยึดกันของพันธะระหว่างโมเลกุลในสายโซ่หลักของยางกับเส้นใยแก้ว

Gardner (1978) ได้ศึกษาการนำยางธรรมชาติมาเคลือบบนผิวหน้าของผ้าใบ พอลิเอสเตอร์ และ ไนลอน เพื่อต้องการความต้านทานการซึมผ่านของน้ำ ผ้าใบที่เคลือบยางแล้วสามารถทำให้คงรูปได้โดยผ่านความร้อนภายใต้การดึงยืด 20-30% จุดประสงค์ของการดึงยืดเพื่อลดหรือจัดเส้น ค่ายที่ละเอียดระหว่างช่องว่างของสิ่งทอ ภายหลังจากการเคลือบยางลงบนผ้าใบจะทำให้ผ้าใบมีลักษณะเฉพาะ คือ ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและทนการซึมผ่านของน้ำ

Neubert (1981) ได้ศึกษาการติดประสานของยางกับเส้นด้ายประเภทพอลิเอไมด์ และ พอลิเอสเตอร์ โดยการนำสารละลายต่างผสมในยาง Rubbery vinyl pyridine copolymer (1,3-butadiene 47-69%, styrene 23-52%, 2-vinyl pyridine 1-8%) และละลายด้วยน้ำแล้วเติม Phenolic resin จากนั้นนำเส้นด้ายพอลิเอไมด์ และ พอลิเอสเตอร์ จุ่มในสารละลายยางคอมปาวด์เพียงครั้งเดียวแล้วทำให้แห้ง จากนั้นนำไปให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการคงรูป ภายหลังจากทำให้คงรูปแล้วนำเส้นด้ายที่ผ่านการเคลือบแล้วไปประกอบเข้าด้วยกันด้วยเครื่องรีดยาง (Calender) จะได้เป็นแผ่นยางบางๆ ที่เคลือบบนผิวของเส้นด้าย การติดประสานของยางกับเส้นด้ายพอลิเอไมด์ และ พอลิเอสเตอร์ เป็นการยึดกันของพันธะระหว่างโมเลกุลในสายโซ่หลักของยางกับเส้นด้าย

Sogabe *et al.* (1986) ได้ศึกษาการนำยางมาเคลือบบนผ้าใบในลอน โดยเคลือบบางๆ ด้านเดียวของผ้าใบ ส่วนประกอบหลักของยางคอมปาวด์ประกอบด้วยน้ำยางและพอลิโอโซไซยาเนต เป็นการคิดค้นปรับปรุงวิธีการเคลือบผ้าใบด้วยยางโดยการผสมน้ำยาง SBR กับสารเคมีตามลำดับแล้วกวนให้เข้ากัน จากนั้นนำไปฉาบลงบนผ้าใบ แล้วนำไปวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ  $120^{\circ}\text{C}$  (หรือต่ำกว่า) ข้อดีของการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ป้องกันการหดตัวของผลิตภัณฑ์ และป้องกันการระเหยของสารเคมีที่มีจุดเดือดต่ำๆ ที่มีอยู่ในยางคอมปาวด์ ผ้าใบที่เคลือบยางแล้วจะทาแป้งเพื่อป้องกันการติด ก่อนจะทำการเคลือบผ้าใบต้องทำความสะอาดผ้าใบในน้ำและน้ำมันก่อน เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกทำให้การติดประสานระหว่างยางกับผ้าใบดีขึ้นและมีสมบัติทนทานต่อการดึงลอก

Caldwell *et al.* (1987) ได้ทำการเคลือบน้ำยางซิลิโคน (Silicone liquid elastomer, SLE) ลงบนผ้าใบด้วยเทคนิคการจุ่ม โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้ ขั้นแรกทำความสะอาดผ้าใบก่อนด้วย Silane coupling agent จุดประสงค์เพื่อให้ยางติดประสานกับผ้าใบได้ดีขึ้น จากนั้นทำการเคลือบผ้าใบโดยการจุ่ม ขั้นที่สองเป็นขั้นตอนการวัลคาไนซ์ผ้าใบที่เคลือบด้วยยางแล้วด้วยเตาอบอากาศร้อนที่อุณหภูมิ  $400^{\circ}\text{F}$  เป็นเวลา 2 min หรืออบนานๆ ที่อุณหภูมิ  $150^{\circ}\text{F}$  ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสมบัติไม่ติดไฟง่าย ทำความสะอาดง่าย กันน้ำได้ โปร่งแสง และทนต่อสภาพแวดล้อม เป็นต้น

Sarkar *et al.* (1989) ได้ศึกษาการติดประสานระหว่างยางกับผ้าใบ และยางกับยางในการต้านทานความร้อนของสายพานลำเลียง พบว่าความแข็งแรงระหว่างยางที่เคลือบบนผ้าใบ (ในลอน 66 และพอลิเอสเทอร์-ในลอน 66) และความแข็งแรงระหว่างชั้นยางเปลือกหุ้ม (Cover rubber) ที่ติดประสานกับชั้นยางระหว่างชั้นผ้าใบของสายพานลำเลียงทนความร้อนที่มียาง SBR และยาง Chlorobutyl เป็นส่วนประกอบ จากการศึกษาความแข็งแรงของการติดประสานระหว่างยาง SBR กับผ้าใบในลอน 66 พบว่ามีความแข็งแรงสูงมาก ส่วนความแข็งแรงของการติดประสานระหว่างยาง SBR กับยางเปลือกหุ้มที่ใช้ Tetramethylthiuram monosulfide (TMTM) เป็นสารเร่ง พบว่ามีความแข็งแรงสูงเหมือนกับการติดประสานระหว่างยาง SBR กับผ้าใบในลอน 66 อัตราการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลต่อการทดสอบความแข็งแรงแบบดึงลอก (Peel strength) ของจุดที่เชื่อมกันระหว่างยางกับผ้าใบ จากผลการทดลองพบว่าการติดประสานของยางกับผ้าใบจะลดลงเมื่อใช้เวลากการบ่มเรงนานที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่การติดประสานระหว่างยางกับยางตรงจุดที่เชื่อมกันที่อุณหภูมิต่ำๆ การติดประสานจะมีค่าต่ำ แต่ค่าการติดประสานมีแนวโน้มสูงขึ้นแล้วเริ่มคงที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น

Poh and NG (1998) ทำการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยยึดชนิดไซเลนเกรด  $\gamma$ -mercaptopyl trimethoxysilane (A-189) และ Bis(triethoxysilylpropyl)tetrasulphide (Si-69) ต่อสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติที่ใช้ซิลิกาเป็นสารเสริมแรง โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิ

ระหว่าง 110-160 °C ด้วยเครื่อง Mooney shearing disk viscometer จากการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยยืดชนิดไซเลน พบว่ายางธรรมชาติที่ใช้ Si-69 จะให้ค่าเวลาการวัลคาไนซ์และเวลาการวัลคาไนซ์ก่อนกำหนดเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อใช้ A-189 กลับมีค่าดังกล่าวลดลง เนื่องมาจากหมู่ไซออล (Thiol) ในโครงสร้างของ A-189 ไปเร่งปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ส่งผลให้อัตราการวัลคาไนซ์เร็วขึ้น ส่วนยางธรรมชาติที่ใช้ Si-69 ใช้เวลาในการวัลคาไนซ์ช้าเนื่องมาจากความเกะกะ (Steric hindrance effect) ของหมู่ปลายที่มีขนาดใหญ่ส่งผลให้เวลาการวัลคาไนซ์ช้า ส่วนพลังงานการกระตุ้นของยางธรรมชาติที่ใช้ Si-69 จะมีค่าสูงกว่ายางธรรมชาติที่ใช้ A-189 อย่างเห็นได้ชัด

Li and Michiels (2000) ได้ปรับปรุงและพัฒนาสูตรยางที่ทำให้การติดประสานระหว่างยางคอมพาวด์กับผ้าใบแข็งแรงขึ้น ซึ่งเป็นวิธีใหม่ทำได้โดยผสม Amine functional silane และ Organo-functional silane ซึ่งมีหมู่แทนที่ที่ว่องไวหรือหมู่แทนที่นั้นสามารถที่จะยึดเกาะกับโมเลกุลยางที่บริเวณพันธะคู่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอน เพื่อให้การติดประสานระหว่างยางคอมพาวด์กับผ้าใบมีความแข็งแรงเป็นไปตามมาตรฐาน ผ้าใบที่ใช้เป็นประเภท พอลิเอสเตอร์ พอลิเอไมด์ ส่วนยางที่ใช้ในการเคลือบใช้ยางประเภท SBR, NBR และ EPDM วิธีการที่จะทำให้ยางติดประสานกับผ้าใบอาจใช้วิธี จุ่ม สเปรย์ หรือฉาบสารละลายยางลงบนผ้าใบวิธีใดวิธีหนึ่ง หรืออาจจะใช้ Resorcinol-formaldehyde latex ทาที่ผ้าใบก่อนฉาบสารละลาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดเป็นการพัฒนาการติดประสานระหว่างยางกับผ้าใบ จากผลการทดลองสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดที่ต้องการความแข็งแรงของผ้าใบ และความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับผ้าใบ และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการใช้ในงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ เช่น สายพานพัดลม สายพานเครื่องจักร ล้อรถยนต์ เป็นต้น

Poh and Te (2000) ทำการศึกษาสารป้องกันยางเสื่อมเกรด 2,2-Methylene-bis(4-methyl-6-tertbutylphenol) (AO 2246), Poly-2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline (TMQ), และ *N*-isopropyl-*N*-phenyl-*p*-phenylenediamine (IPPD) ต่อลักษณะการวัลคาไนซ์และพลังงานกระตุ้นของยางธรรมชาติ (SMR 5L) และยางธรรมชาติอีพ็อกไซค์ (ENR 25 และ ENR 50) โดยทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิ 120-180 °C ด้วยเครื่อง Mooney viscometer รุ่น Monsanto automatic โดยใช้ระบบกำมะถันแบบปกติ ปริมาณสารป้องกันยางเสื่อมใช้ 0-5 phr ผลการทดลองพบว่าลักษณะการวัลคาไนซ์และพลังงานกระตุ้นยางทั้งสองชนิดที่ใช้สารป้องกันยางเสื่อมชนิด AO 2246 จะมีค่าสูงกว่า TMQ และ IPPD เนื่องจาก AO 2246 เป็นสารกลุ่มฟินอลสามารถไปหน่วงการเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ ส่วนสารป้องกันยางเสื่อมชนิด TMQ และ IPPD เป็นสารกลุ่มเอมีนซึ่งสามารถไปกระตุ้นกำมะถันทำให้วัลคาไนซ์เร็วขึ้น ส่งผลทำให้ยางคอมพาวด์เกิดพฤติกรรมการณ์กลับ ส่วนยางธรรมชาติจะให้ลักษณะการวัลคาไนซ์และพลังงานกระตุ้นสูงกว่ายางธรรมชาติอีพ็อกไซค์

Cataldo (2001) ทำการศึกษาการป้องกันโอโซนของยางชนิดที่ไม่อิ่มตัว เช่น ยางธรรมชาติและยางบิวทาไดอิน เป็นต้น โดยทำการศึกษการป้องกันโอโซนทั้งด้านการใช้งานแบบอยู่กับที่ (Static) และการใช้งานแบบเคลื่อนที่ (Dynamic) พบว่าการใช้ขี้ผึ้ง (Paraffin wax) จะป้องกันโอโซนด้านการใช้งานแบบอยู่กับที่ และเมื่อใช้สารป้องกันยางเสื่อมประเภท Disubstituted *p*-phenyldiamines เช่น 6PPD, DPPD และ TMQ นำมาผสมกัน พบว่าสามารถป้องกันโอโซนด้านการใช้งานแบบเคลื่อนที่ได้ดี

Ismail *et al.* (2002) ทำการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยยึดติดชนิดไซเลน Silane coupling agent เกรด Si-69 ต่อลักษณะการวัลคาไนซ์ และสมบัติเชิงกลของยางคอมปาวด์ที่มีเส้นใยไม้ไผ่เป็นสารตัวเติม จากการศึกษาพบว่าเวลาการวัลคาไนซ์ (Cure time,  $t_{90}$ ) และเวลาของยางสุกก่อนกำหนด (Scorch time,  $t_2$ ) ของยางลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของสารตัวเติมและ Si-69 ส่วนความหนืดมูนินีมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของสารตัวเติม แต่ความหนืดมูนินีจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ Si-69 ส่วนสมบัติเชิงกลของยาง เช่น ความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อการฉีกขาด มอดูลัส และความแข็ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ Si-69

Morin *et al.* (2002) ได้ศึกษาค้นวิธีการติดประสานของยางคอมปาวด์ชนิด (NR, SBR, NBR, EPDM, Neoprene, Polyurethane, Viton, Hypalon) กับผ้าใบชนิดพอลิเอสเตอร์ พอลิเอไมด์ และไนลอน ให้มีความแข็งแรงขึ้นโดยการทา Resorcinol-formaldehyde latex (RFL) ไปบนผิวหน้าของผ้าใบ วิธีการผลิตจะสำเร็จได้ด้วยการจับกันของอนุมูลอิสระ (Free radical) ระหว่างผ้าใบกับเรซิน ของ RFL เกิดเป็นพันธะระหว่าง -C-C- ซึ่งเป็นพันธะโควาเลนต์มีความแข็งแรงมากทำให้การติดประสานระหว่างยางคอมปาวด์กับผ้าใบได้ง่ายขึ้นผิดกับวิธีเคลือบแบบเดิมๆ ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นส่วนของชั้นผ้าใบในยางรถยนต์ สายพานพัคลม สายพานลำเลียง เป็นต้น

Poh *et al.* (2002) ทำการศึกษาอิทธิพลของสารตัวเติมเขม่าดำ (N330) ซิลิกา (Vulcasil C) และแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 0 ถึง 40 phr ต่อสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง และความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางผสม SMR 5L/ENR25 และ SMR 5L/SBR วัลคาไนซ์ด้วยระบบเซมิอีวี (Semi-efficient vulcanization system) ทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง 300% มอดูลัส และความต้านทานต่อการฉีกขาดด้วยเครื่อง Tensometer รุ่น Monsanto model T10 อัตราเร็วการดึง 50 cm/min ผลการทดลองพบว่าค่าระยะยืด ณ จุดขาด ลดลงเมื่อใช้สารตัวเติมเขม่าดำและซิลิกา แต่ความต้านทานต่อแรงดึง 300% มอดูลัส และความต้านทานต่อการฉีกขาด มีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของสารตัวเติม แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อใช้สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตค่าดังกล่าวกลับลดลง เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมไม่เสริมประสิทธิภาพ (Non-reinforcing filler) และเมื่อสารตัวเติมในปริมาณเท่ากันพบว่ายางผสม SMR 5L/ENR 25 จะมีค่าความต้านทานต่อแรง

ถึง 300% มอดูลัส และความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงกว่ายางผสม SMR 5L/SBR แต่ค่าระยะยืด ณ จุดขาด ต่ำกว่ายางผสม SMR 5L/SBR ความแข็งแรงของยางผสมขึ้นอยู่กับความเข้ากันได้ของยางทั้งสองชนิด เช่น SMR 5L/ENR 25 มีสมบัติเชิงกลที่ดีเนื่องจากขณะเกิดความเครียดสามารถเกิดผลึกได้ และความเข้ากันได้ระหว่างยางกับสารตัวเติม เช่น ยาง ENR 25 เกิดอันตรกิริยากับซิลิกา (Rubber-filler interaction) ได้ดีส่งผลให้การยึดเกาะระหว่างยาง ENR 25 และซิลิกาดีขึ้น

Pongdhorn *et al.* (2004) ทำการศึกษาอิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์แบบ Conventional vulcanization (CV), Semi-efficient vulcanization (semi-EV) และ Efficient vulcanization (EV) ต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติที่ใช้สารเสริมแรงชนิดซิลิกาเกรด (Ultrasil VN2) และสารช่วยยึดชนิดไซเลนเกรด Bis-(3-triethoxysilylpropyl) (Si-69) และ 3-Thiocyanatopropyl triethoxy silane (Si-264) ผลการทดลองพบว่า สารช่วยยึดชนิดไซเลนทั้งสองเกรดสามารถลดพลังงานการผสมและความหนืดของยางคอมปาวด์ลงได้ โดยที่ยางธรรมชาติที่ใช้ Si-264 จะช่วยในการแปรรูปได้ดีกว่ายางธรรมชาติที่ใช้ Si-69 เนื่องจากมีโครงสร้างที่เล็กและความหนืดที่ต่ำกว่า จึงทำให้ความหนืดของยางคอมปาวด์ลดลงเป็นผลให้พลังงานการผสมลดลงด้วย ส่วนยางธรรมชาติที่ใช้ Si-69 จะเกิดปฏิกิริยากับผิวหน้าของซิลิกาได้มากกว่า Si-264 เนื่องจากโครงสร้างของ Si-69 มีจำนวนหมู่อัลคอกซีที่ปลายสายโซ่มากกว่า Si-264 สารช่วยยึดชนิดไซเลนทั้งสองเกรดสามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์ เช่น ความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความต้านทานต่อการสึกหรอ มอดูลัส และ การเสียวรูปหลังการกดอัด เมื่อวัลคาไนซ์ด้วยระบบกัมมะกันปกติและระบบ Semi-EV พบว่า Si-69 ให้สมบัติเชิงกลดีกว่า Si-264 แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อใช้ระบบวัลคาไนซ์แบบ EV พบว่า Si-264 จะให้สมบัติเชิงกลดีกว่า Si-69

Hexiang *et al.* (2004) ทำการศึกษาสารช่วยยึดติระหว่างยางกับซิลิกา (Silane coupling agents) เกรด 3-Octanoylthio-1-propyltriethoxysilane (NXT) และ Bis [(3-triethoxysilylpropyl) tetra sulfide] (TESPT หรือ Si-69) ต่อสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติที่ใช้สารตัวเติมชนิดซิลิกา การทดลองใช้เครื่อง Oscillating disk rheometer (ODR) ทดสอบที่อุณหภูมิระหว่าง 140 – 150 °C ผลการทดลองพบว่า เวลาการวัลคาไนซ์ก่อนกำหนด (Scorch time) ลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ NXT และ TESPT ส่วนเวลาการวัลคาไนซ์ก่อนกำหนดของยางคอมปาวด์ที่ใช้ NXT ยาวกว่า TESPT พลังงานการกระตุ้นของยางคอมปาวด์ที่ใช้ NXT และ TESPT ทั้งคู่ลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไซเลน แต่พลังงานการกระตุ้นของยางคอมปาวด์ที่ใช้ NXT จะต่ำกว่า TESPT ที่ความเข้มข้นของไซเลนเท่ากัน

Pongdhorn *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและไดนามิกของยางธรรมชาติที่ใช้สารช่วยยึดชนิดไซเลนเกรด Bis-(3-triethoxysilylpropyl) tetrasulfane (Si-69) และ 3-Thiocyanatopropyl triethoxy silane (Si-264) โดยใช้สารเสริมแรงชนิดซิลิกาเกรด (Hi-

Si1 233) และระบบการวัลคาไนซ์แบบ Efficient vulcanization system (EV) ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของสารช่วยยึดชนิดไซเลน ทำให้ความหนืดของยางลดลง ส่งผลให้พลังงานการผสมลดด้วย ปริมาณของสารช่วยยึดชนิดไซเลนที่ให้สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง และความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุด คือ 1.5 และ 3 phr ของ Si-69 และ Si-264 ตามลำดับ และปริมาณของ Si-264 ที่มากขึ้นจะช่วยในการแปรรูปยางได้ดีแต่สมบัติเชิงกลจะลดลง ส่วนความแข็งของยางธรรมชาติที่ใช้ Si-69 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ยางธรรมชาติที่ใช้ Si-264 ความแข็งจะเริ่มลดลงเมื่อใส่เกิน 1.5 phr เมื่อเปรียบเทียบสมบัติไดนามิกและความต้านทานต่อการบ่มเร่ง พบว่ายางธรรมชาติที่ใช้ Si-69 จะให้ค่า Storage modulus สูงกว่ายางธรรมชาติที่ใช้ Si-264 แต่ในทางตรงกันข้ามความต้านทานต่อการบ่มเร่งต่ำกว่าธรรมชาติที่ใช้ Si-264

Pongdhorn *et al.* (2006) ทำการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยยึดชนิดไซเลนเกรด Bis-(3-triethoxysilylpropyl) tetrasulfane (Si-69) and 3-Thiocyanatopropyl triethoxy silane (Si-264) ต่อสมบัติทางกายภาพของยางคลอโรพรีน (CR) ที่ใช้ซิลิกาเป็นสารเสริมแรงผลการศึกษพบว่า ปริมาณสารช่วยยึดชนิดไซเลนทั้งสองเกรด ส่งผลอย่างมากต่อกระบวนการผสมยางคอมปาวด์ เนื่องจากทำให้ยางมีความหนืดลดลง โดยเฉพาะยางที่ใช้ Si-264 จะให้ค่าความหนืดและพลังงานการผสมน้อยกว่ายางที่ใช้ Si-69 เนื่องจาก Si-264 มีน้ำหนักโมเลกุลและความหนืดต่ำกว่า Si-69 จึงส่งผลให้ยางคอมปาวด์มีความหนืดลดลงด้วยสิ่งที่น่าสนใจ คือ ยางที่ใช้ Si-69 วัลคาไนซ์ช้ากว่ายางที่ใช้ Si-264 อย่างไรก็ตามสารช่วยยึดชนิดไซเลนทั้งสองเกรดจะมีส่วนทำให้ความหนาแน่นของการเชื่อมโยงของยางวัลคาไนซ์สูงขึ้น เนื่องจากเกิดอันตรกิริยาระหว่างยางกับสารเสริมแรง (Rubber-Filler interaction) ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์ดีขึ้นด้วย ส่วนยางที่ใช้ Si-264 ในปริมาณที่มาก ๆ จะทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) ส่งผลให้ค่าความหนืด โมดูลัส และความแข็งของยางลดลง และยางที่ใช้ Si-69 จะมีความต้านทานต่อการบ่มเร่งต่ำกว่ายางที่ใช้ Si-264

Gregorova *et al.* (2006) ได้ศึกษาอิทธิพลของสารอินทรีย์เชิงซ้อนในเนื้อไม้ (ลิกนิน) ต่อความเสถียรของยางธรรมชาติวัลคาไนซ์ โดยทำการเปรียบเทียบสมบัติด้านการบ่มเร่งระหว่างยางที่ผสมลิกนิน และยางที่ผสมสารป้องกันยางเสื่อมชนิด *N*-phenyl-*N*-isopropyl-*p*-phenylene diamine (IPPD) ทำการผสมยางกับเขม่าดำแล้วเติมลิกนินและสารอื่นๆ ตามลำดับขึ้นรูปเตรียมเป็นชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบความต้านทานต่อการบ่มเร่ง ทำการทดสอบการบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24, 72, 168, 240 และ 408 hr ผลการทดลองพบว่า ลิกนินส่งผลต่อความเสถียรของยางธรรมชาติวัลคาไนซ์ เทียบเท่ากับยางธรรมชาติที่ใช้สารป้องกันยางเสื่อมชนิด (IPPD)

### 1.3 วัตถุประสงค์

- 1.3.1 เพื่อศึกษาหาสูตรยาที่เหมาะสมในการใช้ผลิตถุงเก็บน้ำ
- 1.3.2 เพื่อศึกษาการตีประสานระหว่างยางธรรมชาติกับผ้าใบ
- 1.3.3 เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตถุงเก็บน้ำที่ใช้ยางธรรมชาติเป็นองค์ประกอบหลัก

### 1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การตีประสานของยางธรรมชาติกับเส้นใย และมาตรฐานของถุงเก็บน้ำ และศึกษาสมบัติเชิงกล การทนต่อแรงดึง ทนต่อน้ำ และทนต่อสภาวะแวดล้อมของผ้าใบที่ผลิตในทางการค้า เช่น พอลิเอสเตอร์ ไนลอน และ ผ้าฝ้าย เป็นต้น

1.4.2 พัฒนาสูตรยาที่ต้องการ ความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความต้านทานต่อการสึกหรอ และต้านทานต่อสภาวะแวดล้อม

1.4.3 ใช้เทคนิคการเคลือบยางลงบนผ้าใบด้วยเครื่องรีดยาง 3 ลูกกลิ้ง

1.4.4 ศึกษาหาระบบวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมสะดวกและรวดเร็ว

1.4.5 ทดสอบสมบัติเชิงกล การยึดติด และการทนต่อสภาวะแวดล้อมของถุงเก็บน้ำ

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงความสามารถในการตีประสานระหว่างยางกับผ้าใบไนลอนและผ้าฝ้าย

1.5.2 ทราบถึงสูตรยาที่เหมาะสมในการใช้ผลิตถุงเก็บน้ำ

1.5.3 ทราบถึงระบบวัลคาไนซ์ที่เหมาะสม และลดต้นทุนในการผลิตถุงเก็บน้ำ

1.5.4 ถุงเก็บน้ำนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในถิ่นทุรกันดารที่อุปกรณ์ถังเก็บน้ำขนาดใหญ่เข้าไปไม่ถึงได้เป็นอย่างดี

1.5.5 เพื่อทดแทนผลิตภัณฑ์เก็บน้ำ ที่ทำจากพลาสติก โลหะ และเซรามิก