บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

ถึงแม้ยางธรรมชาติจะมีสมบัติที่ดีหลายประการ เช่นมีการกระเด้งกระดอนและมีแรงดึงที่จุดขาดสูง และการสะสมความร้อนต่ำ [1,2] แต่การใช้ยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นมักมีการผสมสารตัวเติม เช่น เขม่าดำ (CB) และซิลิกา ซึ่งเป็นสารตัวเติมชนิดเสริมแรง [3,4] เข้าไปเพื่อปรับปรุงสมบัติบางอย่างของยาง เช่น ความทนต่อการขัดสี (abrasion resistance) และความทนต่อการฉีกขาด (tear strength) ทำให้สามารถนำยางไปใช้งานได้กว้างขึ้น ส่วนสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรงและกึ่งเสริมแรง เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ไซน่าเคลย์และทัลคัม เป็นสารตัวเติมที่มีราคาถูกกว่าเขม่าดำ จึงมักใช้เพื่อลดต้นทุน และอาจช่วยปรับปรุงสมบัติบางอย่างให้ดีขึ้นเล็กน้อย เป็นที่ทราบกันดีว่าผลิตภัณฑ์ยางส่วนใหญ่มีการใช้สารตัวเติมมากกว่าหนึ่งชนิด แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีการรายงานผลของการใช้เขม่าดำร่วมกับสารไม่เสริมแรงหรือสารกึ่งเสริมแรงต่อสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติอย่างเป็นระบบ ทำให้ขาดแหล่งความรู้ที่จะสามารถค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ใช้สารตัวเติมผสมระหว่างเขม่าดำและสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรงหรือชนิดกึ่งเสริมแรงที่สัดส่วนต่างๆ เพื่อทำให้ทราบว่าสมบัติของยางธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อสัดส่วนของเขม่าดำและสารตัวเติมอื่น ๆ เปลี่ยนแปลงไป และเนื่องจากโดยทั่วไปการออกสูตรใหม่เพื่อลดต้นทุนในโรงงาน สามารถเริ่มต้นด้วยการคำนวณปรับปริมาณสารตัวเติมโดยคงค่าความแข็งของยางไว้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ใช้เขม่าดำร่วมกับสารตัวเติมอื่นๆ เมื่อยางยางวัลคาไนซ์มีค่าความแข็งใกล้เคียงกันด้วย ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับออกสูตรยางได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- ศึกษาสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ใช้เขม่าดำเป็นสารตัวเติมร่วมกับสารไม่เสริมแรงหรือสารกึ่งเสริมแรง

1.3 ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง

การนำยางธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางใดๆ นั้นมัก จะมีการเติมสารตัวเติมชนิดเสริมแรง (reinforcing filler) เพื่อให้ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงกลเหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละประเภท สำหรับผลิตภัณฑ์ยางที่มีสีเข้ม/ดำนั้นมักจะใช้เขม่าดำเป็นสารตัวเติมหลักที่จะช่วยเพิ่ม ความแข็ง ความทนต่อการฉีกขาด (tear strength) และความทนต่อการขัดสี ส่วนสารตัวเติมอื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต เคลย์และทัลคัม (talcum) ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรงและกึ่งเสริมแรง และสารตัวเติมเหล่านี้เป็นสารตัวเติมที่มีสีอ่อน ซึ่งมีราคาถูกกว่าเขม่าดำและมักใช้เพื่อลดต้นทุนในการผลิตหรือเพื่อปรับปรุงสมบัติบางอย่าง และคาดว่าการใช้สารตัวเติมเหล่านี้ร่วมกับเขม่าดำ จะทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตและจะไม่ทำให้สมบัติเชิงกลด้อยลงมาก

โดยทั่วไปเขม่าดำจะเกาะกันเป็นโครงสร้างที่เรียกว่าแอกโกลเมอเรต (agglomerate) ด้วยแรงแวน-เดอวาลส์ (Van der Waals) ซึ่งเป็นแรงดึงดูดอย่างอ่อน จึงทำให้เขม่าดำกระจายตัวและแตกตัวในยางธรรมชาติได้ง่ายกว่าซิลิกาเมื่อได้รับแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสม การใช้เขม่าดำเป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางจะทำให้ผลิตภัณฑ์มี แรงดึงที่จุดขาด (tensile strength) ความทนต่อการฉีกขาด (tear strength) และความทนต่อการขัดสีเพิ่มขึ้น [3] ส่วนแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางมีหลายเกรดและขนาด ทั้งอนุภาคใหญ่ที่ไม่เสริมแรงและขนาดเล็กที่เป็นชนิดกึ่งเสริมแรง การเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจะส่งผลให้ยางมีความแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยที่ยางยังมีความสามารถในการกระเด้งกระดอน แต่ทำให้ยางมีแรงดึงที่จุดขาดและความทนต่อการฉีกขาดลดลง สำหรับซอฟต์เคลย์และฮาร์ดเคลย์ มีโครงสร้างเป็นอลูมิเนียมซิลิเกต อนุภาคของเคลย์จะมีรูปร่างเป็นแผ่นบาง จัดเป็นสารตัวเติมชนิดกึ่งเสริมแรง แต่ฮาร์ดเคลย์มีประสิทธิภาพในการเสริมแรงดีกว่าซอฟต์เคลย์ ส่วนทัลค์หรือทัลคัมมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยซิลิเกตของแมกนีเซียมและอนุภาคของทัลคัมก็มีรูปร่างเป็นแผ่นเช่นกัน การเติมอนุภาคที่รูปร่างเป็นแผ่นในยางจะช่วยปรับปรุงสมบัติการซึมผ่านของก๊าซแต่ทำให้สมบัติเชิงกลบางอย่างด้อยลง ทัลคัมมีลักษณะเป็นมันและลื่น จึงสามารถทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นเพื่อป้องกันการติดกันของยางคอมพาวด์ได้

ผลิตภัณฑ์ยางส่วนใหญ่มีการใช้สารตัวเติมมากกว่าหนึ่งชนิด เช่น การใช้ซิลิการ่วมกับเขม่าดำ [5-7] หรือ การใช้ซิลิการ่วมกับเขม่าดำและไซน่าเคลย์ เป็นต้น งานวิจัยในอดีตได้รายงานว่า การเพิ่มสัดส่วนของเขม่าดำต่อซิลิกาจะทำให้ยางธรรมชาติมีความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ต่ำลง [5] และเมื่อใช้สัดส่วนของเขม่าดำ/ซิลิกาเท่ากับ 30/20 จะทำให้สมบัติเชิงกลโดยรวมของยางธรรมชาติดีที่สุด เช่น มีแรงดึงที่จุดขาด ทนต่อการฉีกขาด ทนต่อการพับงอและทนต่อการขัดสีสูง รวมทั้งมีความร้อนสะสมและมีค่า tan δ ที่อุณหภูมิ 70 °ซ ต่ำ ซึ่งแสดงว่ายางมีความต้านทานการหมุนต่ำ [7-8] การใช้ซิลิกาที่มีพื้นที่ผิวมากขึ้นร่วมกับเขม่าดำจะส่งผลให้ ยางมีระยะเวลาสก็อร์ช (scorch time) และระยะเวลาการวัลคาไนซ์ (cure time) สูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่ายางมีแรงดึงที่จุดขาด ทนต่อการฉีกขาดและทนต่อการพับงอสูงขึ้น รวมทั้งมีความร้อน

สะสมสูงขึ้นและมีความทนต่อการขัดสีลดลง [9] นอกจากนี้ทางบริษัท Cabot Corporation ยังได้เตรียม Carbon Silica Dual Phase Filler (CSDPF) ซึ่งเป็นสารตัวเติมผสมระหว่างเขม่าดำและซิลิกาที่เตรียมขึ้นด้วยเทคนิคพิเศษของบริษัท และพบว่ายางธรรมชาติมีสมบัติเชิงกล เช่น ความทนต่อการฉีกขาดและความทนต่อการขัดสี ดีขึ้นจากการใช้ CSDPF เมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีที่ใช้เขม่าดำหรือซิลิกาอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นส่วนผสมในยางธรรมชาติ [10-11] แต่อย่างไรก็ตาม CSDPF เป็นสารตัวเติมผสมสำเร็จรูปทางการค้าที่ไม่ได้เปิดเผยอัตราส่วนของเขม่าดำและซิลิกา นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาผลของการใช้เส้นใยหรือสารตัวเติมมากกว่าหนึ่งชนิดทั้งในพลาสติกและยาง โดยเส้นใยที่ใช้มีทั้งเส้นใยจากธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ [2,4,12] ส่วนสารตัวเติมที่นำมาใช้นั้นมีทั้งที่มีลักษณะเป็นเม็ดและเป็นแผ่น [13-16] และมีรายงานว่าการใช้เขม่าดำร่วมกับไมกา (mica) ทำให้ยางไนไตรล์มี toughness สูงขึ้น [15]

แม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ทำการศึกษาผลของการใช้สารตัวเติมผสมต่อสมบัติของยาง แต่ยังไม่มีการรายงานผลของ การใช้เขม่าดำร่วมกับสารไม่เสริมแรงและสารกึ่งเสริมแรงต่อสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ใช้สารตัวเติมผสมระหว่างเขม่าดำและสารตัวเติมอื่น ๆ ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต เคลย์และทัลคัม (talcum) เพื่อให้ทราบว่าสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อสัดส่วนของสารตัวเติมผสมระหว่างเขม่าดำและสารตัวเติมสีขาวต่างๆ เปลี่ยนแปลง โดยคาดว่าผลการทดลองจะเป็นแหล่งข้อมูลให้แก่วิทยาศาสตร์การยางและสามารถนำความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยางต่อไป

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการเตรียมยางธรรมชาติที่ใช้เขม่าดำร่วมกับสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรงหรือกึ่งเสริมแรง ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต เคลย์และทัลคัม (talcum) โดยได้ทำการแปรสัดส่วนของเขม่าดำและสารตัวเติมดังกล่าว และทุกสูตรจะมีสารตัวเติมรวมทั้งหมด 50 phr แล้วทำการทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลต่างๆ ของยางธรรมชาติที่มีสารตัวเติมผสมเหล่านี้

ในส่วนที่สองเป็นการเตรียมยางธรรมชาติที่ใช้เขม่าดำร่วมกับสารตัวเติมชนิดต่างๆ ดังที่ใช้ในส่วนแรกแต่จะเตรียมยางธรรมชาติให้มีความแข็งใกล้เคียงกันทุกสูตร โดยในแต่ละสูตรจะใช้เขม่าดำเท่ากันคือ 30 phr แล้วแปรปริมาณสารตัวเติมชนิดอื่นๆ เพื่อให้ได้ความแข็งใกล้เคียงกันทุกสูตร ดังนั้นในแต่ละสูตรจะมีปริมาณรวมของสารตัวเติมผสมไม่เท่ากัน แล้วทำการทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลต่างๆ ของยางธรรมชาติที่ใช้เขม่าดำร่วมกับสารตัวเติมชนิดอื่น ๆ ที่มีความแข็งใกล้เคียงกันนี้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ทราบว่าสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาตินี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อสัดส่วนของสารตัวเติมผสมระหว่างเขม่าดำและสารตัวเติมอื่นๆเปลี่ยนไป ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกสัดส่วนของสารตัวเติมผสมแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทได้

1.5.2 ได้องค์ความรู้ที่สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลให้แก่วิทยาศาสตร์การยางและสามารถนำความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยางต่อไป