บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีสำคัญมากต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยสามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจและมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ไทยเป็นหนึ่งในไม่กี่ประเทศในโลก ที่สามารถเพาะปลูกยางได้ด้วยความเหมาะสมของสภาพภูมิอากาศและพื้นที่ ทำให้ผลผลิตยางของไทยมีปริมาณและคุณภาพที่ดี สามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ยางและนับวันจะเป็นที่ต้องการในตลาดโลกเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ประกอบกับหากพิจารณามูลค่าและปริมาณการส่งออกของประเทศ จะพบว่ายางและผลิตภัณฑ์ยางมีมูลค่าอยู่ในลำดับต้นๆ และมีอัตราการเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อุตสาหกรรมยางในประเทศไทยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำ ซึ่งผลิตวัตถุดิบ ได้แก่ยางแผ่นรมควัน ยางแท่งมาตรฐาน และน้ำยางข้น (อุตสาหกรรมยางดิบ และอุตสาหกรรมน้ำยางข้น) และอุตสาหกรรมปลายน้ำ ผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น (อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง) สำหรับอุตสาหกรรมต้นน้ำ นอกเหนือจากความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมยางดิบและอุตสาหกรรมน้ำยางข้นแล้วอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง ยังมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งผลิตยางสังเคราะห์ (SBR และBR) อุตสาหกรรมเคมีซึ่งผลิตสารเคมียาง (เขม่าดำ ซิลิกา ซิงค์ออกไซด์ กรดสเตียริค) และอุตสาหกรรมเส้นใยและสิ่งทอ ซึ่งผลิตวัสดุเสริมแรง สำหรับผลิตภัณฑ์ยางอุตสาหกรรมในประเทศที่เป็นผู้อุปโภคผลิตภัณฑ์ยาง ที่สำคัญได้แก่ อุตสาหกรรมยานยนต์ (รถยนต์ รถบรรทุก รถจักรยานยนต์ และรถจักรยาน) ซึ่งมีแนวโน้มจะขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากประเทศไทยได้ตั้งเป้าหมายการพัฒนาไปสู่การเป็น Detroit แห่งเอเชีย อุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และอุตสาหกรรมก่อสร้าง (ยางกันชน ท่อยาง ฯลฯ) ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตยางพาราประมาณ 3 ล้านตันต่อปี โดยส่งออกผลิตภัณฑ์ยางดังกล่าวในรูปของยางแปรรูปขั้นต้นสูงถึงร้อยละ 90 (คิดเป็นมูลค่าร้อยละ 51 ของมูลค่าการส่งออกยางทั้งหมด) และที่เหลือเพียงร้อยละ 10 นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม แต่มีมูลค่าถึงร้อยละ 49 ของทั้งหมด เนื่องจากภาคการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางยังขาดการเชื่อมโยงและไม่เอื้อซึ่งกันและกัน อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับรถยนต์เป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีการใช้น้ำยางมาผลิตคิดเป็นร้อยละ 80 ของน้ำยางทั้งหมด มีการใช้ยางในปริมาณสูงถึง 233,257 ตัน ในปี 2553 (สถาบันวิจัยยาง, 2553) ในกรณีผลิตยางรถยนต์ชนิด Passenger tyre มีการใช้ยางประมาณ 40-45% ส่วนผสมหลักอื่นๆ คือเขม่าดำปริมาณ 33-37% และใช้

น้ำมันในปริมาณ 20-24% โดยน้ำหนัก (พงศ์ธร, 2548) ซึ่งการใช้น้ำมันปริมาณมากถึงครึ่งหนึ่งของปริมาณยาง น้ำมันที่ใช้นี้เป็นผลิตผลที่มาจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม โดยมีโครงสร้างของคาร์บอนและไฮโดรเจนในน้ำมันแตกต่างกันในน้ำมันต่างชนิดกัน ซึ่งจำแนกน้ำมันปิโตรเลียมออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 3 พวกคือ น้ำมันพาราฟินิก (Paraffinic oil) น้ำมันแนฟทีนิก (Naphthenic oil) และน้ำมันอะโรมาติก (Aromatic oil) น้ำมันอะโรมาติกเป็นน้ำมันที่มีส่วนของสารอะโรมาติกที่มีจำนวนวงอะโรมาติกตั้งแต่สองวงขึ้นไปเชื่อมต่อกัน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) เนื่องจากโครงสร้างของสารอะโรมาติกในน้ำมันนั้นมีความเข้ากันได้เป็นอย่างดีกับเขม่าดำทำให้สารตัวเติมเขม่าดำกระจายได้ทั่วถึงในยาง มีสมบัติที่ดีต่อกระบวนการผลิต สมบัติการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ และที่สำคัญคือการลดต้นทุน เพราะราคาของน้ำมันถูกกว่าส่วนประกอบอื่นๆ แต่น้ำมันอะโรมาติกที่มีจำนวนวงอะโรมาติกตั้งแต่สองวงขึ้นไปเชื่อมต่อกันนี้เป็นสารที่ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของสารก่อมะเร็ง ประกอบด้วย benzo(a)pyrene, benzo(e)pyrene, benzo(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, benzo(j)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a,h)anthracene และ chrysene (Directive 2005/69/EC และ commission reculation (EC) no 552/2009) นอกจากนี้สารในกลุ่ม PAH อีกจำนวนมากยังมีความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ EU ได้กำหนดข้อห้ามยางล้อที่มีการใช้น้ำมันที่มีองค์ประกอบของ PAH ในปริมาณสูงตามวิธีการมาตรฐานของการทดสอบ IP 346 สำหรับน้ำมัน และ ISO 21461 สำหรับยางล้อ มีผลบังคับใช้ตั้งแต่เดือนมกราคมในปี ค.ศ. 2010 เป็นต้นไป

เนื่องจากประเทศไทยมีโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยางหลายประเภท รวมทั้งยางรถยนต์ ที่มีการใช้น้ำมันอะโรมาติกปริมาณสูง เมื่อยางเหล่านั้นเกิดการสึกหรอ น้ำมันที่เป็นส่วนผสมจะมีการกระจายสู่สิ่งแวดล้อม และแหล่งน้ำต่างๆ อยู่ในรูปตะกอนดิน นอกจากจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่างๆ เหล่านั้นแล้ว การถ่ายทอดสารอะโรมาติกตามห่วงโซ่อาหารจึงน่าจะกลับมาสู่คนเราได้ด้วย จึงได้มีความพยายามในการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาน้ำมันทดแทนอื่นๆ ที่ไม่มีสารก่อมะเร็งมาใช้ในสูตรคอมพาวนด์ เช่น treated distillate aromatic extracts (TDAE), mildly extracted solvate (MES), naphthenic oils (NAP) และ natural oil งานวิจัยแสดงให้เห็นว่า TDAE ให้ผลที่ดีกว่า MES ในยาง ทั้งนี้เป็นเพราะความเป็นอะโรมาติกในสาร TDAE ที่มีปริมาณมากกว่านั่นเอง (Bowman *et al*., 2004) อย่างไรก็ตามการเลือกใช้น้ำมันที่มีปริมาณ PAHs น้อยยังต้องคำนึงถึงสมบัติของยางทางด้านกายภาพ เชิงกลและสมบัติทางพลวัตด้วย การนำน้ำมันพืชมาใช้ในสูตรยางคอมพาวนด์แสดงให้เห็นผลที่ดีเช่น สมบัติการสึกหรอของยาง (Dasgupta *et al*., 2007, 2008, 2009)

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาสารช่วยในการแปรรูปในสูตรยางคอมพาวนด์เพื่อใช้ทดแทนน้ำมันอะโรมาติกบางชนิดซึ่งมีสารก่อมะเร็งเป็นองค์ประกอบ โดยแนวความคิดที่ต้องได้น้ำมันราคาถูก ใช้ในสูตรยางคอมพาวนด์ได้และให้สมบัติของยางคอมพาวนด์ที่ดีเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมัน

อะโรมาติก เนื่องจากสารอะโรมาติกหลายชนิดในน้ำมันอะโรมาติกได้ถูกจัดเป็นสารก่อมะเร็ง แต่สารเหล่านี้ส่งผลดีต่อสมบัติของยางคอมพาวนด์ จึงทำให้สารที่จะเลือกมาใช้แทนน้ำมันอะโรมาติกน่าจะยังคงมีส่วนที่เป็นอะโรมาติกอยู่ในโครงสร้างด้วย เอสเทอร์ของสารอะโรมาติกได้ถูกเลือกมาทำการสังเคราะห์ จากกรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ ในส่วนของแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมควรเป็นแอลกอฮอล์สายโซ่ยาวจะทำให้มีความหนืดและสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันอะโรมาติก จึงได้เลือกสตียริลแอลกอฮอล์ซึ่งเตรียมได้ง่ายจากกระบวนการไฮโดรจิเนชั่นน้ำมันพืชหลายชนิดและมีราคาถูก การเตรียมสเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์โดยการแปรกรดอะโรมาติกชนิดต่างๆ และเลือกใช้กรดซัลฟิวริกเป็นสารตัวเร่งในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification) ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาที่ทำได้ง่าย ราคาถูก และไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการใช้สารตัวเร่งที่เป็นของแข็งหลายชนิดที่สามารถทำให้การสังเคราะห์มีประสิทธิภาพสูง ให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์มาก ซึ่งสารช่วยในการแปรรูปเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้จะนำไปใช้ในกระบวนการแปรรูปยางคอมพาวนด์ โดยเปรียบเทียบกับการใช้และไม่ใช้น้ำมันอะโรมาติก โดยคาดหวังว่ายางคอมพาวนด์ที่ใช้สารช่วยในการแปรรูปเอสเทอร์ ตัวที่ให้สมบัติที่ดีเทียบเท่ากับยางที่ใช้น้ำมันอะโรมาติก จะถูกเลือกไปใช้ในการขยายการผลิตในปริมาณที่สูงขึ้นเพื่อศึกษาการใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์สเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้สารช่วยในการแปรรูปชนิดสเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์ต่อสมบัติก่อนและหลังการวัลคาไนซ์ของยางคอมพาวนด์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 เตรียมสารช่วยในการแปรรูปประเภทเอสเทอร์ จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ระหว่างสเตียริลแอลกอฮอล์ กับกรดอะโรมาติกชนิดต่างๆ ได้แก่ Benzoic acid, 1-Naphthoic acid, Phthalic acid, Biphenyl-4-carbonylic acid และ Anthracene-9-carboxylic acid โดยยืนยันโครงสร้างที่สังเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), Proton Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (H^1-NMR) และ Mass Spectrometry (MS)

1.3.2 ศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ระหว่างสเตียริลแอลกอฮอล์กับกรดอะโรมาติกชนิดต่างๆ ทำในสภาวะต่างๆ โดยศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม

1.3.3 ศึกษาอิทธิพลของสารช่วยในการแปรรูปทั้ง 5 ชนิด ที่ปริมาณ 5 phr ในสูตรคอมพาวนด์ยางธรรมชาติ ดัดแปลงจากมาตรฐาน ASTM D3184

1.3.4 ศึกษาสมบัติของยางคอมพาวนด์ ได้แก่ พลังงานการผสม ความหนืดมูนนี่ และลักษณะการวัลคาไนซ์

1.3.5 ศึกษาสมบัติของยางวัลคาไนซ์ ได้แก่ ความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อการยืดความแข็ง มอดูลัส ความสามารถในการคืนรูปหลังจากการกด ความต้านทานต่อการสึกหรอ ความต้านทานต่อการฉีกขาด สมบัติการบ่มเร่ง สมบัติเชิงพลวัต และลักษณะสัณฐานวิทยา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์สารช่วยในการแปรรูปยางชนิดเอสเทอร์จากสเตียริลแอลกอฮอล์และกรดอะโรมาติกชนิดต่างๆ

1.4.2 ได้สารช่วยในการแปรรูปประเภทสเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้จากสเตียริลแอลกอฮอล์และกรดอะโรมาติก ที่สามารถนำมาใช้เทียบเท่าน้ำมันอะโรมาติกได้

1.4.3 ทราบสมบัติต่างๆ ของยางคอมพาวนด์ก่อนและหลังการวัลคาไนซ์ จากการใช้สารช่วยในการแปรรูปประเภทสเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์เปรียบเทียบกับสูตรยางที่ใช้น้ำมันอะโรมาติกและการไม่ใช้น้ำมัน