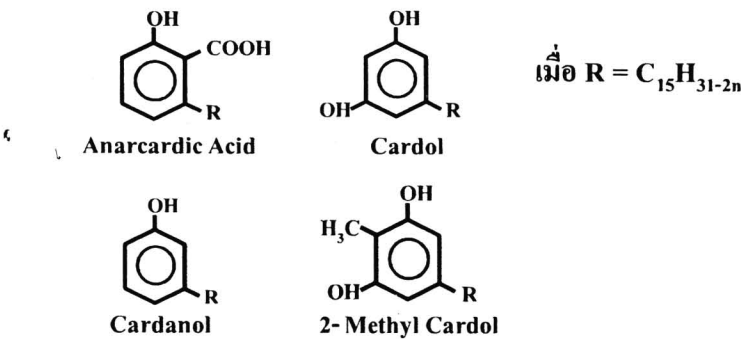


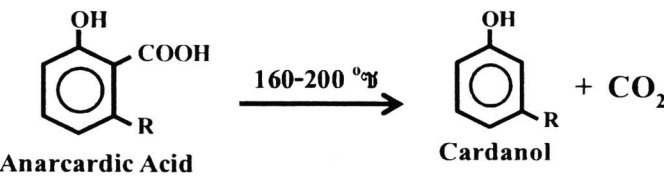
2. ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง

จากรายงานผลการวิจัยของ Kumar และคณะ [1] โดยทั่วไปพบว่าน้ำมัน CNSL ซึ่งมีสารประกอบประเภทฟีนอลเป็นองค์ประกอบหลักตามรูปที่ 2.1 มีสารประกอบฟีนอลที่มีชื่อทางเคมีว่า คาร์ดานอล มีสมบัติในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันและยังเป็นสารช่วยผสมในยางได้อีกด้วย ในกระบวนการแยกคาร์ดานอล จากน้ำมัน CNSL นั้นที่นิยมใช้มี 2 วิธีคือ การสกัดด้วยตัวทำละลายโดยตรง (solvent extracted CNSL) โดยวิธีนี้จะได้คาร์ดานอลร้อยละ 10 - 20 และการปรับสภาพน้ำมัน CNSL โดยวิธีการทำปฏิกิริยาที่ 180 - 200 °ซ โดยใช้ด่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยาจะได้คาร์ดานอลร้อยละ 80 – 90



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของสารประกอบในน้ำมัน CNSL

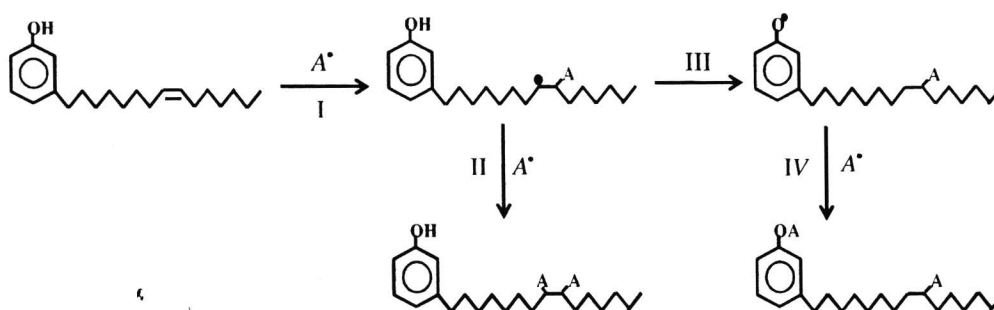
จากการศึกษาของ Gonsalves และคณะ[6] พบว่าในน้ำมัน CNSL มีกรดอนาคาร์ดิกเป็นส่วนประกอบสำคัญโดยมีร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก และเป็นสารที่มีความคงตัวสูง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อกรดอนาคาร์ดิกได้รับความร้อนจะเกิดการดีคาร์บอกซิเลชันไปเป็นคาร์ดานอลปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันจะยิ่งเกิดได้ง่ายที่อุณหภูมิประมาณ 160-200 °ซ [7] ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันของกรดอนาคาร์ดิก

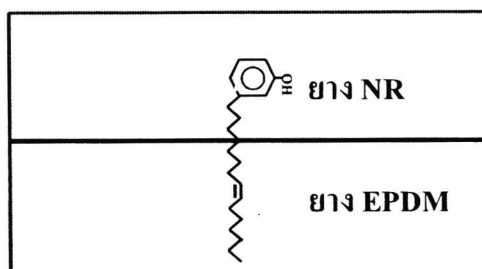
จากปัญหาของยางธรรมชาติที่มีพันธะคู่จำนวนมาก ทำให้ง่ายต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่ต้องใช้ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์ พบว่ายางแต่ละชนิดมีโครงสร้างสายโซ่แตกต่างกันจึงไม่สามารถกระจายตัวได้อย่างอิสระ ทำให้ยางผสมไม่เข้ากัน (immiscible) เกิดการแยกวัฏภาค มีส่วนทำให้สมบัติเชิงกลและสมบัติอื่นๆ ด้อยกว่าเดิม จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นในอุตสาหกรรมยางจึงจำเป็นต้องใช้สารเติมแต่งหลายชนิดเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติของผลิตภัณฑ์ยาง [8,9,10]

สำหรับการเลือกใช้คาร์ดานอลเป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันในยางนั้น สามารถอธิบายโดยใช้กลไกดังรูปที่ 2.3 ซึ่งกลไกการป้องกันการเสื่อมสภาพของคาร์ดานอลเป็นกลไกการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดอนุมูลอิสระ ($A^\bullet$) ขึ้น อนุมูลอิสระจะเข้าทำปฏิกิริยากับพันธะคู่หรือหมู่ไฮดรอกซิลของคาร์ดานอลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเสถียรและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น



รูปที่ 2.3 กลไกการป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของคาร์ดานอล[3]

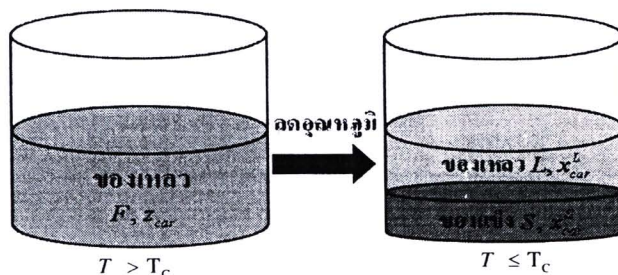
นอกจากนี้แล้วคาร์ดานอลที่มีโครงสร้างของส่วนมีขั้วกับไม่มีขั้ว ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารช่วยผสมในยางผสมระหว่างยางที่มีขั้ว เช่น ยาง NR และยางที่ไม่มีขั้ว เช่น ยาง EPDM ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยคาร์ดานอลสามารถที่จะละลายได้ในยางทั้งสองชนิดส่งผลให้มีการยึดเกาะที่ดีระหว่างเฟสของยาง NR และเฟสของยาง EPDM



รูปที่ 2.4 กลไกการช่วยผสมยางผสมของคาร์ดานอล

และจากการศึกษาในเบื้องต้นของคณะผู้วิจัย [11,12] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการตกผลึกระหว่างสารประกอบประเภทพาราฟินและไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ พบว่าสามารถควบคุมการตกผลึกของสารประกอบพาราฟินและไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโซ่กิ่งและโซ่ตรงได้ จากความเข้าใจดังกล่าวทางกลุ่มวิจัยต้องการต่อยอดองค์ความรู้ โดยนำมาประยุกต์ใช้กับการแยกสารคาร์ดานอลออกจากน้ำมัน CNSL[13] เมื่อพิจารณาจากลักษณะโครงสร้างของคาร์ดานอลที่มีโซ่ตรงของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในลักษณะเช่นเดียวกับ

สารประกอบพาราฟินแว็กซ์ โดยจากโครงสร้างทางโมเลกุลที่คล้ายคลึงกันนี้ทำให้สามารถทำการตกผลึกร่วมได้โดยใช้พาราฟินและไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การตกผลึกร่วมของแว็กซ์กับน้ำมัน CNSL

โดยตัวห้อย car คือคาร์ดานอล T_c คืออุณหภูมิตกผลึก และ x_{car}^S, x_{car}^L คือ ปริมาณ (สัดส่วนโมล) ของคาร์ดานอลในเฟสของแข็งหรือของเหลวตามลำดับ จากของผสมแว็กซ์กับน้ำมัน CNSL ในสถานะของเหลวที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิตกผลึก เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอุณหภูมิตกผลึกของผสมแว็กซ์กับน้ำมัน CNSL จะเกิดการตกผลึกร่วมของแว็กซ์กับคาร์ดานอล โดย x_{car}^S แสดงถึงปริมาณของคาร์ดานอลที่สามารถตกผลึกร่วมกับแว็กซ์ได้ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการคำนวณแบบแฟลช (flash calculation) ภายใต้งื่อนไขของสมดุลเฟสระหว่างของแข็งและของเหลว โดยเทอมที่แสดงถึงความสามารถในการเกิดการตกผลึกเป็นของแข็ง แสดงในเทอมของค่าคงที่สมดุลของแข็ง-ของเหลว (K^{SL}) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของสัดส่วนโมลขององค์ประกอบที่เป็นของแข็งต่อสัดส่วนโมลขององค์ประกอบที่เหลืออยู่ในของเหลว ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาค่าคงที่สมดุลของแข็ง-ของเหลวของคาร์ดานอล (K_{car}^{SL}) ตามสมการที่ (1)

$$K_{car}^{SL} = \frac{x_{car}^S}{x_{car}^L} \quad (1)$$

โดยตัวห้อย car คือคาร์ดานอล และจากสมการที่ (1) ปริมาณของคาร์ดานอลในเฟสของแข็ง (x_{car}^S) หรือของเหลว (x_{car}^L) สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค GC-FID และในการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบ K_{car}^{SL} ดังแสดงในสมการที่ (1) กับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองอุณหพลศาสตร์ของสมดุลของแข็ง-ของเหลว ซึ่งได้จากการเท่ากันของฟูกาซิตี (Fugacity) ของคาร์ดานอลที่มีอยู่ในสารละลายผสมในเฟสของแข็งและของเหลว ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$\hat{f}_{car}^S = \hat{f}_{car}^L \quad (2)$$



โดย $\hat{f}_{car}^S, \hat{f}_{car}^L$ คือฟูกาซิติของคาร์ดานอลในผลึกของแข็งและของเหลวที่ได้จากสารละลายผสมระหว่างแก๊ซกับน้ำมัน CNSL ปรับสภาพ ซึ่งสามารถแสดงได้ในลักษณะความสัมพันธ์ในเทอมของสัดส่วนโมล สัมประสิทธิ์ฟูกาซิติมาตรฐาน สัมประสิทธิ์แอกติวิตี และค่า Poynting factor สำหรับเฟสของเหลวและของแข็งของคาร์ดานอลแสดงได้ดังสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

$$\hat{f}_{car}^L = \gamma_{car}^L f_{car}^{0L} x_{car}^L \exp\left(\int (V_{car}^L / RT) dP\right) \quad (3)$$

$$\hat{f}_{car}^S = \gamma_{car}^S f_{car}^{0S} x_{car}^S \exp\left(\int (V_{car}^S / RT) dP\right) \quad (4)$$

เมื่อแทนค่าฟูกาซิติจากสมการที่ (3) และ (4) ในสมการที่ (2) และจัดรูปสมการในเทอมของค่า K_{car}^{SL} แสดงได้ดังสมการที่ (5)

$$K_{car}^{SL} = \frac{x_{car}^S}{x_{car}^L} = \frac{\gamma_{car}^L f_{car}^{0L}}{\gamma_{car}^S f_{car}^{0S}} \exp\left(\int \frac{V_{car}^L - V_{car}^S}{RT} dP\right) \quad (5)$$

เนื่องจากการตกผลึกที่ความดันคงที่ 1 บรรยากาศทำให้สามารถละทิ้งเทอม Poynting factor ในสมการที่ (5) ได้

ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การประมาณค่าอัตราส่วนของสัมประสิทธิ์แอกติวิตีและฟูกาซิติมาตรฐานของคาร์ดานอล จากผลการศึกษาการตกผลึกของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันดิบ ที่พัฒนาขึ้นโดย P. Leelavanichkul และคณะ[14] ที่สามารถทำนายการตกผลึกของแก๊ซในน้ำมันดิบได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากคาร์ดานอลมีโครงสร้างของส่วนที่เป็นอะลิฟาติกจำนวนคาร์บอน 15 อะตอม เช่นเดียวกับสารประกอบพาราฟิน แสดงได้ดังสมการที่ (6) และ (7) ตามลำดับ

$$\frac{f_{car}^{0L}}{f_{car}^{0S}} = \exp\left(\frac{\Delta H_{car}^f}{RT} \left(1 - \frac{T}{T_{car}^f}\right) - \frac{1}{RT} \int_T^{T_i^f} (C_p^L - C_p^S) dT + \frac{1}{R} \int_T^{T_i^f} \frac{C_p^L - C_p^S}{T} dT\right) \quad (6)$$

$$\frac{\gamma_{car}^L}{\gamma_{car}^S} = \exp\left[\frac{V_{car}}{RT} \left[(\delta_m^L - \delta_{car}^L)^2 - (\delta_m^S - \delta_{car}^S)^2\right]\right] \quad (7)$$

โดยอัตราส่วนฟูกาซิติของคาร์ดานอลในเฟสของเหลวต่อของแข็งในเทอมด้านซ้ายมือของสมการที่ (6) หาได้จากความสัมพันธ์ของสมบัติเชิงความร้อนของคาร์ดานอล เช่น เอนทาลปีและ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	
ห้องสมุดวิจัย	
วันที่.....	13 ส.ย. 2555
เลขทะเบียน.....	246703
เลขเรียกหนังสือ.....	

อุณหภูมิการหลอมเหลว และค่าความจุความร้อน เป็นต้น และสำหรับอัตราส่วนของสัมประสิทธิ์แอคติวิตีของคาร์ดานอล ในเฟสของเหลวต่อของแข็งในเทอมด้านซ้ายมือของสมการที่ (7) ซึ่งใช้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสมบัติของคาร์ดานอลในลักษณะของสารละลายนั้น สามารถแสดงในเทอมของพารามิเตอร์การละลายของคาร์ดานอลในสารละลาย ที่เปลี่ยนแปลงในส่วนเฟสของเหลว และของแข็ง ตามลำดับ โดย δ_{car} คือ พารามิเตอร์การละลายของคาร์ดานอล และเมื่อแทนค่าสัมประสิทธิ์แอคติวิตีและอัตราส่วนฟูกาซีดี จากสมการที่ (6) และ (7) ลงในสมการที่ (5) สามารถจัดรูปสมการใหม่ได้ดังสมการที่ (8)

$$K_{car}^{SL} = \exp \left(\frac{\Delta H_{car}^f}{RT} \left(1 - \frac{T}{T_{car}^f} \right) - \frac{1}{RT} \int_T^{T_{car}^f} (C_P^L - C_P^S) dT \right. \\ \left. + \frac{1}{R} \int_T^{T_{car}^f} \frac{C_P^L - C_P^S}{T} dT + \frac{V_{car}}{RT} \left[(\delta_m^L - \delta_{car}^L)^2 - (\delta_m^S - \delta_{car}^S)^2 \right] \right) \quad (8)$$

ในเทอมของความแตกต่างของความจุความร้อน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเฟสจากของเหลวเป็นของแข็งของคาร์ดานอลสามารถประมาณได้ดังสมการที่ (9)

$$\Delta C_{Pcar} = C_{Pcar}^L - C_{Pcar}^S = aMW_{car} + bT \quad (9)$$

เมื่อ $a = 0.3033$ แคลลอรี่/(กรัม•เคลวิน)

$b = -4.635 \times 10^{-4}$ แคลลอรี่/(กรัม•เคลวิน²)

เมื่อทำการแทนที่เทอมของผลต่างของค่าความจุความร้อนในสมการที่ (8) ด้วยสมการที่ (9) แล้วทำการอินทิเกรตและจัดรูปสมการใหม่ได้ดังสมการที่ (10)

$$K_{car}^{SL} = \exp \left(\frac{\Delta H_{car}^f}{RT} \left(1 - \frac{T}{T_{car}^f} \right) - \frac{bMW_{car}}{RT} \left(\frac{(T_{car}^f)^2}{T} + T - 2T_{car}^f \right) \right. \\ \left. + \frac{V_{car}}{RT} \left[(\delta_m^L - \delta_{car}^L)^2 - (\delta_m^S - \delta_{car}^S)^2 \right] \right) \quad (10)$$

จากสมการที่(10) พบว่าสามารถประมาณค่าคงที่ของสมดุลของแข็ง-ของเหลวของคาร์ดานอล ที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการตกผลึกร่วมระหว่างแว็กซ์กับคาร์ดานอลได้ ซึ่งจากสมการจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าค่าคงที่ของสมดุลมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับอุณหภูมิการตกผลึกร่วม โดยที่พารามิเตอร์อื่นที่ปรากฏอยู่ในสมการ สามารถหาได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสมบัติของ

วัสดุเชิงความร้อน เช่น ค่า ΔH_{car}^f และ T_{car}^f คือ ค่าเอนทัลปีของการหลอมเหลวและอุณหภูมิการหลอมเหลวของคาร์บอนสามารถวัดค่าได้ด้วยเทคนิค DSC และสำหรับค่าพารามิเตอร์การละลายในสมการที่ (10) ขององค์ประกอบที่เป็นแก๊ซและสารประกอบอนุพันธ์ของฟีนอลสามารถประมาณได้จากผลการศึกษาของ P. Leelavanichkul และคณะ [14]

$$\delta_{wax}^L = 8.6 - \exp(2.219195 - 0.54907 MW_{wax}^{0.3}) \quad (11)$$

$$\delta_{car}^L = 8.8 - \exp(2.219195 - 0.54907 MW_{car}^{0.3}) \quad (12)$$

และพารามิเตอร์การละลายในเฟสของของแข็งและของผสมของแต่ละองค์ประกอบประมาณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\delta_i^S = \left[\frac{\Delta H_i^f}{V_i} + \delta_i^{L^2} \right]^{0.5} \quad (13)$$

$$\delta_m^L = \sum \phi_i^L \delta_i^L \text{ และ } \delta_m^S = \sum \phi_i^S \delta_i^S \quad (14)$$

$$\phi_i^L = x_i^L V_i^L (\sum x_i^L V_i^L)^{-1} \quad (15)$$

$$\phi_i^S = x_i^S V_i^S (\sum x_i^S V_i^S)^{-1} \quad (16)$$

F, S, L = จำนวนโมลของของผสม ของแข็งและ ของเหลว ตามลำดับ

MW = น้ำหนักโมเลกุล

R = ค่าคงที่ของแก๊ซ

T_C = อุณหภูมิการตกผลึก

T_i^f = อุณหภูมิการหลอมเหลวขององค์ประกอบ i

V_i^L, V_i^S = ปริมาตรเชิงโมลขององค์ประกอบ i ในเฟสของเหลวและของแข็ง

z_i, x_i^L, x_i^S = สัดส่วนโมลขององค์ประกอบ i ในของผสมเฟสของเหลวและของแข็ง ตามลำดับ

δ_i^L, δ_i^S = พารามิเตอร์การละลายขององค์ประกอบ i ในเฟสของเหลวและของแข็ง

δ_m^L, δ_m^S = พารามิเตอร์การละลายของของผสมในเฟสของเหลวและของแข็ง

ΔH_i^f = เอนทัลปีของการหลอมเหลว

ในขั้นตอนการตกผลึกร่วมของแก๊ซกับคาร์บอนอล โดยทั่วไปพบว่าสัดส่วนโมลของของผสมและอุณหภูมิของกระบวนการที่ต้องมีการควบคุมให้สารละลายผสมเย็นตัวลงจนเกิดกระบวนการตกผลึกจัดเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ควบคุมคุณภาพของสารเติมแต่งที่ต้องการผลิตได้ ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาผลของสัดส่วนการผสมและอุณหภูมิตกผลึกในหลอด

ทดลอง เพื่อหาสัดส่วนที่มีปริมาณของคาร์ดานอลผสมในปริมาณที่มากพอสำหรับการพัฒนาเป็น สารเติมแต่ง HA เพื่อใช้เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพในยาง NR และสารช่วยผสมระหว่างยาง ผสม จากนั้นศึกษาและเปรียบเทียบผลของสารเติมแต่ง HA ที่เตรียมจากน้ำมัน CNSL ที่ไม่ผ่านการ ปรับสภาพ (HA-C) และจากน้ำมัน CNSL ที่ผ่านการปรับสภาพ (HA-T) ต่อการป้องกันการ เสื่อมสภาพเนื่องจากโอโซนและความร้อนในยาง NR กับ Wingstay-L[®] และคาร์ดานอลสังเคราะห์

นอกจากนี้ ในการทำงานวิจัยคณะผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งได้แก่ การศึกษากระบวนการแยกพาราฟินแว็กซ์กับไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ การใช้แว็กซ์ใน การป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากโอโซน กระบวนการแยกคาร์ดานอลออกจากน้ำมัน CNSL งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้คาร์ดานอลเป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากการออกซิเดชัน ในยาง NR และงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงความสามารถในการละลายเข้ากันของยางผสม โดยใช้สารช่วยผสม ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ประพนธ์ และคณะ[12] ได้ศึกษาการละลายของพาราฟินแว็กซ์ในตัวทำละลายโทลูอีนซึ่ง สัมพันธ์กับอุณหภูมิการละลายและคุณสมบัติเชิงความร้อนของแว็กซ์ เช่น อุณหภูมิของการ หลอมเหลวของแว็กซ์ ค่าความร้อนของการหลอมเหลวของแว็กซ์ รวมทั้งนำเสนอการทำนายค่า การละลายของพาราฟินแว็กซ์ในตัวทำละลายโทลูอีน โดยประยุกต์ใช้สมการแวนเดอร์วาลส์ร่วมกับ กฎการผสม เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอกทิวิตี้ของระบบระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับตัวทำ ละลายโทลูอีน พบว่าสามารถแยกพาราฟินแว็กซ์กับไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ได้ ทำให้สามารถ นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมยางได้

เสริมฐการ และคณะ[11] ได้ทำการศึกษาต่อจากประพนธ์ และคณะ[12] เพื่อนำแว็กซ์มา ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยางในส่วนของการป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากโอโซน โดยทำ การทดลองตกผลึกพาราฟินแว็กซ์กับไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ให้ได้เป็นสารประกอบในสภาพ ของแข็ง ทำการหลอมแว็กซ์ผสมด้วยการให้ความร้อนที่ 140 °ซ เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นตก ผลึกแว็กซ์ผสม ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและเตรียมแว็กซ์สำหรับใช้เป็นสารเติมแต่งใน ยาง เพื่อใช้ในการป้องกันการเสื่อมสภาพของยางธรรมชาติเนื่องจากโอโซน พบว่าเมื่อผสม ระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ที่อัตราส่วน 40 และ 50 โดยน้ำหนักของ ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ ทำให้ได้สัดส่วนการตกผลึกแว็กซ์ร่วมระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับ ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ที่เหมาะสม สามารถทำให้ยางธรรมชาติมีความสามารถในการป้องกัน โอโซนได้ดีขึ้น และจากการศึกษายังสามารถทำนายความหนาของชั้นแว็กซ์ที่ออกมาเคลือบที่ผิว ของผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติได้ พร้อมกับใช้อธิบายความสามารถของแว็กซ์ผสมในการป้องกัน โอโซนได้อีกด้วย

Rodrigues และคณะ[3] ได้ศึกษาจลนศาสตร์ของการเสื่อมสภาพของ *cis*-1,4- polyisoprene ที่ อุณหภูมิคงที่ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยใช้ น้ำมัน

CNSL และอนุพันธ์ของน้ำมัน CNSL ได้แก่ cardanol, hydrogenated cardanol และ alkylated hydrogenated cardanol เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากการออกซิเดชันและนำตัวอย่างมาศึกษาด้วย FTIR ซึ่งการเสื่อมสภาพเนื่องจากการออกซิเดชันสามารถวิเคราะห์ได้จากจำนวนของ OH/OOH C=O และ C=C ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

บัณฑิตย์ และคณะ[13] ได้ศึกษาการแยกสารประกอบฟีนอลในผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการแตกตัวด้วยความร้อนของน้ำมันจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อุณหภูมิ 500 °ซ แล้วนำไปกลั่นให้บริสุทธิ์จะแยกออกเป็นชั้นของน้ำมันและชั้นน้ำ จากนั้นทำการสกัดสารประกอบฟีนอลออกจากชั้นของน้ำมันด้วยตัวทำละลายเมทานอล-น้ำในอัตราส่วน 80/20 โดยปริมาตร วิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลในผลิตภัณฑ์โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบกลับเฟส (RP-HPLC) โดยใช้ UV ดีเทคเตอร์ตรวจวัดที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 270 นาโนเมตร และเปรียบเทียบโครมาโทกราฟีของสารตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐานฟีนอล ผลจากการทดลองพบว่าสามารถแยกสารประกอบฟีนอลได้ในเฟสสกัด 1 มล. เป็นร้อยละเท่ากับ 88 โดยน้ำหนัก

Kumar และคณะ[1] ได้ศึกษากระบวนการแยกเอาคาร์ดานอลจากน้ำมัน CNSL ซึ่งโดยทั่วไปการแยกน้ำมัน CNSL ออกจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะใช้ 2 วิธี คือ solvent - extracted CNSL และ technical CNSL ในการศึกษาพบว่าวิธี technical CNSL ให้ปริมาณของคาร์ดานอลมากกว่าวิธี solvent- extracted CNSL ซึ่งการแยกเอาคาร์ดานอลออกจากน้ำมัน CNSL นั้นทำได้โดยนำที่แยกได้มาละลายในสารละลายเมทานอลกับ ammonia hydroxide (8/5) แล้วสกัดแยกคาร์ดานอลด้วยเฮกเซน พบว่าสามารถแยกคาร์ดานอลได้ร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก

W. Arayapranece และคณะ[8] ได้ศึกษาการปรับปรุงสมบัติการเสื่อมสภาพของยางธรรมชาติด้วยการทำยางผสมกับยาง EPDM โดยใช้ methyl methacrylate-butadiene-styrene (MBS) เป็นสารช่วยผสมในปริมาณเท่ากับ 0 ถึง 15 phr ในการปรับปรุงสมบัติของยางผสม จากการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางผสมที่สัดส่วนของยาง NR ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก พบว่าการเพิ่มปริมาณของ MBS ช่วยทำให้สมบัติเชิงกลของยางผสมดีขึ้น

J. H. Go และคณะ[9] ศึกษาผลของสารช่วยผสมต่อสมบัติของยางผสมระหว่าง EPDM กับ BR ที่สัดส่วนของยาง EPDM ร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก โดยสารช่วยผสมที่ใช้คือ AAHR (ของผสมระหว่างอะลิฟาติกและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเรซิน) ในปริมาณเท่ากับ 10 phr จากการศึกษาสัณฐานวิทยาของยางผสมโดยใช้ TEM พบว่ายางผสม EPDM กับ BR ที่ไม่เติม AAHR ไม่สามารถละลายเข้ากันได้โดยสังเกตเห็นโครงสร้างของยางผสมมีลักษณะเป็นแบบที่ยางตัวหนึ่งกระจายอยู่ในยางอีกตัวหนึ่ง สำหรับยางผสม EPDM กับ BR ที่เติม AAHR พบว่าโครงสร้างของยางผสมทั้งสองมีการกระจายอยู่ร่วมกันในแต่ละส่วนที่เชื่อมถึงกัน

ัชชาวลย์ และคณะ[10] ศึกษาอิทธิพลของสารช่วยผสมต่อสมบัติการไหล ความหนาแน่นของพันธะข้ามและสมบัติเชิงกลของยางผสมระหว่างยาง NR กับยาง NBR โดยใช้สารช่วยผสมเป็นยางคลอโรพรีนและยางธรรมชาติอีพ็อกซีไดซ์ ในปริมาณเท่ากับ 0 ถึง 7 phr ที่สัดส่วนของยาง NR ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่าการเติมสารช่วยผสมยางคลอโรพรีนและยางธรรมชาติอีพ็อกซีไดซ์ ทำให้ค่าความหนืดของยางผสมเพิ่มขึ้นและจากศึกษาโครงสร้างจุลภาคโดยใช้ SEM เพื่อตรวจสอบความในการเข้ากันได้ของยางผสม พบว่าการผสมสารช่วยผสมในปริมาณเท่ากับ 5 phr ทำให้โครงสร้างของยางผสมมีการยึดเกาะระหว่างเฟสที่ดี