

น้ำมันเมล็ดยางพารากับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

ดร.ณัฏฐ์ วัฒนสุภะ

บทนำ

ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย น้ำยางธรรมชาติผลิตกับยางแผ่นยางพารา สามารถสร้างรายได้จากการส่งออกเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศ จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้มีการประมาณการเนื้อที่ปลูกยางของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2553 มี 17.32 ล้านไร่ เนื้อที่กรีดยาง 12.07 ล้านไร่ ให้ผลผลิต 3.25 ล้านตัน และในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2549-2553) พื้นที่ปลูกยางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอัตราเฉลี่ยร้อยละ 5.05 ต่อปี และให้ผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 0.56 ต่อปี ซึ่งประเทศไทยถือว่ามีความเป็นอันดับสองของโลกรองจากประเทศอินโดนีเซีย

ต้นยางพารานอกจากจะให้ผลผลิตเป็นน้ำยางธรรมชาติและไม่ยางพาราแล้วยังมีผลพลอยได้ที่ได้จากต้นยางพาราอีกอย่างหนึ่งก็คือ เมล็ดยางพารา ทั้งนี้จากข้อมูลสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ในปี พ.ศ. 2549 รายงานว่าในอดีตต้นยางพาราพันธุ์ดั้งเดิมให้เมล็ดยางพารา 50 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ปัจจุบันจะเน้นยางพาราพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเป็นน้ำยางมากขึ้น ซึ่งสายพันธุ์ที่ให้น้ำยางนี้จะให้เมล็ดยางพาราประมาณ 10 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นเมื่อคำนวณตามพื้นที่ปลูกยางในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยจะมีปริมาณเมล็ดยางพาราสูงถึงประมาณ 173 ล้านกิโลกรัม ซึ่งเมล็ดยางพาราเหล่านี้ส่วนหนึ่งใช้เพาะเป็นต้นกล้ายาง แต่ในปัจจุบันการขยายพันธุ์ยางพาราด้วยวิธีนี้ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากการนำเมล็ดยางพาราไปเพาะอาจจะทำให้เกิดต้นกล้ายางเกิดการกลายพันธุ์ ดังนั้นจึงนิยมขยายพันธุ์ยางพาราด้วยวิธีการติดตามากกว่าการเพาะเมล็ด ซึ่งทำให้เกิดการปล่อยทิ้งเมล็ดยางพาราให้เน่าเสียในสวนยาง ด้วยเหตุนี้ถ้ามีการนำเมล็ดยางพาราที่ถือว่าเป็นของเหลือทิ้งจากสวนยางมาใช้ประโยชน์ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่เมล็ดยางพาราได้ บทความนี้จะกล่าวถึงการศึกษาเพื่อนำน้ำมันเมล็ดยางพาราไปใช้เป็นสารช่วยการแปรรูป (processing aids) ในอุตสาหกรรมยาง การนำไปผลิตไบโอดีเซลและการนำไปผลิตแอลกอฮอล์เพื่อนำไปใช้เป็นสารเคลือบผิว

ลักษณะทั่วไปของเมล็ดยางพารา

เมล็ดยางพาราจะมีสีน้ำตาลลายขาวคล้ายเมล็ดละหุ่ง ยาวประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร และหนักประมาณ 3.6 กรัม ประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเนื้อใน (kernel) ร้อยละ 65 ส่วนที่เป็นเปลือกนอก (shell) ร้อยละ 35 โดยทั่วไปน้ำมันจากเมล็ดยางพาราจะมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว

ประมาณร้อยละ 18-22 และ 78-82 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งน้ำมันเมล็ดยางพารานั้นจัดเป็นน้ำมันกึ่งแข็งกึ่งเหลว (semi-drying oil)¹ ตารางที่ 2 แสดงสมบัติทั่วไปของน้ำมันเมล็ดยางพารา

ตารางที่ 1 ปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ ในน้ำมันเมล็ดยางพารา [1]

ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณ (%)
กรดไขมันอิ่มตัว	
กรดปาล์มมิก (C16:0)	11
กรดสเตียริก (C18:0)	12
กรดอะราซิดิก (C20:0)	1
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	
กรดโอเลอิก (C18:1)	17
กรดลิโนเลอิก (C18:2)	35
กรดลิโนเลนิก (C18:3)	24

ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันเมล็ดยางพารา [1]

สมบัติ	ช่วงค่าที่วัดได้
ค่าความเป็นกรด (acid value) (mg KOH/g)	4-40
ค่าสaponification value (saponification value) (mg KOH/g)	190-195
ค่าไอโอดีน (iodine number) (g I ₂ /100 g)	132-141
ดัชนีหักเหที่ 40°C (refractive index)	1.466-1.469
ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)	0.92-0.93



¹ น้ำมันกึ่งแข็งกึ่งเหลว (semi-drying oil) คือ น้ำมันที่มีค่าไอโอดีน (iodine value) ระหว่าง 120-150 g I₂/100 g

การสกัดน้ำมัน

การสกัดน้ำมันพืชในขั้นตอนแรกก่อนที่จะนำเมล็ดพืช น้ำมันไปสกัดน้ำมันต้องล้างเมล็ดพืชน้ำมันก่อนแล้วใช้ตะแกรงร่อน เพื่อแยกสิ่งปลอมปนออก หลังจากนั้นนำเมล็ดพืชน้ำมันมาบด ให้เมล็ดแตกเพื่อให้การสกัดน้ำมันสามารถทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งการสกัด น้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมันนิยมใช้วิธีการหลักๆ 2 วิธี ได้แก่

1. การสกัดเชิงกล (mechanical extraction) คือ การใช้แรง เชิงกลบีบอัดเมล็ดพืชน้ำมัน โดยวิธีการบีบอัดน้ำมันมี 2 แบบ คือ การบีบอัด แบบเย็น (cold pressing) และการบีบอัดแบบร้อน (hot pressing) ซึ่งวิธีการบีบอัดแบบเย็นเป็นการใช้แรงกดเมล็ดพืชน้ำมันทำให้เมล็ด แตกแล้วบีบน้ำมันออกมา น้ำมันที่ได้จากวิธีการบีบอัดแบบเย็นนี้ สามารถนำน้ำมันมาใช้ได้เลย แต่ข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ จะได้น้ำมันในปริมาณน้อยและมีน้ำมันตกค้างในกากสูง ส่วนวิธีการบีบอัดแบบร้อนเป็นการใช้แรงเชิงกลบีบอัดเมล็ดพืชน้ำมันร่วมกับการใช้ ความร้อน เครื่องมือที่ใช้ในการบีบอัดมี 2 แบบ ได้แก่

- เครื่องอัดไฮดรอลิก (hydraulic pressure extractor) การบีบอัด ด้วยวิธีนี้จะให้น้ำมันประมาณร้อยละ 20-25 และมีน้ำมันตกค้าง ในการร้อยละ 10-15

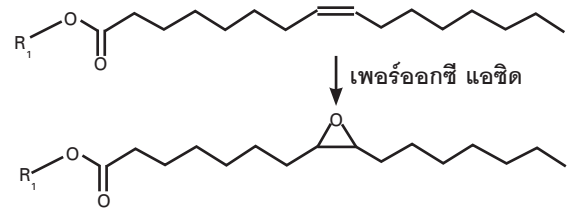
- เครื่องอัดเกลียว (screw type extractor) การบีบอัดด้วยวิธีนี้ จะให้น้ำมันประมาณร้อยละ 25-30 และมีน้ำมันตกค้างในกากร้อยละ 5-10

2. การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent extraction) การสกัด ด้วยวิธีนี้เหมาะสำหรับการผลิตน้ำมันพืชเพื่อใช้ในการบริโภค เพราะให้ ปริมาณน้ำมันที่สูงกว่าวิธีการสกัดเชิงกล ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัด ได้แก่ ปิโตรเลียมอีเทอร์ อะซิโตน และเฮกเซน เมื่อสกัดเสร็จแล้ว ก็นำของเหลวที่สกัดได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออก การสกัดด้วย วิธีนี้จึงมีน้ำมันติดที่กากเพียงเล็กน้อย คือ ประมาณร้อยละ 0.5

การนำน้ำมันจากเมล็ดยางพารามาใช้งาน

น้ำมันจากเมล็ดยางพาราสามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง แต่ในบางกรณีอาจจะแปรสภาพให้เป็นน้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกไซด์ (epoxidised rubber seed oil) โดยการนำน้ำมันเมล็ดยางพาราไปทำ ปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน (epoxidation reaction) ด้วยเปอร์ออกไซด์ (peroxide) กับกรด (เพอร์ออกไซด์ แอซิด) ที่อุณหภูมิประมาณ 60°C ก่อนนำไปใช้งาน (กลไกการเกิดปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันแสดงในรูปที่ 1)

น้ำมันเมล็ดยางพาราและน้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกไซด์ สามารถนำไปใช้เป็นสารช่วยการแปรรูป (processing aid) และพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) ในอุตสาหกรรมยางได้ นอกจากนั้น น้ำมันเมล็ดยางพารายังสามารถนำไปใช้แทนน้ำมันลินซีดเพื่อผลิตอัลคิเดส (alkyd resin) และน้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกไซด์สามารถนำไปใช้ ในงานเคลือบผิวเพื่อป้องกันการกัดกร่อน (anticorrosive coating) การผลิตกาว และไบโอดีเซล เป็นต้น



รูปที่ 1 กลไกการเกิดปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันของน้ำมัน ด้วยเพอร์ออกไซด์ แอซิด

1. อุตสาหกรรมยาง

1.1 พลาสติกไซเซอร์

ปี ค.ศ. 2003 Reethamma และคณะ [1] ได้ศึกษาเปรียบเทียบ การใช้น้ำมันเมล็ดยางพารา (RSO) น้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกไซด์ (ERSO)² และไดออกทิลฟทาเลต (dioctyl phthalate; DOP) เพื่อใช้ เป็นสารพลาสติกไซเซอร์สำหรับยางไนไตรล์ (NBR) ในการผลิตยางโอริง (o-ring) และซีลยางท่อน้ำมัน (oil seal) โดยมีสูตรผสมเคมีดังแสดงใน ตารางที่ 3 และตารางที่ 4 แสดงสมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติ เชิงกลของยางไนไตรล์ที่ใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราเป็นสารพลาสติกไซเซอร์

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาของคอมพาวด์ที่มีส่วนผสมของ น้ำมันเมล็ดยางพาราทั้ง RSO และ ERSO แล้ว พบว่าเวลาในการวัลคาไนซ์ ของยางคอมพาวด์ที่ผสม RSO และ ERSO ยาวกว่าของยางคอมพาวด์ที่มี ส่วนผสมของ DOP ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกัมมันต์ในระบบส่วนหนึ่ง เข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันของน้ำมันเมล็ด ยางพารา (RSO และ ERSO) ทำให้เหลือกัมมันต์ที่จะเข้าไป ทำปฏิกิริยากับยางลดลงจึงส่งผลทำให้ยางคอมพาวด์ดังกล่าวมีระยะ เวลาวัลคาไนซ์นานขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของยางวัลคาไนซ์ที่มีส่วนผสม ของน้ำมันเมล็ดยางพารา (RSO และ ERSO) กับ DOP พบว่ายางวัลคาไนซ์ ที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดยางพารา (RSO และ ERSO) มีค่าความทนต่อ แรงดึง โมดูลัส และความแข็งต่ำกว่ายางวัลคาไนซ์ที่มีส่วนผสมของ DOP รวมทั้งมีสมบัติการเสียรูปถาวรหลังกดที่ต่ำกว่า (ค่าสูง) อีกด้วย ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่ากัมมันต์ในสูตรยางเข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ในน้ำมัน RSO หรือ ERSO จึงทำให้เหลือกัมมันต์ที่ จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับยางมีปริมาณน้อยลง จึงส่งผลให้การเชื่อมโยงของ โมเลกุลยางลดลงตามไป ทำให้สมบัติต่างๆ ข้างต้นด้อยลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับยางวัลคาไนซ์ที่มีส่วนผสมของ DOP ส่วน ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด พบว่ายางวัลคาไนซ์ที่มีส่วนผสมของน้ำมัน RSO มีค่า การยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่ายางวัลคาไนซ์อีกสองสูตร

² น้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกไซด์ (ERSO) คือ น้ำมันเมล็ดยางพาราที่ผ่านการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันโดยใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์และกรดอะซิติกที่ อุณหภูมิ 58-60°C

เมื่อพิจารณาความต้านทานต่อการสึกกร่อนแบบ DIN จากปริมาณยางสูญเสีย พบว่ายางวัลคาไนซ์ที่มีส่วนผสมของน้ำมัน เมล็ดยางพารา (ทั้ง RSO และ ERSO) มีปริมาณยางสูญเสียต่ำกว่า ยางวัลคาไนซ์ที่มีส่วนผสมของ DOP ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่า ระหว่าง ขั้นตอนการวัลคาไนซ์อาจมีเกลือของกรดไขมัน (fatty acid soap) เกิดขึ้น ซึ่งเกลือของกรดไขมันที่เกิดขึ้นนี้จะทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่น ช่วยให้โมเลกุลยางเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ยางเกิดการสึกกร่อน น้อยลง

สำหรับการใช้งานเป็นโอริงหรือซีลยางทนน้ำมัน จำเป็น ต้องมีการทดสอบความทนต่อน้ำมันซึ่งทำได้โดยเตรียมชิ้นงาน ทดสอบขนาด 25 x 50 x 2 มิลลิเมตร แช่น้ำมัน ASTM No.3 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 168 ชั่วโมง ผลการทดสอบที่ได้แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 3 สูตรผสมเคมี

สูตรผสมเคมี	ปริมาณ (phr)		
	สูตร 1 (DOP)	สูตร 2 (RSO)	สูตร 3 (ERSO)
ยางไนไทรล์ (33% อะครีโลไนไทรล์)	100	100	100
ซิงก์ออกไซด์	5	5	5
กรดสเตียริก	1.5	1.5	1.5
MBTS	1	1	1
TMTD	2	2	2
กำมะถัน	0.5	0.5	0.5
TDQ	1.5	1.5	1.5
IPPD	1	1	1
เขม่าดำ (MT)	50	50	50
เขม่าดำ (SRF)	30	30	30
DOP	7	-	-
RSO	-	7	-
ERSO (5.2%)	-	-	7

หมายเหตุ:

MBTS = mercaptodibenzothiazyl disulfide, TMTD = tetramethyl thiuram disulfide
TDQ = 2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline, IPPD = isopropyl paraphenylene diamine
MT black = medium thermal black, SRF black = semireinforcing furnace black

ตารางที่ 4 สมบัติของยาง

การทดสอบ	สูตร 1 (DOP)	สูตร 2 (RSO)	สูตร 3 (ERSO)
สมบัติการวัลคาไนซ์			
เวลาการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 150°C (min)	6.5	9.5	8.0
เวลาสกอรัช (min)	2.5	2.5	2.5
สมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์			
ความทนต่อแรงดึง (MPa)	10.7	10.3	10.5
การยืดตัว ณ จุดขาด (%)	425	491	426
100%โมดูลัส (MPa)	3.64	2.95	3.29
ความทนต่อการฉีกขาด (kN/m)	47.2	49.8	46.8
การเสียรูปถาวรหลังกด (%)	8.17	10.52	8.37
ความต้านทานต่อการสึกกร่อนแบบ DIN			
- ปริมาณยางสูญเสีย (mm ³)	102	93	98
ความร้อนสะสม (°C)	45	51	43
ความแข็ง (Shore A)	68	66	66
การกระเดิงตัว (%)	45.7	42.8	46.5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบยางเมื่อแช่น้ำมัน ASTM No. 3

การทดสอบ	สูตร 1 (DOP)	สูตร 2 (RSO)	สูตร 3 (ERSO)
มวลของน้ำมันที่ถูกดูดซับ (%)	1.73	2.00	1.78
น้ำหนักสูญเสีย ³ (%)	0.62	0.29	0.18
การระเหยสูญเสีย (%)	1.71	1.58	1.40

³ น้ำหนักสูญเสีย (%) = $\frac{\text{น้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำมัน} - \text{น้ำหนักของชิ้นทดสอบที่ผ่านการแช่น้ำมันแล้วอบที่อุณหภูมิ } 70^{\circ}\text{C, } 48 \text{ ชั่วโมง}}{\text{น้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำมัน}} \times 100$

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่ายางสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำมัน RSO และ ERSO จะเกิดการบวมตัวในน้ำมัน ASTM No.3 มากกว่ายางที่มีส่วนผสมของ DOP (ดูจากมวลของน้ำมันที่ถูกดูดซับ) เนื่องมาจากการพันธะเชื่อมโยงของยางที่ใช้ น้ำมัน RSO และ ERSO มีพันธะเชื่อมโยงที่ต่ำกว่ายางที่ใช้ DOP เมื่อพิจารณาน้ำหนักสูญเสีย (leaching loss) และการระเหยสูญเสีย (volatilization loss) พบว่ายางสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำมัน RSO และ ERSO หลังจากแช่ในน้ำมัน ASTM No. 3 มีค่าดังกล่าวต่ำกว่ายางสูตรที่มีส่วนผสมของ DOP เนื่องมาจากน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมัน RSO และน้ำมัน ERSO มีค่าสูงกว่าของน้ำมัน DOP (น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมัน RSO ERSO และ DOP เท่ากับ 877 960 และ 390 ตามลำดับ)

ในปี ค.ศ. 2004 Reethamma และคณะ [2] ได้ศึกษาการนำน้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกซิไดซ์ (ERSO) มาใช้เป็นสารพลาสติกไซเซอร์ ในยางธรรมชาติที่มีซิลิกาเป็นสารตัวเติมเปรียบเทียบกับสารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) และน้ำมันแนฟทานิก โดยมีสูตรผสมเคมีดังแสดงในตารางที่ 6 ยางคอมพาวด์ที่ได้มีสมบัติการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 150°C และสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 สูตรผสมเคมี

สูตรผสมเคมี	ปริมาณ (phr)					
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
ยางธรรมชาติ	100					
ซิงก์ออกไซด์	5					
กรดสเตียริก	2					
ซิลิกา (Ultrasil VN3)	30	30	30	50	50	50
TESPT (Si-69)	3	-	-	6	3	3
น้ำมันแนฟทานิก	-	3	-	-	3	-
ERSO	-	-	3	-	-	3
TDQ	1					
MBTS	1					
DPG	0.75					
DEG	1.5					
กำมะถัน	2.5					

หมายเหตุ: ERSO = น้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกซิไดซ์ ซึ่งปฏิกิริยาอีพอกซิไดซ์ของงานวิจัยนี้ใช้กรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 58-60°C และน้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกซิไดซ์ที่ใช้ศึกษามีปริมาณ oxirane oxygen ร้อยละ 5

TESPT = bis-(3-triethoxysilylpropyl)-tetrasulfide

TDQ = 2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline

MBTS = mercaptodibenzothiazyl disulfide

DPG = diphenyl guanidine

DEG = diethylene glycol



ตารางที่ 7 สมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม

การทดสอบ	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
สมบัติการวัลคาไนซ์						
แรงบิดต่ำสุด (dN.m)	3.6	3.7	3.7	8.7	11.2	10.8
แรงบิดสูงสุด (dN.m)	21.4	14.7	14.2	32.0	36.2	30.6
เวลาวัลคาไนซ์ที่ 150°C (min)	7.0	9.5	9.7	16.0	15.0	18.0
t_5 ที่ 120°C (min)	11.4	13.2	13.8	20.8	31.6	39.8
สมบัติเชิงกล						
ความแข็ง (Shore A)	57	57	56	73	73	72
100%โมดูลัส (MPa)	2.30	2.00	1.80	4.30	3.49	3.30
ความทนต่อแรงดึง (MPa)	35.5	27.2	29.5	28.3	26.4	28.0
การยืดตัว ณ จุดขาด (%)	705	713	768	568	619	642
ความทนต่อการฉีกขาด (kN/m)	89.8	61.6	71.2	111.9	98.7	102.3
การเสียรูปถาวรหลังกด (%)	33.1	36.0	36.5	36.0	39.0	39.0
ความต้านทานต่อการสึกกร่อนแบบ DIN - ปริมาตรสูญเสีย (mm ³)	123.6	154.0	153.9	126.9	135.6	136.0

จากตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงบิดระหว่างยางคอมพาวด์สูตรที่ 1-3 (ใช้พลาสติไซเซอร์ปริมาณ 3 phr) พบว่ายางคอมพาวด์สูตร 1 (TESPT) มีค่าแรงบิดสูงกว่ายางคอมพาวด์สูตร 2 (น้ำมันแนฟทานิก) และสูตร 3 (น้ำมัน ERSO) โดยที่ยางสูตร 2 และ 3 มีค่าแรงบิดสูงสุดใกล้เคียงกัน ในกรณีของยางคอมพาวด์สูตร 4-6 (เพิ่มปริมาณซิลิกาเป็น 50 phr และใช้พลาสติไซเซอร์ปริมาณ 6 phr) พบว่ายางสูตร 5 ที่มีการใช้ TESPT ร่วมกับน้ำมันแนฟทานิกมีค่าแรงบิดสูงกว่ายางสูตร 4 และสูตร 6 ตามลำดับ

เมื่อนำยางวัลคาไนซ์ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพต่างๆ พบว่ายางสูตร 1 และ 4 (TESPT) มีค่าความทนต่อแรงดึง โมดูลัส สูงกว่ายางสูตรที่มีการใช้ TESPT ร่วมกับน้ำมันแนฟทานิกหรือน้ำมัน ERSO แต่มีค่าการยืดตัว ณ จุดขาดต่ำกว่ายางสูตรอื่นๆ ส่วนยางสูตร 3 และ 6 (TESPT ร่วมกับน้ำมัน ERSO) มีค่าความทนต่อแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่ายางสูตร 2 และ 5 แต่มีค่าโมดูลัสต่ำกว่า ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากเกลือของซิงก์ (zinc soap) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างซิงก์ออกไซด์กับกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมัน ERSO ช่วยให้ซิลิกาแตกตัวในยางดีขึ้น

จากการวัดค่าความต้านทานต่อการสึกกร่อน พบว่ายางคอมพาวด์สูตร 1 และสูตร 4 ที่มีการใช้ TESPT จะมีค่าความต้านทานต่อการสึกกร่อนสูงกว่ายางสูตรอื่นๆ (มีปริมาตรยางสูญเสียต่ำกว่า) ส่วนยางคอมพาวด์ที่ใช้ TESPT ร่วมกับน้ำมันแนฟทานิกหรือน้ำมัน ERSO มีค่าความต้านทานต่อการสึกกร่อนไม่แตกต่างกัน

ดังนั้นการใช้น้ำมัน ERSO ร่วมกับ TESPT สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมได้ดีกว่าการใช้น้ำมันแนฟทานิกร่วมกับ TESPT

1.2 สารช่วยการแปรรูป (processing aid)

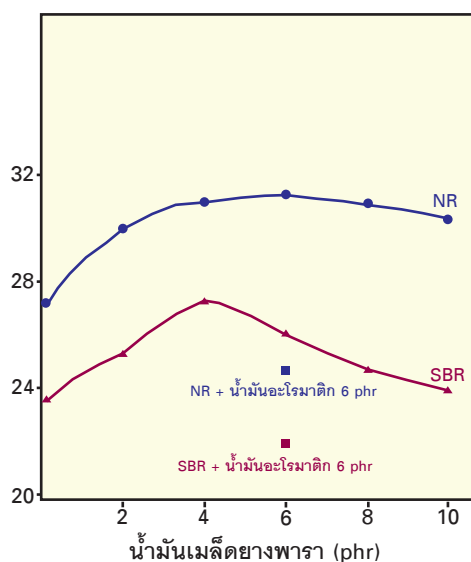
ในปี ค.ศ. 1999 Nandanan และคณะ [3] ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของยางเมื่อใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราและน้ำมันอะโรมาติกเป็นสารช่วยการแปรรูปของยางธรรมชาติ (NR) และยางสไตรีนบิวทาไดเอิน (SBR) โดยมีสูตรผสมเคมีแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สูตรผสมเคมี

สูตรผสมเคมี	ปริมาณ (phr)	
	สูตร 1	สูตร 2
ยางธรรมชาติหรือยางสไตรีนบิวทาไดเอิน	100	100
เขม่าดำ (HAF)	50	50
ซิงก์ออกไซด์	5	5
กรดสเตียริก	2	2
MBTS	1	1
TMTD	0.2	0.2
กำมะถัน	1.5	1.5
สารต้านออกซิเดชัน	1.5	1.5
น้ำมันอะโรมาติก	6	-
น้ำมันเมล็ดยางพารา	-	2,4,6,8,10

หมายเหตุ: MBTS = mercaptodibenzothiazyl disulfide, TMTD = tetramethyl thiuram disulfide

ความทนต่อแรงดึง (MPa)



รูปที่ 2 ผลของปริมาณน้ำมันเมล็ดยางพาราต่อความทนต่อแรงดึงของยาง NR และยาง SBR

จากรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาความทนต่อแรงดึงของยาง NR และยาง SBR ที่ใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราและน้ำมันอะโรมาติกที่ปริมาณ 6 phr พบว่าทั้งยาง NR และยาง SBR ที่ใช้น้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะยางสูตรที่ใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันมากกว่า 6 phr ค่าความทนต่อแรงดึงจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากจากการที่น้ำมันเมล็ดยางพาราสามารถทำปฏิกิริยากับกำมะถัน โดยอาจเกิดการเชื่อมโยง (crosslink) ในสายโซ่โมเลกุล (เกิดเป็นแฟกทิส) ได้พร้อมๆ กับการเกิดการวัลคาไนซ์ ทำให้ปริมาณกำมะถันที่จะไปทำปฏิกิริยากับยางลดลง จึงทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงของยางลดลง ส่วนกรณีค่าโมดูลัสของยาง NR และยาง SBR ที่ใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราจะให้ค่าโมดูลัสที่สูงกว่ายาง NR และยาง SBR ที่ใช้น้ำมันอะโรมาติก

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาสมบัติอื่นๆ เช่น การเสียรูปถาวรหลังกด (compression set) ความต้านทานต่อการพับงอ (flex resistance) และการกระเดิงตัว (resilience) ของยางวัลคาไนซ์ NR และยาง SBR ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สมบัติต่างๆ ของยางวัลคาไนซ์

สูตรผสม	การเสียรูปถาวรหลังกด (%)		ความต้านทานต่อการพอง X 10 ² (รอบ)		การกระด้างตัว (%)	
	NR	SBR	NR	SBR	NR	SBR
ยาง + น้ำมันอะโรมาติก (6 phr)	47.5	44.3	1125	410	37	40
ยาง + น้ำมันเมล็ดยางพารา (2 phr)	46.8	39.1	1350	490	45	45
ยาง + น้ำมันเมล็ดยางพารา (4 phr)	46.7	37.3	1460	560	44	48
ยาง + น้ำมันเมล็ดยางพารา (6 phr)	44.7	29.5	1680	1125	45	45
ยาง + น้ำมันเมล็ดยางพารา (8 phr)	48.1	27.2	1920	1165	46	45
ยาง + น้ำมันเมล็ดยางพารา (10 phr)	50.3	25.6	2820	1335	42	43

จากตารางที่ 9 เมื่อพิจารณาการเสียรูปถาวรหลังกดของยาง พบว่ายาง NR ที่ใช้น้ำมันอะโรมาติกหรือน้ำมันเมล็ดยางพาราเป็นสารช่วยการแปรรูปจะมีค่าการเสียรูปถาวรหลังกดที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่กรณีของยาง SBR พบว่ายาง SBR มีค่าการเสียรูปถาวรหลังกดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันเมล็ดยางพารา สำหรับค่าความต้านทานต่อการพอง พบว่ายางที่ใช้น้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าความต้านทานต่อการพองสูงกว่ายางที่ใช้น้ำมันอะโรมาติกทั้งยาง NR และ SBR อาจเนื่องมาจากโมเลกุลของกลีเซอไรด์ (glyceride) ที่มีอยู่ในน้ำมันเมล็ดยางพาราเข้าไปแทรก (entrapped) อยู่ในโครงสร้างของยางและเกิดการวัลคาไนซ์ร่วม (covulcanized) ส่งผลให้ยางมีความยืดหยุ่น (flexibility) เพิ่มขึ้นสำหรับค่าการกระด้างตัวพบว่ายาง NR และยาง SBR ที่ใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราเป็นสารช่วยการแปรรูปจะมีค่าการกระด้างตัวสูงกว่ายาง NR และยาง SBR ที่ใช้น้ำมันอะโรมาติก อาจเนื่องมาจากน้ำมันเมล็ดยางพาราสามารถเข้าไปผสมกับยางได้ดี

ในปี ค.ศ. 2000 Aigbodion และคณะ [4] ได้ศึกษาการนำน้ำมันจากเมล็ดยางพาราและน้ำมันเมล็ดยางพาราออกซิไดซ์มาใช้เป็นสารช่วยการแปรรูปสำหรับยางธรรมชาติ (NR) โดยศึกษากระบวนการผสมด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ (brabender plasticorder) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ดัชนีความหนืดหลอมเหลวและพลังงานที่ใช้ในการผสม

การทดสอบ	ความเร็วรอบโรเตอร์ (rpm)	สูตรควบคุม	สูตรผสม 10% RSO	สูตรผสม 10% ERSO
ค่าดัชนีความหนืดของยางคอมพาวด์; η (m.g/rpm)	30	47.6	44.2	44.2
	45	30.6	27.2	27.2
	60	22.1	18.7	17.9
ค่าพลังงานที่ใช้ในการผสม; P (W)	30	44	41	41
	45	64	57	57
	60	82	69	66

หมายเหตุ: สูตรผสมเคมียางของยางสูตรควบคุม คือ ยางธรรมชาติ 100 phr, ซิงก์ออกไซด์ 5 phr, กรดสเตียริก 2 phr, กำมะถัน 2 phr, MBT 1.5 phr, TMTD 0.5 phr

จากตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่ายาง NR ที่มีการใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราและน้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกซิไดซ์จะทำให้ค่าดัชนีความหนืดของยางคอมพาวด์และค่าพลังงานที่ใช้ในการผสมต่ำกว่ายาง NR ที่ไม่ได้เติมน้ำมันเมล็ดยางพารา ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราสามารถช่วยลดความหนืดของยางลงได้ จึงทำให้พลังงานที่ใช้ในการผสมลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 11 แสดงสมบัติการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 150°C และสมบัติเชิงกลของยาง พบว่ายางสูตรที่ใช้น้ำมัน RSO หรือน้ำมัน ERSO จะมีค่าความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง (crosslink density) ต่ำกว่ายางสูตรควบคุม แต่มีค่าความแข็ง โมดูลัสใกล้เคียงกัน ที่น่าสนใจคือมีค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืดตัว ณ จุดขาดสูงกว่าของยางสูตรควบคุม นอกจากนี้ค่าความทนต่อการฉีกขาดของยาง NR ที่ใช้น้ำมัน ERSO ยังมีค่าสูงกว่าของยางสูตรควบคุม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับของยางที่ใช้ RSO

ในภาพรวมยางธรรมชาติที่ใช้น้ำมัน RSO และ ERSO เป็นสารช่วยการแปรรูป สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติบางประการ เช่น ความทนต่อแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด ให้ดีขึ้นได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดพลังงานที่ใช้ในผสมยางอีกด้วย

ตารางที่ 11 สมบัติของยาง

สมบัติ	สูตรควบคุม	สูตรผสม 10% RSO	สูตรผสม 10% ERSO
ความแข็ง (Shore A)	28	24.5	27
ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง $\times 10^4$ (mol/g RH)	3.481	1.364	1.371
300%โมดูลัส (MPa)	1.9	1.8	1.8
ความทนต่อแรงดึง (MPa)	9.4	13.9	14.5
การยืดตัว ณ จุดขาด (%)	990	1160	1150
ความทนต่อการฉีกขาด (kN/m)	30.98	31.18	34.12

2. การใช้งานในด้านอื่นๆ

2.1 การผลิตไบโอดีเซล

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย โดยในปี ค.ศ. 2000 Ikwagwu และคณะ [5] ได้ศึกษาการนำน้ำมันเมล็ดยางพาราดิบ (crude rubber seed oil) และน้ำมันเมล็ดยางพารากลิ้น (refined rubber seed oil) มาผลิตไบโอดีเซลผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (transesterification) จากการศึกษาพบว่าการใช้เมทานอลผสมกับน้ำมันที่สัดส่วน 6:1 (โดยโมล) และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารตัวเร่งปฏิกิริยา (ปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของน้ำมัน) จะให้ปริมาณผลผลิตไบโอดีเซลมากที่สุด น้ำมันเมล็ดยางพาราดิบและน้ำมันเมล็ดยางพารากลิ้นเมื่อนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลแล้วจะให้ผลผลิตร้อยละ 76.64 และ 84.46 ตามลำดับ จากนั้นเมื่อนำน้ำมันชนิดต่างๆ มาวัดค่าความหนืด พบว่าน้ำมันเมล็ดยางพารากลิ้น ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดยางพารากลิ้น และน้ำมันดีเซล มีค่าความหนืด 37.85, 6.29, 3.12 cSt ตามลำดับ แต่ถ้าเทียบระหว่างไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดยางพารากับน้ำมันดีเซลแล้วพบว่าสมบัติต่างๆ ของไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดยางพารายังด้อยกว่าน้ำมันดีเซลทั้งค่าความหนืด จุดวาบไฟ และจุดติดไฟ แต่ให้ค่าดัชนีซีเทน (cetane index)⁴ ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยค่าดัชนีซีเทนของไบโอดีเซลและดีเซลที่วัดได้มีค่า 44.81 และ 46 ตามลำดับ

นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 2005 Ramadhas และคณะ [6] ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราโดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบสองขั้นตอน (two-step transesterification) โดยขั้นตอนแรกใช้กรดซัลฟิวริกเป็นสารตัวเร่งปฏิกิริยา (ร้อยละ 0.5 โดยมวล) และใช้สัดส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันเมล็ดยางพาราเท่ากับ 6:1 (โดยมวล) หลังจากนั้นนำน้ำมันที่ได้มาทำปฏิกิริยาในขั้นตอนที่สองต่อโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารตัวเร่งปฏิกิริยา (ร้อยละ 0.5 โดยมวล) และปรับเปลี่ยนสัดส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันเมล็ดยางพารา จากการศึกษาพบว่าสัดส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ทำให้ได้น้ำมันไบโอดีเซลมากที่สุด คือ 9:1 (โดยมวล) หลังจากนั้นจึงนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดยางพารามาทดสอบสมบัติเปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12 ซึ่งจากตารางจะเห็นได้ว่าไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีสมบัติต่างๆ ใกล้เคียงน้ำมันดีเซลมาตรฐาน

⁴ค่าดัชนีซีเทน (cetane Index) เป็นการวัดค่าการกลั่นของน้ำมันที่ร้อยละ 50 และค่าความถ่วง API แล้วนำมาคำนวณ ซึ่งค่าดัชนีซีเทนที่คำนวณได้สามารถใช้ในการประมาณค่าซีเทน (cetane number) ของน้ำมันดีเซลได้ใกล้เคียงกับค่าซีเทนของน้ำมันที่ทดสอบโดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานสูบเดียวของ CFR ซึ่งการทดสอบค่าซีเทนด้วยเครื่องยนต์นี้มีค่าใช้จ่ายสูงและสิ้นเปลืองเวลา ดังนั้นจึงใช้วิธีการคำนวณออกมาเป็นค่าดัชนีซีเทนแทน

ตารางที่ 12 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

สมบัติ	มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ	ไบโอดีเซลมาตรฐาน (ASTM D6751-02) ⁵	ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา
ความถ่วงจำเพาะ	ASTM D4052	0.87-0.90	0.874
ความหนืด (mm ² /s) ที่ 40°C	ASTM D445	1.9-6.0	5.81
จุดวาบไฟ (°C)	ASTM D93	ไม่ต่ำกว่า 130	130
จุดหมอก (°C)	ASTM D2500	(-3) - 12	4
จุดไหลเท (°C)	ASTM D97	(-15) - 10	-8
ค่าความเป็นกรด (mg KOH/g)	ASTM D974	0.8	0.118

หมายเหตุ: จุดวาบไฟ (flash point) คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดเมื่อเปลวไฟผ่านเหนือไอของน้ำมัน แล้วทำให้น้ำมันติดไฟ
จุดหมอก (cloud point) คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันเริ่มเป็นไข
จุดไหลเท (pour point) คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังเป็นของเหลวพอที่จะไหลได้

2.2 อุตสาหกรรมเคลือบผิว (coating)

ปี ค.ศ. 2000 Aigbodion และ Pallai [7] ได้ศึกษาการนำน้ำมันเมล็ดยางพารา (rubber seed oil; RSO) และน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ $300 \pm 5^\circ\text{C}$ (heated rubber seed oil; HRSO) มาใช้ในการผลิตแอลคิเดเรซินสำหรับเคลือบผิว ทั้งแบบที่ใช้น้ำ (water-borne system) และแบบที่ใช้ตัวทำละลาย (solvent-borne system) โดยมีสูตรผสมเคมีดังแสดงในตารางที่ 13 หลังจากนั้นจึงนำแอลคิเดเรซินที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 13 สูตรผสมเคมีในการผลิตแอลคิเดเรซิน

สูตรผสมเคมี	ใช้ตัวทำละลาย (solvent-borne) (โมล)			ใช้น้ำ (water-borne) (โมล)	
	สูตร 1 (40% oil)	สูตร 2 (50% oil)	สูตร 3 (60% oil)	สูตร 4 (40% oil)	สูตร 5 (50% oil)
น้ำมัน RSO	0.456	0.575	0.702	0.283	0.342
พทาสิกแอนไฮไดรด์ (PA)	0.778	0.652	0.531	0.470	0.421
กลีเซอรอล (GLY)	0.657	0.307	0.328	-	-
ไตรเมทิลอลโพรเพน (TMP)	-	-	-	0.400	0.332
ค่าคงที่แอลคิด ⁶ (k)	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02

⁵ASTM D6751-02 (Standard Specification for Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels) ปัจจุบันใช้ ASTM D6751-11 (Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels)

⁶ ค่าคงที่แอลคิด (Alkyd constant; k) = $\frac{\text{ratio of total number of moles of hydroxyl and acid group}}{\text{number of acid equivalent}}$

ตารางที่ 14 สมบัติของแอลคิเดเรซิน

สมบัติ	HRSO	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
ความถ่วงจำเพาะที่ 30°C	0.940	0.956	0.944	0.966	0.940	0.940
ความหนืด (P) สารละลาย 60% (w/v)	4.89	3.11	7.46	2.54	6.38	1.13
ระยะเวลาแห้งสนิท (ชั่วโมง)	24	24	12	24	24	24
การทดสอบความแข็งของผิวเคลือบด้วยดินสอ ⁷						
- รอยขีดข่วน	F	H	HB	2B	2B	4B
- รอยแตก	2H	3H	F	HB	HB	3B

ในปี ค.ศ. 2007 Ikhuoria และคณะ [8] ได้ศึกษาการผลิตแอลคิเดเรซินคลอรีเนตจากน้ำมันเมล็ดยางพาราเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิว โดยในขั้นแรกได้ผลิตแอลคิเดเรซินด้วยการนำน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extracted) ไปผสมกับสารเคมีอื่นๆ ตามสูตรผสมเคมีที่แสดงในตารางที่ 15 จากนั้นจึงนำแอลคิเดเรซินไปทำปฏิกิริยาคลอรีเนชันโดยใช้ตะกั่วออกไซด์ (lead (II) oxide) เป็นสารตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 230-250°C และปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาคลอรีเนชันในช่วง 30-90 นาที แล้วนำคลอรีเนตแอลคิเดเรซินมาวัดสมบัติต่างๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 15 สูตรผสมเคมีในการผลิตแอลคิเดเรซิน

สารเคมี	ปริมาณ (g)
น้ำมันเมล็ดยางพารา	151.13
กลีเซอรอล	70
พทาสิกแอนไฮไดรด์	91
โซลีน	31.21



⁷การทดสอบความแข็งด้วยดินสอ (pencil hardness) คือ การทดสอบความแข็งของฟิล์มเคลือบโดยใช้ดินสอ ซึ่งระบุค่าความแข็งของฟิล์มเคลือบตามค่าความแข็งของดินสอที่ฟิล์มเคลือบสามารถทนต่อรอยขีดได้ โดยค่าความแข็งเรียงจากค่าความแข็งมากที่สุดไปหาน้อย คือ 9H>8H>7H>6H>5H>4H>3H>2H>H>F>HB>B>2B>3B>4B>5B>6B>7B>8B>9B

ตารางที่ 16 สมบัติของฟิล์มแอลคิไดเรซินและฟิล์มคลอริเนตแอลคิไดเรซิน

สมบัติ	แอลคิไดเรซิน	คลอริเนตแอลคิไดเรซิน (30 นาที)	คลอริเนตแอลคิไดเรซิน (60 นาที)	คลอริเนตแอลคิไดเรซิน (90 นาที)
สี	น้ำตาล	น้ำตาลใส	น้ำตาล	น้ำตาลเข้ม
ค่าไอโอดีน (g I ₂ /100 g)	67.23	13.53	12.05	7.61
ค่ากรด (mg KOH/g)	8.00	17.25	36.04	42.80
ค่าสพอนนิฟิเคชัน (mg KOH/g)	173.40	172.22	170.50	169.51
ค่าความหนืด (stokes)	-	0.544	0.497	0.495
การทดสอบความต้านทานทางเคมี (chemical resistance)				
ระยะเวลาแห้งตะ (นาทีก)	20	16	16	14
ระยะเวลาแห้งสนิท (ชั่วโมง)	4	3	2 ½	2
น้ำเกลือ (5% NaCl (w/w))*	1	1	1	1
ด่าง (0.1M NaOH)*	2	2	2	2
กรด (0.1M H ₂ SO ₄)*	1	1	1	1
น้ำเย็น*	1	1	1	1

*หมายเหตุ: 1 คือ ฟิล์มไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง 2 คือ ฟิล์มเกิดการหลุด

แอลคิไดเรซินและแอลคิไดเรซินคลอริเนตที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดยางพาราสามารถนำมาใช้ในงานเคลือบผิวได้ ทั้งแอลคิไดเรซินและแอลคิไดเรซินคลอริเนตที่เตรียมได้มีความทนต่อกรด น้ำ และน้ำเกลือเจือจาง แต่ไม่ทนต่อด่าง นอกจากนี้ยังได้มีการรายงานว่าแอลคิไดเรซินคลอริเนตสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารหน่วงไฟ (flame retardant) ได้ด้วยเนื่องจากในโมเลกุลของเรซินดังกล่าวมีอะตอมของคลอรีนเป็นองค์ประกอบ

สรุป

การสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่เมล็ดยางพาราสามารถทำได้โดยการนำเมล็ดยางพารามาผลิตเป็นน้ำมันเมล็ดยางพาราหรือน้ำมันเมล็ดยางพาราอีพอกซี โดยน้ำมันที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้เป็นสารช่วยแปรรูปหรือพลาสติกไฮดรอกซีในอุตสาหกรรมยางได้ นอกจากนี้น้ำมันจากเมล็ดยางพารายังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลและเรซินที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Reethamma, J., et.al., *J. Appl. Polym. Sci.*, **89**, 668–673, (2003)
2. Reethamma, J., et.al., *J. Appl. Polym. Sci.*, **92**, 3531–3536 (2004)
3. Nandan, V., Joseph, R. and George, K.E., *J. Appl. Polym. Sci.*, **72**, 487–492 (1999)
4. Aigbodion, A.I., Menon, A.R.R. and Pillai, C.K.S., *J. Appl. Polym. Sci.*, **77**, 1413–1418 (2000)
5. Ikwaagwu, O.E., Ononogbu, I.C. and Njoku, O.U., *Industrial Crops and Products*, **12**, 57–62 (2000)
6. Ramadhas, A.S., Jayaraj, S. and Muraleedharan, C., *Fuel*, **84**, 335-340 (2005)
7. Aigbodion, A.I. and Pillai, C.K.S., *Prog. Org. Coat.*, **38**, 187-192 (2000)
8. Ikhuoria, E.U., et.al., *Prog. Org. Coat.*, **59**, 134-137 (2007)
9. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร “วารสารยางพารา” ปีที่ 29 ฉบับที่ 2, 2551
10. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ “สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2554”, 2553

ดร.ณัฏฐ์ ธีรวิชัย

การศึกษา: ปริญญาโท (ปศุศาสตร์และสัตวศาสตร์ฟอโวลีออร์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ทำงานปัจจุบัน: เจ้าหน้าที่สารสนเทศ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย มหาวิทยาลัยมหิดล