

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การเตรียมยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์ (ENR)

วัตถุประสงค์สำคัญของงานวิจัยนี้ คือ การเตรียมยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์ให้ได้ปริมาณอิพอกไซด์ 3 ระดับ โดยให้เวลาการเกิดปฏิกิริยาอิพอกซีเดชันต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยแทนด้วยสัญลักษณ์ ENR-A, ENR-B และ ENR-C

ตารางที่ 4.1 สารเคมีและภาวะที่ใช้ในการเตรียมยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์

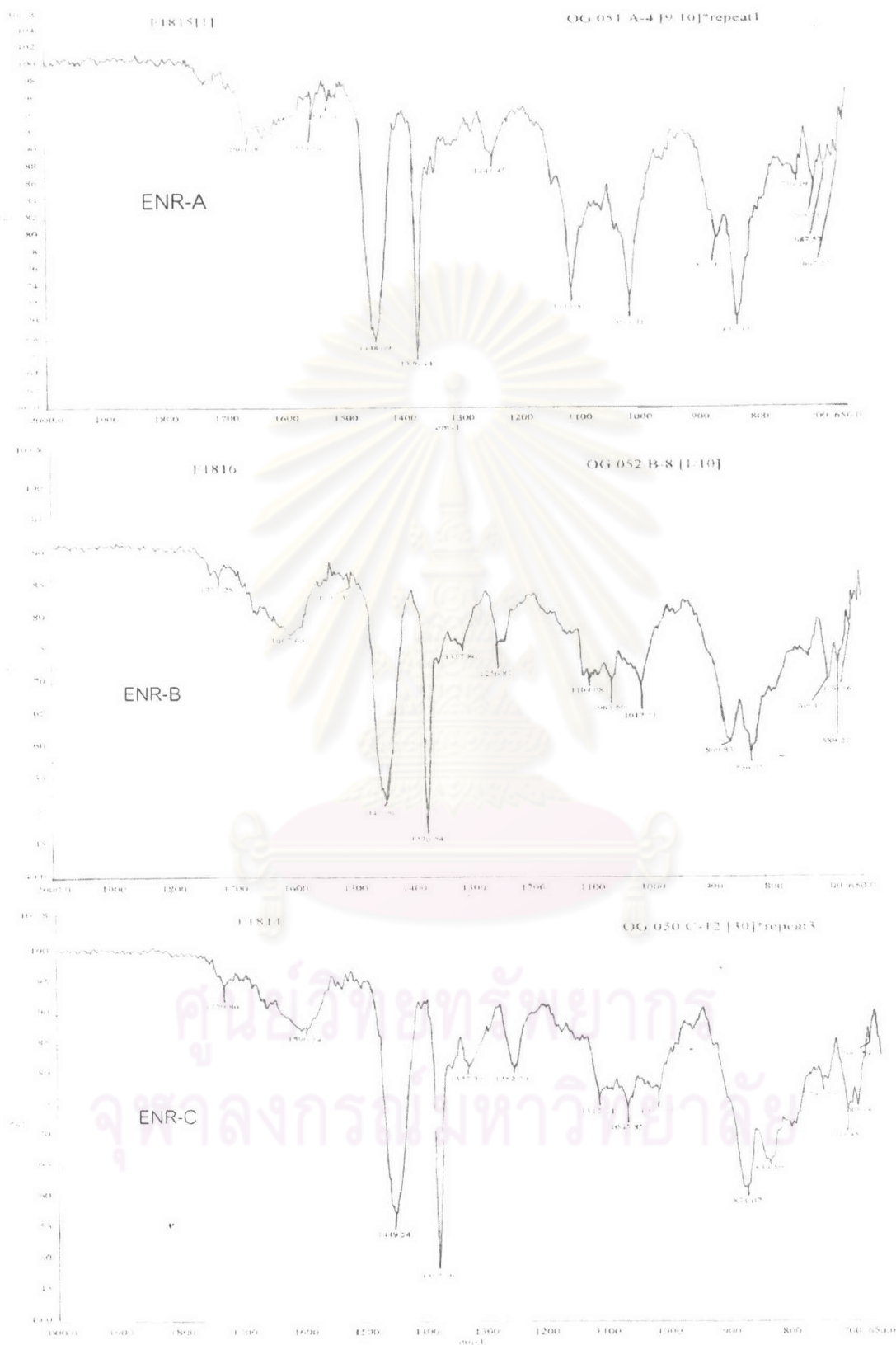
ENR	Terric16A-16 (phr)	กรดฟอร์มิก (M)	ไฮโดรเจนเปอร์ ออกไซด์ (M)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชั่วโมง)
ENR-A	5	0.75	0.75	50	4
ENR-B	5	0.75	0.75	50	8
ENR-C	5	0.75	0.75	50	12

4.1.1 ผลของเวลาต่อการเกิดปฏิกิริยาอิพอกซีเดชัน

จากการตรวจสอบด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี พบแถบการดูดกลืนของหมู่อิพอกไซด์ใน ENR-A, ENR-B และ ENR-C ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 870 และ 1240 cm^{-1} ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และไม่พบแถบการดูดกลืนแสงของหมู่คาร์บอนิล ซึ่งแสดงว่าเกิดวงแหวนอิพอกไซด์ในยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์อย่างสมบูรณ์ (ไม่มีการเปิดวงแหวนอิพอกไซด์)

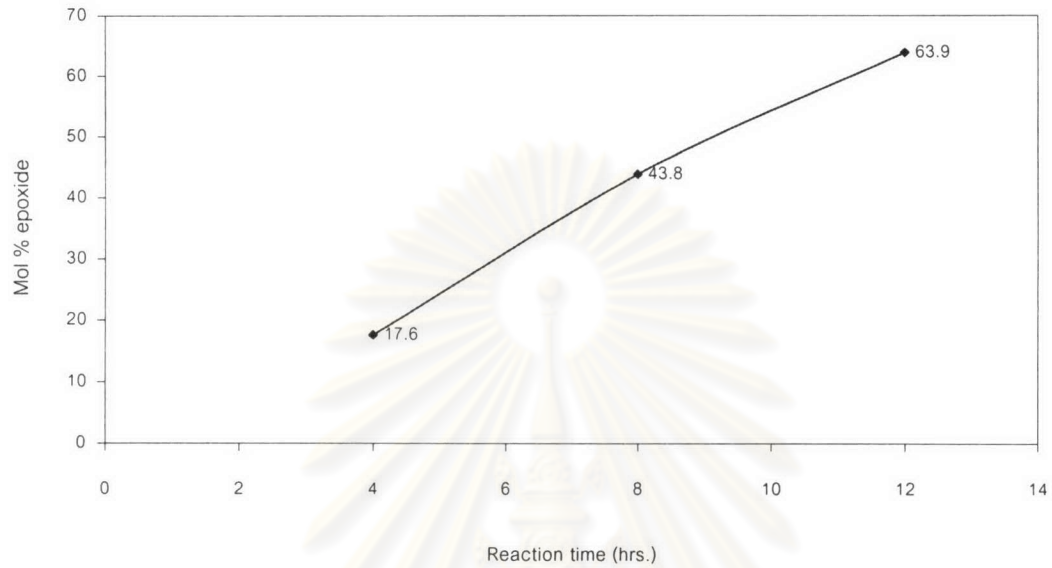
การวิเคราะห์หาปริมาณหมู่อิพอกไซด์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีทำได้โดยคำนวณอัตราส่วนการดูดกลืนของแถบการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ตำแหน่งเลขคลื่น 870 cm^{-1} ต่อแถบการดูดกลืนแสงที่ตำแหน่งเลขคลื่น 835 cm^{-1} (พันธะ C-H ที่ต่อกับ $-\text{C}=\text{C}-$ ของ *cis*-1,4-polyisoprene) ดังนี้

$$\text{ปริมาณโมลเปอร์เซ็นต์อิพอกไซด์} = \frac{a_{870}}{a_{870} + a_{835}} \times 100 \quad (4.1)$$



รูปที่ 4.1 อินฟราเรดสเปกตรัมของยาง ENR-A, ENR-B และ ENR-C

ผลการคำนวณปริมาณหมู่เอพิออกไซด์ของยาง ENR-A, ENR-B และ ENR-C ด้วยสมการที่ 4.1 แสดงไว้ในรูปที่ 4.2

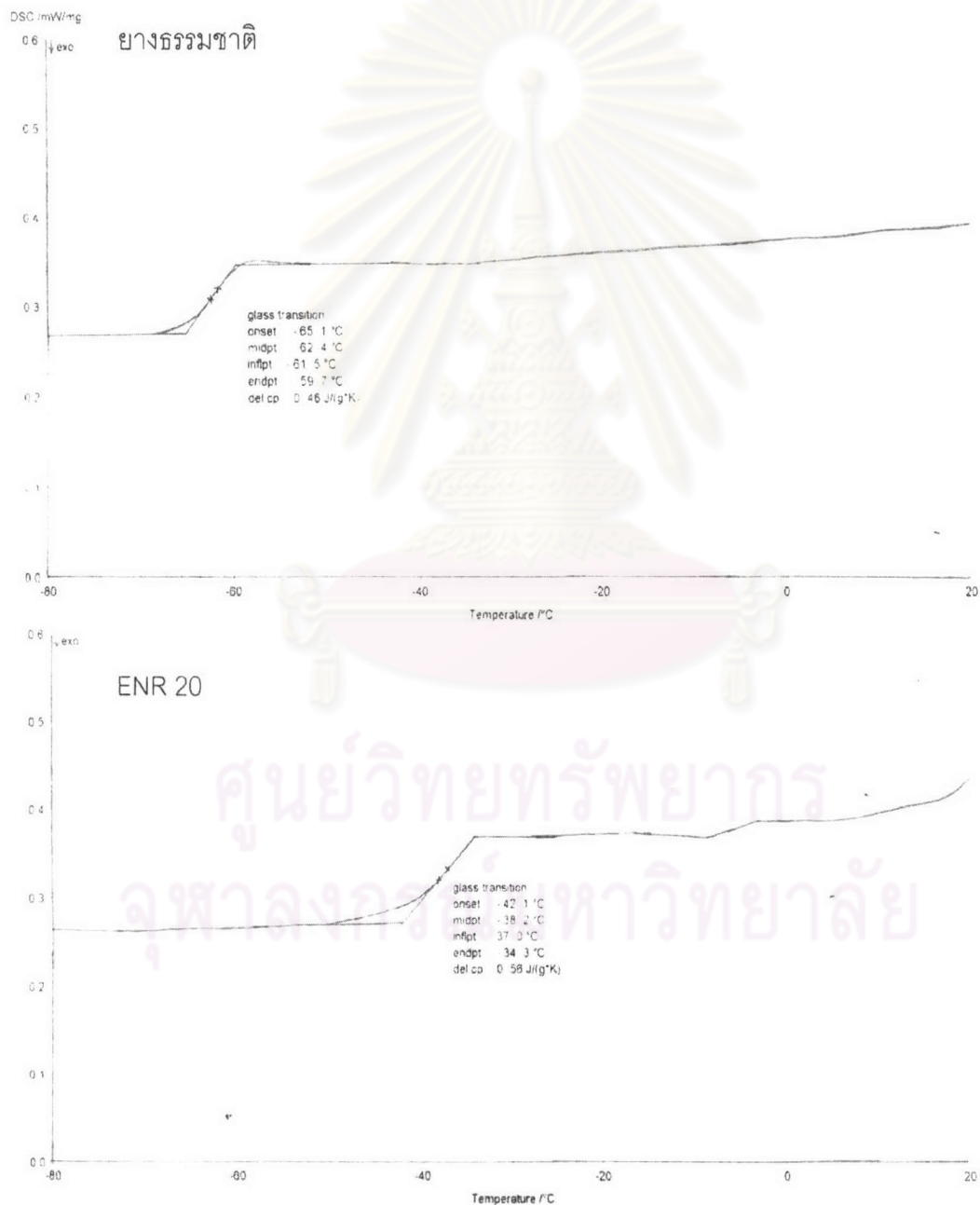


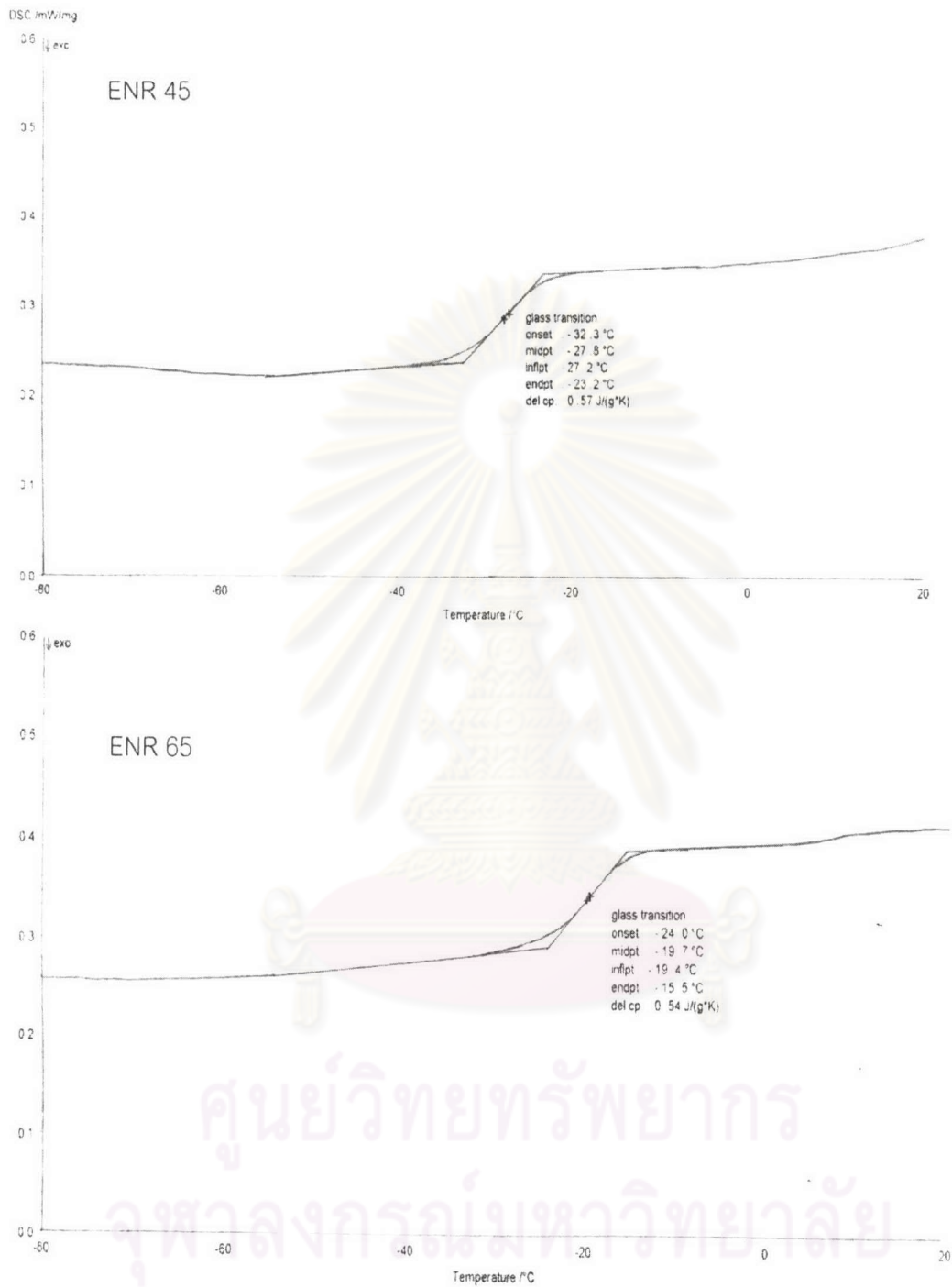
รูปที่ 4.2 ปริมาณโมลเปอร์เซ็นต์อีพอกไซด์ที่เวลาการทำปฏิกิริยาต่างกัน

จากรูปที่ 4.2 พบว่าเมื่อใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันเพิ่มขึ้น ทำให้กรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยาเกิดกรดเปอร์ออกซีอินทรีย์ในน้ำยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีปริมาณกรดที่เข้าทำปฏิกิริยากับโครงสร้างของยางธรรมชาติเกิดเป็นยางธรรมชาติอีพอกซิไดซ์ที่มีปริมาณหมู่เอพิออกไซด์ได้มากขึ้น แต่ถ้าให้เวลาในการทำปฏิกิริยามากเกินไป (มากกว่า 14 ชั่วโมง) ภายใต้ภาวะการทดลองเดียวกันนี้จะไม่สามารถทำให้ยางตกตะกอนและจับตัวเป็นก้อนได้ ซึ่งยางธรรมชาติอีพอกซิไดซ์ที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยา 4, 8 และ 12 ชั่วโมง มีปริมาณหมู่เอพิออกไซด์ประมาณ 20, 45 และ 65 โมลเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า ENR 20, ENR 45 และ ENR 65 ตามลำดับ

4.1.2 สมบัติทางความร้อนของยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์

จากการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์ด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมทรี (DSC) ผลที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 ซึ่งพบว่า T_g ของยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหมู่อิพอกไซด์เพิ่มสูงขึ้น โดย ENR 20, ENR 45 และ ENR 65 มี T_g เท่ากับ -38.2 , -27.8 และ -19.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากวงแหวนของหมู่อิพอกไซด์ทำให้สายโซ่โมเลกุลมีความแข็งตึงเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับ T_g ของยางธรรมชาติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ -62.4 องศาเซลเซียส

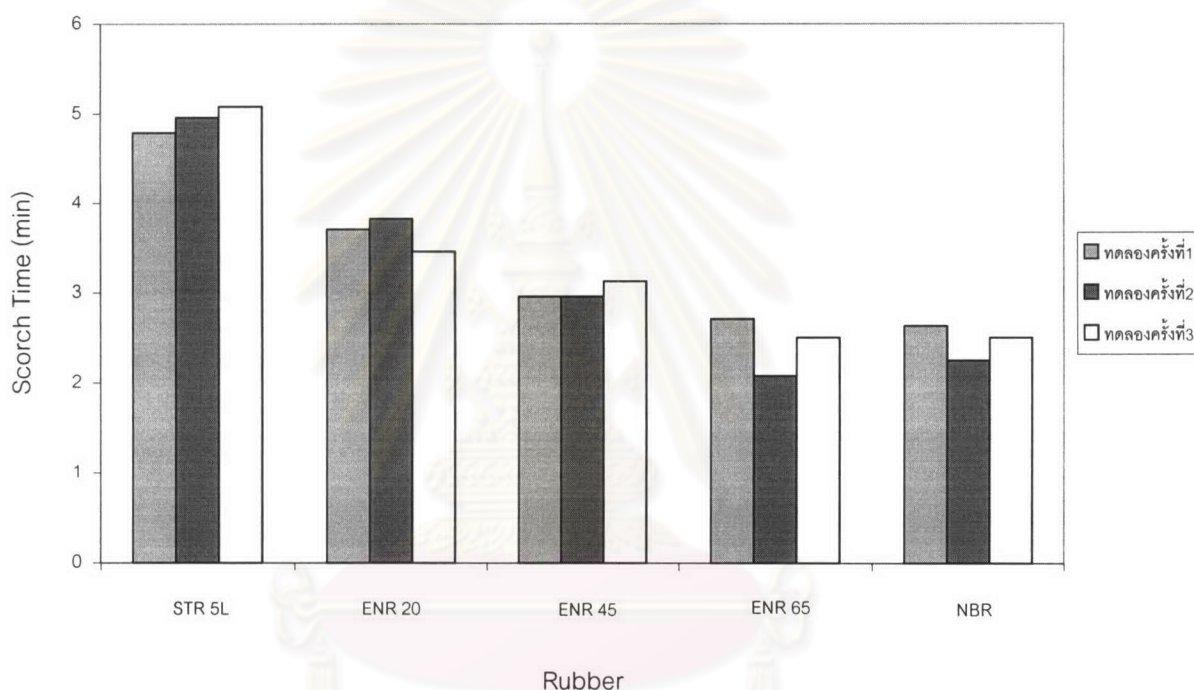




รูปที่ 4.3 DSC thermogram ของยางธรรมชาติ, ยาง ENR 20, ENR 45 และ ENR 65

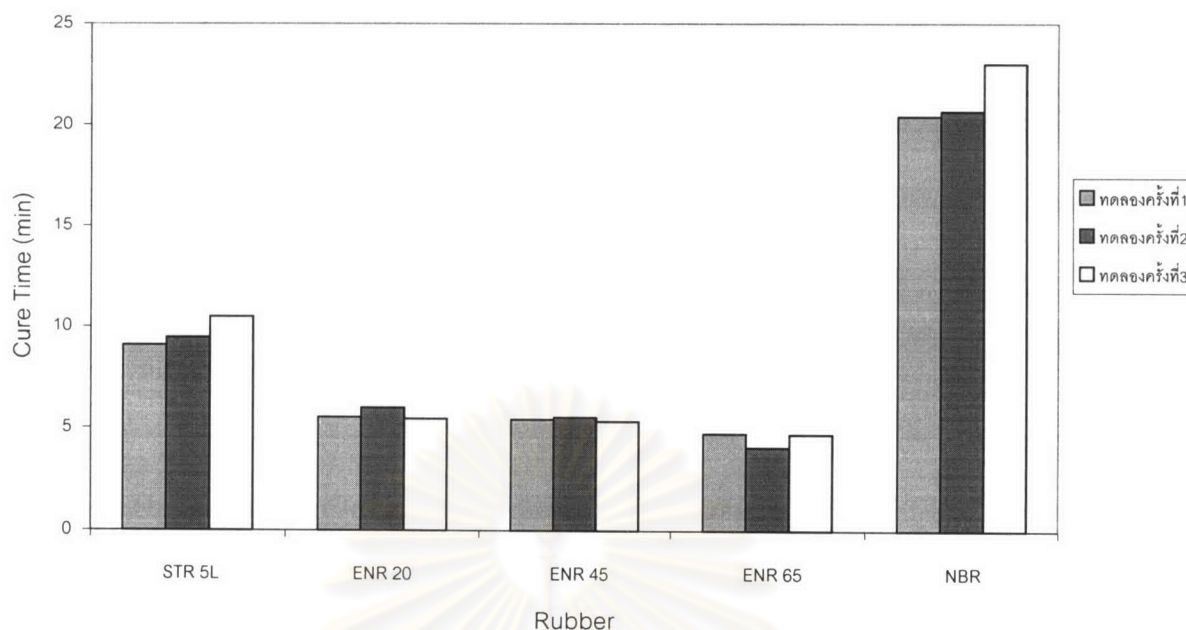
4.2 การหาพฤติกรรมการคงรูปของยางผสมสารเคมี

การหาพฤติกรรมการคงรูปของยางธรรมชาติ (STR 5L) ยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์ (ENR 20, ENR 45 และ ENR 65) และยางไนไตรล์ (NBR) ผสมสารเคมี (ซิลเฟอร์ทำหน้าที่เป็นสารวัลคาไนซ์ CBS และ TMTD เป็นสารเร่งวัลคาไนซ์, กรดสเตียริกและ ZnO เป็นสารกระตุ้นวัลคาไนซ์, ซิลิกา และ PEG 3350 เป็นสารเสริมแรง และ Wingstay L เป็นสารแอนติออกซิแดนต์) ทำโดยการหาเวลาสคออร์ช (scorch time, t_{s1}) และเวลาบ่ม (cure time, t_{90}) ด้วยเครื่อง rheotech protech เพื่อนำไปใช้ในการขึ้นรูปขึ้นทดสอบ ผลที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 เวลาสคออร์ชของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR

รูปที่ 4.4 แสดงกราฟเปรียบเทียบเวลาสคออร์ชของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR พบว่ายางไนไตรล์มีเวลาสคออร์ชสั้นที่สุด คือ ประมาณ 2.46 นาที รองลงมาคือ ENR 65, ENR 45, ENR 20 และ STR 5L ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากยางไนไตรล์เป็นยางสังเคราะห์ที่ซิลเฟอร์สามารถกระตุ้นให้เกิดการวัลคาไนซ์ได้เร็วกว่า ทำให้มีเวลาสคออร์ชสั้น สำหรับยาง ENR ที่มีหมู่อิพอกไซด์มากจะมีเวลาสคออร์ชสั้นลง เนื่องจาก โมเลกุลของยาง ENR เกิดเป็นวงแหวนอิพอกไซด์มากและมีพันธะคู่ย่อยจึงทำให้ซิลเฟอร์มีการเชื่อมขวางที่ตำแหน่งพันธะคู่ได้น้อยลง



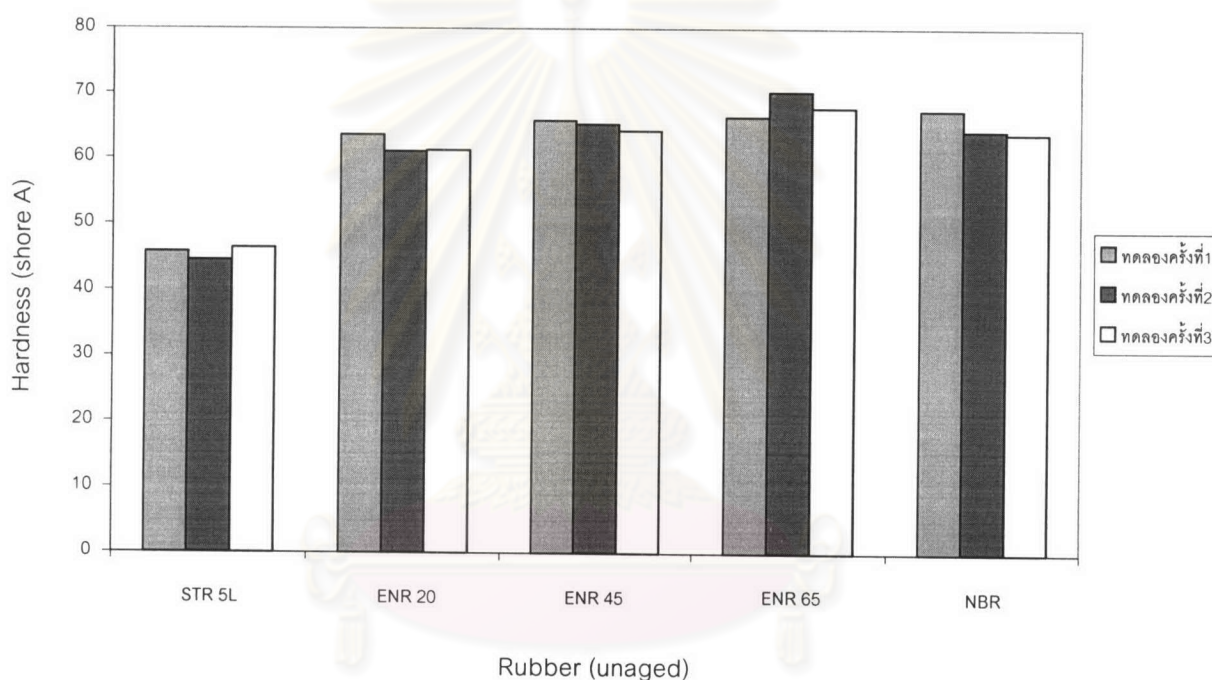
รูปที่ 4.5 เวลาการคงรูป (t_{90}) ของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR

รูปที่ 4.5 แสดงกราฟเปรียบเทียบเวลาการคงรูป (t_{90}) ของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR ซึ่งพบว่ายางไนไตรล์ใช้เวลาการคงรูปโดยเฉลี่ยสูงสุด คือ 21.4 นาที รองลงมา ได้แก่ ยาง STR 5L คือ ประมาณ 9.7 นาที ในขณะที่ยาง ENR 65 ใช้เวลาการคงรูปโดยเฉลี่ยน้อย ที่สุด คือ 4.5 นาที และเมื่อเปรียบเทียบเวลาการคงรูปของยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์ 3 ชนิด พบว่าเวลาการคงรูปของ ENR 65 น้อยที่สุด รองลงมา คือ ENR 45 และ ENR 20 โดยใช้เวลาในการคงรูปประมาณ 5.4 และ 5.7 นาที ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของยาง ENR เกิดเป็นวงแหวนอิพอกไซด์มากและมีพันธะคู่่น้อยจึงทำให้ซัลเฟอร์สามารถเกิดปฏิกิริยาเชื่อมขวางที่ตำแหน่งพันธะคู่ได้น้อยลง ปฏิกิริยาจึงถึงจุดออปติมัม (optimum) ได้เร็วขึ้น

4.3 สมบัติเชิงกลและสมบัติความต้านทานน้ำมันของยาง

4.3.1 สมบัติความแข็ง (Hardness properties)

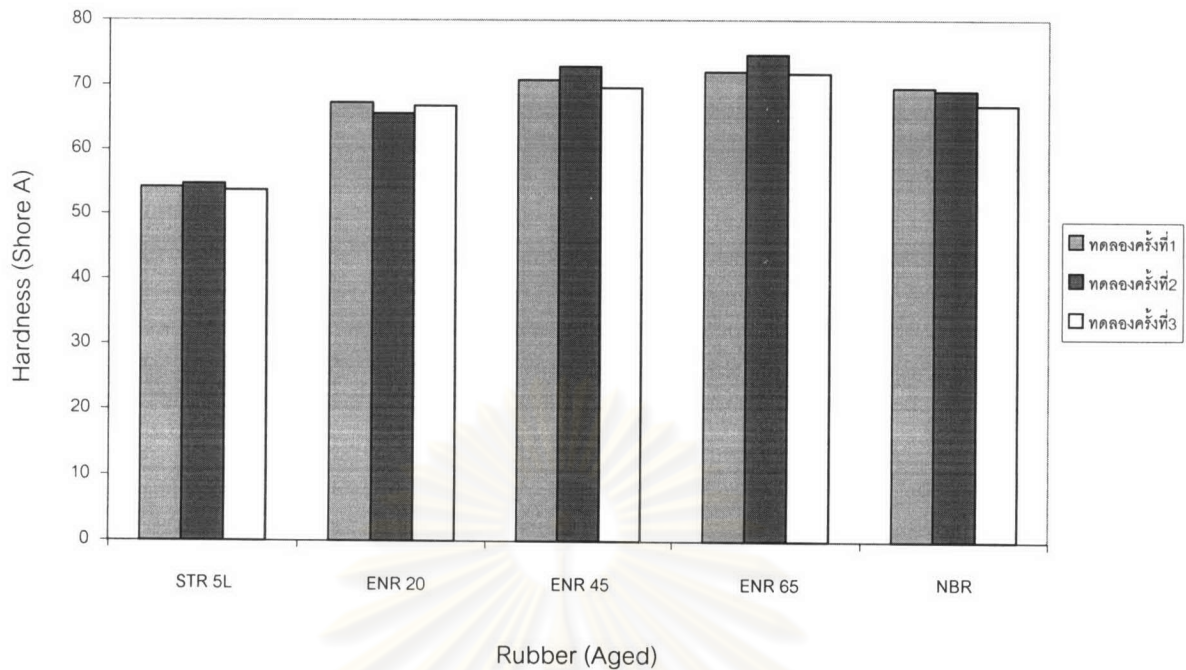
ความแข็งของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR ก่อนการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่วัดด้วยเครื่อง Durometer แบบ Shore A แสดงไว้ในรูปที่ 4.6 พบว่ายางธรรมชาติ อีพอกซีไดรซ์ทั้ง 3 ชนิด มีความแข็งมากกว่ายาง STR 5L แต่ใกล้เคียงยาง NBR โดยยาง ENR 65 มีความแข็งมากกว่า ENR 45 และ ENR 20 เนื่องจากยาง ENR 65 มีปริมาณหมู่อีพอกซีไฮดรอกไซด์มากกว่า ทำให้ยางมีสมบัติความยืดหยุ่นต่ำกว่าจึงมีความแข็งมากกว่า สำหรับยางไนไตรล์เป็นยางที่มีขี้ผึ้งและมีความยืดหยุ่นต่ำกว่ายางธรรมชาติ จึงมีความแข็งมากกว่า



รูปที่ 4.6 ความแข็งของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR

ก่อนการบ่มเร่งด้วยความร้อน

เมื่อนำยางที่ผ่านการบ่มเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ไปทดสอบหาค่าความแข็ง พบว่ายางที่ผ่านการบ่มเร่งด้วยความร้อนจะแข็งกว่ายางที่ไม่ได้บ่มเร่งด้วยความร้อน และเมื่อเปรียบเทียบความแข็งของยางทั้ง 5 ชนิด ผลที่ได้เป็นไปในแนวทางเดียวกับยางที่ไม่ได้ผ่านการบ่มเร่งด้วยความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ความแข็งของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR
หลังการบ่มแรงด้วยความร้อน

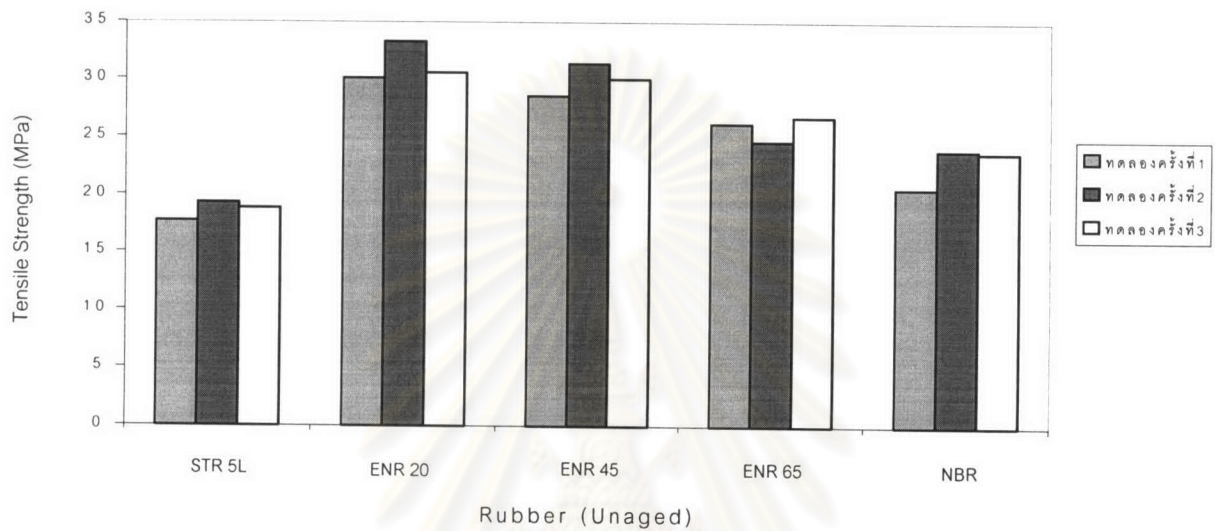
4.3.2 สมบัติด้านการดึง (Tensile properties)

ความทนแรงดึง (Tensile strength)

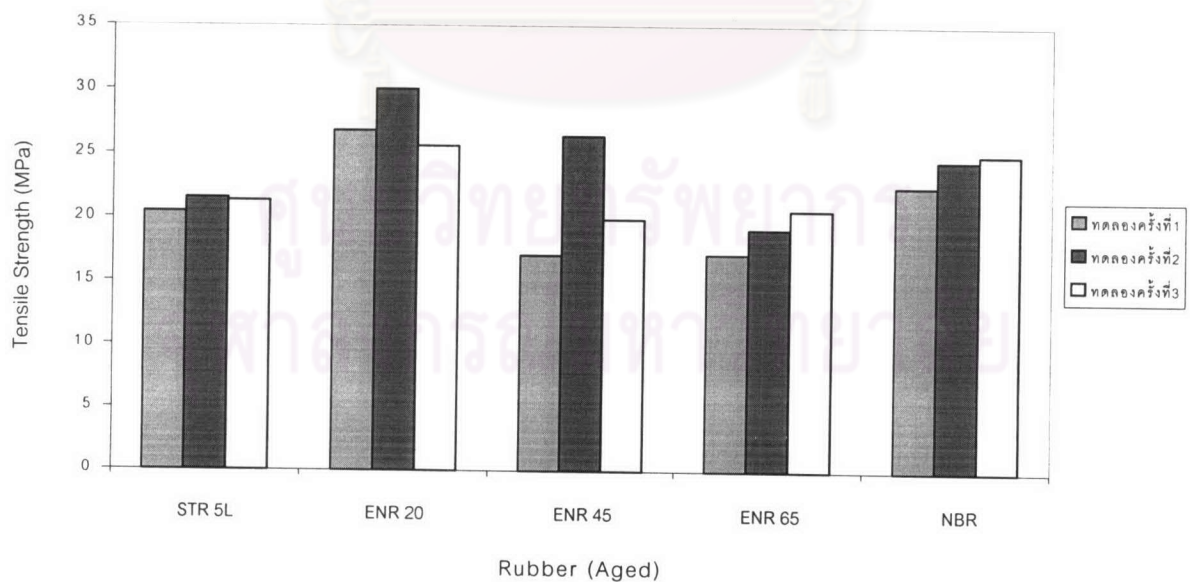
รูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.9 แสดงค่าความทนแรงดึงของยางทั้ง 5 ชนิด ก่อนบ่มแรง และหลังบ่มแรงด้วยความร้อน สำหรับยางที่ยังไม่ได้บ่มแรง พบว่ายางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์มีความทนแรงดึงมากที่สุด รองลงมา คือ ยางไนไตรล์ และยาง STR 5L ตามลำดับ โดยยาง ENR 20 มีความทนแรงดึงมากที่สุด รองลงมาคือยาง ENR 45 และ ENR 65 ตามลำดับ

การที่ยาง ENR 20 มีความทนแรงดึงมากกว่ายาง ENR 45 และ ENR 65 เนื่องจากยาง ENR 20 เกิดปฏิกิริยาอิพอกซีเดชันน้อยกว่าทำให้ในโครงสร้างของยางมีปริมาณพันธะคู่มากกว่ายาง ENR 45 และ ENR 65 เมื่อเตรียมยางผสมสารเคมียางจะเกิดการเชื่อมขวางได้มากกว่าทำให้ยางมีความทนแรงดึงมากกว่า และเมื่อมีการดึงยางทำให้มีแนวโน้มที่เกิดผลึกได้มากกว่ายางที่มีหมู่อิพอกไซด์จำนวนมากอยู่ในโครงสร้างของยาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ C.K.L. Davies และ S.V. Wolfe⁽²¹⁾ ที่กล่าวว่าปริมาณผลึกจะลดลงเมื่อปริมาณของหมู่อิพอกไซด์มากกว่า 50 โมลเปอร์เซ็นต์ (ผลที่ได้เหมือนกับงานวิจัยนี้ถึงแม้ว่างานวิจัยนี้ได้มีการใช้ฟิลเลอร์ในสูตรยางผสมสารเคมีก็ตาม) และการที่ยางไนไตรล์มีความทนแรงดึงต่ำกว่าเนื่องจากไม่สามารถเกิดผลึกได้เมื่อถูกดึง ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการเลือกฟิลเลอร์ที่เหมาะสม

เมื่อนำยางที่ผ่านการบ่มแรงด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ไปทดสอบหาค่าความทนแรงดึง พบว่ายางที่ผ่านการบ่มแรงด้วยความร้อนจะมีความทนแรงดึงต่ำกว่ายางที่ไม่ได้บ่มแรงด้วยความร้อน เนื่องจากการเสื่อมสภาพของยางที่อุณหภูมิสูง และเมื่อเปรียบเทียบค่าความทนแรงดึงของยางทั้ง 5 ชนิด ผลที่ได้เป็นไปในแนวทางเดียวกับยางที่ไม่ได้ผ่านการบ่มแรงด้วยความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.9



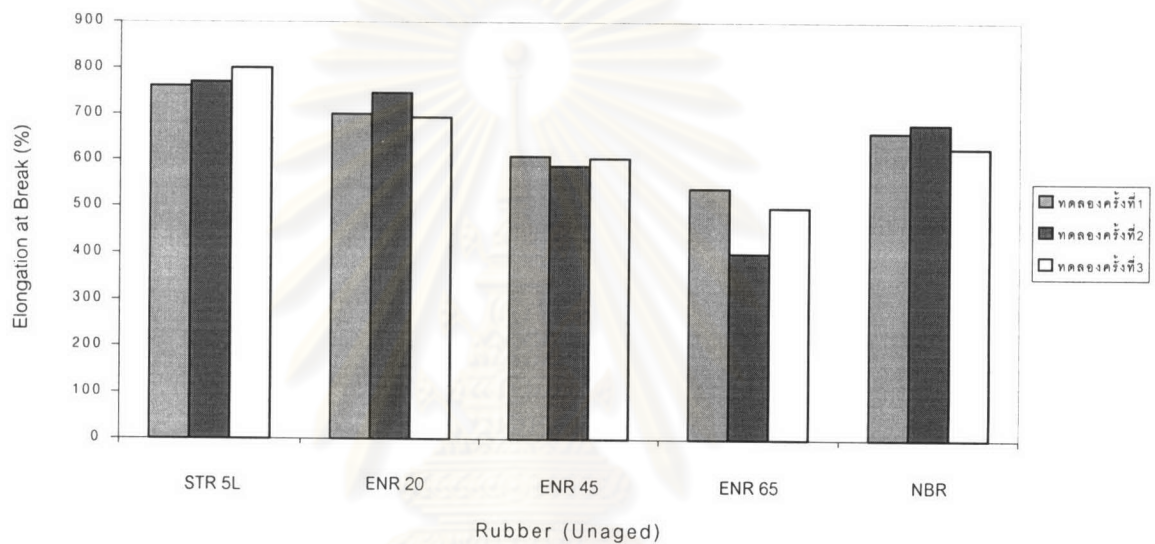
รูปที่ 4.8 ความทนแรงดึงของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR ก่อนบ่มแรงด้วยความร้อน



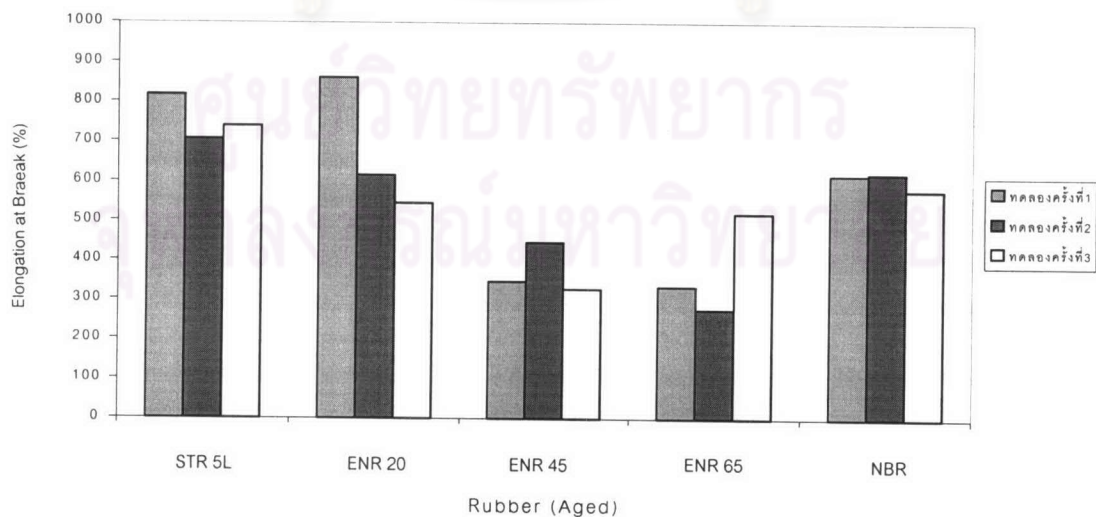
รูปที่ 4.9 ความทนแรงดึงของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR หลังการบ่มแรงด้วยความร้อน

ระยะยืด ณ จุดขาด (Elongation at break)

รูปที่ 4.10 และ 4.11 แสดงระยะยืด ณ จุดขาดของยาง 5 ชนิด ทั้งก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งด้วยความร้อน สำหรับยางที่ไม่ได้ผ่านการบ่มเร่ง พบว่ายาง STR 5L มีค่าระยะยืด ณ จุดขาดสูงกว่ายาง ENR 20, NBR, ENR 45 และ ENR 65 ตามลำดับ ส่วนยางที่ผ่านการบ่มเร่งจะให้ผลของค่าระยะยืด ณ จุดขาด ไปในทำนองเดียวกับยางที่ไม่ได้ผ่านการบ่มเร่ง ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกับค่าความทนแรงดึง นั่นคือ ยาง ENR 20 ซึ่งมีปริมาณอีพอกไซด์ต่ำกว่ายาง ENR 45 และ ENR 65 แต่สามารถยืดตัวได้มากกว่าก่อนที่จะฉีกขาด เนื่องจากโมเลกุลในโครงสร้างมีอิสระในการเคลื่อนไหวได้ดีกว่า



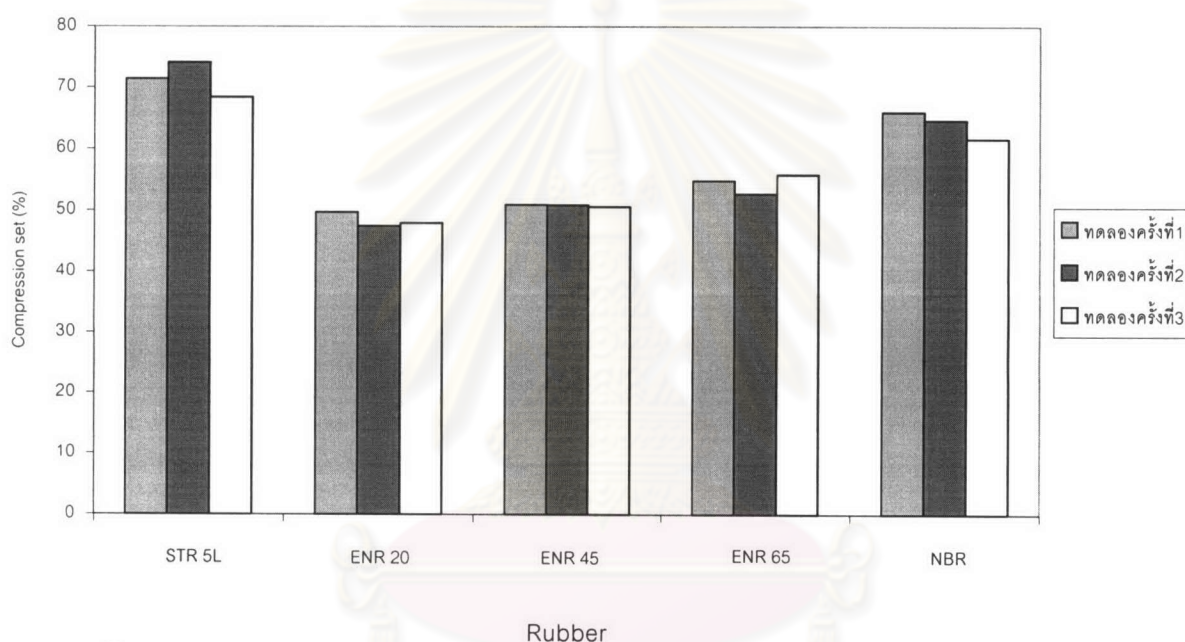
รูปที่ 4.10 ระยะยืด ณ จุดขาดของยาง STR 5 L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR ก่อนการบ่มเร่ง



รูปที่ 4.11 ระยะยืด ณ จุดขาด ของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR และ NBR หลังบ่มเร่งด้วยความร้อน

4.3.3 สมบัติการคืนตัว (Compression set properties)

เป็นการทดสอบหาค่าความหนาที่เปลี่ยนไปเมื่อยางได้รับแรงกดอัด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ผลที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.12 โดยยางที่มีค่า compression set สูง แสดงว่ายางมีการคืนตัวไม่ดี ซึ่งจากรูปที่ 4.12 พบว่ายาง ENR 20 มีการคืนตัวดีที่สุด รองลงมา คือ ยาง ENR 45, ENR 65, NBR และ STR 5L ตามลำดับ เนื่องจากยาง ENR ที่มีหมู่ฮิพอกไซด์จำนวนมากจะมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสูงจึงคืนตัวได้น้อยกว่ายาง ENR ที่มีปริมาณหมู่ฮิพอกไซด์น้อยกว่า และการมีหมู่ฮิพอกไซด์ในยาง ENR ทำให้มีการกระจายแรงเพื่อทำให้โมเลกุลของยางมีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกว่ายาง STR 5L และ ยาง NBR



รูปที่ 4.12 ค่า compression set ของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR

4.3.4 สมบัติความต้านทานโอโซน (Ozone resistance properties)

การทดสอบหาความต้านทานโอโซนนี้เหมาะกับยางที่ต้องใช้งานสัมผัสกับแก๊สโอโซน ซึ่งทดสอบยางภายใต้ภาวะที่ถูกดึงให้ยืดออก 20% ของความยาวเดิม โอโซนมีความเข้มข้น 50 pphm ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง การรายงานผลของความต้านทานโอโซนจะแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ A, ระดับ B และระดับ C ซึ่งในแต่ละระดับยังแบ่งย่อยเป็น 4 ระดับ ดังนี้

A-2 : เกิดรอยแตกจำนวนน้อย เริ่มมองเห็นรอยแตกด้วยตาเปล่า

A-3 : เกิดรอยแตกจำนวนน้อย ความยาวรอยแตกลึกกว่า 1 มิลลิเมตร

A-4 : เกิดรอยแตกจำนวนน้อย ความยาวรอยแตก 1-3 มิลลิเมตร

- A-5 : เกิดรอยแตกจำนวนน้อย ความยาวรอยแตกมากกว่า 3 มิลลิเมตร หรือขาด
- B-2 : เกิดรอยแตกจำนวนมาก เริ่มมองเห็นรอยแตกด้วยตาเปล่า
- B-3 : เกิดรอยแตกจำนวนมาก ความยาวรอยแตกน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร
- B-4 : เกิดรอยแตกจำนวนมาก ความยาวรอยแตก 1-3 มิลลิเมตร
- B-5 : เกิดรอยแตกจำนวนมาก ความยาวรอยแตกมากกว่า 3 มิลลิเมตร หรือขาด
- C-2 : เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วน เริ่มมองเห็นรอยแตกด้วยตาเปล่า
- C-3 : เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วน ความยาวรอยแตกน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร
- C-4 : เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วน ความยาวรอยแตก 1-3 มิลลิเมตร
- C-5 : เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วน ความยาวรอยแตกมากกว่า 3 มิลลิเมตร หรือขาด

ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความต้านทานไอโซน

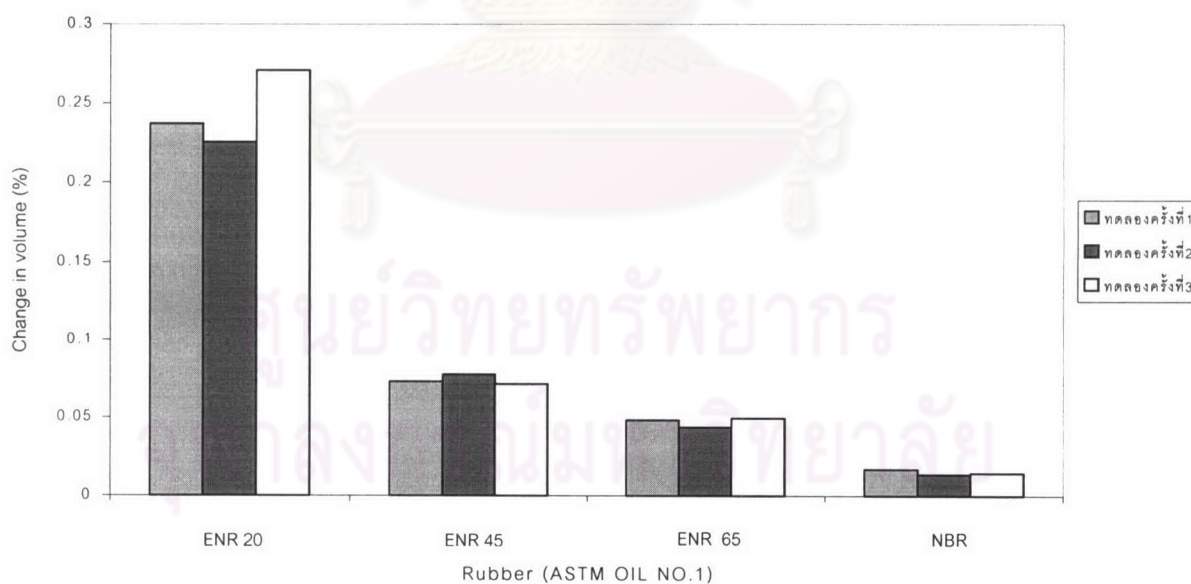
ตัวอย่าง	การทดลอง ครั้งที่	ผลการทดลอง
STR 5L	1	C-5 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตกมากกว่า 3 มม.
	2	C-5 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตกมากกว่า 3 มม.
	3	C-5 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตกมากกว่า 3 มม.
ENR 20	1	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
	2	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
	3	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
ENR 45	1	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
	2	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
	3	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
ENR 65	1	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
	2	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
	3	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
NBR	1	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
	2	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.
	3	C-4 เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วนความยาวรอยแตก 1-3 มม.

จากตารางที่ 4.2 พบว่ายาง ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR มีสภาพการต้านทานโอโซนในระดับ C-4 คือ เกิดรอยแตกจำนวนนับไม่ถ้วน แต่รอยแตกมีความยาว 1-3 มิลลิเมตร แต่ยาง STR 5L มีสภาพการต้านทานโอโซนระดับ C-5 ซึ่งความยาวรอยแตกมากกว่า 3 มิลลิเมตร ดังนั้น ยาง NBR และยางธรรมชาติที่ถูกตัดแปรรูปโครงสร้าง เช่น ยางธรรมชาติอีพอกซีไดซ์ มีสภาพต้านทานโอโซนดีกว่ายางธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม ยางทั้ง 4 ชนิด (ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR) ยังมีสภาพต้านทานโอโซนไม่ดีเท่ายางสังเคราะห์ที่ไม่มีพันธะคู่หรือมีน้อย เช่น ยาง EPR (ethylene propylene rubber) และยางบิวทิล (butyl rubber) เป็นต้น

4.3.5 สมบัติความต้านทานน้ำมัน (Oil resistance properties)

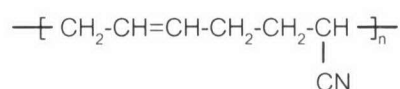
น้ำมัน ASTM OIL No.1

รูปที่ 4.13 แสดงสมบัติความต้านทานน้ำมัน ASTM Oil No. 1 ซึ่งมีจุดอะนิลีน 123.8 องศาเซลเซียส ของยาง 5 ชนิด และในรูปไม่มีผลของยาง STR 5L เนื่องจากยาง STR 5L ละลายในน้ำมันมาตรฐานนี้ จึงไม่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของยาง STR 5L ได้ และจากกราฟพบว่ายาง NBR มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำกว่ายาง ENR 65, ENR 45 และ ENR 20 ตามลำดับ

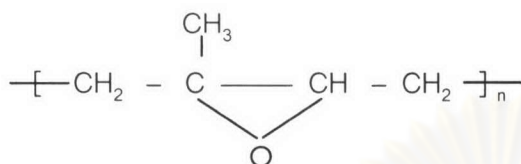


รูปที่ 4.13 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR ในน้ำมัน ASTM Oil No.1

ซึ่งเมื่อพิจารณาโครงสร้างของยาง NBR และยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์ ดังนี้



ยาง NBR

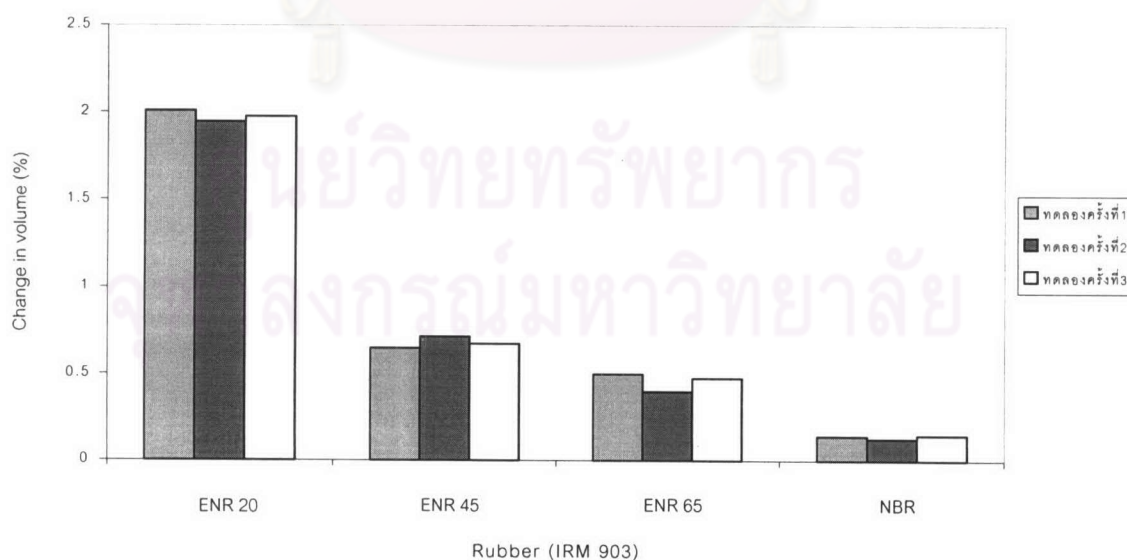


ยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์

พบว่ายางทั้ง 2 ชนิด ต่างเป็นยางที่มีขั้วซึ่งเกิดจากหมู่ $-\text{CN}$ (ในยางไนไตรล์) และ $-\text{O}-$ (ในยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์) ดังนั้น เมื่อนำไปแช่ในน้ำมัน ASTM Oil No.1 ซึ่งมีจุดอะนินสูง (แสดงว่ามีโครงสร้างเป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีขั้วต่ำหรือไม่มีขั้ว) จึงบวมตัวในน้ำมันได้เพียงเล็กน้อย

น้ำมัน IRM 903

รูปที่ 4.14 แสดงสมบัติความต้านทานน้ำมัน IRM 903 ซึ่งมีจุดอะนิน 89.5 องศาเซลเซียส ของยาง 5 ชนิด และในรูปไม่มีผลของยาง STR 5L เนื่องจากยาง STR 5L ละลายในน้ำมันมาตรฐานนี้ จึงไม่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของยาง STR 5L ได้ และจากกราฟพบว่ายาง NBR มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำกว่ายาง ENR 65, ENR 45 และ ENR 20 ตามลำดับ



รูปที่ 4.14 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรของยาง STR 5L, ENR 20, ENR 45, ENR 65 และ NBR ในน้ำมัน IRM 903

น้ำมันมาตรฐาน IRM 903 มีจุดอะนิลีนต่ำกว่าน้ำมัน ASTM Oil No.1 จึงมีโครงสร้างที่มีความเป็นขี้วมากกว่าน้ำมัน ASTM Oil No.1 ดังนั้น เมื่อนำขึ้นทดสอบยางแซในน้ำมัน IRM 903 จึงทำให้ยางบวมตัวในน้ำมัน IRM 903 มากกว่ายางที่แซในน้ำมัน ASTM Oil No.1 เพราะโครงสร้างของยาง NBR และยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์มีขี้วเช่นเดียวกับโครงสร้างของน้ำมัน

พิจารณายางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์ที่แซในน้ำมัน ASTM Oil No.1 และ IRM 903 พบว่า ยาง ENR 65 บวมตัวน้อยที่สุด รองลงมา คือ ENR 45 และ ENR 20 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะยาง ENR 65 มีปริมาณหมู่อิพอกไซด์มากที่สุด และมีความต้านทานน้ำมันต่ำกว่ายาง NBR เพียงเล็กน้อย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย