

กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต

Grafting of 2-Hydroxyethyl Methacrylate onto Natural Rubber

ปวีณา ขาวไสว (Paveena Khansawai)¹

บทคัดย่อ

การกราฟต์ระหว่าง 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต กับยางธรรมชาติโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาและทำให้เกิดการพอลิเมอร์ไรเซชันในระบบอิมัลชัน โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค IR และสมบัติทางความร้อนทดสอบด้วยเทคนิค TG/DTA ซึ่งในการทดลองได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวริเริ่มปฏิกิริยาและความเข้มข้นของ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลตต่อระดับการกราฟต์ จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนโมลระหว่าง 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลตกับยางธรรมชาติ ที่ให้กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีระดับการกราฟต์สูงสุด คือ 95:5 และปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาเป็น 0.05 เปอร์เซ็นต์โมล นอกจากนี้ยังพบว่าสมบัติทางความร้อนของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับพอลิ (2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต) และยางธรรมชาติ จากการทดสอบการละลายของกราฟต์โคพอลิเมอร์นั้นพบว่ามีความแตกต่างจากพอลิ (2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต) และยางธรรมชาติ

Abstract

The graft copolymerization of 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) monomer onto natural rubber (NR) using potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) as an initiator was carried out by emulsion polymerization. The structures of polymer products were characterized by FT-IR spectroscopy and thermal properties were examined by TG/DTA. The effects of the initiator concentration and molar ratio of 2-hydroxyethyl methacrylate to natural rubber on graft copolymerization were investigated. It was found that the highest level of grafted HEMA onto NR was obtained when the molar ratio of HEMA to NR was 95:5 mole% and the quantity of $K_2S_2O_8$ was 0.05 mole%. In addition, thermal properties of graft copolymers are better than that of poly (2-hydroxyethyl methacrylate) (PHEMA) and NR. As expected, graft copolymers showed different solubility when compared with PHEMA and NR.

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต กราฟต์โคพอลิเมอร์

Keywords: natural rubber, 2-hydroxyethyl methacrylate, graft copolymer

¹อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ยางธรรมชาติ (Natural Rubber: NR) มีชื่อทางเคมีคือ cis-1,4-polyisoprene ประกอบด้วยหน่วยย่อยคือ ไอโซพรีน (C_5H_8) มีพันธะคู่อยู่ในสายโซ่ และมีไฮโดรเจนและคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น ทำให้คุณสมบัติการทนต่อสภาพอากาศ โดยเฉพาะออกซิเจน โอโซน และแสงอัลตราไวโอเล็ตต่ำ นอกจากนี้การทนต่อตัวทำละลายอินทรีย์ และความร้อนก็ต่ำ คุณสมบัติเหล่านี้เป็นตัวขัดขวางที่ทำให้ไม่สามารถนำยางธรรมชาติไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์บางชนิดได้ การปรับปรุงคุณสมบัติเหล่านี้สามารถทำได้โดยวิธีทางเคมี เช่นปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน การกราฟต์พอลิเมอร์ หรือปฏิกิริยาการเติมประเภทอื่นๆ

การกราฟต์ยางธรรมชาติด้วยมอนอเมอร์ที่มีความเป็นขั้วสูง และทนทานต่อแสงอัลตราไวโอเล็ต เช่น 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต เป็นวิธีหนึ่งที่จะปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้น และใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากขึ้น ปกติ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ หรือโคพอลิเมอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมสี และกาว (Quadrat et al., 2004) เป็นหลัก ดังนั้นกราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต น่าจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในงานเดียวกัน และอาจจะประยุกต์ใช้ในการทำเมมเบรน เช่น เมมเบรนสำหรับแยกน้ำออกจากสารอินทรีย์ ซึ่งการกลั่นไม่สามารถแยกได้เนื่องจากเป็นสารผสมคงจุดเดือด (azeotrope) เป็นต้น นอกจากนี้การเติมหมู่ไฮดรอกซิลบนสายโซ่ของยางธรรมชาติในลักษณะของกราฟต์โคพอลิเมอร์ยังทำให้สามารถดัดแปลงพอลิเมอร์ต่อไปได้อีก (Lu et al., 2003; Iizawa et al., 2004)

การกราฟต์ยางธรรมชาติด้วยพอลิเมอร์ชนิดที่สอง ทำได้โดยการนำยางธรรมชาติซึ่งอยู่ในรูปของลาเท็กซ์มาทำให้บวมโดยมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์ชนิดที่สอง จากนั้นจึงทำการเติมตัวริเริ่มปฏิกิริยาลงไป เพื่อให้เกิดการพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์ดังกล่าวบนอนุภาคของยางธรรมชาติ (Dimonie et al., 1997)

ตัวแปรที่สำคัญซึ่งจะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้คือสัณฐานวิทยาของอนุภาคลาเท็กซ์เชิงประกอบ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อสัณฐานวิทยามีอยู่หลายปัจจัย ที่สำคัญได้แก่ ชนิดและปริมาณของพอลิเมอร์ ความเป็นขั้วของพอลิเมอร์ รูปแบบการเติมมอนอเมอร์ อิมัลซิไฟเออร์ ชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยา และอุณหภูมิของปฏิกิริยา (Schneider et al., 1997) ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต โดยศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโมลระหว่างยางธรรมชาติกับมอนอเมอร์ และอัตราส่วนโมลระหว่างยางธรรมชาติกับตัวริเริ่มปฏิกิริยาเป็นหลัก และนำกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้ไปศึกษาสมบัติทางความร้อน และการละลาย เปรียบเทียบกับยางธรรมชาติ

วิธีดำเนินการ

เครื่องมือ - สารเคมี

ใช้เครื่อง Fourier transform infrared spectrophotometer (Perkin Elmer: Spectrum One) และ Thermogravimetric /Differential thermal analyzer (Pyris Diamond TG/DTA)

น้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex: NRL) ที่ใช้เป็นน้ำยางสดมียางแห้ง 35 เปอร์เซ็นต์ (35% DRC) จาก บมจ. ไทยฮั้วยางพารา (สาขาอุดรธานี) อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้คือ โซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS: Ajax) ตัวริเริ่มปฏิกิริยาใช้โปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$: Aldrich) และ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (BPO: Acros) มอนอเมอร์ใช้ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต (HEMA: Acros) บัฟเฟอร์ใช้ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$: Aldrich) อะลูมินา (Basic Brockmann I: Aldrich) ใช้สำหรับกำจัดตัวยับยั้งปฏิกิริยา (inhibitor) ในมอนอเมอร์ และทราย (Unilab) ใช้ในการเตรียมคอลัมน์บรรจุอะลูมินา ตัวทำละลายที่ใช้มีดังนี้ เอทานอล (BDH) ปีโตรเลียมอีเธอร์ (Lab-Scan) ไดคลอโรมีเทน (Lab-Scan) คลอโรเบนซีน (Riedel) ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (BDH) และโทลูอีน (Lab-Scan)

การสังเคราะห์พอลิ (2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต) (PHEMA)

เติม HEMA ที่กำจัดด้วยบั้งปฏิกิริยาด้วยอะลูมินาแล้วลงในขวดก้นกลม 2 คอ และใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จากนั้นผ่านแก๊ส N_2 5-10 นาที จึงเติมเบนโซิลเปอร์ออกไซด์ รีฟลักซ์ 3 ชั่วโมง สารละลายใสที่ได้นำไปกำจัดตัวทำละลายโดยใช้เครื่องระเหยสารผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาทำให้บริสุทธิ์โดยละลายในเอทานอลและตกตะกอนในไดคลอโรมีเทน กรองเอาพอลิเมอร์และนำไปอบภายใต้สุญญากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พอลิเมอร์ที่ได้มีลักษณะขาวขุ่นได้บ้าง หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TG/DTA และ FT-IR โดยการขึ้นรูปเป็นฟิล์มด้วยเอทานอล

การสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต

เติมน้ำยางธรรมชาติ อิมัลซิไฟเออร์ (SLS) บัฟเฟอร์ ($NaHCO_3$) และน้ำที่ปราศจากไอออนลงในขวดก้นกลมแล้วค่อยๆ หยดสารละลายของ $K_2S_2O_8$ ในน้ำ คนตลอดเวลาภายใต้บรรยากาศของ N_2 จากนั้น 3 ชั่วโมงจึงเติมสารละลายของ HEMA ในคลอโรเบนซีนด้วยอัตรา 1 หยด/10วินาที (ประมาณ 1 ชั่วโมง) ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาต่ออีก 24 ชั่วโมง จากนั้น เทลาเทกซ์ที่ไต้ลงใน Petri dish ปล่อยให้ตัวทำละลายระเหย นำไปอบให้แห้งในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 วัน แล้วนำมาสกัดแบบซอกซ์เลต (soxhlet extraction) โดยสกัดครั้งที่ 1 ใช้เอทานอล สกัดครั้งที่ 2 ใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์ สารละลายที่สกัดได้นำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่องระเหยสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดและที่เหลือจากการสกัดนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR และ TG/DTA

ทำการทดลองโดยการเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลของน้ำยางต่อ HEMA เป็น 95 : 5 90 : 10 และ 85 : 15 ตามลำดับ และแปรเปลี่ยนปริมาณของ $K_2S_2O_8$ เป็น 0.05 0.08 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์โมล (คิดจากจำนวนโมลของยาง) ปริมาณสารอื่นๆ ที่ใช้แสดงดังตารางที่ 1, 2 และ 3

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิค IR สำหรับพอลิ (2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต) (PHEMA) ที่สังเคราะห์ได้ จากการวิเคราะห์ด้วย FT-IR พบว่า มีพีคของ OH ที่ 3428 cm^{-1} และพีคของ C=O ที่ 1718 cm^{-1}

จากการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต พบว่าสารผสมที่ได้ในแต่ละชุดการทดลองมีลักษณะเป็นอิมัลชันตามที่ต้องการ หลังจากทำให้แห้งและนำไปสกัดแยกผลิตภัณฑ์ต่างๆออก ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีดังนี้ คือ ผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 1 ได้จากการสกัดด้วยเอทานอลคาดว่า เป็น PHEMA ผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 2 ได้จากการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์คาดว่า เป็นยางที่ไม่เกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์ และผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 3 ได้จากส่วนที่เหลือจากการสกัดด้วยเอทานอลและปิโตรเลียมอีเธอร์คาดว่า เป็นยางที่เกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์ (NR-g-PHEMA)

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองชุดที่ 2 ในตารางที่ 1 นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR เปรียบเทียบกับ NR บริสุทธิ์ และ PHEMA ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 1 จาก IR สเปกตรัมของผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการสกัดด้วยเอทานอล และปิโตรเลียมอีเธอร์ ปรากฏพีคของ OH ที่ 3293 cm^{-1} และพีคของ C=O ที่ 1724 cm^{-1} เช่นเดียวกับพีค C=O ของ PHEMA ที่ 1726 cm^{-1} ส่วนพีคของ C=CH ที่ 839 cm^{-1} มีค่า absorbance ลดลงมากเมื่อเทียบกับในสเปกตรัมของ NR บริสุทธิ์แสดงว่าพันธะคู่ (C=C) เกิดปฏิกิริยากับ HEMA นั่นคือผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการสกัดเป็นส่วนของกราฟต์โคพอลิเมอร์จริง นอกจากนี้ข้อมูลจาก IR สเปกตรัมสามารถนำมาหาระดับ HEMA ที่กราฟต์บน NR (Level of grafted HEMA) ได้ โดยคำนวณจากค่า Transmittance ratio (เจริญ นาคะสรรค์ และคณะ, 2543) ระหว่างค่า Transmittance ของพีคที่ $1721\text{--}1738\text{ cm}^{-1}$ (C=O ของ HEMA) กับพีคที่ $834\text{--}839\text{ cm}^{-1}$ (C=CH ของ NR) ซึ่งผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งถ้าค่า Transmittance ratio มีค่าสูง แสดงว่าระดับการกราฟต์ของ HEMA บน NR ต่ำ และถ้าค่า Transmittance ratio มีค่า

ต่ำแสดงว่าระดับการกราฟต์ของ HEMA บน NR สูง เมื่อนำมาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Transmittance ratio ของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้กับเปอร์เซ็นต์โมลของ HEMA และเปอร์เซ็นต์โมลของ $K_2S_2O_8$ ได้ผลดังรูปที่ 2 และ 3

จากข้อมูลในตารางที่ 4 และรูปที่ 2 และ 3 พบว่าระดับการเกิดกราฟต์ของ HEMA บน NR มีแนวโน้มลดลงเมื่อเติม HEMA ปริมาณมากขึ้น เนื่องจาก HEMA มีโอกาสที่จะเกิดไฮโปพอลิเมอร์โซ่สั้นได้ PHEMA มากขึ้น แต่ระดับการเกิดกราฟต์ของ HEMA บน NR จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาปริมาณมากขึ้น เนื่องจากตัวริเริ่มปฏิกิริยาแตกตัวด้วยความร้อนให้อนุมูลอิสระจำนวนมากขึ้น โดยที่จะเกิดปฏิกิริยากับพันธะคู่ในยาง และเหนี่ยวนำให้เกิดโคพอลิเมอร์โซ่สั้นมากขึ้นด้วย แต่ในขณะเดียวกันอาจจะเหนี่ยวนำให้เกิด PHEMA เพิ่มขึ้นด้วย

สมบัติทางความร้อน

สมบัติทางความร้อนของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง (ชุดที่ 2 ตารางที่ 1) นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TG/DTA ได้ผลดังรูปที่ 4-6 จากเทอร์โมแกรม รูปที่ 4 พบว่าช่วงอุณหภูมิ 0-100 °C มีการสูญเสียน้ำหนักอย่างช้า ๆ ช่วง 100-150 °C เป็นเส้นกราฟที่ชันมากขึ้นแสดงว่ามีการสูญเสียน้ำหนักเร็วขึ้น หลังจากนั้นช่วง 150-200 °C ก็จะมีการสูญเสียน้ำหนักอย่างช้า ๆ เหมือนช่วงแรก และช่วงอุณหภูมิประมาณ 200 °C ขึ้นไปการสูญเสียน้ำหนักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะเส้นกราฟชันมากซึ่งเป็นช่วงที่ผลิตภัณฑ์มีการสลายตัวเกิดขึ้น ลักษณะดังกล่าวเหมือนกับเทอร์โมแกรมของ PHEMA บริสุทธิ์ที่สังเคราะห์ได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอลจึงน่าจะเป็น PHEMA

จากเทอร์โมแกรมของผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ (รูปที่ 5) พบว่าในช่วง 0-200 °C ก็มีการสูญเสียน้ำหนักอย่างช้า ๆ และช่วงอุณหภูมิประมาณ 200 °C ขึ้นไปเป็นช่วงที่เส้นกราฟชันมากมีการสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นช่วงที่ผลิตภัณฑ์มีการสลายตัวเกิดขึ้น ลักษณะดังกล่าวเหมือนกับเทอร์โมแกรมของยางธรรมชาติปกติ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ด้วย

ปิโตรเลียมอีเธอร์น่าจะเป็น NR ที่ไม่เกิดกราฟต์ และจากเทอร์โมแกรมของผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการสกัดด้วยเอทานอลและปิโตรเลียมอีเธอร์ (รูปที่ 6) พบว่าลักษณะการสูญเสียน้ำหนักของพอลิเมอร์คล้ายกับของยางที่ไม่เกิดกราฟต์ แต่เริ่มเกิดการสูญเสียน้ำหนักที่อุณหภูมิสูงขึ้น (ประมาณ 250 °C) เมื่อเทียบกับยางที่ไม่เกิดกราฟต์ (ประมาณ 235 °C) และจากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค IR ซึ่งให้เห็นว่าเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์ขึ้นจริง แต่ระดับการกราฟต์ค่อนข้างต่ำ

สำหรับอุณหภูมิที่เกิดการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 10 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งสามส่วนสรุปไว้ในตารางที่ 5 ส่วนน้ำหนัที่สูญหายไป (TG %) และอุณหภูมิ (T) ของผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการสกัดด้วยเอทานอล และปิโตรเลียมอีเธอร์ (NR-g-PHEMA) จากการทดลองชุดอื่น ๆ แสดงในตารางที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่มีการสูญเสียน้ำหนัก 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงขึ้นมากกว่า 5 °C เมื่อเทียบกับยางธรรมชาติที่ไม่เกิดกราฟต์

การละลายของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

ทดสอบโดยการตัดชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (จากการทดลองชุดที่ 2 ตารางที่ 1) มาทดสอบการละลาย เปรียบเทียบกับยางธรรมชาติ และ PHEMA ในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่ CH_2Cl_2 , C_6H_6 , Cl , DMSO และ Toluene โดยใช้ตัวอย่าง 10 มิลลิกรัมในตัวทำละลาย 2 มิลลิลิตร และทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 7

จากผลการทดลองพบว่าการละลายของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอลคล้ายคลึงกับ PHEMA ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้น่าจะเป็น PHEMA จริง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ พบว่ามีการละลายเหมือน NR และผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการสกัดด้วยเอทานอล และปิโตรเลียมอีเธอร์มีสมบัติที่แตกต่างจาก PHEMA และ NR นั่นคือบวมในโทลูอีน ส่วน PHEMA ไม่ละลายและไม่บวมในโทลูอีน แต่ยางละลายได้ในโทลูอีน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้น่าจะเป็นกราฟต์โคพอลิเมอร์ (NR-g-PHEMA)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต โดยเลือกใช้ $K_2S_2O_8$ เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา เมื่อเปลี่ยนอัตราส่วนโมลของ $K_2S_2O_8$ เป็น 0.05 0.08 0.10 เปอร์เซนต์โมล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของ $K_2S_2O_8$ มีแนวโน้มที่จะเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์มากขึ้น แต่ในขณะเดียวกันโอกาสที่จะเกิดพอลิ (2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต) (PHEMA) ก็มากขึ้นด้วย ในทำนองเดียวกันเมื่อเพิ่มปริมาณของ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต โอกาสที่จะเกิด PHEMA ก็เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่ 1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล คือ PHEMA ส่วนที่ 2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ คือ ยางที่ไม่เกิดกราฟต์ และส่วนที่ 3 ผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการสกัดเอาส่วนที่ 1 และ 2 ออกไปแล้ว คือกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต (NR-g-PHEMA) ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ส่วนนี้สามารถยืนยันได้จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค IR และจากการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TG/DTA และสมบัติการละลาย และพบว่าอัตราส่วนโมลระหว่าง ยางธรรมชาติกับ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต ที่ให้กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีระดับการกราฟต์สูงสุด คือ 95:5 และปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยา เป็น 0.05 เปอร์เซนต์โมล

การวิจัยในครั้งนี้แม้จะยืนยันได้ว่าเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์จริง แต่ควรศึกษาถึงผลของตัวแปรอื่นๆ ต่อระดับการกราฟต์ เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิ ชนิดของอิมัลซิไฟเออร์ และชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยา เป็นต้น เพื่อที่จะได้สภาวะที่เหมาะสมยิ่งขึ้น และควรศึกษาสมบัติอื่นๆ ของกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วย เช่น สัณฐานวิทยา และสมบัติเชิงกล เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการสังเคราะห์พอลิเมอร์เชิงประกอบและพอลิเมอร์ผสมของยาง

ธรรมชาติ มข. (1) โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ฝ่ายอุตสาหกรรม ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย และขอขอบคุณ นางสาวณัชชา คว้างศ์ไพฑูรย์ และนางสาว นวลอนงค์ หาญลำพอง ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- เจริญ นาคะสรรค์ อาชีชัน แกสมาน และนิกร ยิ้มวัลย์. 2543. การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำและน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงด้วยเมทิลเมทาคริเลต. *ว.สงขลานครินทร์ วทท.* 22(4): 467-476.
- Quadrat, O., Horsky, J. and Snuparek, J. 2004. Effect of styrene units in latices of acrylate copolymers with structured particles on the thickening with associative thickeners. *Prog. Org. Coat.* 50: 166-171.
- Lu, Z., Liu, G. and Duncan, S. 2003. Poly (2-hydroxyethyl acrylate-co-methyl acrylate)/SiO₂ /TiO₂ hybrid membranes. *J. Membr. Sci.* 221: 113-122.
- Iizawa, T., Morimoto, T., Yamaguchi, T. and Kato, S. 2004. Acetylation of poly(2-hydroxyethyl acrylate) gel and synthesis of core-shell type gel. *Polymer.* 16: 3219.
- Dimonie, V.L., Daniels, E.S., Shaffer, O.L. and El-Aasser, M.S. 1997. *Emulsion Polymerization and Emulsion Polymers.* New York: Wiley; p. 293-309.
- Schneider, M., Pith, T. and Lambla, M. 1997. Toughening of polystyrene by natural rubber-based composite particles: Part II Influence of the internal structure of PMMA and PS-grafted core-shell particles. *J. Mater. Sci.* 32: 6343-6356.

ตารางที่ 1 ปริมาณสารที่ใช้ในการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ เมื่อใช้ $K_2S_2O_8$ 0.05 เปอร์เซ็นต์โมล

การทดลอง ชุดที่	NR:HEMA (molar ratio)	NRL (g)	HEMA (g)	$K_2S_2O_8$ (mole%)	SLS (g)	NaHCO ₃ (g)	DI water (ml)
1	95 : 5	10	0.3446	0.05	0.05	0.05	30
2	90 : 10	10	0.7274	0.05	0.05	0.05	30
3	85 : 15	10	1.1570	0.05	0.05	0.05	30

ตารางที่ 2 ปริมาณสารที่ใช้ในการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ เมื่อใช้ $K_2S_2O_8$ 0.08 เปอร์เซ็นต์โมล

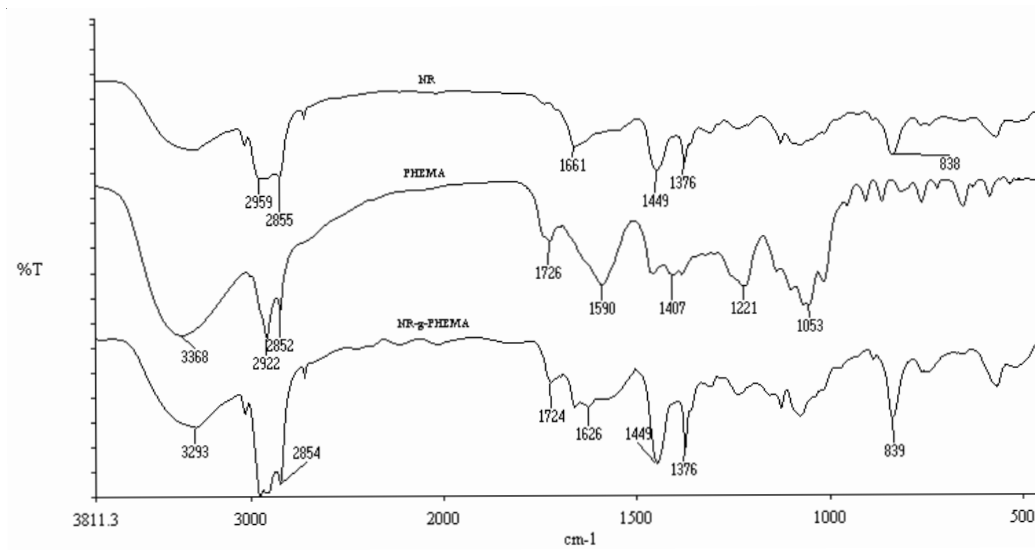
การทดลอง ชุดที่	NR:HEMA (molar ratio)	NRL (g)	HEMA (g)	$K_2S_2O_8$ (mole%)	SLS (g)	NaHCO ₃ (g)	DI water (ml)
1	95 : 5	10	0.3446	0.08	0.05	0.05	30
2	90 : 10	10	0.7274	0.08	0.05	0.05	30
3	85 : 15	10	1.1570	0.08	0.05	0.05	30

ตารางที่ 3 ปริมาณสารที่ใช้ในการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ เมื่อใช้ $K_2S_2O_8$ 0.10 เปอร์เซ็นต์โมล

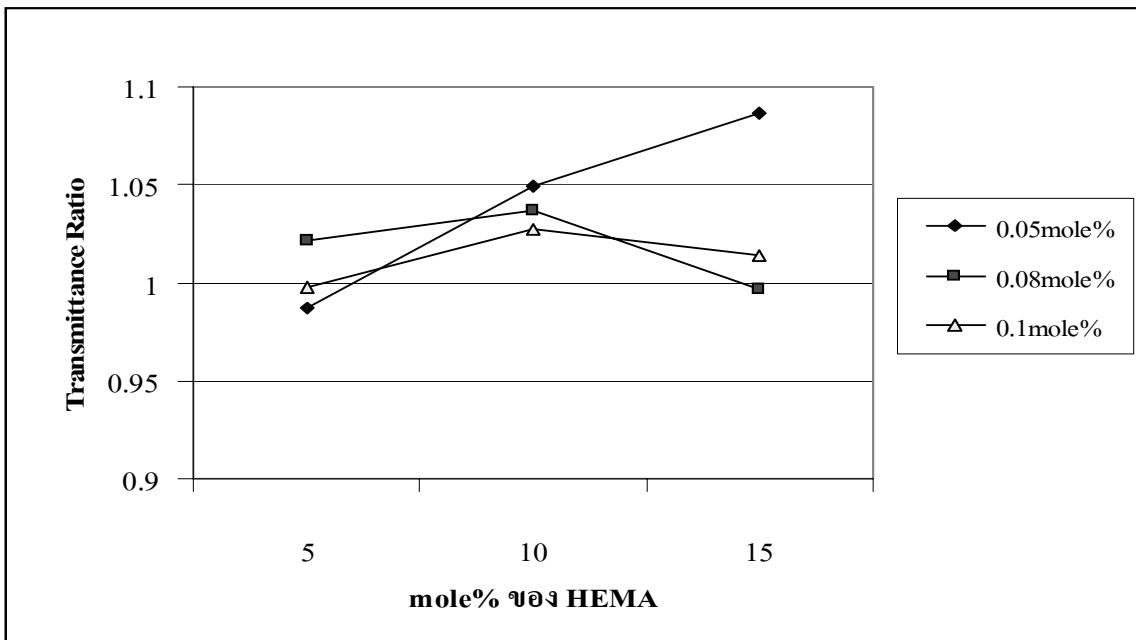
การทดลอง ชุดที่	NR:HEMA (molar ratio)	NRL (g)	HEMA (g)	$K_2S_2O_8$ (mole%)	SLS (g)	NaHCO ₃ (g)	DI water (ml)
1	95 : 5	10	0.3446	0.10	0.05	0.05	30
2	90 : 10	10	0.7274	0.10	0.05	0.05	30
3	85 : 15	10	1.1570	0.10	0.05	0.05	30

ตารางที่ 4 ค่า Transmittance ratio ของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้จากการทดลองแต่ละชุด

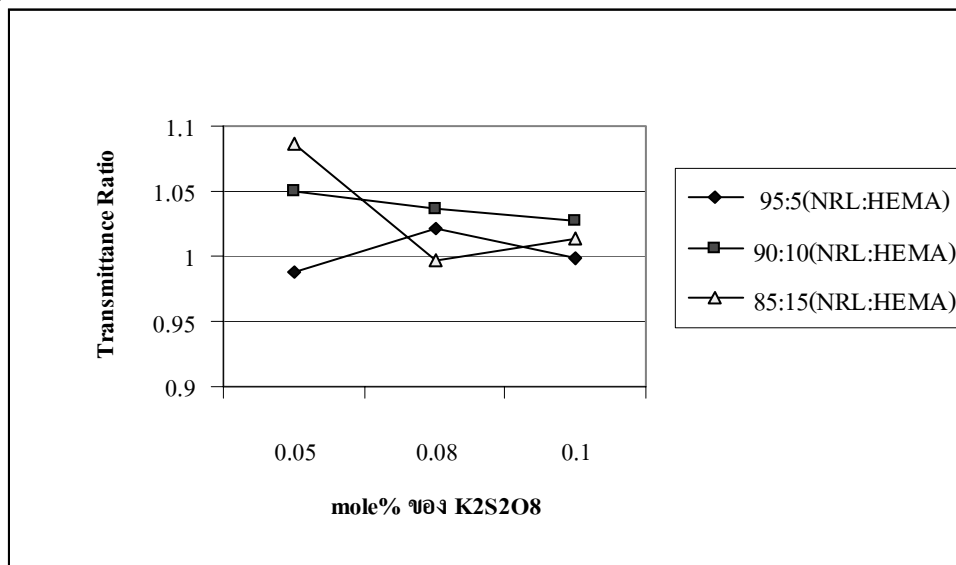
การทดลองชุดที่ / ในตารางที่	NRL : HEMA	% Initiator	Transmittance ratio
1 / 1	95:5	0.05	0.9873
2 / 1	90:10		1.0494
3 / 1	85:15		1.0862
1 / 2	95:5	0.08	1.0216
2 / 2	90:10		1.0370
3 / 2	85:15		0.9968
1 / 3	95:5	0.10	0.9978
2 / 3	90:10		1.0270
3 / 3	85:15		1.0139



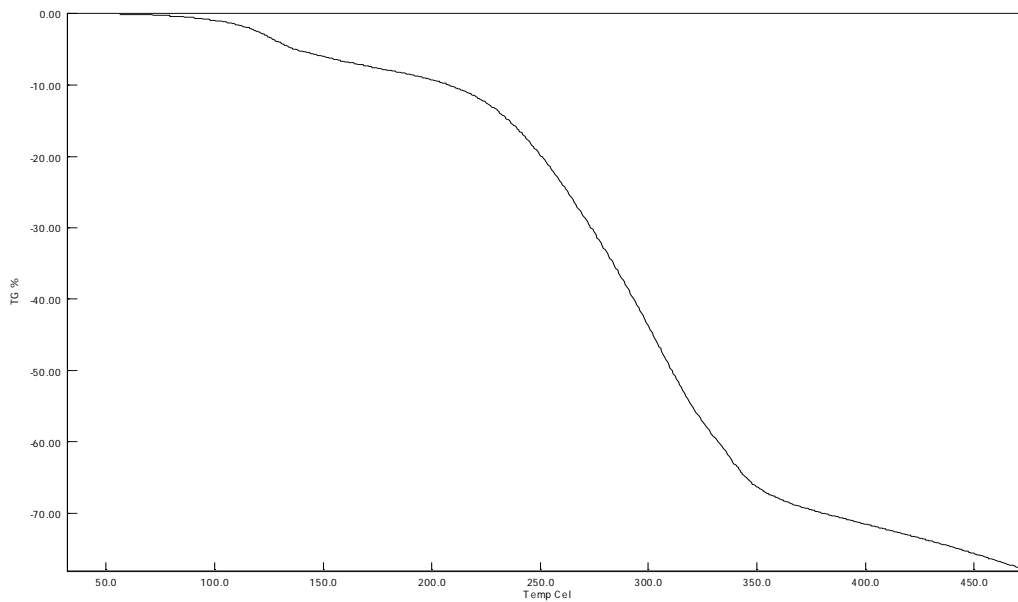
รูปที่ 1 IR สเปกตรัมของ NR บริสุทธิ์ PHEMA และกราฟต์โคพอลิเมอร์(NR-g-PHEMA) ที่ได้จากการทดลอง ชุดที่ 2 ในตารางที่ 1



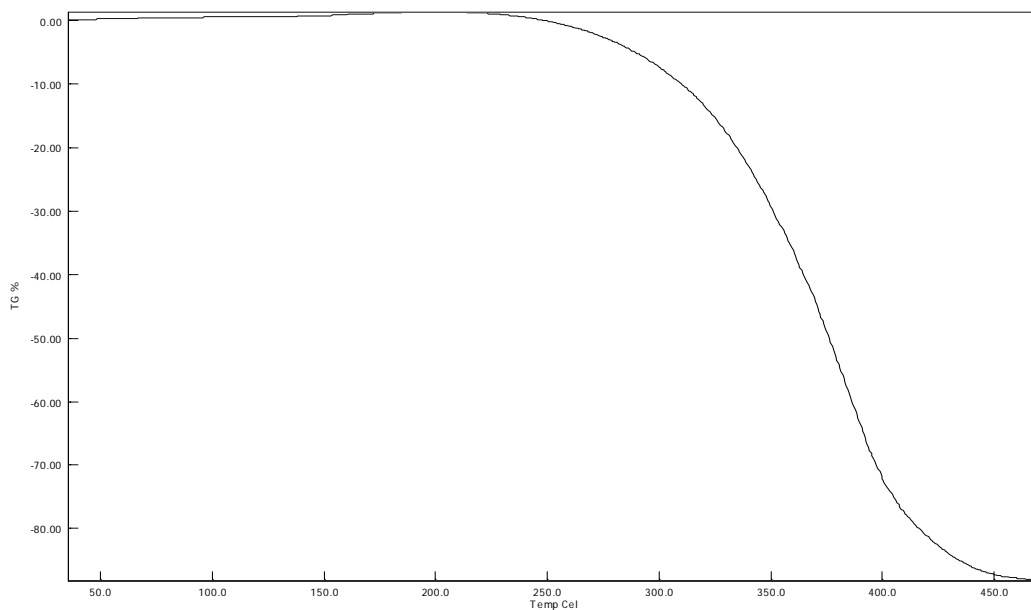
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Transmittance Ratio ของกราฟต์โคพอลิเมอร์ กับเปอร์เซ็นต์โมลของ HEMA



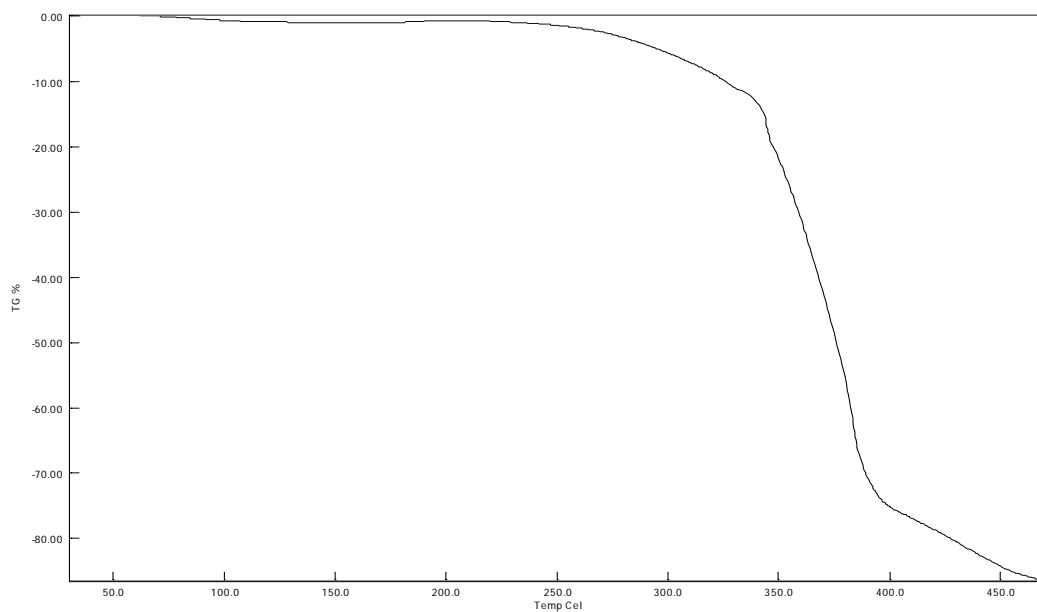
รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Transmittance Ratio ของกราฟต์โคพอลิเมอร์กับเปอร์เซ็นต์โมลของ K₂S₂O₈



รูปที่ 4 TGA เทอร์โมแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล (PHEMA)



รูปที่ 5 TGA เทอร์โมแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ (NR)



รูปที่ 6 TGA เทอร์โมแกรมของผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการสกัดด้วยเอทานอลและปิโตรเลียมอีเธอร์ (NR-g-PHEMA)

ตารางที่ 5 น้ำหนักที่สูญเสียไป (TG %) และอุณหภูมิ (T)

ผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ได้(จากการทดลองชุดที่ 2 ในตารางที่ 1)	TG%	T(°C)	TG%	T(°C)
ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล (PHEMA)	10.05	208.4	50.09	310.8
ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ (NR)	9.98	309.9	50.11	376.3
ผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการสกัดด้วยเอทานอลและปิโตรเลียมอีเธอร์ (NR-g-PHEMA)	9.91	325.7	50.51	376.2

ตารางที่ 6 อุณหภูมิ (T) และน้ำหนักที่สูญเสียไป (TG %) ของกราฟต์โคพอลิเมอร์

การทดลองชุดที่/ ในตารางที่	TG%	T(°C)	TG%	T(°C)
1/1	10.15	325.8	49.65	377.5
2/1	9.91	325.7	50.51	376.2
3/1	10.02	323.6	49.55	374.5
1/2	10.09	332.8	50.42	374.9
2/2	10.22	335.7	50.23	376.2
3/2	10.24	316.7	50.04	374.4
1/3	9.86	324.3	50.01	374.1
2/3	10.01	324.0	49.81	375.4
3/3	10.07	317.5	49.97	377.7

ตารางที่ 7 การละลายของผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ได้ เปรียบเทียบกับ PHEMA และ NR บริสุทธิ์

สารที่ทดสอบ ตัวทำละลาย	PHEMA (สกัดด้วย เอทานอล)	NR (สกัดด้วย ปิโตรเลียมอีเธอร์)	NR-g-PHEMA	PHEMA	NR
CH ₂ Cl ₂	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
C ₆ H ₅ Cl	บวม	บวม	บวม	บวม	บวม
DMSO	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
Toluene	ไม่ละลาย	ละลาย	บวม	ไม่ละลาย	ละลาย
Acetone	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย