

### บทที่ 3

#### การตรวจเอกสาร

Deng and coworker (Deng *et al.*, 2002) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการกราฟต์พอลิเมอไรเซชันแบบหลอมเหลวและใช้แสง ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride) บนพอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ นั่นคือ อุณหภูมิของการฉายแสง ตัวเริ่มต้นที่แตกตัวด้วยแสง (Photoinitiators) ความเข้มแสงอุลตราไวโอเล็ต (Intensity of UV radiation) และระยะห่างของรังสีอุลตราไวโอเล็ต ที่มีต่อการกราฟต์พอลิเมอไรเซชัน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพการกราฟต์ของการพอลิเมอไรเซชันถูกวิเคราะห์โดยวิธีการชั่ง (Gravimetric method) รวมทั้งมุมตกกระทบ (Contact angle) ของน้ำบนแผ่นฟิล์มกราฟต์พอลิเมอร์ PE-g-PMAH และสเปกตรัม FTIR ของฟิล์มกราฟต์พอลิเมอร์ได้ถูกวิเคราะห์ ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิของการฉายแสงที่เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วรอบๆ จุดหลอมเหลวของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride) (เช่น  $52^{\circ}\text{C}$ ).

Kim and coworker (Kim *et al.*, 2002) รายงานถึงการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน (Seeded emulsion polymerization) ของเมทิลเมทาคริเลต (Methyl methacrylate (MMA)) โดยใช้พอลิยูริเทนชนิดที่กระจายในน้ำ โดยศึกษาผลของส่วนแข็งที่มีต่อประสิทธิภาพการกราฟต์ ซึ่งส่วนแข็งนี้ประกอบไปด้วยไอโซฟอโรน ไดไอโซไซยาเนต (Isophorone diisocyanate (IPDI)) และ ไดเมทิลอล โพรไพโอนิก (dimethylol propionic acid (DMPA)) และแปรปริมาณจาก 19.6 ถึง 35.4%. ผลของส่วนแข็ง (IPDI และ DMPA) ที่มีต่อประสิทธิภาพการกราฟต์ยืนยันด้วยสเปกตรัมจาก FTIR และโครมาโตกราฟฟีแบบแผ่นบางพร้อมทั้งเครื่องวัดแบบเฟรมไอออนไนซ์ (Thin layer chromatograph equipped with flame ionization detector (TLC/FID)) ประสิทธิภาพการกราฟต์เพิ่มขึ้นกับปริมาณของส่วนแข็งที่เพิ่มขึ้น นั่นคือ IPDI และ DMPA จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสเปกตรัม FT-IR และการวิเคราะห์ TLC/FID พบว่าพื้นที่สัมพัทธ์ของยอดแหลมของหมู่ N-H ( $1550\text{ cm}^{-1}$ ) เปลี่ยนแปลงกับปริมาณของ IPDI อย่างเป็นทางการที่สำคัญ ซึ่งจากผลการทดลองพันธะ N-H ในส่วนแข็งนั้นเป็นตัวสำคัญในปฏิกิริยาการกราฟต์ของ MMA

Liu and coworker (Liu *et al.*, 2002) ศึกษาเกี่ยวกับระบบรีดอกซ์แบบใหม่ ซึ่งประกอบไปด้วย โปแตสเซียม ไดพีริเดดเดคานนิเคลเลต-หางนม (Potassium

diperiodatonickelate (Ni(IV))-casein) ซึ่งใช้ในการเริ่มต้นปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไฮเซนของบิวทิล อะคริเลต (Butyl acrylate) บนหางนม (Casein) ภายใต้สภาวะของผสม (Heterogeneous condition) ในสารละลายโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5% ซึ่งพบว่าให้ประสิทธิภาพการกราฟต์ และเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ที่สูง การวิเคราะห์โครงสร้างและสมบัติของกราฟต์โคพอลิเมอร์ ใช้วิธีทางสเปกโตรสโคปีโดยใช้เครื่อง FTIR (FTIR spectroscopy) การวิเคราะห์ทางความร้อน (Thermal analysis) และภาพถ่ายทางกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy) อิทธิพลของตัวแปรในการสังเคราะห์ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไฮเซน ได้แก่ ผลของแสงที่มีต่อประสิทธิภาพการกราฟต์ เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ และอัตราเร็วในการพอลิเมอร์ไฮเซน ( $R_p$ ) ผลของความเข้มข้น Ni(IV) ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้น (Initiator) ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไฮเซน พบว่าเมื่อความเข้มข้น Ni(IV) เพิ่มขึ้น  $R_p$  จะเพิ่มขึ้นด้วย จนกระทั่งสูงสุดของความเข้มข้นของ Ni(IV) เท่ากับ  $5.3 \times 10^{-4}$  โมล/ลิตร  $R_p$  จะลดลง และสำหรับผลของอุณหภูมิของปฏิกิริยานั้น  $R_p$  เพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิของปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งอุณหภูมิจึง  $40^\circ\text{C}$  ค่าของ  $R_p$  จะลดลง

Kumar and Alagar (Kumar and Alagar, 2002) ได้ทดลองเตรียมโคพอลิเมอร์ตัวใหม่ของไวนิลออกซิอะมิโนไซเลนกราฟต์บนเอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีนเทอร์พอลิเมอร์ (Vinylxyaminosilane grafted ethylene-propylene-diene terpolymer (EPDM-g-VOS)) ในโทลูอีน โดยใช้ไดคิวมิล เปอร์ออกไซด์ (Dicumyl peroxide) เป็นตัวเริ่มต้น ประสิทธิภาพการกราฟต์ของไวนิลออกซิอะมิโนไซเลนบนเอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ (Ethylene-propylene-diene terpolymer (EPDM)) ได้ถูกศึกษาโดยเป็นฟังก์ชันของปริมาณ EPDM ระยะเวลาของปฏิกิริยา อุณหภูมิของปฏิกิริยา และความเข้มข้นของตัวเริ่มต้น และใช้สภาวะที่ให้ประสิทธิภาพการกราฟต์ที่สูงที่สุด การกราฟต์จะกระทำใน Haake Rheocord-90 torque rheometer. การกราฟต์ของ EPDM-g-VOS จะถูกยืนยันโดยใช้เทคนิคทางสเปกโตรสโคปี (Fourier-transform infrared spectroscopy) สมบัติทางเชิงกล ความร้อน และไฟฟ้า ของ EPDM-g-VOS ที่วัลคาไนซ์ด้วยน้ำร้อน และ EPDM ที่วัลคาไนซ์ด้วยเปอร์ออกไซด์ ถูกนำมาเปรียบเทียบ ซึ่งสมบัติทางเชิงกลของ EPDM-g-VOS ลดลงกับความสามารถในการหักงอในส่วนของ VOS อย่างไรก็ตามสมบัติทางอุณหภูมิจึงและไดอิเล็กตริก เพิ่มขึ้นกับการกราฟต์ของ VOS บน EPDM เช่นเดียวกับรูปแบบของความเสถียรทางอุณหภูมิจึงในโครงสร้างทางสามมิติผ่านจุดเชื่อมโยง Si-O-Si-

Wang and coworker (Wang et al., 2002) ได้สังเคราะห์และกราฟต์โคพอลิเมอร์ของเด็กซ์ทราน (Dextran) กับพอลิ(N-ไอโซโพรพิลอะคริลาไมด์) (Poly(N-

isopropylacrylamide) (PNIPAAm)) และรายงานว่าการกราฟต์โคพอลิเมอร์สามารถใช้ในการสร้างไมเซลล์พอลิเมอร์ ในลักษณะของตัวพาของยา ส่งไปยังส่วนปลายของลำไส้ใหญ่ โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์วิเคราะห์ได้ FTIR  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$ -NMR เปอร์เซนต์ของโฮโมพอลิเมอร์ (H%) ประสิทธิภาพการกราฟต์ (GE%) และเปอร์เซนต์การกราฟต์ (G%) ของโคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณของเซอริกอะตอมลิสต์ (Ceric catalyst) ระยะเวลาในการกราฟต์เพิ่มขึ้นจะทำให้ GE% และ G% ของโคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น การกราฟต์ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ GE% และ G% เพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิของปฏิกิริยาเกิน LCST ของโคพอลิเมอร์ ค่าของ GE% และ G% จะลดลง และการวัดทางการหักเหของแสง (Dynamic light scattering measurement) พบว่าการกราฟต์โคพอลิเมอร์จากไมเซลล์อยู่ในรูปทรงกลม และสำหรับโคพอลิเมอร์ที่มี G% เท่ากับ 33.8% จะอยู่ในรูปไมเซลล์ (Micelle) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 30 nm ในสารละลาย

Hoang and coworkers, (Hoang *et al.*, 2001) ได้รายงานถึงการปรับปรุงความเข้ากันในพอลิเมอร์ผสมสองชนิด คือ พอลิสไตรีน-โค-อะคริโลไนไตรล์ (Poly(styrene-co-acrylonitrile) (SAN)) และยางอีพดีเอ็ม (Ethylene-propylene-diene terpolymer (EPDM)) โดยใช้การกราฟต์เมธิลเมทาไครเลต (Methyl methacrylate (MMA)) บนยางอีพดีเอ็ม (EPDM-g-methyl methacrylate (EPMMA)) ซึ่งพบว่ายางอีพดีเอ็มที่ได้ทำการกราฟต์เมธิลเมทาไครเลตแล้วนั้น สามารถช่วยในการเข้ากันของ SAN และ ยาง EPDM ได้ดี สำหรับ EPMMA สมบัติด้านการมีความเป็นขั้ว การติด ความต้านทานต่อน้ำมัน และความต้านทานต่อการดึง เมื่อเปรียบเทียบกับ EPDM. โดยความเข้ากันของ SAN/EPDM สามารถวิเคราะห์ได้จาก light scattering และ FT-IR spectra.

Izumi and coworker (Izumi *et al.*, 2001) ปรับปรุงความเสถียรต่อรังสีของพอลิเมอร์สายโซ่ตรง โดยศึกษาการฉายรังสีเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาการกราฟต์พอลิเมอร์เซชันของ สไตรีนบนพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาการฉายรังสีอย่างต่อเนื่องและการฉายรังสีในตอนต้น เปอร์เซนต์การกราฟต์แปรผันตามความเข้มข้นของมอนอเมอร์ และความเข้มของรังสี โดยที่ประสิทธิภาพการกราฟต์จะลดลงจากการเพิ่มของการพอลิเมอร์ สไตรีนอย่างเดียว ในช่วงความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (<3 wt%) เปอร์เซนต์การกราฟต์ค่อนข้างเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสไตรีน อย่างไรก็ตามเปอร์เซนต์การกราฟต์จะเพิ่มขึ้นและคงที่ที่ความเข้มข้นของสไตรีนสูง ในทางตรงกันข้าม พอลิเมอร์ที่มีการกราฟต์สูงมากสามารถเตรียมได้จากการฉายรังสีในตอนต้น กราฟต์โคพอลิเมอร์สามารถวิเคราะห์ปริมาณของวงแหวนฟีนิล (Phenyl ring) ของสไตรีนมอนอเมอร์ทำได้โดยใช้ FT-IR spectroscopy.

Prasassarakich and coworker (Prasassarakich *et al.*, 2001) ได้รายงานถึงการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของสไตรีนและอะครีโลไนไตรล์ บนยางธรรมชาติ ที่เตรียมจากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอิมัลชัน ใช้โปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวเริ่มต้น โดยศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นของตัวเริ่มต้น อุณหภูมิของปฏิกิริยา และความดัน ที่มีต่อการเปลี่ยนของมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์และสมบัติการกราฟต์ของยางธรรมชาติ การเปลี่ยนของมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของตัวเริ่มต้น ปริมาณการกราฟต์จะสูงขึ้นเมื่อพอลิเมอร์ไรเซชันที่อุณหภูมิ 70°C ความดัน 3.1 บาร์ ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา 8 ชั่วโมง และความเข้มข้นตัวเริ่มต้น 1.5 ส่วนโดยน้ำหนัก สเปกตรัม FTIR ของยางกราฟต์ได้ถูกศึกษาและแสดงให้เห็นว่ามีกลุ่มไนไตรล์ (C≡N stretching) เกิดขึ้นที่ 2238 cm<sup>-1</sup> และพันธะคู่คาร์บอน (C=C stretching) ของวงแหวนเบนซีนในสไตรีน ปรากฏที่ 1510 cm<sup>-1</sup> ซึ่งยืนยันให้เห็นว่ามีการกราฟต์ของอะครีโลไนไตรล์ และสไตรีนบนยางธรรมชาติเกิดขึ้น องค์ประกอบของโคพอลิเมอร์สามารถวิเคราะห์จากการวิเคราะห์ธาตุขององค์ประกอบ เมื่อบดผสมยางธรรมชาติที่กราฟต์แล้วกับสไตรีนอะครีโลไนไตรล์โคพอลิเมอร์ (SAN) นำยางบดผสมที่ได้มาศึกษา ผลขององค์ประกอบผสมที่มีต่อความทนต่อแรงดึง ความทนต่อแรงกระแทก และความแข็ง ซึ่งพบว่ายางธรรมชาติที่กราฟต์แล้วนั้นสามารถปรับปรุงสมบัติการทนต่อแรงกระแทกของโคพอลิเมอร์ SAN ได้.

Zhou and coworker (Zhou *et al.*, 2001) ศึกษาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของกรดโอเลอิกบนอะครีโลไนไตรล์-บิวตะไดอีน-สไตรีนเทอร์พอลิเมอร์ (Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)) terpolymer) ซึ่งเริ่มต้นปฏิกิริยาโดยบิวทิลเปอร์ออกไซด์ (Butyl peroxide (BPO)) ในสารละลาย 1,2 ไดคลอโรอีเทน (1,2 Dichloroethane) โดยใช้การวิเคราะห์ทางสเปกตรัมอินฟราเรด IR เพื่อยืนยันการกราฟต์ของกรดโอเลอิกบนสายโซ่ ABS และศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของกรดโอเลอิก บิวทิลเปอร์ออกไซด์ และ ABS ที่มีต่อการกราฟต์ โดยการกราฟต์พบว่าเกิดบริเวณของบิวตะไดอีนที่มีใน ABS กลไกปฏิกิริยาได้ถูกสร้างขึ้นโดยให้การกราฟต์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นโดยการสิ้นสุดระหว่างอนุมูลอิสระกรดโอเลอิกกับอนุมูลอิสระของ ABS อัตราเร็วของการกราฟต์เพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของกรดโอเลอิกจนกระทั่งถึงจุดสูงสุดที่ 0.3 โมล/ลิตร จากนั้นจึงลดลง

Chuahan and coworker (Chuahan *et al.*, 2000) ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการกราฟต์ 4-ไวนิลไพรีดีนบนเซลลูโลสที่สกัดมาจากสนเข็ม โดยการใช้คลีนริงส์ พบว่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ประสิทธิภาพการกราฟต์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของพอลิเมอร์ในการกราฟต์ และไฮโมพอลิเมอร์ เป็นฟังก์ชันกับความเข้มข้นของคลีนริงส์ ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ และปริมาณของน้ำ ซึ่งพบว่าทั้งความเข้มข้นของคลีนริงส์ และความเข้มข้นของมอนอเมอร์ทำให้การกราฟต์

เพิ่มขึ้นและลดลงไม่แน่นอน อย่างไรก็ตาม อัตราเร็วในการพอลิเมอไรเซชันก็ยังคงแสดงให้เห็นถึงความไม่แน่นอน แต่เพิ่มขึ้นกับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์และความเข้มข้นของรังสี

**Chen and coworker** (Chen *et al.*, 2000) ศึกษาการปรับปรุงทางเคมีของผงพอลิอะนิลีน โดยการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันบนผิว พบว่าปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์ และอุณหภูมิของปฏิกิริยาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน การมีเกลือมอนอเมอร์ป้องกันไม่ให้เกิดโฮโมพอลิเมอไรได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก อัตราเร็วในการเริ่มต้นปฏิกิริยาและอัตราเร็วของการแพร่ของมอนอเมอร์บนผิวของผงพอลิเมอร์คาดว่าจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของปฏิกิริยาการพอลิเมอไรเซชัน และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอุณหภูมิช่วงระหว่าง 40 และ 60°C อุณหภูมิสูงสุดในช่วงของการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันผงอีเมอรัลดีน (Emeraldine (EM)) กับ AAc ในช่วงระหว่าง 60 and 90°C พบว่าเปอร์เซ็นต์กราฟต์สูงสุดที่ได้คือ 40 wt. %

**Das and Saikia** (Das and Saikia, 2000) ทำการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันเมธิลเมทาไครเลต (Methyl methacrylate (MMA)) บนเส้นไหมใหม่ (non-mulberry silk fibre *Antheraea assama*) ที่ใช้ระบบบริดจ์ออกซ์ที่ใช้โปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต-กรดออกซาลิก จากการศึกษาผลของปัจจัยในการกราฟต์ คือ ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ และตัวเริ่มต้น เวลา และอุณหภูมิ พบว่าปริมาณการกราฟต์จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์และความเข้มข้นของตัวเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้น  $Mn(IV)$  จนถึง  $6 \times 10^{-3}$  M แต่ลดลงหลังจากนั้น อัตราเร็วในการกราฟต์เพิ่มขึ้นกับเวลาที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งที่ 4 ชั่วโมงจากนั้นจึงลดลง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของปฏิกิริยาด้วย และที่ 50°C จะได้ปริมาณการกราฟต์สูงสุด ปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจนถึง 50°C จากนั้นการเพิ่มขึ้นจะค่อยๆ ลดลง

**Dong and Hsieh** (Dong and Hsieh, 2000) รายงานว่า โปรตีนหางนมซึ่งละลายใน 5% เอทานอลามีน ไตรเอธิลลามีน และ ไตรเอทานอลามีน แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ การกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันของหางนม (40 กรัม/ลิตร) กับอะคริโลไนไตรล์ (AN) จะทำใน สารละลาย 5% w/v ไตรเอทานอลามีน (5% w/v aq. Triethanolamine) ที่ 60°C ใช้โปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวเริ่มต้น เปอร์เซนต์การกราฟต์และประสิทธิภาพการกราฟต์เพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของตัวเริ่มต้น และเวลาของปฏิกิริยา แต่ลดลงกับอัตราส่วน M/I การยืนยันการเกิดอะคริโลไนไตรล์-กราฟต์-หางนม (Acrylonitrile-grafted-casein (AN-g-casein)) ทำได้โดยการใช้อินฟราเรด สเปกโตรสโคปี (Fourier transform infrared

spectroscopy) ภายใต้สภาวะปฏิกิริยา สายโซ่กราฟต์ PAN จะวิเคราะห์โดยใช้วิธีโครมาโตกราฟี (Gel permeation chromatography) พบว่ามี  $M_n$  ระหว่าง 1.58 และ  $5.88 \times 10^4$  ดาลตัน และมีการกระจาย (Polydispersibilities) ระหว่าง 2.6 และ 4.5 AN-g-casein copolymers จะเหมือนการมีโฮโมพอลิเมอร์ PAN ในทางนม โดยมีค่า  $T_g$  อยู่ในช่วง 255 และ 273 °C ซึ่งใกล้เคียงกับค่า  $T_g$  ของโฮโมพอลิเมอร์ PAN (275°C) และสูงกว่าทางนม (180°C) และ AN-g-casein สามารถละลายได้ใน 50% aq. NaSCN และ ZnCl<sub>2</sub> แต่ไม่ละลายใน 32:28:40 wt% CaCl<sub>2</sub>/CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH/H<sub>2</sub>O เหมือนกับ PAN และไดเมทิลฟอร์มไมด์ (Dimethylformamide) เหมือนกับทางนม

**Grigoryeva and Karger-Kocsis** (Grigoryeva and Karger-Kocsis, 2000) รายงานว่าการกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride (MAH)) บนยางเอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ (Ethylene-propylene-diene terpolymer (EPDM)) ที่มีปริมาณเอทิลีนสูง (= 74 wt%) ในสภาวะหลอมเหลวโดยมีเปอร์ออกไซด์เป็นตัวเริ่มต้น โดยใช้บราเบนเดอร์ พลาสติกโคเดอร์ (Brabender Plasticoder) ประสิทธิภาพการกราฟต์และองศาการเชื่อมโยง (Crosslinking degree) ของยาง EPDM ที่กราฟต์แล้ว (EPDM-g-MAH) วัดโดยวิธีทางสเปกโตรโคปี (FTIR spectroscopy) และการสกัดด้วยไซลีน (Xylene extraction) ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการกราฟต์และองศาการเชื่อมโยงจะได้รับอิทธิพลจากปริมาณของ MAH และเปอร์ออกไซด์ (2,5-dimethyl-2,5-di-( $\alpha$ -butylperoxy)hexane) ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นต่ำทั้งของ MAH (<5 wt%) และ เปอร์ออกไซด์ (<0.2 wt%) จะทำให้ได้การกราฟต์ของ MAH ที่ปริมาณการเจลด้า ความเข้มข้นของ MAH เพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของ MAH ลดลงเล็กน้อย ที่ปริมาณ MAH 2% จะให้ปริมาณการกราฟต์ของ MAH สูง โดยองศาการกราฟต์ต่ำที่สุด นอกจากนี้พบว่าปริมาณการเชื่อมโยงค่อนข้างสูง (ประมาณ 45%) โดยสรุปพบว่าปริมาณของอนุมูลอิสระของ MAH บนยาง EPDM ไม่ได้ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับ MAH แต่เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยง (Crosslinking reaction) และการหยุดปฏิกิริยาโดยการแลกเปลี่ยนอนุมูลอิสระกัน (Disproportionation reaction) ที่ปริมาณของ MAH สูงถึง 7% โดยน้ำหนัก ไม่ได้ทำให้องศาการกราฟต์เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของ MAH ไปจนถึง 10% โดยน้ำหนัก จะทำให้องศาการกราฟต์ลดลง นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของ MAH เพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่สำหรับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของเปอร์ออกไซด์จะทำให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนลดลงเล็กน้อย สำหรับตัวแปรของกระบวนการทดลอง เช่น อุณหภูมิในการผสม เวลา ความเร็วของโรเตอร์ และปริมาณที่ใช้ภายในห้องผสมมีผลกระทบต่อการแข่งขันระหว่างการกราฟต์กับการเชื่อมโยง

Luffor and coworker (Luffor *et al.*, 2000) ศึกษาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของ เมธิลอะครีเลต (Methyl acrylate (MA)) บนแป้งสาเก (Sago starch (AGU)) โดยมีเซอร์ริกแอมโมเนียมไนเตรด (Ceric ammonium nitrate (CAN)) เป็นตัวเริ่มต้น ซึ่งพบว่าอัตราเร็วในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน และประสิทธิภาพการกราฟต์นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ CAN, MA, AGU, กรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ), อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยา สมการอัตราเร็วของการพอลิเมอร์ไรเซชันได้เขียนจากกลไกปฏิกิริยาที่เสนอขึ้น และอัตราเร็วในการพอลิเมอร์ไรเซชัน ( $R_p$ ) แปรผันกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์กำลังหนึ่ง MA และแปรผันกับรากที่สองของความเข้มข้นของ CAN แบบจำลองทางจลนพลศาสตร์สำหรับปฏิกิริยาการกราฟต์ได้ถูกเสนอขึ้น และศึกษาจลนพลศาสตร์ของการพอลิเมอร์ไรเซชันของเมธิลอะครีเลต และได้สมการทางคณิตศาสตร์ของโมเดลที่ทำนายความสัมพันธ์อัตราเร็วในการพอลิเมอร์ไรเซชันกับสัดส่วนของพอลิเมอร์ไรเซชัน (Poly(methyl acrylate)) กับแป้งสาเก ซึ่งผลจากการทำนายของโมเดลจะนำไปตรวจสอบกับผลการทดลอง

Okaniwa (Okaniwa, 2000) รายงานว่าในการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิต ซึ่งประกอบด้วยพอลิไดเมทิลซิลอกเซน (Poly(dimethylsiloxane) (PDMS)) และพอลิบิวตะไดอิน (Poly(butadiene) (PB)) โดยเตรียมจากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอิมัลชันที่ปราศจากอิมัลซิไฟเออร์ของบิวตะไดอินในน้ำยาง PDMS ปัจจัย 3 อย่างที่จะควบคุมลักษณะของอนุภาคคือ (1) องศาการเชื่อมโยงของ PDMS (2) องศาการเชื่อมโยงของ PB (3) แหล่งของตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน จากการลดลงขององศาการเชื่อมโยงของ PDMS หรือ PB จะได้ PB แยกออกจาก PDMS ระบบของตัวเริ่มต้นประกอบไปด้วย เทอเทียรีบิวทิล เพอร์ออกไซด์ออกไซด์ และเพอร์ซัลเฟต ที่ให้ลักษณะเป็นรูปครึ่งทรงกลม ซึ่งขัดกับส่วนแกนกลางของโพลีดีเอซีเอ็ม เพอร์ซัลเฟต สไตรีน และอะครีโลไนไตรล์สามารถที่จะกราฟต์ลงบนส่วนของ PB ของอนุภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Nakason and coworker (Nakason *et al.*, 2000) ศึกษาการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์จากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ เปรียบเทียบกับน้ำยางธรรมชาติแอมโมเนียสูง (HA latex) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยน (Conversion) ที่ได้สูงกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ หลังจากสิ้นสุดการป้อนมอนอเมอร์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนเพิ่มขึ้นกับเวลาที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนสุดท้ายสูงประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนโมลของ NR/MMA สูงขึ้น จะให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนที่สูงขึ้นกว่า อัตราส่วนโมลที่ต่ำกว่า และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากปฏิกิริยาซึ่งใช้ DPNR จะสูงกว่าการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของน้ำยางชั้นแอมโมเนียสูง ที่ทุกๆ อัตราส่วนโมลของยางธรรมชาติ MMA (NR:MMA = 95:5, 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 ตามลำดับ)

ประสิทธิภาพการกราฟต์จะลดลงกับอัตราส่วนโมลของยางธรรมชาติต่อ MMA ทั้งน้ำยางทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตามกราฟต์โคพอลิเมอร์ไอโซไซยาเนตของ DPNR ยังแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการกราฟต์ กราฟต์ PMMA ได้ตรวจจากการสก๊ตและอัตราส่วนการดูดซับของสเปกตรัมของอัตราส่วนการดูดซับที่ความยาวคลื่น  $1732\text{ cm}^{-1}$  ถึง  $835\text{ cm}^{-1}$  ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณของ PMMA สูงขึ้นในกราฟต์โคพอลิเมอร์บนยาง DPNR พื้นที่ได้กราฟต์ของเมธิลเมทาไครเลตที่  $1732\text{ cm}^{-1}$  เพิ่มขึ้นกับปริมาณการเพิ่มขึ้นของเมธิลเมทาไครเลต ซึ่งพบได้ทั้งน้ำยางทั้งสองชนิด อนุภาคเฉลี่ยของกราฟต์โคพอลิเมอร์จะใหญ่ขึ้นกว่าอนุภาคของน้ำยางที่ใช้ นอกจากนี้ยังพบว่าอนุภาคของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของ DPNR ใหญ่กว่าของน้ำยางธรรมชาติ ความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมของ DPNR และน้ำยางชั้นแอมโมเนียสูงขึ้นอยู่กับโปรตีน ซึ่งทำให้เชื่อได้ว่าโปรตีนประพติดัวเป็นตัวเก็บอนุภาคลิสาระ ทำให้หยุดความว่องไวของอนุภาคลิสาระในกระบวนการเริ่มต้นของการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไอโซไซยาเนต

Patel and coworker (Patel et al., 2000) แสดงให้เห็นว่าการกราฟต์ของมอนอเมอร์หลายชนิดบนไอโซไซยาเนตติก พอลิโพรไพลีน ที่เป็นสถานะของแข็ง เปอร์ออกไซด์จะแตกตัวโดยใช้อุณหภูมิ  $70^{\circ}\text{C}$  ประสิทธิภาพการกราฟต์เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์เกือบทุกๆ กรณี ค่าสูงสุดของเปอร์เซ็นต์การกราฟต์จะเกิดในสไตรีน  $^{13}\text{C-NMR}$ , FTIR และ Thermal analysis จะใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ การเพิ่มขึ้นของมอนอเมอร์จะทำให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ สำหรับอิทธิพลของอุณหภูมิของปฏิกิริยา ประสิทธิภาพการกราฟต์จะสูงที่สุดที่  $70^{\circ}\text{C}$  สำหรับทุกมอนอเมอร์ ที่ต่ำกว่า  $70^{\circ}\text{C}$  พบว่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์จะลดลง

Rutot and coworker (Rutot et al., 2000) ศึกษาการกราฟต์พอลิเมอร์ไอโซไซยาเนตแบบเปิดวงแหวน *in situ* ของพอลิเอสเทอร์บนแป้ง สารอะโรมาติกที่ใช้คือแลคโตน (Lactones) เช่น  $\epsilon$ -คาโพรแลคโตน ( $\epsilon$ -caprolactone) และ  $\delta$ -แวลีโรแลคโตน ( $\delta$ -valerolactone) การพอลิเมอร์ไอโซไซยาเนตทำในแบบรวมมวล หรือในสารแขวนลอยแป้ง 10% โดยน้ำหนักของแป้งในโหลอื่น หลังจาก หลังจากที่มีวของแป้งในส่วนของหมู่ไฮดรอกซิลในอะไมโลส/อะไมโลเปคติน ถูกกระตุ้นจากปฏิกิริยา *in-situ* กับไดเรกทีฟอะลูมิเนียมอย่างเพียงพอในอะลูมิเนียม อัลคอกไซด์ การกราฟต์แบบโควาเลนต์ของพอลิเอสเทอร์บนผิวของแป้งจะเกิดขึ้น จากนั้นแป้งจะถูกทำให้แห้ง และความแน่นอนที่แท้จริงในการใช้ตัวเริ่มต้นของผิวของแป้งตรวจสอบโดยใช้การวิเคราะห์ XPS จากการวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบตรวจกราด (SEM) พบว่าการเชื่อมติดระหว่างทั้งสองส่วนดีขึ้น การเจริญเติบโตของพอลิเอสเทอร์บนเม็ดแป้งศึกษาโดยใช้ Laser scattering พบว่าทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคเพิ่มขึ้น และการกระจายตัวของขนาดของเม็ดแป้งจะกว้างขึ้น



**Xie and coworker** (Xie *et al.*, 2000) ศึกษาสารช่วยในการเข้ากันชนิดใหม่ที่มีกิ่งสาขาของโอลิโกเมอร์โพรแลคโตนยาวต่างกัน นั่นคือหนึ่ง สอง หรือสามหมู่ของคาร์บอกซิล โดยสังเคราะห์จากขั้นตอน 3 ขั้น ดังนี้ (1) โอลิโกเมอร์ของ  $\epsilon$ -caprolactone เริ่มต้นจากกรดไฮดรอกซีหลายชนิด (กรดไกลโคลิก (Glycollic acid, DL-malic acid, หรือ citric acid) (2) ปฏิกริยาของอะคริลอิลคลอไรด์ (Acryloyl chloride) กับ  $\alpha$ -อะคริลอิล- $\omega$ -คาร์บอกซิล (1,2,3)-โอลิโกคาโพรแลคโตน ( $\alpha$ -acryloyl- $\omega$ -carboxyl (1,2,3)-oligocaprolactone (HCPCL)) และ (3) กราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของ HCPCL กับ โพลีโพรไพลีน อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ เช่น ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ เวลาของปฏิกริยา และชนิดของ ACPCL ที่มีต่อการกราฟต์ได้ถูกศึกษา โดยพบว่าผลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์บนเปอร์เซ็นต์การกราฟต์เพิ่มขึ้นในตอนแรกกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่ง 20% ของจำนวนทั้งหมดและลดลงได้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เท่ากับ 10.2% ความเข้มข้นของตัวเริ่มต้นเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เพิ่มขึ้นในตอนแรก หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตัวเริ่มต้นต่อไปพบว่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ลดลง

**Aggour and Abdel-Razik** (Aggour *et al.*, 1999) รายงานว่าในการกราฟต์แบบเนื้อเดียวของ อัลคีนอกซี พอลิอัลเลนอกซี พอลิเอธิลีน แมโครมอนอเมอร์ ( $M_n=390$ ; PEGA39) บนเอซิล เซลลูโลส โดยใช้เอโซบิสไอโซบิวไทโรไนไตรล์ (Azobisisobutyronitrile (AIBN)) เป็นตัวเริ่มต้นในตัวทำละลายเบนซีน เปอร์เซนต์การกราฟต์ ประสิทธิภาพการกราฟต์ และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนโดยน้ำหนัก ได้วิเคราะห์เสมือนเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิในการพอลิเมอร์ไรเซชัน และความเข้มข้นของ PEGA39, EC และตัวเริ่มต้น พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนโดยน้ำหนักและประสิทธิภาพการกราฟต์เพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิของปฏิกริยาและปริมาณ AIBN

**Chowdhury and Pal** (Chowdhury and Pal, 1999) ทำการศึกษาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของเมทิลเมทาคริเลตบนพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยใช้ตัวเริ่มต้นคือ  $Ce(IV)$  สำหรับอิทธิพลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์ พบว่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์จะเพิ่มขึ้นกับความเข้มข้นของเมทิลเมทาคริเลต (Methyl methacrylate (MA)) ที่เพิ่มขึ้น จนถึง 0.55 โมล/ลิตร และจากนั้นจะลดลงกับการเพิ่มขึ้นของ MA เปอร์เซนต์การกราฟต์ ประสิทธิภาพการกราฟต์ (GE) และอัตราเร็วในการกราฟต์พอลิเมอร์ไรเซชัน ( $R_p$ ) เพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิของปฏิกริยาที่เพิ่มขึ้นจะถึง  $45^\circ C$  และจากนั้นจะลดลง สำหรับผลของความเข้มข้นของตัวเริ่มต้น พบว่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์และอัตราเร็วในการกราฟต์ ( $R_p$ ) จะเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของตัวเริ่มต้น คือ เซอริก แอมโมเนียมซัลเฟต (Ceric ammonium sulfate (CAS)) ที่เพิ่มขึ้นจนถึง  $6.31 \times 10^{-4}$  โมล/ลิตร และจากนั้นจะลดลง

**Kiatkumjornwong and coworker** (Kiatkumjornwong S. *et al.*, 1999) ทำการค้นคว้าเกี่ยวกับโคพอลิเมอร์ แป้ง-กราฟต์-พอลิสไตรีน ที่เตรียมจากเทคนิคของการฉายรังสี  $\gamma$ -rays จาก  $^{60}\text{Co}$  ของผสมของแป้ง สไตรีน และเมทานอล จะถูกฉายรังสีแกมมา ที่ความเข้มต่างกัน จาก 2 ถึง 16 kGy เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกราฟต์สูงสุด (62.2%) ซึ่งได้จากความเข้มทั้งหมดเท่ากับ 10 kGy พอลิสไตรีน (Polystyrene (PS)) ไม่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ โดยตัวมันเอง การเสื่อมสลายของพลาสติกพอลิสไตรีนที่มีแป้งมันสำปะหลังและกราฟต์โคพอลิเมอร์เป็นองค์ประกอบ จะทดสอบโดยการ ทิ้งไว้ในพื้นที่ภายนอกอาคาร การทดสอบการฝังดิน การฉายรังสีอัลตราไวโอเล็ต และการทนทานของพลาสติกต่อแบคทีเรีย กระบวนการเสื่อมสลายจะติดตามโดยสมบัติการดึงยึด ดัชนีการขยายของการเสื่อมสภาพ โดยดัชนีของคาร์บอนิล นำหนักโมเลกุล และสมบัติทางความร้อนของพลาสติก ซึ่งพบว่าสมบัติทางฟิสิกส์ของพอลิสไตรีนที่เติมกราฟต์โคพอลิเมอร์เสื่อมลงอย่างรวดเร็วจากการตากไว้ในนอกอาคาร หรือรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งเป็นเสมือนพลังงานในการกระตุ้นให้พลาสติกเสื่อมสลาย

**Shirai and coworker** (Shirai *et al.*, 1999) รายงานว่าการกราฟต์ไวนิลพอลิเมอร์บนผิวของพอลิเมธิลไซลอคเซน-เคลือบบนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ปรับปรุงด้วยหมู่แอลกอฮอล์ ไซตรอกซิล (Ti/Si-R-OH) ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการพอลิเมอไรเซชันของเมธิลเมทาไครเลต (Methyl methacrylate (MMA)) ที่เริ่มต้นโดยใช้ระบบ Ti/Si-R-COCCl<sub>3</sub> และ Mo(CO)<sub>6</sub> พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพการกราฟต์เป็นฟังก์ชันกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์และอุณหภูมิในการพอลิเมอไรเซชัน โดยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพอลิเมธิลเมทาไครเลตกราฟต์บนไทเทเนียม เพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของการพอลิเมอไรเซชัน ประสิทธิภาพการกราฟต์เพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของการพอลิเมอไรเซชัน แต่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 70°C.

**Xu and coworkers**, (Xu *et al.*, 1999) ทำการศึกษาการกราฟต์พอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชันของสไตรีนบนน้ำยางพอลิเอทิล อะคริเลต (Polyethyl acrylate (PEA) latex) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาการกราฟต์เกิดขึ้นระหว่างองค์ประกอบสองส่วนบนอนุภาคเม็ดน้ำยาง สถานะของการพอลิเมอไรเซชันศึกษาจากจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา ประสิทธิภาพการกราฟต์สูงสุดเกิดขึ้นในช่วงแรกของการพอลิเมอไรเซชัน ซึ่งสนับสนุนความจริงที่ว่าบริเวณผิวของอนุภาค PEA เป็นส่วนที่เกิดการพอลิเมอไรเซชันของสไตรีน ประสิทธิภาพการกราฟต์ลดลงกับอัตราส่วนของมอนอเมอร์ต่อพอลิเมอร์และความเข้มข้นของตัวเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้น

**Ghosh and coworker**, (Ghosh *et al.*, 1998) ศึกษาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene (LDPE)) กับกรดอะคริลิก (Acrylic acid (AA)) เอทิลอะคริเลต (Ethyl acrylate (EA)) และบิวทิลอะคริเลต (Butyl acrylate (BA)) โดยใช้ไดคิวมิลเปอร์ออกไซด์ (Dicumyl peroxide (DCP)) เป็นตัวเริ่มต้น การศึกษา DSC จะสามารถวัดความร้อนของปฏิกิริยา จลนพลศาสตร์และพลังงานของปฏิกิริยาทั้งหมดตลอดการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน สำหรับแต่ละระบบมอนอเมอร์ ปฏิกิริยาจะเป็นอันดับหนึ่งกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์ และพลังงานกระตุ้นที่วัดได้ ( $150-170 \text{ kJ mole}^{-1}$ ) เรียงตามลำดับดังนี้  $AA > EA > BA$  เปอร์เซ็นต์การกราฟต์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิในการพอลิเมอร์ไรเซชันเพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันเพิ่มขึ้น มอนอเมอร์ EA สามารถที่จะระเหยได้สูง ไม่เหมาะกับการกราฟต์บน PE ภายใต้แรงเฉือน ที่  $170^{\circ}\text{C}$  ( $443 \text{ K}$ ) ความเข้มข้นของ DCP ต่ำ ( $0.75 \text{ mmole per } 100 \text{ g of PE}$ ) ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนที่สูงที่สุด และอิทธิพลของการกราฟต์ การศึกษาการไหลในสถานะหลอมเหลว ที่  $190^{\circ}\text{C}$  ( $463 \text{ K}$ ) พบว่าที่การกราฟต์ของพอลิอะคริลิกบนพอลิเอทิลีน 10-15% เพิ่มขึ้นถึง 3 ถึง 4 เท่าของความหนืดขณะไหลของพอลิเมอร์ และยังพบว่าองค์การไหลของพอลิเมอร์ (Melt flow index (MFI)) จะลดลง การเชื่อมโยงบางส่วน of PE โดย DCP เกิดเป็นปฏิกิริยาข้างเคียง บางส่วนของการกราฟต์ใช้มอนอเมอร์ AA และทั่วไปเมื่อใช้ความเข้มข้นของ DCP ( $> 1.0 \text{ mmole per } 100 \text{ g of PE}$ ) สำหรับมอนอเมอร์ทุกชนิด สมบัติเชิงกลของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้ขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีของมอนอเมอร์ที่ใช้ และปริมาณการกราฟต์ที่เกิดขึ้น โมดูลัส ความเค้น แรงดึงเมื่อขาด และส่วนยืดเมื่อขาดของ PBA-g-PE ลดลงกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์ และเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ที่เพิ่มขึ้น

**Oommen and coworker** (Oommen *et al.*, 1996) ศึกษาลักษณะและสมบัติของการผสมระหว่างพอลิ(เมทิลเมทาคริเลต)และยางธรรมชาติ โดยการเติมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของ พอลิเมทิลเมทาคริเลตและยางธรรมชาติ (NR-g-PMMA) รูปร่างลักษณะของพอลิเมอร์ผสมขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโคพอลิเมอร์ โดยขนาดของจุดที่กระจายจะพบว่าลดลงอย่างมากเมื่อเติมโคพอลิเมอร์ลงไป ปริมาณเล็กน้อยจากนั้นจะเริ่มคงที่ที่ความเข้มข้นสูง สารช่วยในการเข้ากันเพิ่มความสามารถในการเชื่อมต่อกันโดยเกิดเป็นลักษณะของสะพานขนาดเล็กมากกับเมทริกซ์ อิทธิพลของน้ำหนักโมเลกุลของไฮโมพอลิเมอร์ นำผลการทดลองเปรียบเทียบกับการทำนายทางทฤษฎีของ Noolandi and Hong ทำให้สามารถอธิบายลักษณะการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์บริเวณรอยเชื่อมระหว่างพอลิเมอร์ การเปลี่ยนแปลงในสมบัติทางเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมที่เติมตัวช่วยในการเข้ากัน (Compatibilizer) จะสัมพันธ์กับรูปร่างลักษณะของพอลิเมอร์ผสม

**Deacon and Wilkie** (Deacon and Wilkie, 1995) ทำการทดลองเกี่ยวกับการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของกรดอะคริลิกบนอะครีโลไนไตรล์-บิวตะไดอิน-สไตรีน เทอร์พอลิเมอร์ (ABS) โดยใช้แอนทราซีน ซึ่งเป็นวงไวต่อแสง ในรูปของเปอร์ออกไซด์ ในส่วนของบิวตะไดอินในพอลิเมอร์ ตัวแปรที่ศึกษา คือความเข้มข้นของแอนทราซีน ความเข้มข้นของกรดอะคริลิก เวลาในการทำปฏิกิริยา เวลาในการฉายรังสี และอุณหภูมิ การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของกรดอะคริลิกจะทำให้ปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้น การเสื่อมสลายเนื่องจากความร้อนของโคพอลิเมอร์ทำการศึกษาโดยใช้ Thermogravimetric analysis ปริมาณของสารที่ระเหยได้จะน้อยกว่าที่คาดไว้ของกรดอะคริลิกและมากกว่าเล็กน้อยสำหรับโซเดียมอะคริเลต แสดงว่าการกราฟต์ทำให้เกิดการป้องกันการเสื่อมสลายโดยความร้อน

**Rusdan** (Rusdan, 1989) ทำการศึกษาการปรับปรุงสมบัติของยางธรรมชาติโดยใช้การกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของไฮดรอกซีเอซิล อะคริเลต (Hydroxyethyl acrylate, (HEA) ไฮดรอกซีโพรพิล อะคริเลต (Hydroxypropyl acrylate (HPA)) ไฮดรอกซีเอซิล เมทาคริเลต (Hydroxyethyl methacrylate (HEMA)) และไฮดรอกซีโพรพิล เมทาคริเลต (Hydroxypropyl methacrylate (HPMA)) ในน้ำยางธรรมชาติ ในการศึกษาเบื้องต้นพบว่าความเข้มข้นมอนอเมอร์ต่ำ ความเสถียรของน้ำยางเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นเหตุมาจากการดูดซับอย่างรวดเร็วของมอนอเมอร์บนผิวของน้ำยางธรรมชาติ อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นมอนอเมอร์สูง ความเสถียรของน้ำยางลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากกระบวนการขจัดน้ำออกและช่องว่างระหว่างมอนอเมอร์ และสบู่ที่ห่อหุ้มอนุภาคยางลดลง จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาสำหรับมอนอเมอร์ทั้งหมดพบว่าเป็นอันดับหนึ่งกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์เริ่มต้น อย่างไรก็ตามอันดับของ HEA และ HPA เป็นอันดับศูนย์ และเป็นอันดับสองกับความเข้มข้นของ HPMA และโดยทั่วไปพบว่าแปรผันกับความเข้มข้นของตัวเริ่มต้นยกกำลัง  $\frac{1}{2}$  ยกเว้นกับ HEMA ซึ่งพบว่าแปรผันกับความเข้มข้นของตัวเริ่มต้นยกกำลัง 0.20 อันดับของปฏิกิริยาพบว่าเป็นอันดับหนึ่งกับเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content (DRC)) ทำให้เห็นว่าการศึกษาที่มีเนื้อยางมากขึ้นทำให้เพิ่มความเร็วในการกราฟต์มากกว่าหนึ่งของการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า การเชื่อมโยงพันธะไม่เกิดตลอดการพอลิเมอร์ไรเซชันในน้ำยาง แม้ว่ามอนอเมอร์จะมีสารปนเปื้อนไดเอสเทอร์ (Diester) อยู่ก็ตาม เมื่อใช้ตัวเริ่มต้นที่แตกตัวและไม่ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับยางธรรมชาติ (4-4prime-azobis(4-cyanovaleric acid)) ที่  $63^{\circ}\text{C}$  จะให้ประสิทธิภาพในการกราฟต์จะสูงกว่าเมื่อใช้ตัวเริ่มต้นแบบ ริต็อกซ์ (potassium persulphate-sodium metabisulphite) ที่  $30^{\circ}\text{C}$

**Lenka and coworker** (Lenka *et al.*, 1985) ศึกษาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไอโซไซยานูเรตของเมทิลเมทาไครเลตบนยางธรรมชาติ (NR) โดยแปรความเข้มข้นของมอนอเมอร์ ตัวเริ่มต้นไทโอยูเรีย (Thiourea) และซิลเวอร์ไนเตรต (Silver nitrate) พบว่าปฏิกิริยาการกราฟต์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการพอลิเมอร์ไอโซไซยานูเรต ซึ่งพลังงานกระตุ้นทั้งหมดคำนวณจากสมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius's equation) พร้อมทั้งเสนอสมการของปฏิกิริยาและอัตราเร็วในการพอลิเมอร์ไอโซไซยานูเรตที่เหมาะสม

**Lenka and coworker** (Lenka *et al.*, 1985) รายงานการใช้ระบบการเริ่มต้นปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไอโซไซยานูเรตแบบใหม่โดยใช้สารประกอบคีเลตของโลหะทรานสิชัน (Chelate complexes of transition metal) ซึ่งกระบวนการเริ่มต้นของการพอลิเมอร์ไอโซไซยานูเรตคาดว่าจะเกิดจากการแตกออกของลิแกนด์ (Ligand) ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระและสถานะวาเลนซ์ของโลหะ ทรานสิชันต่ำลง และพบว่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์เพิ่มขึ้นกับความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่เพิ่มขึ้น และการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารประกอบคีเลตจนกระทั่งถึง  $12 \times 10^{-3}$  mol/L อัตราเร็วในการกราฟต์จะเพิ่มขึ้น แต่หลังจากนั้นการเพิ่มขึ้นของสารประกอบดังกล่าวจะทำให้อัตราเร็วในการกราฟต์ลดลง นอกจากนี้ยังได้มีการนำเสนอผลงานศาสตร์และกลไกปฏิกิริยาการกราฟต์ของเมทิลเมทาไครเลตบนยางธรรมชาติที่ใช้สารประกอบอะเซทิลอะซิโตนเนตของแมงกานีส (Acetylacetonate complex of Mn(III))

**Sundari and Kadariah** (Sundari and Kadariah, 1984) ศึกษาวิธีการกราฟต์เมทิลเมทาไครเลต (Methyl methacrylate (MMA)) บนน้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber (NR) latex) โดยใช้การฉายรังสี ความเข้มของรังสีในการกราฟต์ของ MMA บนน้ำยางประมาณ 300 krad จะให้เปอร์เซ็นต์การพอลิเมอร์ไอโซไซยานูเรต 75% ของ MMA บน NR และไม่มีผลกับ pH ของน้ำยาง แต่มีอิทธิพลต่อความหนืดมาก โดยพบว่าความหนืดของน้ำยางจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มของรังสี ซึ่งความหนืดจะขึ้นกับปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง แสดงว่า MMA เปลี่ยนเป็นพอลิเมทิลเมทาไครเลต (P-MMA) กราฟต์ลงบนยางธรรมชาติสูงมากขึ้น กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้ไม่ละลายในตัวทำละลายสำหรับ P-MMA เช่น อะซิโตน หรือ โทลูอีน ความแข็งของยางวัลคาไนซ์แล้วและที่ไม่ได้เติมสารตัวเติมเพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นขององศาการกราฟต์ หรือ ปริมาณของ P-MMA แต่สมบัติทางฟิสิกส์ เช่น แรงดึงเมื่อขาด (Tensile strength) โมดูลัส (Modulus) ส่วนยืดเมื่อขาด (Elongation at break) และความเสถียรทางความร้อน (Thermal stability) ไม่ขึ้นกับองศาการกราฟต์

**Samal and coworker** (Samal *et al.*, 1981) รายงานการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการพอลิเมอไรเซชันของเมทิลเมทาไครเลต (Methyl methacrylate) มีระบบตัวเริ่มต้นเป็นแบบรีดอกซ์ ซึ่งประกอบไปด้วยแมงกานีส-กรดไตรไกลโคลิก ( $Mn^{3+}$ -triglycollic acid) ในกรดซัลฟูริก ที่ช่วงอุณหภูมิ  $35-50^{\circ}C$  โดยทำการศึกษาอัตราเร็วในการพอลิเมอไรเซชัน  $R_p$  และการหายไปของ  $Mn^{3+}$  อิทธิพลของการมีตัวทำละลายที่ไม่เข้ากับน้ำ (Water-miscible organic solvents) สารอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นกลาง (Neutral electrolytes) และสารประกอบ (Complex agent) พบว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของตัวเร่งถึง  $7 \times 10^{-3}$  M จะทำให้อัตราเร็วเริ่มต้นเพิ่มขึ้นและได้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนสูงสุด เมื่อความเข้มข้นของตัวเริ่มต้นมากกว่า  $7 \times 10^{-3}$  จะทำให้อัตราเร็วเริ่มต้นลดลง กลไกปฏิกิริยาจะเกี่ยวข้องกับสารประกอบระหว่าง  $Mn^{3+}$  และกรดไตรไกลโคลิก จะแตกตัวให้อนุมูลอิสระ และการพอลิเมอไรเซชันจะหยุดโดยโลหะไอออนที่มีในปฏิกิริยา