



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ สारเร่งนำย่างในรูปพอลิเมอร์แบบใหม่จากสาร์อนุพันธ์ของ
กรดฟีนอกซีแอซิดิก

โดย รองศาสตราจารย์ดร. ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์และคณะ

มีนาคม 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์แบบใหม่จากสารอนุพันธ์ของ
กรดฟีนอกซีแอซติก

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2. นายจุฑาวุฒิ กองการะกรณ์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชุดโครงการ วิจัยแห่งชาติยางพารา (SPR)

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์แบบใหม่จากสารอนุพันธ์ของ กรดฟีนอกซีแอซิดิก

บทคัดย่อ

ศึกษาการเตรียมสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์แบบใหม่จากสารอนุพันธ์ของกรดฟีนอกซีแอซิดิก เตรียมยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์ซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นได้จากปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวกับกรดฟอร์มิคและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง วิเคราะห์หาร้อยละโดยโมลของยางฟอกไซค์โดยเทคนิค ¹H-NMR เท่ากับ 28 เตรียมสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์จากยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์กับกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกในโทลูอินที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงโดยใช้ไตรเอทิลามีนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หาปริมาณการกราฟต์ของหมู่กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก บนโมเลกุลของยางเหลวฟอกไซค์โดยเทคนิค ¹H-NMR จากการทดลองพบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกเกิดการกราฟต์ได้ดีที่อุณหภูมิ 80 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 22.8 ในขณะที่เมื่อใช้กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 100 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 16.3 การทดลองการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด พบว่าการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษาเบื้องต้นกับต้นยางพาราพบว่าได้ปริมาณน้ำยางสูงสุด 227 และ 220 กรัม/ต้น/การกรีดในวันที่ 6 เมื่อใช้สารเร่งน้ำยางพอลิเมอร์ในรูป 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกตามลำดับ ในขณะที่ไม่ใช้สารเร่งน้ำยางพอลิเมอร์ได้น้ำยางเพียง 154 กรัม/ต้น/การกรีด

Abstract

A novel polymeric latex stimulants based on phenoxyacetic acid derivatives were investigated. The epoxidized liquid natural rubber as starting material was obtained from the reaction of formic acid and hydrogen peroxide at 60 °C for 4 hours. The mole percentage of epoxidized natural rubber determining by ¹H-NMR technique was found to be 30. The polymeric latex stimulants were prepared from the epoxidized liquid natural rubber with 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 4-chlorophenoxyacetic acid in toluene at 80, 90 and 100 °C for 24 hours using triethylamine as a catalyst. The amount of 2,4-dichlorophenoxyacetate and 4-chlorophenoxyacetate groups grafting on epoxidized liquid natural rubber molecule was determined by ¹H-NMR technique. The result showed that at 24 hrs the optimum percentage values of grafting of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 4-chlorophenoxyacetic acid onto natural rubber were found to be 22.8 % and 16.3 % at 80 and 100 °C, respectively. The releasing amounts of phenoxyacetic acid derivatives were gradually decreased with the increasing of time. From preliminary test with rubber tree, it was showed that the maximum latex production was found to be 277 and 220 g/tree/tapping at 6th day using polymeric stimulant in the form of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 4-chlorophenoxyacetic acid, respectively while that without treating with polymeric stimulants was only 154 g/tree/tapping.

สารบัญ

บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
หน้าสรุปโครงการ	1
เนื้อหาวิจัย	8
1. การทดลอง	8
1.1 ขางและสารเคมี	8
1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	8
1.3 วิธีการทดลอง	9
1.3.1 การเตรียมยางอีพอกไซด์จากยางธรรมชาติเหลว	9
1.3.2 การเตรียมสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์	9
1.3.3 การศึกษาการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์	10
1.3.4 การศึกษาการใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพารา	10
2. ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา	10
2.1 การเตรียมยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์	10
2.2 การเตรียมสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์	13
2.3 การศึกษาการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์	20
2.4 การศึกษาการใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพารา	24
3. สรุปผลการทดลอง	26
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก 1	28
แบบสรุปโครงการวิจัย	31
ภาคผนวก 2 สรุปข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการและผลการดำเนินการ	34

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)

- Keywords** Polymeric latex stimulant, natural rubber, phenoxyacetic acid derivatives

- (3) ชื่อนักศึกษา** นายจุฑาวุฒิ กองการะภรณ์
หน่วยงาน ภาควิทยาศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000
โทรศัพท์ 06-9669610
โทรสาร
E-mail

(4) ชื่อและสถานที่ติดต่อของผู้บังคับบัญชาของหน่วยงานของหัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล	ผศ.สมปอง ทองผ่อง (คนบด)
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000
โทรศัพท์	073 313930-50 ต่อ 1800
โทรสาร	0 7333 5130
E-mail	psompong@bunga.pn.psu.ac.th

(5) สาขาที่ทำการวิจัย เคมียางและเทคโนโลยียาง

(6) ได้เสนอโครงการนี้ หรือโครงการที่มีส่วนเหมือนกับเรื่องนี้บางส่วนขอทุนจากแหล่งอื่นใดบ้าง

(✓) ไม่ได้เสนอต่อแหล่งทุนอื่น

(8) ระยะเวลาดำเนินการ 6 เดือน

(9) ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกยางพาราเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย มีการปลูกยางเป็นจำนวนมาก และเป็นอาชีพหลักของคนภาคใต้ และยังเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก ประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยผลิตยางธรรมชาติได้ 2,984,293 เมตริกตัน ส่วนใหญ่ส่งออกต่างประเทศสูงถึง 2,637,096 เมตริกตัน ส่วนที่เหลือใช้ในประเทศเพียง 10 % (สถาบันวิจัยยาง, 2548)

ปัจจุบันราคายางพาราในประเทศไทยมีราคาสูง อยู่ระหว่าง 70-80 บาท/กก. แต่ปริมาณการผลิตน้ำยางของเกษตรกรยังคงเท่าเดิม การเพิ่มปริมาณการผลิตมีหลายวิธี เช่นการเพิ่มพื้นที่ปลูก แต่ต้องใช้เวลานานประมาณ 7 ปี จึงจะกรีดได้ ดังนั้นเกษตรกรจึงหาวิธีที่สะดวกและรวดเร็วในการเพิ่มผลผลิต ไม่ว่าจะเป็นการกรีดยางหลายหน้า กรีดหน้ายางสูง หรือการอัดแก๊สเข้าไปในต้นยาง แต่ดังกล่าวทำให้ต้นยางทรุดโทรมเร็ว อาจทำให้ต้นยางตายได้ วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ การใช้สารเร่งการไหลของน้ำยางพาราซึ่งเป็นวิธีทำให้เพิ่มผลผลิตเพิ่มมากขึ้นในขณะที่พื้นที่ปลูกเปลี่ยนแปลง สารกระตุ้นการไหลของน้ำยางที่สำคัญมีหลายชนิด เช่น อีเทรล

(Ethrel) กรดแนฟทิลอะซิติก (1-naphthylacetic acid, NAA) และ กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิติก (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) เป็นต้น (Abraham *et al.*, 1988)

การใช้สารกระตุ้นปฏิกิริยาเพื่อจุดประสงค์ 2 ประการ คือ

1. เพิ่มผลผลิตของต้นยางด้วยระบบปกติ
2. ลดจำนวนครั้งในการกรีด แต่ยังคงได้ผลผลิตเท่าเดิม

แต่ในการใช้สารกระตุ้นมีข้อจำกัด คือ เมื่อใช้กับต้นยางโดยตรงจะมีประสิทธิภาพต่ำ เพราะสารเรณูนํายางมักจะสูญเสียอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ฝน ลม แสงแดด ทำให้เกษตรกรต้องทาสารกระตุ้นหลายครั้ง ทำให้สิ้นเปลือง และเสียเวลา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหารูปแบบใหม่ คือทำให้สารเรณูนํายางอยู่ในรูปพอลิเมอร์ซึ่งในที่นี้เป็นพอลิเมอร์ของยางธรรมชาตินั่นเอง โดยยางธรรมชาติเป็นเสมือนตัวค้ำจุนสารเรณูนํายาง สำหรับการกราฟต์ของสารเรณูนํายางกับพอลิเมอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวค้ำจุนเป็นการควบคุมการปลดปล่อยสารเรณูนํายางอย่างช้าๆ ไปยังเป้าหมาย เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสารเร่งแทนที่จะใช้โดยตรงตามวิธีการดั้งเดิม

ผลงานที่เกี่ยวข้องและคล้ายคลึงกับงานที่ทำ

Tangpakdee *et al.* (2001) ได้ศึกษาวิธีการเตรียมยางเหลวทั้งในรูปของนํายางและสารละลายยาง โดยผ่านการตัดสายโซ่โมเลกุล ด้วยการใช้อย่างน้อย 2 ตัวคือ แสงอัลตราไวโอเลตและใช้สารตัวเร่ง ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส สารที่ใช้ทำให้โมเลกุลเกิดการแตกสลายคือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร่วมกับสารตัวเร่ง คือ Cobalt chloride (CoCl_2), Cobalt-bis-acetyl acetonate ($\text{Co}(\text{acac})_2$), Iron(II) sulfate (FeSO_4) และ Iron chloride (FeCl_2) พบว่าสารละลายยางในโทลูอีนมีอัตราการสลายตัวที่คิดไว้ในรูปนํายาง ยางเหลวที่เตรียมได้มีค่า $[\eta]$ เท่ากับ 0.7 ในขณะที่ยางเริ่มต้นการการแตกสลายมีค่า $[\eta]$ เท่ากับ 5.8

Charles *et al.* (1988) ศึกษาการปลดปล่อยของ 2-(1-naphthylacetyl)ethyl acrylate กับโคมอนอเมอร์ที่มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิกที่ทราบน้ำหนักโมเลกุล และโครงสร้างหลัก สมบัติในการดูดกลืนแสง และสภาพของแข็ง ศึกษาโดย ^{13}C -NMR ประสิทธิภาพหมู่ไกล์เคียงของไฮโดรเจน สังเกตจากความเข้มข้นของ auxin ที่ปลดปล่อยออกมา โครงสร้างที่แตกต่างกับหมู่โคมอนอเมอร์ การปลดปล่อยไอออนเป็นประสิทธิภาพการทำปฏิกิริยา ภายในโมเลกุลไฮโดรเจน

Derouet *et al.* (2004) ได้ศึกษาการนำสาร 2-Chloroethylphosphonic acid (ethephon) ซึ่งเป็นที่รู้จักดีว่าเป็นสารเรณูนํายางเพิ่มปริมาณนํายางในต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) โดยการนำสารเรณูนํายางเข้าไปสายโซ่พอลิเมอร์เพื่อให้สามารถสลายตัวอย่างช้าๆ ตามเวลาที่ผ่านไปจึงปลดปล่อยโมเลกุลของ ethephon ออกมา ในการศึกษาได้สังเคราะห์หมู่ ethephon ให้เข้าไปอยู่ในโมเลกุลของ poly(silylenephosphonate) โดยใช้กระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่นระหว่าง ethephon (หรือ dialkyl phosphonate derivatives) กับ

w, α -dihalogeno-silylated polycondensation เพื่อความแน่ใจว่าเกิดปฏิกิริยาขึ้น ได้ศึกษาความว่องไวการเกิดปฏิกิริยาของ halogenotrimethylsilanes (X=Cl หรือ Br) ต่อ ethephon และอนุพันธ์ dialkyl phosphonate การทดลองพบว่าสาร Poly(silylenephosphonate) สามารถสังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่นระหว่าง diisopropyl(2-chloroethyl) phosphonate และ w, α -dihalogeno-silylated ตามวิธีการนี้ได้ cyclic polymers ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่ำ ($M_n < 2000$) เกิดขึ้นด้วยเมื่อใช้ w, α -dihalogeno-silylated เป็นมอนอเมอร์

Klinpituksa *et al.*(2000) ได้ศึกษาการเกาะติดของ 2,4-dichlorophenoxyacetic acid ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารเร่งน้ำยางตัวหนึ่งบนโมเลกุลยางเหลว ในการทดลองนี้ใช้ยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์เป็นสารตั้งต้น โดยเตรียมได้จากการออกซิเดชันยางธรรมชาติเหลวด้วยกรดฟอร์มิคและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 8 ชม. ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลว อีพอกไซด์ กับ 2,4 dichlorophenoxyacetic acid ในโทลูอีนที่อุณหภูมิ 80, 90, 100, 110 และ 120°C เป็นเวลา 12 ชม. โดยใช้ tetrabutyl ammonium bromide, pyridine, N-ethylmethylamine, N,N,N,N-tetra methylethylenediamine เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองว่า tetrabutyl ammonium bromide เป็นตัวเร่งที่ดีที่สุด ปริมาณการเกาะติดของ 2,4-dichlorophenoxyacetic acid บนโมเลกุลยางธรรมชาติหาได้จากการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 295 nm โดยใช้เครื่อง UV-VIS spectrophotometer การเกาะติดของ 2,4 dichlorophenoxyacetic acid บนโมเลกุลของยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นตามเวลาและอุณหภูมิ

Pedro *et al.*(2005) ศึกษาประสิทธิภาพของการเกาะติดของสาร Dimethylaminoethylmethacrylate (DMAEMA) บนยางธรรมชาติ การเกาะติดโดยใช้วิธีการพอลิเมอร์อิมัลชันแบบ topology-controlled ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาโดยคู่สารริดอกซ์ ซึ่งประกอบด้วย tetraethylene pentamine เป็นตัวที่ชอบน้ำและอีกตัวเป็น cumene hydroperoxide เป็นตัวที่ไม่ชอบน้ำ วิธีนี้จะไปช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการกราฟต์ที่ผิวหน้าระหว่างอนุภาคของยางธรรมชาติ ที่ไม่ชอบน้ำและอนุภาค DMAEMA เป็นตัวที่ชอบน้ำ ได้ศึกษาผลของปริมาณมอนอเมอร์แล้วใช้ ¹H-NMR เพื่อหาร้อยละการเกาะติดโดยใช้เครื่อง transmission electron microscopy เพื่อหาลักษณะทางสัณฐานวิทยา วัดปริมาณเจลและวิเคราะห์หาพลวัตเชิงกลเพื่อให้ทราบสมบัติเชิงกล ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณ DMAEMA ที่ยังไม่ได้กราฟต์เหลืออยู่มาก แต่ก็พบหลักฐานอย่างชัดเจนว่ามีการกราฟต์ของโคมอนอเมอร์ยางธรรมชาติที่มีสัณฐานวิทยาเป็นลักษณะ core-shell และปริมาณการกราฟต์สูงเมื่อใช้ มอนอเมอร์ที่มีความเข้มข้นสูง

Soutif *et al.*(1991) ได้ศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์เกาะติดด้วยกรดแนฟทิลแอซิดิกซึ่งเป็นสารที่มีสมบัติเป็นเร่งน้ำยางตัวหนึ่งจากยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์และยางพอลิไอโซพรีนสังเคราะห์ อีพอกไซด์กับกรดแนฟทิลแอซิดิก พอลิเมอร์ที่ถูกดัดแปลงโมเลกุลดังกล่าวถูกไฮโดรไลซ์ได้ดีในสภาวะที่เป็นเบสและเมื่อ

นำไปทดสอบสมบัติการเร่งน้ำยางกับต้นยางธรรมชาติจริงๆ พบว่าสามารถผลิตน้ำยางได้เฉลี่ย 78.4 g/tree/taping ในขณะที่ใช้กรดแนฟทิลแอซิดโดยตรงได้ผลผลิตน้ำยางได้เฉลี่ย 74.5 g/tree/taping แต่ถ้าหากไม่ใช้สารเร่งน้ำยางเลยได้ผลผลิตเพียง 44.1g/tree/tapping

(10) วัตถุประสงค์การวิจัย

- 10.1 เพื่อเตรียมสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์
- 10.2 เพื่อศึกษาการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์
- 10.3 เพื่อศึกษาการใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพารา

(11) ทางเลือกและแนวทางการแก้ปัญหา

การเพิ่มปริมาณน้ำยางพาราในประเทศไทยมักใช้สารเคมีทาโดยเหนือรอยกรีดของน้ำยาง สารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่มีชื่อทางการค้าว่า อีเทรล (Ethrel) ซึ่งประกอบด้วย active compound คือ 2-chloroethylphosphonic acid โดยกรดดังกล่าวนี้สามารถสลายตัวต่อไปได้ เอทิลีน (Ethylene) ซึ่งมีสมบัติในการเร่งน้ำยางจริงๆ ในทางปฏิบัติการใช้สารเร่งน้ำยางในทางการค้าจะมีข้อเสียในแง่ที่อาจจะถูกชะล้างหรือสูญเสียได้ง่ายโดยสภาวะแวดล้อมต่างๆ ทำให้ประสิทธิภาพด้อยลง

การใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์แบบใหม่ที่ได้จากการวิจัยนี้ สามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพของสารเร่งน้ำยาง นอกเหนือจากรูปแบบที่ใช้อยู่เดิมในปัจจุบัน กล่าวคือสารเคมีที่มีสมบัติเป็นสารเร่งน้ำยางได้แก่สารที่เป็นอนุพันธ์ของกรดฟีนอกซีแอซิดได้เกาะด้วยพันธะทางเคมีบนโมเลกุลของพอลิเมอร์ซึ่งในที่นี้พอลิเมอร์ที่ใช้ คือ ยางธรรมชาติซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวค้ำจุน (supporter) หรือ **เป็นสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์** เมื่อนำสารเร่งรูปแบบใหม่ดังกล่าวไปใช้กับต้นยางพาราโดยการแปะติดกับน้ำยางเหนือรอยกรีด สารเคมีที่มีสมบัติการเร่งน้ำยางจะค่อยๆ ปลดปล่อยโดยการไฮโดรลิซิสอย่างช้าๆ สู่หน้ายางทำให้ปริมาณน้ำยางเพิ่มมากขึ้นหลังจากการกรีด

(12) ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 12.1 ทราบความเหมาะสมในการเตรียมสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์แบบใหม่
- 12.2 ทราบความเหมาะสมในการปลดปล่อยสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์
- 12.3 ทราบแนวโน้มการผลิตสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์

(13) แนวทางในการดำเนินการ

13.1 การเตรียมยางอีพอกไซด์จากยางธรรมชาติเหลว

น้ำยางธรรมชาติเหลว (ได้จากการตัดสลายน้ำยางธรรมชาติด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 65°C เป็นเวลา 60 ชั่วโมง) 20 กรัม ละลายในโทลูอีน 200 มล. เติม 98 % กรดฟอร์มิก 4.1 กรัม และ 35% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ไซค์ 19.7 กรัม โดยกวนตลอดเวลาด้วยเครื่อง magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชม. นำยางที่เกิดปฏิกิริยาในแต่ละเวลามาจับตัวด้วยเมทานอล และกำจัดกรดด้วยสารละลาย 5% NaHCO₃ ล้างด้วยน้ำกลั่น อบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C ทำยางอีพอกไซค์ให้บริสุทธิ์อีกครั้งโดยละลายในโทลูอีน จับตัวด้วยเมทานอล แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C

หา % หมู่อีพอกซีของยางธรรมชาติอีพอกไซค์เหลวโดยเทคนิค FT-IR และ ¹H-NMR spectrophotometry

13.2 การเตรียมสารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์

นํ้ายางธรรมชาติเหลวอีพอกไซค์ 5 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 มล. เติมกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก (หรือกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก) 0.5 กรัม และเติม triethylamine 0.05 กรัม ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 °C ที่เวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจับตัวด้วยเมทานอล นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C ทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งโดยละลายในโทลูอีน จับตัวด้วยเมทานอลและทำให้แห้งในตู้อบ

นำผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ที่ได้มาพิสูจน์หมู่ฟังก์ชันโดยเทคนิค FT-IR และ ¹H-NMR จากนั้นวิเคราะห์หาการกราฟต์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและกรด 4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกบนโมเลกุลของยางธรรมชาติเหลวโดยเทคนิค ¹H-NMR

13.3 การศึกษาการปลดปล่อยของสารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์

ศึกษาการปลดปล่อยของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก จากผลิตภัณฑ์สารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ที่ได้ และหาร้อยละการปลดปล่อย (%Release) ด้วยเทคนิค UV-VIS spectrophotometry โดยเตรียมผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจากการทดลองที่อุณหภูมิ 90 °C และเวลา 18 ชม. โดยชั่งผลิตภัณฑ์ 0.5 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นปริมาณ 100 มล. กวน ด้วย magnetic bar อย่างช้าๆ ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที ที่เวลาต่างๆ ดูดสารผสมปฏิกิริยาออกมาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 และ 275 นาโนเมตร ตามลำดับ แล้วหาปริมาณอนุพันธ์ของสารทั้งสองที่ปลดปล่อยออกมาเทียบกับ standard curve

13.4 การศึกษาการใช้สารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพารา

เลือกสวนยางพาราพันธุ์ RRIM600 อายุประมาณ 17 ปี ซึ่งกรีดเป็นรอบที่ 3 ในท้องที่ ต.หารเทา อ. ปากพะยูน จ. พัทลุง สุ่มต้นยางพารา 30 ต้น โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย นำผลิตภัณฑ์สารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ซึ่งมา 2 กรัมซึ่งรีดเป็นแผ่นบางๆ นำมาแปะติดกับหน้ายางเหนือรอยกรีด 1 ซม. กรีดยางโดยระบบการกรีดวันเว้นวันรวมเวลา 15 วัน (ระหว่างวันที่ 3-18 มิถุนายน 2549) ซึ่งน้ำหนักนํ้ายางที่ได้ในแต่ละวัน

(14) ผลการดำเนินงานโดยย่อ

ยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์ที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นจากปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวกับกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชม. ปรากฏแบนด์ที่ 870 cm^{-1} (FT-IR) และปรากฏสัญญาณที่ 2.51 ppm ($^1\text{H-NMR}$) แสดงว่ายางธรรมชาติเหลวเกิดการอีพอกซิเดชันและหมู่ *cis*-double bond ปรากฏอยู่ที่ 835 cm^{-1} (FT-IR) แสดงว่ามีบางส่วนของสายโซ่โมเลกุลเป็นยางธรรมชาติ หรือยลของการเกิดอีพอกซิของยางอีพอกไซด์ด้วยเทคนิค FT-IR และ $^1\text{H-NMR}$ ในช่วงเวลา 2-4 ชม. พบว่าการเกิดอีพอกซิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตามเวลาในการทำปฏิกิริยา หลังจากนั้นอัตราการเกิดอีพอกซิจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ผลการทดลองได้เตรียมยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์ที่เวลา 4 ชม. และเกิดร้อยละอีพอกซิ 28 (เทคนิค $^1\text{H-NMR}$) ยางที่ได้มีลักษณะสีน้ำตาล ก่อนข้างหน้า

สารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์กับกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก และกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกโดยใช้ไตรเอทิลามีนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 °C เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชม. พบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง เมื่อใช้กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่ 80 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 22.8 ในขณะที่เมื่อใช้กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก เกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 100 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 16.3

การศึกษาหาปริมาณการปลดปล่อยของสารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ที่ได้ทั้งสองชนิด โดยเทคนิค UV-VIS spectrophotometry พบว่าการปลดปล่อยของสารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้สารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกปลดปล่อยได้ช้ากว่าสารเรณูนํ้ายางอนุพันธ์ของ 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกเล็กน้อย

การศึกษาผลของสารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพาราต่อปริมาณนํ้ายางสด โดยทดสอบกับต้น ยางพาราพันธุ์ RRIM600 อายุประมาณ 17 ปี ซึ่งกรีดเป็นครั้งที่ 3 จำนวน 30 ต้น ในท้องที่ ต.หารเทา อ.ปากพะยูน จ.พัทลุง ใช้ระบบกรีดยงครึ่งลำต้นวันเว้นวัน (1/2S.d/2) เป็นเวลา 15 วัน พบว่าในช่วงแรกสารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด ทำให้ผลผลิตปริมาณนํ้ายางเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับต้นยางที่ไม่ได้ใช้สารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ สารเรณูนํ้ายางที่เป็นอนุพันธ์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก ทำให้นํ้าหนักยางสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าพอลิเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้ได้นํ้าหนักนํ้ายางเฉลี่ยสูงสุดคือวันที่ 6 ของการกรีด โดยได้นํ้าหนักเฉลี่ย 227 และ 220 กรัม/ต้น/การกรีดเมื่อใช้พอลิเมอร์ในรูปกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและในรูปกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกตามลำดับ ในขณะที่ไม่ได้ใช้สารเรณูนํ้ายางได้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 154 กรัม/ต้น/การกรีด

เนื้อหาการวิจัย

1. การทดลอง

1.1 ยางและสารเคมี

- 1.1.1 น้ำยาง 60% DRC ชนิด HA-NR ผลิตโดยบริษัท ปัตตานีอุตสาหกรรม จำกัด
- 1.1.2 Hydrogen peroxide 35% M.W 34.01 ผลิตโดยบริษัท Riedel-de Haen, ประเทศ Australia
- 1.1.3 Formic acid 98% M.W. 46.03 ผลิตโดยบริษัท Riedel-de Haen, ประเทศ Australia
- 1.1.4 Methanol M.W. 32.04 ผลิตโดยบริษัท Merck, ประเทศ Germany
- 1.1.5 Toluene M.W. 92.14 ผลิตโดยบริษัท Baker, ประเทศ Germany
- 1.1.6 Sodium hydrogen carbonate M.W. 84.01 ผลิตโดยบริษัท Riedel-de Haen, ประเทศ Australia
- 1.1.7 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid 98% M.W. 186.60 ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemie, ประเทศ Switzerland
- 1.1.8 4-Chlorophenoxyacetic acid M.W. 221.0 ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemie, ประเทศ Switzerland
- 1.1.9 Triethylamine M.W. 101.19 ผลิตโดยบริษัท Carlo erba

1.2 อุปกรณ์

- 1.2.1 Fourier Transform NMR Spectrometer 500MHz, Model UNITY INOVA, Varian
- 1.2.2 Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT- IR) รุ่น MAGNA- IR 560 ผลิตโดยบริษัท Nicolet ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 1.2.3 UV-VIS Spectrophotometer ผลิตโดยบริษัท Jenway รุ่น 6405 UV/VISIBLE
- 1.2.4 อ่างน้ำร้อน (Water bath) ผลิตโดยบริษัท Memmert, Type 350 ขนาด 30 x37x13 เซนติเมตร ประเทศ Germany
- 1.2.5 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Electronic balance) ผลิตโดยบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น
- 1.2.6 เครื่องวัดความหนืด (Cannon-Fenske Viscometer) No. 513.13 ผลิตโดยบริษัท SCHOTT ประเทศเยอรมัน
- 1.2.7 เครื่อง Magnetic stirrer รุ่น VELP Scientifica

1.3 วิธีการทดลอง

1.3.1 การเตรียมยางอีพอกไซด์จากยางธรรมชาติเหลว

โดยนำยางธรรมชาติเหลว (เตรียมได้จากการตัดสลายน้ำยางธรรมชาติด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 65°C เป็นเวลา 60 ชั่วโมง) 20 กรัม ละลายในโทลูอีน 200 มล. เติม 98 % กรดฟอร์มิก 4.1 กรัม และ 35% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 19.7 กรัม โดยกวนตลอดเวลาด้วยเครื่อง magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชม. นำยางที่เกิดปฏิกิริยาในแต่ละเวลามาจับตัวด้วยเมทานอล และกำจัดกรดที่เหลือด้วยสารละลาย 5% NaHCO₃ ล้างด้วยน้ำกลั่น อบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C ทำให้บริสุทธิ์โดยละลายยางอีพอกไซด์ในโทลูอีน 50 มล. จับตัวด้วยเมทานอล แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C

ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง FT-IR และ ¹H-NMR หา mole % epoxy โดยเทคนิค FT-IR และ ¹H-NMR spectrophotometry การหาค่าร้อยละโมลอีพอกไซด์จาก FT-IR spectra โดยคำนวณจากค่า absorbance ratio (Ar) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานดังนี้ (Davey and Loadman, 1984)

$$A_r = \frac{A_{870}}{A_{870} + A_{835}}$$

การหา mole % epoxy โดยเทคนิค ¹H-NMR คำนวณจากค่า Integrated area (A) ได้สัญญาณ 5.14 ppm (*cis*-double bond) และ 2.70 ppm (*cis*-epoxy) สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังนี้ (Burfield *et al.*, 1984)

$$\text{Mole\%epoxy} = \frac{A_{2.7}}{A_{2.7} + A_{5.14}} \times 100$$

1.3.2 การเตรียมสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์

นำยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์ 5 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 มล. เติม กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก (หรือกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก) 0.5 กรัม และเติม triethylamine 0.05 กรัม ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 °C ที่เวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจับตัวด้วยเมทานอล นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C ทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งโดยละลายในโทลูอีน และจับตัวด้วยเมทานอล

ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก และกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกที่กราฟต้นแบบโมเลกุลของยางธรรมชาติเหลวที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ด้วยเทคนิค FT-IR และ ¹H-NMR วิเคราะห์

หาร้อยละการกราฟต์ของสารเร้งน้ำยางบนโมเลกุลของยางธรรมชาติซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวคำนวณโดยเทคนิค $^1\text{H-NMR}$ ดังนี้

$$\% \text{Grafting} = \frac{A_{4.65}}{2A_{5.17} + A_{4.65}} \times 100$$

$A_{5.17}$ = Integrated area ของ $-\text{C}=\text{CH}-$ ของยางธรรมชาติ

$A_{4.65}$ = Integrated area ของ $-\text{OCOCH}_2\text{O}-$ ของสารเร้งน้ำยาง

1.3.3 การศึกษาการปลดปล่อยของสารเร้งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์

ศึกษาการปลดปล่อยของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก และกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก จากผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือสารเร้งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ ด้วยเทคนิค UV-VIS spectrophotometry ในการศึกษาได้เตรียมผลิตภัณฑ์สารเร้งน้ำยางตัวอย่างที่อุณหภูมิ 90°C และเวลา 18 ชม. ซึ่งผลิตภัณฑ์ 0.5 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นปริมาณ 100 มล. กวนอย่างช้าๆ ด้วยความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที ที่เวลาต่าง ๆ ดูดสารผสมปฏิกิริยาออกมาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 และ 275 นาโนเมตรตามลำดับ หาร้อยละการปลดปล่อย (%Release) ของสารเร้งน้ำยางทั้งสองเทียบกับ standard curve

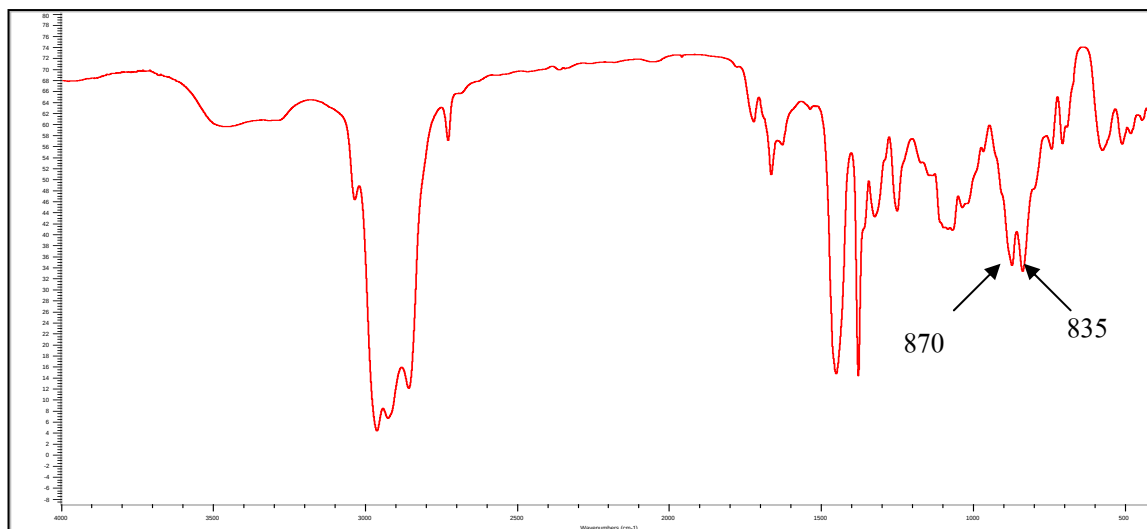
1.3.4 การศึกษาการใช้สารเร้งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพารา

เลือกสวนยางพาราพันธุ์ RRIM600 อายุประมาณ 17 ปี ในท้องที่ ต.หารเทา อ. ปากพะยูน จ.พัทลุง สุ่มต้นยางพารา 30 ต้น โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย นำผลิตภัณฑ์สารเร้งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ซึ่งมา 2 กรัม นำมาแปะติดกับหน้ายางเหนือรอยกรีด 1 ซม. ใช้ระบบกรีดยางครั้งลำต้นวันเว้นวัน ($1/2\text{S.d}/2$) เป็นเวลา 15 วัน (ระหว่างวันที่ 3-18 มิถุนายน 2549) ซึ่งนำน้ำหนักน้ำยางพาราที่ได้ในแต่ละวัน

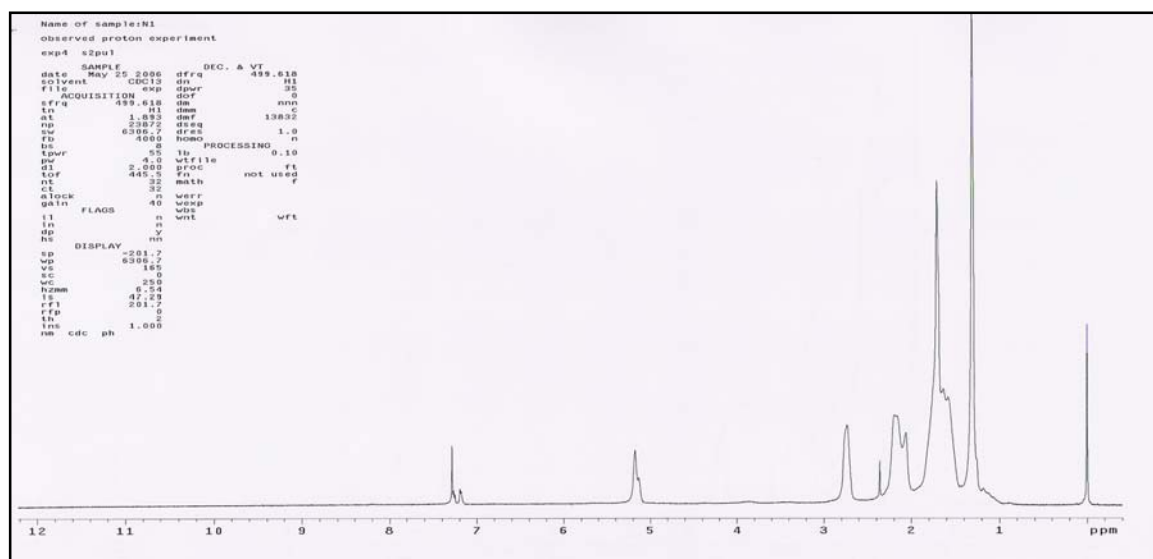
2. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

2.1 การเตรียมยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์

ยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวกับกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชม. และเมื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างของยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์ด้วยเทคนิค FT-IR จะพบลักษณะที่คดงแสดงในรูปที่ 1 และสัญญาณ $^1\text{H-NMR}$ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1: FT-IR spectrum ของยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์ ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 8 ชม.



รูปที่ 2 : สัญญาณ ¹H-NMR ของยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์ ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 8 ชม.

ตารางที่ 1 : แบบแผนการดูดกลืนแสงที่สำคัญของยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์จาก FT-IR และสัญญาณจาก $^1\text{H-NMR}$

Functional Groups	FT-IR(cm^{-1})	$^1\text{H-NMR}(\text{ppm})$
CH_3	2956, 1377	1.71
CH_2	2925, 1446	1.96
$\text{C}=\text{C}$	1657	-
$=\text{CH}$ <i>cis</i>	835	-
$-\text{C}=\text{CH}-$	-	5.2
$-\text{C}-\text{O}-\text{CH}-$	870	2.51
$\text{CH}_3-\text{C}-\text{O}$	-	1.31

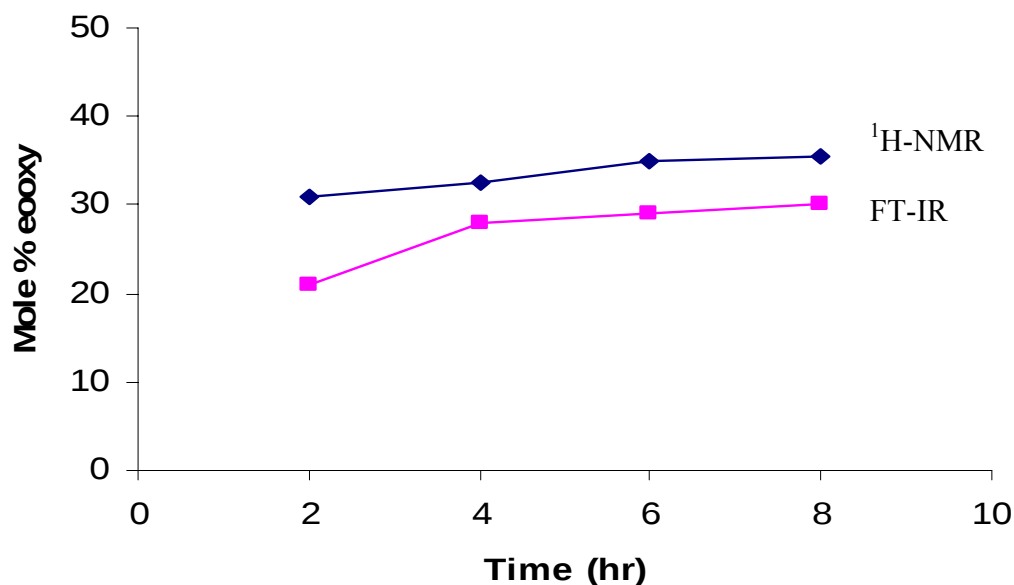
ยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์มีหมู่ฟังก์ชันอีพอกไซด์ (ตารางที่ 1) โดยปรากฏของแบนด์สำคัญที่ 870 cm^{-1} (FT-IR) และปรากฏสัญญาณที่ 2.51 ppm ($^1\text{H-NMR}$) แสดงว่ายางธรรมชาติเหลวเกิดการอีพอกซิเดชัน และหมู่ *cis*-double bond ปรากฏอยู่ที่ 835 cm^{-1} (FT-IR) แสดงว่ามีบางส่วนของสายโซ่โมเลกุลเป็นยางธรรมชาติ

ร้อยละการเกิดอีพอกไซด์ของยางอีพอกไซด์คำนวณโดยใช้เทคนิค FT-IR และ $^1\text{H-NMR}$ ที่อุณหภูมิ 60°C ที่เวลาต่างๆ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : ร้อยละการเกิดอีพอกไซด์ของยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์โดยเทคนิค FT-IR

Time(hr)	Mole % epoxy	
	FT-IR	$^1\text{H-NMR}$
2	21	31
4	28	32
6	29	35
8	30	35

จากตารางที่ 2 สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการเกิดอีพอกซีกับเวลาในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชันของยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์



รูปที่ 3 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการเกิดอีพอกซีกับเวลาในการอีพอกซีเคชันของยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์โดยเทคนิค FT-IR และ $^1\text{H-NMR}$

จะเห็นว่าในช่วงเวลา 2-4 ชม. ร้อยละการเกิดอีพอกซีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามเวลาในการทำปฏิกิริยาอีพอกซีเคชัน (รูปที่ 3) หลังจากนั้นอัตราการเกิดอีพอกซีค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ในการทดลองนี้ได้ใช้ยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์ซึ่งเตรียมที่ 4 ชม. และเกิดร้อยละอีพอกซี 28 ได้ยงที่มีลักษณะสีน้ำตาล ค่อนข้างหนืด

2.2 การเตรียมสารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์

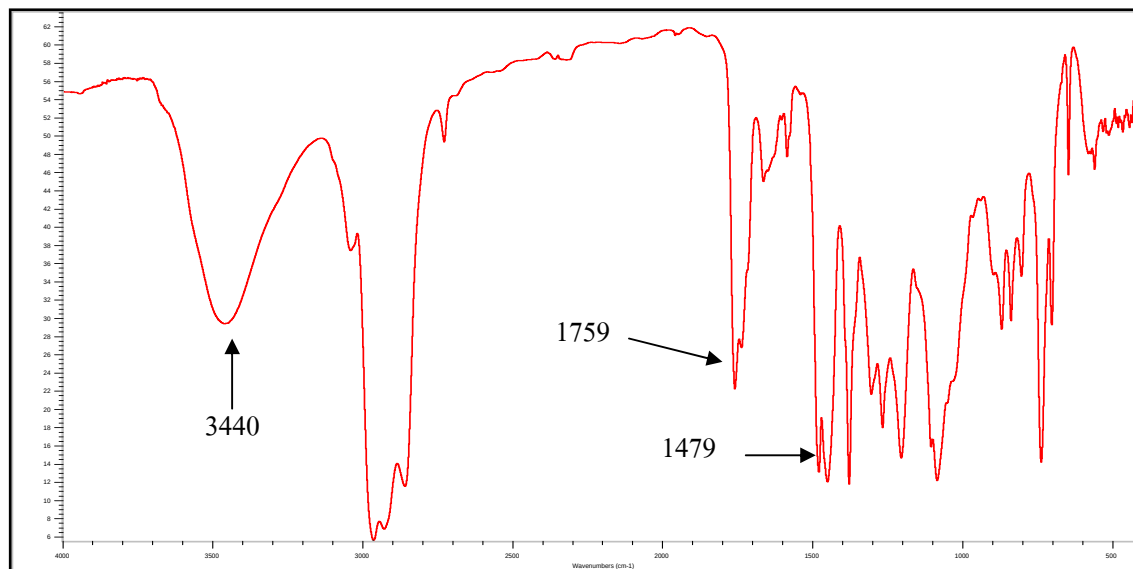
สารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์กับกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก และ กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก โดยใช้ไตรเอทิลามีนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชม. และเมื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างของสารเรณูนํ้ายางในรูปพอลิเมอร์ด้วยเทคนิค FT-IR และ $^1\text{H-NMR}$ พบลักษณะพิกและสัญญาณแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 : แบบแผนการดูดกลืนแสงที่สำคัญของ กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก และ กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกจาก FT-IR spectra และสัญญาณจาก $^1\text{H-NMR}$

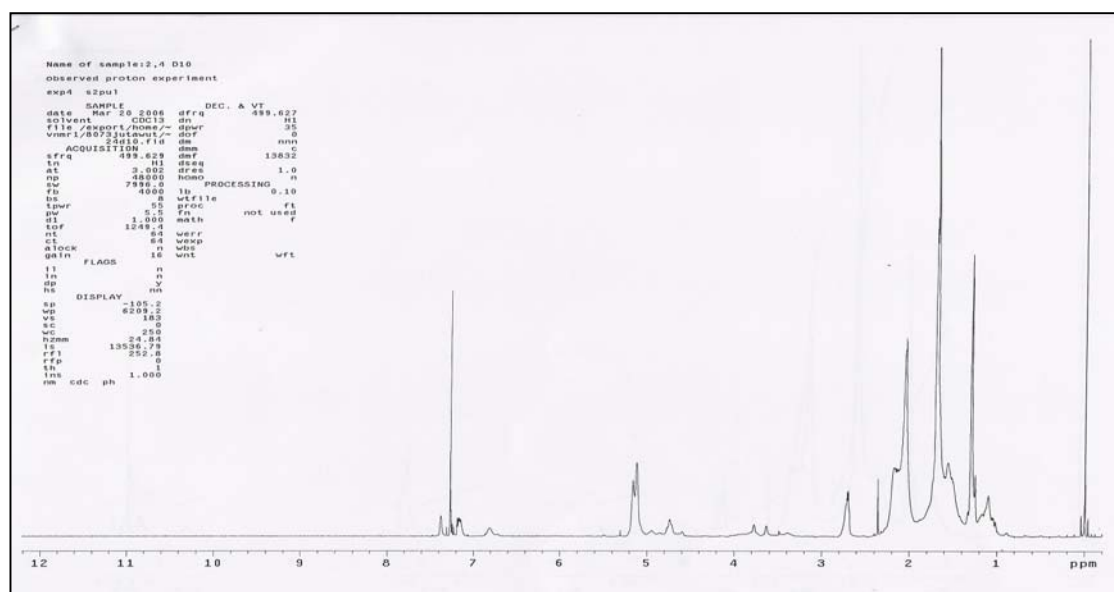
Functional Groups	FT-IR(cm^{-1})		$^1\text{H-NMR}(\text{ppm})$	
	2,4-D	4-CPA	2,4-D	4-CPA
OH	3440	3483	-	-
$-\text{CH}_2\text{O}-$	-	-	4.90	4.90
C=O (ester)	1740	1760	-	-
C-O (ester)	1243, 1089	1235, 1078	-	-
C=C (aromatic)	1483	1486	6.71 – 7.16	6.65-7.04

ตารางที่ 5 : แบบแผนการดูดกลืนแสงที่สำคัญของสารเรซินน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกจาก FT-IR spectra และสัญญาณจาก $^1\text{H-NMR}$

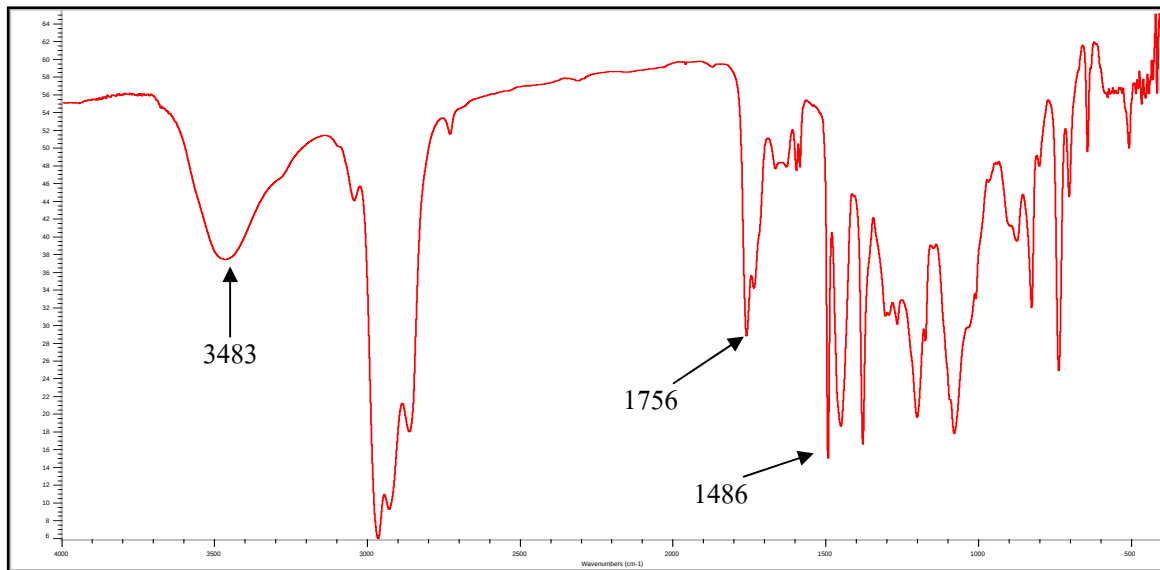
Functional Groups	FT-IR(cm^{-1})		$^1\text{H-NMR}(\text{ppm})$	
	LNR-2,4-D	LNR-4-CPA	LNR-2,4-D	LNR-4-CPA
CH_3	2956, 1379	2959, 1378	1.71	1.71
CH_2	2925, 1452	2930, 1452	1.96	1.96
$=\text{CH}(\text{cis})$	835	835	-	-
$-\text{C}-\text{O}-\text{CH}-$	870	870	2.51	2.51
$-\text{C}=\text{CH}-$	-	-	4.90	4.90
$\text{CH}_3-\text{C}-\text{O}$	-	-	1.31	1.31
OH	3440	3483	2.0	2.0
C=O(ester)	1759	1756	-	-
C-O(ester)	1059	1077	-	-
C=C(aromatic)	1479	1486	6.65-7.04	6.71- 7.16



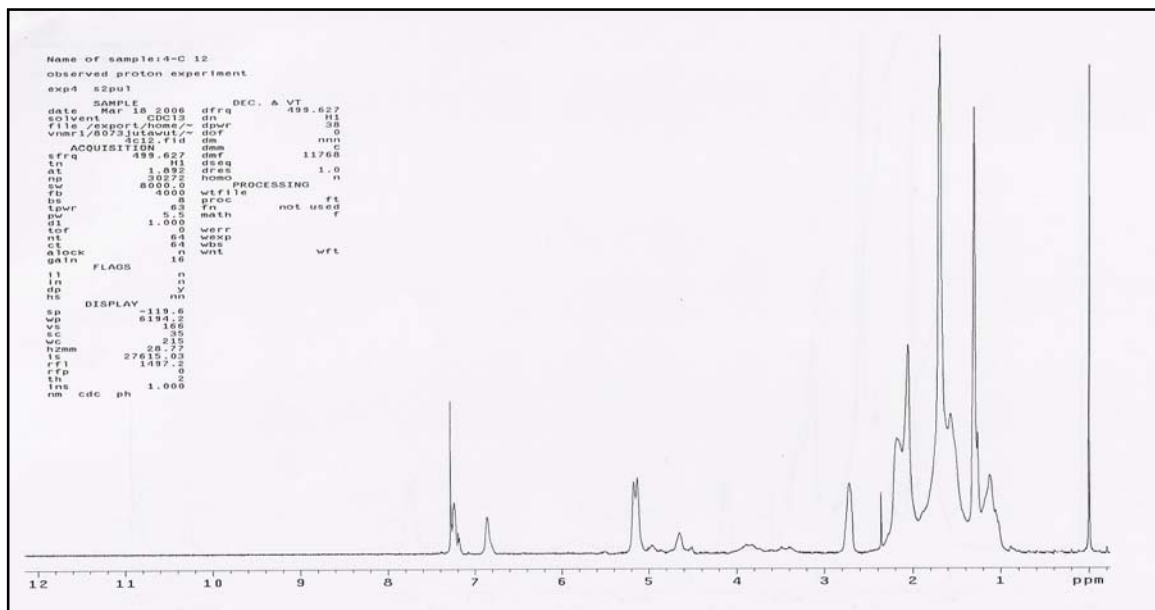
รูปที่ 4 : FT-IR spectra ของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์จากปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวอพอก
ไซค์กับกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 24 ชม.



รูปที่ 5 : สัญญาณ ¹H-NMR ของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์จากปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวอพอก
ไซค์กับกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 24 ชม.



รูปที่ 6 : FT-IR spectra ของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์จากปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวอพอก
ไซค์กับกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 24 ชม.



รูปที่ 7 : สัญญาณ ¹H-NMR ของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์จากปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวอพอก
ไซค์กับกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 24 ชม.

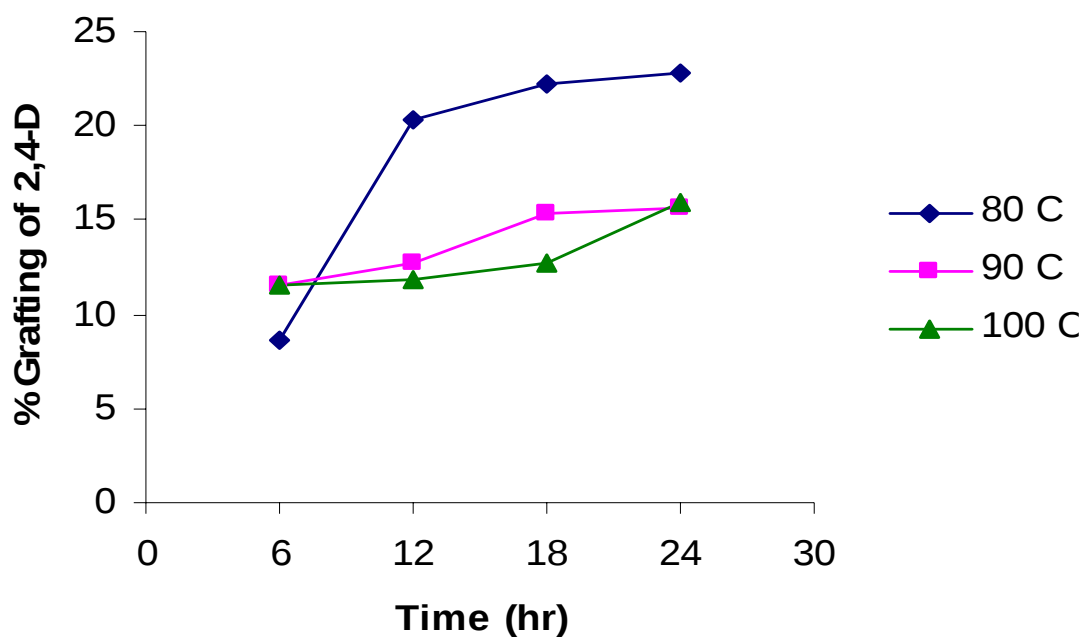
ผลจากการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาของยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์กับกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก และกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก จาก FT-IR และสัญญาณ จาก¹H-NMR มีหมู่ *cis*-double bond ปรากฏอยู่ที่ 835 cm^{-1} แสดงว่ามีบางส่วนเป็นยางธรรมชาติ มีหมู่ $\text{CH}_3\text{-C-O}$ ปรากฏอยู่ที่ 1.31ppm แสดงว่ามีบางส่วนเป็นยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์ และมีหมู่ C=O(ester) , C-O(ester) , C=C(aromatic) , OH และ $-\text{CH}_2\text{OCO}$ ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก และกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก แสดงว่ามีหมู่ 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกเกาะอยู่บนโมเลกุลของยางธรรมชาติ

ผลจากการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์กับกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชม. แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 : ผลของอุณหภูมิต่อร้อยละการกราฟต์ของ 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกบน โมเลกุลของยางธรรมชาติที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชม.

Temperature ($^\circ\text{C}$)	%Grafting			
	6	12	18	24 (hrs)
80	8.7	20.3	22.2	22.8
90	11.5	12.7	15.3	15.6
100	11.5	11.9	12.7	16.0

จากตารางที่ 6 สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการกราฟต์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกกับอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา แสดงในรูปที่ 8

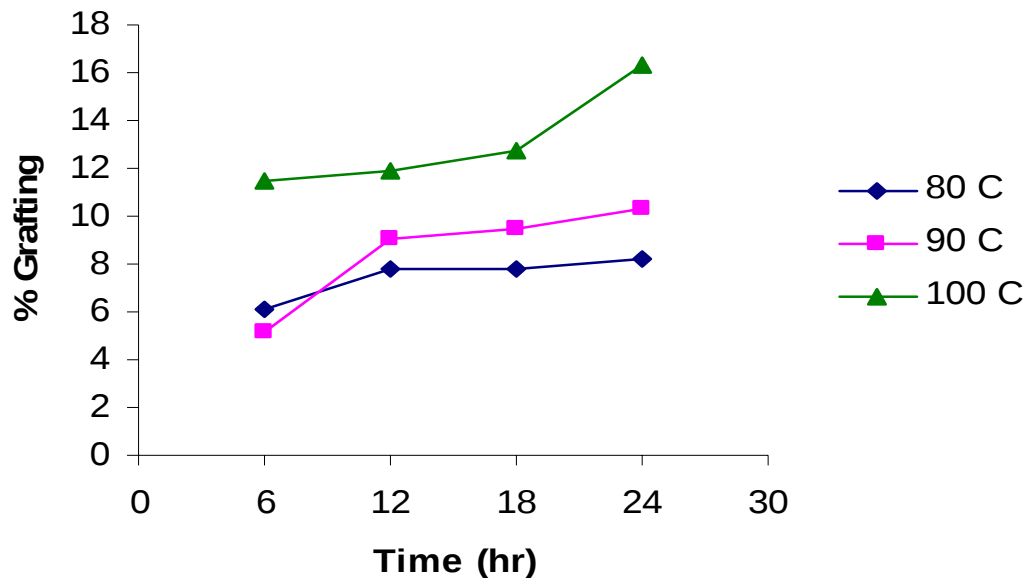


รูปที่ 8 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการกราฟต์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดกับโมเลกุลของยางธรรมชาติกับอุณหภูมิ ที่ 80, 90 และ 100°C ที่เวลา 6, 12, 18 และ 24 ชม.

ตารางที่ 7: ผลของอุณหภูมิต่อร้อยละการกราฟต์ของ กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดกับโมเลกุลของยางธรรมชาติที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชม.

Temperature (°C)	%Grafting			
	6	12	18	24 (hr.)
80	6.1	7.8	7.8	8.3
90	5.2	9.1	9.4	10.3
100	11.5	11.9	12.7	16.3

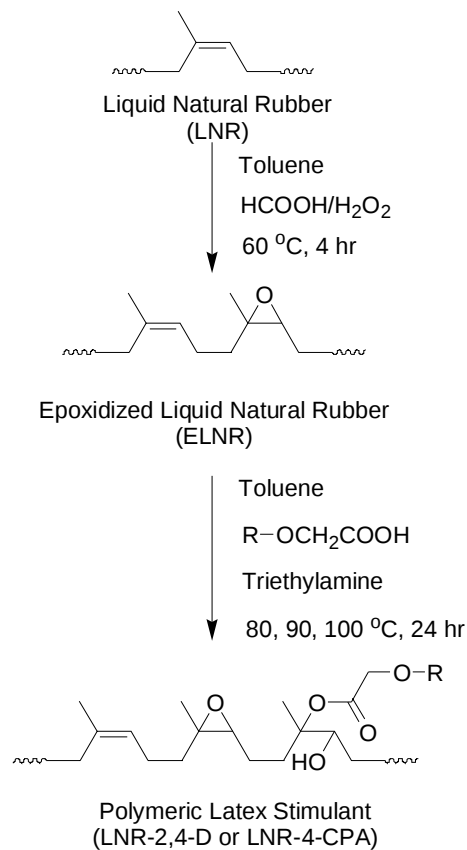
จากตารางที่ 7 สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการเกาะติดของกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดกับอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา แสดงในรูปที่ 9



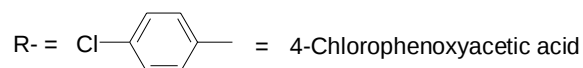
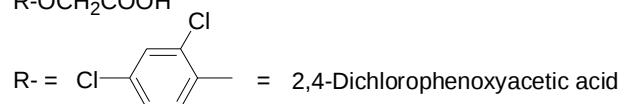
รูปที่ 9 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการเกาะติดของ กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดกับ โมเลกุลของยางธรรมชาติ กับอุณหภูมิที่ 80, 90 และ 100 °C เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชม.

จากรูปที่ 8 และ 9 การเตรียมสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์เมื่อใช้สารเรงน้ำยาง กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิด พบว่าที่ 24 ชั่วโมงเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่ 80 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 22.8 ในขณะที่เมื่อใช้กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 100 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 16.3 การที่กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดเกิดการกราฟต์ได้ดีกว่ากรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดเพราะว่าสารตัวแรกมีหมู่คลอรีนเกาะอยู่ 2 หมู่ซึ่งเป็นหมู่ดึงอิเล็กตรอนบนวงแหวนเบนซีน ทำให้โมเลกุลแตกตัวอยู่ในรูปอนุพันธ์ฟีนอลได้ง่ายกว่า จึงเกิดปฏิกิริยาได้ว่องไวมากกว่า ขณะที่กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดมีหมู่คลอรีนเพียง 1 หมู่จึงเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่า

ขั้นตอนปฏิกิริยาต่างๆ ในการเตรียมสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ 2 ชนิดที่เป็นอนุพันธ์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดและกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิด เป็นดังนี้

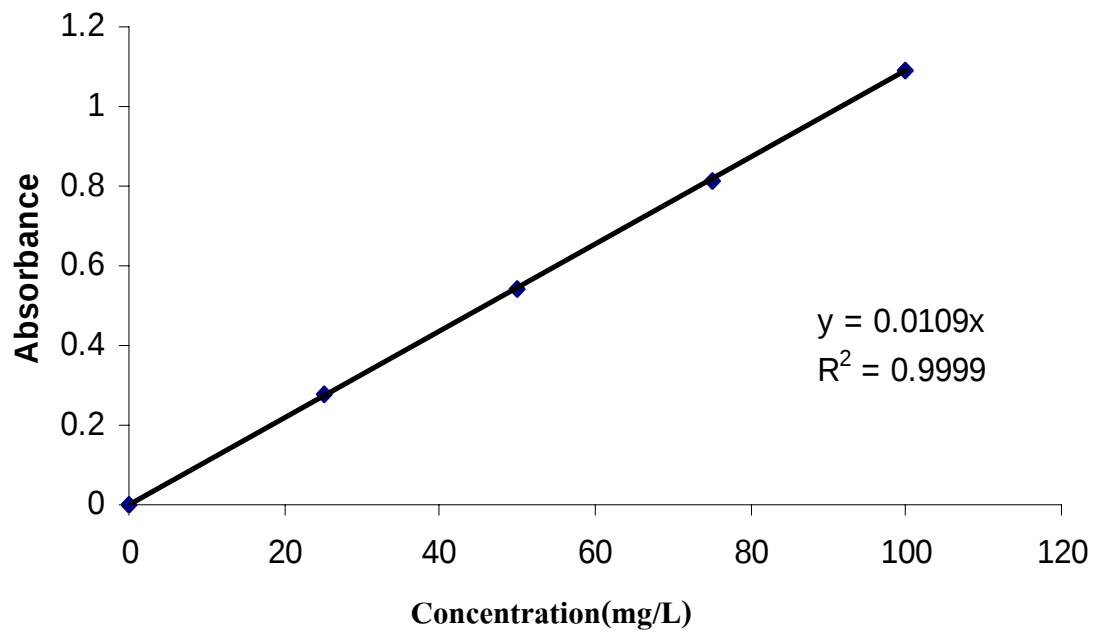


Note : R-OCH₂COOH

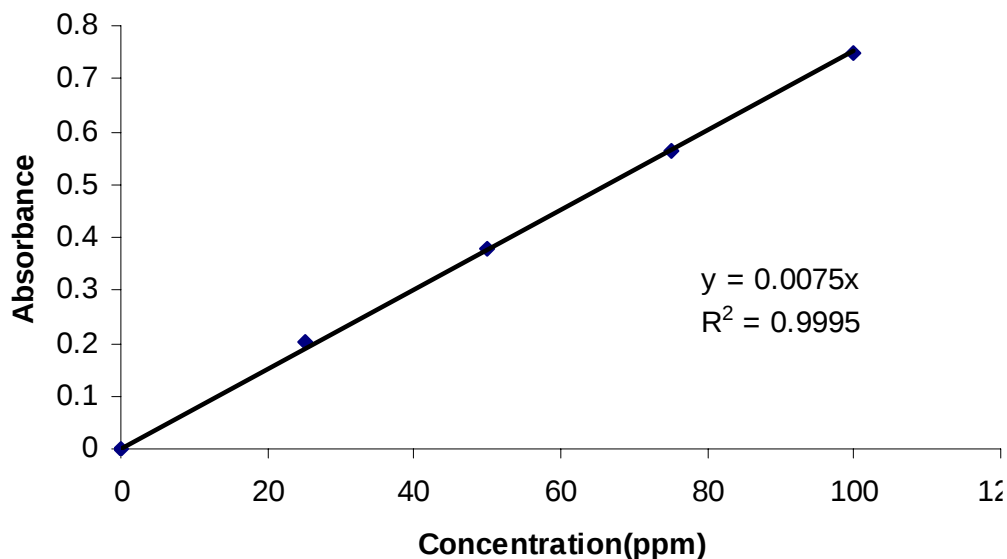


2.3 การศึกษาการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์

วัดการดูดกลืนแสงของสารละลายกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่น 280 nm และ 275 nm ตามลำดับ เพื่อทำ calibration curve แสดงในรูปที่ 10 และรูปที่ 11



รูปที่ 10 : Calibration curve ของสารละลายกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 280 nm



รูปที่ 11: Calibration curve ของสารละลาย กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 275 nm

จากรูปที่ 10 และ 11 สามารถคำนวณค่า ϵ จากกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต

$$A = \epsilon cl$$

เมื่อ A เป็น Absorbance

ϵ เป็น Molar absorptivity

l เป็น ความหนาของตัวกลางที่แสงผ่านในหน่วยเซนติเมตร

c เป็น ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลต่อลิตร

และ

$$\epsilon = A/cl$$

$$c = A/\epsilon l$$

จาก Calibration curve ของ 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก

ดังนั้น ϵ = slope ของ Calibration curve ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก

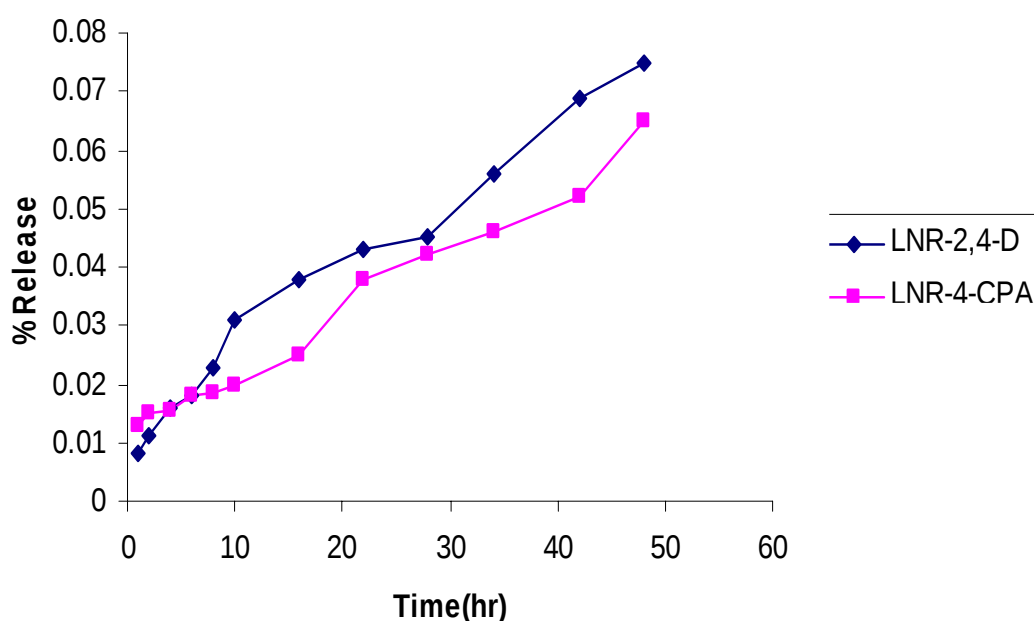
$$\epsilon = 1.09 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

และจาก Calibration curve ของ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก

ดังนั้น ε = slope ของ Calibration curve ของกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก

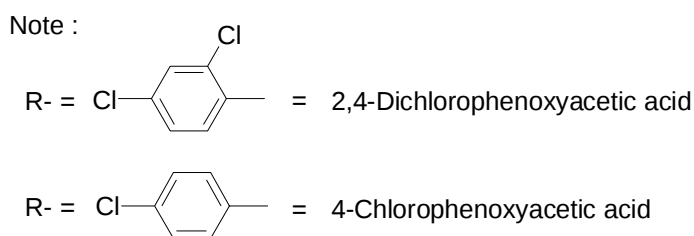
$$\varepsilon = 7.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

การหาปริมาณการปลดปล่อยของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ โดยการนำผลิตภัณฑ์สารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ใส่ในภาชนะที่มีน้ำกลั่น กวนในน้ำกลั่นอย่างช้าๆ ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆ นำไปวิเคราะห์ด้วย UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 280 nm และ 275 nm ตามลำดับ แสดงในรูปที่ 12

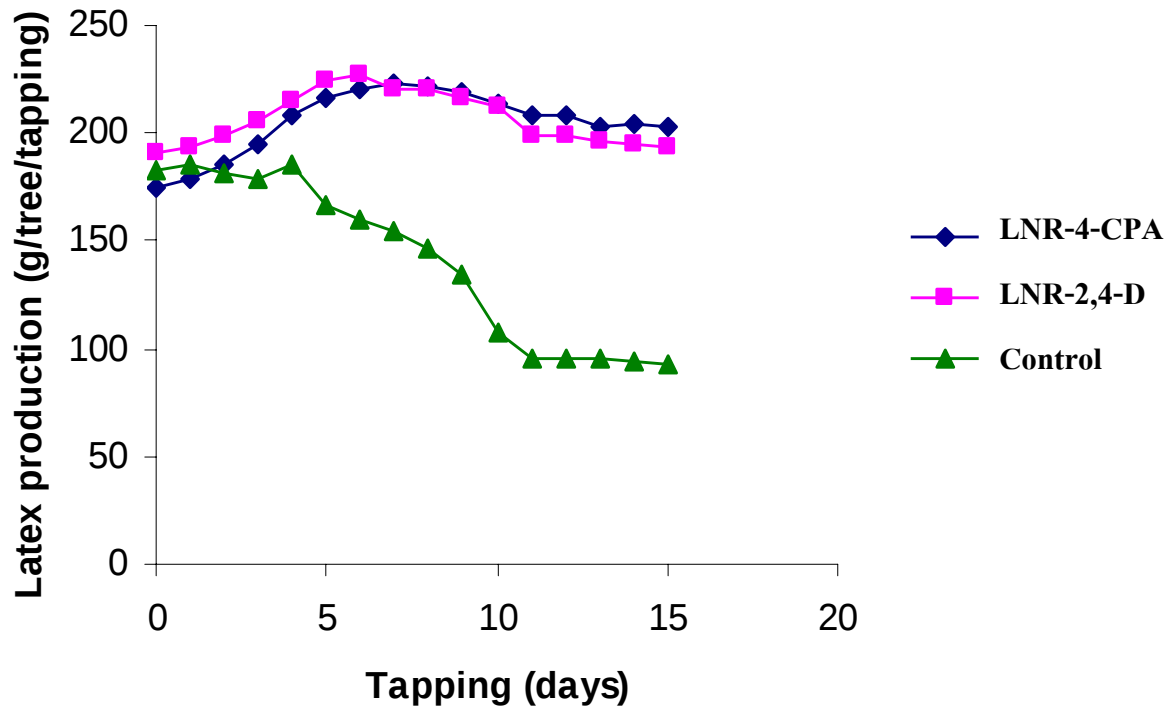


รูปที่ 12: ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการปลดปล่อยของ LNR-4-CPA และ LNR-2,4-D ที่เวลาต่างๆ

จากรูปที่ 12 การปลดปล่อยของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดพบว่า การปลดปล่อยของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น พอลิเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกปลดปล่อยได้ช้ากว่าอนุพันธ์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก เพราะพอลิเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก มีหมู่คลอรีน 1 หมู่เกาะอยู่บนโมเลกุลทำให้พอลิเมอร์มีพันธะที่แข็งแรงทำให้แตกตัวได้ยากกว่าจึงทำให้เกิดการปลดปล่อยออกมาได้ช้ากว่าอนุพันธ์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก ที่มีหมู่คลอรีนเกาะอยู่ 2 หมู่ สามารถแตกตัวออกมาได้ง่ายกว่า



การศึกษาผลของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพาราต่อปริมาณน้ำยางสด โดยทดสอบกับต้น ยางพาราพันธุ์ RRIM600 อายุประมาณ 17 ปี จำนวน 30 ต้น ในท้องที่ ต.หารเทา อ. ปากพะยูน จ.พัทลุง ใช้ระบบกรีดยางครั้งละต้นวันเว้นวัน (1/2S.d/2) รวมเวลา 15 วัน ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 13: น้ำหนักยางสดเฉลี่ยหลังจากการทาด้วย สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ ของ 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก (%grafting = 22.5) และ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก (%grafting = 11.8) และ Control จากการกรีดยางโดยระบบการกรีดวันเว้นวันรวมเวลา 15 วัน(ใช้ตัวอย่าง 2 กรัม)

จากรูปที่ 13 จะเห็นได้ว่า น้ำหนักน้ำยางสดที่ได้หลังจากการใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมซึ่งไม่ได้ใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดทำให้ผลผลิตยางเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับต้นยางที่ไม่ได้ใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ การใช้สารเร่งในรูปพอลิเมอร์ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกทำให้น้ำหนักยางสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าพอลิเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก โดยน้ำหนักน้ำยางเฉลี่ยสูงสุดคือวันที่ 6 ของการกรีดโดยได้น้ำยางน้ำหนักเฉลี่ย 227 และ 220 กรัม/ต้น/การกรีด เมื่อใช้พอลิเมอร์ในรูป 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและในรูปกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกตามลำดับ ในขณะที่ไม่ได้ใช้สารเร่งน้ำยางได้ผลผลิตเพียง 154 กรัม/ต้น/การกรีด หลังจากน้ำหนักน้ำยางที่ได้้นั้นค่อยๆ ลดลงเล็กน้อย การที่สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์

ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดมีประสิทธิภาพในการเร่งน้ำยางได้ดีกว่าอาจเป็นเพราะกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิด ถูกไฮโดรไลซ์ได้ดีกว่าและมีร้อยละการกราฟต์สูงกว่าอนุพันธ์ของ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิด ผลการวิจัยนี้คล้ายคลึงกับงานวิจัยที่อื่น คือเมื่อใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์โดยกรดแนฟทิลแอซิดกเกาะติดอยู่กับยางเหลวพบว่าให้น้ำยาง 78.4 กรัม/ตัน/การกรีดให้ผลดีกว่าเมื่อไม่ได้ใช้สารเร่งน้ำยางโดยให้ผลผลิตเพียง 44.1 กรัม/ตัน/การกรีด (Soutif *et al.*, 1993) สำหรับทางเลือกในการเลือกใช้เลือกใช้เป็นสารเร่งน้ำยางควรจะใช้ LNR-2,4-D ดีกว่า LNR-4-CPA เนื่องจากสารตัวแรกสังเคราะห์ได้ง่ายกว่า เกิดการเกาะติดของสารเร่งน้ำยางได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า คือที่ 80°C

ในทางแง่ของการ applied กับต้นยางพารานั้น อาจทำได้โดยการนำสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ซึ่งเป็นยางธรรมชาติที่มีลักษณะค่อนข้างหนืดไปติดกับหน้ายางเหนือบริเวณกรีดโดยตรง หรืออาจจะทำเป็นลักษณะคล้ายเทปกาวเพื่อง่ายและสะดวกในการติดที่หน้ายาง นอกจากนี้วิธีหลังนี้อาจจะทำในเชิงการค้าได้

3. สรุปผลการทดลอง

สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์เตรียมได้จากการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์กับกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดและกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดโดยใช้ triethylamine เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เวลา 80, 90 และ 100 °C พบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมงกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 80 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 22.8 ในขณะที่เมื่อใช้กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดเกิดได้ดีที่อุณหภูมิ 100 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 16.3

ปริมาณการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค UV-VIS spectrophotometry พบว่าการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด ปลดปล่อยสารเร่งน้ำยาง เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น สารเร่งน้ำยางพอลิเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดปลดปล่อยได้ช้ากว่าอนุพันธ์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดเล็กน้อย

การใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพาราต่อผลผลิตน้ำยางสด พบว่าน้ำหนักร่งน้ำยางสดที่ได้หลังจากการทาด้วยสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมซึ่งไม่ได้ใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด ทำให้ผลผลิตยางเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและสูงสุดในวันที่ 6 โดยที่กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดทำให้น้ำหนักร่งน้ำยางสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่า 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดเล็กน้อย

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิจัยยาง. 2548. สถิติยางประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 33(2): 6.
- Abraham, P. D., Boatman, S. G., Blackman, G. E. and Powell, R. G. 1988. Effect of plant growth regulators and other compounds on flow of latex in *Hevea brasiliensis*. *Ann. Appl. Biol.*, 62 : 159-173.
- Burfield, D. R., Lim, K. L., Law, K. S. and Ng, S. 1984. Analysis of epoxidised natural rubber. A comparative study of d.s.c., n.m.r., elementary analysis and direct titration methods. *Polymer*, 25 : 995-998.
- Charles, L., McCormick, C. L. and Kisookim, J. 1988. Controlled activity polymers. V. Copolymers of 2-(1-naphthylacetyl)ethyl acrylate with hydrophilic comonomer release behavior. *J. Macromol. Sci. Chem.*, A25(3) : 307-326.
- Davey, J. E. and Loadman, M. J. R. 1984. A chemical demonstration of randomness of epoxidation of natural rubber. *Br. Polym. J.*, 16 : 134-138.
- Derouet, D., Cauret, L. and Brosse, J. C. 2004. Synthesis of poly(silylenephosphonate)s incorporating 2-chloroethylphosphonic acid (ethephon), a stimulant for the latex production by the *Hevea brasiliensis*. *Euro. Polym. J.*, 40 : 1953-1966.
- Klinpituksa, P., Sriya, Y. and Dura-oh, H. 2000. Chemical modification of liquid natural rubber by fixation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. The 3rd Regional IMT-GT 2000. 10-12 October, 2000. Medan, Indonesia. 123.
- Pedro, C. O., Guimaraes, A., Cavaille, J. Y., Chazeau, L., Gilbert, R.G. and Santos, A. M. 2005. Poly(dimethylaminoethylmethacrylate) grafted natural rubber from seeded emulsion polymerization. *Polym. J.*, 46 : 1105-1111.
- Soutif, J.C., Klinpituksa, P. and Brosse, J. C. 1993. Second step modification of epoxidised polymers. 5. System allowing release of naphthylacetic acid from epoxidised polyisoprene and liquid natural rubber. *J. Nat. Rubb. Res.*, 8(4) : 243-252.
- Tangpakdee, J., Kowitteerawat, T., Kawahara, S. and Tanaka, Y. 2001. Depolymerisation of highly purified natural rubber. I. Metal-catalysed of deproteinied natural rubber. *J. Rubb. Res.*, 4 : 1-10.

แบบสรุปโครงการวิจัย

สัญญาเลขที่ RDG4950025 **ชื่อโครงการ** สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์แบบใหม่จากสารอนุภาคของกรดฟีนอกซีแอซิดิก
หัวหน้าโครงการ รศ.ดร.ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์ **สถาบัน** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์ 073-313-930 ต่อ 1845 **โทรสาร** 073-335130 **E-mail** : kpairote@bunga.pn.psu.ac.th

ความสำคัญ/ความเป็นมา

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกยางพาราเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย มีการปลูกยางเป็นจำนวนมาก และเป็นอาชีพหลักของคนภาคใต้ และยังเป็นพืชเศรษฐกิจหลักประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยผลิตยางธรรมชาติได้ 2,984,293 เมตริกตัน ส่วนใหญ่ส่งออกต่างประเทศสูงถึง 2,637,096 เมตริกตัน ส่วนที่เหลือใช้ในประเทศเพียง 10 % (สถาบันวิจัยยาง, 2548)

ดังนั้นเกษตรกรจึงหาวิธีที่สะดวกและรวดเร็วในการเพิ่มผลผลิต ไม่ว่าจะเป็นการกรีดยางหลายหน้า กรีดหน้ายางสูง หรือการอัดแก๊สเข้าไปในต้นยาง แต่วิธีข้างต้นทำให้ต้นยางทรุดโทรมเร็ว อาจทำให้ต้นยางตายได้ วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้ยากระตุ้น หรือสารเร่งการไหลของน้ำยางพารา เป็นวิธีทำให้เพิ่มผลผลิตเพิ่มมากขึ้นในขณะที่พื้นที่ปลูกเปลี่ยนแปลงน้อยมาก สารกระตุ้นการไหลของน้ำยางที่สำคัญมีหลายชนิด เช่น อีเทรล (Ethrel) กรดแนฟทิลแอซิดิก (1-naphthylacetic acid, NAA) และ กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก (2,4-dichlorophenoxyacetic acid)

การใช้ยากระตุ้นปกติเพื่อจุดประสงค์ 2 ประการ คือ

1. เพิ่มผลผลิตของต้นยางด้วยระบบปกติ
2. ลดจำนวนครั้งในการกรีดยางแต่ยังคงได้ผลผลิตเท่าเดิม

แต่ในการใช้ยากระตุ้นมีข้อจำกัด คือ เมื่อใช้ยากระตุ้นกับต้นยางโดยตรงมีประสิทธิภาพต่ำ เพราะสารเร่งน้ำยางมักจะสูญเสียอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ฝน ลม แสงแดด ทำให้เกษตรกรต้องทายากระตุ้นหลายรอบทำให้สิ้นเปลือง และเป็นอันตรายต่อตัวเกษตรกรเอง

ดังนั้นงานวิจัยนี้ ทำการศึกษาหารูปแบบใหม่ คือทำให้อยู่ในรูปพอลิเมอร์ซึ่งก็เป็นพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ นั่นเอง โดยการใช้ยางธรรมชาติเป็นเสมือนตัวกักเก็บสารเร่งน้ำยาง สำหรับการเกาะติดของสารเร่งน้ำยางกับพอลิเมอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บเป็นการควบคุมการปลดปล่อยสารเร่งน้ำยางอย่างช้าไปยังเป้าหมาย ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสารเร่งแทนที่จะใช้โดยตรงตามวิธีการดั้งเดิม

วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อศึกษาการเตรียมสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์
2. เพื่อศึกษาการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์
3. เพื่อทดสอบสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพารา

ผลที่ได้รับ	บรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่...	โดยทำให้...
สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการใช้กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่ 80 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 22.8 ในขณะที่เมื่อใช้ กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 100 °C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 16.3 ที่เวลา 24 ชั่วโมง	1. เพื่อศึกษาการเตรียมสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์	ได้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาล 2 ชนิด คือ สารเร่งน้ำยางพอลิเมอร์อนุพันธ์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิด และสารเร่งน้ำยางพอลิเมอร์อนุพันธ์ของกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิด
การปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดพบว่า การปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น พอลิเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิด ปลดปล่อยได้ช้ากว่าอนุพันธ์ของ 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิด	2. เพื่อศึกษาการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์	ได้แนวโน้มการปลดปล่อยในห้องปฏิบัติการอย่างช้า ๆ ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิด และกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดจากสารเร่งน้ำยางรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด
สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด ทำให้ผลผลิตยางเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับต้นยางที่ไม่ได้ใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ ที่เป็นอนุพันธ์ของ 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิด ทำให้น้ำหนักยางสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าพอลิเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิด โดยได้	3. เพื่อทดสอบสารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์กับต้นยางพารา	ได้ผลอย่างชัดเจนว่าเมื่อใช้สารเร่งน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด ทำให้ผลผลิตของน้ำหนักน้ำยางพาราเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับไม่ได้ใช้

น้ำหนักน้ำยางเฉลี่ยสูงสุดคือวันที่ 6 ของการกรีด โดยได้น้ำหนักเฉลี่ย 227 และ 220 กรัม/ต้น/การกรีด เมื่อใช้พอลิเมอร์ในรูป 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดและในรูป 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดตามลำดับ ในขณะที่ไม่ได้ใช้สารเร่งน้ำยางได้ผลผลิตเท่ากับเพียง กรัม/ต้น/การกรีด		
---	--	--

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ มีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้.....
--

การประชาสัมพันธ์ ยังไม่ได้ดำเนินการประชาสัมพันธ์ในขณะนี้.....

ภาคผนวก 2

สรุปข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการและผลการดำเนินการ
“สารเรงนำยางในรูปพอลิเมอร์แบบใหม่จากสารอนุพันธ์ของกรดฟีนอกซีแอซิดิก” RDG4950025

ข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ	ผลการดำเนินการ
1. ยังไม่บรรลุวัตถุประสงค์ข้อ 3 เรื่องการใช้สารตัวเร่งกับต้นยางพาราเพราะ 1.1 ไม่ได้ศึกษาผลของสารเรงนำยางในรูปพอลิเมอร์ต่อต้นยาง ซึ่งสามารถทราบแนวโน้มที่ต้นยางอ่อนแอลงหรือไม่ โดยสามารถทดสอบด้วยค่าสรีรวิทยาทางน้ำยาง ได้แก่ sucrose, phosphate, thiol เป็นต้น 1.2 ไม่ได้ศึกษาในเรื่องต้นทุนการผลิตจึงไม่สามารถระบุได้ว่า ผลผลิตยางพาราที่ได้คุ้มกับต้นทุนหรือไม่ 2. หน้า 3 บรรทัดสุดท้ายควรเป็นกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น (condensation polymerization) 3. หน้า 6 ข้อ 13.4 สารเรงนำยางในรูปพอลิเมอร์รีดเป็นเป็นแผ่นบางหรือไม่ 4. หน้า 7 บรรทัดที่ 11 ที่สรุปว่า เมื่อใช้กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก....เกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 16.3 ผลสรุปนี้ไม่ตรงกับการวิเคราะห์ และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 16.3 ใช้เวลาเท่าไร 5. หน้า 9 การหาค่าร้อยละโมล สูตรต้องคูณ 100 หรือไม่ 6. จากสูตรหน้า 9 การหาค่า Ar ค่า absorbance จาก FTIR น่าจะเป็นตัวเลขอื่น เช่น wave number 7. หน้า 10 สูตร %Grafting ควรระบุ reference ด้วย	1.1 ตาม proposal ที่เสนอขอทุนในวัตถุประสงค์ไม่ได้ระบุว่าต้องทดสอบค่า sucrose, phosphate, thiol การศึกษาทางสรีรวิทยาเป็นเรื่องใหญ่อีกเรื่องหนึ่งที่ไม่สามารถทำได้ทันในโครงการเพียง 6 เดือน 1.2 ในแผนการวิจัยของโครงการไม่ได้ระบุการคำนวณต้นทุน อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นตอนกระบวนการสังเคราะห์สารใหม่ขึ้นมาจะต้องเพิ่มทุนอย่างแน่นอน การศึกษาเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์สารเรงนำยางในรูปแบบใหม่น่าจะเป็นสิ่งที่ใช้ความพยายามค่อนข้างมากแล้ว 2. แก้ไขแล้ว 3. รีดเป็นแผ่นบาง และได้เพิ่มเติมในรายงานแล้ว 4. แก้ไขแล้ว 5. คำนี้น่าจะเป็นค่า Absorbance ratio(Ar) จากค่านี้น่าเทียบกับกราฟมาตรฐานอีกครั้ง ดังนั้นจึงไม่ต้องคูณ 100 6. แก้ไขแล้ว เป็น wave number 7. สูตรนี้ยังไม่มีใครเคยใช้ ผู้วิจัยนำหลักการทางทฤษฎีของ nuclear magnetic resonance มาประยุกต์ใช้

8. หน้า 26 การสรุปผลการทดลองควรแสดงรูปการนำแผ่นยางไปติดที่คันยางให้ดูด้วย 9. ควรให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า ยางพันธุ์ RRIM600 ดังกล่าวที่มีอายุ 17 ปี นั้น 9.1 กริดยางหน้าปกติหรือหน้าสูง ถ้าเป็นหน้าปกติเป็นการกริดรอบที่เท่าไร 9.2 กริดยางทุกวันตลอด 15 วัน หรือกริดตามระบบ 9.3 ใช้ระบบกริดปกติอย่างไร 10. ควรเพิ่มเติมข้อมูลบางส่วนในเรื่องเกี่ยวกับการ applied ใช้กับคันยาง 11. หน้า 23 น่าจะศึกษาการปลดปล่อยของสารเร่งน้ำยางทั้ง 2 ชนิดจนกระทั่งทราบว่าการปลดปล่อยจนหมดใช้เวลานานเท่าไร (ซึ่งอาจจะไม่ต้อง sampling ตัวอย่างถี่มากนัก) ซึ่งสารทั้ง 2 แบบอาจให้ผลที่แตกต่างกัน 12. บทสรุปน่าจะบอกว่าสารใดน่าสนใจมากกว่ากัน (ในแง่ความยากง่ายต่อการสังเคราะห์ ต้นทุน ผลผลิต) 13. ควรตรวจสอบคำผิดในรายงาน	8. เป็นความผิดพลาดทางเทคนิคของคณะผู้วิจัยที่ทำให้รูปที่ถ่ายมาเกิดการเสียหาย 9.1 กริดยางหน้าปกติ เป็นการกริดรอบที่ 3 9.2 ใช้ระบบกริดยางครั้งละคันวันเว้นวัน (1/2S.d/2) เป็นเวลา 15 วัน 9.3 ใช้ระบบกริดยางครั้งละคันวันเว้นวัน (1/2S.d/2) 10. เพิ่มเติมแล้วในหน้า 26 11. เนื่องจากเป็นโครงการวิจัยของนักศึกษาระดับปริญญาตรี เวลาส่วนใหญ่ใช้ไปกับเรื่องการสังเคราะห์จึงทำให้ไม่มีเวลาพอที่จะศึกษาการปลดปล่อยจนกระทั่งสารหมด 12. เพิ่มเติมแล้วในหน้า 26 13. ได้ตรวจสอบและได้แก้ไขคำผิดแล้ว
---	--

ภาคผนวก 1: ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อเตรียมยางธรรมชาติ อีพอกไซด์จากยางธรรมชาติ เหลว	ละลายยางธรรมชาติเหลวในโทลูอิน เดิม 98 % กรดฟอร์มิก 30) โมลเปอร์เซ็นต์เทียบกับหน่วยไอโซพรีน) และ 35 % ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 60) โมลเปอร์เซ็นต์เทียบกับหน่วยไอโซพรีน) โดยกวนตลอดเวลาด้วยเครื่อง magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 60°C ที่เวลา 2, 4, 6, และ 8 ชม. นำยางที่เกิดปฏิกิริยาในแต่ละเวลามาจับด้วย เมทานอล และกำจัดกรดที่เหลือด้วยสารละลาย 5 % โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ล้างด้วยน้ำแล้วอบแห้งที่ 40°C	นำยางธรรมชาติเหลว (ได้จากการตัดสลายน้ำยางธรรมชาติด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 65 °C เป็นเวลา 60 ชั่วโมง) 20 กรัม ละลายในโทลูอิน 200 มล. เดิม 98 % กรดฟอร์มิก 4.1 กรัม และ 35% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 19.7 กรัม โดยกวนตลอดเวลาด้วยเครื่อง magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชม. นำยางที่เกิดปฏิกิริยาในแต่ละเวลามาจับด้วยเมทานอล และกำจัดกรดที่เหลือด้วยสารละลาย 5% NaHCO ₃ 100 มล. ล้างด้วยน้ำ อบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C ทำให้บริสุทธิ์โดยละลายยางอีพอกไซด์ในโทลูอิน 50 มล. จับด้วยเมทานอล แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C	ร้อยละการเกิดอีพอกซีของยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์หาด้วยเทคนิค FT-IR และ ¹ H-NMR โดยการเกิดอีพอกซีเพิ่มขึ้นตามเวลาในการทำปฏิกิริยา และได้ยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์เมื่อทดลองที่ 60 °C ที่ 4 ชม. ได้ร้อยละอีพอกซี 28 และใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมสารเรงน้ำยางในขั้นตอนต่อไป
2. เพื่อเตรียมสารเรงน้ำยาง ในรูปพอลิเมอร์	เติมละลายยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์ในโทลูอินลงในขวด 3 คอซึ่งติดตั้งด้วยคอนเดนเซอร์และเครื่องกวนที่แช่อยู่ใน oil bath เดิม triethylamine และ กรด-4 คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก หรือ กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก ที่อุณหภูมิ 80, 90 หรือ 100°C ที่เวลา	นำยางธรรมชาติเหลวอีพอกไซด์ 5 กรัม ละลายในโทลูอิน 100 มล. เดิม กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก (หรือกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก) 0.5 กรัม และเติม Triethylamine 0.05 กรัม ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 °C ที่เวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจับ	สารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ที่เตรียมจากการใช้กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่ 80°C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 22.8 ในขณะที่เมื่อใช้กรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิกเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 100°C และเกิดการกราฟต์ได้ร้อยละ 16.3

	ต่างๆ นำสารผสมปฏิกิริยาออกมาจับตัวด้วยเมทานอล ทำให้แห้งและนำผลิตภัณฑ์ไปทำปฏิกิริยาโดยการละลายในโทลูอินและตกตะกอนด้วยเมทานอล นำผลิตภัณฑ์ไปทำให้แห้งในตู้อบ	ตัวด้วยเมทานอล นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C ทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งโดยละลายในโทลูอินและจับตัวด้วยเมทานอล นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติเหลวฟอกไซค์กับ กรด 2,4- ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก และกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก มาพิสูจน์หมู่ฟังก์ชันโดยเทคนิค FT-IR และ ¹H-NMR หาร้อยละการกราฟต์ของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก และ กรด 4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกบนโมเลกุลของยางธรรมชาติโดยเทคนิค ¹H-NMR	
3. เพื่อศึกษาการปลดปล่อยของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์	นำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างไปแช่ในน้ำกลั่นโดยกวนเบาๆ ด้วยแท่ง magnetic bar ใช้ ปิเปตดูดสารผสมปฏิกิริยาที่เวลาต่างๆ แล้วนำไปหาปริมาณของกรด-4 คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก หรือ กรด 2,4- ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกโดยเทคนิค UV-VIS spectrophotometry เทียบกับ standard curve ของสารทั้งสอง	ศึกษาการปริมาณปลดปล่อยของกรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิกและกรด 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก จากผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิค UV-VIS spectrophotometry โดยเตรียมผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจากการทดลองที่อุณหภูมิ 90 °C และเวลา 18 ชม. โดยชั่งผลิตภัณฑ์ 0.5 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นปริมาณ 100 มล. กวนเบาๆ ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที ที่เวลาต่างๆ ดูดสารผสมปฏิกิริยาออกมาวัดการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ ที่ความยาวคลื่น 280 และ 275 นาโนเมตรตามลำดับ หาปริมาณของสารทั้งสองโดย	การปลดปล่อยของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดพบว่า การปลดปล่อยของสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น พอลิเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิดิก ปลดปล่อยได้ช้ากว่าอนุพันธ์ของ 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก

		เทียบกับ standard curve	
4. เพื่อศึกษาการใช้สารเรง น้ำยางในรูปพอลิเมอร์กับ ดินพารา	นำสารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ซึ่งเป็น อนุพันธ์ของกรดฟีนอกซีแอซิดซึ่งมีลักษณะ หนืดไปทดสอบกับดินพารา โดยทำได้โดย นำสารเรงในรูปพอลิเมอร์ไปละลายในน้ำมัน ปาล์มทาเหนือรอยกริด จากนั้นจึงติดตาม ปริมาณของน้ำยางที่ได้หลังจากการกริดเป็น เวลาประมาณ 1 เดือนโดยใช้ระบบการกริดวัน เว้นวัน เปรียบเทียบกับดินยางที่ไม่ได้ทาด้วย สารเรงในรูปพอลิเมอร์	เลือกสวนยางพาราพันธุ์ RRIM 600 อายุประมาณ 17 ปีซึ่งกริดเป็นครั้งที่ 3 ในท้องที่ ต.หารเทา. ปาก พะยูน จ.พัทลุง สุ่มดินพารา 30 ดัน โดยวิธีการสุ่ม อย่างง่าย นำผลิตภัณฑ์สารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ซึ่ง มา 2 กรัม นำมาแปะติดกับหน้ายางหนือรอยกริด 1 ซม. โดยระบบการกริดวันเว้นวันรวมเวลา 15 วัน (ระหว่าง วันที่ 18-3 มิถุนายน 2549) ชั่งน้ำหนักน้ำยางที่ได้ในแต่ละ วัน	สารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด ทำ ให้ผลผลิตยางเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับ ดินยางที่ไม่ได้ใช้สารเรงน้ำยางในรูปพอลิเมอร์ ที่เป็นอนุพันธ์ของ 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิด ทำให้ให้น้ำหนักยางสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าพอลิ เมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของ 4-คลอโรฟีนอกซีแอซิด โดยได้น้ำหนักน้ำยางเฉลี่ยสูงสุดคือวันที่ 6 ของการกริดโดยได้น้ำหนักเฉลี่ย 227 และ 220 กรัม/ตัน/การกริด เมื่อใช้พอลิเมอร์ในรูป 2,4-ได คลอโรฟีนอกซีแอซิดและในรูป 4-คลอโรฟี นอกซีแอซิดตามลำดับ ในขณะที่ไม่ได้ใช้สาร เรงน้ำยางได้ผลผลิตเพียง 154 กรัม/ตัน/การกริด