

### ภาคผนวก

- (ก) การทำกราฟมาตรฐานของอัลดีไฮด์ เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณอัลดีไฮด์ในยางธรรมชาติ
- (ข) การหาปริมาณความหนาแน่นของการเชื่อมโยง (Crosslink density) ในยางธรรมชาติโดยการ  
แช่น้ำมัน
- (ค) ผลงานที่เสนอในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39  
ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

(ก) การทำกราฟมาตรฐานสารอนุพันธ์ของ 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน-อะซีตัลดีไฮด์ สำหรับอ้างอิงในการหาปริมาณอัลดีไฮด์ในยาง

จากหลักการที่สารอัลดีไฮด์เมื่อทำปฏิกิริยากับไฮดราซีน จะได้สารประกอบไฮดราโซน จึงเตรียมอนุพันธ์ของสารดังกล่าวจากปฏิกิริยาของ 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน กับอะซีตัลดีไฮด์ ได้เป็น 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราโซน แล้วละลายสารอนุพันธ์ที่ได้ในเตตระไฮโดรฟิวเรน (THF) แล้วนำไปวัดค่าของการดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเล็ต เมื่อใช้สารอนุพันธ์ที่มีความเข้มข้นต่างๆกัน เมื่อนำข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารอนุพันธ์กับค่าของการดูดกลืนแสง จะได้ความชันของกราฟเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณอัลดีไฮด์ในยาง ซึ่งทำปฏิกิริยากับ 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน ซึ่งวิธีการทดลองดังรายละเอียดในหัวข้อ

1. การเตรียมอนุพันธ์ของอัลดีไฮด์

เตรียมอนุพันธ์ของอัลดีไฮด์จากปฏิกิริยาของ 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน กับอะซีตัลดีไฮด์ ได้เป็น 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราโซน วิธีการเตรียมมีดังนี้

1. ละลาย 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน 1.25 กรัม ในเมทานอล 25 มิลลิลิตร (ซึ่งมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นอยู่ 1 มิลลิลิตร) แล้วกรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง

2. นำสารละลายที่ได้มาทำปฏิกิริยากับอะซีตัลดีไฮด์ โดยหยดอะซีตัลดีไฮด์ลงไปทีละหยดในสารละลาย 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราโซน กวนสารตลอดเวลา แล้วกรองสารอนุพันธ์ที่ได้ด้วยกระดาษกรอง

3. ตกตะกอนสารที่ได้ในเอทานอล 95%

4. นำสารอนุพันธ์ที่เตรียมได้มาอบแห้งในตู้อบลดความดัน ที่อุณหภูมิห้อง

2. การทำกราฟมาตรฐานของสารอนุพันธ์อัลดีไฮด์

เป็นกราฟอ้างอิงในการหาปริมาณอัลดีไฮด์ในยาง โดยนำอนุพันธ์ของ 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราโซน ที่มีความเข้มข้นต่างๆ กันในสารละลายยาง 0.6% แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเล็ต โดยมีวิธีการดังนี้

1. เตรียมสารละลายของอนุพันธ์ 2,4-ไดไนโตรฟีนิลไฮดราโซน ให้มีความเข้มข้น  $50 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$  ในตัวทำละลายเตตระไฮโดรฟิวเรน

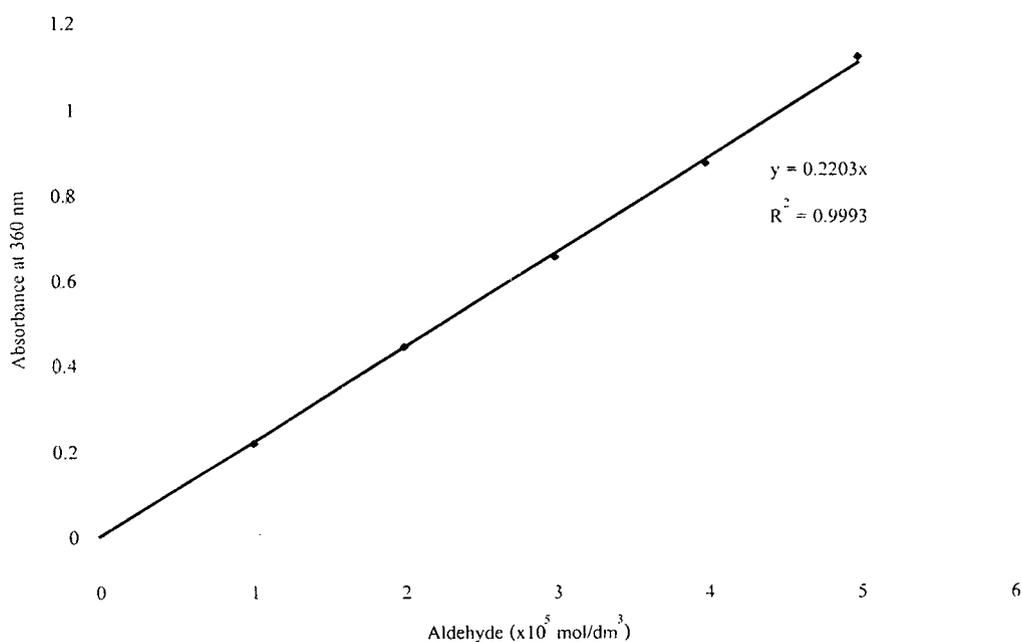
2. นำสารละลายของอนุพันธ์ที่เตรียมได้มาละลายลงในสารละลายยางให้ได้ความเข้มข้นของยาง 0.6% โดยนำน้ำหนักต่อปริมาตร และได้ความเข้มข้นของอนุพันธ์ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ  $2.5 ( \times 10^5 \text{ mol/dm}^3 )$

3. เตรียมสารละลายยางเปรียบเทียบ (blank) โดยไม่ต้องเติมสารอนุพันธ์

4. นำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเล็ต ด้วยเครื่อง UV/visible spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 360 nm

5. นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ 2,4-ไดโนโตรฟีนอลไฮดราโซน ในสารละลายยากับค่าการดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเล็ต

6. หาค่าความชันจากกราฟ ซึ่งเป็นค่า  $\epsilon_0$  (จากการทดลองได้เท่ากับ  $2.203 \times 10^4$ )



การเปลี่ยนหน่วยจาก mol/dm<sup>3</sup> เป็น mol/kg ทำได้โดย

ในสารละลายยาง 1,000 มิลลิลิตร (มีเนื้อยาง 6 กรัม เพราะเตรียม 0.6%) มีปริมาณอัลดีไฮด์ A mol ดังนั้น ถ้ามีเนื้อยาง 1.000 กรัมจะมีอัลดีไฮด์อยู่เท่ากับ  $(1000 \times A)/6$  mol/kg

(ข) การหาค่าความหนาแน่นของการเชื่อมโยง (crosslink density) ในยางธรรมชาติ

#### วิธีการ

1. เตรียมยางตัวอย่างโดยการบดยางผสมสารเคมี แล้วทำการอัดเป็นตามระยะเวลาจากเครื่อง

ODR

2. นำตัวอย่างยางที่ได้มาชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ประมาณ 0.2 กรัม ( $W_1$ ) แล้วใส่ลงในขวดที่มีฝาปิด แล้วบรรจุโทลูอีน 50 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืด

3. จับเวลาในการแช่ยางในโทลูอิน แล้วชั่งน้ำหนักของยางที่ได้ โดยใช้คีมคีบตัวอย่างออกมา จับกับกระดาษกรอง พยายามทำให้หยดโทลูอินที่เกาะบนผิวยางถูกกระดาษกรองซับออก แล้วนำไปชั่งพร้อมทั้งบันทึกน้ำหนักยางที่ชั่งได้

4. นำยางตัวอย่างไปแช่ในโทลูอินอีกครั้ง แล้วชั่งน้ำหนักของยางที่เวลาการแช่ที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งได้น้ำหนักของยางที่ชั่งได้มีค่าคงที่ ( $W_1$ )

### การคำนวณ

#### 1. การหาค่า $V_r$

$$\begin{aligned} V_r &= \text{สัดส่วนโดยปริมาตรของยางวัลคาไนซ์ที่พองตัว} \\ &= \frac{\text{ปริมาตรของยางวัลคาไนซ์}}{\text{ปริมาตรของยางวัลคาไนซ์} + \text{ปริมาตรของโทลูอิน}} \\ &= \frac{W_1/\rho}{(W_1/\rho) + [(W_c - W_1)/\rho_t]} \end{aligned}$$

เมื่อ  $\rho$  คือ ความหนาแน่นของยางวัลคาไนซ์

$\rho_t$  คือ ความหนาแน่นของโทลูอิน

$W_c$  คือ น้ำหนักของยางวัลคาไนซ์ที่พองตัวจนสมดุล ณ เวลาที่จุดเริ่มต้น (g)

$W_1$  คือ น้ำหนักของยางวัลคาไนซ์ (g)

#### 2. การหาค่า crosslink density [X] ตาม Flory-Rehner equation

$$\begin{aligned} -\ln(1 - V_r) - V_r - k \cdot V_r^2 &= \rho \cdot V_c \cdot V_r^{1/3} [1/M_c^{\text{corr}} - 5.44/M_n] \\ [X] &= 1/2M_c^{\text{corr}} \end{aligned}$$

เมื่อ  $k$  คือ ดัชนีความเข้ากันได้ของยางกับโทลูอิน (0.393)

$V_c$  คือ ปริมาตรของตัวทำละลาย 1 โมล

$M_c$  คือ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของยางระหว่างจุดเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุล

$M_n$  คือ น้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติที่บดจนมีค่า Wallace plasticity เท่า

กับ 18 (180,000)

การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติเพื่อพัฒนาการเตรียมยางดิบ

**Molecular weight reduction of natural rubber for the development of raw rubber production**

โสภา อีสระ<sup>1</sup>, ชลดดา เลวิส<sup>1</sup> และ อรสา ภัทรไพบูลย์ชัย<sup>1</sup>

Sopha Issara, Chonlada Lewis and Orasa Patarapaiboolchai

**บทคัดย่อ**

การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์:โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.03:0.03 (โมล) ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 12 ชั่วโมง ให้ยางที่มีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน ไม่เหนียว มีความหนืดและ ปริมาณเจลลดลง และสามารถลดน้ำหนักโมเลกุลลงได้ในระดับ ( $M_v$ )  $3 \times 10^5$  ถึง  $4 \times 10^5$  ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการผสมสารเคมี การลดน้ำหนักโมเลกุลโดยวิธีนี้ให้ผลเหมือนกับการบดยางธรรมชาติด้วยเครื่องบดยางสองลูกกลิ้งที่ใช้เวลาบดประมาณ 5 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ เหมาะสมสำหรับการใส่สารเคมี ส่วนการใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์:โซเดียมไนไตรต์ 0.8:0.5 (phr) ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง สามารถลดน้ำหนักโมเลกุลได้ในระดับเดียวกัน แต่มีผลให้ยางที่ได้ มีสีเหลืองเข้ม และเหนียว

**ABSTRACT**

Molecular weight reduction of natural rubber was prepared by using hydrogen peroxide and potassium persulphate (0.03:0.03 moles) and reaction time was 12 hours. The low molecular weight obtained was pale-yellow, non-sticky with molecular weight ( $M_v$ ) about  $3 \times 10^5$  to  $4 \times 10^5$ . This molecular weight level is similar to masticate natural rubber with two roll mill for 5 minutes which is an appropriated condition for adding other additives. Furthermore, the mooney viscosity, gel content was decreased. Comparable to use hydrogen peroxide and sodium nitrite (0.8:0.5 phr) and reaction time was 6 hours, the results show no significant in molecular weight ( $M_v$ ) only dark-yellow and sticky properties were obtained.

1 ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

Department of Rubber Technology and Polymer Science, Faculty of Science and Technology, PSU, Pattani

## การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39

### สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

#### คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยมีศักยภาพการผลิตในปัจจุบันประมาณปีละ 2.0 ล้านตัน หรือประมาณร้อยละ 32 ของการผลิตของโลก และมีพื้นที่การปลูกยางประมาณ 12 ล้านไร่ ซึ่งกระจายอยู่ใน 36 จังหวัด ซึ่งก่อให้เกิดอุตสาหกรรมด้านยางรองรับภายในประเทศ คือทั้งโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยาง 198 โรงงาน และอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง 518 โรงงาน(ยาง(ยางพาราครบวงจร, 2542-2546)

ยางธรรมชาติที่ได้จากต้นยางในรูปของน้ำยาง (Latex) จะนำมาทำการแปรรูปเพื่อจัดจำหน่ายในรูปแบบต่างๆ แบ่งออกเป็น 5 ชนิดใหญ่ๆ (พรพรรณ, 2540) คือ น้ำยางข้น (Concentrated Latex), ยางเครฟ (Crepe Rubber), ยางแท่ง (Block Rubber), ยางแผ่น [ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoke Sheet) และยางแผ่นไม่รมควัน (Air Dried Sheet)] และยางเกรดพิเศษอื่นๆ (Special Purpose Rubber) เช่น ยางแท่งความหนืดคงที่ (Constant Viscosity), ยางที่ช่วยในการแปรรูปโดยมีพันธะเชื่อมโยงบางส่วน (SP Rubber), ยาง สกิม (Skim Rubber) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำน้ำยางข้น, ยางโปรตีนต่ำ (Deproteinised Natural Rubber), ยาง Hevea plus MG กราฟโคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาอะไคลด์ และยาง อีพอกซีไดซ์ (Epoxidised Rubber) เป็นต้น

ยางธรรมชาติในรูปแบบของยางแท่ง เมื่อต้องการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยาง ขั้นตอนแรกของการแปรรูป คือ การผสมยางกับสารเคมี ซึ่งยางธรรมชาติจำเป็นต้องผ่านกระบวนการบดยาง เนื่องจากยางธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลถึง  $1.6 \times 10^6$  ถึง  $2.3 \times 10^6$  (Roberts, 1988) จึงจำเป็นต้องมีการบดยาง เพื่อให้สายโซ่โมเลกุลของยางสั้นลง หรือมีน้ำหนักโมเลกุลที่ต่ำลง (ประมาณ 2-4 แสน) ก่อนที่จะผสมยางกับสารเคมีอื่นๆ เข้าไป ซึ่งขั้นตอนของการบดยางเพื่อผสมสารเคมีดังกล่าว ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยางในประเทศไทยจะใช้วิธีทางกลโดยใช้แรงเฉือนสายโซ่โมเลกุลให้เกิดการฉีกขาดและสั้นลง โดยจะใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง (Two-Roll Mill) หรือเครื่องผสมแบบปิด (Internal mixer) ซึ่งเครื่องมือทั้งสองต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร ซึ่งส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าไฟฟ้าค่อนข้างสูง

นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านการแข็งตัวของยางธรรมชาติระหว่างการเก็บ โดยความหนืดของยางจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บยางในสภาวะที่เย็นเป็นเวลานานๆ ซึ่งความหนืดที่เพิ่มขึ้นจะมีผลกระทบต่อกระบวนการแปรรูปยางหลายประการ เช่น ต้องใช้พลังงานในการผสมหรือการแปรรูปมากกว่าปกติ หรือต้องใช้เวลาในการบดผสมมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องให้ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสูงกว่ายางสังเคราะห์อื่นๆ

## การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39

### สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ถ้ามีการศึกษาและวิจัยถึงเทคนิควิธีการในการควบคุมน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมในขั้นตอนของการผลิตยางดิบ โดยการเลือกใช้สารเคมีที่ช่วยในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของความหนืด จะทำให้ได้เป็นยางเกรดใหม่ที่สามารถแก้ปัญหาอุตสาหกรรมยางดิบได้ ในด้านสมบัติใหม่ที่เกิดขึ้น เช่น มีน้ำหนักโมเลกุลที่เหมาะสม พร้อมทั้งจะผสมสารเคมีได้ ก่อนที่จะส่งไปยังภาคอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง โดยจะส่งผลทำให้ภาคการผลิตผลิตภัณฑ์ยางจากยางธรรมชาติใช้พลังงานและเวลาในการแปรรูปยางที่น้อยลง ทำให้ยางธรรมชาติมีศักยภาพในด้านการแปรรูปที่สามารถแข่งขันกับยางสังเคราะห์ได้มากยิ่งขึ้น และมีต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่ต่ำลงรวมทั้งส่งผลต่อเนื่องทำให้ความจำเป็นที่ต้องขยายปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศที่ลดลง ซึ่งส่งผลให้ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการผลิตกระแสไฟฟ้า และยังเป็นการเพิ่มคุณค่าของยางดิบอีกทางหนึ่งด้วย

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติด้วยวิธีทางกล

นำยางธรรมชาติในรูปของยางแผ่นรมควัน ยางแท่งเกรด 5L และ 20 มา 300 กรัม แล้วบดยางด้วยเครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง โดยนำยางผ่านลูกกลิ้ง 6 ครั้ง หลังจากนั้นปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเป็น 0.5 มิลลิเมตร แล้วบดยางต่อที่ระยะเวลา 3, 5 และ 10 นาทีตามลำดับ โดยอุณหภูมิการบดยางอยู่ที่ประมาณ 40 °C แล้วจึงนำยางที่ได้ไปหาความหนืดและน้ำหนักโมเลกุล

#### การเตรียมยางน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

นำน้ำยางสดที่มีการรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมาปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 9-10 แล้วกวนน้ำยางแล้วจึงเติมสารออกซิดซ์ ร่วมกับสารรีดิวซ์ (ใช้โซเดียมไนไตรท์ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์) หลังจากนั้นเติมไฮดรอกซิลามีน ไฮโดรคลอไรด์กวนต่อเป็นเวลา 30 นาที ปรับ pH ของน้ำยางให้เป็นกลาง แล้วนำน้ำยางที่ได้ไปจับตัวด้วยกรดฟอร์มิก 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ล้างน้ำ และนำไปอบที่อุณหภูมิ 50-55 °C

#### การวิเคราะห์สมบัติของยาง

หลังจากได้ยางธรรมชาติน้ำหนักโมเลกุลต่ำแล้วจะนำมาศึกษาสมบัติ ดังนี้

- น้ำหนักโมเลกุล
- ความหนืด
- ปริมาณเจล
- ปริมาณอัลดีไฮด์

## การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39

### สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

#### ผลการทดลองและวิจารณ์

เมื่ออบยางแผ่นรมควัน และยางแท่งเกรด 5L และ 20 ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 1 พบว่าเวลาในการบดที่เหมาะสมในการเติมสารเคมี คือ 5 นาที โดยมีค่าของน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง  $3 \times 10^5$  ถึง  $4 \times 10^5$  และความหนืดอยู่ในช่วง 50 ถึง 60 (ML (1+4, 100 °C))

เมื่อศึกษาการใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับโซเดียมไนไตรท์ โดยใช้ในสัดส่วนของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ต่อ โซเดียมไนไตรท์ เป็น 1 : 0.5 phr. แล้วแปรเวลาในการทำปฏิกิริยาได้ผลการทดลองดังรูปที่ 2 พบว่าเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าของน้ำหนักโมเลกุล ( $M_v$ ) และปริมาณเจลลดลง แต่ปริมาณอัลดีไฮด์จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยามากขึ้น (มากกว่า 6 ชั่วโมง) ค่าของน้ำหนักโมเลกุล ( $M_v$ ) และปริมาณเจลจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโมเลกุลของยางอาจจะกลับมารวมตัวกันใหม่อีกครั้ง และเมื่อแปรสัดส่วนของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ต่อ โซเดียมไนไตรท์ ได้ผลดังรูปที่ 3 พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของสารจะมีผลทำให้ค่าของน้ำหนักโมเลกุล ( $M_v$ ) และปริมาณเจลลดลง แต่ปริมาณอัลดีไฮด์จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบว่าสัดส่วนที่ให้ผลที่ให้ผลดีคือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ต่อ โซเดียมไนไตรท์ เป็น 0.8:0.5 phr. เพราะเมื่อเพิ่มสัดส่วนของสารจะช่วยในการลดน้ำหนักโมเลกุลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เมื่อศึกษาการใช้สาร ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต โดยใช้ในสัดส่วนของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ต่อ โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต เป็น 0.03:0.03 โมล (เทียบกับยาง 100 กรัม) แล้วแปรเวลาในการทำปฏิกิริยา ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4 พบว่าเวลาที่เหมาะสมที่ให้ค่าของน้ำหนักโมเลกุล ความหนืด และค่าเจล ที่ลดลงและเริ่มคงที่ คือ 12 ชั่วโมง และเมื่อแปรสัดส่วนโมลของสาร ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5 พบว่าเมื่อให้สัดส่วนโมลของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ต่อ โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต เป็น 0.03:0.03 โมล (เทียบกับยาง 100 กรัม) จะให้ผลในการลดน้ำหนักโมเลกุลได้ในช่วงที่เหมาะสมแก่การนำไปแปรรูป

#### สรุปผล

การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์:โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.03:0.03 (โมล) ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 12 ชั่วโมง ให้ยางที่มีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน ไม่เหนียว มีความหนืดและ ปริมาณเจลลดลง และสามารถลดน้ำหนักโมเลกุลได้ในระดับ  $3 \times 10^5 - 4 \times 10^5$  ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการผสมสารเคมี การลดน้ำหนักโมเลกุลโดยวิธีนี้ให้ผลเหมือนกับการบดยางธรรมชาติ โดยใช้เวลาบดประมาณ 5 นาที ส่วนการใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์:โซเดียมไนไตรท์ 0.8:0.5 (phr) ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง สามารถลดน้ำหนักโมเลกุลได้ในระดับเดียวกัน แต่มีผลให้ยางที่ได้มีสีเหลืองเข้ม และเหนียว

การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุน ภายใต้แผนปรับโครงสร้างอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

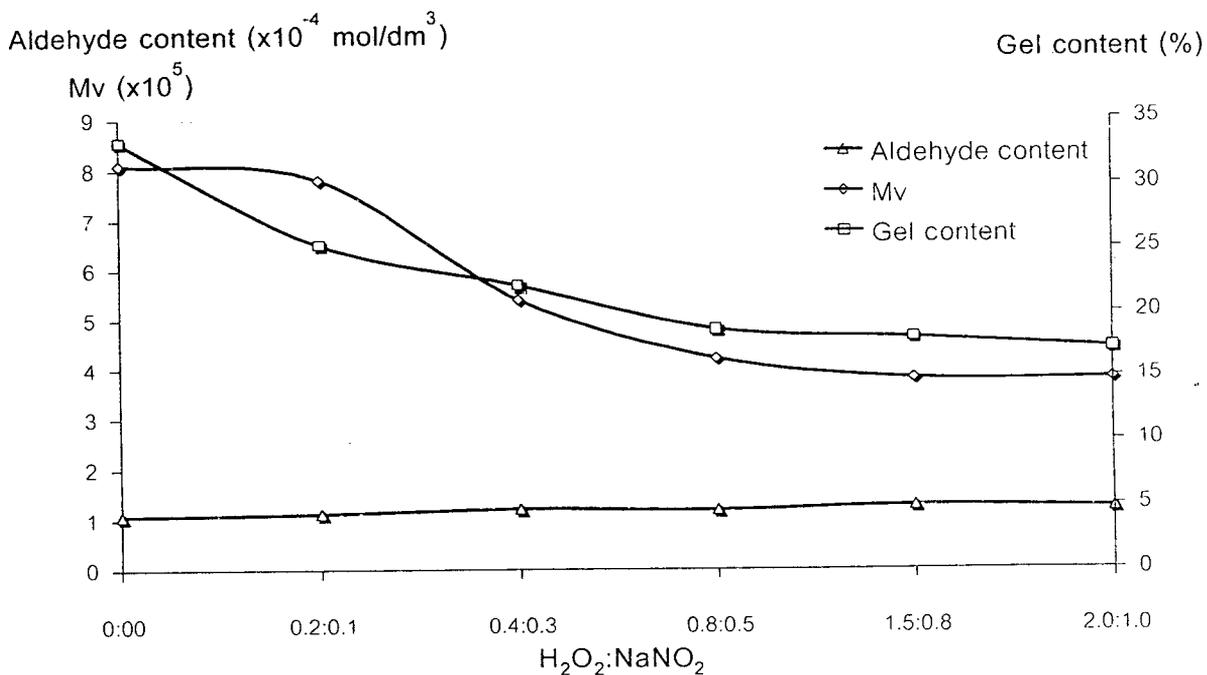
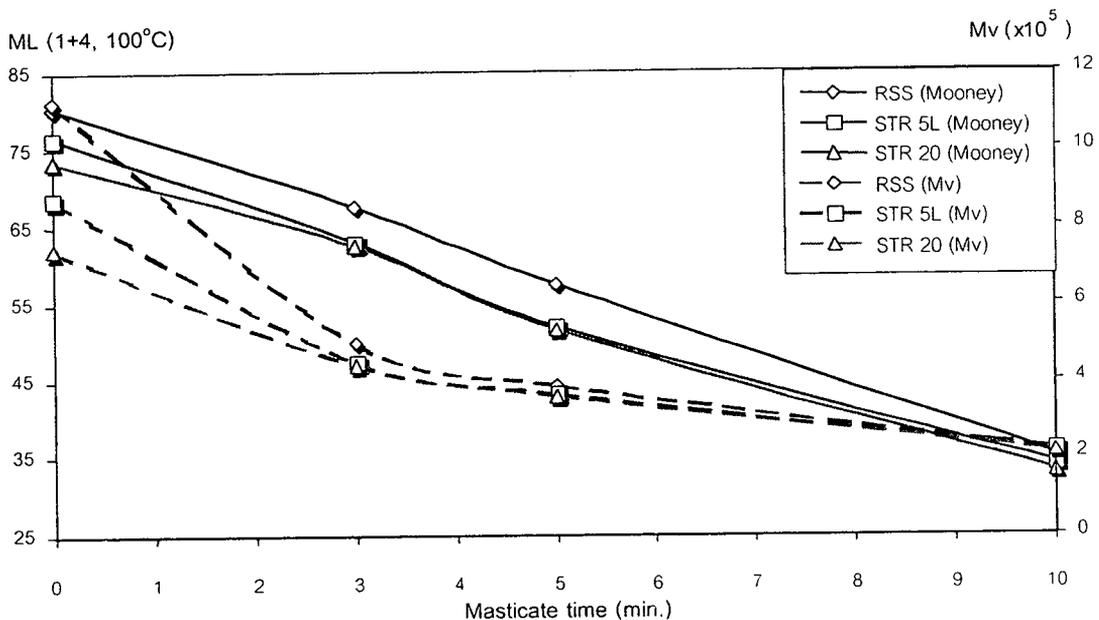
- เอกสารประชุมยุทธศาสตร์การพัฒนา ยางพาราครบวงจร 2542- 2546 คณะนโยบายทางธรรมชาติ. พรพรรณ นิธิอุทัย. 2540. เทคนิคการออกสูตรยาง. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 3-4.
- Roberts, A.D. 1988. Natural Rubber Science and Technology. Oxford University Press. Oxford. 3- 4.
- Levesque, J., Pautrat, R., and Hublin, R. 1978. Preprint, Int .Rubb. Red. Dev. Board Symp., Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur.
- Tangpakdee, J., Mizokoshi, M., Endo, A, and Tanaka, Y. 1998. Novel Method for Preparation of Low Molecular Weight Natural Rubber Latex. Rub. Chem. Tech. 71:215-241.
- Tanaka, Y.,*et.al.* 1999. Production Process of Depolymerized Natural Rubber. U.S.Pat 5,856,600.
- Kendall, C.E. 1951. Relation of Peroxide Decomposition to Rubber Degradation. Ind. Eng. Chem.43:452.

การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

Figure 1 Mooney viscosity and molecular weight of masticated rubber.

Figure 2 Properties of low molecular weight natural rubber that treated by hydrogen peroxide and sodium nitrite with various reaction time.

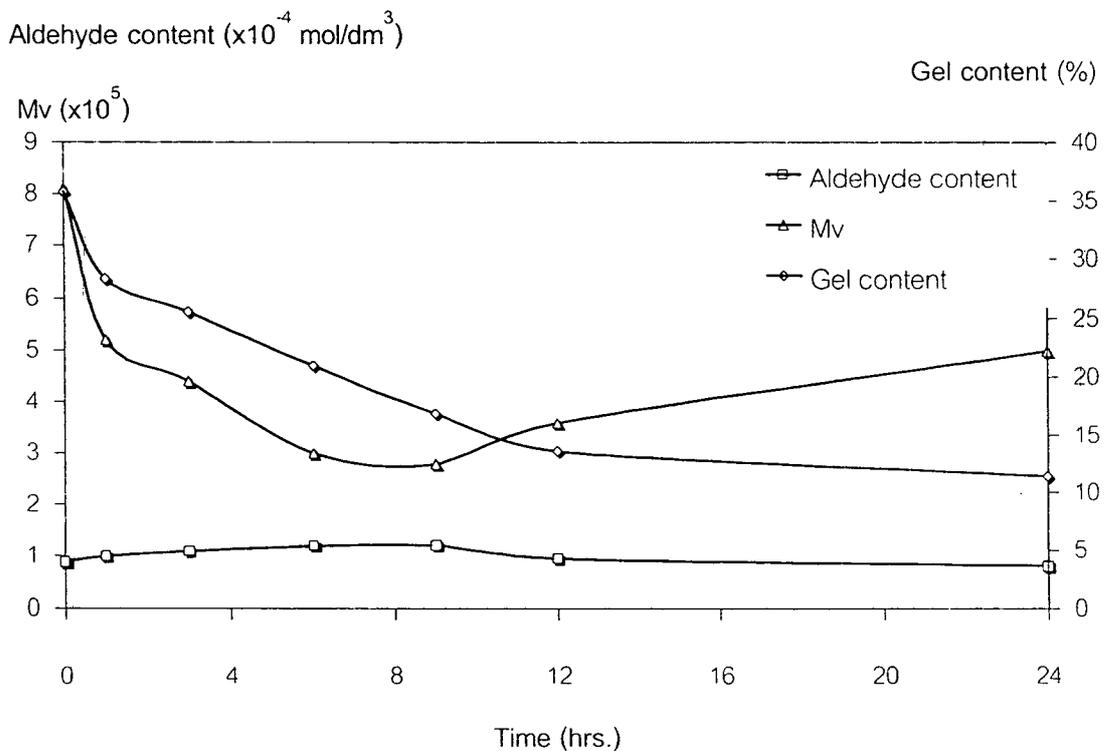
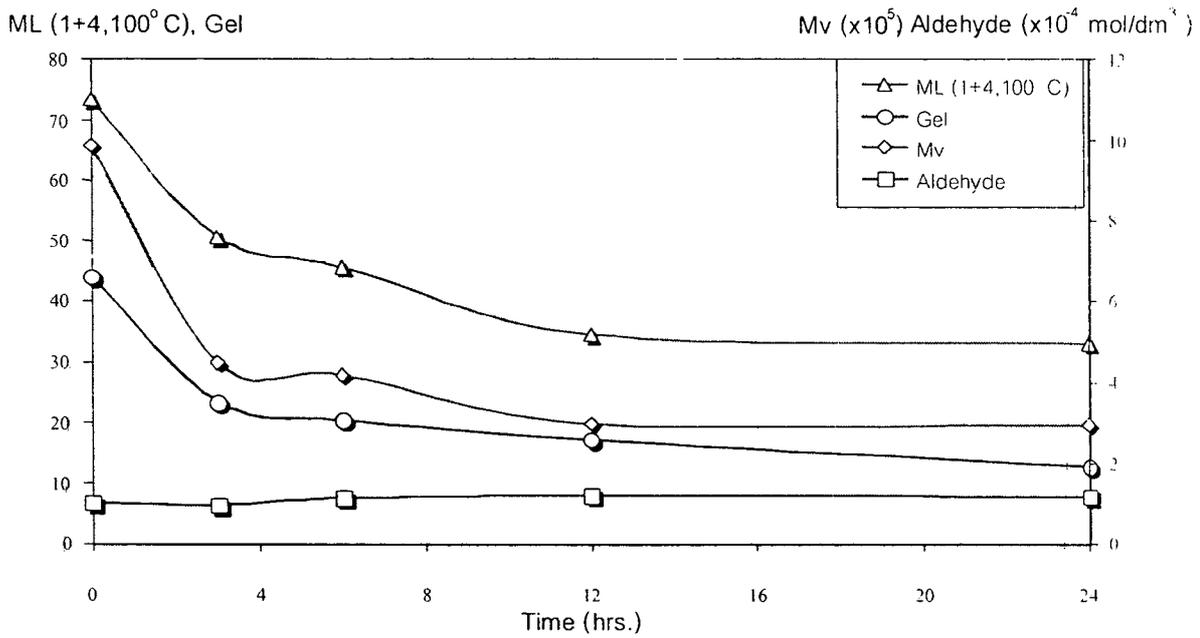


การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

**Figure 3** Properties of low molecular weight natural rubber that treated various ratio of hydrogen peroxide and sodium nitrite.

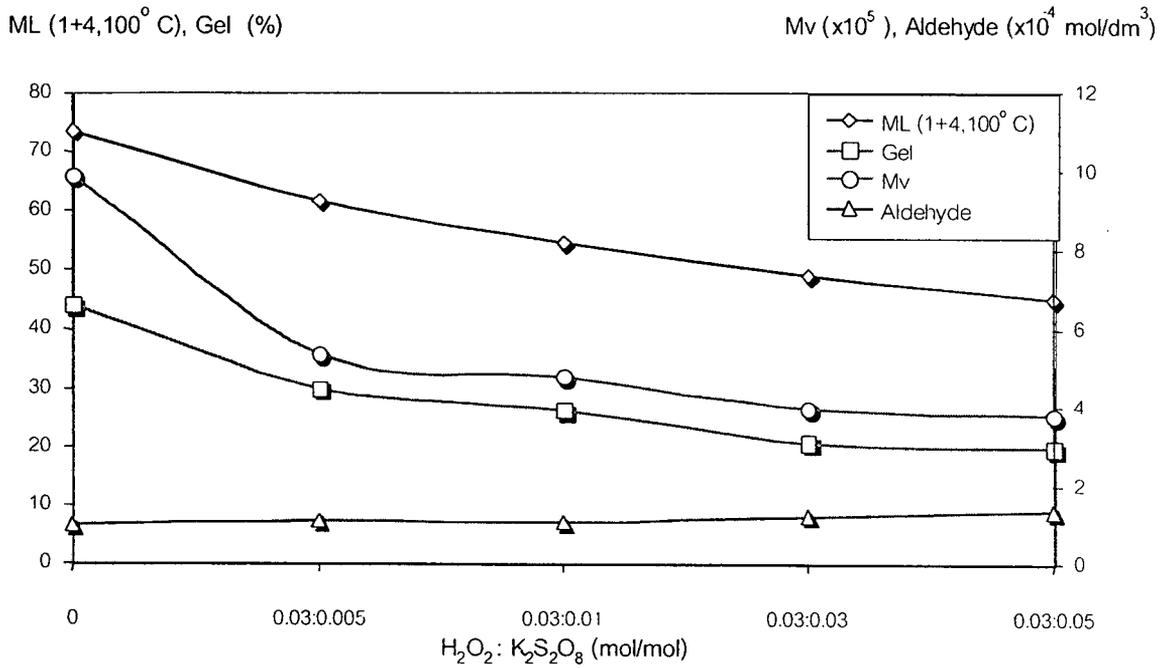
**Figure 4** Properties of low molecular weight natural rubber that treated by hydrogen peroxide and potassium persulphate with various reaction time.



การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

**Figure 5** Properties of low molecular weight natural rubber that that treated various ratio of hydrogen peroxide and potassium persulphate.



## แบบสรุปโครงการวิจัย

สัญญาเลขที่ .....I-705..... ชื่อโครงการ ...การปรับปรุงยางธรรมชาติเพื่อลดพลังงานที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ยาง..  
หัวหน้าโครงการ .....ดร.อรสา ภัทรไพฑูรย์ชัย..... สถาบัน .....มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.....  
โทรศัพท์.....073-312213..... โทรสาร ...073-331099..... E-mail : .....porasa@bunga.pn.psu.ac.th....  
mail address ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000

### ความสำคัญความเป็นมา

ยางธรรมชาติมีการผลิตในประเทศหลักๆ คือ ประเทศไทย อินโดนีเซีย และบางส่วนของประเทศมาเลเซีย ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ที่ผลิตยางธรรมชาติส่งออกเป็นอันดับที่ 1 ของโลก ติดต่อกันเป็นปีที่ 10 โดยในปี พ.ศ. 2543 ผลิตได้ประมาณ 2.47 ล้านตัน (สถาบันวิจัยยาง, 2544)

ยางธรรมชาติที่ได้จากต้นยางในรูปของน้ำยาง (Latex) จะนำมาทำการแปรรูปเพื่อจัดจำหน่าย ในรูปแบบต่างๆ แบ่งออกเป็น 5 ชนิดใหญ่ๆ คือ น้ำยางข้น (Concentrated Latex), ยางเครฟ (Crepe Rubber), ยางแท่ง (Block Rubber), ยางแผ่น [ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoke Sheet) และยางแผ่นอบแห้ง (Air Dried Sheet)] และยางเกรดพิเศษอื่นๆ (Special Purpose Rubber) เช่น ยางแท่ง ความหนืดคงที่ (Constant Viscosity), ยางที่ช่วยในการแปรรูปโดยมีพันธะเชื่อมโยงบางส่วน (SP Rubber), ยางสกิน (Skim Rubber) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำน้ำยางข้น, ยางโปรตีนต่ำ (Deproteinised Natural Rubber), ยาง Hevea plus MG กร๊าฟโคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับ เมทริลเมธาไคเลต และยางอีพอกซีไดซ์ (Epoxidized Rubber) เป็นต้น (พรพรรณ, 2540)

ยางธรรมชาติในรูปแบบของยางแห้ง เมื่อต้องการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยาง ขั้นตอนแรกของการแปรรูป คือ การผสมยางกับสารเคมี ซึ่งยางธรรมชาติจำเป็นต้องผ่านกระบวนการบดยาง เนื่องจากยางธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลที่สูงประมาณ  $1.6 \times 10^6$  -  $2.3 \times 10^6$  (Roberts, 1988a) จึงจำเป็นต้องมีการบดยาง เพื่อให้สายโซ่โมเลกุลของยางสั้นลง หรือมีน้ำหนักโมเลกุลที่ต่ำลงในช่วง  $4 \times 10^5$  -  $1 \times 10^6$  (Roberts, 1988b) ก่อนที่จะผสมยางกับสารเคมีอื่นๆ เข้าไป ซึ่งขั้นตอนของการบดยาง เพื่อผสมสารเคมีดังกล่าว ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยางจะใช้วิธีทางกลโดยใช้แรงเสียดทานสายโซ่โมเลกุลให้เกิดการฉีกขาดและสั้นลง โดยจะใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง (Two-Roll Mill) หรือเครื่องผสมแบบปิด (Internal Mixer) ซึ่งเครื่องมือทั้งสองต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร ซึ่งส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าไฟฟ้าค่อนข้างสูง ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุทำให้ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติมีค่าสูงกว่ายางสังเคราะห์ที่ไม่จำเป็นต้องบดยางก่อน

ผสมสารเคมี เช่น ยางเอสบีอาร์ (SBR) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลเพียง  $2.5 \times 10^5 - 8.0 \times 10^5$  (Hofmann, 1994) จึงไม่จำเป็นต้องบดขย้างก่อนผสมสารเคมี

นอกจากประเด็นเรื่องการบดขย้างธรรมชาติยังมีปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การแข็งตัวของยางระหว่างการเก็บ โดยความหนืดของยางจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บยางในสถานะที่เย็นเป็นเวลานานๆ ซึ่งความหนืดที่เพิ่มขึ้นจะมีผลกระทบต่อกระบวนการแปรรูปยาง คือ ต้องใช้พลังงานในการผสมหรือการแปรรูปมากกว่าปกติ หรือต้องใช้เวลาในการบดผสมมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อให้ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสูงกว่ายางสังเคราะห์อื่น

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเทคนิคและวิธีการในการลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมในขั้นตอนของการผลิตยางดิบ และใช้สารเคมีที่ช่วยในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของความหนืด เพื่อจะทำให้ได้เป็นยางชนิดใหม่ที่มีน้ำหนักโมเลกุลที่เหมาะสม พร้อมทั้งจะผสมสารเคมีได้ และความหนืดในระหว่างการเก็บคงที่ ก่อนที่จะส่งไปยังภาคอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง โดยจะส่งผลทำให้ภาคการผลิตผลิตภัณฑ์ยางจากยางธรรมชาติใช้พลังงานและเวลาในการแปรรูปยางที่น้อยลง ทำให้ยางธรรมชาติมีศักยภาพในด้านการแปรรูปที่สามารถแข่งขันกับยางสังเคราะห์ได้มากยิ่งขึ้น และมีต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่ต่ำลงรวมทั้งส่งผลกระทบต่อให้ความจำเป็นที่ต้องขยายปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศลดลง ซึ่งส่งผลให้ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการผลิตกระแสไฟฟ้า และยังเป็นการเพิ่มคุณค่าของยางดิบอีกทางหนึ่งด้วย

### วัตถุประสงค์โครงการ

1. เกิดเทคโนโลยีการผลิตยางธรรมชาติเกรดใหม่ เป็นยางที่สามารถควบคุมน้ำหนักโมเลกุลในระดับต่าง ๆ ไม่มีปัญหาในเรื่องของการเกิดการแข็งตัวเมื่อเก็บ และมีความหนืดในระดับที่เหมาะสมกับการใช้งานหรือการทำผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

2. เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอุตสาหกรรมการผลิตยางธรรมชาติดิบที่นอกเหนือหรือแทนที่จากที่มีอยู่ในรูปของยางแผ่นรมควัน ยางแผ่น ออบแห้ง หรือยางแท่ง ไปเป็นยางเกรดใหม่ที่ประหยัดทั้งเวลาและพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในการแปรรูปและมีมาตรฐานไม่ด้อยไปกว่ายางแท่งมาตรฐาน (Standard Thai Rubber, STR)

3. เกิดความรู้เรื่องการควบคุมน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ เพื่อนำไปขยายพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติให้หลากหลายมากขึ้น เช่น การทำกาว การทำสารช่วยผสม การทำเบ้าพิมพ์ เป็นต้น

ผลที่ได้รับ	บรรลุลวัตถุประสงค์ ข้อที่	โดยทำให้
1. ได้เทคโนโลยีการผลิตยางธรรมชาติ เกรดใหม่ที่ลดพลังงานในการผลิต	1	ได้จดสิทธิบัตรกระบวนการ ผลิตใหม่นี้ (เลขที่ 077257)
2. เกิดการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างอุตสาหกรรม การผลิตยางธรรมชาติดิบที่ นอกเหนือหรือแทนที่จากที่มีอยู่ใน รูปของยางแผ่นรมควัน ยางแผ่น อบ แห้ง หรือยางแท่ง	2	มีผู้สนใจนำเทคโนโลยีใหม่นี้ ไปทดลองใช้
3. เกิดความรู้เรื่องการควบคุมน้ำหนัก โมเลกุลของยางธรรมชาติ	3	

#### การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำเทคโนโลยีใหม่นี้ไปผลิตยางดิบเกรดใหม่ได้ โดยอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง  
สามารถลดพลังงานในการแปรรูป และสามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีขึ้น

#### การประชาสัมพันธ์

ได้ดำเนินการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่พัฒนาได้ใหม่นี้ให้แก่ผู้สนใจสามกลุ่ม  
คือ กลุ่มสหกรณ์ชาวสวนยาง กลุ่มอุตสาหกรรมยางดิบ และกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง