

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการถ่ายโอนมวลของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าสู่ยางธรรมชาติโดยอาศัยระบบทัศนภาพ เพื่อช่วยในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของขนาดของยางธรรมชาติที่ดูดซึมสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าไปในเวลาต่าง ๆ โดยใช้สมมุติฐานที่ว่าปริมาณของสารไฮโดรคาร์บอนที่แทรกซึมเข้าไปในยางแปรผัน กับ เวลา<sup>1/2</sup> และอัตราการถ่ายโอนมวลของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าสู่ยางธรรมชาติขึ้นอยู่กับความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์การละลายของสารไฮโดรคาร์บอนเทียบกับยางธรรมชาติ ผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 5.1 ผลจากการบดด้วยเครื่องบดผสมยาง

ตัวอย่างยางธรรมชาติพันธุ์ KRS225 เมื่อผ่านการบดด้วยเครื่องบดผสมยาง(two-roll mill) ทำให้น้ำหนักโมเลกุล และการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลมีค่าต่ำลง การบดด้วยเครื่องบดผสมยางที่ใช้เวลาต่างกัน คือ 15 30 และ 60 นาที มีผลให้น้ำหนักโมเลกุล และการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลไม่ต่างกันมากนัก โดยน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของยางจะลดลงเฉลี่ยร้อยละ 67 ความหนืดมูนิลดลงเฉลี่ยร้อยละ 55 และการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล (Mw/Mn) ลดลงร้อยละ 46 แสดงให้เห็นว่าการใช้วิธีการเชิงกลสามารถทำให้โมเลกุลของยางมีขนาดสั้นลง และมีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้น เนื่องจากการกระจายตัวแคบลง โดยมีสัดส่วนของน้ำหนักโมเลกุลต่ำมากขึ้นในขณะที่น้ำหนักโมเลกุลสูงลดลง

#### 5.2 การดูดซึมสารไฮโดรคาร์บอนเหลวประเภทน้ำมัน

การใช้ตัวอย่างยางธรรมชาติดูดซึมน้ำมัน โดยปริมาณของน้ำมันที่ถูกดูดซึมเข้าไปในยางจะลดลงเมื่อน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันเพิ่มขึ้น โดย Gasoline ที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุด คือ 104 สามารถแทรกซึมเข้าไปในยางได้ 0.59 กรัมต่อกรัมยาง และ Paraffin oil(885) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากที่สุด

คือ 340 สามารถแทรกซึมเข้าไปในยางได้ 0.27 กรัมต่อกรัมยาง แสดงให้เห็นว่าเมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้น 3 เท่า จะทำให้ปริมาณของสารไฮโดรคาร์บอนที่ถูกดูดซึมลดลงร้อยละ 46 และการพองตัวของยางลดลงร้อยละ 77

### 5.3 การดูดซึมสารไฮโดรคาร์บอนเหลวพวก aliphatics และaromatics

ยางธรรมชาติสามารถดูดซึมสาร aromatics เข้าไปได้ในปริมาณมากกว่า aliphatics แต่ทำให้ยางเกิดการพองตัวได้น้อยกว่า โดยปริมาณของสาร aromatics ที่ถูกดูดซึมเข้าไปจะมีค่าเป็น 1.45 เท่าของปริมาณของสาร aliphatics ที่ถูกดูดซึมไว้ได้ แต่มีค่ารัศมีที่เปลี่ยนไปเทียบกับรัศมีเริ่มต้น ( $r/r_0$ ) ของสาร aromatics เป็น 0.93 เท่าของ  $r/r_0$  ของสาร aliphatics แสดงว่าสารที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นวงจะถูกดูดซึมเข้าไปในยางธรรมชาติได้ดีกว่า แต่จะทำให้ยางเกิดการพองตัวได้น้อยกว่าพวกที่มีโครงสร้างเป็นโซ่ตรง และเมื่อใช้สาร LAB (linear alkyl benzene) ที่มีโครงสร้างที่เป็นทั้งโซ่ตรงและวงเบนซีน สามารถถูกดูดซึมได้ดี และทำให้ยางเกิดการขยายตัวได้ดีอีกด้วย

### 5.4 การดูดซึมสารไฮโดรคาร์บอนเหลวพวกที่มี hydroxy group

ปริมาณของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวพวกที่มี hydroxy group ถูกดูดซึมได้แต่ในปริมาณน้อยเฉลี่ยเป็น 0.2 กรัมต่อกรัมยาง โดยที่สาร PG(propylene glycol) จะถูกดูดซึมไว้ได้น้อยที่สุด เนื่องจากมีความหนืดมากที่สุด สำหรับผลต่อการพองตัวของยางธรรมชาติกลับไม่ทำให้ยางเกิดการพองตัวเนื่องจากสารเหล่านี้เป็นสารที่มีขั้วจะสามารถเข้าไปละลายได้ในส่วนที่มีขั้วในยางธรรมชาติ คือ บริเวณที่เป็น โปรตีน ไลปิด และ กรดไขมัน แต่ในส่วนที่มีขั้วในยางจะมีเป็นส่วนน้อยจึงทำให้สารไฮโดรคาร์บอนเหลวพวกที่มี hydroxy group ถูกดูดซึมได้แต่ในปริมาณน้อยเท่านั้น

เมื่อเทียบกับสารที่มีขั้ว คือ THF (tetrahydrofuran) ที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีขั้ว มีโครงสร้างเป็นวงอีเทอร์ พบว่าสามารถถูกดูดซึมได้ดีในยางธรรมชาติ คือ 1.10 กรัมต่อกรัมยาง คิดเป็น 5.5 เท่าของพวกที่มี hydroxy group และทำให้ยางพองตัว 1.35 เท่า แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างที่เป็นวงทำให้สาร THF ถูกดูดซึมได้ดีในยางและทำให้ยางเกิดการพองตัวได้ดี เนื่องจากสามารถเข้าไปละลายในส่วนที่เป็นที่ว่างของยางแล้วยังสามารถละลายกับส่วนที่มีขั้วในยางได้อีกด้วย

## 5.5 รัศมีที่เปลี่ยนไปหลังเกิดการดูดซึมสารไฮโดรคาร์บอนเหลวพวก aliphatics และ aromatics

รัศมีที่เปลี่ยนไปหลังเกิดการดูดซึมสารไฮโดรคาร์บอนเหลวพวก aromatics จะเปลี่ยนไปน้อยกว่าการดูดซึมสารพวก aliphatics เมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณของสารเข้าไปได้เท่ากัน เนื่องจากการที่สาร aromatics ละลายเข้าไปในช่องว่างในโมเลกุลของยางธรรมชาติที่มีลักษณะคล้ายโครงร่างตาข่าย โครงสร้างที่ขดตัวเป็นวงทำให้ไปดันโมเลกุลของยางให้พองตัวออกได้น้อยกว่าเมื่อสารมีโครงสร้างเป็นโซ่ตรงของสารพวก aliphatics อย่างไรก็ตามลักษณะของการพองตัวของยางธรรมชาติที่เกิดจากการดูดซึมสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าไปนั้นจะมีลักษณะเป็น S-shape คือ ยางจะพองตัวเพิ่มขึ้นและจะหยุดการพองตัวเมื่อสารเข้าไปในปริมาณหนึ่งที่จุดสมดุล เมื่อยางทั้งก้อนดูดซึมสารเข้าไปเต็มที่แล้วนั่นเอง

## 5.6 อัตราการพองตัวของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีอัตราการพองตัวเนื่องจากการดูดซึมสารไฮโดรคาร์บอนที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ต่างกันได้แตกต่างกัน โดยที่โครงสร้างที่เป็นวงถูกดูดซึมเข้าไปได้ดีกว่าโครงสร้างที่เป็นโซ่ตรงแต่ทำให้เกิดอัตราการพองตัว  $(r/r_0)^2$  ของยางน้อยกว่า และเมื่อนำสารที่มีโครงสร้างที่เป็นวงและโซ่ตรงในสารเดียวกัน คือ LAB มาดูดซับด้วยยางธรรมชาติ ก็จะทำให้อัตราการพองตัวของยางมาก รวมถึงปริมาณที่ถูกดูดซับก็จะมีปริมาณมากอีกด้วย

สารที่มีขั้วแต่มีโครงสร้างเป็นวง คือ THF ก็จะสามารถทำใหยางมีอัตราการพองตัวที่มากเนื่องจาก THF เป็นวงอีเทอร์จึงเข้าไปละลายในช่องว่างของโมเลกุลยางได้ดี และยังเป็นสารที่มีขั้วจึงเข้าไปละลายใกล้กับส่วนที่มีขั้ว ทำให้ช่องว่างในโมเลกุลยางกางออกมาก อัตราของการพองตัวจึงมีค่ามาก

## 5.7 พารามิเตอร์ $\gamma$

จากการทดลองพบว่าอัตราการถ่ายโอนมวลของสารชนิดต่าง ๆ จะมีค่าที่แปรผันไปตามค่าผลต่างของพารามิเตอร์การละลาย  $\delta$  ของสารนั้น กับ  $\delta$  ของยางธรรมชาติ และเมื่อนำค่าอัตราการถ่ายโอนมวลของสารแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกับสารพวก aromatics จะได้ค่าพารามิเตอร์  $\gamma$

ถ้าค่า  $\gamma$  ของสารใดมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ามีอัตราการถ่ายโอนมวลน้อยกว่าสารกลุ่ม aromatics แต่ถ้าสารใด มีค่า  $\gamma$  มากกว่า 1 แสดงว่ามีอัตราการถ่ายโอนมวลสูงกว่าสารกลุ่ม aromatics

และจากผลการทดลองสามารถใช้ค่าพารามิเตอร์  $\gamma$  อธิบายอัตราการถ่ายโอนมวลของสารได้จริง โดยใช้กับกลุ่มสารดังนี้ สารไฮโดรคาร์บอนกลุ่ม aliphatics ( $C_5-C_9$ ) สารกลุ่ม aromatics (BTX) อีเทอร์ (THF) แอลกอฮอล์ (isopropyl-alcohol) ไกลคอล (2-ethyl-hexanediol และ PG) และ LAB

### ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ให้แนวทางในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการพองตัวของยางธรรมชาติหลังการดูดซึมสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ กับเวลา และ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมสารอินทรีย์กับเวลา หากต้องการพัฒนางานวิจัยนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ควรหาแบบจำลองที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของอัตราการพองตัวของยางกับอัตราการดูดซึมสารอินทรีย์เข้าไปในยางธรรมชาติ เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จาก image processing ได้อย่างสมบูรณ์
2. ในการทดลองยังมีความผิดพลาดในการวัดน้ำหนักของสารที่ถูกดูดซึมจากน้ำหนักของตัวอย่างยางที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะสารอินทรีย์ที่มีความหนืดสูง ดังนั้นการชั่งน้ำหนักของยางหลังการจุ่มในสารอินทรีย์แล้ว ควรมีการชั่งน้ำหนักของสารอินทรีย์ที่ติดอยู่บนบริเวณแผ่นแก้วที่ใช้จุ่มลงในสารหลังการทดลองแล้วนำมาหักออกจากน้ำหนักที่ได้ หรือ ออกแบบของเครื่องมือทดลองใหม่ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ผิดพลาดน้อยลง