



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียว
สำหรับการดูดซับวิตามินซี

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต งามจรัสศรีวิชัย และคณะ

พฤษภาคม พ.ศ. 2554

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียว
สำหรับการดูดซับวิตามินซี

คณะผู้วิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต งามจรัสศรีวิชัย
2. นายณัฐดนัย เจริญสุข
3. นางสาวภัทรพร ตั้งกลชาญ

ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดโครงการวิจัยแห่งชาติ : ยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวสำหรับการดูดซับวิตามินซี
(ภาษาอังกฤษ)	Composite films of natural rubber and clay for adsorption of vitamin C

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-นามสกุล	ชวลิต งามจรุสศิริวิชัย		
หน่วยงาน	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		
ที่อยู่	ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์		
โทรศัพท์	0-2218-7528	โทรสาร	0-2255-5831
E-mail address	Chawalit.Ng@chula.ac.th		

นักศึกษา/ผู้ร่วมวิจัย

1. นายณัฐดนัย เจริญสุข	นิสิตปริญญาตรี
2. นางสาวภัทรพร ตั้งกลชาญ	นิสิตปริญญาตรี

งบประมาณทั้งโครงการ 100,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินการ 9 เดือน ตั้งแต่วันที่ 14 กันยายน 2553 ถึงวันที่ 15 พฤษภาคม 2554

ปัญหาที่ทํารว้จยและความสำคัญ (โดยย่อประมาณ 5 บรรทัด)

สืบเนื่องจากโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพาราในปี 2551 ชื่อโครงการ “การพัฒนาสมบัติการดูดซับของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิต” เลขที่สัญญารับทุนฯ RDG5150046 ซึ่งศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตจากสารละลายยางแห้งในตัวทำละลาย toluene หรือ THF กับวัสดุซิลิกาชนิดต่าง ๆ โดยพบว่าแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและเมโซพอร์รัสซิลิกา (mesoporous silica) หรือ NR/MCM-41 มีสมบัติการดูดซับและคายวิตามินเอ อี และซีสูงสุด อย่างไรก็ดี ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะให้เตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตจากน้ำยางแทนยางแห้ง เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ตัวทำละลายที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และใช้น้ำยางเข้มข้น deprotenised concentrated latex เพื่อลดโอกาสการแพ้เมื่อนำแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมได้ไปใช้จริงกับผิวหนังของมนุษย์ นอกจากนี้ แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมได้มีราคาสูงเนื่องจากวัสดุซิลิกาที่ใช้มีราคาแพง ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงศึกษาการปรับวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตให้สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และใช้ดินเหนียว (clay) ซึ่งเป็นวัสดุจากธรรมชาติ มีราคาถูก หาได้ในประเทศ และไม่เป็นพิษต่อมนุษย์แทนการใช้วัสดุซิลิกา

วัตถุดิบ

เตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวที่มีสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีได้

ผลการดำเนินงาน

การเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวใช้วิธีการกวนผสมแบบแขวนลอย (slurry mixing) เช่นเดียวกับโครงการวิจัยก่อนหน้านี้โดยใช้น้ำยางข้นชนิด deprotenised concentrated latex และดินเหนียวชนิดเบนโทไนต์ (bentonite) และคาโอลิไนต์ (kaolinite) เป็นวัตถุดิบตั้งต้น โดยศึกษาหาปัจจัยที่ผลต่อความเรียบเนียนของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตและการกระจายอนุภาคดินเหนียวในชั้นฟิล์มยางธรรมชาติ ได้แก่ ชนิดของดินเหนียว ปริมาณดินเหนียว และการดัดแปรดินเหนียวด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอล เบนโทไนต์และคาโอลิไนต์ที่ผ่านการกวนผสมกับพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโดยใช้เทคนิคต่างๆ ได้แก่ powder X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) และ thermogravimetric/differential thermal analysis (TG/DTA) จากผลการศึกษาพบว่า พอลิเอทิลีนไกลคอลบางส่วนสามารถแทรกเข้าไปภายในช่องว่างระหว่างชั้นของเบนโทไนต์ซึ่งมีการจัดเรียงโครงสร้างแบบ 2:1 silicate layer แต่ในกรณีของคาโอลิไนต์ พอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลที่ใช้ในการดัดแปรจะเคลือบอยู่ภายนอกของอนุภาคเนื่องจากชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของคาโอลิไนต์อยู่ติดกันมากตามการจัดเรียงโครงสร้างภายในแบบ 1:1 silicate layer

เบนโทไนต์ไม่สามารถนำมาใช้เตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติจากน้ำยางได้โดยตรงด้วยวิธีการกวนผสมแบบแขวนลอยที่ใช้ในโครงการนี้ เนื่องจากการผสมเบนโทไนต์ในน้ำยางทำให้เนื้อยางจับตัวเป็นก้อนและไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มบางได้ ขณะที่การใช้คาโอลิไนต์เป็นดินเหนียวจะได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีความเรียบเนียนและมีการกระจายอนุภาคคาโอลิไนต์ในเนื้อยางสม่ำเสมอ ซึ่งสังเกตได้จากภาพถ่าย SEM พื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิต การดัดแปรคาโอลิไนต์ด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลช่วยเพิ่มการกระจายอนุภาคคาโอลิไนต์ในเนื้อยางและทำให้พื้นผิวของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติมีความขรุขระมากขึ้นหรือมีปริมาณอนุภาคคาโอลิไนต์ที่โผล่พื้นเนื้อยางมากขึ้น นอกจากนั้นทำให้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตคงรูปได้ดีเมื่อลอกออกจากงานเพาะเชื้อ การเติมกลีเซอรอลร่วมในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ทำให้ได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้นและมีลักษณะนุ่มและชุ่มชื้น อย่างไรก็ตาม อนุภาคคาโอลิไนต์จะเกาะรวมกันเล็กน้อย ทำให้การกระจายอนุภาคคาโอลิไนต์ไม่สม่ำเสมอเท่ากรณีของการใช้พอลิเอทิลีนไกลคอล

แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ที่เตรียมด้วยวิธีการกวนผสมแบบแขวนลอยมีความสามารถดูดซับและคายกรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) ได้ต่ำ เนื่องจากมีปริมาณอนุภาคคาโอลิไนต์ที่โผล่พื้นชั้นฟิล์มยางธรรมชาติน้อย แม้การเติมพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลจะช่วยเพิ่มปริมาณกรด

แอสคอร์บิกที่ดูดซับและคายได้ แต่เมื่อเทียบกับผลการทดลองในโครงการวิจัยก่อนหน้านี้ แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ที่เตรียมในโครงการนี้ยังมีสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินต่ำกว่า

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงปรับวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและซิลิกาเป็นแบบสองชั้น (two-layer film composite) โดยการเตรียมชั้นฟิล์มยางธรรมชาติและชั้นดินเหนียวแยกส่วนกัน ชั้นฟิล์มยางธรรมชาติประกอบด้วย น้ำยาง พอลิเอทิลีนไกลคอล และน้ำ ส่วนชั้นดินเหนียวประกอบด้วย คาโอลิไนต์ พอลิเอทิลีนไกลคอล กลีเซอรอล และน้ำ แผ่นฟิล์มคอมพอสิตยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ที่เตรียมแบบสองชั้นจะมีการจมตัวของอนุภาคดินเหนียวในเนื้อเยื่ออย่างน้อยลงและพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตมีความขรุขระมากขึ้น แผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นชนิด NR-PEG(60)/PEG-Gly(30%)-Kaolinite(200) ที่เตรียมโดยใช้ปริมาณคาโอลิไนต์เท่ากับ 200 phr, ปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่เติมในของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติเท่ากับ 60 phr และปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลที่เติมในของผสมของชั้นดินเท่ากับ 10 และ 30 %โดยน้ำหนักของคาโอลิไนต์ ตามลำดับ มีลักษณะทางกายภาพเหมาะสมและให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่ดูดซับและคายได้มากที่สุด ซึ่งภาวะที่เหมาะสมนี้สามารถใช้ขึ้นรูปเป็นแผ่นพอกหน้า (facial mask sheet) ขนาดเท่าใบหน้าคนได้ จากการคำนวณต้นทุนในการเตรียมแผ่นพอกหน้าจากแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นโดยคิดเพียงค่าสารเคมีและค่าไฟฟ้าพบว่า มีต้นทุนต่อแผ่นประมาณ 10 บาท โดยต้นทุนส่วนใหญ่ (63%) เป็นค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการกวนผสมและการอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ

สรุปผลการวิจัย

ดินเหนียวชนิดเบนโทไนต์ไม่เหมาะสมสำหรับการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตจากน้ำยางด้วยกรรมวิธีที่ใช้ในโครงการนี้ เนื่องจากทำให้เนื้อเยื่อจับตัวเป็นก้อนและไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มบางได้ ขณะที่การใช้ดินเหนียวชนิดคาโอลิไนต์จะได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีความเรียบเนียนสม่ำเสมอ การเติมพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ที่มีพื้นผิวขรุขระหรือมีปริมาณอนุภาคคาโอลิไนต์ที่โผล่พื้นเนื้อเยื่ออย่างมาก คงรูปได้ดีเมื่อลอกออกจากจานเพาะเชื้อ มีความยืดหยุ่น มีความนุ่มและชุ่มชื้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณวิตามินซีที่ดูดซับและคายได้

การเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้น (two-layer film composite) ให้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีลักษณะทางกายภาพและสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานมากกว่า สัดส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นคือ ปริมาณคาโอลิไนต์เท่ากับ 200 phr, ปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่เติมในของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติเท่ากับ 60 phr และปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลที่เติมในของผสมของชั้นดินเท่ากับ 10 และ 30 %โดยน้ำหนักของคาโอลิไนต์

ตามลำดับ กรรมวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโบลินต์แบบสองชั้นสามารถใช้ขึ้นรูปแผ่นพอกหน้า (facial mask sheet) ขนาดเท่าใบหน้าคนได้ โดยมีต้นทุนต่อแผ่นประมาณ 10 บาท

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

โครงการวิจัยนี้สามารถพัฒนาวิธีการขึ้นรูปแผ่นพอกหน้าขนาดเท่าใบหน้าคนจากแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโบลินต์แบบสองชั้นที่มีสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีได้ อย่างไรก็ตาม ดีสีของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตและการกระจายอนุภาคคาโบลินต์ในชั้นฟิล์มยางธรรมชาติยังไม่สม่ำเสมอ จึงน่าจะทดลองปรับกรรมวิธีการเตรียมและ/หรืออุปกรณ์ที่ใช้ รวมทั้งการใส่พอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ ร่วมในการเตรียมเพื่อให้ได้แผ่นพอกหน้าที่มีลักษณะทางกายภาพดีขึ้นและนำใช้งานมากยิ่งขึ้น หลังจากนั้นจึงนำแผ่นพอกหน้าไปทดสอบการใช้งานจริง โดยทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แผ่นพอกหน้าที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ยื่นขอจดสิทธิบัตรกรรมวิธีการเตรียมแผ่นพอกหน้าจากแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติ
จำนวน 1 เรื่อง

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวที่มีสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีด้วยวิธีการกวนผสมแบบแขวนลอย (slurry mixing) โดยใช้ น้ำยางข้นชนิด deproteinised concentrated latex และดินเหนียวชนิดเบนโทไนต์และคาโอลิไนต์เป็นวัตถุดิบตั้งต้น โดยศึกษาหาปัจจัยที่ผลต่อความเรียบเนียนของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตและการกระจายอนุภาคดินเหนียวในชั้นฟิล์มยางธรรมชาติ ได้แก่ ชนิดของดินเหนียว ปริมาณดินเหนียว และการดัดแปรดินเหนียวด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอล โครงสร้างของเบนโทไนต์และคาโอลิไนต์ก่อนและหลังการดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลวิเคราะห์ด้วยเทคนิค powder X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) และ thermogravimetric/differential thermal analysis (TG/DTA) เบนโทไนต์ไม่เหมาะสมสำหรับการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตจากน้ำยาง เนื่องจากทำให้เนื้อยางจับตัวเป็นก้อนและไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มบางได้ ขณะที่การใช้คาโอลิไนต์จะได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีความเรียบเนียนสม่ำเสมอ การเติมพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ที่มีพื้นผิวขรุขระหรือมีปริมาณอนุภาคคาโอลิไนต์ที่เผล่พื้นเนื้ออย่างมาก คงรูปได้ดีเมื่อลอกออกจากงานเพาะเชื้อ มีความยืดหยุ่น มีความนุ่มและชุ่มชื้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณวิตามินซีที่ดูดซับและคายได้ การเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้น (two-layer film composite) ให้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีลักษณะทางกายภาพและสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานมากกว่า สัดส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นคือ ปริมาณคาโอลิไนต์เท่ากับ 200 phr, ปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่เติมในของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติเท่ากับ 60 phr และปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลที่เติมในของผสมของชั้นดินเท่ากับ 10 และ 30 %โดยน้ำหนักของคาโอลิไนต์ ตามลำดับ กรรมวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นสามารถใช้ขึ้นรูปแผ่นพอกหน้า (facial mask sheet) ขนาดเท่าใบหน้าคนได้ โดยมีต้นทุนต่อแผ่นประมาณ 10 บาท

ABSTRACT

The present research studied the preparation of natural rubber/clay composite films with sorptive properties for vitamin C by using a slurry mixing method. Deprotenised concentrated latex and two types of clay, i.e. bentonite and kaolinite, were used as raw materials. Influences of several parameters, including clay type, clay amount, and modification of clay with polyethylene glycol and/or glycerol, on smoothness of composite film and dispersion of clay particles in the rubber film were investigated. Structural properties of original clay and modified one were performed by using techniques of powder X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and thermogravimetric/differential thermal analysis (TG/DTA). The results indicated that NR/bentonite composite film cannot be prepared due to an agglomeration of rubber upon mixing the latex with bentonite, whereas a neat composite film was attained by using kaolinite. A controlled addition of polyethylene glycol and glycerol gave NR/kaolinite film composites with rouge surface and good physical properties as well as enhanced adsorption capacity. Interestingly, NR/kaolinite film composites prepared by means of a two-layer technique possessed a dramatic improvement of the physical properties and the adsorption/desorption properties. The suitable composition for the film composite preparation is as follows; kaolinite content = 200 phr, amount of polyethylene glycol in the rubber mixture = 60 phr, and amount of polyethylene glycol and glycerol in the clay mixture = 10 and 30 wt%, respectively. The two-layer technique can be applied to a formulation of facial mask sheet with commercial size. The cost is around 10 baht per sheet.

เนื้อหา

1. ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

สืบเนื่องจากโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพาราในปี 2551 ชื่อโครงการ “การพัฒนาสมบัติการดูดซับของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิต” เลขที่สัญญารับทุนฯ RDG5150046 ซึ่งศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตจากยางธรรมชาติกับวัสดุซิลิกาชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่มีพื้นที่ผิวสูง และมีสมบัติการดูดซับและคายวิตามินเอ อี และซีได้ การเตรียมแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตใช้วิธีการกวนผสมแบบแขวนลอย (slurry mixing) โดยนำยางแห้งมาละลายในตัวทำละลาย toluene หรือ THF จนได้สารละลายยาง จากนั้นกวนผสมกับวัสดุซิลิกา ได้แก่ ซิลิกาเจลที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน ซีโอไลต์ และเมโซพอร์ซิลิกา (mesoporous silica) ชนิด MCM-41 และ SBA-15 ทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มในจานเพาะเชื้อและระเหยตัวทำละลายออกในตู้อบไฟฟ้า ศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายของวัสดุซิลิกาในเนื้อยางและความเรียบเนียนของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ได้ และวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตด้วยเทคนิคต่าง ๆ การศึกษาสมบัติการดูดและการคายวิตามินของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตทำที่อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศ การดูดซับและการคายวิตามินเอและอีใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ส่วนการดูดซับและการคายวิตามินซีใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย จากผลการศึกษาสรุปลงสาระสำคัญได้ดังนี้

- แผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตของเมโซพอร์ซิลิกามีสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินเอ อี และซีได้สูงสุด
- ความสามารถในการดูดซับและการคายวิตามินของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตขึ้นกับขนาดอนุภาคและปริมาณของวัสดุซิลิกา แต่ไม่ขึ้นกับพื้นที่ผิวที่วัดได้จากเทคนิค N_2 adsorption-desorption measurement
- รูพรุนขนาดใหญ่ที่เกิดจากช่องว่างระหว่างอนุภาคซิลิกา (interparticle void) ที่ซ้อนทับกันบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิต และ/หรือรูพรุนที่เกิดขึ้นในเนื้อแผ่นฟิล์มยางเป็นความพรุนหลักที่ทำให้เกิดการดูดซับและการคายวิตามินได้มาก
- การเติมกลีเซอรอลร่วมในขั้นตอนการเตรียม ทำให้ได้แผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่มีลักษณะนุ่มชุ่มชื้น และมีความยืดหยุ่น และช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับและการคายวิตามินให้มากขึ้น
- จากการประเมินราคาของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่เตรียมได้พบว่า มีราคาสูง เนื่องจากตัวทำละลายและวัสดุซิลิกาที่ใช้มีราคาแพง

อย่างไรก็ดี การเตรียมแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตจากยางแห้งซึ่งต้องใช้ตัวทำละลายในการเตรียมสารละลายยาง อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้หากมีตัวทำละลายตกค้างในแผ่นฟิล์มคอมพอสิต ผู้ทรงคุณวุฒิจึงมีข้อเสนอแนะให้เตรียมแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตจากน้ำยางแทนยางแห้ง และใช้น้ำยางข้น

ชนิด deprotenised concentrated latex เพื่อลดโอกาสการแพ้เมื่อนำแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่เตรียมได้ไปใช้จริงกับผิวหนังของมนุษย์ นอกจากนี้ จากข้อสรุปข้างต้นทำให้ทราบว่า การดูดซับที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นการอุ้มสารละลายวิตามินบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม จึงไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุ ซิลิกาที่มีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนสูงในการเตรียมแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิต ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงหันมาสนใจใช้วัสดุที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายในประเทศไทย ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตได้ด้วย

โครงการวิจัยที่เสนอขอทุนฯ ในปีนี้เป็นการศึกษาการปรับวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตจากน้ำยางข้นชนิด deprotenised concentrated latex และใช้ดินเหนียว (clay) แทนวัสดุซิลิกา เนื่องจากดินเหนียวเป็นวัสดุจากธรรมชาติ หาได้ภายในประเทศ มีราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี และมีโครงสร้างที่สามารถปรับแต่งได้ ปัจจุบันดินเหนียวถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง นอกจากนี้ ศักยภาพของการเติมกลีเซอรอลในขั้นตอนการเตรียมแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่มีต่อลักษณะทางกายภาพ และความสามารถในการดูดซับและการคายวิตามินของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่ได้ คณะผู้วิจัยคาดว่าจะสามารถเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวที่มีสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินได้ เพื่อพัฒนาต่อไปเป็นแผ่นพอกหน้า (facial mask sheet)

2. วัตถุประสงค์

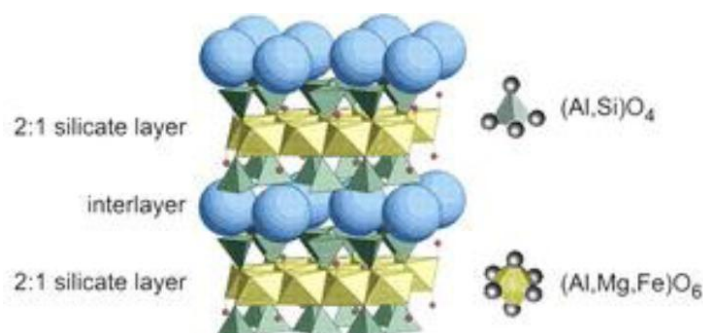
เตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวที่มีสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีได้

3. ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยหลายชิ้นศึกษาการใช้ดินเหนียว (clay) เป็นสารตัวเติม (filler) ในยางธรรมชาติและพอลิเมอร์หลายชนิด เพื่อลดปริมาณการใช้พอลิเมอร์และ/หรือปรับปรุงสมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงความร้อน โดยดินเหนียวที่นิยมใช้ในการศึกษาการเตรียมและลักษณะสมบัติของคอมพอสิตของยางธรรมชาติมีหลายชนิด เช่น คาโอลิไนต์ (kaolinite) [1-3] ทัลก์ (talc) [1] เบนโทไนต์ (bentonite) [4-6] เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพื้นผิวของดินเหนียวประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group, -OH) ซึ่งทำให้ดินเหนียวมีสมบัติความชอบน้ำ (hydrophilicity) สูง จึงผสมเข้ากับยางธรรมชาติได้ยากและมีการกระจายตัวต่ำ ดังนั้นในกระบวนการเตรียมคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวจึงต้องมีขั้นตอนการดัดแปรพื้นผิวของดินเหนียวก่อนเพื่อลดสมบัติความชอบน้ำลง ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวกภายในช่องว่างระหว่างชั้น (interlayer spacing) ของดินเหนียวกับไอออนประจุบวก quaternary ammonium [7] การกราฟ organosilane บนพื้นผิวของดินเหนียว [1] เป็นต้น จากนั้นจึงนำไปผสมกับยางธรรมชาติเพื่อเตรียมเป็นคอมพอสิต โดยใช้วิธี vulcanization curing [5,8], solution

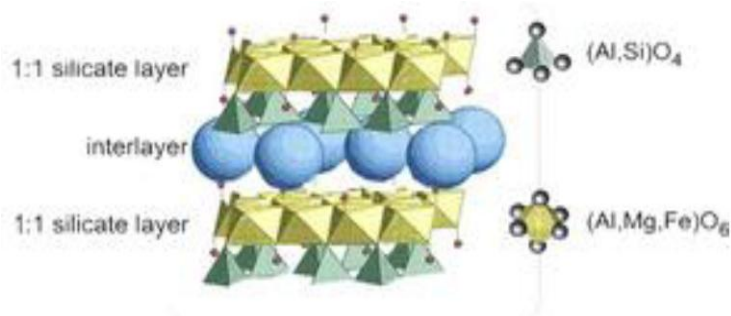
blending [9] หรือ latex compounding [10,11] ซึ่งปริมาณของดินเหนียวที่เติมในเนื้อยางเพื่อให้ได้คอมพอสิตที่มีการกระจายของดินเหนียวสูงและมีสมบัติต่าง ๆ ดีขึ้นจะไม่เกิน 20 phr

เบนโทไนต์เป็นดินเหนียวธรรมชาติในกลุ่มแร่ montmorillonite ที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางที่สุด โดยทั่วไปจะเป็นชนิด dioctahedral ที่มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบสามชั้น T-O-T คือมีชั้น octahedral alumina แทรกอยู่ระหว่างกลางของชั้น tetrahedral silica (รูปที่ 3.1) ภายในช่องว่างระหว่างชั้นของเบนโทไนต์มีไอออนประจุบวกของ Na^+ , Mg^{2+} และ Ca^{2+} แทรกอยู่ร่วมกับน้ำ เบนโทไนต์มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นของโครงสร้างค่อนข้างน้อย ทำให้โมเลกุลของของไหลสามารถแทรกเข้าไปภายในได้ง่าย เบนโทไนต์จึงมีพื้นที่ผิวภายในสูง (high internal surface area) มีสมบัติการบวมตัว (swelling properties) ความจุการดูดซับสูง (high adsorption capacity) และมีความจุการแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวกสูง (high cation-exchange capacity) เบนโทไนต์ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่น การทำโคลนเจาะ การทำแบบหล่อโลหะ การสร้างเขื่อนและกันซึมต่าง ๆ การขจัดสีในน้ำมัน อาหารสัตว์ การขจัดคราบไขมันสัตว์ การประสานแร่เหล็ก ให้เป็นก้อนก่อนถลุง การเกษตร เป็นต้น ในงานด้านเภสัชภัณฑ์และเครื่องสำอาง เบนโทไนต์ทำหน้าที่เป็น thickener และ emulsion stabilizer [12] นอกจากนั้นช่วยยับยั้งการทำงานของไวรัสบางชนิดได้ผ่านสมบัติการดูดซับของเบนโทไนต์ [13]



รูปที่ 3.1 โครงสร้างพื้นฐานของเบนโทไนต์

คาโอลิไนต์ หรือเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปในชื่อ ดินขาว เป็นแร่ดินเหนียวกลุ่มคาโอลิไนต์ มีธาตุองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกาและอะลูมินาซึ่งมีการจัดเรียงโครงสร้างแบบชั้น โดยแต่ละชั้นของอะลูมินอสilikเกตประกอบด้วย tetrahedral silica หรือ tetrahedral alumina จำนวน 1 ชั้น และ octahedral sheet ของไอออนประจุบวก เช่น Al^{+3} , Fe^{+2} หรือ Mg^{+2} จำนวน 1 ชั้น (รูปที่ 3.2) คาโอลิไนต์นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตเซรามิก เช่น ถ้วยชาม เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องประดับ ผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง และอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น ฉนวนไฟฟ้าแรงดันสูง (high-tension insulator) เบ้าหลอมสำหรับการถลุงเหล็ก และหล่อเหล็ก อุตสาหกรรมกระดาษ ทำฟันทบ และส่วนผสมของเครื่องสำอาง เป็นต้น แหล่งแร่คาโอลิไนต์ที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ เชียงราย ลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง ชุมพร และนราธิวาส



รูปที่ 3.2 โครงสร้างพื้นฐานของคาโอลิไนต์

ด้วยสมบัติการดูดซับที่ดีและโครงสร้างที่ดัดแปรได้ของดินเหนียวทั้งสองชนิดประกอบกับลักษณะทางกายภาพของยางธรรมชาติ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวเพื่อใช้ในงานด้านการดูดซับ แก๊สพิษภัณฑ์และเครื่องสำอาง จากการสืบค้นบทความวิชาการ งานวิจัยและสิทธิบัตรที่ผ่านมายังไม่พบการเตรียมคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวเพื่อนำไปใช้ในงานลักษณะเดียวกันนี้ อย่างไรก็ตาม ด้วยองค์ประกอบธาตุของดินเหนียวที่มี SiO_2 และ Al_2O_3 เป็นหลัก เบนโทไนต์และคาโอลิไนต์จึงมีพื้นผิวที่มีความชอบน้ำ (hydrophilicity) ซึ่งจะส่งผลด้านลบโดยตรงต่อการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มคอมพอสิตกับยางธรรมชาติและอาจทำให้การกระจายอนุภาคดินเหนียวภายในเนื้อยางไม่สม่ำเสมอ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลเป็นตัวประสาน (binder) เพื่อเพิ่มความเข้ากันของยางธรรมชาติและดินเหนียว นอกจากนั้น ในโครงการนี้จะผสมดินเหนียวลงในเนื้อยางปริมาณสูงมาก (70 – 200 phr) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเกาะกลุ่มกันของอนุภาคดินเหนียวได้และอาจส่งผลต่อความเรียบเนียนของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิต การใช้กลีเซอรอลร่วมในขั้นตอนการเตรียมคอมพอสิตอาจช่วยลดปัญหานี้ได้ เนื่องจากพบว่ากลีเซอรอลสามารถทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มการกระจายของเบนโทไนต์ในการเตรียมเจล [16] ซึ่งผลการศึกษาในโครงการวิจัยก่อนหน้านี้ของคณะผู้วิจัยชี้ให้เห็นว่า กลีเซอรอลช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น ความนุ่มและชุ่มชื้นให้กับแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและซิลิกาได้ด้วย แผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่เตรียมได้จะนำไปทดสอบสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซี ซึ่งพบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเครื่องสำอาง ครีมบำรุงผิว และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ มีสรรพคุณเป็น anti-oxidant ช่วยลดริ้วรอย ลดจุดด่างดำ และทำให้ผิวกระจ่างใส แผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่มีความเรียบเนียนและสามารถดูดและคายวิตามินซีได้มาก น่าจะมีศักยภาพพัฒนาต่อไปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น แผ่นพอกหน้า (facial mask sheet) เป็นต้น

4. วิธีการ

งานวิจัยนี้เตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตด้วยวิธีการกวนผสมแบบแขวนลอย (slurry mixing) จากน้ำยางชั้นชนิด deprotenised concentrated latex แทนการใช้ยางแห้งและใช้ดินเหนียวแทนวัสดุซิลิกา โดย

ดินเหนียวที่นำมาใช้ ได้แก่ เบนโทไนต์และคาโอลิไนต์ซึ่งเป็นเกรดเครื่องสำอาง การใช้น้ำยางและดินเหนียวเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตจำเป็นต้องปรับเทคนิคการเติมส่วนผสม ปริมาณดินเหนียวและอุณหภูมิในการระเหยแห้งแผ่นฟิล์มคอมพอสิตใหม่ เนื่องจากน้ำยางมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักและมีสิ่งเจือปนอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วย และดินเหนียวมีองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีแตกต่างจากวัสดุซิลิกา มาก นอกจากนั้น ศึกษาผลของการดัดแปรดินเหนียวด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลที่มีต่อความเรียบเนียนสม่ำเสมอและความสามารถในการดูดซับและการคายวิตามินซีของแผ่นฟิล์มคอมพอสิต ในโครงการวิจัยนี้การผสมองค์ประกอบต่าง ๆ ด้วยวิธีการกวนผสมแบบแขนกลอยแบ่งย่อยเป็นสองวิธี คือ 1) การกวนผสมน้ำยางและดินเหนียวพร้อมกันในครั้งเดียว และ 2) การกวนผสมน้ำยางและดินเหนียวแยกกันเพื่อเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้น (two-layer film composite) ซึ่งประกอบด้วยชั้นฟิล์มของยางธรรมชาติและชั้นฟิล์มของดินเหนียว โดยแต่ละวิธีน่าจะส่งผลต่อการกระจายอนุภาคดินเหนียวในเนื้อยาง สมบัติทางกายภาพ และสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่ได้

วิธีวิจัย

1. จัดซื้ออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย
2. ศึกษาลักษณะสมบัติของเบนโทไนต์และคาโอลิไนต์เกรดเครื่องสำอางที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยลักษณะสมบัติที่วิเคราะห์และเทคนิคที่ใช้ ได้แก่
 - การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค powder X-ray diffraction
 - การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุด้วยเทคนิค X-ray fluorescence spectroscopy
 - การวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิคการสลายตัวด้วยความร้อนโดยใช้ thermogravimetric/differential thermal analysis (TG/DTA)
 - การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา (morphology) ด้วยเทคนิค scanning electron microscopy (SEM)
 - การหาขนาดอนุภาคดินเหนียวโดยใช้เทคนิค scanning electron microscopy (SEM)
 - การวัดความเป็นกรดเบสเมื่อแขวนลอยในน้ำโดยใช้ pH meter
3. ทดลองเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวจากน้ำยางชั้นชนิด deprotenised concentrated latex และเบนโทไนต์หรือคาโอลิไนต์ น้ำยางมีปริมาณเนื้อยาง 60.62 %โดยน้ำหนัก ซึ่งต้องเติมน้ำกลั่นเพิ่มให้มีความเข้มข้นลดลงเป็น 5.6 %โดยน้ำหนัก การกวนผสมองค์ประกอบต่าง ๆ ใช้เครื่องกวนแม่เหล็ก (magnetic stirrer) และแม่แบบสำหรับการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มคอมพอสิตใช้จานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 9.5 เซนติเมตร ขั้นตอนการเตรียมมีดังนี้

3.1 การกวนผสมน้ำยางและดินเหนียวพร้อมกันในครั้งเดียว: กวนผสมดินเหนียวปริมาณที่ต้องการ (50-200 phr) ในน้ำกลั่น ในกรณีที่มีการดัดแปรดินเหนียวด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลจะเติมพอลิเอทิลีนไกลคอล (5-10 %โดยน้ำหนักของดินเหนียว) และ/หรือกลีเซอรอล (10-30 %โดยน้ำหนักของดินเหนียว) ลงไปด้วย เทของผสมดินเหนียวลงในน้ำยางและกวนอย่างรุนแรงให้ดินเหนียวกระจายตัวในน้ำยางอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นเทของผสมที่ได้ในจานเพาะเชื้อเพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มบาง (ความหนาประมาณ 0.2-0.5 มิลลิเมตร) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาทีและนำไประเหยแห้งที่อุณหภูมิเท่ากับ 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิละ 25 นาที โดยใช้ตู้อบสูญญากาศ (vacuum oven) แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ได้ใช้ชื่อแทนว่า NR/PEG-Gly-Clay (PPP) โดย PEG และ Gly แทนการดัดแปรดินเหนียวด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอล ตามลำดับ Clay แทนชนิดของดินเหนียว และ PPP แทนปริมาณดินเหนียวในหน่วย phr

3.2 การกวนผสมน้ำยางและดินเหนียวแยกกันเพื่อเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้น (two-layer film composite): เตรียมของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติโดยกวนผสมน้ำยาง พอลิเอทิลีนไกลคอล (20-80 phr) และน้ำ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เทของผสมลงในจานเพาะเชื้อและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเตรียมของผสมของชั้นดินเหนียวซึ่งประกอบด้วย ดินเหนียว (100-200 phr) พอลิเอทิลีนไกลคอล (10 %โดยน้ำหนักของดินเหนียว) กลีเซอรอล (6-30 %โดยน้ำหนักของดินเหนียว) และน้ำ โดยกวนผสมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเทของผสมของชั้นดินเหนียวลงในจานเพาะเชื้อที่มีของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที นำไประเหยแห้งที่อุณหภูมิเท่ากับ 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิละ 25 นาที โดยใช้ตู้อบสูญญากาศ (vacuum oven) แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ได้ใช้ชื่อแทนว่า NR-PEG(XX)/PEG-Gly(YY)-Clay(PPP) โดย PEG(XX) แทนพอลิเอทิลีนไกลคอลและปริมาณที่เติมในของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติ PEG และ Gly แทนการดัดแปรดินเหนียวด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอล ตามลำดับ YY แทนปริมาณกลีเซอรอลที่ใช้ในการดัดแปรดินเหนียวในหน่วย %โดยน้ำหนักของดินเหนียว Clay แทนชนิดของดินเหนียว และ PPP แทนปริมาณดินเหนียวในหน่วย phr

4. ศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ในขั้นตอนการเตรียมแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่มีต่อลักษณะทางกายภาพ และสมบัติความพรุนของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตที่เตรียมได้ โดยปัจจัยที่จะทำการศึกษา ได้แก่

- ชนิดของดินเหนียว
- ปริมาณดินเหนียว

- การตัดแปรรูปดินเหนียวด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอล
- ปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอล

5. ศึกษาลักษณะสมบัติของดินเหนียวตัดแปรรูปด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ที่ระบุในข้อ 2 (ยกเว้นการวัดความเป็นกรด-เบส) และศึกษาลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวที่เตรียมได้เพื่อสังเกตการกระจายอนุภาคดินเหนียวในเนื้อยางโดยใช้เทคนิค scanning electron microscopy (SEM)
6. ศึกษาสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวที่เตรียมได้ การทดลองในส่วนนี้ทั้งหมดทำที่อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้
 - 6.1 ขั้นตอนการดูดซับ: ใช้สารละลายของวิตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) ในน้ำกลั่นที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 %โดยน้ำหนัก จุ่มแผ่นฟิล์มคอมพอสิตขนาด 1.5 x 1.5 ตารางเซนติเมตร ที่ติดกับลวด sample holder ลงไปในสารละลายวิตามินซีที่มีปริมาตร 40 มิลลิลิตร กวนสารละลายด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก และใช้เวลาในการดูดซับเท่ากับ 15 นาที
 - 6.2 ขั้นตอนการคาย: นำแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ดูดซับวิตามินซีไว้ไปจุ่มในน้ำกลั่นที่ผสมด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟต (ความเข้มข้น 1.58×10^{-3} โมลาร์) ซึ่งทำหน้าที่เป็น stabilizer เพื่อป้องกันการสลายตัวของวิตามินซี การคายใช้เวลา 15 นาที จากนั้นนำสารละลายนี้ไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีที่ชะละลายออกจากแผ่นฟิล์มคอมพอสิตด้วยเทคนิค UV/Vis spectrophotometry
7. วิจัยและสรุปผลการทดลอง เขียนรายงาน

5. ผลการวิจัย

5.1 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของดินเหนียว

ดินเหนียวที่ใช้ในโครงการนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ เบนโทไนต์และคาโอลิไนต์ ซึ่งเป็นเกรดเครื่องสำอางที่ซื้อจาก บริษัท ไทยสงวนวัฒน์ เคมีคอล จำกัด ก่อนนำดินเหนียวทั้งสองชนิดไปใช้ผสมกับน้ำยางธรรมชาติเพื่อเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มคอมพอสิต คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของดินเหนียว ได้แก่ ความเป็นกรดเบส องค์ประกอบธาตุ โครงสร้างผลึก และการสลายตัวด้วยความร้อน

ความเป็นกรดเบสของดินเหนียวอาจส่งผลต่อการแปรสภาพโครงสร้างของยางธรรมชาติในน้ำยาง ในการหาความเป็นกรดเบสของดินเหนียว จะนำดินเหนียวแต่ละชนิดกวนผสมในน้ำกลั่น จากนั้นจึงกวนผสมในน้ำยางโดยใช้สัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 5.1 การวัดค่าความเป็นกรดเบสใช้เครื่องวัด pH (pH

meter) จากการทดลองพบว่า เบนโทไนต์ในน้ำกลั่นให้เป็นเบสเล็กน้อย ขณะที่คาโอลิไนต์มีสภาพเป็นกลาง เมื่อนำดินเหนียวทั้งสองชนิดผสมกับน้ำยางจะให้เป็นกรดเบสที่ใกล้เคียงกัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของเบนโทไนต์ (ตารางที่ 5.2) และคาโอลิไนต์ (ตารางที่ 5.3) ด้วยเทคนิค XRF แสดงให้เห็นว่า ดินเหนียวทั้งสองชนิดมี SiO_2 และ Al_2O_3 เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนั้นประกอบด้วย เหล็ก โลหะแอลคาไลน์และแอลคาไลเอิร์ธในปริมาณรวมประมาณ 15-25 % โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 5.1 pH ของน้ำกลั่นและน้ำยางภายหลังการกวนผสมกับดินเหนียวⁿ

ดินเหนียว	pH หลังผสมกับดินเหนียว	
	น้ำกลั่น	น้ำยาง
เบนโทไนต์	8.43	9.04
คาโอลิไนต์	6.88	9.08

ⁿ ปริมาณดินเหนียว, 0.84 กรัม; ปริมาณน้ำกลั่น, 20 มิลลิลิตร; ปริมาณน้ำยาง, 1.39 กรัม

ตารางที่ 5.2 องค์ประกอบธาตุของเบนโทไนต์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRF

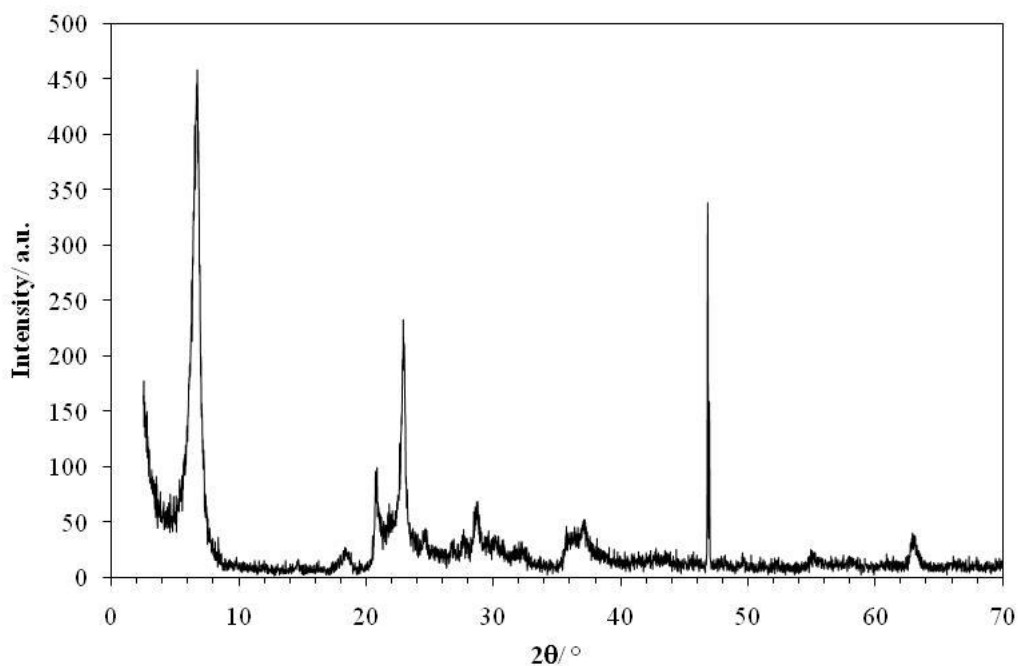
องค์ประกอบ	% โดยน้ำหนัก	องค์ประกอบ	% โดยน้ำหนัก
Na_2O	0.25	K_2O	2.77
MgO	0.25	CaO	0.06
Al_2O_3	30.05	TiO_2	0.04
SiO_2	51.63	Fe_2O_3	1.15
P_2O_3	0.26	BaO	0.07
SO_3	0.11	อื่นๆ*	0.03

* ได้แก่ MnO_2 , ZnO และ ZrO_2

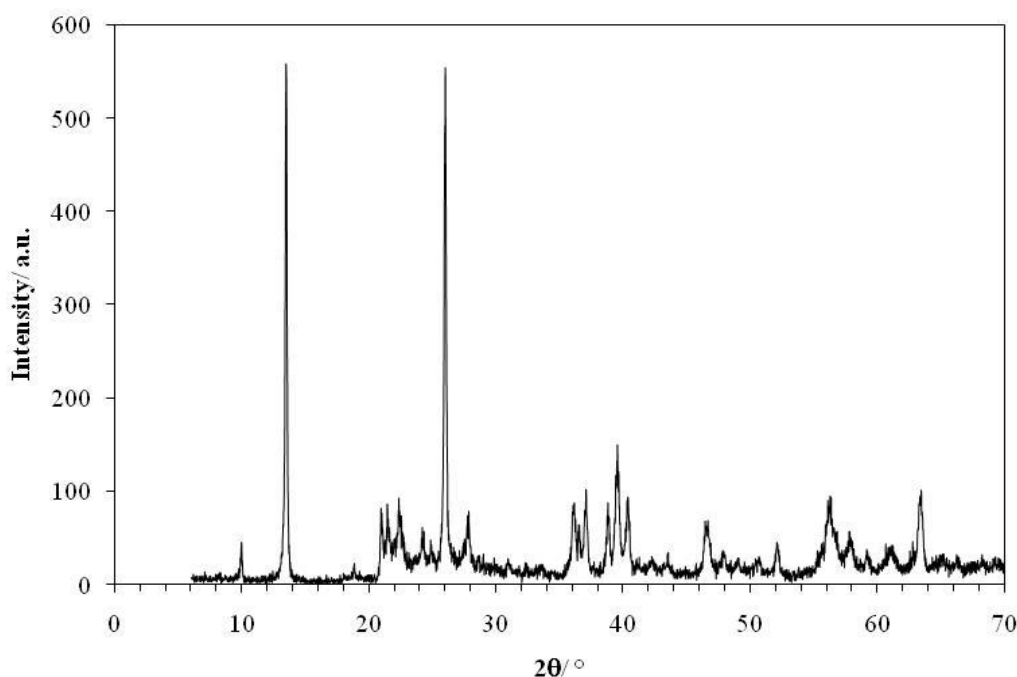
ตารางที่ 5.3 องค์ประกอบธาตุของคาโอลิไนต์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRF

องค์ประกอบ	% โดยน้ำหนัก	องค์ประกอบ	% โดยน้ำหนัก
Na_2O	0.62	CaO	2.28
MgO	2.87	TiO_2	0.15
Al_2O_3	9.54	MnO_2	0.04
SiO_2	66.9	Fe_2O_3	2.28
P_2O_3	0.04	ZnO	0.01
SO_3	0.03	ZrO_2	0.01
K_2O	1.46	BaO	0.12

รูปที่ 5.1 และ 5.2 แสดงรูปแบบ XRD ของเบนโทไนต์และคาโอลิไนต์ ตามลำดับ เบนโทไนต์แสดงพีค XRD ที่ตำแหน่ง $2\theta = 5.7$ และ 22.6 องศา ซึ่งสอดคล้องกับระยะระหว่างระนาบ (d spacing) เท่ากับ 15.38 และ 4.05 อังสตรอม ตามลำดับ โดยระยะระหว่างระนาบแรกคือ ช่องว่างระหว่างชั้น (interlayer space) อะลูมิโนซิลิเกต (aluminosilicate) ซึ่งภายในช่องว่างนี้มีโมเลกุลของน้ำอยู่ร่วมกับไอออนประจุบวกของโลหะแอลคาไลน์ แอลคาไลเอิร์ธ และโลหะอื่นๆ (รูปที่ 3.1) ระยะระหว่างระนาบที่สองคือ ความหนาของชั้นอะลูมิโนซิลิเกตแต่ละชั้นในเบนโทไนต์ที่มีการจัดเรียงโครงสร้างภายในแบบ 2:1 silicate layer สำหรับคาโอลิไนต์จะพบพีค XRD ที่ตำแหน่ง $2\theta = 11.8$ และ 26.1 องศา ซึ่งสอดคล้องกับระยะระหว่างระนาบเท่ากับ 9.89 และ 3.56 อังสตรอม ตามลำดับ ระยะระหว่างระนาบของคาโอลิไนต์มีค่าน้อยกว่าระยะระหว่างระนาบของเบนโทไนต์เนื่องจากชั้นอะลูมิโนซิลิเกตของคาโอลิไนต์อยู่ชิดกันมากกว่าตามการจัดเรียงโครงสร้างภายในแบบ 1:1 silicate layer (รูปที่ 3.2) โมเลกุลของน้ำและไอออนโลหะชนิดต่างๆ ที่แทรกอยู่ภายในช่องว่างระหว่างชั้นอะลูมิโนซิลิเกตของคาโอลิไนต์จึงถูกตรึงไว้อย่างแข็งแรง



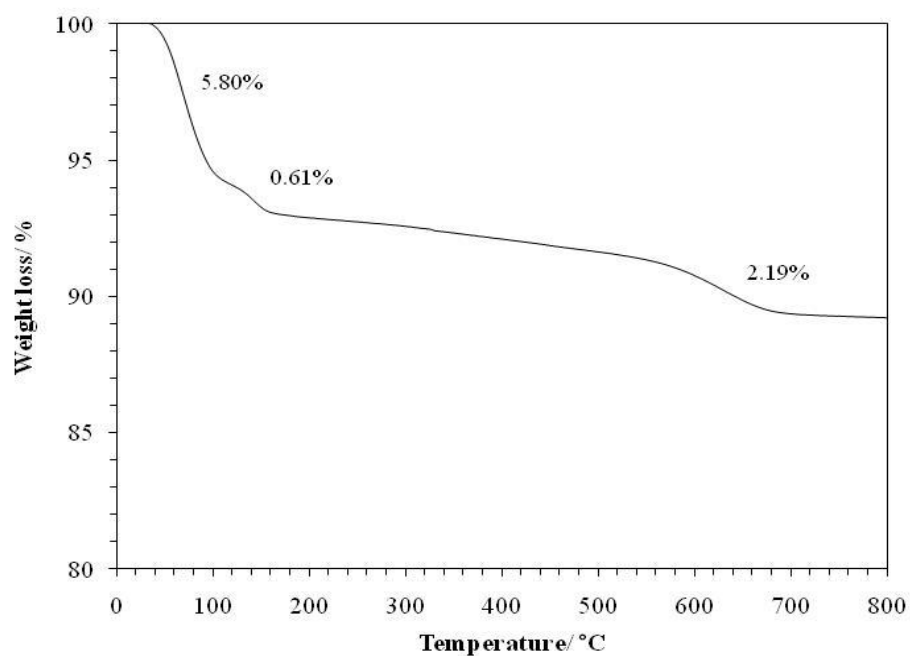
รูปที่ 5.1 รูปแบบ XRD ของเบนโทไนต์



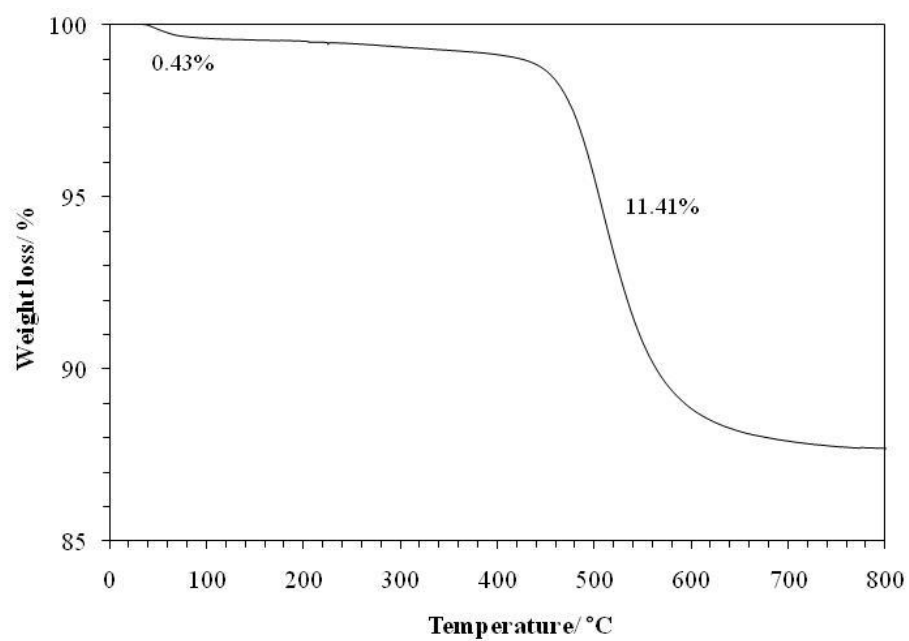
รูปที่ 5.2 รูปแบบ XRD ของคาโอลิไนต์

รูปที่ 5.3 และ 5.4 แสดงรูปแบบการสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) เนื่องจากการสลายตัวด้วยความร้อนของเบนโทไนต์และคาโอลิไนต์ ตามลำดับ ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TG/DTA ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน (50 มิลลิลิตรต่อนาที) การสูญเสียน้ำหนักของเบนโทไนต์แบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงแรกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เป็นการระเหยของน้ำในรูปของความชื้น (5.80%) ช่วงที่สองอุณหภูมิประมาณ 100-150 องศาเซลเซียส (0.61%) เกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำที่อยู่ภายในช่องว่างระหว่างชั้น และช่วงสุดท้ายเป็นการสลายตัวของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จากชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตผ่านปฏิกิริยาดีไฮดรอกซิเลชัน (dehydroxylation) ซึ่งจะเกิดได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส (2.19%) สำหรับคาโอลิไนต์การสูญเสียน้ำหนักเกิดขึ้นเพียง 2 ช่วง คือ การระเหยของน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส และการสลายตัวของหมู่ไฮดรอกซิลที่อุณหภูมิ 500-700 องศาเซลเซียส (11.41%) โดยไม่พบการสูญเสียน้ำที่อยู่ภายในช่องว่างระหว่างชั้น ซึ่งน่าจะเกิดจากโครงสร้างของคาโอลิไนต์มีช่องว่างระหว่างชั้นที่แคบกว่าเบนโทไนต์ โมเลกุลของน้ำจึงแทรกอยู่ภายในช่องว่างระหว่างชั้นของคาโอลิไนต์ได้น้อย

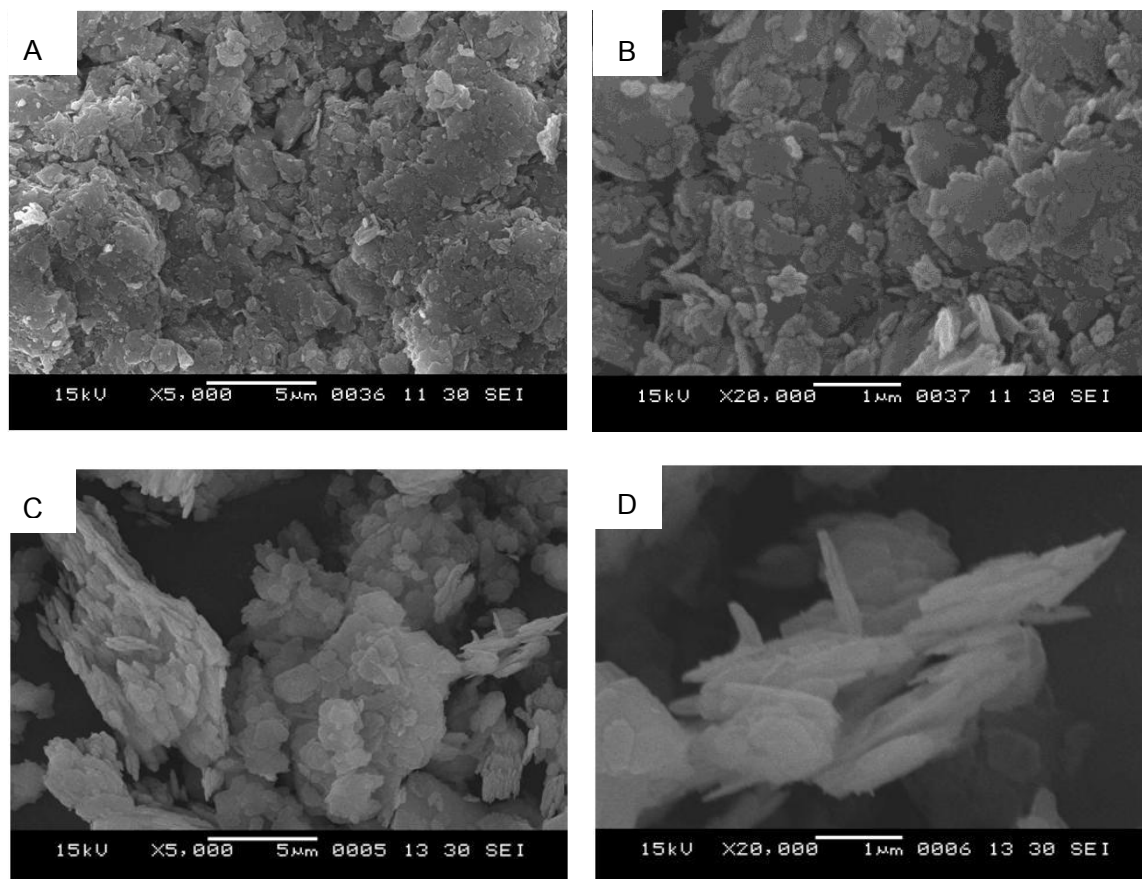
ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphology) ของอนุภาคเบนโทไนต์และคาโอลิไนต์แสดงในรูปที่ 5.5 ดินเหนียวทั้งสองชนิดมีรูปทรงอนุภาคเป็นแผ่นบางรวมกลุ่มกัน โดยอนุภาคคาโอลิไนต์จะเกาะกลุ่มและเรียงซ้อนอย่างหนาแน่นกว่าและมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยน้อยกว่า 10 ไมครอน



รูปที่ 5.3 รูปแบบการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการสลายตัวด้วยความร้อนของเบนโทไนต์



รูปที่ 5.4 รูปแบบการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการสลายตัวด้วยความร้อนของคาโอฟีน

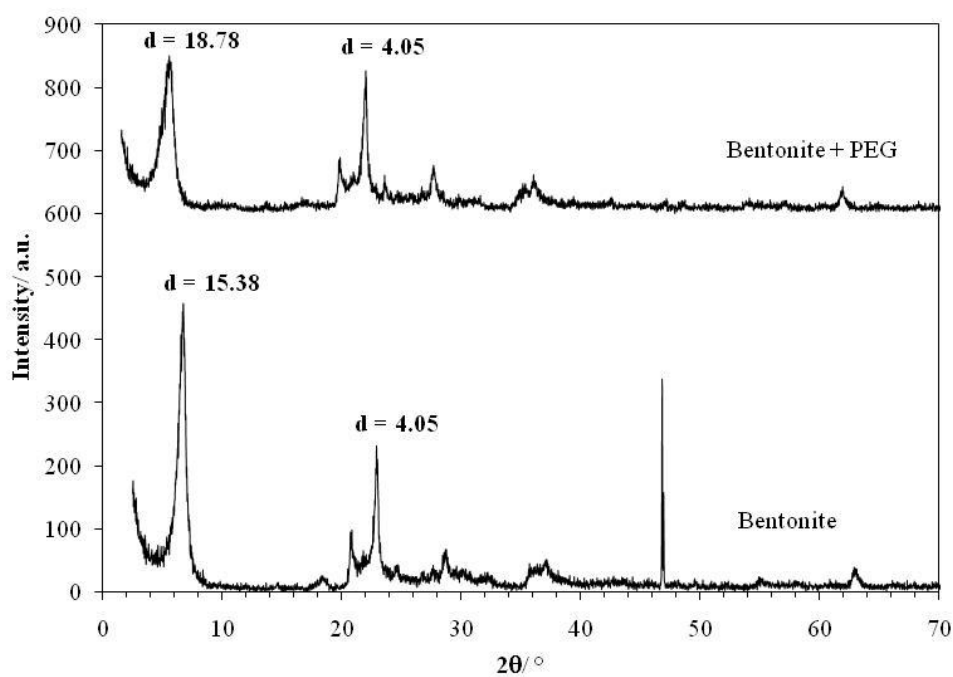


รูปที่ 5.5 ภาพถ่าย SEM ของเบนโทไนต์ (A และ B) และคาโอลิไนต์ (C และ D) ที่กำลังขยายต่างๆ กัน

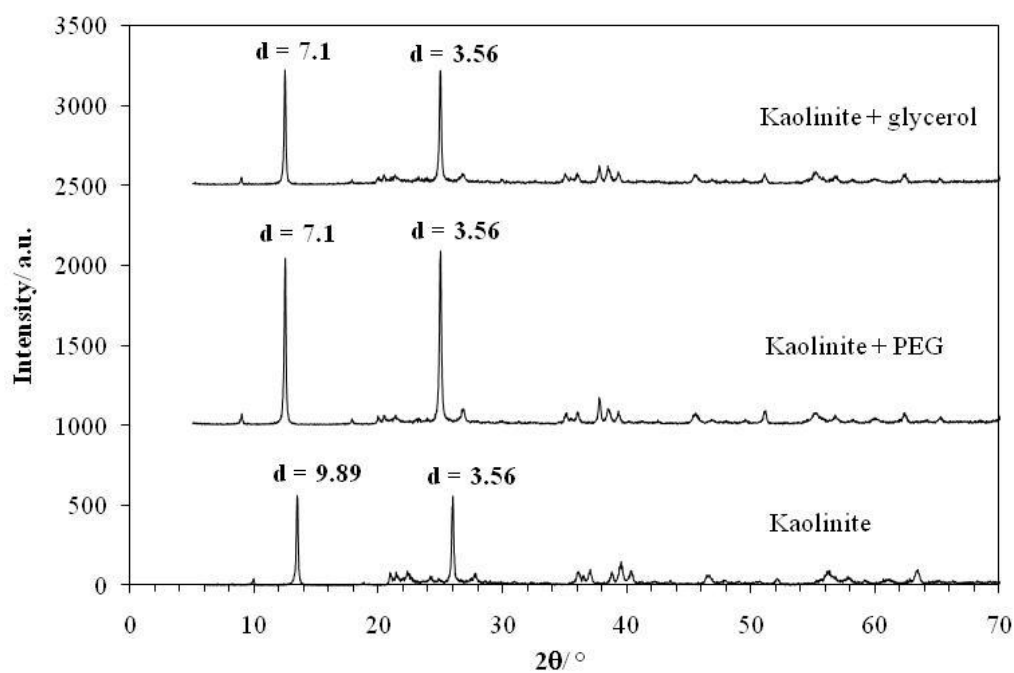
5.2 การดัดแปรดินเหนียวด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอล

เบนโทไนต์และคาโอลิไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลแล้ว จะนำมาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติเพื่อให้ทราบผลของพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลที่มีต่อโครงสร้างองค์ประกอบ และสัณฐานวิทยาของดินเหนียวแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องมือและภาวะในการวิเคราะห์เช่นเดียวกับที่ใช้ในหัวข้อ 5.1

จากรูปแบบ XRD ของเบนโทไนต์ก่อนและหลังการดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล (รูปที่ 5.6) จะพบว่า พีค XRD หลักของเบนโทไนต์เลื่อนไปยังตำแหน่ง 2θ ที่ต่ำลง ทำให้ระยะระหว่างระนาบเพิ่มขึ้นจาก 15.38 เป็น 18.78 อังสตรอม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โมเลกุลของพอลิเอทิลีนไกลคอลแทรกเข้าไปภายในช่องว่างระหว่างชั้นของโครงสร้างเบนโทไนต์ได้ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Valadares และคณะ [14] รูปที่ 5.7 แสดงรูปแบบ XRD ของคาโอลิไนต์ก่อนและหลังการดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอล จะเห็นได้ว่าในกรณีนี้พอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลทำให้ระยะระหว่างระนาบมีค่าลดลงจาก 9.89 เป็น 7.1 อังสตรอมหรือช่องว่างระหว่างชั้นของโครงสร้างคาโอลิไนต์แคบลง ซึ่งอาจเกิดจากพอลิเอทิลีนไกลคอล และกลีเซอรอลห่อหุ้มอนุภาคคาโอลิไนต์ไว้ ทำให้ชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตชิดกันมากขึ้น

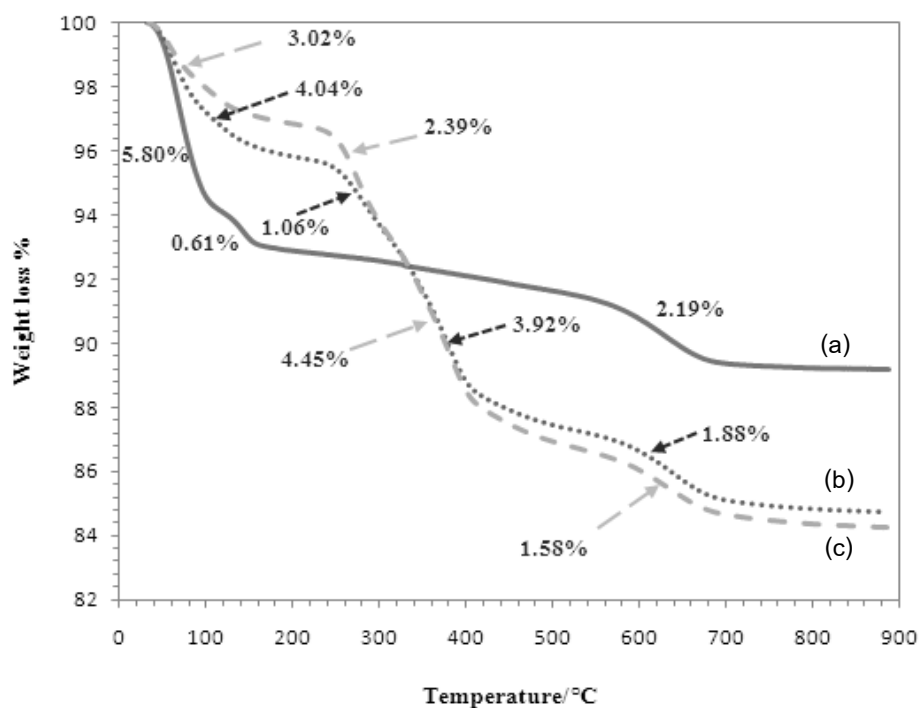


รูปที่ 5.6 รูปแบบ XRD ของเบนโทไนต์เริ่มต้น (Bentonite) และเบนโทไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล (Bentonite + PEG)



รูปที่ 5.7 รูปแบบ XRD ของคาโอลิไนต์เริ่มต้น (Kaolinite) คาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล (Kaolinite + PEG) และคาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยกลีเซอรอล (Kaolinite+glycerol)

การวิเคราะห์หาปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลที่แทรกในโครงสร้างดินเหนียวหลังการดัดแปรใช้เทคนิค TG/DTA โดยการหาน้ำหนักที่หายไปเนื่องจากการสลายตัวด้วยความร้อนของสารอินทรีย์ทั้งสอง รูปที่ 5.8 แสดงรูปแบบการสูญเสียน้ำหนักของเบนโทไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลโดยใช้เวลาในการกวนผสมต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ของเบนโทไนต์เริ่มต้นพบว่า เบนโทไนต์ดัดแปรมีการสูญเสียน้ำหนักใหม่เกิดขึ้นสองช่วงระหว่างอุณหภูมิ 250 และ 400 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของพอลิเอทิลีนไกลคอล จากการเปรียบเทียบรูปแบบการสลายตัวด้วยความร้อนของพอลิเอทิลีนไกลคอลบริสุทธิ์ทำให้ทราบว่าพอลิเอทิลีนไกลคอลที่สลายตัวในช่วงอุณหภูมิ 350-400 องศาเซลเซียส เป็นพอลิเอทิลีนไกลคอลที่อยู่ภายนอกอนุภาคเบนโทไนต์ ส่วนพอลิเอทิลีนไกลคอลที่สลายตัวในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเป็นโมเลกุลที่แทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างชั้นของเบนโทไนต์ การเพิ่มเวลาในการกวนผสมเบนโทไนต์กับสารละลายพอลิเอทิลีนไกลคอลจาก 15 เป็น 30 นาที ทำให้โมเลกุลของพอลิเอทิลีนไกลคอลแทรกเข้าไปในโครงสร้างของเบนโทไนต์ได้มากขึ้น โดยปริมาณของพอลิเอทิลีนไกลคอลที่อยู่รวมกับอนุภาคเบนโทไนต์คิดเป็น 4.98 และ 6.84 % ตามลำดับ

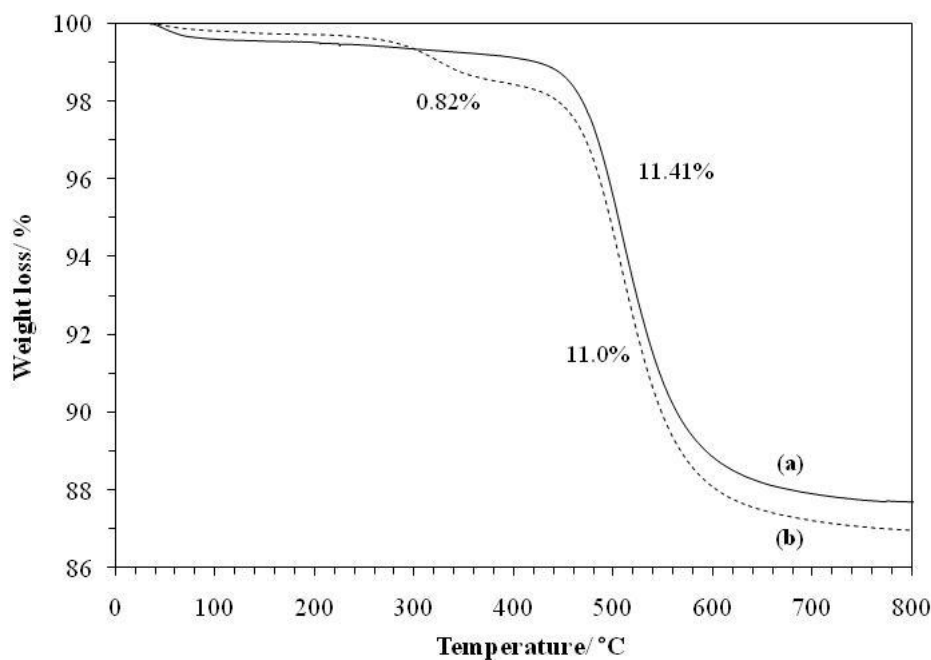


รูปที่ 5.8 รูปแบบการสูญเสียน้ำหนักของ (a) เบนโทไนต์เริ่มต้นและเบนโทไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลโดยใช้เวลาในการกวนผสม (b) 15 และ (c) 30 นาที

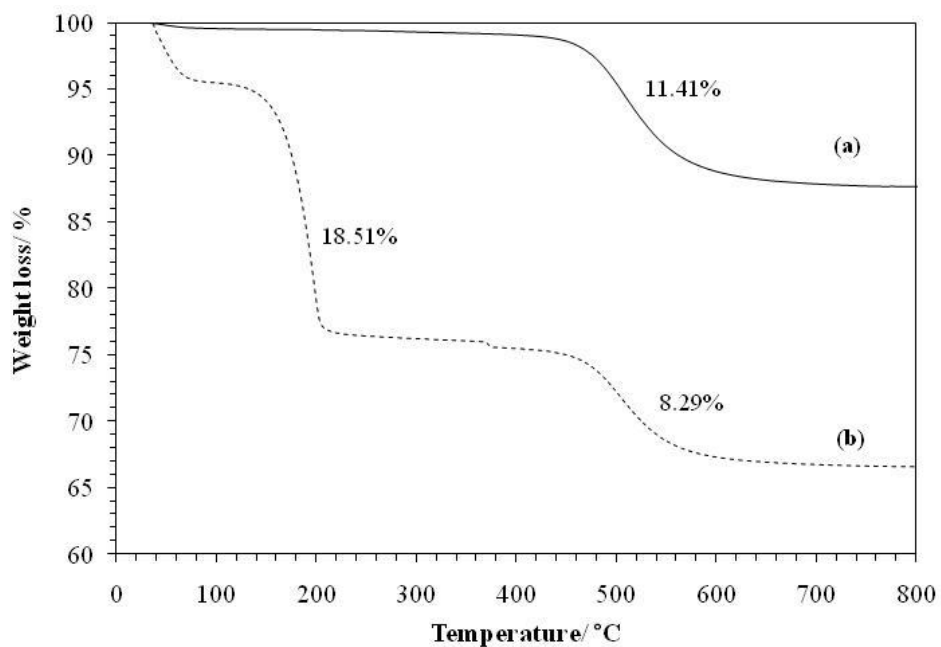
รูปแบบการสูญเสียน้ำหนักของคาโอลินต์ก่อนและหลังการดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลแสดงในรูปที่ 5.9 ซึ่งจะพบว่า การสลายตัวของพอลิเอทิลีนไกลคอลเกิดขึ้นเพียงช่วงเดียวที่อุณหภูมิระหว่าง 320-

410 องศาเซลเซียส แสดงว่าพอลิเอทิลีนไกลคอลแทรกเข้าไปภายในโครงสร้างของคาโพลิไนด์ได้ยากซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD (รูปที่ 5.7) ปริมาณของพอลิเอทิลีนไกลคอลที่อยู่รวมกับอนุภาคของคาโพลิไนด์คิดเป็น 0.82 % รูปที่ 5.10 แสดงรูปแบบการสูญเสียน้ำหนักของคาโพลิไนด์ที่ผ่านการตัดแปรรด้วยกลีเซอรอล โดยจะพบการสูญเสียน้ำหนักที่เกี่ยวกับกลีเซอรอลเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 190 องศาเซลเซียส คิดเป็นปริมาณของกลีเซอรอลเท่ากับ 18.51% คาดว่ากลีเซอรอลส่วนใหญ่ไม่ได้แทรกอยู่ภายในโครงสร้างของคาโพลิไนด์ดังอธิบายไว้ในส่วนผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD (รูปที่ 5.7)

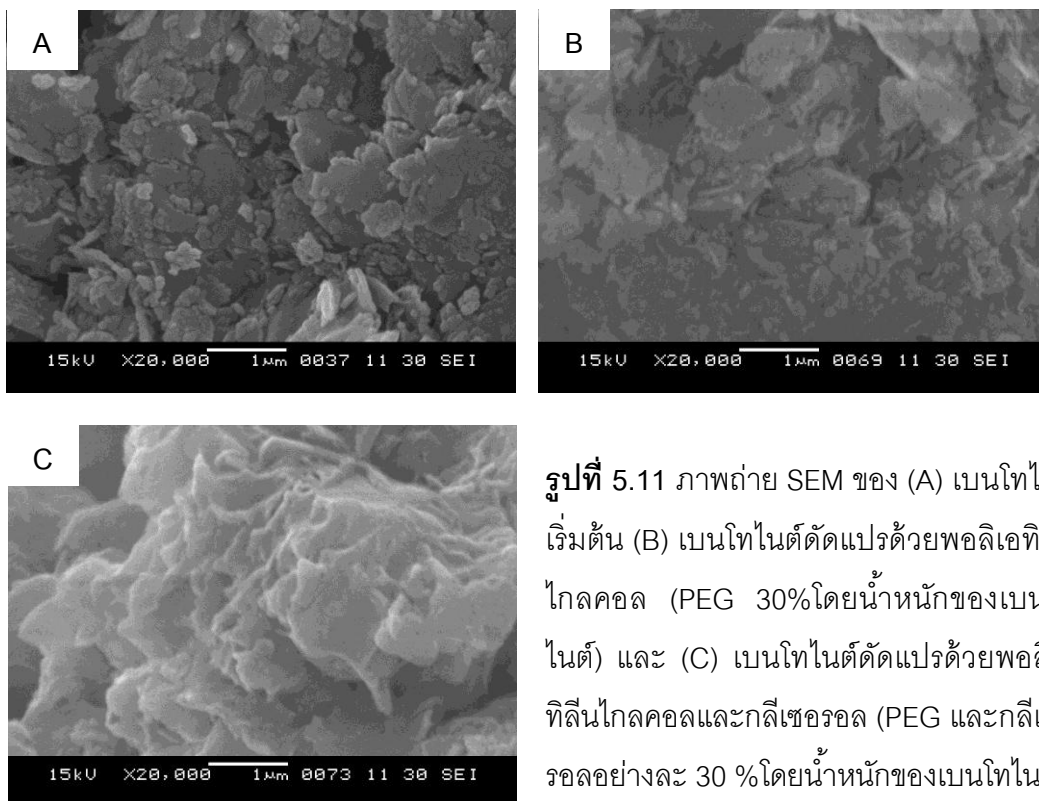
ผลของการตัดแปรรเบนโทไนด์และคาโพลิไนด์ด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลที่มีต่อรูปร่างและขนาดอนุภาคแสดงในรูปที่ 5.11 และ 5.12 ตามลำดับ พอลิเอทิลีนไกลคอลทำให้อนุภาคเบนโทไนด์เริ่มต้นที่มีลักษณะเกาะรวมกัน (รูปที่ 5.11A) แยกออกจากกันบางส่วนซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนบริเวณขอบ (edge) ของอนุภาค (รูปที่ 5.11B) ขณะที่การเติมกลีเซอรอลร่วมด้วยทำให้อนุภาคเบนโทไนด์รวมตัวกันมากขึ้น โดยกลีเซอรอลจะเคลือบเป็นฟิล์มบางอยู่ผิวด้านนอกของอนุภาค (รูปที่ 5.11C) ในกรณีของคาโพลิไนด์ที่มีช่องว่างระหว่างชั้นแคบพบว่า การตัดแปรรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลทำให้อนุภาคคาโพลิไนด์เกาะเรียงกันเป็นชั้นมากขึ้น (รูปที่ 5.12B) และเมื่อใช้กลีเซอรอลในการตัดแปรรการจัดเรียงตัวของอนุภาคจะแน่นยิ่งขึ้น รวมทั้งเหลี่ยมมุมของอนุภาคจะลดลง (รูปที่ 5.12C และ 5.12D) อย่างไรก็ตาม ไม่พบกลีเซอรอลเคลือบเป็นฟิล์มดังกรณีของเบนโทไนด์ ซึ่งภาพถ่าย SEM นี้สอดคล้องกับผล XRD ที่ชี้ให้เห็นว่า ระยะระหว่างระนาบของคาโพลิไนด์ลดลงเมื่อผ่านการตัดแปรรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอล (รูปที่ 5.7)



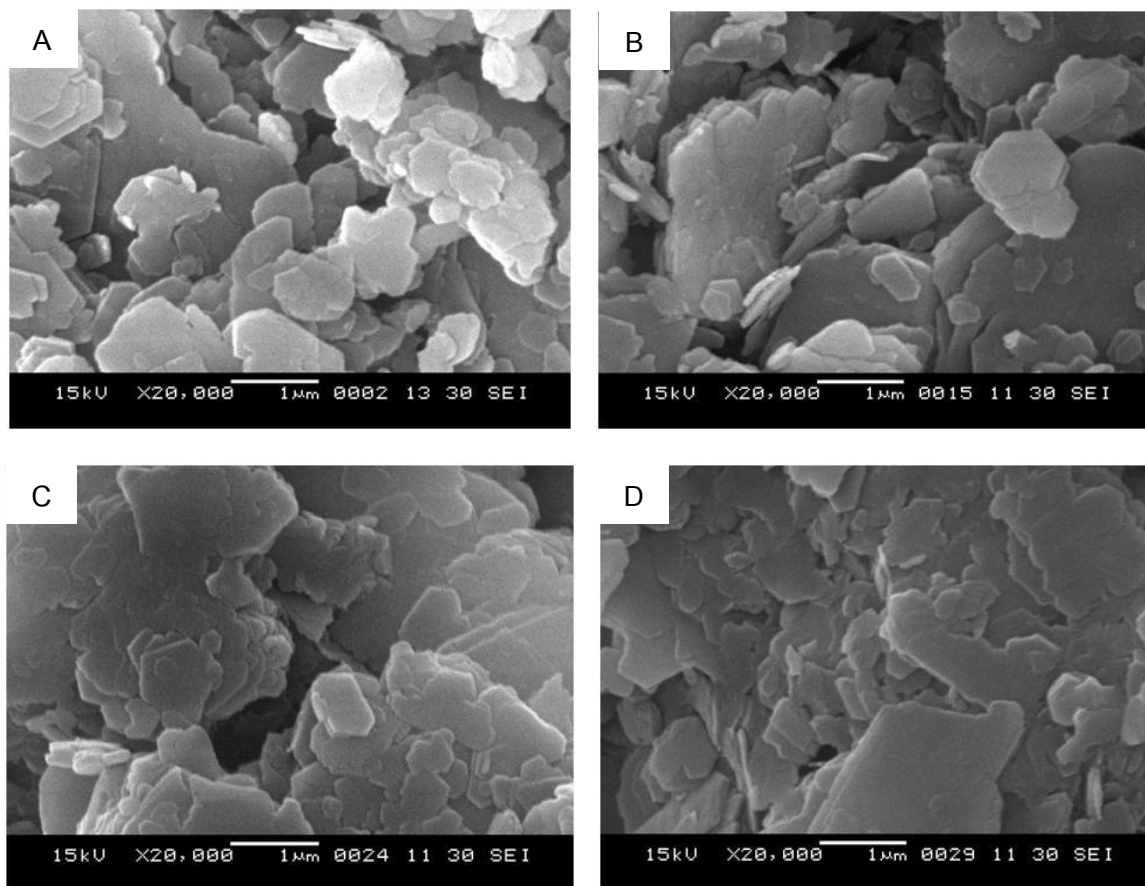
รูปที่ 5.9 รูปแบบการสูญเสียน้ำหนักของ (a) คาโพลิไนด์เริ่มต้นและ (b) คาโพลิไนด์ตัดแปรรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล



รูปที่ 5.10 รูปแบบการสูญเสียน้ำหนักของ (a) คาโพลิไนด์เริ่มต้นและ (b) คาโพลิไนด์ดัดแปรด้วยกลีเซอรอล



รูปที่ 5.11 ภาพถ่าย SEM ของ (A) เบนโทไนด์เริ่มต้น (B) เบนโทไนด์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล (PEG 30%โดยน้ำหนักของเบนโทไนด์) และ (C) เบนโทไนด์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอล (PEG และกลีเซอรอลอย่างละ 30 %โดยน้ำหนักของเบนโทไนด์)



รูปที่ 5.12 ภาพถ่าย SEM ของ (A) คาโอไลไนต์เริ่มต้น (B) คาโอไลไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล (C) คาโอไลไนต์ดัดแปรด้วยกลีเซอรอล และ (D) คาโอไลไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลร่วมกับกลีเซอรอล

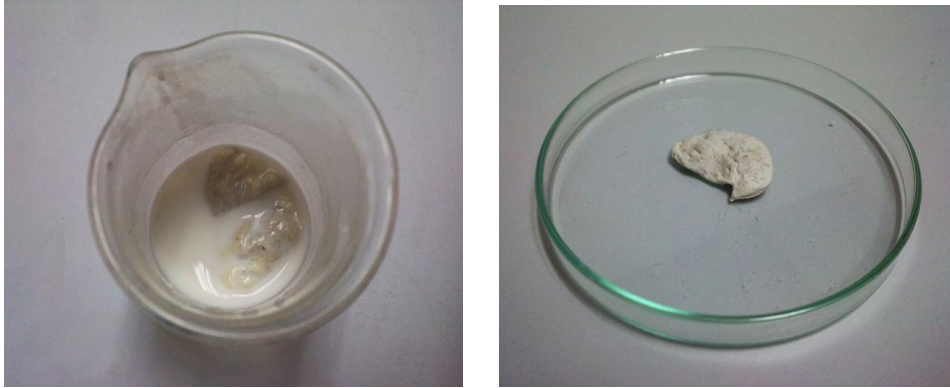
5.4 การศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิต

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในหัวข้อนี้คือ การหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวที่มีความเรียบเนียนและมีการกระจายอนุภาคดินเหนียวในเนื้อยางสม่ำเสมอ โดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิต ได้แก่ ชนิดของดินเหนียว ปริมาณของดินเหนียว และการใช้ดินเหนียวดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลหรือดินเหนียวดัดแปรด้วยกลีเซอรอล จากนั้นนำแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วยเทคนิค SEM เพื่อดูการกระจายอนุภาคดินเหนียวในเนื้อยาง

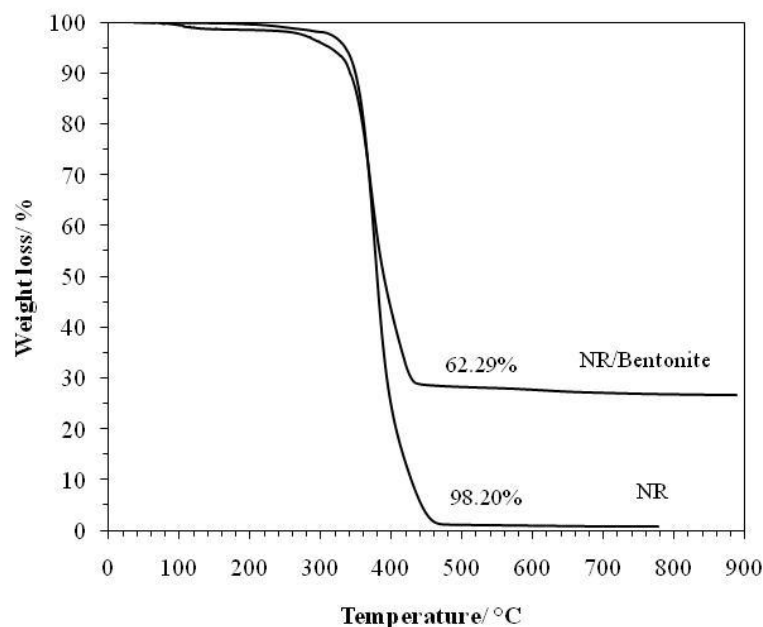
5.4.1 ผลของชนิดดินเหนียว

รูปที่ 5.13 แสดงลักษณะของของผสมระหว่างน้ำยางและเบนโทไนต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเติมเบนโทไนต์ในน้ำยางทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนและไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มคอมพอสิตได้ เมื่อตรวจวัด

ความเป็นกรดเบสของน้ำยางหลังการผสมกับเบนโทไนต์พบว่า ค่าความเป็นกรดเบสลดลงเพียงเล็กน้อย ($\text{pH} \sim 9.0$) เปรียบเทียบกับน้ำยางเริ่มต้น ($\text{pH} = 9.32$) เมื่อนำตัวอย่างยางที่จับตัวเป็นก้อนไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบด้วยเทคนิค TG/DTA (รูปที่ 5.14) พบว่า ในยางตัวอย่างดังกล่าวมีเบนโทไนต์ผสมอยู่ด้วยในปริมาณไม่มากนัก (ประมาณ 36%) เมื่อเทียบกับปริมาณของเบนโทไนต์ที่ใช้ในการเตรียม (100-500 phr)



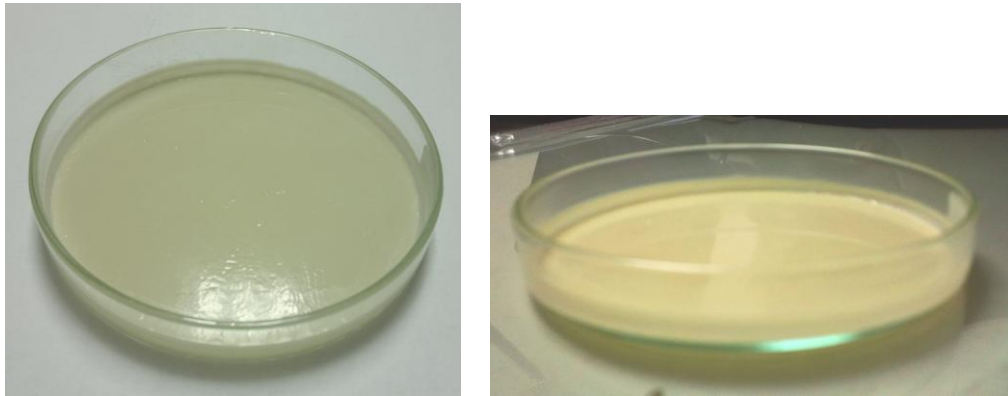
รูปที่ 5.13 ลักษณะของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและเบนโทไนต์ (NR/Bentonite(200))



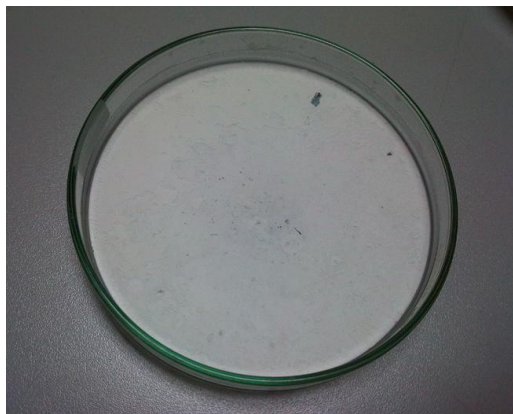
รูปที่ 5.14 การสลายตัวด้วยความร้อนของยางธรรมชาติ (NR) และคอมพอสิตของยางธรรมชาติและเบนโทไนต์ (NR/Bentonite(500))

เมื่อใช้คาโอดินต์ในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตพบว่า แผ่นฟิล์มที่ได้มีความเรียบเนียนสูง (รูปที่ 5.15) อย่างไรก็ดี เมื่อลอกแผ่นฟิล์มคอมพอสิตออกจากงานเพาะเชื้อที่ใช้เป็นแม่แบบจะพบคาโอดินต์

บางส่วนติดอยู่บนจานเพาะเชื้อ (รูปที่ 5.16) ดังนั้นปริมาณคาโอลิไนต์ที่อยู่ในเนื้อเยื่อของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตจึงน้อยกว่าปริมาณคาโอลิไนต์ที่ใช้ในการผสมกับน้ำยาง ซึ่งอาจเกิดจากความไม่เข้ากันของคาโอลิไนต์ที่มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic character) กับยางธรรมชาติที่มีความไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) นอกจากนี้คาโอลิไนต์มีความหนาแน่นมากกว่าเนื้อยางและน้ำ อนุภาคคาโอลิไนต์จึงตกตะกอนอยู่ด้านล่างสุด



รูปที่ 5.15 ลักษณะของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ (NR/Kaolinite(200) ผสมกลีเซอรอลเล็กน้อย)



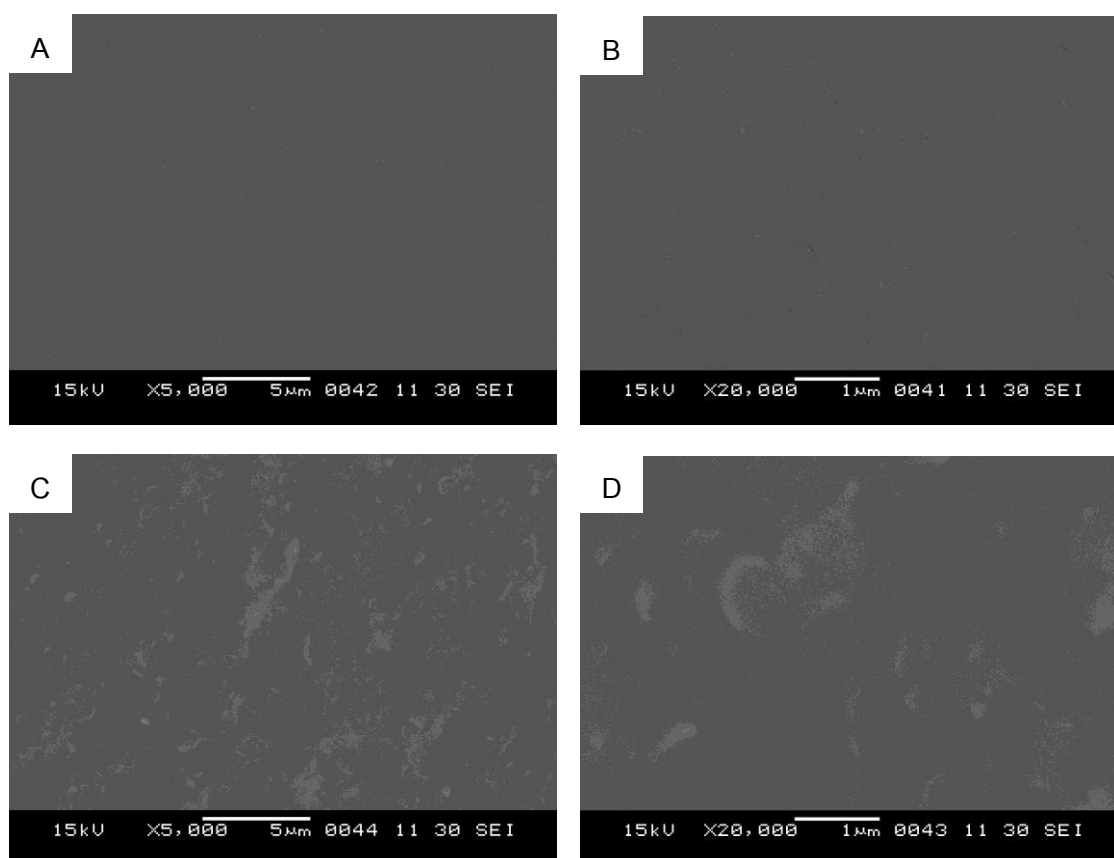
รูปที่ 5.16 คาโอลิไนต์ที่ติดอยู่บนจานเพาะเชื้อหลังจากลอกแผ่นฟิล์มคอมพอสิตออก (NR/Kaolinite(200))

5.4.2 ผลของปริมาณดินเหนียว

จากผลการศึกษาในโครงการวิจัยก่อนหน้านี้ของคณะผู้วิจัยพบว่า สมบัติการดูดซับและการคายวิตามินเอ อี และซี เกิดจากความพรุนหรือความขรุขระบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิต ซึ่งส่วนหนึ่งถูกกำหนดโดยจำนวน(ปริมาณ)อนุภาคซิลิกาที่โผล่บนเนื้อเยื่อขึ้นมา แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีอนุภาคซิลิกา

โผล่พื้นเนื้ออย่างมากจะมีพื้นผิวขรุขระมาก ทำให้ปริมาณวิตามินที่ดูดซับและคายได้มาก ซึ่งการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวให้มีลักษณะเช่นนี้ ต้องใช้ปริมาณดินเหนียวที่เหมาะสมปริมาณหนึ่ง

จากผลการศึกษาชนิดดินเหนียว (หัวข้อ 5.4.1) ทำให้ทราบว่าเบนโทไนต์ไม่เหมาะสมสำหรับใช้เตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตจากน้ำยาง ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงศึกษาผลของปริมาณดินเหนียวในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์เท่านั้น โดยปริมาณคาโอลิไนต์ที่ได้ศึกษาคือ 25 50 100 และ 200 phr จากการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมด้วยปริมาณคาโอลิไนต์ต่างๆ กัน พบว่า แผ่นฟิล์มคอมพอสิตมีความเรียบเนียนสม่ำเสมอคล้ายคลึงกัน เมื่อใช้นิวส์สัมผัสพื้นผิวด้านบนของแผ่นฟิล์มพบว่าค่อนข้างเรียบมาก รูปที่ 5.17 เปรียบเทียบภาพถ่าย SEM ของพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิต NR/Kaolinite ที่ใช้ปริมาณคาโอลิไนต์เท่ากับ 100 และ 200 phr ซึ่งจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยพื้นผิวของแผ่นฟิล์มมีลักษณะโป่งนูนตามรูปทรงของอนุภาคคาโอลิไนต์ที่แทรกในเนื้ออย่างแต่ไม่พบอนุภาคคาโอลิไนต์ที่โผล่พ้นจากเนื้อยางขึ้นมา



รูปที่ 5.17 ภาพถ่าย SEM ของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์: (A และ B) NR/Kaolinite(100) และ (C และ D) NR/Kaolinite(200)

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบปริมาณคาโอลิไนต์ที่ใช้ในการผสมกับน้ำยากับปริมาณคาโอลิไนต์ในเนื้อของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมได้ ซึ่งจะเห็นว่าการเพิ่มปริมาณคาโอลิไนต์ที่ใช้ในช่วง 25-100 phr ทำให้ปริมาณคาโอลิไนต์ในเนื้อเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณคาโอลิไนต์ที่ติดบนจานเพาะเชื้อก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยส่วนต่างของปริมาณคาโอลิไนต์ที่ใช้กับปริมาณคาโอลิไนต์ในเนื้อจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณคาโอลิไนต์ในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิต ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าการเพิ่มปริมาณคาโอลิไนต์ให้มากขึ้นเพียงอย่างเดียว อาจไม่ใช่แนวทางในการเพิ่มความขรุขระของพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิต จึงทดลองใช้คาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติ อย่างไรก็ตามก็ดี คาโอลิไนต์บางส่วนที่ติดบนจานเพาะเชื้อทำให้การลอกแผ่นฟิล์มคอมพอสิตออกง่ายขึ้น

ตารางที่ 5.4 ปริมาณคาโอลิไนต์ในเนื้อ^กของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์

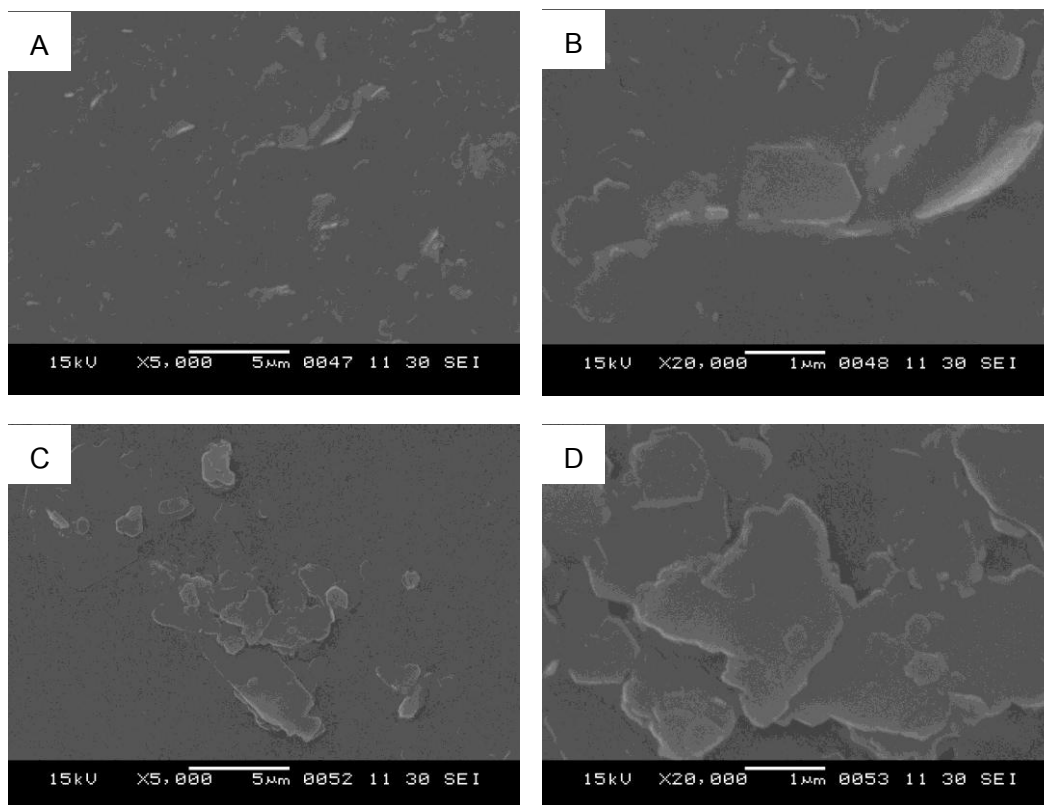
แผ่นฟิล์มคอมพอสิต	ปริมาณคาโอลิไนต์ที่ใช้ผสมกับน้ำยาก		ปริมาณคาโอลิไนต์ที่ติดบนจานเพาะเชื้อ (กรัม)	ปริมาณคาโอลิไนต์ในเนื้อ		ส่วนต่างปริมาณคาโอลิไนต์ ^ข
	phr	กรัม		phr	กรัม	
NR/Kaolinite(25)	25	0.212	0.070	16.8	0.142	8.2
NR/Kaolinite(50)	50	0.424	0.230	23.1	0.194	26.9
NR/Kaolinite(100)	100	0.844	0.403	52.4	0.440	47.6

^ก ปริมาณน้ำยาก = 1.39 กรัม (ความเข้มข้นของน้ำยาก 60.62 %โดยน้ำหนัก)

^ข ส่วนต่าง (phr) = ปริมาณคาโอลิไนต์ที่ใช้ผสมกับน้ำยาก (phr) – ปริมาณคาโอลิไนต์ในเนื้อ (phr)

5.4.3 ผลของการใช้ดินเหนียวดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอล

การใช้คาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติ (ปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่ใช้เท่ากับ 10 %โดยน้ำหนักของคาโอลิไนต์) จะได้แผ่นฟิล์มที่มีความเรียบเนียนสูงไม่แตกต่างจากกรณีการใช้คาโอลิไนต์เริ่มต้น (รูปที่ 5.15) รูปที่ 5.18 แสดงภาพถ่าย SEM พื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่าย SEM ในรูปที่ 5.17 พบว่า การเพิ่มปริมาณคาโอลิไนต์จาก 100 เป็น 200 phr โดยใช้คาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล จะทำให้อนุภาคคาโอลิไนต์ฝังพื้นเนื้อมากขึ้นมาอย่างชัดเจน และสามารถเพิ่มความขรุขระให้กับพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตได้ อย่างไรก็ตามก็ดี เมื่อใช้ปริมาณคาโอลิไนต์เท่ากับ 100 phr การกระจายอนุภาคคาโอลิไนต์บริเวณพื้นผิวจะสม่ำเสมอมากกว่ากรณีใช้ปริมาณคาโอลิไนต์เท่ากับ 200 phr

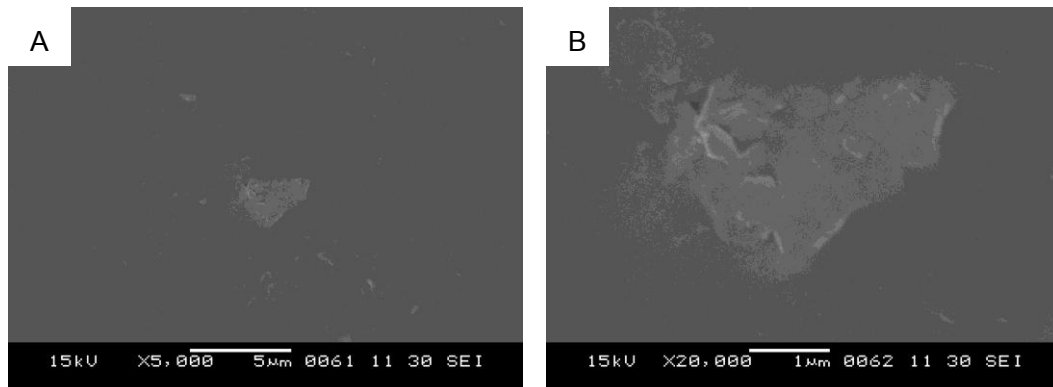


รูปที่ 5.18 ภาพถ่าย SEM ของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล: (AและB) NR/PEG-Kaolinite(100) และ (C และ D) NR/PEG-Kaolinite(200)

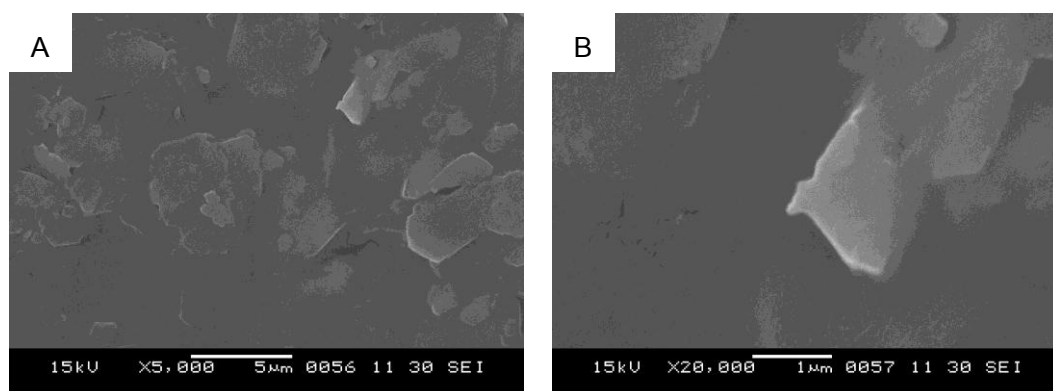
ในกรณีที่ใช้คาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยกลีเซอรอลในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิต (ปริมาณกลีเซอรอลที่ใช้เท่ากับ 30 %โดยน้ำหนักของคาโอลิไนต์) พบว่า พื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมได้มีการกระจายอนุภาคคาโอลิไนต์ไม่สม่ำเสมอเหมือนกับการใช้คาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล โดยพบการเกาะกลุ่มกันของอนุภาคคาโอลิไนต์ในบางบริเวณ ซึ่งสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ภาพถ่าย SEM ในรูปที่ 5.19 แสดงให้เห็นการเกาะกลุ่มกันของอนุภาคคาโอลิไนต์ อย่างไรก็ดี แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมได้ในกรณีนี้มีลักษณะนุ่ม ชุ่มชื้นและยืดหยุ่นมาก ซึ่งอาจเกิดจากกลีเซอรอลดูดซับความชื้นไว้ ดังนั้นกลีเซอรอลจึงช่วยเสริมลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตให้น่าใช้งานกับผิวหนังมากขึ้น ทั้งนี้ต้องศึกษาหาปริมาณกลีเซอรอลที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตเพื่อไม่ให้อนุภาคคาโอลิไนต์เกาะกลุ่มกันในเนื่อยาง

จากข้อดีของการใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลในการดัดแปรคาโอลิไนต์ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้สารทั้งสองชนิดร่วมกัน การสังเกตลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลร่วมกับกลีเซอรอลด้วยตาเปล่า พบว่า พื้นผิวของแผ่นฟิล์มมีความเรียบเนียนสม่ำเสมอคล้ายคลึงกับกรณีที่ใช้คาโอลิไนต์เริ่มต้น (รูปที่ 5.15) ขณะเดียวกันแผ่นฟิล์มคอมพอสิตมีความนุ่มและยืดหยุ่น รูปที่ 5.20 แสดงภาพถ่าย SEM พื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพ

สิดที่เตรียมได้ จะเห็นว่าการใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลร่วมกับกลีเซอรอลในการตัดแปรงคาโอไลน์ต์ ทำให้อนุภาคคาโอไลน์ต์กระจายตัวในเนื้ออย่างสม่ำเสมอและมีอนุภาคคาโอไลน์ต์บางส่วนโผล่พื้นเนื้ออย่างใดอย่างหนึ่ง เมื่อผ่าแผ่นฟิล์มคอมพอสิตไปทดสอบการดูดซับและการคายกรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) เพื่อประเมินการใช้งานเบื้องต้น พบว่า ปริมาณวิตามินซีที่ดูดซับและคายได้น้อยกว่าแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและวัสดุซิลิกาที่เตรียมได้ในโครงการวิจัยก่อน ดังนั้นจึงพัฒนาวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอไลน์ต์แบบใหม่ซึ่งให้ชื่อว่าวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้น



รูปที่ 5.19 ภาพถ่าย SEM ของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอไลน์ต์ตัดแปรงด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล: (A และ B) NR/Gly-Kaolinite(100)



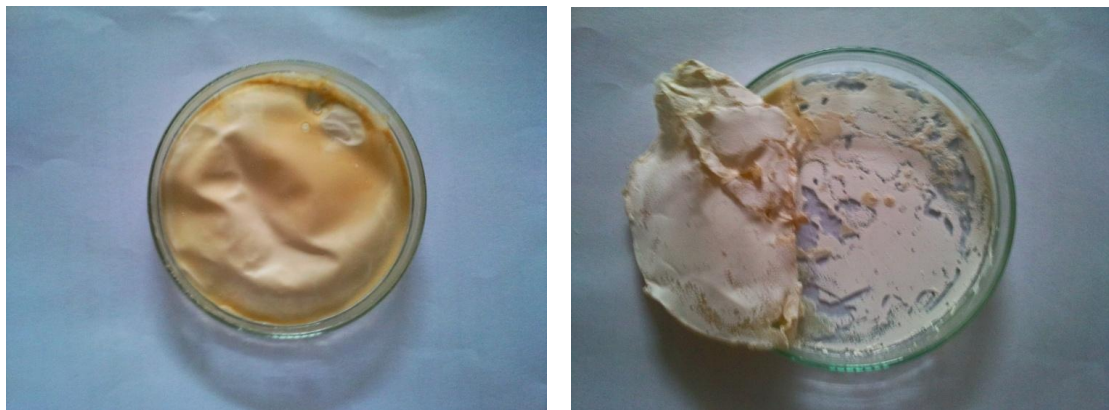
รูปที่ 5.20 ภาพถ่าย SEM ของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอไลน์ต์ตัดแปรงด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลร่วมกับกลีเซอรอล: (A และ B) NR/PEG-Gly-Kaolinite(100)

5.4.4 การเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้น (two-layer film composite)

แนวความคิดในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นคือ การเตรียมฟิล์มของยางธรรมชาติและดินเหนียวแยกส่วนกัน เพื่อลดการจมตัวของอนุภาคดินเหนียวในเนื้อยางและเพิ่มความขรุขระให้กับพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตให้มากขึ้น การทดลองในส่วนนี้ใช้ดินเหนียวชนิดคาโอไลน์ต์ ชั้นฟิล์มยาง

ธรรมชาติประกอบด้วย น้ำยาง พอลิเอทิลีนไกลคอล และน้ำ ส่วนชั้นดินเหนียวประกอบด้วย คาโอไลน์ต์ พอลิเอทิลีนไกลคอล กลีเซอรอล และน้ำ

ในเบื้องต้นคณะผู้วิจัยทดลองเตรียมแผ่นฟิล์มของยางธรรมชาติอย่างเดียวก่อน ซึ่งหลังจากการอบแห้งจะได้แผ่นฟิล์มที่บางมาก โปร่งแสง และมีความเรียบเนียนสูง จากนั้นจึงเทของผสมของชั้นดินเหนียวลงไปบนแผ่นฟิล์มของยางธรรมชาติที่เตรียมได้เพื่อให้เกิดเป็นชั้นดินเหนียวอยู่ด้านบน อย่างไรก็ตามพบว่า คาโอไลน์ต์และสารละลายจากของผสมของชั้นดินเหนียวจะไหลลงไปได้แผ่นฟิล์มยางธรรมชาติ ทำให้การกระจายของของผสมของชั้นดินเหนียวไม่สม่ำเสมอทั่วกัน เมื่อนำตัวอย่างนี้ไปอบจะพบว่า แผ่นฟิล์มคอมพอสิตไป่งนูนและมีรอยยับ เนื่องจากน้ำที่อยู่ที่แผ่นฟิล์มของยางธรรมชาติกลายเป็นไอน้ำและตัดแผ่นฟิล์มขึ้นมา (รูปที่ 5.21) แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ได้จะมีสีน้ำตาลคล้ายยางไหม้ ซึ่งอาจเกิดจากแผ่นฟิล์มของยางธรรมชาติผ่านการอบสองครั้ง นอกจากนั้น การลอกแผ่นฟิล์มคอมพอสิตออกจากจานเพาะเชื้อทำได้ยาก เนื่องจากแผ่นฟิล์มของยางธรรมชาติบางส่วนติดแน่นบนจานเพาะเชื้อ (บริเวณที่ไม่มีคาโอไลน์ต์อยู่ใต้แผ่นฟิล์ม) ทำให้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตขาด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงปรับวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้น

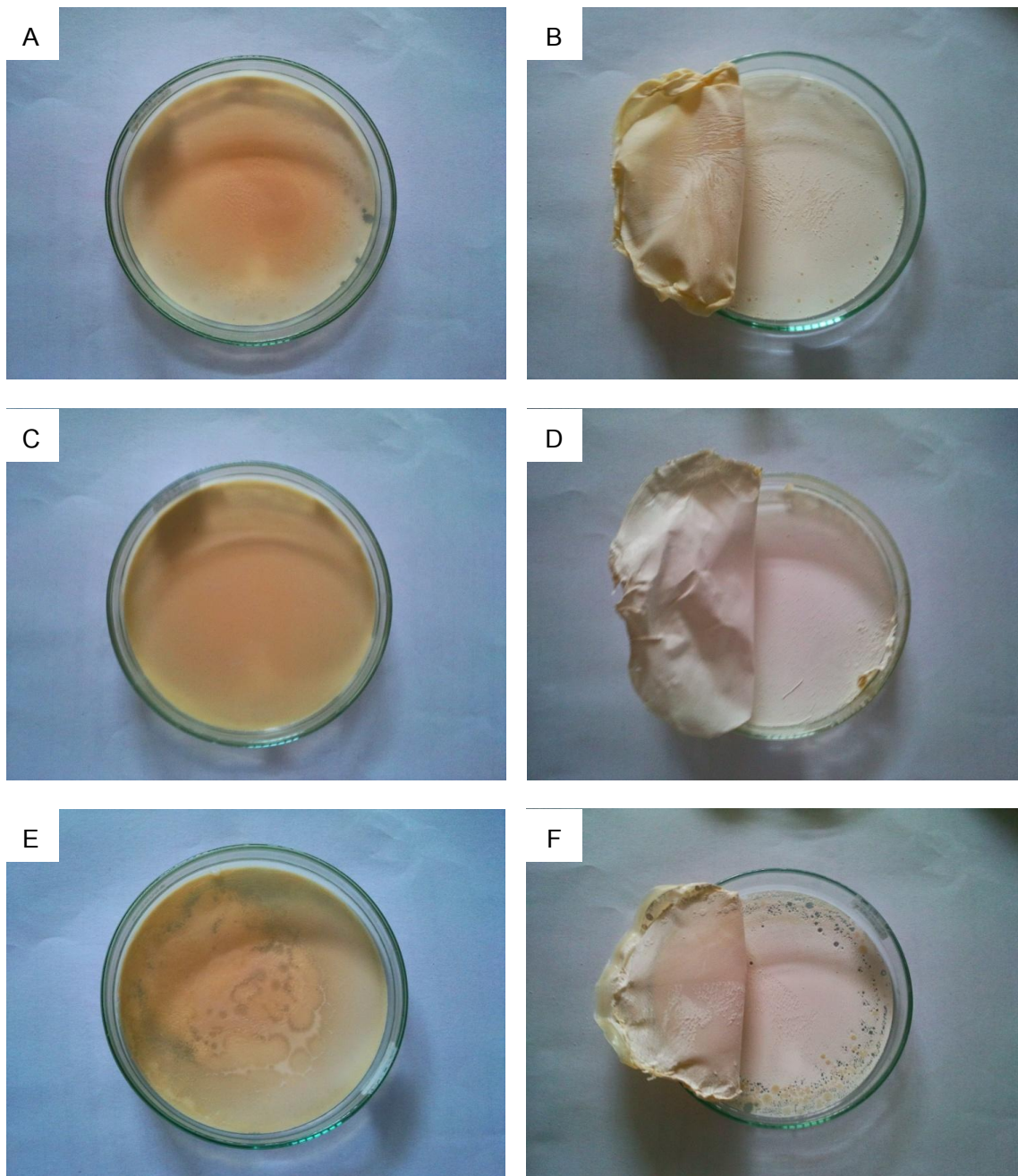


รูปที่ 5.21 แผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นที่เตรียมได้ในช่วงแรกของการพัฒนา

วิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นที่ปรับขั้นตอนแล้วอธิบายไว้ในหัวข้อวิธีการ โดยหลังจากเทของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติลงในจานเพาะเชื้อและทิ้งไว้ประมาณ 40 นาที จึงเทของผสมของชั้นดินเหนียวตามลงไป ซึ่งทำให้เกิดการจัดเรียงชั้นของส่วนประกอบต่างๆ ใหม่ ตามความหนาแน่นและสมบัติความชอบน้ำ/ความไม่ชอบน้ำ แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอไลน์ต์ที่เตรียมได้ตามวิธีนี้มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.22 ซึ่งจะเห็นว่าแผ่นฟิล์มมีความเรียบเนียนสูง สามารถลอกออกได้ง่ายเนื่องจากมีคาโอไลน์ต์บางส่วนติดอยู่บนจานเพาะเชื้อ

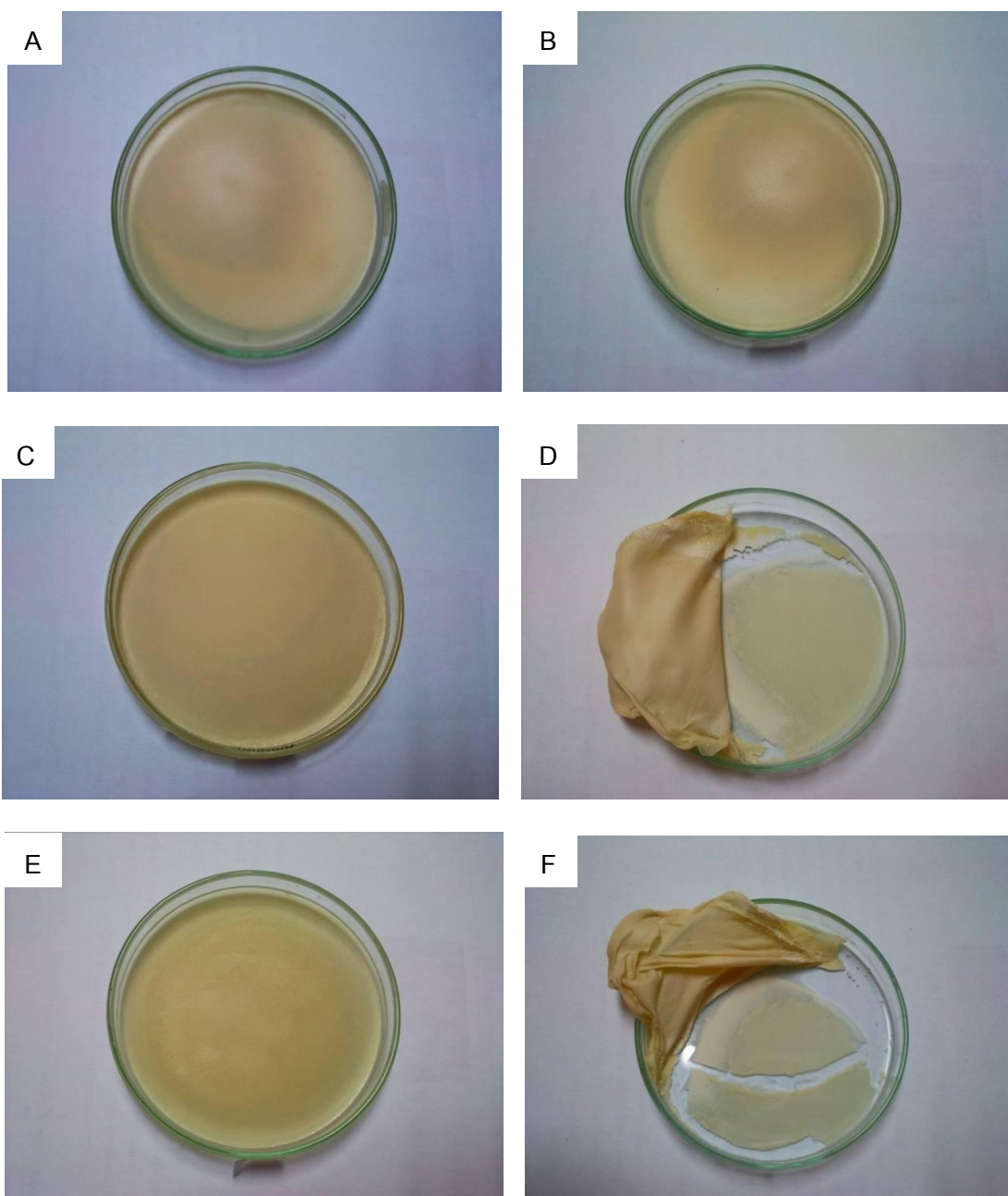
นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาผลของปริมาณส่วนประกอบต่างๆ ต่อลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นที่เตรียมได้ โดยในส่วนแรกเป็นการปรับปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่

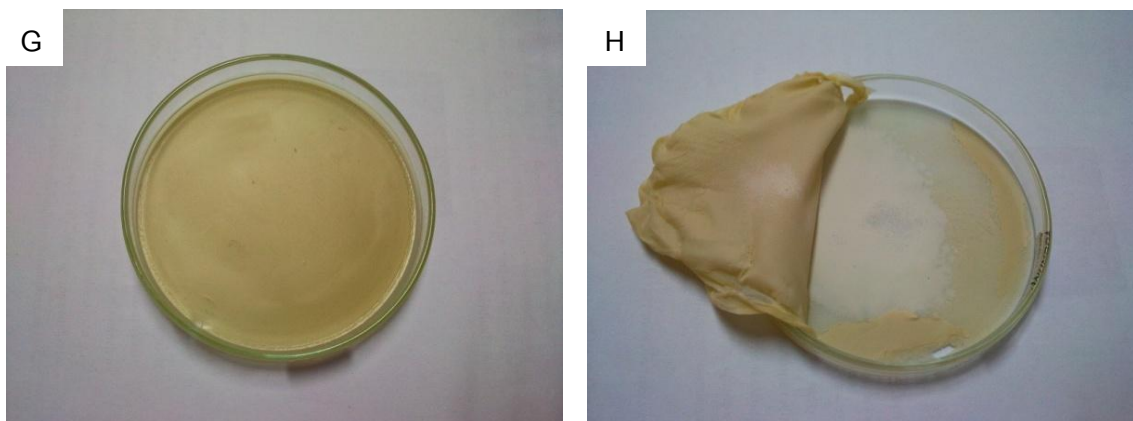
ผสมในชั้นฟิล์มยางธรรมชาติจาก 40 เป็น 60 phr (รูปที่ 5.22) พบว่า ความเรียบเนียนของแผ่นฟิล์มยางคอมพอสิตเพิ่มขึ้นและมีคาโพลิไนต์ติดบนชั้นฟิล์มยางธรรมชาติมากขึ้น (หรือมีปริมาณคาโพลิไนต์ติดบนจานเพาะเชื้อลดลง) ซึ่งทำให้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตหลังจากลอกจากจานเพาะเชื้อมีคงรูปได้ดี อย่างไรก็ตาม เมื่อปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลเพิ่มขึ้นเป็น 80 phr แผ่นฟิล์มคอมพอสิตมีลักษณะกระด้างและคาโพลิไนต์ที่ติดบนชั้นฟิล์มยางธรรมชาติจะไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 5.22 แผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้น: (A และ B) NR-PEG(40)/PEG-Kaolinite(200), (C และ D) NR-PEG(60)/PEG-Kaolinite(200) และ (E และ F) NR-PEG(80)/PEG-Kaolinite(200)

ในส่วนถัดมา คณะผู้วิจัยศึกษาผลของการเติมกลีเซอรอล (6-30 %โดยน้ำหนักของคาโอลิไนต์) ในของผสมของชั้นดินเหนียวที่มีต่อลักษณะของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นที่เตรียมได้ จากรูปที่ 5.23 จะเห็นว่า การเติมกลีเซอรอลร่วมในชั้นดินเหนียวทำให้ได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เรียบเนียน มีความเหนียว นุ่มและชุ่มชื้น แผ่นฟิล์มคอมพอสิตลอกออกจากจานเพาะเชื้อง่าย นอกจากนี้กลีเซอรอลส่งผลให้คาโอลิไนต์ที่ติดบนชั้นฟิล์มยางธรรมชาติเกาะแน่นขึ้น (ใช้นิ้วลูบแล้วไม่มีคาโอลิไนต์หลุดออกมา) ขณะที่คาโอลิไนต์ที่เหลือติดบนจานเพาะเชื้อเกาะกันแน่นและมีลักษณะคล้ายกลีเซอรอลเคลือบอยู่ โดยปริมาณกลีเซอรอลที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นคือ 30 %โดยน้ำหนักของคาโอลิไนต์ การเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลมากกว่านี้ทำให้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตมีความนิ่มมาก ไม่สามารถงอรูปได้เมื่อลอกออกจากจานเพาะเชื้อ





รูปที่ 5.23 แผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้น: (A) NR-PEG(60)/PEG-Gly(6%)-Kaolinite(200), (B) NR-PEG(60)/PEG-Gly(12%)-Kaolinite(200), (C และ D) NR-PEG(60)/PEG-Gly(18%)-Kaolinite(200), (E และ F) NR-PEG(60)/PEG-Gly(24%)-Kaolinite(200) และ (G และ H) NR-PEG(60)/PEG-Gly(30%)-Kaolinite(200)

5.5 การดูดซับและการคายวิตามินซีของแผ่นฟิล์มคอมพอสิต

วิตามินซี (vitamin C) เป็นสารออกฤทธิ์ที่ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหลายชนิด เนื่องจากมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยลดเลือนจุดด่างดำ และทำให้ผิวกระจ่างใสขึ้น วิตามินซีที่มีจำหน่ายตามบริษัทขายสารเคมีมีด้วยกันหลายรูปแบบ แต่ละแบบจะมีขนาดโมเลกุล ความเสถียร (stability) และสมบัติการละลายที่แตกต่างกัน โครงการวิจัยนี้เลือกใช้วิตามินซีในรูปของกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ซึ่งเป็นวิตามินซีที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด ละลายน้ำได้ดี แต่สลายตัวค่อนข้างง่ายเมื่อโดนแสงแดดและความร้อน ดังนั้นจึงเติมโซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thiosulfate) ที่เป็นสารทำให้เสถียรในขั้นตอนการคายวิตามินซีและในระหว่างการวิเคราะห์ด้วย UV/Vis spectrophotometer เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการหาปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่ดูดซับและคายได้

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับและการคายกรดแอสคอร์บิกของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอไลน์เริ่มต้นหรือคาโอไลน์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอล จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า แผ่นฟิล์มคอมพอสิตทุกชนิดที่เตรียมขึ้นสามารถดูดซับและคายกรดแอสคอร์บิกได้ เมื่อพิจารณาผลของปริมาณคาโอไลน์ที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตพบว่า ปริมาณของกรดแอสคอร์บิกที่ดูดซับและคายได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณคาโอไลน์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณคาโอไลน์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลหรือกลีเซอรอลเท่ากับ 100 phr (NR/PEG-Kaolinite(100) และ NR/Gly-Kaolinite(100) ตามลำดับ) พบว่า แผ่นฟิล์มคอมพอสิตดูดซับและคายกรดแอสคอร์บิกได้มากขึ้น ขณะที่การดัดแปรคาโอไลน์ด้วยสารทั้งสองชนิดทำให้การดูดซับและการคายกรดแอสคอร์บิกลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณคาโอไลน์เป็น 200 phr ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์

พื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตด้วยเทคนิค SEM (รูปที่ 5.18) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า NR/PEG-Kaolinite(200) มีการกระจายอนุภาคคาโอไลไนต์บนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มต่ำกว่า NR/PEG-Kaolinite(100) ส่วนกลีเซอรอล จะทำให้อนุภาคคาโอไลไนต์เกาะกันเป็นกลุ่มก้อน (รูปที่ 5.19) การใช้คาโอไลไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกล คอลร่วมกับกลีเซอรอล (NR/PEG-Gly-Kaolinite(100)) ในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตสามารถเพิ่มการ ดูดซับและคายกรดแอสคอร์บิกได้มากที่สุด

ตารางที่ 5.5 การดูดซับ^aและการคาย^bกรดแอสคอร์บิก (AA) ของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติ และคาโอไลไนต์เริ่มต้นหรือคาโอไลไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอล

Film composite	Absorbance (a.u.)	Amount of desorbed AA $\times 10^{-4} \text{ mol/cm}^2_{\text{composite}}$
NR/Kaolinite(50)	0.4203	0.0108
NR/Kaolinite(100)	0.5500	0.0112
NR/Kaolinite(200)	0.6432	0.0244
NR/PEG ^c -Kaolinite(100)	0.8243	0.0276
NR/PEG ^c -Kaolinite(200)	0.6926	0.0168
NR/Gly ^d -Kaolinite(100)	0.7470	0.0263
NR/Gly ^d -Kaolinite(200)	0.7285	0.0214
NR/PEG ^c -Gly ^d -Kaolinite(100)	0.8405	0.0296

^a ภาวะในการดูดซับวิตามิน: ปริมาตรสารละลายกรดแอสคอร์บิก, 40 มิลลิลิตร; ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรด แอสคอร์บิก, 1.14×10^{-2} โมลาร์; เวลา, 15 นาที; อุณหภูมิห้อง

^b ภาวะในการคายวิตามิน: ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต, 50 มิลลิลิตร; ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย โซเดียมไทโอซัลเฟต, 1.58×10^{-3} โมลาร์; เวลา, 15 นาที; อุณหภูมิห้อง

^c ปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่ใช้เท่ากับ 10 %โดยน้ำหนักของคาโอไลไนต์

^d ปริมาณกลีเซอรอลที่ใช้เท่ากับ 30 %โดยน้ำหนักของคาโอไลไนต์

ตารางที่ 5.6 แสดงผลการทดสอบการดูดซับและการคายกรดแอสคอร์บิกของแผ่นฟิล์มคอมพอสิต แบบสองชั้น ในกรณีแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ไม่เติมกลีเซอรอล (NR-PEG(xx)/PEG-Kaolinite(200)) พบว่า การเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นเพิ่มความสามารถในการดูดซับและคายกรดแอสคอร์บิกอย่าง เห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีแรก (ตารางที่ 5.5) ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่ดูดซับและคายได้ของ แผ่นฟิล์มคอมพอสิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณพอลิเอทิลีนที่เติมในชั้นยางเพิ่มขึ้นในช่วง 20-60 phr แต่ เมื่อเพิ่มปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลเป็น 80 phr ความสามารถในการดูดซับและการคายกรดแอสคอร์บิก

จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มที่มีความกระด้างและอนุภาคคาโอไลน์ติดบนชั้นฟิล์มยางธรรมชาติไม่สม่ำเสมอ เมื่อปริมาณพอลิเอทิลีนในชั้นยางเท่ากับ 60 phr การเติมกลีเซอรอลร่วมกับพอลิเอทิลีนในชั้นดิน (NR-PEG(60)/PEG-Gly(xx)-Kaolinite(200)) ทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่ดูดซับและคายได้ของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีเซอรอลที่เติม โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปริมาณกลีเซอรอลเท่ากับ 30 %โดยน้ำหนักของคาโอไลน์ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับและคายกรดแอสคอร์บิกมากที่สุดเทียบเท่ากับแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและวัสดุซิลิกาที่ได้ศึกษาในโครงการวิจัยก่อนหน้านี้ (NR/MCM-41) ดังนั้นแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับและคายกรดแอสคอร์บิกคือ NR-PEG(60)/PEG-Gly(30%)-Kaolinite(200)

ตารางที่ 5.6 การดูดซับ^aและการคาย^b กรดแอสคอร์บิก (AA) ของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอไลน์แบบสองชั้น

Film composite	Absorbance (a.u.)	Amount of desorbed AA $\times 10^{-4} \text{ mol/cm}^2_{\text{composite}}$
NR-PEG(20)/PEG ^c -Kaolinite(200)	0.8593	0.0301
NR-PEG(40)/PEG ^c -Kaolinite(200)	1.3773	0.0483
NR-PEG(60)/PEG ^c -Kaolinite(200)	1.7305	0.0607
NR-PEG(80)/PEG ^c -Kaolinite(200)	1.1523	0.0404
NR-PEG(20)/PEG ^c -Gly(30%)-Kaolinite(200)	1.1700	0.0410
NR-PEG(40)/PEG ^c -Gly(30%)-Kaolinite(200)	1.4974	0.0525
NR-PEG(60)/PEG ^c -Gly(30%)-Kaolinite(200)	1.9292	0.0677
NR-PEG(60)/PEG ^c -Gly(6%)-Kaolinite(200)	1.7625	0.0619
NR-PEG(60)/PEG ^c -Gly(12%)-Kaolinite(200)	1.8270	0.0641
NR-PEG(60)/PEG ^c -Gly(18%)-Kaolinite(200)	1.8625	0.0654
NR-PEG(60)/PEG ^c -Gly(24%)-Kaolinite(200)	1.9027	0.0668

^aภาวะในการดูดซับวิตามิน: ปริมาตรสารละลายกรดแอสคอร์บิก, 40 มิลลิลิตร; ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรดแอสคอร์บิก, 1.14×10^{-2} โมลาร์; เวลา, 15 นาที; อุณหภูมิห้อง

^bภาวะในการคายวิตามิน: ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต, 50 มิลลิลิตร; ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต, 1.58×10^{-3} โมลาร์; เวลา, 15 นาที; อุณหภูมิห้อง

^c ปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่ใช้เท่ากับ 10 %โดยน้ำหนักของคาโอไลน์

5.6 การขึ้นรูปแผ่นพอกหน้า

จากการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ข้างต้นทำให้ทราบว่า การเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมซึ่งจะให้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีลักษณะทางกายภาพเหมาะแก่การใช้งานและมีความสามารถในการดูดซับและการคายกรดแอสคอร์บิกสูง โดยสัดส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นคือ ปริมาณคาโอลิไนต์เท่ากับ 200 phr, ปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่เติมในของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติเท่ากับ 60 phr และปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลที่เติมในของผสมของชั้นดินเท่ากับ 10 และ 30 %โดยน้ำหนักของคาโอลิไนต์ ตามลำดับ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทดลองใช้ภาวะนี้ในการขึ้นรูปแผ่นพอกหน้า (facial mask sheet) ขนาดเท่าใบหน้าคนซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าจานเพาะเชื้อ 5.43 เท่า (ภาคผนวก ก) โดยพบว่าแผ่นพอกหน้าที่ได้มีความคงรูปดี สามารถตัดให้มีรูปทรงและขนาดตามต้องการได้ อย่างไรก็ตาม การกระจายอนุภาคคาโอลิไนต์บนแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติยังไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้สีของแผ่นพอกหน้าไม่สม่ำเสมอด้วย ซึ่งน่าจะเกิดจากการใช้แม่แบบที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของแผ่นพอกหน้ามาก การควบคุมการแผ่กระจายของผลผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติและชั้นดินเหนียวในแม่แบบจึงทำได้ยาก นอกจากนี้ ขณะนำของผสมในแม่แบบไปอบแห้งในตู้อบสุญญากาศพบว่า ผิวของผลผสมจะเสื่อมไปมา จึงอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การกระจายอนุภาคคาโอลิไนต์ในแผ่นฟิล์มคอมพอสิตไม่สม่ำเสมอ

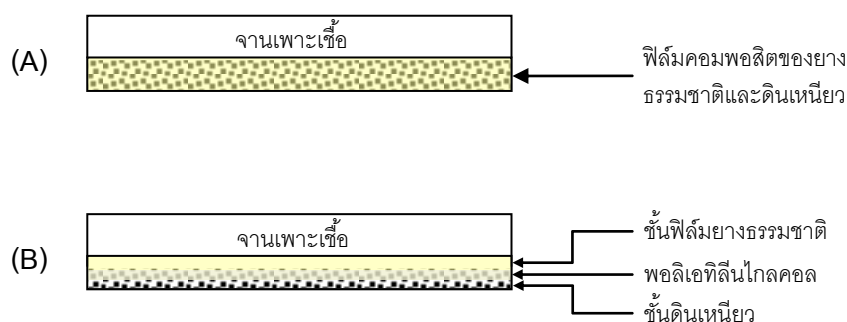
5.7 การคำนวณต้นทุนของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์

ภาคผนวก ข แสดงผลการคำนวณต้นทุนของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ที่เตรียมแบบสองชั้นชนิด NR-PEG(60)/PEG-Gly(30%)-Kaolinite(200) ซึ่งมีขนาดเท่าจานเพาะเชื้อ (เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 9.2 เซนติเมตร) และต้นทุนของแผ่นพอกหน้าขนาดเท่าใบหน้าคนซึ่งเตรียมจากแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ชนิด NR-PEG(60)/PEG-Gly(30%)-Kaolinite(200) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและซิลิกาเจลที่ได้ศึกษาในโครงการวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น NR/THF/Si₄ (200) พบว่า แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ที่พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้มีต้นทุนต่ำกว่าประมาณ 3 บาทต่อแผ่น เนื่องจากไม่มีการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์และราคาของคาโอลิไนต์เกรดเครื่องสำอางต่ำกว่าราคาของซิลิกาเจล 4-5 เท่า อย่างไรก็ตาม การเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นใช้ไฟฟ้ามากกว่าการเตรียมแบบกวนผลผสมยางธรรมชาติและดินเหนียวหรือวัสดุซิลิกาพร้อมกัน เนื่องจากใช้เวลาในการกวนผลผสมและการอบแห้งนานกว่า

6. วิจัยรณผล

เบนโทไนต์และคาลิไลไนต์เป็นดินเหนียวตามธรรมชาติที่มีองค์ประกอบหลักเป็น SiO_2 และ Al_2O_3 ซึ่งจัดเรียงตัวเป็นชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกต (aluminosilicate layers) ระหว่างชั้นแต่ละชั้นจะมีช่องว่างซึ่งภายในมีน้ำอยู่ร่วมกับไอออนประจุบวกของโลหะอื่นๆ เช่น K, Mg, Ca และ Fe เป็นต้น สัดส่วนของปริมาณโลหะเหล่านี้ในเบนโทไนต์และคาลิไลไนต์แตกต่างกัน โครงสร้างของเบนโทไนต์มีการจัดเรียงชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตแบบ 2:1 ขณะที่ชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตในโครงสร้างของคาลิไลไนต์จัดเรียงแบบ 1:1 เบนโทไนต์จึงมีช่องว่างระหว่างชั้นกว้างกว่าคาลิไลไนต์ ลักษณะเช่นนี้ส่งผลให้เบนโทไนต์มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตน้อยกว่าด้วย เมื่อนำเบนโทไนต์และคาลิไลไนต์ผสมกับสารละลายพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอล โมเลกุลของสารอินทรีย์ทั้งสองบางส่วนจึงสามารถแทรกเข้าไปภายในช่องว่างระหว่างชั้นของเบนโทไนต์ได้และอีกส่วนจะเคลือบอยู่ภายนอกอนุภาคเบนโทไนต์ สำหรับคาลิไลไนต์ที่มีช่องว่างระหว่างชั้นแคบและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตมาก พอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลจะเคลือบอยู่ภายนอกอนุภาคเท่านั้น

การผสมเบนโทไนต์หรือเบนโทไนต์ดัดแปรด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลในน้ำยางทำให้ยางธรรมชาติจับตัวเป็นก้อนแข็งและไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ซึ่งอาจเกิดจากโมเลกุลยางบางส่วนแทรกเข้าไปภายในช่องว่างระหว่างชั้นของเบนโทไนต์ในลักษณะเดียวกับกรณีของพอลิเอทิลีนไกลคอล คาลิไลไนต์สามารถใช้เตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติที่มีความเรียบเนียนสม่ำเสมอได้อย่างไรดี อนุภาคคาลิไลไนต์ส่วนใหญ่จมอยู่ในเนื้อยางหรือติดอยู่บนจานเพาะเชื้อ เนื่องจากเมื่อเทของผสมของน้ำยางและคาลิไลไนต์ลงในจานเพาะเชื้อ คาลิไลไนต์ที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะตกตะกอนลงด้านล่างบางส่วน (รูปที่ 5.24A) พอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลจะเคลือบอนุภาคคาลิไลไนต์ไว้และช่วยเพิ่มอัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่ผิว (volume per surface area) เนื่องจากสารอินทรีย์ทั้งสองชนิดไม่ระเหยไปพร้อมกับน้ำ (จุดเดือดของกลีเซอรอล = 290 องศาเซลเซียส) ทำให้อนุภาคคาลิไลไนต์ถูกดันขึ้นมาบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตมากขึ้น



รูปที่ 5.24 ภาพจำลองการจัดเรียงตัวของยางธรรมชาติและดินเหนียว (คาลิไลไนต์) ในแผ่นฟิล์มคอมพอสิต (A) เตรียมโดยกวนผสมน้ำยางและดินเหนียวพร้อมกัน และ (B) เตรียมแบบสองชั้น

รูปที่ 5.24B แสดงการจัดเรียงชั้นของฟิล์มยางธรรมชาติ พอลิเอทิลีนไกลคอล และดินเหนียวในแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมแบบสองชั้น การเทของผสมของชั้นดินเหนียวซึ่งมีสีน้ำตาลเทาลงในจานเพาะเชื้อที่มีของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติซึ่งมีสีขาวเหมือนนม จะเกิดการฟุ้งกระจายของดินเหนียวไปทั่วจานเพาะเชื้อ(สังเกตได้จากการผสมกันของสีน้ำตาลเทาและสีขาว) เมื่อทิ้งไว้ประมาณ 15-30 นาที ดินเหนียวจะตกตะกอนลงอยู่ใต้ชั้นฟิล์มยางธรรมชาติ ทำให้พบแต่สีขาวเหมือนนมอยู่ด้านบน เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของแต่ละองค์ประกอบที่ใช้เป็นส่วนผสมในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตดังแสดงในตารางที่ 5.7 พบว่าการจัดเรียงชั้นของแต่อย่างใดประกอบในแผ่นฟิล์มคอมพอสิต (รูปที่ 5.24B) จะมีลำดับตามความหนาแน่น โดยพอลิเอทิลีนไกลคอลซึ่งมีความหนาแน่นอยู่ระหว่างน้ำและคาโอลินต์จะทำหน้าที่คล้ายตัวประสาน (binder) ทำให้อนุภาคคาโอลินต์ติดบนพื้นผิวด้านล่างของแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติ ดังนั้นการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตแบบสองชั้นจึงสามารถลดการจมตัวของอนุภาคคาโอลินต์ในเนื้อยางและทำให้มีปริมาณอนุภาคคาโอลินต์ที่โผล่พ้นเนื้อยางมากขึ้น

ตารางที่ 5.7 ความหนาแน่นขององค์ประกอบที่ใช้เป็นส่วนผสมในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลินต์แบบสองชั้น

องค์ประกอบ	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	ที่มา
น้ำยารพารา	0.98	[15]
พอลิเอทิลีนไกลคอล	1.13	[16]
กลีเซอรอล	1.26	[17]
คาโอลินต์	2.60	[18]

การเพิ่มปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลเป็นการเพิ่มปริมาณตัวประสานซึ่งจะส่งผลให้อนุภาคคาโอลินต์ติดบนแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติมากขึ้น แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ได้จึงคงรูปได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้าปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลมากเกินไป แผ่นฟิล์มคอมพอสิตจะมีความแข็งกระด้างมากไม่นำใช้งาน สำหรับกลีเซอรอลซึ่งเป็นไตรไฮดริกแอลกอฮอล์ (trihydric alcohol) และมีความหนาแน่นอยู่ระหว่างพอลิเอทิลีนไกลคอลและคาโอลินต์มีแนวโน้มที่จะเคลือบอนุภาคคาโอลินต์ไว้ ขณะเดียวกันกลีเซอรอลบางส่วนละลายได้ในพอลิเอทิลีนไกลคอลจึงส่งผลให้อนุภาคคาโอลินต์ติดบนแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติแน่นขึ้นและทำให้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตมีความยืดหยุ่นและมีความนุ่มชุ่มชื้น

ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่ดูดซับและคายได้ของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลินต์มีความสอดคล้องกับความขรุขระของพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตหรือปริมาณอนุภาคคาโอลินต์ที่

โผล่พื้นเนื้ออย่างขึ้นมา เมื่อเปรียบเทียบผลของวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ปริมาณคาโอลิไนต์เท่ากัน (200 phr) แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมโดยกวนผสมน้ำยางและดินเหนียวพร้อมกันมีความขรุขระของพื้นผิวน้อยกว่าแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมแบบสองชั้น ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่ดูดซับและคายได้ของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมด้วยวิธีแรกจึงน้อยกว่าด้วย การเติมพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ทั้งสองวิธี ช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับและคายกรดแอสคอร์บิกได้ ซึ่งเกิดจากปริมาณอนุภาคคาโอลิไนต์ที่โผล่พื้นเนื้ออย่างมากขึ้น แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ที่เตรียมแบบสองชั้นชนิด NR-PEG(60)/PEG-Gly(30%)-Kaolinite(200) มีลักษณะทางกายภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานเป็นแผ่นพอกหน้า โดยให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่ดูดซับและคายได้สูงสุดเทียบกับแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและ MCM-41 (NR/MCM-41) ที่ได้ศึกษาในโครงการวิจัยก่อนหน้านี้

7. สรุปผล

- 1) เบนโทไนต์ไม่เหมาะสมสำหรับการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตจากน้ำยางด้วยกรรมวิธีที่ใช้ในโครงการนี้ เนื่องจากทำให้ยางจับตัวเป็นก้อนและไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ขณะที่การใช้ดินเหนียวชนิดคาโอลิไนต์จะได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีความเรียบเนียนสม่ำเสมอ
- 2) การเติมพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์ที่มีพื้นผิวขรุขระหรือมีปริมาณอนุภาคคาโอลิไนต์ที่โผล่พื้นเนื้ออย่างมา คงรูปได้ดีเมื่อลอกออกจากงานเพาะเชื้อ มีความยืดหยุ่น นุ่ม และชุ่มชื้น และเพิ่มปริมาณวิตามินซีที่ดูดซับและคายได้
- 3) การเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นจะให้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่มีลักษณะทางกายภาพและสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานต่อไป
- 4) สัดส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นคือ ปริมาณคาโอลิไนต์เท่ากับ 200 phr, ปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่เติมในของผสมของชั้นฟิล์มยางธรรมชาติเท่ากับ 60 phr และปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลที่เติมในของผสมของชั้นดินเท่ากับ 10 และ 30 %โดยน้ำหนักของคาโอลิไนต์ ตามลำดับ
- 5) กรรมวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นสามารถใช้ขึ้นรูปแผ่นพอกหน้าขนาดเท่าใบหน้าคนได้ โดยมีต้นทุนต่อแผ่นประมาณ 10 บาท

8. ข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้สามารถพัฒนาวิธีการขึ้นรูปแผ่นพอกหน้าขนาดเท่าใบหน้าคนจากแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอลิไนต์แบบสองชั้นที่มีสมบัติการดูดซับและการคายวิตามินซีได้ อย่างไรก็ตาม ดี สีของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตและการกระจายอนุภาคคาโอลิไนต์ในชั้นฟิล์มยางธรรมชาติยังไม่สม่ำเสมอ จึงน่าจะทดลองปรับกรรมวิธีการเตรียมและ/หรืออุปกรณ์ที่ใช้ รวมทั้งการใส่พอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ ร่วมในการเตรียมเพื่อให้ได้แผ่นพอกหน้าที่มีลักษณะทางกายภาพดีขึ้นและน่าใช้งานมากยิ่งขึ้น หลังจากนั้นจึงนำแผ่นพอกหน้าไปทดสอบการใช้งานจริงกับผิวคน โดยทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แผ่นพอกหน้าที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งการทดสอบในส่วนนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากสกว.และอยู่ภายใต้การดูแลของผู้เชี่ยวชาญด้านผิวหนัง เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายหรือผลข้างเคียงไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นได้

การคายวิตามินซีโดยวิธีจุ่มในน้ำที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อทดสอบความสามารถในการดูดซับและคายของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมได้ ซึ่งมีสภาวะต่างกับการใช้งานกับผิวคนจริง โดยแผ่นพอกหน้าที่มีขายในท้องตลาดจะแช่อยู่ในสารละลายบำรุงผิวซึ่งบรรจุอยู่ในช่อง หน้าทีของแผ่นพอกหน้าจึงเป็นตัวกลางที่นำสารบำรุงผิวที่ถูกดูดซับไว้ไปสัมผัสกับผิวบนใบหน้าที่เปียกน้ำ (ปกติผู้ใช้ต้องล้างหน้าก่อน) ในสภาวะเช่นนี้การคายสารบำรุงผิวน่าจะเกิดได้น้อยกว่าการใช้วิธีจุ่มในน้ำโดยตรง อย่างไรก็ตามความแตกต่างของปริมาณการคายวิตามินซีในสภาวะทั้งสองต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมอย่างเป็นระบบ โดยต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตกับผิวคนเป็นสำคัญ

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] J.C. Dai, J.T. Huang, "Surface modification of clays and clay-rubber composite" *Appl. Clay Sci.* **15** (1999) 51-65.
- [2] J.T. Huang, J.C. Dai "Improving the combined state of rubber-clay composite interface by applying coupling agent" *Chin. J. Struct. Chem.* **16** (1997) 72-77.
- [3] R.L. Laslett, K.M. Wansbrough, E.R. Sirgit, D.E. Mainwaring "Modification of kaolinite by surface polymerization. *Polym. Int.* **28** (1992) 19-23.
- [4] J. Carretero-Gonzalez, J.L. Valentin, M. Arroyo, K. Saalwachter, M.A. Lopez-Manchado "Natural rubber/clay nanocomposites: Influence of poly(ethylene glycol) on the silicate dispersion and local chain order of rubber network" *Eur. Polym. J.* **44** (2008) 3493-3500.
- [5] P. Bala, B.K. Samantaray, S.K. Srivastava, G.B. Nando "Effect of alkylammonium intercalated montmorillonite as filler on natural rubber" *J. Mater. Sci. Lett.* **20** (2001) 563-564.

- [6] S. Varghese, J. Karger-Kocsis "Melt-compounded natural rubber nanocomposites with pristine and organophilic layered silicates of natural rubber and synthetic origin" *J. Appl. Polym. Sci.* **91** (2004) 813–819.
- [7] Y. Shmuel, C. Harold "Organo-clay complexes and interactions" In: Y. Shmuel, C. Harold, editors. Marcel Dekker: New York Inc.; 2002.
- [8] S. Joly, G. Garnaud, R. Ollitrault, L. Bokobza, J.E. Mark "Organically modified layered silicates as reinforcing fillers for natural rubber" *Chem. Mater.* **14** (2002) 4202-4208.
- [9] M.A. Lopez-Manchado, B. Herrero, M. Arroyo "Organoclay-natural rubber nanocomposites synthesized by mechanical and solution mixing methods" *Polym. Int.* **53** (2004) 1762-1766.
- [10] S. Varghese, J. Karger-Kocsis "Natural rubber-based nanocomposites by latex compounding with layered silicates" *Polymers* **44** (2003) 4921–4927.
- [11] S. Varghese, K.G. Gatos, A.A. Apostolov, J. Karger-Kocsis "Morphology and mechanical properties of layered silicate reinforced natural rubber and polyurethane rubber blends produced by latex compounding" *J. Appl. Polym. Sci.* **92** (2004) 543–551.
- [12] S.S. Ray, M. Okamoto "Polymer/layered silicate nanocomposites: A review from preparation to processing" *Prog. Polym. Sci.* **28** (2003) 1539-1641.
- [13] K.J. Clark, A.B. Sarr, P.G. Grant, T.D. Phillips, G.N. Woode "In vitro studies on the use of clay, clay minerals and charcoal to adsorb bovine rotavirus and bovine coronavirus" *Vet. Microbiol.* **63** (1998) 137-146.
- [14] L.F. Valadares, C.A.P. Leite and F. Galembeck, "Preparation of natural rubber–montmorillonite nanocomposite in aqueous medium: evidence for polymer–platelet adhesion", *Polymers* **47** (2006) 672–678.
- [15] <http://www.aopdr01.doae.go.th/latex.htm>
- [16] http://en.wikipedia.org/wiki/PEG_400
- [17] <http://en.wikipedia.org/wiki/Glycerol>
- [18] <http://webmineral.com/data/Kaolinite.shtml>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การขึ้นรูปแผ่นพอกหน้าจากแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโพลิไนด์

แผ่นพอกหน้า (facial mask sheet) ที่เตรียมในโครงการนี้มีขนาดเท่าใบหน้าคน โดยใช้อัตราส่วนของขององค์ประกอบและภาวะในการกวนผสมเหมือนกับที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโพลิไนด์แบบสองชั้นที่ขึ้นรูปโดยใช้จานเพาะเชื้อเป็นแม่แบบ แต่เพิ่มปริมาณของแต่ละส่วนผสมเป็น 9 เท่า ในเบื้องต้นคณะผู้วิจัยทดลองใช้ถาดอะลูมิเนียมขนาด 10×10 นิ้ว เป็นแม่แบบในการขึ้นรูปแผ่นพอกหน้า โดยมีขั้นตอนการขึ้นรูปดังนี้

1. เตรียมชั้นฟิล์มยางธรรมชาติโดยเทของผสมของน้ำยางและพอลิเอทิลีนไกลคอลลงในถาด ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 40 นาที
2. เทของผสมของชั้นดินเหนียวที่ประกอบด้วย คาโพลิไนด์ พอลิเอทิลีนไกลคอล และกลีเซอรอลลงในถาด ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที
3. นำถาดเข้าเครื่องอบสูญญากาศและอบแห้งของผสมที่อุณหภูมิ 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาที่แต่ละอุณหภูมิประมาณ 20 นาที
4. นำถาดออกจากเครื่องอบสูญญากาศ ตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศห้องให้เย็น จะได้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโพลิไนด์แบบสองชั้น
5. นำแบบ (template) แผ่นพอกหน้าขนาดเท่าใบหน้าคนวางทับบนแผ่นฟิล์มคอมพอสิต ใช้คัตเตอร์และกรรไกรตัดแผ่นฟิล์มคอมพอสิตตามแบบ
6. ลอกส่วนของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ไม่ใช่ออกจากถาด
7. เทน้ำกลั่น¹ ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ลงในถาด ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
8. ลอกแผ่นพอกหน้าออกจากถาด ผลึกด้านที่เป็นแผ่นฟิล์มคอมพอสิตขึ้น และนำแผ่นพอกหน้าไปอบแห้งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที



รูปที่ ก1 ของผสมของน้ำยางธรรมชาติ คาโพลิไนด์ PEG และกลีเซอรอลในถาดขึ้นรูปก่อนนำเข้าตู้อบสูญญากาศ

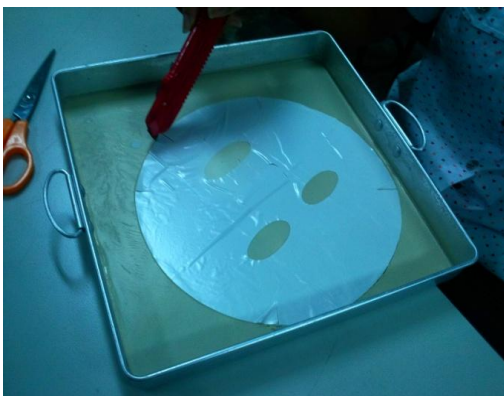
¹ ใช้สารละลายวิตามินซีหรือสารละลายของสารบำรุงผิวหน้าแทนได้ โดยไม่จำเป็นต้องผ่านการอบแห้งอีกครั้ง



รูปที่ ก2 ลักษณะของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติ และคาโบลินด์หลังการอบแห้งในตู้อบสุญญากาศ



รูปที่ ก3 ทาบแบบแผ่นพอกหน้าขนาดเท่าใบหน้าคนลงบนแผ่นฟิล์มคอมพอสิต



รูปที่ ก4 ใช้คัตเตอร์และกรรไกรตัดแผ่นฟิล์มคอมพอสิตตามแบบ



รูปที่ ก5 ลอกส่วนของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่ไม่ใช้ออกจากถาด



รูปที่ ก6 เทน้ำกลั่นลงในถาด



รูปที่ ก7 แผ่นพอกหน้าหลังจากลอกออกจกถาดและผลิต
ก้านที่เป็นแผ่นฟิล์มคอมพอสิตขึ้น



รูปที่ ก8 แผ่นพอกหน้าหลังจากการอบแห้งอีกครั้ง

ภาคผนวก ข

การคำนวณต้นทุนของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและคาโอไลน์

แหล่งอ้างอิงราคาวัตถุดิบ

ราคาน้ำยางข้น	www.tla-latex.org/rubber-price.php
ราคาดินเหนียว	บริษัท ไทยสงวนวัฒน์เคมีภัณฑ์ www.tsigroup.co.th
ราคาพอลิเอทิลีนไกลคอล (PEG)	บริษัท Pan Innovation
ราคากลิเซอรอล (Glycerol)	www.projectthai.com
ราคาน้ำกลั่น	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ลีเสี่ยฮวด

ค่าไฟฟ้ามาตรฐานเฉลี่ย 1.35 บาทต่อหน่วยการใช้งาน

ค่าไฟฟ้า = ค่าไฟฟ้ามาตรฐานเฉลี่ย (บาท) * หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

ค่าสารเคมี = ปริมาณที่ใช้ * ราคาต่อหน่วย (บาท)

กำลังไฟฟ้าของตู้อบสุญญากาศ 1200 วัตต์ กำลังไฟฟ้าของเครื่องทวนสาร 1020 วัตต์

NR-PEG(60)/PEG-Gly(30%)-Kaolinite(200)

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	หน่วย	ปริมาณที่ใช้	หน่วย	ราคา (บาท)
เครื่องทวนสาร	1.350	หน่วย	1.958	หน่วย	2.643
ตู้อบ	1.350	หน่วย	2.004	หน่วย	2.705
ยางธรรมชาติ	0.161	กรัม	7.548	กรัม	1.215
น้ำกลั่น	0.004	มิลลิลิตร	108.600	มิลลิลิตร	0.434
ดินเหนียว	0.040	กรัม	9.122	กรัม	0.365
PEG	0.148	กรัม	3.649	กรัม	0.540
Glycerol	0.020	กรัม	2.715	กรัม	0.054
ราคารวม					7.958

แผ่นพอกหน้าขนาดเท่าใบหน้าคน (NR-PEG(60)/PEG-Gly(30%)-Kaolinite(200))

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	หน่วย	ปริมาณที่ใช้	หน่วย	ราคา (บาท)
เครื่องทวนสาร	1.350	หน่วย	1.958	หน่วย	2.643
ตู้อบ	1.350	หน่วย	2.400	หน่วย	3.240
ยางธรรมชาติ	0.161	กรัม	7.548	กรัม	1.215
น้ำกลั่น	0.004	มิลลิลิตร	308.600	มิลลิลิตร	1.234
ดินเหนียว	0.040	กรัม	9.122	กรัม	0.365
PEG	0.148	กรัม	3.649	กรัม	0.540
Glycerol	0.020	กรัม	0.543	กรัม	0.011
ราคารวม					9.249

สรุปข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการ

“แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวสำหรับการดูดซับวิตามินซี” สัญญาเลขที่ RDG 5350032

จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ (อ้างอิงจดหมายเลขที่ นร6205/0227/2555) เพื่อการปรับปรุงแก้ไขรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่อง ยางพารา (SPR) เรื่อง “แผ่นฟิล์มคอมพอสิตของยางธรรมชาติและดินเหนียวสำหรับการดูดซับวิตามินซี” นักวิจัยขอชี้แจงดังนี้

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ	ชี้แจงโดยนักวิจัย
<u>ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ (Remarks and Suggestion)</u> 1. จากผลการทดลองของผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอน และการดำเนินการวิจัยเป็นระบบได้ดีมาก แต่จากผลการทดลองพบว่าการกระจายตัวของดินเหนียวบนแผ่นฟิล์มยังไม่ดี ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการผสมดินกับน้ำยางพาราไม่ดีพอ เมื่อพิจารณาวิธีการผสมของผู้วิจัย การผสมสารเคมีกับน้ำยางมีหลักการคือ ต้องทำให้สารเคมีในรูปของแข็งอยู่ในสถานะของเหลว แล้วจึงนำมาทดลองผสมกับน้ำยางน่าจะทำให้ดินเหนียวเข้ากันกับน้ำยางได้ดีขึ้น ซึ่งการทำ dispersion สารเคมีเป็นขั้นตอนหนึ่งของการผสมสารเคมีในน้ำยางพารา 2. หน้า 18 ถ้าสามารถอธิบายได้ว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของความร้อน (จาก TG/DTA) กับการดูดซับ/การคายวิตามินซี น่าจะทำให้รายงานสมบูรณ์มากขึ้น และถ้าไม่มีความสัมพันธ์กัน ความแตกต่างนี้แสดงอะไรบ้าง (เนื่องจากในรายงานมีภาพตัดแปรด้วย PEG/Glycerol)	1. การเตรียมแผ่นฟิล์มคอมพอสิตในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการกวนผสมแบบแขนลอย โดยนำดินเหนียวไป dispersion ในน้ำกลั่นก่อนแล้วจึงผสมกับน้ำยาง ในบางกรณีจะเติมพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลผสมกับดินเหนียวด้วยเพื่อเพิ่มความเข้ากันได้กับยางธรรมชาติ ปัญหาการกระจายตัวของดินเหนียวในแผ่นฟิล์มไม่ดีน่าจะเกิดจากการใช้ดินเหนียวปริมาณมากเพื่อเพิ่มสมบัติการดูดซับ (ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการเติมดินเหนียวเพียง 2-10 phr เพื่อเสริมสมบัติเชิงกลของยาง) 2. จากผลการศึกษาพบว่า การตัดแปรเบนโทไนด์ด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลและ/หรือกลีเซอรอลเกิดขึ้นชัดเจนกว่ากรณีของคาโอไลน์ เนื่องจากช่องว่างระหว่างชั้นอะลูมิโนซิลิเกตในเบนโทไนด์มากกว่า (หน้า 21 รูป 5.7) โมเลกุลของสารเคมีจึงแทรกเข้าไปภายในโครงสร้างของเบนโทไนด์ได้ง่าย (หน้า 22 รูป 5.8) คณะผู้วิจัยคาดว่าสมบัติเช่นนี้น่าจะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับวิตามินซี แต่เมื่อนำ

3. การสรุปผล/ข้อเสนอแนะ นักวิจัยควรเขียนให้มีน้ำหนักทางวิชาการ เช่น การนำแผ่นฟิล์มคอมพอสิตยางธรรมชาติและดินเหนียวไปใช้กับคน เปรียบเทียบกับแผ่น mask น่าจะต้องขออนุญาตก่อนเพราะอาจมีผลกระทบเกิดขึ้นได้ นอกจากนั้นขอให้นักวิจัยทบทวนเรื่องการคายโดยใช้วิธีจุ่มน้ำ (สกัดด้วยน้ำ) เพื่อเอามาใช้กับผิวคนน่าจะมีสภาวะต่างกัน	เบนโทไนด์ผสมกับน้ำยางพาราพบว่า ยางจับตัวเป็นก้อน ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้จึงไม่ได้นำมาศึกษาการดูดซับวิตามินซี ในกรณีของคาโอไลไนต์ซึ่งมีช่องว่างระหว่างชั้นแคบ (น้ำและพอลิเอทิลีนไกลคอลแทรกตัวได้เพียง 0.82%) การดูดซับวิตามินซีเข้าไปภายในโครงสร้างน่าจะเกิดได้ยาก ทั้งนี้การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของดินเหนียวกับการดูดซับวิตามินซียังต้องศึกษาเพิ่มเติม 3. คณะผู้วิจัยแก้ไขและเพิ่มเติมข้อเสนอแนะ (หน้า 42) ให้สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สำหรับประเด็นการคายวิตามินซีโดยวิธีจุ่มในน้ำซึ่งมีสภาวะต่างกับการใช้งานกับผิวคนจริง เป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อทดสอบความสามารถในการดูดซับและคายของแผ่นฟิล์มคอมพอสิตที่เตรียมได้ แผ่นพอกหน้าที่มีขายในท้องตลาดจะแช่อยู่ในสารละลายบำรุงผิวซึ่งบรรจุอยู่ในซอง หน้าที่ใช้ของแผ่นพอกหน้าจึงเป็นตัวกลางที่นำสารบำรุงผิวที่ถูกดูดซับไว้ไปสัมผัสกับผิวบนใบหน้าที่เป็นเยือกน้ำ (ปกติผู้ใช้ต้องล้างหน้าก่อน) ในสภาวะเช่นนั้นการคายสารบำรุงผิวน่าจะเกิดได้น้อยกว่าการใช้วิธีจุ่มในน้ำโดยตรง ความแตกต่างของปริมาณการคายวิตามินซีในกรณีทั้งสองต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้แผ่นฟิล์มคอมพอสิตกับผิวคนเป็นสำคัญ
---	---