

การสังเคราะห์โอลิโกเมอร์ของลิกนินโมเลกุลต่ำกับน้ำมันพืชเพื่อใช้เป็นสารเคลือบกระดาษ

Synthesis of Low Molecular Weight Lignin Fraction Together with Vegetable Oil for Paper Coating Application

นายปฐมพงศ์ เจริญไชย

¹อาจารย์พรทิพย์ เล็กพิทยา และ ²ดร.ภาวดี เมธะคานนท์

¹ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร.02-942-8555 ต่อ 2113 Email: fengptk@ku.ac.th

²ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โทร.02-564-6500 Email: pawadeem@mtec.or.th

บทคัดย่อ

ลิกนินเป็นพอลิเมอร์ทางชีวภาพที่พบได้ในโครงสร้างของไม้ ทำหน้าที่ยึดเกาะเส้นใยเซลลูโลสให้เชื่อมติดกันและทำให้ไม่มีโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น ลิกนินจะถูกกำจัดออกจากกระบวนการผลิตกระดาษในรูปของน้ำดำซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการ ในโครงการนี้จึงได้คัดกรองลิกนินที่อยู่ภายในน้ำดำเพื่อนำมาใช้ประโยชน์โดยอาศัยวิธีการตกตะกอนด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 2 และละลายลิกนินในอะซิโตนเพื่อให้ได้ลิกนินที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเนื่องจากสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ว่องไว จากนั้นนำลิกนินโมเลกุลต่ำมาสังเคราะห์กับน้ำมันพืช 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันลินสีด น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันงา เพื่อศึกษาชนิดของน้ำมันพืชที่มีผลต่อการสังเคราะห์โอลิโกเมอร์ให้สมบัติการป้องกันน้ำที่ดียิ่งขึ้น ในโครงการนี้ใช้วิธีการสังเคราะห์ตามวิธีของ Antonnson ซึ่งผลจากการสังเคราะห์แล้วทำให้ทราบว่าลิกนินสามารถทำปฏิกิริยากับกรดไขมันในน้ำมันทั้งสามได้ในปริมาณมากที่สุด โดยยืนยันจากผลการทดสอบด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FTIR) และเครื่องเจลเพอร์มิเอชันโครมาโตกราฟี (GPC) แล้วทำการวัดค่ามุมสัมผัสของโอลิโกเมอร์ทั้ง 3 ชนิดด้วยการหยดน้ำลงบนฟิล์มของโอลิโกเมอร์ที่ผสมแป้งมันสำปะหลัง พบว่า โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินโมเลกุลต่ำกับน้ำมันลินสีดมีค่ามุมสัมผัสสูงสุดถึง 104.5° และหยดน้ำอยู่บนฟิล์มได้นานถึง 22.37 นาทีก่อนที่จะซึมหายไป

คำสำคัญ: ลิกนิน, น้ำมันพืช, สมบัติป้องกันน้ำ, มุมสัมผัส, สังเคราะห์

Abstract

Lignin is a biopolymer found to be an adhesive of cellulose fiber in wood and strengthen it. Lignin is disposed during

pulping process in a form of "Black Liquid". This project aims to precipitate the black liquid for many useful purposes. Precipitation was done by concentrated sulfuric acid at pH 2. Then, lignin was dissolved in acetone to gain low molecular weight lignin which were very active. The low molecular weight lignin was synthesized with 3 kinds of vegetable oil, which were linseed oil, soybean oil and tung oil, in order to synthesize new oligomer effective for better hydrophobic. The synthetic method followed Antonnson's procedure. The results indicated that lignin was best reacted with tung oil, supported by FTIR spectra and GPC results. The contact angles were measured on all 3 oligomer by sessile drop method onto oligomer-tapioca films. It is found that the highest contact angle at 104.5° was from the oligomer of linseed oil and lignin. The water drop lasts for 22.37 minutes before being absorbed.

Keywords: lignin, vegetable oil, hydrophobic, contact angle, synthesis

1. บทนำ

ลิกนินเป็นพอลิเมอร์ทางชีวภาพทำหน้าที่เป็นสารยึดติดเชื่อมเซลลูโลสกับเฮมิเซลลูโลสให้ติดกันภายในผนังเซลล์ โครงสร้างของลิกนินมีขนาดใหญ่และซับซ้อน จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า ลิกนินประกอบด้วยมอนอเมอร์สำคัญ 3 ชนิด คือ *p*-coumaryl alcohol, coniferyl alcohol และ sinapyl alcohol ซึ่งมอนอเมอร์ทั้ง 3 ตัวจะถูกเชื่อมกันด้วยพันธะของสายโซ่คาร์บอนและพันธะอีเทอร์

ไม่ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมกระดาษ โดยผ่านกระบวนการต้มเยื่อเพื่อกำจัดลิกนินออกมาจากเยื่อไม้ เพราะลิกนินจะ

ทำให้กระดาษเหลืองเมื่อได้รับแสงและทำให้เยื่อไม้ไม่แข็งแรง ลิกนินจะปนเปื้อนมากับน้ำค้ำซึ่งในอุตสาหกรรมกระดาษยังนำน้ำค้ำไปใช้ประโยชน์ไม่มากนัก จากการศึกษาในงานวิจัยของ Garcia *et al.* (2009) พบว่า ลิกนินสามารถตกตะกอนได้ดีในสารละลายกรด โดยพบว่าเมื่อตกตะกอนลิกนินที่สภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำ จึงจะสามารถตกตะกอนลิกนินได้เป็นจำนวนมาก และในงานวิจัยของ Mathacanon *et al.* (2010) มีการละลายลิกนินโมเลกุลต่ำในตัวทำละลาย เนื่องจากลิกนินโมเลกุลต่ำสามารถทำปฏิกิริยาได้ว่องไวกว่า โดยพบว่า เมื่อละลายลิกนินในตัวทำละลายต่างชนิดกันด้วยอัตราส่วนต่างกันและเวลาต่างกัน จากการทดลองทำให้ทราบว่า อัตราส่วน 1:5 w/v เป็นเวลา 1 ชั่วโมงจะเหมาะสมที่สุด และตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุด คือ อะซิโตน ซึ่งใน โครงการนี้จึงได้นำน้ำค้ำมาสกัดลิกนินเพื่อนำลิกนินมาใช้ประโยชน์โดยการทำเป็นสารเคลือบกระดาษที่สามารถป้องกันน้ำได้ จากการศึกษาทราบว่าภายในเซลล์จะมีพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งชื่อ ซูเบอร์ริน (Suberin) ที่มีโครงสร้างคล้ายกับลิกนินแต่มีส่วนของกรดไขมันมาเชื่อมติดอยู่ ซึ่งซูเบอร์รินทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันน้ำให้กับเซลล์จึงมีแนวคิดที่จะเลียนแบบโครงสร้างดังกล่าว แต่ซูเบอร์รินมีขนาดใหญ่จึงยากในการนำมาสังเคราะห์และใช้ประโยชน์และเมื่อศึกษาจากงานวิจัยของ Antonsson *et al.* (2008) พบว่าสามารถสังเคราะห์โพลิโกลิเมอร์ชนิดใหม่ที่มีสมบัติป้องกันน้ำได้ดี ดังนั้นในโครงการนี้จึงนำลิกนินมาสังเคราะห์ร่วมกับน้ำมันพืชเพื่อให้มีสมบัติการป้องกันน้ำได้ดีขึ้น

น้ำมันพืชเกิดจากการทำปฏิกิริยาเอสเตอร์ริฟิเคชันระหว่างกรดไขมันกับกลีเซอรอล โดยน้ำมันพืชที่ต่างชนิดกันจะ ประกอบด้วยกรดไขมันที่แตกต่างกันออกไปด้วย จากการศึกษาพบว่า กรดไขมันจะสามารถกำหนดสมบัติของน้ำมันพืชได้ โดยน้ำมันพืชแบ่งออกได้อีก 3 ชนิด คือ Drying Oil, Semi Drying Oil และ Non Drying Oil ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณพันธะคู่ที่อยู่ในน้ำมันพืช ซึ่งในอุตสาหกรรม การเคลือบจะนิยมนำ Drying Oil มาใช้ประโยชน์ เนื่องจากปริมาณพันธะคู่ที่ไม่เสถียรที่มีอยู่มากสามารถแห้งและเกิดเป็นฟิล์มได้ โดยกรดไขมันที่พบได้มากในน้ำมันพืชชนิด Drying Oil ส่วนมากจะประกอบไปด้วยจำนวนคาร์บอน 18 ตัว เช่น กรดไลโนเลนิก (Linolenic Acid), กรดไลโนอิก (Linoleic Acid), กรดอิลีโอสเตอริก (Eleostearic Acid) และกรดโอเลอิก (Oleic Acid) เป็นต้น ซึ่งกรดไขมันทั้งสามชนิดนี้จะมีปริมาณในน้ำมันพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน โดยกรดไลโนเลนิกจะพบมากในน้ำมันลินสีด กรดไลโนอิกจะพบมากในน้ำมันถั่วเหลือง และกรดอิลีโอสเตอริกจะพบมากในน้ำมันถั่ว เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือ ศึกษาการสังเคราะห์โพลิโกลิเมอร์ระหว่างลิกนินโมเลกุลต่ำกับน้ำมันพืช โดยใช้น้ำมันพืชที่ต่างชนิดกัน ได้แก่ น้ำมันลินสีด น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันถั่ว เพื่อผลิตสารเคลือบที่ป้องกันน้ำและนำไปใช้ประโยชน์ในการเคลือบกระดาษ

2. วิธีการดำเนินโครงการงาน

2.1 สารเคมี

- 1) น้ำค้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษที่มีการดัดเยื่อแบบโซดา
- 2) น้ำมันพืช ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันลินสีด และน้ำมันถั่ว
- 3) กรดซัลฟูริกเข้มข้น (98% Sulfuric acid, H_2SO_4)
- 4) อะซิโตน (Acetone, CH_3COCH_3)
- 5) สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (Potassium hydroxide, KOH)
- 6) เพนเทน (Pentane, C_5H_{12})

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (FTIR) เตรียมตัวอย่างโดยการ บดสารตัวอย่างกับผงโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) แล้วอัดให้เป็นแผ่นบางก่อนนำไปวิเคราะห์ โดยตั้งค่าการทดสอบดังนี้ ช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ $4000-400\text{ cm}^{-1}$, ความละเอียด (Resolution) เท่ากับ 4 และจำนวนสแกนทั้งหมด 16 ครั้ง

เครื่องเจลเพอร์มิเอชันโครมาโตกราฟี (GPC) เตรียมตัวอย่างโดยการละลายสารตัวอย่างในตัวทำละลายเทระไฮโดรฟิวแรน (THF) ในอัตราส่วน 2 มิลลิกรัมต่อ 1 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรองขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอน ทดสอบด้วยสภาวะดังนี้ อัตราการไหลของสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ 35°C และใช้พอลิสไตรีน (Polystyrene) เป็นสารละลายมาตรฐาน (น้ำหนักโมเลกุล 1,480-1,112,000)

เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกอะนาไลซิส (TGA) ทดสอบตามสภาวะดังนี้ ใช้บรรยากาศเป็นก๊าซไนโตรเจน โดยทดสอบตั้งแต่ อุณหภูมิ $30-800^{\circ}\text{C}$ และอัตราการให้ความร้อน 10°C ต่อนาที

เครื่องวัดมุมสัมผัส เตรียมตัวอย่างโดยการผสมสารตัวอย่างกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 ต่อ 100 จากนั้นผสมให้อุณหภูมิจนถึง 80°C และทำการเคลือบลงบนกระดาษกรองก่อนนำไปวัดค่ามุมสัมผัส

2.3 เตรียมลิกนินโมเลกุลต่ำ

เทน้ำค้ำลงในบีกเกอร์แล้วหยดกรดซัลฟูริกเข้มข้นเพื่อปรับสภาวะความเป็นกรดจนน้ำค้ำมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 2 ทั้งไว้ 1 คืน เมื่อครบกำหนดเวลาเทน้ำอุ่นลงไปเพื่อล้างตะกอน แล้วแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบตกตะกอนด้วยความเร็วรอบ 6500

รอบก่อนที่ เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แยกส่วนตะกอนไปอบไล่ไอน้ำ จากนั้นละลายลิกนินในอะซิโตน (Acetone) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 (w/v) กวนสารละลายพร้อมกับลูกบดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา กรองสารละลายผ่านชุดกรองระบบสุญญากาศ นำส่วนของเหลวที่ได้จากการกรองไปเข้าเครื่องระเหยตัวทำละลายแบบสุญญากาศ จากนั้นทิ้งตะกอนที่ได้ให้เย็นในตู้ควบคุมความชื้น

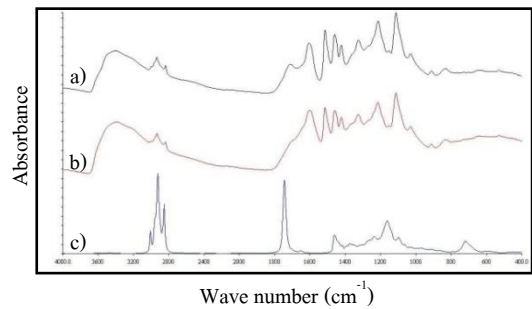
2.4 สังเคราะห์โอลิโกเมอร์

ละลายลิกนินโมเลกุลต่ำ 1 กรัมในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (0.1 M KOH) ปริมาตร 10 มิลลิลิตรผสมรวมกับน้ำมันถั่วเหลือง 5 กรัม ตั้งปฏิกิริยาในขวดก้นกลมแบบสามคอที่สภาวะอุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศเป็นก๊าซไนโตรเจน เมื่อครบกำหนดเวลาทิ้งสารให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ล้างน้ำมันถั่วเหลืองที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาออกด้วยกรวยแยกโดยใช้เพนเทน นำสารในชั้นสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ไประเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลายแบบสุญญากาศ แล้วนำทิ้งสารให้เย็นในตู้ควบคุมความชื้น จากนั้นล้างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และสิ่งที่ยังตกค้างออกด้วยกระบวนการไดอะไลซิส (Dialysis) ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง แต่เปลี่ยนชนิดของน้ำมันพืชเป็นน้ำมันถั่วและน้ำมันลินสีด แล้วนำสารที่สังเคราะห์ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR, GPC, TGA และวิเคราะห์ค่ามุมสัมผัส

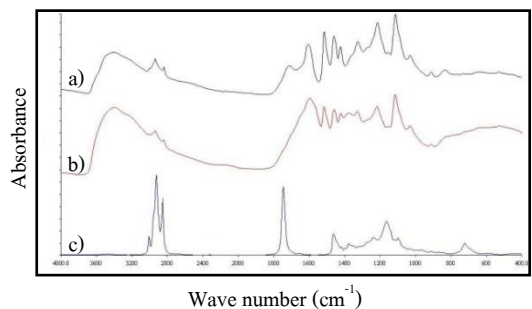
3. ผลการดำเนินโครงการและการวิเคราะห์

เมื่อวิเคราะห์ผลที่ได้จากเครื่อง FTIR พบว่า สเปกตรัมของลิกนินประกอบไปด้วยหมู่ฟังก์ชันต่างๆ ดังนี้ หมู่ Phenolic OH ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3390 cm^{-1} หมู่ CH stretching ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 2935 cm^{-1} หมู่ C=O stretching ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1710 cm^{-1} และวงแหวน aromatic ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1600 และ 833 cm^{-1} และเมื่อวิเคราะห์สเปกตรัมของน้ำมันพืชทั้งสามชนิดพบว่าประกอบด้วยหมู่ CH stretching ที่ตำแหน่ง 2925 cm^{-1} หมู่ C=O stretching ที่ตำแหน่ง 1745 cm^{-1} และหมู่ C-O-C ของพันธะเอสเทอร์ที่ตำแหน่ง 1163 cm^{-1} นอกจากนี้บนสเปกตรัมของน้ำมันทั้งยังพบว่า มีพันธะที่ไม่เสถียรของกรดอิลีโอสเตอริกซึ่งพบมากในน้ำมันทั้งที่ตำแหน่ง 992 cm^{-1} อีกด้วย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัมที่ได้กับงานวิจัยของ Carmen *et al.* (2004) และ Blayo *et al.* (2001) ทำให้สามารถยืนยันได้ว่าสารที่ได้เป็นลิกนินและน้ำมันพืชทั้งสามชนิดจริง จากงานวิจัยของ Antonsson *et al.* (2008) ที่ทำการทดลองสังเคราะห์โอลิโกเมอร์คล้ายกับโครงการนี้พบว่า สเปกตรัมของโอลิโกเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ จะมีตำแหน่งของหมู่ CH stretching ที่ตำแหน่งเลขคลื่นประมาณ 2900 cm^{-1} ที่แหลมมากขึ้นและมีหมู่ C=O stretching ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1710

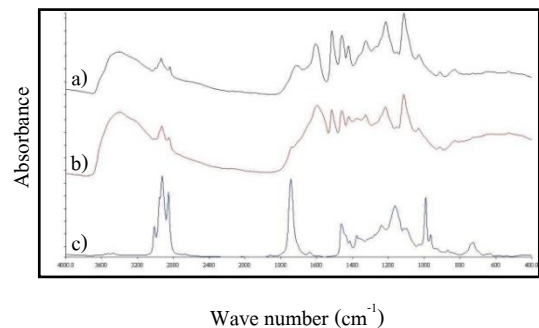
cm^{-1} ของพันธะเอสเทอร์ที่เพิ่มขึ้น แต่โอลิโกเมอร์ที่แสดงในรูปที่ 1-3 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณเพื่อหาพื้นที่ใต้กราฟของตำแหน่งเลขคลื่นประมาณ 2900 cm^{-1} ที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากในขณะวิเคราะห์ไม่ได้ชั่งน้ำหนักสารก่อนการวิเคราะห์จึงใช้ตำแหน่งเลขคลื่นประมาณ 800 cm^{-1} ที่เป็นหมู่วงแหวน aromatic เป็นตำแหน่งอ้างอิง ซึ่งจากการวิเคราะห์ตารางที่ 1 พบว่า โอลิโกเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น โดยสัดส่วนพื้นที่ใต้กราฟของโอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันทั้งจะมีปริมาณมากที่สุด



รูปที่ 1 สเปกตรัมของ a) ลิกนิน b) โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันลินสีด และ c) น้ำมันลินสีด



รูปที่ 2 สเปกตรัมของ a) ลิกนิน b) โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันถั่วเหลือง และ c) น้ำมันถั่วเหลือง



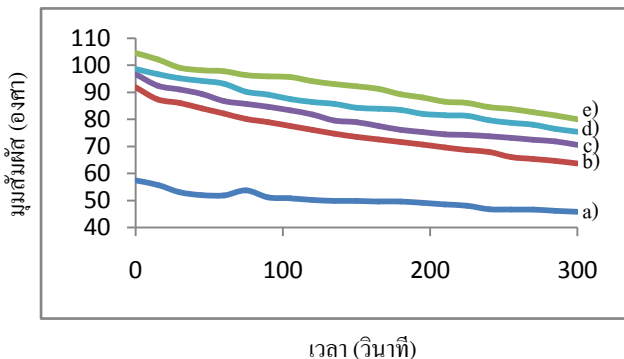
รูปที่ 3 สเปกตรัมของ a) ลิกนิน b) โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันทั้ง และ c) น้ำมันทั้ง

ตารางที่ 1 การหาสัดส่วนของพื้นที่ได้กราฟสเปกตรัมของลิกนินและโอลิโกเมอร์

สเปกตรัมของ	พื้นที่ได้กราฟ		สัดส่วนของพื้นที่ได้กราฟ *
	เลขคลื่น 2900 cm^{-1}	เลขคลื่น 900 cm^{-1}	
ลิกนิน	2.2694	2.9146	0.7786
โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันลินสีด	1.3534	1.5599	0.8676
โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันถั่วเหลือง	0.9509	0.8874	1.0716
โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันทั้ง	8.5062	0.707	12.0314

* สัดส่วนของพื้นที่ได้กราฟ = พื้นที่ได้กราฟของเลขคลื่นประมาณ 2900 cm^{-1} / พื้นที่ได้กราฟของเลขคลื่นประมาณ 900 cm^{-1}

จากนั้นทำการวิเคราะห์โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันทั้งด้วยเครื่อง GPC พบว่า น้ำหนักของโอลิโกเมอร์เพิ่มขึ้นจากลิกนินที่มีน้ำหนักโมเลกุลเพียง 1947 ดาลตัน เพิ่มขึ้นเป็น 2239 ดาลตัน จึงสามารถยืนยันได้ว่าสามารถสังเคราะห์โอลิโกเมอร์ชนิดใหม่ขึ้นมาได้จริง แต่เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง TGA พบว่า โอลิโกเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มีอุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดลดลงจากลิกนินที่มีอุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดที่ 361°C ลดลงเหลือ 305°C สาเหตุอาจเนื่องมาจากกรดไขมันที่เข้ามาทำปฏิกิริยากับลิกนินเข้ามาทำให้ลิกนินมีความเป็นพลาสติกมากขึ้นและทำให้นุ่มลง เนื่องจากน้ำมันพืชมีความเป็นพลาสติกที่ดี ดังนั้นจึงส่งผลให้โอลิโกเมอร์มีอุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดลดลง



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่ามุมสัมผัสที่เปลี่ยนไปตามเวลาเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลัง เมื่อ a) แป้งมันสำปะหลัง b) ลิกนิน c) โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันถั่วเหลือง d) โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันทั้ง และ e) โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันลินสีด

เมื่อนำโอลิโกเมอร์ทั้งสามชนิดไปวัดค่ามุมสัมผัสพบว่า ได้ผลดังรูปที่ 4 ซึ่งพบว่า โอลิโกเมอร์ที่ได้มีค่ามุมสัมผัสที่สูงขึ้นกว่าลิกนิน โดยโอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันลินสีดมีค่ามุมสัมผัสมากที่สุดถึง 104.5° และโอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันทั้งและน้ำมันถั่วเหลืองตามลำดับ ซึ่งอาจเนื่องมาจากน้ำมันลินสีดมี

ความสามารถในการเกิดเป็นฟิล์มได้ดีกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ จึงทำให้มีคุณสมบัติการป้องกันน้ำที่ดีกว่า ถึงแม้ว่าจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับลิกนินได้น้อยกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นก็ตาม จากการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ค่ามุมสัมผัสพบว่า ยังมีมุมสัมผัสมีค่ามากแสดงว่าสารมีสมบัติการป้องกันน้ำมาก (Hydrophobic) โดยค่ามุมสัมผัสระหว่าง 90-180 ° จะถือว่าเป็นสารที่มีสมบัติการป้องกันน้ำที่ดี ในทางกลับกันหากหยดน้ำมีค่ามุมระหว่าง 0-90° ถือว่าสารมีสมบัติการป้องกันน้ำต่ำ (Hydrophilic) และพบว่า สารทุกชนิดมีมุมสัมผัสมากกว่า 90° แสดงว่ามีสมบัติการป้องกันน้ำได้

4. สรุปผลการทดลอง

- สามารถสังเคราะห์โอลิโกเมอร์ชนิดใหม่ขึ้นได้ตามวิธีของ Antonnson
- จากสเปกตรัมของเครื่อง FTIR พบว่า ลิกนินโมเลกุลต่ำสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำมันทั้งได้ดีที่สุด
- จากค่ามุมสัมผัสพบว่า โอลิโกเมอร์ระหว่างลิกนินกับน้ำมันลินสีดมีสมบัติการป้องกันน้ำได้ดีที่สุด โดยมีค่ามุมสัมผัสเท่ากับ 104.5°

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติในการสนับสนุนทั้งสารเคมีและเครื่องมือในการวิเคราะห์ และขอขอบคุณอาจารย์พรทิพย์ เล็กพิทยา และดร.ภาวดี เมธะคานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้คำแนะนำและทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

มณฑิ์ เทียนทองดี. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดลิกนินและการเตรียมคอมพอสิตของยางธรรมชาติและลิกนิน.

ปริญญาพนธ์. ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.

A.García, A.Toledano, L.Serrano, I.Eques, M.Gonzalez, F.Marin,
J.Labidi. (2009). "Characterization of lignins obtained by
selective precipitation." Separation and Purification Technology
68(2): 193-198.

Alessandro Gandini, Carlos Pascoal Neto, Armando J.D. Silvestre.
(2006). "Suberin: A promising renewable resource for novel
macromolecular materials." Progress in Polymer Science
31(10): 878-892.

Anne Blayo, Alessandro Gandini, Jean-Francois Le Nest. (2001).
"Chemical and rheological characterizations of some vegetable
oils derivatives commonly used in printing inks." Industrial
Crops and Products **14**(2): 155-167.

Carmen G. Boeriu, Dominique Bravo, Richard J.A. Gosselink, Jan
E.G. van Dam. (2004). "Characterisation of structure-
dependent functional properties of lignin with infrared
spectroscopy." Industrial Crops and Products **20**(2): 205-218.

Derek Stewart (2008). "Lignin as a base material for materials
applications: Chemistry, application and economics." Industrial
Crops and Products **27**(2): 202-207.

Horst Hintze-Brüning. (1992). "Utilization of vegetable oils in
coatings." Industrial Crops and Products **1**(2-4): 89-99.

Johannes T.P. Derksen, F.Peter Cuperus, Peter Kolster. (1995).
"Paints and coatings from renewable resources." Industrial
Crops and Products **3**(4): 225-236.

Pawadee Methacanon, Ubolrat Weerawatsophon, Monnapat
Thainthongdee, Pornthip Lekpittaya. (2010). "Optimum
Conditions for Selective Separation of Kraft Lignin." Kasetsart
Journal (Nat. Sci.) **44**: 680-690.

Stefan Antonsson, Gunnar Henriksson, Mats Johansson, Mikael E.
Lindstrom. (2008). "Low Mw-lignin fractions together with
vegetable oils as available oligomers for novel paper-coating
applications as hydrophobic barrier." Industrial Crops and
Products **27**(1): 98-103