วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2561 : 36 (3) : 117-124

การนำความร้อนของฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยใบเตยปะหนันและน้ำยางธรรมชาติ

Thermal Conductivity of an Insulation Produced from Pandanus Leaf Fiber and Natural Rubber Latex

อามีนา ตำหิ[1] และอุษาวดี ตันติวรานุรักษ์[1]
Ameena Tamhi[1] and Usavadee Tuntiwaranuruk[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการผลิตและสมบัติการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยใบเตยปะหนันและน้ำยางธรรมชาติ โดยการเตรียมเส้นใยใบเตยปะหนันด้วยการสกัดเชิงกลและเชิงเคมี และนำเส้นใยที่ได้จากการเตรียมทั้งสองวิธีผ่านกระบวนการพ่นเคลือบประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติ แล้วทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อนขนาดกว้าง 20.0 เซนติเมตร ยาว 20.0 เซนติเมตร และหนา 1.5 เซนติเมตร นำมาทดสอบสมบัติการนำความร้อนของฉนวนที่ผลิตได้ตามมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials C 177-97 (ASTM C 177-97) ผลการทดลองพบว่าการเตรียมเส้นใยใบเตยปะหนัน เพื่อการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อนด้วยการสกัดเชิงกลเหมาะสมมากกว่าการสกัดเชิงเคมี เป็นการประหยัดพลังงาน สามารถลดความเสี่ยงอันตรายของผู้ผลิตและไม่ปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยใบเตยปะหนันประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติ จากการเตรียมเส้นใยด้วยการสกัดเชิงกล เท่ากับ 0.041 W/m.K ความหนาแน่น 143 kg/m^3 และการสกัดเชิงเคมีเท่ากับ 0.059 W/m.K ความหนาแน่น 218 kg/m^3 ซึ่งใกล้เคียงกับฉนวนความร้อนเซลลูลาร์กลาส แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยใบเตยปะหนันและน้ำยางธรรมชาติมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนเพื่อทดแทนฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์

คำสำคัญ : ฉนวนความร้อน เส้นใยใบเตยปะหนัน น้ำยางธรรมชาติ การนำความร้อน การสกัดเชิงกล การสกัดเชิงเคมี

Abstracts

The objective of this research was to study the production processes and properties of thermal insulation produced from Pandanus leaf fibers using natural rubber latex as a binder. The fibers were mechanically and chemically extracted from pandanus leaves. Thermal insulation boards were made by spraying the pretreated natural rubber latex onto Pandanus leaf fibers to form a squared thermal insulation with the size of 20 × 20 cm^2 and 1.5 cm thickness. Thermal conductivity value was measured in accordance with the American Society for Testing and Materials standard (ASTM C 177-97). The results showed that the mechanically extracted fiber was more appropriate for forming the thermal insulation boards than the chemically extracted fiber. The mechanical extraction was a properly process to save energy, ensure in safety producing and preserve environment. Thermal conductivity of the thermal insulation produced from a mechanically extracted pandanus leaf fiber with natural rubber latex was 0.041 W/m.K with a density of 143 kg/m^3 and a chemically extracted fiber was 0.059 W/m.K with a density of 218 kg/m^3, which was closed to cellular glass insulator. The results showed that a pandanus leaf fiber has potential to be used as the synthesis fibrous insulator.

Keywords: Thermal insulation, Pandanus leaf fiber, natural rubber latex, thermal conductivity, mechanical extraction, chemical extraction

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

คำนำ

ด้วยสภาวะอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสภาวะวิกฤติทางด้านพลังงาน ซึ่งเป็นผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ทำให้เกิดการคิดค้นวิธีการต่าง ๆ เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารต่าง ๆ บ้านพักอาศัยและโรงงาน ทั้งนี้การติดตั้งระบบฉนวนอาคารประกอบด้วยฉนวนที่ใช้งานกับผนัง เพดาน หลังคาเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยป้องกันอากาศร้อนจากบรรยากาศโดยรอบเข้าสู่ตัวอาคาร และระบบฉนวนอุปกรณ์เชิงกลเป็นระบบฉนวนทางอุตสาหกรรม เช่น งานหุ้มท่อระบบการทำความร้อน การระบายอากาศ การปรับอากาศ ช่วยรักษาและควบคุมอุณหภูมิทำให้สามารถประหยัดพลังงานและป้องกันอันตรายจากความร้อนของเครื่องจักรได้ ทั้งนี้ฉนวนเส้นใยสังเคราะห์เป็นฉนวนความร้อนที่ผลิตจากวัสดุสังเคราะห์ เป็นฉนวนความร้อนที่แพร่หลายในปัจจุบัน เช่น ฉนวนใยแก้ว โฟม เป็นต้น แต่ในกระบวนการผลิตและหลังการใช้งาน จะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประสบปัญหาด้านความปลอดภัยต่อสุขภาพของคนงานที่ผลิตและมีผลต่อผู้บริโภคในขณะติดตั้งและนำมาใช้งาน คือฉนวนใยแก้วเป็นฉนวนที่ใช้เส้นใยแก้วเล็ก ๆ เป็นวัสดุทำให้เกิดการกรอบและแตกหักของเส้นใยเกิดการหลุดร่วง เป็นฝุ่นใยแก้ว มีผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย มีอาการระคายเคืองเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และอาจเกิดผลต่อระบบหายใจ มีอาการคันหรืออักเสบที่จมูกและลำคอ ไอหรือจาม ในกรณีที่สูดอากาศที่มีใยแก้ว เข้าไปเป็นจำนวนมาก ส่วนโฟมมีการใช้สารซีเอฟซี (CFCs) เป็นสารเป่าโฟมพลาสติก จะติดไฟง่าย เกิดขยะมูลฝอยหลังการใช้งาน ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติหรือต้องอาศัยเวลานานและการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ รวมทั้งการเผาทำให้เกิดควันที่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้เนื่องจากความต้องการใช้ฉนวนความร้อนภายในประเทศเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการผลิตมากขึ้นซึ่งฉนวนบางประเภทเป็นวัสดุนำเข้าจากต่างประเทศทำให้เกิดปัญหาในด้านดุลการค้า

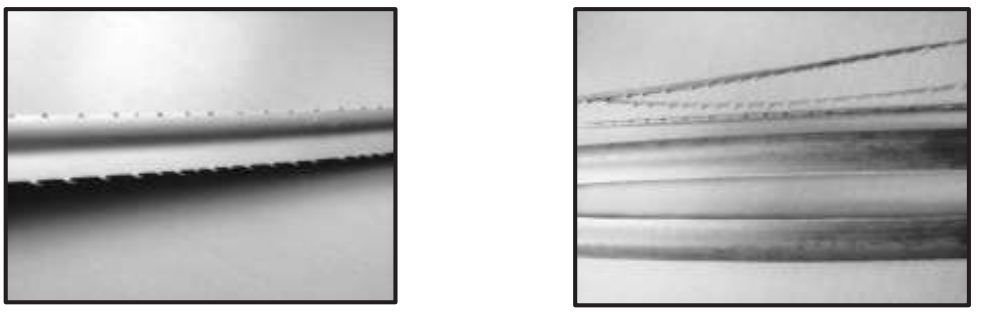
จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นการตระหนักถึงความสำคัญในการใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่า การพัฒนาฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยจากพืชที่หาได้จากธรรมชาติ และด้วยความรู้ ความสามารถ ทรัพยากรที่หาได้ภายในประเทศ รวมทั้งเทคโนโลยีของคนไทยย่อมส่งผลดีในการลดปัญหาดุลการค้า ปัญหาด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมและช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดี โดยจากการตรวจรายงานวิจัย Jintakosol and Kumfu (2012) ได้ทำการศึกษาการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยเปลือกทุเรียนและน้ำยางธรรมชาติ โดยการนำเส้นใยเปลือกทุเรียนผ่านกระบวนการพ่นเคลือบประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติแล้วทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อนขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตรและหนา 1.5 เซนติเมตร ด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 177-97 พบว่าค่าการนำความร้อน 0.026 W/m.K ความหนาแน่น 143 kg/m^3, Luamkanchanaphan *et al*. (2012) ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกช้างโดยกระบวนการผลิตได้ผสมเส้นใยกกช้างกับกาวโพลีเมอริคเมทิลีนไดฟีนิลไดไอโซไซยาเนต เป็นสารยึดติดขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวน โดยกระบวนการอัดด้วยความร้อน ผลการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อน ขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และหนา 1.0 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 518-10 พบว่าค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วง 0.0438 - 0.0606 W/m.K ความหนาแน่น 200-400 kg/m^3 และในงานวิจัยของ Jaktorn and Jiajitsawat (2014) ศึกษาการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวา โดยการนำเส้นใยผักตบชวาผ่านกระบวนการพ่นเคลือบประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติแล้วทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อน ความหนาแน่น 465 - 646 kg/m^3 และค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.0246 - 0.0305 W/m.K ซึ่งยังไม่พบรายงานในประเทศไทยในการนำเส้นใยจากใบเตยปะหนันและน้ำยางธรรมชาติมาเป็นฉนวนความร้อน เส้นใยจากใบเตยปะหนันนั้นเป็นวัสดุใยเซลลูโลสที่สามารถหาได้ง่าย ในงานวิจัยนี้เลือกการนำเส้นใยจากเตยปะหนันวงศ์ *PANDANACEAE* ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pandanus odoratissimus Linn.f.* ชื่อพื้นเมือง ลำเจียก ปะแนะ ปะหนัน ตามถิ่นที่อยู่ ชื่อภาษาถิ่นมลายู นราธิวาส เรียกว่า กูแว ใบของพืชพวกเตย นำมาใช้ทำเครื่องจักสานได้สวยงามและทนทาน ที่มีชื่อเสียงคือเสื่อใบเตย และสามารถย่อยสลายด้วยตัวเองรวมทั้งไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจะทำการศึกษาการนำเส้นใยจากใบเตยปะหนันและยางธรรมชาติมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนที่มีคุณสมบัติ

ในการนำความร้อนต่ำ มีความพรุน และน้ำหนักเบา ตรงตามคุณสมบัติของฉนวนความร้อนที่ดี

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมเส้นใยใบเตยปะหนัน

ใบเตยปะหนัน ปกติจะมีขนาดใหญ่ ยาว แข็งกระด้าง และมีหนาม (Figure 1 (a-b)) ทำให้เป็นการยากที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนได้ จึงต้องทำการปรับปรุง ให้กลายเป็นเส้นใยขนาดเล็กลงและมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น โดยการกำจัดหนามและล้างใบเตยปะหนันด้วยน้ำสะอาดก่อน แล้วนำมาทำการลดขนาดด้วยเครื่องย่อย แล้วทำการสกัดเส้นใยจากใบเตยปะหนัน โดยใช้ 2 วิธี คือ การสกัดเชิงกลด้วยการร่อน นำเส้นใยใบเตยปะหนันที่ได้จากการย่อยแล้วแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งนำมาร่อนในตะแกรงคัดเอาส่วนของใบเตยที่มีลักษณะเป็นเกล็ด แถบหรือเป็นแผ่นใบเล็กๆ ทิ้ง ให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นเส้นใยเล็ก ยาวเรียว เบาและสะอาด และการสกัดเชิงเคมี เป็นการสกัดเส้นใยใบเตยปะหนันด้วยสารเคมี ให้มีสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฉนวน โดยการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15 โดยน้ำหนัก (%wt) เพื่อใช้เป็นสารละลายตัวกลางในการสกัด แล้วนำเส้นใยใบเตยปะหนันที่ได้จากการย่อยแล้วส่วนที่เหลือ มาปั่นกวนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ได้เตรียมไว้ เป็นเวลา 10, 20, 30 นาที และควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดเวลา เทสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทิ้งไป ทำการกรองและล้างเส้นใยที่เหลือด้วยน้ำสะอาดจนสารละลายเป็นกลาง จึงนำเส้นใยที่ได้จากการสกัดเชิงกลและเชิงเคมี ไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (Figure 2 (a-e))



(a) (b)

Figure 1 Pandanus leaf (a), pandanus leaf after taking thorn out (b).

2. การเตรียมน้ำยางธรรมชาติสำหรับกระบวนการขึ้นรูป

การเตรียมน้ำยางธรรมชาติสำหรับกระบวนการขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อนโดยวิธีการพ่นเคลือบประสานเพื่อให้น้ำยางให้มีความหนืดและเวลาในการคงรูปยางที่เหมาะสม งานวิจัยนี้ เลือกใช้น้ำยางธรรมชาติและสารเคมี ตามกรรมวิธีของ วราภรณ์ และ วิภา (2538) ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมจาก บุญธรรม (2532) โดยมี ขั้นตอนการเตรียม เริ่มจากเทน้ำยางข้นลงในภาชนะบรรจุและทำการปั่นไล่แอมโมเนียที่ใช้รักษาน้ำยางข้นให้ระเหยออกไป ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 นาที โดยความเร็วรอบในการกวนประมาณ 30 รอบต่อนาทีจะได้น้ำยางธรรมชาติ จากนั้นจึงใส่สารเคมีดังแสดงใน Table 1 ลงในน้ำยางข้นตามลำดับและทำการปั่นกวนน้ำยางธรรมชาติต่อไปอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อให้สารเคมีกระจายในน้ำยางได้อย่างทั่วถึง (Figure 2 (f))

Table 1 Materials and chemicals in producing the natural rubber latex insulation form.

Materials and chemicals	Content (g)
Potassium Hydroxide (Emulsion 20 %)	3
Potassium laurate (Emulsion 20%)	1
Sulfur (Dispersion 50%)	4
Zinc diethyldithiocarbamate; ZDEC	2
Wing stay L (Dispersion 50%)	2
Zinc oxide (Dispersion 50%)	1.5
Latex 60%	167

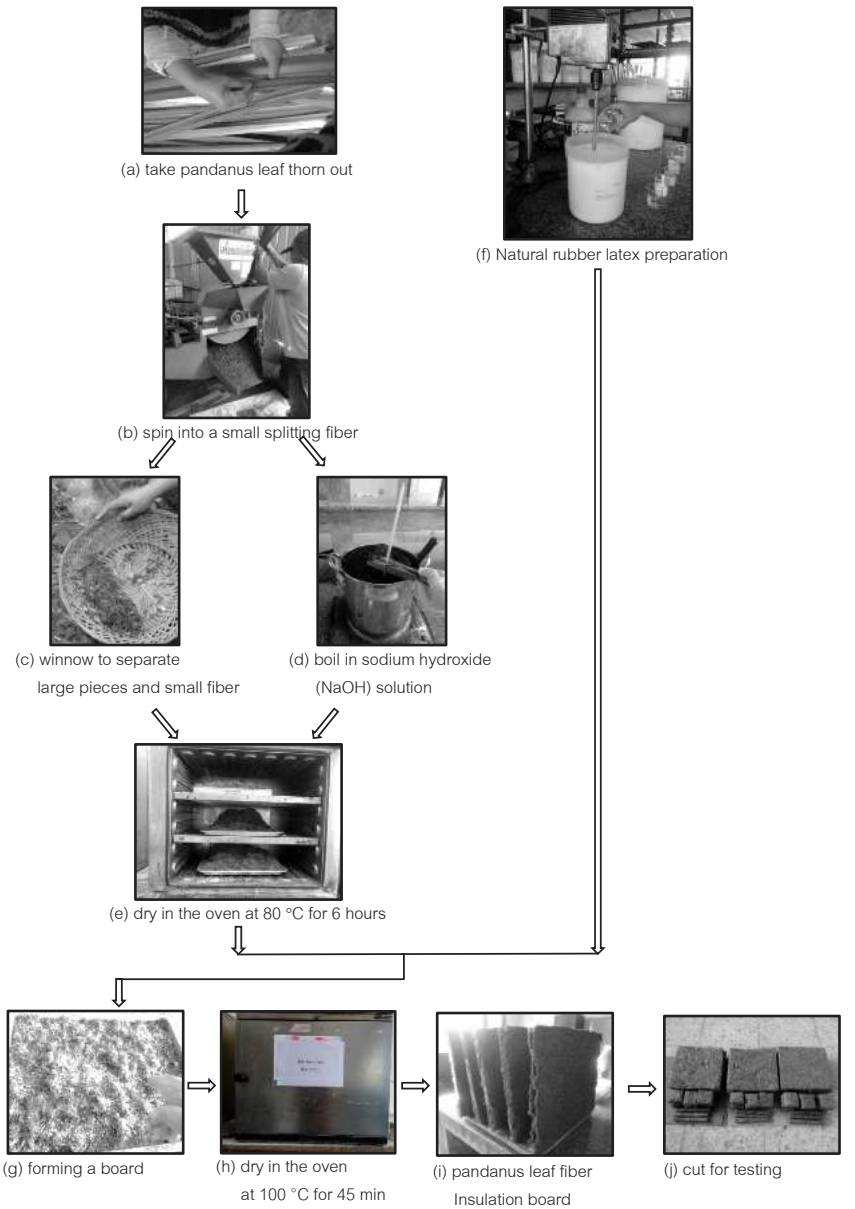


Figure 2 Diagram of pandanus leaf fiber insulation board preparation.

3. การขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อนโดยวิธีพ่นเคลือบประสาน

ทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อนด้วยวิธีการพ่นเคลือบประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติ โดยนำเส้นใยใบเตยปะหนันที่ได้จากการเตรียมเส้นใยด้วยการสกัดเชิงกลและเชิงเคมีในอัตราส่วนที่เท่ากัน คืออัตราส่วนเส้นใยและน้ำยาง 1 : 2 โดยน้ำหนัก (Jintakosol and Kumfu, 2012) มาโรยเป็นชั้นบางๆ บนถาด แล้วใช้อุปกรณ์พ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนเส้นใย โดยปรับให้มีละอองแบบฝอยเพื่อเคลือบเส้นใยให้ทั่วถึง หลังจากนั้นโรยเส้นใยใบเตยปะหนัน ทับลงไปและพ่นน้ำยางธรรมชาติอีกชั้น ทำซ้ำเช่นนี้ แล้วกดด้วยแผ่นไม้อัดระนาบ จนได้ความหนาตามต้องการ (หนา 1.5 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 177-97) แล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้น้ำยางธรรมชาติเกิดการคงรูปจับยึดเส้นใยใบเตยปะหนันเป็นแผ่น จึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที เพื่อให้น้ำยางคงรูปอย่างสมบูรณ์ (Figure 2 (g-j))

4. การทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อน

การทดสอบค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อน ขนาดกว้าง 200 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร และหนา 15 มิลลิเมตร โดยทดสอบ อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C 177-97 ด้วยเครื่อง Thermal Conductivity Analyzer ให้อุณหภูมิ Hot Plate เท่ากับ 37.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ Cold Plate เท่ากับ 10.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในห้องทดสอบขณะทำการทดสอบเท่ากับ 25.0-26.0 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะเส้นใยใบเตยปะหนันที่ได้จากการสกัดเชิงกล

ใบเตยปะหนันถูกย่อยด้วยเครื่องย่อยจนแตกออกเป็นเส้นใยและแถบใบเล็ก ๆ มีความยาวอยู่ในช่วง 1 - 4 เซนติเมตร (Figure 3 (a)) เส้นใยที่ได้จากการร่อนมีความยาวอยู่ในช่วง 1- 4 เซนติเมตร เท่าเดิม เนื่องจากเป็นการสกัดเชิงกล เส้นใยที่ได้ไม่ได้ถูกละลายหรือลดขนาดแต่อย่างใด มีลักษณะ นุ่ม เบา สะอาด ไม่เกาะตัวเป็นก้อน สามารถเกาะเกี่ยวประสานกันได้ดี (Figure 3 (b))

2. ลักษณะเส้นใยใบเตยปะหนันที่ได้จากการสกัดเชิงเคมี

การสกัดเส้นใยใบเตยปะหนันด้วยการสกัดเชิงเคมีโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่ำสุดถึงสูงสุดและเวลาต่ำสุดถึงสูงสุดคือร้อยละ 5, 10, 15 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที พบว่าเส้นใยใบเตยปะหนันที่ได้จากการสกัดเชิงเคมีที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 30 นาทีมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากพบว่าเส้นใยที่ได้เริ่มมีความอ่อนตัวจากเดิม อ่อนนุ่มเป็นเส้นเรียวยาว มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (Aspect ratio) มากขึ้น จึงเลือกขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อน (Figure 3 (c)) โดยเลือกเฉพาะส่วนที่แตกออกเป็นเส้นใยเท่านั้น ส่วนที่เป็นใบชิ้นเล็กและเกล็ดจะคัดออกก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อนแบบพ่นเคลือบประสาน รวมทั้งการสกัดเส้นใยใบเตยปะหนันด้วยการสกัดเชิงเคมีสามารถสกัดเส้นใยใบเตยปะหนันให้สะอาดและนุ่ม

3. คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยใบเตยปะหนันที่สกัดด้วยวิธีเชิงกลและเชิงเคมี

การขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อน โดยนำเส้นใยใบเตยปะหนันที่ได้จากการเตรียมเส้นใยด้วยการสกัดเชิงกลและเชิงเคมี ผ่านการพ่นเคลือบประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติที่อัตราส่วนที่เท่ากัน คือ อัตราส่วนเส้นใยและน้ำยาง 1 : 2 โดยน้ำหนัก พบว่า แผ่นฉนวนความร้อนทั้งสองแบบมีลักษณะคล้ายกัน สามารถขึ้นรูปได้ มีการเกาะเกี่ยวกันได้ดี มีความยืดหยุ่นและดัดโค้งงอได้ แต่การพ่นเคลือบประสานของแผ่นฉนวนความร้อนจากการสกัดเส้นใยเชิงกลจะทำได้ดีกว่าการสกัดเส้นใยเชิงเคมี เนื่องจากเส้นใยที่ได้ไม่เกาะกลุ่มเป็นก้อน มีความเป็นอิสระต่อกันมากกว่า ทำให้พ่นเคลือบน้ำยางลงบนเส้นใยได้อย่างทั่วถึงและกระจายได้ดีกว่า นอกจากนี้ เป็นการประหยัดพลังงานและสามารถลดความเสี่ยงอันตรายของผู้ผลิตในขั้นตอนการใช้สารเคมีเพื่อสกัดเส้นใยพร้อมทั้งรักษาสิ่งแวดล้อมโดยการไม่ปล่อยของเสียหลังจากการใช้สารเคมีแล้ว

(a) (b) (c)

Figure 3 Pandanus leaf after spinning into a small splitting fiber (a), Pandanus leaf after winnowing and picking a large pieces apart (b), Pandanus leaf after boiling in 10 wt% sodium hydroxide at 100 °C for 30 min.

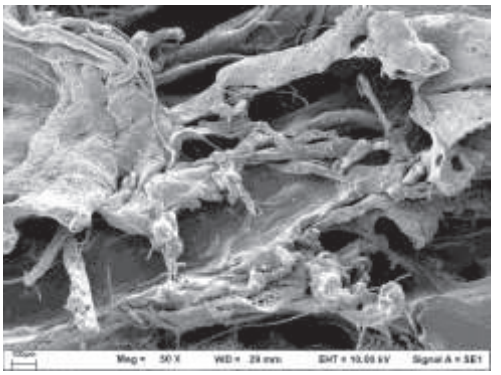
4. ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยใบเตยปะหนัน

ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนที่ได้จากการเตรียมเส้นใยด้วยการสกัดเชิงกลมีค่าน้อยกว่าแผ่นฉนวนความร้อนที่ได้จากการสกัดเชิงเคมี (Table 2) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับฉนวนเซลลูลาร์กลาสที่เป็นฉนวนความร้อนที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ (Incropera et al., 2007) ทั้งนี้แผ่นฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยใบเตยปะหนันและน้ำยางธรรมชาติทั้งสองแบบ มีค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วงที่ดี เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนด้วยวิธีสถิติ Mann Whitney test (Table 3) และเมื่อพิจารณาโครงสร้างภายในฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยใบเตยปะหนันและน้ำยางธรรมชาติโดยกระบวนการขึ้นรูปแบบพ่นประสาน (Figure 4) พบว่าช่องอากาศที่เกิดขึ้นระหว่างเส้นใยที่เคลือบด้วยตัวประสานซึ่งส่งผลดีต่อคุณสมบัติเชิงความร้อนของแผ่นฉนวนที่ผลิตได้ ซึ่งถือเป็นวัสดุที่มีรูพรุน ดังนั้นความร้อนที่ไหลผ่านฉนวนที่บรรจุเต็มไปด้วยช่องอากาศหรือก๊าซจากการฟอร์มตัวขึ้นตามสภาพเส้นใยหรือเซลล์ของวัสดุฉนวนจะมีอัตราการไหลที่ช้าลงโดยช่องอากาศหรือก๊าซเหล่านี้ หากมีขนาดเล็กอย่างพอเหมาะจะทำให้การถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งของเซลล์สู่อีกด้านหนึ่งมีปริมาณน้อยลง (ตระการ, 2537)

Table 2 Thermal conductivity and properties of mechanically and chemically extracted pandanus leaf fiber insulation board.

	Pandanus leaf fiber insulation board	
	Mechanical extraction	Chemical extraction
Formability	✓	✓
Thickness (mm)	15.7	15.4
Weight (kg)	0.09	0.13
Density (kg/m^3)	143	218
Thermal conductivity (W/m.K)	0.041	0.059

\


(a)

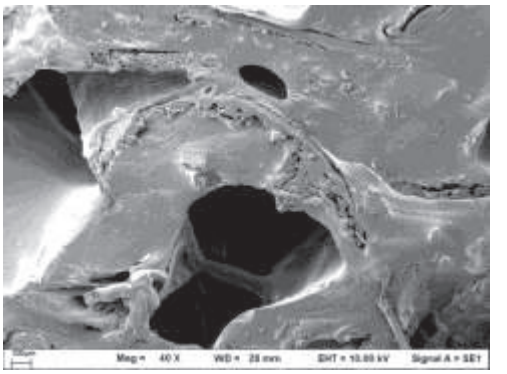

(b)

Figure 4 SEM image of pandanus leaf fiber insulation board: (a) mechanical extraction (b) chemical extraction.

Table 3 Thermal conductivity of Insulation board produced from various materials.

	Density (kg/m^3)	Thermal conductivity (W/m.K)	Mann Whitney test	P-value
Mechanical extracted pandanus leaf fibers and natural rubber latex	143	0.041	9*	0.0745
Chemical extracted pandanus leaf fibers and natural rubber latex	218	0.059		

* P-value < 0.1000

สรุปผลการทดลอง

1. การเตรียมเส้นใยใบเตยปะหนันเพื่อการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อนด้วยการสกัดเชิงกลเหมาะสมมากกว่าการสกัดเชิงเคมี เส้นใยที่ได้จากการสกัดเชิงกล มีลักษณะอ่อนนุ่มเป็นเส้นเรียวยาว เบา สามารถเกาะเกี่ยวประสานกันได้ดี ไม่เกาะกลุ่มเป็นก้อน มีความเป็นอิสระต่อกันและมีขนาดความยาวมากกว่าเส้นใยที่สกัดเชิงเคมี ซึ่งเป็นผลที่ดีต่อการขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อนแบบพ่นเคลือบประสาน ด้วยน้ำยางธรรมชาติที่อัตราส่วน 1 ต่อ 2 เพราะสามารถพ่นเคลือบน้ำยางลงบนเส้นใยได้อย่างทั่วถึงและกระจายได้ดีกว่า

2. ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยใบเตยปะหนันและน้ำยางธรรมชาติจากการเตรียมเส้นใยด้วยการสกัดเชิงกล 0.041 W/m.K (ความหนาแน่น 143 kg/m^3) และจากการสกัดเชิงเคมี 0.059 W/m.K (ความหนาแน่น 218 kg/m^3) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนเซลลูลาร์กลาส 0.058 W/m.K (ความหนาแน่น 145 kg/m^3) (Incropera *et al.* (2007))

3. การนำเส้นใยใบเตยปะหนันเป็นวัสดุผลิตเป็นแผ่นฉนวนความร้อนโดยการพ่นเคลือบประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติมีความเป็นไปได้ในการใช้ทดแทนฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์โดยเส้นใยที่ได้จากการผลิตเชิงกลดีกว่าการผลิตเชิงเคมี

กิตติกรรมประกาศ

1. งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้ปีงบประมาณ 2560 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และเป็นส่วนหนึ่งของโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับข้าราชการครู โดยได้รับทุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการผลิตชิ้นงานทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

ตระการ ก้าวกสิกรรม. 2537. คู่มือฉนวนความร้อน. เอ็มแอนด์อี. กรุงเทพฯ. 312 น.

บุญธรรม นิธิอุทัย 2532. คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง . มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี. 124 น.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล และ วิภา เศวตกนิษฐ์. 2538. เทคโนโลยีน้ำยาง. รายงานการฝึกอบรมหลักสูตร เรื่องผลิตภัณฑ์จากยางพารา. ส่วนอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 1-20.

Incropera, F.P., D.P. Dewitt, T.L. Bergman and A.S. Lavine. 2007. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley & Sons. The United States of America. 999p.

Jaktorn, C. and S. Jiajitsawat. 2014. Production of Thermal Insulator from Water Hyacinth Fiber and Natural Rubber Latex. NU.International Journal of Science. 11(2): 31-41.

Jintakosol, T. and S. Kumfu. 2012. Properties of Thermal Insulation from Durian Peel Fiber and Natural Rubber Latex. Advanced Materials Research. 506: 571-574.

Luamkanchanaphan, T., S. Chotikaprakhan and S. Jarusombati. 2012. A Study of Physical, Mechanical and Thermal Properties for Thermal Insulation from Narrow-leaved Cattail Fibers. APCBEE Procedia. 1:46-52.