

การศึกษาแผ่นกรองแสงจากใยทางตาลโตนด

The Study of Solar Screen from Palmyra Fiber

เจนจิรา ขุนทอง¹

Received: January 31, 2019

Revised: April 11, 2019

Accepted: July 26, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแผ่นกรองแสงรูปแบบใหม่จากใยทางตาลโตนด เพื่อลดความส่องสว่างของแสงที่ผ่านเข้ามาในช่องเปิดอาคาร ใยทางตาลโตนดเป็นเส้นใยสีน้ำตาลที่มีเปลือกภายนอกปกคลุมอยู่ ถูกนำมาคัดแยกทำความสะอาดเพื่อการขึ้นรูปเป็นแผ่นตัวอย่าง ขนาด กว้าง 0.30 x ยาว 0.60 x สูง 1.20 เมตร มีแผ่นรองรับที่ช่วยในการขึ้นรูปตาข่ายร่อนทราย ตาข่ายมุ้งลวดและ ตาข่ายเหล็ก โดยในแต่ละแผ่นตัวอย่างกำหนดน้ำหนักเส้นใยทางตาลโตนด 250 กรัม ซึ่งถูกนำไปติดตั้งบริเวณหน้าต่างในสภาวะแวดล้อมจริง เพื่อทดสอบเปรียบเทียบความส่องสว่างกับหน้าต่างที่ไม่มีเส้นใยทางตาลโตนด

ผลการทดสอบด้านปริมาณความส่องสว่างพบว่าแผ่นกรองแสงจากใยทางตาลโตนดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความส่องสว่างของแสงจากภายนอกได้ เมื่อทดสอบในช่วงเวลาเดียวกันพบว่าตัวอย่างแบบที่ 1 ไม่มีม่านหรือสิ่งใด ๆ แบบที่ 2 ม่านปรับมุมมีการปรับองศาของม่านอยู่ที่ 90 องศา แบบที่ 3 ม่านปรับมุมมีการปรับองศาของม่านอยู่ที่ 180 องศา และแบบที่ 4 แผ่นกรองแสงจากใยทางตาลโตนด วัดค่าแสงส่องผ่านได้ 5030 Lux คิดเป็น 50.30% 4700 Lux คิดเป็น 47% 500 Lux คิดเป็น 5% และ 570 Lux คิดเป็น 5.70% ตามลำดับ แผ่นกรองแสงจากใยทางตาลโตนดของงานวิจัยนี้ไม่เพียงป้องกันแสงที่ส่องผ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังสามารถมองเห็นบรรยากาศภายนอกและช่วยระบายอากาศให้กับตัวอาคารได้ดีกว่าม่านปรับมุมหรือม่านชนิดอื่น ๆ ที่มีตามท้องตลาดที่ไม่สามารถมองเห็นและไม่สามารถระบายอากาศหรือให้ลมพัดผ่านได้

คำสำคัญ: แผ่นกรองแสง ใยทางตาลโตนด การเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Abstract

This research aims to study the new solar screen made from Palmyra fiber to reduce the daylight coming through the building's openings. Palmyra fiber a brown fiber with an outer shell covered, were cleaned, dried and molded with the size of 0.30 m width. x 0.60 m. length x 1.20 m. height. The selected molding sheets were 1) a sand sieve mesh, 2) a Mosquito wire mesh, and 3) steel mesh. The weight of the Palmyra fiber of each sample screen was specified at 250 grams. The samples were installed in situ on windows to test and compare the daylight luminosity between tested windows with palmyra screen and normal windows.

As the results of luminosity testing, it was found that solar screen made from Palmyra fiber had an efficiency to remount of daylight from the outside. Tested at specific time of the day, the measurement of daylight - luminosity of samples: Type 1 - without blind or anything, Type 2 - a 90-degree angle blind, Type 3 - a 180-degree angle blind, and Type 4 - solar screen from Palmyra fiber, were 1) 5030 Lux accounted for 50.30%, 2) 4700 Lux accounted for 47%, 3) 500 Lux accounted for 5% and 4) 570 Lux accounted for 5.70%, respectively.

¹ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

The screen from Palmyra fiber invented in this research was not only efficiently prevented daylight - luminosity coming through windows, but also allowed people living inside the building to see outside views and provided better ventilation than other existing angle-blinds in the market.

Keywords: Optical Filter, Palmyra Fibers, Eco-friendly

1. บทนำ

ตาลโตนดมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาตะวันออก ต่อมาได้แพร่พันธุ์เข้าไปในอินเดีย ศรีลังกา และกลุ่มประเทศในแถบเอเชีย ปัจจุบันมีมากในแถบทวีปเอเชีย อินเดีย ศรีลังกา พม่า กัมพูชา มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย สำหรับในประเทศไทยพบมากในพื้นที่แถบภาคกลางเช่นเพชรบุรี นครปฐม และภาคใต้ที่จังหวัดสงขลา เป็นต้น ตาลโตนดเป็นพืชตระกูลปาล์มพันธุ์หนึ่งที่ให้ประโยชน์แก่คนเป็นอันดับสองรองจากพืชตระกูลหญ้าตาลโตนด หรือ Palmyra Palm หรือ Deleb Palm คือ *Borassus Flabellifer linn* จังหวัดสงขลามีตาลโตนดอยู่ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดสงขลาจำนวน 6 อำเภอ ได้แก่ สิงหนคร สทิงพระ กระแสสินธุ์ ระโนด ความเนียง รัตภูมิ จะนะ เฉพาะอำเภอสทิงพระ มีอยู่ 1,700,000 ต้น (สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา, 2542) โยทางตาลโตนด มีลักษณะเป็นเส้นใยสีน้ำตาลมีเปลือกหุ้มอยู่ภายนอก จากงานวิจัยพบว่ามีเส้นใยที่ได้จากวัสดุทางธรรมชาติมาใช้ลดความร้อน เช่น เส้นใยไผ่ (อัคนีย์ สงวนศักดิ์, 2554) ฟางข้าว (กิตติศักดิ์ คำโพธิ์ชา, 2555) เส้นใยสับปะรด (ประภาพรพรหม หมั่นทำ, อรพิม กาญจนรัตน์ และรัชตะ ละม้ายอินทร์, 2549) เส้นใยกล้วย (อัญชลี แท่นนิล, มალიณี ชัยศุภกิจสินธุ์, อัญชิสาว วงศ์สิริรักษ์ และ โสภณ อภิชาติสกุลชัย, 2550) เนื่องจากวัสดุธรรมชาติข้างต้นมีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำไปจากทางตาลโตนดเป็นหนึ่งในเส้นใยธรรมชาติที่มีน้ำหนักเบา มีความเหนียว และทนทาน ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาเป็นแผ่นวัสดุกรองแสงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อการลดความส่องสว่างสำหรับอาคารได้

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการทดสอบประสิทธิภาพในการกรองแสงผ่านแผ่นกรองแสงจากโยทางตาลโตนด เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้โยทางตาลโตนดสำหรับอาคารในรูปแบบใหม่ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาด้านแสงจ้าจากแสงอาทิตย์ และส่งเสริมรายได้พิเศษให้กับชุมชนในท้องถิ่น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาคุณภาพการกรองแสงจากเส้นใยทางตาลโตนด
- 2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกรองแสง

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ตาลโตนด เป็นไม้วงศ์ปาล์ม และมะพร้าว แต่มีลำต้นแข็งแรง และอายุยืนยาวมากกว่า อายุยืนประมาณ 80-100 ปี โตเต็มที่สูงได้กว่า 18-25 เมตร หรือมากกว่า เริ่มให้น้ำตาล และลูกได้เมื่ออายุประมาณ 10-15 ปี เป็นพืชที่ขึ้นได้บนดินทุกชนิด ทนแล้ง และน้ำท่วมได้ดี ไม่มีผลต่อพืชอื่น ๆ รอบข้าง เช่น นาข้าว สวนผัก (สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา, 2542)

แหล่งของต้นตาลโตนดในไทย พบได้ทั่วไปในทุกภาค แต่พบมากที่สุด คือ พื้นที่ภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดสงขลา ที่พบมากที่สุด รองลงมาคือ จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดอื่น ส่วนภาคกลางพบรองลงมาจากภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดชัยนาท โดยแบ่งพันธุ์ตามลักษณะผลที่พบ คือ พันธุ์ที่มีผลสีดำ เรียก ตาลโตนดกา และพันธุ์ที่มีผลสีแดง เรียก ตาลโตนดขาว (สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา, 2542)

3.1.1 ทางตาล เป็นส่วนของก้านของใบตาล สามารถลอกผิวนอกส่วนที่อยู่ด้านบน เรียกว่า “หน้าตาล” มาพันเป็นเชือกสำหรับผูกข้าว ลามั่ว แม้จะใช้ได้ไม่ทนทานเท่าเชือกที่ทำจากต้นปอหรือต้นเส้ง แต่เหมาะกับการใช้งานที่

ต้องตากแดดตากฝน เพราะมีความชุ่มน้ำ ซึ่งหากใช้เชือกที่ทำจากวัสดุอื่นก็จะเปื่อยยุ่ยเร็ว ส่วนทางตาลตอนโคน ซึ่งอยู่ติดกับต้นตาลนั้น มีจำนวน 2 แฉก เมื่อทางตาลแก่จัดจนใบแห้งจะร่วงหล่นลงมาเอง ชาวบ้านเรียกส่วนโคนนี้ว่า “ขาตาล” มีลักษณะบางและแบน จึงเหมาะกับการนำมาตัดใช้เป็นคราด หากต่อด้ามหรือทำเป็นกาก็จะเรียกว่า “กาทาล” สำหรับกอบสิ่งของที่เป็นกอง เช่น ใช้กอบมูลวัว กอบขี้เถ้า กอบเมล็ดข้าว เป็นต้น อนึ่ง ขาตาลขณะที่แก่จัดแต่ยังไม่ถึงกับแห้งกรอบ ให้ตัดเฉพาะส่วนที่เป็นขาตาลนำมาทุบด้วยของแข็งหรือสับขวาน จนเส้นใยฟุ้งกระจายดีแล้ว จึงนำแปร่งที่ทำจากตะปูแปร่งส่วนที่ไม่ต้องการออก จนเหลือแต่เส้นใยเป็นเส้นฝอยเรียบวางเรียงเส้นขนานกัน จากนั้นนำไปมัดรวมกันคล้ายมัดวุ้นเส้น หรือเส้นหมี่ แล้วนำไปตากแดดให้แห้งสนิท แล้วมัดรวมเป็นมัดใหญ่เพื่อส่งจำหน่ายร้านรับซื้อ สำหรับเป็นแปร่งหยากไย่ หรือทำไม้กวาด (สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา, 2542)

3.1.2 กาทาลจะต้องเลือกเอากาบของต้นตาลหนุ่มที่มีความสมบูรณ์เต็มที่ ตาลหนุ่มจะมีอายุประมาณ 5-15 ปี ซึ่งสูงประมาณ 1 - 5 เมตร ต้นตาลหนุ่มที่มีความสมบูรณ์จะให้เส้นใยได้มาก เป็นเส้นใยที่มีความยาวไม่แก่หรือไม่อ่อนจนเกินไป และมีสีถึง 3 สี คือเส้นใยสีดออยู่บริเวณส่วนหลังของกาบ (ด้านที่กาบโค้งลง ขึ้นซึ่งผิวกาบเป็นสีดำหรือน้ำตาล) เส้นใยสีน้ำตาล อยู่ถัดมากลาง ๆ กาบ และเส้นใยสีขาวอยู่บริเวณด้านหน้ากาบ (ด้านที่กาบโค้งขึ้น ซึ่งผิวกาบเป็นสีขาวหรือขาวแกมเหลืองอ่อน) นอกจากอายุและความสมบูรณ์ของต้นตาลแล้วเมื่อจะตัดเอากาบต้องพิจารณาความสมบูรณ์ของแต่ละกาบเป็นพิเศษด้วย โดยพิจารณาถึงความใหญ่และยาวของกาบเป็นสำคัญ ต้นตาลต้นหนึ่ง ๆ จะตัดกาบที่สวยงามใช้เส้นใยได้ประมาณ 1.5 - 2.5 ฟุต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของกาบ (แหล่งเรียนรู้หัตถกรรมใยตาลสทิงพระ, 2560)

3.2 แนวคิดการวิจัย

แนวทางในการลดปริมาณของเหลือใช้ การเพิ่มประสิทธิภาพการนำกลับมาใช้ใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการออกแบบที่ได้จากแนวคิดการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ หรือ Eco-design (Economic & Ecological design) ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม เข้ามาใช้ในการกระบวนการออกแบบ การออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นการออกแบบที่คำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบ ได้แก่ ปัจจัยภายใน คือ วัสดุและกรรมวิธีการผลิต (Materials and Processes) ประโยชน์ใช้สอย (Function) และ รูปทรง (Form) ปัจจัยภายนอก ได้แก่ การแข่งขันในตลาด ความสามารถเข้ากันได้กับระบบสากล การควบคุมด้านความปลอดภัย และการอนุรักษ์ทรัพยากรและสภาพแวดล้อม ที่นักออกแบบนำมาผนวกเข้ากับแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-design) โดยใช้หลักการของ 4Rs เป็นแนวคิดในการออกแบบ ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และ การซ่อมบำรุง (Repair) ปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบ และ หลักการ 4Rs จะนำมาใช้ในช่วงของขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งเป็นบทบาทหน้าที่ของนักออกแบบใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบสร้างสรรค์ผลงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ นักออกแบบสามารถเลือกใช้แนวทางในการออกแบบ (เครือข่ายการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจไทย, 2550)

3.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถเคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของพลังงานแสงจะอยู่ในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความถี่และความยาวคลื่นเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป โดยความถี่และความยาวคลื่นจะเป็นตัวกำหนดชนิดของพลังงาน ช่วงที่ทำให้เกิดการมองเห็น มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.38 ถึง 0.78 ไมครอน (Micron) หรือ 380 ถึง 760 นาโนเมตร (Nanometers) ช่วงความยาวคลื่นที่สั้นกว่า 380 นาโนเมตร ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์เรย์ และพลังงานที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 760 นาโนเมตร ได้แก่ คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ และพลังงานไฟฟ้า แหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญที่สุดคือดวงอาทิตย์ ปริมาณของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพท้องฟ้า ฤดูกาล และมุมเงย มาตรฐาน CIE (International Commission on Illumination) ได้แบ่งลักษณะของแสงธรรมชาติตามแหล่งกำเนิดแสงออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้ (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541)

- 1) แสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ หมายถึง แสงธรรมชาติที่ได้รับจากดวงอาทิตย์โดยตรง

2) แสงธรรมชาติจากท้องฟ้า หมายถึง แสงธรรมชาติที่ได้จากการส่องผ่านของแสงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศ แล้วเกิดการกระจายตัวของแสงทั่วท้องฟ้า เมื่อกระทบกับฝุ่นละอองไอน้ำ สารแขวนลอยต่าง ๆ ในแต่ละชั้นบรรยากาศ การกระจายตัวของแสงจากท้องฟ้า จะพิจารณาจากปริมาณของเมฆบนท้องฟ้า ทำให้เกิดลักษณะต่าง ๆ ของท้องฟ้าดังนี้

2.1) สภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky) หมายถึง สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมไม่เกิน 30% ของท้องฟ้า

2.2) สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆเป็นบางส่วน (Partly Sky or Cloud Sky) หมายถึง สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมตั้งแต่ 30-70% ของท้องฟ้า

2.3) สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆคลุมทึบหรือฟ้าหลัว (Overcast Sky) หมายถึง สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมมากกว่า 70% ของท้องฟ้าจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงได้

3) แสงธรรมชาติจากพื้นดิน หมายถึง แสงที่เกิดจากการสะท้อนจากพื้นดินก่อนที่จะกระจายเข้าสู่ช่องเปิดภายในอาคาร มีค่าเฉลี่ยประมาณ 10-15% ของปริมาณแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดของอาคาร ซึ่งปริมาณแสงสะท้อนจากพื้นดินนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวที่สะท้อนแสง

3.3.1 พฤติกรรมของแสง สามารถจำแนกพฤติกรรมของแสงได้ คือ

1) การสะท้อน (Reflection) เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบบนตัวกลางและสะท้อนออกมาโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง ลักษณะของการสะท้อนสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้ (ภิญโญ ชุมมณี, 2553)

1.1) การสะท้อนแบบกระจก (Specular Reflection) เป็นลักษณะของแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัตถุทึบแสง (Opaque Material) มีลักษณะเป็นผิวมันเรียบ (Polish Surface) การสะท้อนจะมีลักษณะมุมของแสงที่ตกกระทบ (Angle of Incident) เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน (Angle of Reflection)

1.2) การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบบนวัตถุทึบแสงที่การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบบนวัตถุทึบแสงที่มีผิวหยาบไม่สม่ำเสมอ แสงที่สะท้อนออกมาจะถูกสะท้อนออกไปในหลายทิศทาง หากผิววัตถุที่ไม่เรียบนั้นมีลักษณะไม่สม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (Perfectly Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้จะเป็นลักษณะกระจายแสงแบบสมบูรณ์ (Perfectly Diffuse Reflection) เป็นการสะท้อนที่ให้แสงมีความสว่างเท่า ๆ กันในทุกมุมสะท้อน แต่ถ้าผิววัตถุไม่เรียบ ไม่สม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะเป็นแสงสะท้อนแบบกระจาย (Semi Diffuse Reflection)

โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุจะมีลักษณะผสมกันระหว่าง การสะท้อนแสงแบบกระจกเงา (Specular Reflection) และการสะท้อนแบบการกระจาย (Diffuse Reflection) ซึ่งในสภาพจริงโดยทั่วไปจะพบการสะท้อนแสงในลักษณะแบบนี้มากที่สุด โดยมีชื่อเรียกว่าการสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Specular and Diffuse Reflection)

1.3) การดูดกลืน (Absorption) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายไปในตัวกลางและเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงาน โดยทั่วไปเมื่อพลังงานแสงถูกดูดกลืนหายไปในตัวใด ๆ จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

1.4) การส่องผ่าน (Transmission) เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลาง (Medium) แล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง ถ้าไม่พิจารณาคุณสมบัติหรือลักษณะของตัวกลางที่แสงผ่าน มุมของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่าน และแสงที่ทะลุผ่านจะมีปริมาณของแสงคงเดิม อย่างไรก็ตามเมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่แสงสามารถส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนอีกส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับ และส่วนที่เหลือจะทะลุผ่าน

3.4 วิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) บ็องกัย อภิพันธุ์ (2557) พัฒนาแผ่นกรองแสงรูปแบบใหม่จากกรมะขาม เพื่อลดความร้อนและ ความส่องสว่างของแสงที่ผ่านเข้ามาในช่องเปิดอาคาร ผลการทดสอบด้านปริมาณความส่องสว่าง พบว่าแผ่นกรองแสงจากกรมะขามมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความส่องสว่างจากภายนอกได้ดี อ้างอิงได้ถึงการใช่วัสดุจากธรรมชาติ และปริมาณของเส้นใยในการทำต้นแบบ

2) อัคนีย์ สวงนศักดิ์ (2554) ผลิตแผ่นกรองแสงเพื่อการทดลองพบว่า แผ่นกรองแสงจากเส้นใยไผ่ ลดแสงจ้าและความร้อนจากภายนอกได้มากกว่าแผ่นกรองแสงจากเยื่อไผ่ โดยปริมาณของแสงและความร้อน ลดลงแปรผันตามความหนาแน่นของเส้นใยไผ่ อ้างอิงได้ว่าวัสดุจากธรรมชาติช่วยกรองแสง และลดความร้อนจากภายนอกอาคาร

3) กิตติศักดิ์ คำโพธิ์ชา (2555) ศึกษาแผ่นหลังคาโปร่งแสงจากฟางข้าวเคลือบเรซินเพื่อการลดความร้อนสำหรับช่องแสงหลังคาอาคารในประเทศไทย ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิและความส่องสว่างจากแผ่นหลังคาฟางข้าว ช่วยลดความร้อนจากรังสีตรงและลดปริมาณความส่องสว่างได้ดีกว่าแผ่นหลังคาอะคริลิกชนิดใสและหลังคาไฟเบอร์กลาสชนิดขุ่น โดยมีค่า Daylight Factor เฉลี่ยภายในห้องทดลองเท่ากับ 4.63% อ้างอิงได้ว่าวัสดุจากธรรมชาติช่วยกรองแสง และลดความร้อนจากภายนอกอาคาร

4) Sherif, Sabry and Rakha (2012) ศึกษาแผ่นกรองแสงที่ใช้สำหรับอาคารพักอาศัยในทะเลทราย ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิจากแผ่นกรองแสงทำมาจากวัสดุจำพวกไม้ ช่วยลดการใช้พลังงาน และทำให้อาคารมีอุณหภูมิลดลงโดยเฉลี่ย 25% อ้างอิงได้ว่าวัสดุจากธรรมชาติช่วยกรองแสง และลดความร้อนจากภายนอกอาคาร

4. วิธีการวิจัย เครื่องมือวิจัย และระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้าทฤษฎีเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยดำเนินการดังนี้

4.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

4.1.1 วิธีการเก็บวัตถุดิบ

การเลือกทางตาลหรือกาบตาล (รูปที่ 1) ขั้นแรกในการเตรียมวัสดุมีข้อสังเกตสำคัญในการเลือกทางตาลโดนด คือควรเลือกทางตาลที่ผลัดจากต้นหรือควรเลือกกาบตาลโดนดที่มีสีน้ำตาลเข้ม ไม่ควรเลือกกาบตาลโดนดที่ยังสดหรือมีสีเขียว เนื่องจากง่ายต่อการแยกเส้นใยจากเปลือกนอกที่ห่อหุ้มใยตาล ต่างจากทางตาลโดนดที่เพิ่งผลัดต้นเพราะทางตาลชนิดนี้ยังคงมีความสดอยู่ ในการแยกเส้นใยทำได้ค่อนข้างยาก



(1) ทางตาล



(2) กาบตาล

รูปที่ 1 ลักษณะทางตาลที่นำมาใช้

ที่มา: สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา (2542)

4.1.2 การเตรียมวัตถุดิบ

ขั้นกระบวนการเตรียมทางตาล เบื้องต้น ทางตาล 1 ทาง จะมีเส้นใยภายใน 250 กรัมโดยประมาณ การดึงใยตาลออกจากทางตาลที่มีเปลือกนอกหุ้มอยู่นั้น ควรทำอย่างระมัดระวังเพราะใยตาลมีความเหนียวและมีความคมอาจบาดมือและเส้นใยขาดไม่คงรูปได้

เมื่อผ่านการเส้นใยแยกออกจากทางตาลแล้ว (รูปที่ 2) จึงนำมาแยกออกเป็นเส้นอีกครั้งหนึ่ง และเคาะเอาฝุ่น เศษเปลือกตาล หรือส่วนที่ไม่ต้องการออก



รูปที่ 2 การเตรียมเส้นใยทางตาลหรือกาบตาล

4.1.3 การทดลองวัสดุ

1) การขึ้นรูปวัสดุ

ขั้นตอนการขึ้นรูปวัสดุ แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1.1) รูปแบบที่ 1 โดยวิธีการขึ้นรูปแบบเส้นใยธรรมชาติ ใช้กาบขาว (ลาเท็กซ์) (รูปที่ 3) ละลาย

น้ำตัวประสาน



รูปที่ 3 กาบขาว (ลาเท็กซ์) (ซ้าย) กระบอกฉีดน้ำ (ขวา)

ขั้นตอนการขึ้นรูป

ฉีดกาบที่ละลายน้ำลงบนแผ่นรองพลาสติกสำหรับรองเนื้องาน จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านกระบวนการฉีกออกเป็นเส้นก่อนหน้านี้นำมาวางเรียงเป็นแผ่นขนาด 30 ซม. X 60 ซม. พ่นกาบที่ละลายน้ำทับลงไปอีกครั้ง พ่นจนชุ่มเพื่อให้กาบกับเส้นใยประสานติดกัน นำแผ่นเส้นใยที่ได้ไปตากแดดจนแห้งสนิท (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 เส้นใยที่แห้งสนิท

1.2) รูปแบบที่ 2 โดยวิธีการขึ้นรูปแบบเส้นใยแบบมีตาข่ายร้อนทราวยลงรับ (รูปที่ 5) ใช้กาบขาว (ลาเท็กซ์) ละลายน้ำตัวประสาน



รูปที่ 5 ตาข่ายร้อนทราวย

ขั้นตอนการขึ้นรูป

ฉีดกาวที่ละลายน้ำลงบนแผ่นรองพลาสติก จากนั้นนำตาข่ายร้อนทราวยวางลงบนแผ่นรองพลาสติก จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านกระบวนการฉีกออกเป็นเส้นก้นหอยนี้ นำมาวางเรียงเป็นแผ่นขนาด 30 ซม. X 60 ซม. ฟนกวาวที่ละลายน้ำทับลงไปอีกครั้ง ฟนจนชุ่มเพื่อให้กาวกับเส้นใยประสานติดกัน นำแผ่นเส้นใยที่ได้ไปตากแดดจนแห้งสนิท (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 เส้นใยที่แห้งสนิท

1.3) รูปแบบที่ 3 โดยวิธีการขึ้นรูปแบบเส้นใยแบบมีตาข่ายมุ้งลวดลงรับ (รูปที่ 7) ใช้กาบขาว (ลาเท็กซ์) ละลายน้ำตัวประสาน



รูปที่ 7 ตาข่ายมุ้งลวด

ขั้นตอนการขึ้นรูป

ฉีดกาวที่ละลายน้ำลงบนแผ่นรองพลาสติก จากนั้นนำตาข่ายมุ้งลวดวางลงบนแผ่นรองพลาสติก จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านกระบวนการฉีกออกเป็นเส้นก่อนหน้านี้ นำมาวางเรียงเป็นแผ่นขนาด 30 ซม. X 60 ซม. พ่นกาวที่ละลายน้ำทับลงไปอีกครั้ง พ่นจนชุ่มเพื่อให้กาวกับเส้นใยประสานติดกัน นำแผ่นเส้นใยที่ได้ไปตากแดดจนแห้งสนิท (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 เส้นใยที่แห้งสนิท

1.4) รูปแบบที่ 4 โดยวิธีการขึ้นรูปแบบเส้นใยแบบมีตาข่ายเหล็กรองรับ (รูปที่ 9) ใช้กาวยา (ลาเท็กซ์) ละลายน้ำตัวประสาน



รูปที่ 9 ตาข่ายเหล็ก

ขั้นตอนการขึ้นรูป

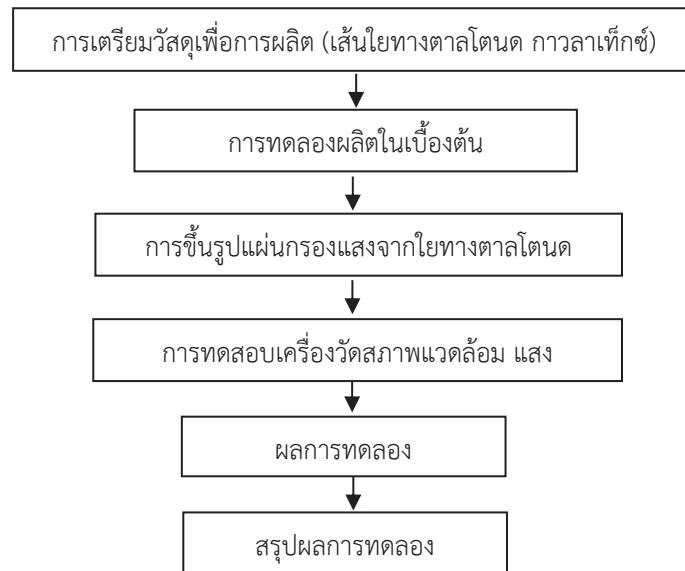
ฉีดกาวที่ละลายน้ำลงบนแผ่นรองพลาสติก จากนั้นนำตาข่ายเหล็กวางลงบนแผ่นรองพลาสติก จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านกระบวนการฉีกออกเป็นเส้นก่อนหน้านี้ นำมาวางเรียงเป็นแผ่นขนาด 60 ซม. X 30 ซม. พ่นกาวที่ละลายน้ำทับลงไปอีกครั้ง พ่นจนชุ่มเพื่อให้กาวกับเส้นใยประสานติดกัน นำแผ่นเส้นใยที่ได้ไปตากแดดจนแห้งสนิท (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 เส้นใยที่แห้งสนิท

4.2 ขั้นตอนการทำวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาคุณสมบัติการกรองแสงของแผ่นกรองแสงจากการผลิตแผ่นกรองแสงจากตาลโตนด โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การผลิตแผ่นตัวอย่างเบื้องต้น ส่วนที่ 2 การขึ้นรูปแผ่นกรองแสง และส่วนที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติด้านการกรองแสง จากแผ่นกรองแสงตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 ขั้นตอนการทำวิจัย

4.2.1 ขั้นตอนการทำต้นแบบชิ้นงาน

ผู้วิจัยสรุปรูปแบบของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ เพื่อนำมาทดลองขึ้นรูปชิ้นงาน (Prototype) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการร่างชิ้นงาน 3 ตัวอย่าง มาทดลองในการทำเป็นต้นแบบชิ้นงานและเลือก 1 ตัวอย่างขึ้นรูปชิ้นงาน เพื่อสามารถนำไปปรับใช้ได้ตามความเหมาะสม

1) ชิ้นงานตัวอย่างที่ 1

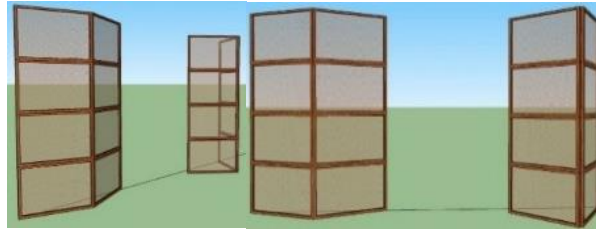
แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ลักษณะการใช้งาน เปิดพับเก็บไว้บนเหนือศีรษะ ขนาดของแต่ละชั้นจะอยู่ที่ 30 เซนติเมตร x 60 เซนติเมตร ความสูงของชิ้นงาน 120 เซนติเมตร (รูปที่ 12)



รูปที่ 12 ชิ้นงานตัวอย่างที่ 1

2) ชิ้นงานตัวอย่างที่ 2

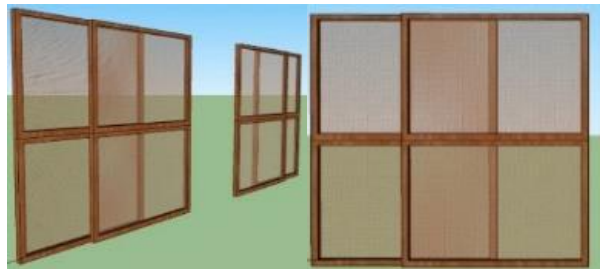
แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ลักษณะการใช้งาน พับเก็บเหมือนประตูปานพืด เปิดพับเก็บไว้ด้านข้างของหน้าต่างหรือประตู ขนาดของแต่ละชั้น 60 เซนติเมตร x 120 เซนติเมตร (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 ชั้นงานตัวอย่างที่ 2

3) ชั้นงานตัวอย่างที่ 3

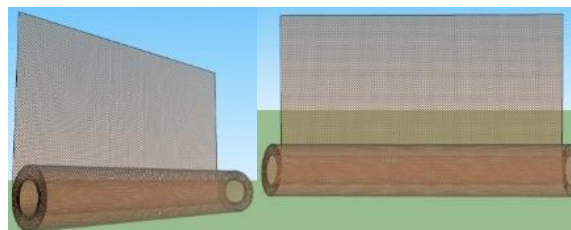
แบ่งแต่ละชั้นออกเป็น 2 ชั้น ลักษณะการใช้งาน เลื่อนได้ทั้งซ้ายและขวาเหมือนหน้าต่างบานเลื่อน ขนาดของแต่ละชั้น 60 เซนติเมตร x 120 เซนติเมตร (รูปที่ 14)



รูปที่ 14 ชั้นงานตัวอย่างที่ 3

4) ชั้นงานตัวอย่างที่ 4

ลักษณะการใช้งาน ม้วนเก็บไว้บนเหนือศีรษะ ขนาด 60 เซนติเมตร x 120 เซนติเมตร (รูปที่ 15)

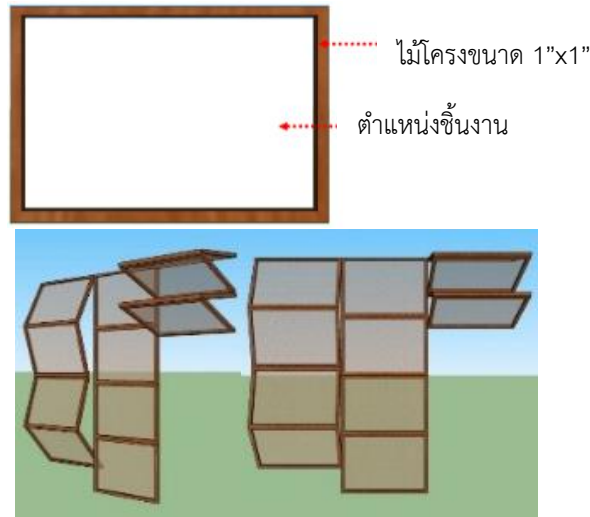


รูปที่ 15 ชั้นงานตัวอย่างที่ 4

ผลจากการวิเคราะห์ทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้แผ่นกรองแสงรูปแบบที่ 1 มาใช้เป็นต้นแบบชั้นงาน เนื่องจากทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก ขั้นตอนไม่ซับซ้อน เคลื่อนย้ายและสามารถนำไปปรับใช้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม

4.2.2 อุปกรณ์

1) ตัวอย่างที่นำไปทำกรอบไม้ที่จะยึดกับตัววัสดุต้นแบบ ขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร (รูปที่ 16)



รูปที่ 16 กรอบไม้หรือกรอบอลูมิเนียมที่จะยึดกับตัววัสดุต้นแบบ

2) เครื่องวัดสภาพแวดล้อม แสง เสียง ความชื้น และอุณหภูมิ 4 in 1 (รูปที่ 17) ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องวัดแสง คือ ตัวเซนส์รับแสง (Photo Cell) และส่วนของแสดงผลการวัด ตัวเซนส์รับแสงมีหน้าที่ในการรับแสงซึ่งเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งแปลงไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าแบบอนาล็อก และผ่านการประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน้าที่แปลงค่าความสว่างเป็นสัญญาณดิจิทัล (ช่วงการวัดแสง 0.01-20,000 Lux 20 200 2,000 และ 20,000 Lux สำหรับช่วง 20,000 Lux) ค่าความละเอียด 0.01 0.1 และ 1.0 ค่าความถูกต้อง $\pm 5\%$ ของค่าที่อ่านได้ + 10 dgts



รูปที่ 17 เครื่องวัดสภาพแวดล้อม แสง

4.2.3 วิธีการทดลองการขึ้นรูป

1) การเตรียมวัสดุใยจากทางตาลโดนดและยาวลาเท็กซ์ (ละลายน้ำ)

1.1) รวบรวมเส้นใยจากทางตาลโดนด (รูปที่ 18 (1)) อำเภอสังขละ จังหวัดสงขลา เป็นทางตาลโดนดที่แก่ตกรากต้น ทูบทางตาลโดนด (รูปที่ 18 (2)) เพื่อให้ทางตาลนิ่มและสามารถแกะเส้นใยออกมา (รูปที่ 18 (3-4))



(1) ทางตาลที่นำมาใช้



(2) ทูบทางตาลให้นิ่ม



(3) แกะเปลือกตาลออก



(4) นำเส้นใยออกจากทางตาล

รูปที่ 18 ขั้นตอนการนำเส้นใยออกจากทางตาลโดนด

1.2) วัสดุประสานกาวขาว (กาวลาเท็กซ์)

1.3) ย่อยเส้นใยตาลโตนดด้วยมือเป็นเส้น ๆ และคัดแยกเศษฝุ่น ผงออกจากเส้นใยที่ต้องการใช้

การทดลอง (รูปที่ 19)



รูปที่ 19 เส้นใยตาล

2) กระบวนการขึ้นรูปแผ่นวัสดุตัวอย่าง

2.1) วางเส้นใยทางโตนดตามขนาดตามขนาดที่กำหนดที่ละชั้น ใช้กาวขาว (กาวลาเท็กซ์ผสมน้ำ) ด้วยวิธีการฉีดยาประสานที่ละชั้นเพื่อการสัมผัสของกาวขาวและเส้นใยเข้ากันได้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะของวัสดุประสาน และเส้นใยจากทางตาลโตนด (รูปที่ 20)

2.2) ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้เส้นใยจากทางตาลโตนดและใช้กาวขาวแห้งสนิท (รูปที่ 20)



(1) รูปแบบเส้นใยบนแผ่นรองพลาสติก



(2) รูปแบบเส้นใยบนตาข่ายร้อนทราย



(3) รูปแบบเส้นใยบนตาข่ายเหล็ก



(4) รูปแบบเส้นใยบนตาข่ายมุ้งลวด

รูปที่ 20 เส้นใยตาลที่แห้งสนิททั้ง 4 รูปแบบ

2.3) ยึดวัสดุต้นแบบกับกับโครงไม้ที่มีการเตรียมไว้ ก่อนนำเครื่องมือวัดสภาพแวดล้อม และแสงมาทดสอบ (รูปที่ 21)



รูปที่ 21 ยึดติดกับโครงไม้

3) ขั้นตอนการทำต้นแบบชิ้นงาน

ขั้นตอนการทำต้นแบบคือ

- เลือกใช้ไม้ขนาด 1" x 1" ตัดให้มีขนาดท่อนละ 30 เซนติเมตร 2 ท่อนและท่อนละ 60 เซนติเมตร 2 ท่อน ประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้แม็กลมในการยึดเพื่อประกอบเข้าด้วยกัน จะได้กรอบงาน 1 ชิ้น ทำแบบเดียวกัน 3 ชิ้นจะได้ 1 ชุด (รูปที่ 22 (1))

- ยึดกรอบงานทั้ง 3 ชิ้น ด้วยบานพับ (รูปที่ 22 (2))

- ยึดแผ่นกรองแสงเข้ากับกรอบบานด้วยแม็กลม (รูปที่ 22 (3))



(1) เลือกใช้ไม้ขนาด 1" x 1"

(2) ยึดกรอบงานทั้ง 3 ชิ้น ด้วยบานพับ



(3) ชิ้นงานต้นแบบ

รูปที่ 22 การขึ้นรูปชิ้นงาน

5. ผลการวิจัย

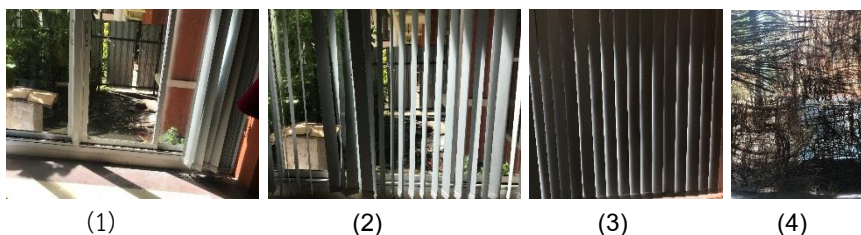
ผลของการนำวัสดุมาทดลองการกรองแสงเข้ามาสู่ภายในตัวอาคารพบว่า

5.1) การใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการวัดแสงแบบไม่มีแผ่นกรองแสงหรือสิ่งใด ๆ ค่าของแสงที่ส่องผ่านอยู่ที่ 5030 Lux คิดเป็น 50.30% (รูปที่ 23 (1))

5.2) การใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการวัดแสงแบบมีแผ่นกรองแสงและมีการปรับองศาของม่านอยู่ที่ 90 องศา ค่าของแสงที่ส่องผ่านอยู่ที่ 4700 Lux คิดเป็น 47% (รูปที่ 23 (2))

5.3) การใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการวัดแสงแบบมีแผ่นกรองแสงและมีการปรับองศาของม่านอยู่ที่ 180 องศา ค่าของแสงที่ส่องผ่านอยู่ที่ 500 Lux คิดเป็น 5% (รูปที่ 23 (3))

5.4) การใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการวัดแสงที่ใช้ต้นแบบจากทางตาลโตนด ค่าของแสงที่ส่องผ่านอยู่ที่ 570 Lux คิดเป็น 5.70% (รูปที่ 23 (4))



รูปที่ 23 แสดงการส่องผ่านของแสงที่เข้ามาสู่ภายในตัวอาคาร

6. การอภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ

6.1 การอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า การนำแผ่นกรองแสงจากใยทางตาลโตนดมาเป็นวัสดุกรองแสง เพื่อทำการทดสอบด้านประสิทธิภาพในการลดปริมาณความส่องสว่างจากภายนอกจะมีค่าของกรองแสงอยู่ที่ 44.6% เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคือ แผ่นกรองแสงจากรกมะขาม ที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความส่องสว่างจากภายนอกจะมีค่าของกรองแสงอยู่ที่ 44.93% (ป้อมภัย อภิพันธุ์, 2557) พบว่า เส้นใยที่มีขนาดที่เล็กและถี่กว่าจึงทำให้แผ่นกรองแสงจากรกมะขามมีประสิทธิภาพการกรองแสงที่ดีกว่าแผ่นกรองแสงจากใยทางตาลโตนด

แผ่นหลังคาโปร่งแสงจากฟางข้าว ช่วยลดความร้อนจากรังสีตรงและลดปริมาณการกรองแสง โดยมีค่าเฉลี่ยภายในกล่องทดลองเท่ากับ 4.63% (กิตติศักดิ์ คำโพธิ์ชา, 2555) เมื่อเปรียบเทียบพบว่า แผ่นกรองแสงจากใยทางตาลโตนดสามารถกรองแสงได้ดีกว่าแผ่นหลังคาโปร่งแสงจากฟางข้าว เนื่องจากลักษณะของฟางข้าวมีรูปแบบเป็นท่อนสั้น ๆ โปร่งแสงบ้างเมื่อโดนแสง และการจัดเรียงเส้นใยในแนวนอน จึงรับแสงหรือความร้อนโดยตรงและตลอดทั้งวัน แต่แผ่นกรองแสงจากใยทางตาลโตนดจัดเรียงเส้นใยในแนวตั้ง ที่มีการรับแสงหรือความร้อนแค่บางช่วงเวลา

ม่านกรองแสงสำหรับบ้านพักอาศัยในเขตพื้นที่ทะเลทราย ทำจากวัสดุจำพวกไม้ สามารถช่วยลดพลังงานและลดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยได้ถึง 25% (Sherif, Sabry and Rakha, 2012) เมื่อเปรียบเทียบพบว่า แผ่นแสงจากใยทางตาลโตนดสามารถกรองแสงได้ดีกว่า เนื่องจากงานวิจัยที่นำมาอ้างอิงนั้นเลือกใช้วัสดุจำพวกไม้มีขนาดที่ใหญ่ เส้นใยที่มีขนาดที่เล็กกว่า จึงทำให้ประสิทธิภาพน้อยกว่าแผ่นกรองแสงจากใยทางตาลโตนด

6.2 ข้อเสนอแนะ

1) ด้านการทดสอบคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นกรองแสง งานวิจัยนี้เป็นการนำต้นแบบแผ่นเส้นใยทางตาลโตนดที่มาทดสอบหาประสิทธิภาพในการกรองแสงบริเวณที่หน้าต่าง ผู้สนใจอาจนำข้อมูลนี้ไปพัฒนาต่อเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพแผ่นกรองแสงเพื่อใช้สำหรับผนังรูปแบบอื่น เช่น ผนังกันห้อง เป็นต้น นอกเหนือจากผนังกระจกใสในการทำวิจัยครั้งนี้

2) ด้านความคงทนของวัสดุ วัสดุประสานส่งผลต่อประสิทธิภาพความคงทนของวัสดุ หากมีการพิจารณาวัสดุประสานเพิ่มเติม จะส่งผลต่อการพัฒนาเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมได้

3) ด้านความสวยงาม หากมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบเส้นใย เช่น ทางกายภาพ โดยการนำเส้นใยผ่านกระบวนการบดหรือการตัดเส้นใย ทางเคมี โดยการฟอกสี ย้อมสีเส้นใย จะส่งผลให้มีผลผลิตที่สวยงาม สร้างทางเลือกให้กับวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

4) ด้านรูปแบบการนำไปใช้ โดยคำนึงถึงแสงสว่างของพื้นที่ใช้สอย มุมมองของการติดตั้ง และช่องเปิดสำหรับการระบายอากาศ

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ คำโพธิ์ชา. (2555). แผ่นหลังคาโปร่งแสงจากฟางข้าวเคลือบเรซินเพื่อลดความร้อนสำหรับช่องแสง หลังคาอาคารในประเทศไทย. (ศึกษาค้นคว้าอิสระสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาคาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- เครือข่ายการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจไทย. (2550). หลักการของ **EcoDesign**. เข้าถึงได้จาก: http://www2.mtec.or.th/website/article_list.aspx?id=46&cate=26.
- ป้อมภัย อภิพันธุ์. (2557). การพัฒนาแผ่นกรองแสงจากกรมะขาม. (วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาคาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- ประภาพรรณ หมั่นทำ, อรพิม กาญจนรัตน์ และรัชตะ ละม้ายอินทร์. (2549). การศึกษาสมบัติการกันเสียง สมบัติเชิงกล และสมบัติทางกายภาพของแผ่นใยไม้อัดจากใบสับปะรด และโฟมพอลิสไตรีน. (โครงการงานพิเศษระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร).
- ภิญโญ ชุมมณี. (2553). ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ. เข้าถึงได้จาก: http://kb2tmp.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2858/8/293034_ch2.pdf.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. (2541). การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา. (2542). ตาลโตนด. เข้าถึงได้จาก: <http://puechkaset.com /ตาลโตนด/>.
- แหล่งเรียนรู้หัตถกรรมใยตาลสทิงพระ. (2560). กาบตาลโตนด. เข้าถึงได้จาก: http://sk.nfe.go.th/lb_stp/index.php?name=knowledge1&file=readknowledge&id=33.
- อัคนีย์ สงวนศักดิ์. (2554). แผ่นกรองแสงจากเส้นใยไม้เพื่อลดแสงจ้าและความร้อน เข้าสู่อาคาร. (ศึกษาค้นคว้าอิสระสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาคาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- อัญชลี แท่นนิล, มานี นัยสุภกิจสินธ์, อัญชิสรา วงศ์สิลารัตน์ และโสภณา อภิชาติสกุลชัย. (2550). บทบาทของเส้นใย ธรรมชาติต่อสมบัติของเส้นใยไม้อัดผสมระหว่างโฟมพอลิสไตรีนกับเส้นใย. วารสารสำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 42(2), 43-55.
- Sherif, A. Sabry, H. and Rakha, T. (2012). External Perforated Solar for Daylighting in Residential Desert Buildings: Identification of Minimum Perforation Percentages. **Solar Energy Journals**. 6(86), 1929-1940.