

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการดูดซับน้ำ ของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้

ชาตรี หอมเขียว^{1,2*}

บทคัดย่อ

วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ คือ วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือวัสดุก่อสร้างสีเขียว แต่เนื่องจากธรรมชาติของเส้นใยหรือผงไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสมเป็นวัสดุที่ชอบดูดซับน้ำ ทำให้สมรรถนะโดยรวมของวัสดุเชิงประกอบลดลง เมื่อต้องสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นในสภาพแวดล้อม และปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบคือ ปริมาณผงไม้ สายพันธุ์ของไม้ ขนาดผงไม้ สารปรับปรุงสมบัติ อุณหภูมิ และชนิดของพลาสติก ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่า การเติมผงไม้เป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบมากขึ้น ส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้มีการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงไม้ และวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยผงไม้ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า มีการดูดซับน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของน้ำเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้แช่วัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้วัสดุมีความสามารถดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่ม นอกจากนี้ผลจากการดูดซับน้ำนี้ยังส่งผลกระทบต่อสมรรถนะทางกลและทางกายภาพอีกด้วย ซึ่งความแข็งแรงและความแข็งแกร่งของวัสดุเชิงประกอบลดลง แต่การบวมของวัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้น ตามปริมาณการดูดซับน้ำหรือความชื้น ดังนั้นผลจากบทความวิชาการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อนักวิจัยและพัฒนา ตลอดจนอุตสาหกรรมวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ ที่จะป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาปรับปรุงและผลิตวัสดุเชิงประกอบชนิดนี้ให้มีความทนทานต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานภายใต้สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสภาวะการแช่น้ำ

คำสำคัญ: วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้, การดูดซับน้ำ, การบวม, การเสื่อมในสมบัติทางกล

¹ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

² หน่วยวิจัยเทคโนโลยีการแปรรูปวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: chatree.h@rmutsv.ac.th รับเมื่อ 16 มีนาคม 2558 ตอบรับเมื่อ 14 กรกฎาคม 2558

Factors Affecting Water Absorption Behavior of Wood-Plastic Composites

Chatree Homkhiew^{1,2*}

Abstract

Wood-Plastic Composites (WPCs) are the environmentally friendly materials or the green building materials. However, due to the hydrophilic nature of fiber or wood flour, the overall performance of the WPCs is reduced when exposed to water or humidity in the environment. Factors affecting water absorption behavior of the composites included with wood flour contents, wood species, wood flour sizes, compatibilizer, temperatures, and plastic types. It is well known that the increasing the addition of wood flour in the composites resulted in an increase of the water absorption. The composites produced from larger wood particles had clearly higher moisture absorption and infiltration coefficient than the composites produced from smaller particles. Likewise, when temperature increased, the water uptake of the composite materials also enhanced. Furthermore, the results of the water absorption also affected the mechanical and physical performances, which decreased strength and stiffness of the composites, but increased the swelling. Therefore, this academic review article would greatly facilitate the researchers and developers as well as WPCs manufacturers. They can use and apply these information and knowledge to develop and improve the WPCs for resisting the environmental weathering and water immersion.

Keywords : Wood-plastic composites, Water absorption, Swelling, Degradation in mechanical property

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya.

² Materials Processing Technology Research Unit, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya.

* Corresponding author, E-mail: chatree.h@rmutsv.ac.th Received 16 March 2015, Accepted 14 July 2015

1. บทนำ

วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ (Wood-Plastic Composites; WPCs) ถือได้ว่าเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือวัสดุก่อสร้างสีเขียว (Green building materials) และมีแนวโน้มของการประยุกต์ใช้งานเพิ่มมากขึ้น เพื่อทดแทนไม้ธรรมชาติสำหรับการก่อสร้างซึ่งสามารถใช้เป็นวัสดุก่อสร้างภายนอก (Outdoor) ได้ดีในอนาคตไม่เพียงแต่ประเทศไทย ประเทศอื่นๆ ทั่วโลกมีแนวโน้มจะพัฒนาวัสดุจากเส้นใยธรรมชาติเพื่อทดแทนวัสดุไม้และพลาสติกมากขึ้น โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ซึ่งมีการพัฒนาการใช้วัสดุเส้นใยธรรมชาติเข้ามาเป็นส่วนผสม เนื่องจากพบข้อดีของวัสดุชนิดนี้ที่ให้คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องในประเด็นสิ่งแวดล้อมแต่ยังคงไว้ซึ่งคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความทนทาน ได้เหมือนการใช้วัสดุจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี [1]

นอกจากนี้จากข้อมูลพบว่า ในจีน เอเชียตะวันออก เอเชียใต้ และอเมริกาเหนือ ปริมาณความต้องการวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ถูกคาดว่าจะมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 25, 13 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีส่วนแบ่งทางการตลาดทั่วโลกในปี 2015 ประมาณ 33, 2 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ [2] เนื่องจากวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้มีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ธรรมชาติ เช่น ความทนทานและต้านทานเชื้อราสูง ความเสถียรทางด้านรูปร่างสูง ดูดซับน้ำน้อย ต้นทุนการบำรุงรักษาต่ำ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถรีไซเคิลได้เช่นเดียวกับวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติกทั่วไป [3-5]

วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้สามารถผลิตได้โดยการผสมเส้นใยพืชกับพลาสติก หรือโดยการเติม

เส้นใยธรรมชาติเป็นตัวเสริมแรงในเมทริกซ์พลาสติก จากนั้นอัดขึ้นรูปโดยใช้อุณหภูมิและแรงดันที่สูง เช่นเดียวกับการเติมสารคู่ควบ (Coupling agent) สารเสถียรทางความร้อน และผงสี จะช่วยในการผลิตวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ให้มีคุณสมบัติตามเป้าหมายของการประยุกต์ใช้งาน [6] อย่างไรก็ตามการเติมสารเคมีเหล่านี้ การเติมเส้นใยหรือผงไม้ สายพันธุ์ของไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสม ขนาดผงไม้ที่ใช้ และเกรดพลาสติก ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้

พฤติกรรมการดูดซับน้ำ ถือเป็นคุณลักษณะอย่างหนึ่งของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องศึกษา เมื่อมีการนำไปประยุกต์ใช้งานภายใต้สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสภาวะการแช่น้ำ [7] ดังรูปที่ 1 ตลอดจนเพื่อกำหนดความสามารถการประยุกต์ใช้งานของวัสดุเชิงประกอบ [7] และผลจากการดูดซับน้ำนี้มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อสมบัติทางกลและทางกายภาพของวัสดุเชิงประกอบ เช่น ความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด และการบวมหรือการเปลี่ยนแปลงขนาด เป็นต้น เนื่องจากน้ำที่แทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างวัสดุเชิงประกอบส่งผลให้ผนังเซลล์เส้นใยธรรมชาติเกิดการบวม [8]

ดังนั้นบทความฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลกระทบของปริมาณผงไม้ สายพันธุ์ของไม้ ขนาดผงไม้ สารปรับปรุงสมบัติ อุณหภูมิ และชนิดของพลาสติก ต่อพฤติกรรมการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ ตลอดจนนำเสนอผลกระทบจากการดูดซับน้ำต่อพฤติกรรมการบวมและการเสื่อมสภาพในสมบัติทางกล ผลจากบทความฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยและพัฒนา ตลอดจนอุตสาหกรรมวัสดุเชิง

ประกอบพลาสติกและไม้ สำหรับการพัฒนาและปรับปรุงสมรรถนะของวัสดุเชิงประกอบให้เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานภายใต้สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสภาวะการแช่น้ำ และสำหรับลดต้นทุนในการผลิตวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้



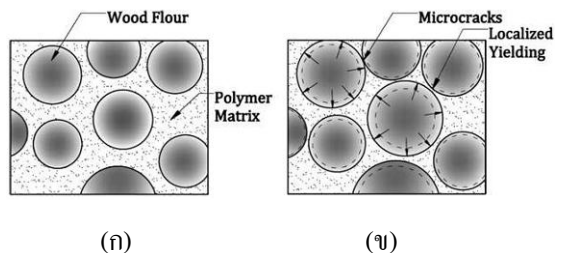
รูปที่ 1 การประยุกต์ใช้งานวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสภาวะการแช่น้ำ [9]

2. การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้

การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับปริมาณเส้นใยหรือผงไม้ ทิศทางของเส้นใย พื้นที่ผิวที่สัมผัสกับน้ำ อุณหภูมิ ปริมาณรูพรุน และการซึมผ่านของเส้นใย [10-12] ซึ่งผงไม้เป็นวัสดุหลักที่ดูดซับน้ำใน โครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบ ขณะเดียวกันพลาสติกส่วนใหญ่ไม่สามารถดูดซับน้ำหรือดูดซับน้อยมาก และไม่บวมเมื่อถูกแช่น้ำ [10, 13] ในทางทฤษฎีการแทรกซึมของความชื้นเข้าสู่โครงสร้างวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้สามารถแยกได้เป็น 3

กลไกคือ 1) การแทรกซึมของน้ำเข้าสู่รูพรุนต่างๆ 2) การไหลเข้าผิวหน้าระหว่างผงไม้และเมทริกซ์พลาสติก เนื่องจากการยึดเกาะที่ไม่ดีระหว่างวัสดุทั้งสอง และ 3) การแพร่ของโมเลกุลน้ำในช่องว่างเล็กๆ (Microgaps) ระหว่างโซ่พอลิเมอร์ และในรอยแตกริ้วเล็กๆ (Microcracks) ในเมทริกซ์ [14-16]

เมื่อวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้สัมผัสกับน้ำ ผงไม้ที่ผิวดูดซับน้ำและเริ่มบวม ส่งผลให้เกิดการยึดเฉพาะที่ (Localized yielding) ในเมทริกซ์พลาสติก [10, 17] ดังแสดงในรูปที่ 2 และเกิดการแตกร้าวในเมทริกซ์พลาสติก ทำให้สมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบลดลง และช่วยให้การแทรกซึมของน้ำเข้าสู่แกนกลางของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ง่ายขึ้น [10, 17]



รูปที่ 2 ภาพจำลองหน้าตัดของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ที่อยู่ใน (ก) สภาวะแห้งก่อนถูกแช่น้ำ และ (ข) สภาวะเปียก [10]

นอกจากนี้ถ้าวัสดุเชิงประกอบแห้งหลังจากแช่น้ำหรือสัมผัสกับความชื้น เมทริกซ์พลาสติกจะไม่กลับคืนสู่รูปร่างดั้งเดิม เนื่องจากเกิดการยึดเฉพาะที่ (Localized yielding) ในขณะที่ผงไม้เกิดการหดตัว เมื่อไม่มีความชื้นหรือความชื้นลดลง ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผงไม้และพื้นผิวพลาสติก ส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบสูญเสียการยึด

เกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์พลาสติก [10, 18] ดังนั้นสำหรับวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ หากแช่น้ำหรืออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ชื้นเพียงครั้งเดียว ในครั้งต่อไปการแทรกซึมของน้ำเข้าสู่โครงสร้างวัสดุเชิงประกอบจะเป็นไปได้ง่ายขึ้นและแทรกซึมได้ลึกขึ้นในเวลาที่สั้นลง เพราะความเสียหายในโครงสร้างที่เกิดขึ้นจากการแช่น้ำในครั้งแรก ที่สร้างเส้นทางแทรกซึมของน้ำ [10, 18]

การใช้ผงไม้เป็นวัสดุเสริมแรงในวัสดุเชิงประกอบพลาสติก ส่งผลให้วัสดุมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และลดต้นทุนของวัสดุ อย่างไรก็ตามเนื่องจากธรรมชาติของผงไม้เป็นวัสดุที่ชอบดูดซับน้ำ ทำให้สมรรถนะโดยรวมของวัสดุเชิงประกอบลดลง เมื่อต้องสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นในสภาพแวดล้อม [10, 19] และได้รับการสนับสนุนด้วยว่า พลาสติกห่อหุ้มผงไม้ไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะเมื่อเติมผงไม้เป็นส่วนผสมมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ [10-11] ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความสามารถแทรกซึมของน้ำเข้าสู่โครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบ ส่งผลให้วัสดุดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น [10-11, 14, 20] เช่นเดียวกันขนาดอนุภาคของผงไม้เป็นอีกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกลไกการดูดซับน้ำ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของขนาดผงไม้ ส่งผลให้ความสามารถการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น [10-11, 14]

3. ผลกระทบของปริมาณผงไม้

การเสริมแรงพลาสติกด้วยเส้นใยธรรมชาติหรือผงไม้ถือเป็นเทคโนโลยี เพื่อการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม และเพื่อสร้างวัสดุชนิดใหม่สำหรับใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ [21] เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนเรือ และวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากธรรมชาติของเส้นใยเป็นวัสดุที่มี

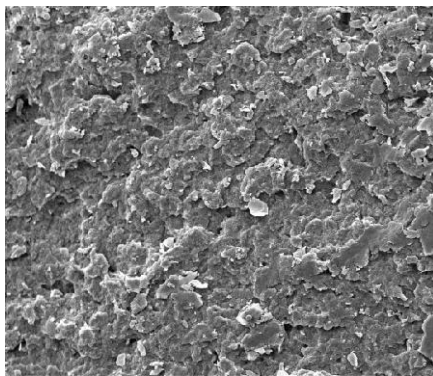
ความสามารถดูดซับน้ำสูง เพราะเป็นวัสดุที่มีเซลลูโลส แต่เมทริกซ์พลาสติกไม่สามารถดูดซับน้ำหรือดูดซับน้ำน้อยมากดังที่ได้กล่าวมาแล้ว [19] ดังนั้นการเติมผงไม้เป็นส่วนผสมในพลาสติกมากขึ้น ส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้มีความสามารถดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงไม้เป็นส่วนผสม [16, 22] สิ่งนี้เกิดจากการรวมตัวกันของผงไม้ในช่วงการผสมกับพลาสติก ทำให้เกิดช่องว่างที่ใหญ่กว่าปกติในเนื้อวัสดุเชิงประกอบ ผิวของวัสดุเชิงประกอบขรุขระเพิ่มขึ้น [23] รูพรุนภายในโครงสร้างมากขึ้น และช่องว่างระหว่างผงไม้และเมทริกซ์พลาสติกใหญ่ขึ้น จากเหตุผลเหล่านี้สามารถพิสูจน์ได้จากรูปที่ 3 นอกจากนี้ Ashori และ Sheshmani [7] กล่าวว่า การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบเกิดจากการจับตัวกันระหว่างพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ของโมเลกุลน้ำกับหมู่ไฮดรอกซิล (OH group) ที่อยู่ในผนังเซลล์เซลลูโลส ตลอดจนการแพร่ของโมเลกุลน้ำเข้าสู่ผิวหน้าระหว่างเมทริกซ์พลาสติกและผงไม้ ดังนั้นการเติมผงไม้ในวัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้นเปรียบเสมือนการเพิ่มที่อยู่อาศัยให้กับน้ำ ซึ่งส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบดูดซับน้ำเพิ่มมากขึ้น

เช่นเดียวกันธรรมชาติของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้จะดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นตามเวลาการแช่น้ำที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งผงไม้ที่อยู่ในเมทริกซ์พลาสติกดูดซับน้ำจนอิ่มตัว [7, 24] งานวิจัยของ Adhikary และคณะ [22] พบว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่เติมผงไม้สนปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนผสมมีการดูดซับน้ำจนอิ่มตัวหลังจากถูกแช่น้ำเป็นระยะเวลา 1,512 ชั่วโมง (9 สัปดาห์) เช่นเดียวกันงานวิจัยของ Homkhiew และคณะ [16] พบว่า พอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยผงไม้ยาวพาราปริมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ มี

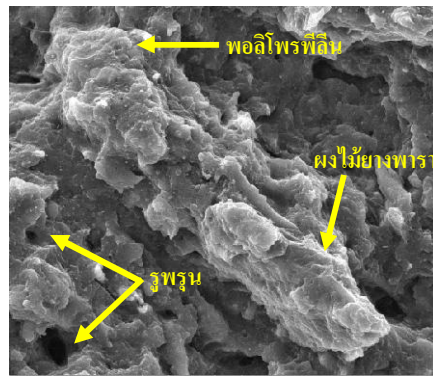
การดูดซับน้ำ 9.80 เปอร์เซ็นต์ และอิมมัวหลังจากแช่น้ำเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณการดูดซับน้ำที่จุดอิมมัว (Equilibrium Water Absorption; EWA) มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรงกับ การบวมที่จุดอิมมัว (Equilibrium Thickness Swelling; ETS) ดังสมการ:

$$ETS (\%) = 0.334EWA(\%) - 0.208 \quad (EWA > 0.63\%)$$

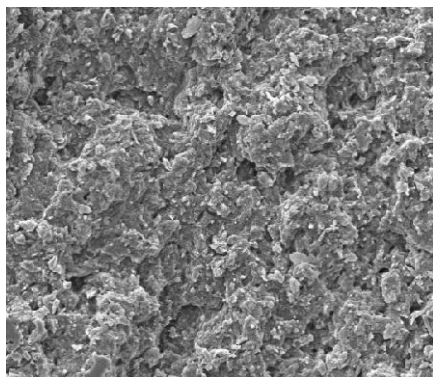
สมการนี้ได้มาจากการทดสอบการดูดซับน้ำและการบวมของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลที่เสริมแรงด้วยผงไม้ยางพารา



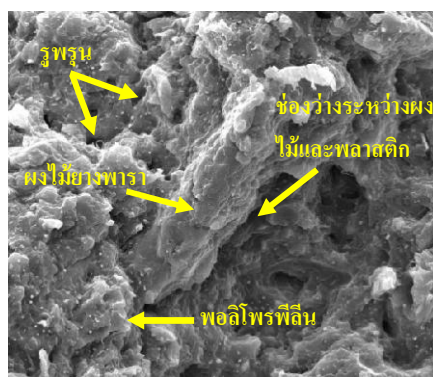
(ก) (150×)



(ข) (1000×)



(ค) (150×)



(ง) (1000×)

รูปที่ 3 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาแสดงการกระจายตัวของผงไม้ในเมทริกซ์พลาสติก รูพรุน และการยึดเกาะของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยผงไม้ยางพาราปริมาณ (ก) (ข) 25 เปอร์เซ็นต์ และ (ค) (ง) 45 เปอร์เซ็นต์ [25]

นอกจากนี้ผลกระทบจากการดูดซับน้ำยังส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้เกิดการบวม

(Swelling) ตามปริมาณการดูดซับน้ำ จนกระทั่งอิมมัว Law และ Ishak [26] กล่าวว่า ในช่วงเริ่มต้น การบวม

ของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้เพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรงและรวดเร็ว จากนั้นอัตราการบวมค่อยๆ ลดลง และในที่สุดการบวมจะคงที่เป็นเส้นราบ ซึ่งหมายถึงจุดสูงสุดของการบวม สิ่งนี้เกิดขึ้นจากความชื้นส่งผลให้ผนังเซลล์ของเส้นใยธรรมชาติบวม ทำให้วัสดุเชิงประกอบเกิดการเปลี่ยนแปลงทางขนาด โดยเฉพาะขนาดความหนา และเกิดการขยายตัวอย่างเป็นเส้นตรง [7, 26]

4. ผลกระทบของสายพันธุ์ไม้และขนาดผงไม้

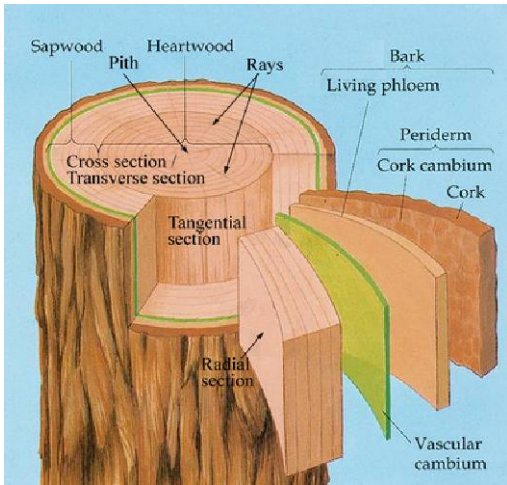
สายพันธุ์ของไม้หรือบริเวณของเนื้อไม้ที่ใช้เป็นวัสดุเสริมแรง ถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบเป็นอย่างมากต่อสมบัติการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ เนื่องจากไม้แต่ละสายพันธุ์และบริเวณของเนื้อไม้ที่แตกต่างกัน เช่น แกนกลาง (Heartwood) กระจุกไม้ (Sapwood) และเปลือกไม้ (Bark) ดังรูปที่ 4 มีความแตกต่างกันในโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี เช่น สารแทรก (Extractive) ลิกนิน (Lignin) เซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses) ที่สูง [27] ดังแสดงในตารางที่ 1 Bouafif และคณะ [27] พบว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงที่เสริมแรงด้วย Jack pine bark ดูดซับน้ำน้อยกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วย Jack pine, White cedar และ Black spruce สิ่งนี้เป็นเพราะว่า Jack pine bark มีองค์ประกอบทางเคมีคือ ลิกนินและสารแทรกที่สูงกว่า ซึ่งเป็นสารที่ไม่ชอบดูดซับน้ำ (Hydrophobic) และมีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่ต่ำกว่า ซึ่งเป็นสารที่ชอบดูดซับน้ำ (Hydrophilic) [27] ดังแสดงในตารางที่ 1

งานวิจัยของ Nourbakhsh และ Kouhpayehzadeh [28] พบว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยชานอ้อยมีการดูดซับน้ำสูงกว่าที่เสริมแรงด้วยเส้นใยต้นบีช

(Beech fiber) เนื่องจากเส้นใยชานอ้อยที่ใช้เป็นส่วนผสมมีขนาดสั้นและละเอียดกว่า ทำให้มีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักที่สัมผัสกับน้ำมากกว่าเมื่อเทียบกับเส้นใยต้นบีช เช่นเดียวกันงานวิจัยของ Ratanawilai และคณะ [29] พบด้วยว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยผงไม้ปาล์ม น้ำมันมีการดูดซับน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือการเสริมแรงด้วยผงไม้ยางพารา และการเสริมแรงด้วยกะลาปาล์ม น้ำมันมีการดูดซับน้ำต่ำที่สุด ความผันแปรนี้เกิดขึ้นจากธรรมชาติของ ไม้แต่ละชนิดมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้จาก การวิเคราะห์โครงสร้างสัณฐานวิทยาดังรูปที่ 5 ในรูป 5(ก) แสดงโครงสร้างของลำต้นไม้ปาล์ม น้ำมัน ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนกลม กลวง อนุภาคจับตัวกันแบบหลวมๆ และมีรูพรุนกระจายทั่วทั้งโครงสร้าง ทำให้การแทรกซึมของน้ำเข้าสู่โครงสร้างไม้เป็นไปได้ง่าย รูป 5(ข) แสดงโครงสร้างของไม้ยางพาราที่มีลักษณะเป็นแท่งกลวง ขาว และแต่ละแท่งมีการจับตัวกันแบบแนบแน่น ทำให้การแทรกซึมของน้ำเข้าสู่โครงสร้างไม้เป็นไปได้ยากกว่าไม้ปาล์ม น้ำมัน และรูป 5(ค) แสดงโครงสร้างกะลาปาล์ม น้ำมันที่มีลักษณะแนบแน่น และมีรูพรุนเล็กๆ เป็นบางจุดเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการแทรกซึมของน้ำเข้าสู่โครงสร้างเป็นไปได้ยากที่สุด

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของไม้สนสายพันธุ์ต่างๆ [27]

	Extractive	Lignin	Carbohydrates
Species	(%)	(%)	(%)
White cedar	12	25	67
Jack pine	3	27	70
Black spruce	3	25	72
Jack pine bark	10	48	42



รูปที่ 4 โครงสร้างของไม้ธรรมชาติ [30]

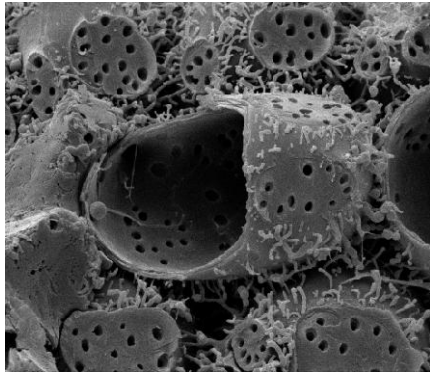
นอกจากนี้ขนาดและรูปร่างของเส้นใยธรรมชาติเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ Steckel และคณะ [31] กล่าวว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยผงไม้ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น มีการดูดซับน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lin และคณะ [14] ที่พบว่าการลดขนาดผงไม้เป็นส่วนผสม ส่งผลให้การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ลดลง เนื่องจากผงไม้ขนาดใหญ่ (20 เมช) มีพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับน้ำมากกว่า ที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุเชิงประกอบ ดังนั้นเส้นทางของน้ำเข้าสู่โครงสร้างภายในของวัสดุเชิงประกอบจึงมีมากกว่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Migneault และคณะ [32] พบว่าอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง (L/D) ของเส้นใยธรรมชาติเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้น ยกตัวอย่าง วัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยที่มี L/D เท่ากับ 21.3 ดูดซับน้ำสูงกว่า 51 เปอร์เซ็นต์ ที่

เสริมแรงด้วยเส้นใยที่มี L/D เท่ากับ 8.3 เนื่องจากเส้นใยที่สั้นกว่าอาจจะถูกเคลือบด้วยฟิล์มพลาสติกบางได้ทั่วถึงกว่า ตลอดจนเส้นใยที่ยาวกว่าอาจเป็นสาเหตุให้รูพรุนภายในโครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มที่อยู่ของน้ำ ทำให้การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้นหลังจากถูกแช่น้ำเป็นเวลาหลายชั่วโมง

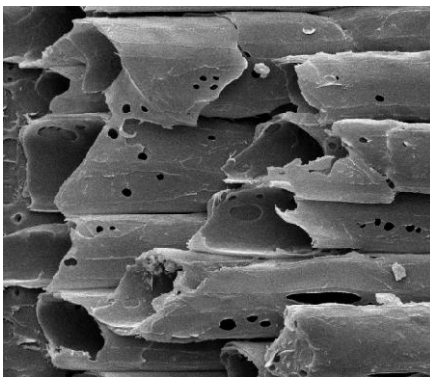
อย่างไรก็ตาม Lin และคณะ [14] พบด้วยว่าการเสริมแรงวัสดุเชิงประกอบด้วยผงไม้ขนาดแตกต่างกันคือ 80-, 120- และ 160- เมช มีผลกระทบอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมดูดซับน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bouafif และคณะ [27] ที่พบว่าเมื่อวัสดุเชิงประกอบถูกเสริมแรงด้วยผงไม้ปริมาณมาก ขนาดผงไม้มีผลกระทบอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมดูดซับน้ำ แต่เมื่อเสริมแรงด้วยผงไม้ในปริมาณน้อย วัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยผงไม้ขนาดใหญ่กว่า มีการดูดซับน้ำที่สูงกว่าเช่นกัน สิ่งนี้เกิดจากเมื่อวัสดุเชิงประกอบถูกเสริมแรงด้วยผงไม้ในปริมาณมาก ขนาดของผงไม้มีผลกระทบเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบจากปริมาณผงไม้

5. ผลกระทบของสารปรับปรุงสมบัติ

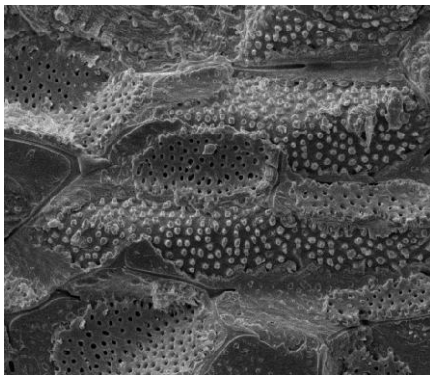
เป็นที่ทราบกันดีว่าเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุที่ชอบดูดซับน้ำ และมีสมบัติความเข้ากันได้กับเมทริกซ์พลาสติกที่ค่อนข้างต่ำในช่วงการผลิตวัสดุเชิงประกอบ [33] ดังนั้นการปรับปรุงสมบัติความเข้ากันได้หรือการยึดเกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์พลาสติกจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อเพิ่มสมบัติการต้านทานการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ เพราะการยึดเกาะที่แข็งแรงระหว่างวัสดุทั้งสองสามารถลดการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบ



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของ (ก) ไม้ปาล์มน้ำมัน (ข) ไม้ยางพารา และ (ค) กะลาปาล์มน้ำมัน ที่กำลังขยาย 1500× [29]

Adhikary และคณะ [34] พบว่าการเติมสาร Maleic Anhydride-Grafted Polypropylene (MAPP) ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ในวัสดุเชิงประกอบพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงที่เสริมแรงด้วยผงไม้ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการดูดซึมน้ำอย่างมีนัยสำคัญจาก 4.1 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 1.31 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเติมสาร MAPP ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ การดูดซึมน้ำลดลงเหลือ 1.18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bledzki และ Faruk [35] ที่พบว่าวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ที่ไม่เติมสาร MAPP ดูดซึมน้ำสูงกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เติมสาร MAPP อย่างมีนัยสำคัญ สิ่งนี้เกิดจากสาร MAPP ปรับปรุงการยึดเกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์พลาสติก ทำให้ลดช่องว่างหรือที่อยู่อาศัยของน้ำในโครงสร้างวัสดุเชิงประกอบ ตลอดจนการห่อหุ้มของผงไม้ด้วย MAPP ช่วยลดความไวในการดูดซึมน้ำ เนื่องจากในช่วงการผสม สาร MAPP จะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของผงไม้ เกิดเป็นพันธะโควาเลนต์ (Covalent bonds) ที่ด้านทานต่อการแทรกซึมของน้ำ [34-36] ดังแสดงในรูปที่ 6 Matuana และคณะ [37] กล่าวคือว่าการเติมสารคู่ควบเป็นการเพิ่มการเชื่อมต่อระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของผงไม้และแอนไฮไดรด์ของ MAPP ดังนั้นปริมาณของไฮดรอกซิลในเซลล์ลูโลสถูกลดลง เพราะการทำปฏิกิริยาของไฮดรอกซิลบางส่วนกับสารแอนไฮไดรด์

การปรับปรุงพื้นผิวของผงไม้โดยใช้สารเคมี เพื่อด้านทานการดูดซึมน้ำของวัสดุเชิงประกอบเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพทดแทนการใช้ MAPP ที่มีราคาค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามวิธีการปรับปรุงพื้นผิวของผงไม้และสารเคมีที่ใช้มีความแตกต่างกันย่อมส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมกรรมการดูด

ชั้นน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ที่แตกต่างกันเช่นกัน Wang และคณะ [38] กล่าวว่า พฤติกรรมการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์และไม้เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ปรับปรุงผิวของผงไม้ ซึ่งการดูดซับน้ำลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) จาก 0.5 เป็น 1.0 เปอร์เซ็นต์ เพราะความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการกำจัดเอมิเซลลูโลสบนผิวของผงไม้เพิ่มขึ้น และพบด้วยว่าการปรับปรุงผิวโดยโซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate) ส่งผลให้การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบ สูงกว่าการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ สิ่งนี้เป็นไปได้ว่า โซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถลดหมู่ไฮดรอกซิลบริเวณผิวผงไม้ได้ดีกว่าโซเดียมซิลิเกต เช่นเดียวกัน Dominkovics และคณะ [39] ได้สรุปไว้ว่า การปรับปรุงพื้นผิวของผงไม้ด้วย Benzylation ส่งผลกระทบในทางบวกต่อพฤติกรรมการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gwon และคณะ [40] ที่พบว่า การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบลดลง เมื่อปรับปรุงพื้นผิวของผงไม้ด้วยด่าง (Alkali) และซิลเลน (Silane) สิ่งนี้เกิดขึ้นจากการปรับปรุงพื้นผิวของผงไม้ไปสู่การลดลงของหมู่ไฮดรอกซิล [39] และการกำจัดเอมิเซลลูโลสและสารระเหยต่างๆ (Volatile extractives) [40] บนผิวของผงไม้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของไม้ที่มีผลกระทบต่อการดูดซับน้ำ [39]

นอกจากนี้การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย เมื่อมีการเติม Talc เป็นส่วนผสม เนื่องจากธรรมชาติที่ชอบดูดซับน้ำของผิว Talc และการลดลงของเมทริกซ์พลาสติกโดยการเติม Talc ทดแทนพลาสติกและคงที่ปริมาณผงไม้ [40] ทำให้

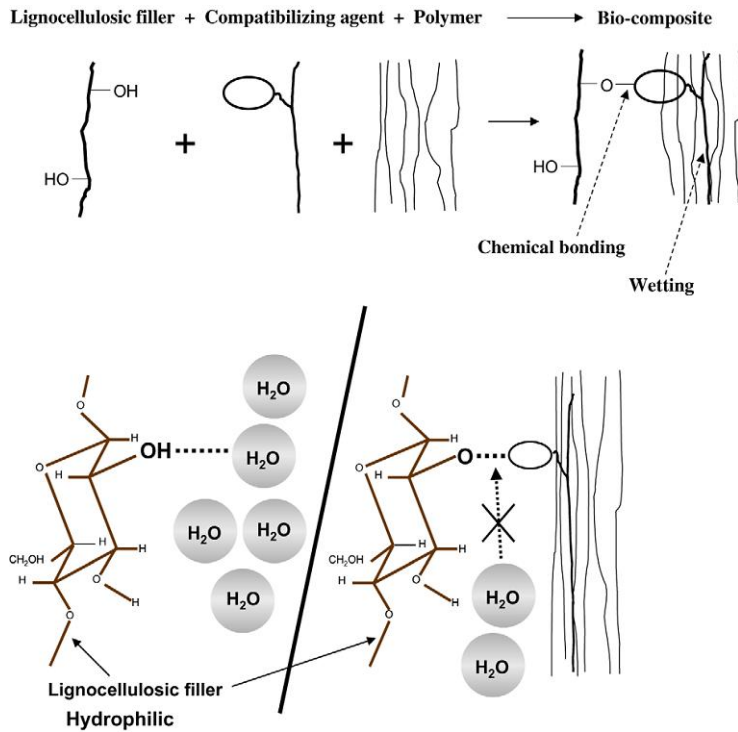
วัสดุเชิงประกอบดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นการปรับปรุงผิวของ Talc จากที่ชอบดูดซับน้ำให้เป็นไม่ชอบดูดซับน้ำโดยซิลเลน จะส่งผลให้สมรรถนะการต้านทานการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบดีขึ้น [40]

6. ผลกระทบของอุณหภูมิ

วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้จะประสบกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นอย่างสม่ำเสมอเมื่อถูกประยุกต์ใช้งานในที่แจ้ง [41] ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบ และกำหนดความสามารถประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากธรรมชาติของพลาสติกซึ่งเป็นเนื้อหลักของวัสดุเชิงประกอบมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จากการสำรวจงานวิจัยพบว่า อุณหภูมิของน้ำมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ ซึ่งปริมาณการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น [14, 42-43] Espert และคณะ [20] กล่าวว่า เมื่อปริมาณผงไม้และอุณหภูมิของการแช่น้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาการดูดซับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัวสั้นลง ยกตัวอย่าง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 23 เป็น 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการดูดซับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัวของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยปานครนารายณ์ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ลดลง 62 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน Tamrakar และ Lopez-Anido [10] กล่าวว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและไม้ที่ถูกแช่น้ำในอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แสดงอัตราการดูดซับน้ำสูงอย่างเห็นได้ชัด และในช่วงเริ่มต้นที่ระดับอุณหภูมิสูง อัตราการดูดซับน้ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่อุณหภูมิต่ำกว่า สิ่งนี้เป็น

เพราะเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โมเลกุลของเมทริกซ์พลาสติกและโครงสร้างของผงไม้เกิดการขยายตัว ทำให้เพิ่มช่องว่างของแนวการยึดเกาะระหว่างผงไม้และพลาสติก ซึ่งเป็นการเพิ่มที่อยู่ของน้ำ ดังนั้นโมเลกุลของ

น้ำจึงสามารถแทรกซึมเข้าสู่โครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบที่เป็นผงไม้และแนวการแตกร้าภายในโครงสร้างได้ง่ายและมากขึ้น



รูปที่ 6 กลไกการทำงานของสารปรับปรุงความเข้ากันได้ (Compatibilizing agent) ระหว่างเส้นใยธรรมชาติและเมทริกซ์พอลิเมอร์ [36]

7. ผลกระทบของชนิดพลาสติก

จากที่กล่าวมาข้างต้นพลาสติกเป็นวัสดุที่ไม่ชอบดูดซับน้ำหรือดูดซับน้ำน้อยมาก และไม่บวมเมื่อถูกแช่น้ำ อย่างไรก็ตามชนิดหรือเกรดของพลาสติกที่ใช้เป็นเมทริกซ์ในวัสดุเชิงประกอบยังส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมดูดซับน้ำอีกด้วย สิ่งนี้เป็นไปได้เพราะพลาสติกแต่ละชนิดหรือเกรดส่งผลกระทบต่อการกระจายตัว

ของผงไม้ในเมทริกซ์และความสามารถในการยึดเกาะกับผงไม้ไม่เท่ากัน [22] เนื่องจากพลาสติกบริสุทธิ์ (Virgin plastic) และพลาสติกรีไซเคิล (Recycled plastic) มีความแตกต่างกันในความไม่บริสุทธิ์ของสารเคมีที่เจือปน โมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลที่ต่างกัน ความแตกต่างขององค์ประกอบ เช่น ค่าดัชนีการหลอมไหล (Melt Flow Index; MFI) และค่าความเป็น

ผลึก [22] จากความแตกต่างนี้ทำให้ Adhikary และคณะ [22] ศึกษาผลกระทบของเกรตพลาสติคต่อสมบัติการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบ และค้นพบสิ่งที่น่าสนใจว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงรีไซเคิลดูดซับน้ำน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับที่ผสมพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงบริสุทธิ์ และเมื่อวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานวิทยาพบว่า การกระจายตัวของผงไม้และการยึดเกาะระหว่างผงไม้กับพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงของวัสดุเชิงประกอบที่ผสมพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงรีไซเคิลดีกว่าที่ผสมพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงบริสุทธิ์ เช่นเดียวกันวัสดุเชิงประกอบพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงบริสุทธิ์แสดงเส้นใยที่แยกออกจากกัน และมีช่องว่างจำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มที่อยู่อาศัยให้กับน้ำ อย่างไรก็ตามสำหรับวัสดุเชิงประกอบพอลิเอทีลีน ความหนาแน่นสูงรีไซเคิลสังเกตเห็นได้ว่า เมทริกซ์พลาสติคสามารถแทรกซึมเข้าสู่ โครงสร้าง (Lumens และ Pit holes) ของผงไม้ ซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้จากวัสดุเชิงประกอบพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงบริสุทธิ์ [22] นอกจากนี้ Tajvidi และ Takemura [44] พบด้วยว่าการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและผงไม้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากวัสดุเชิงประกอบถูกกรีไซเคิล 1 ครั้ง และการดูดซับน้ำลดลงอย่างต่อเนื่องอีกเล็กน้อย หลังจากวัสดุเชิงประกอบถูกกรีไซเคิล 3 และ 5 ครั้ง ซึ่งลดลง 13.9 เปอร์เซ็นต์ หลังจากกรีไซเคิล 5 ครั้ง สิ่งนี้เป็นไปได้ว่าการรีไซเคิลวัสดุเชิงประกอบซ้ำเปรียบเสมือนการคลุกเคล้าส่วนผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและผงไม้หลายๆ รอบ ทำให้การกระจายตัวของผงไม้ในเมทริกซ์พลาสติคเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์พลาสติค

อย่างไรก็ตามในทางตรงกันข้ามงานวิจัยของ Najafi และคณะ [42] พบว่า วัสดุเชิงประกอบที่ผสมพลาสติคบริสุทธิ์ 50 เปอร์เซ็นต์ มีการดูดซับน้ำน้อยที่สุด แต่ทว่า วัสดุเชิงประกอบที่ผสมพลาสติกรีไซเคิลแสดงการดูดซับน้ำสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Homkhiw และคณะ [16] ที่พบว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนบริสุทธิ์ที่เสริมแรงด้วยผงไม้ 45 เปอร์เซ็นต์ มีการดูดซับน้ำต่ำกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล เนื่องจากผงไม้สามารถแทรกเข้าสู่เมทริกซ์พลาสติคบริสุทธิ์ได้ดีกว่าพลาสติกรีไซเคิล และการยึดเกาะระหว่างผงไม้กับพลาสติคบริสุทธิ์มีความแข็งแรงกว่าพลาสติกรีไซเคิล แต่ทว่าวัสดุเชิงประกอบพลาสติคบริสุทธิ์และพลาสติกรีไซเคิลมีการดูดซับน้ำที่ไม่แตกต่างกัน เมื่อเสริมแรงด้วยผงไม้ 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์

8. การเสื่อมในสมบัติทางกล

เนื่องจากคุณลักษณะที่ชอบดูดซับน้ำ ทำให้ผงไม้เกิดการบวมหลังจากดูดซับน้ำ ซึ่งนำไปสู่การเกิดรอยแตกร้าวเล็กๆ ในโครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบพลาสติคและไม้ [33, 45] ดังนั้นการดูดซับน้ำจึงเป็นหนึ่งในปัญหาที่ร้ายแรงที่สุด ที่จำกัดความสามารถประยุกต์ใช้งานของวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ [26] ซึ่งส่งผลให้สมรรถนะทางกลของวัสดุเชิงประกอบลดลง [33, 46-47] Panthapulakkal และ Saim [48] กล่าวด้วยว่าการดูดซับน้ำส่งผลให้เกิดการลดลงในสมรรถนะ เช่น ความแข็งแรงและความแข็งแรงง ของวัสดุเชิงประกอบ ดังนั้นความเป็นไปได้สำหรับการประยุกต์ใช้งานวัสดุชนิดนี้ในงานกลางแจ้งจำเป็นต้องวิเคราะห์พฤติกรรมทางกล ภายใต้อิทธิพล

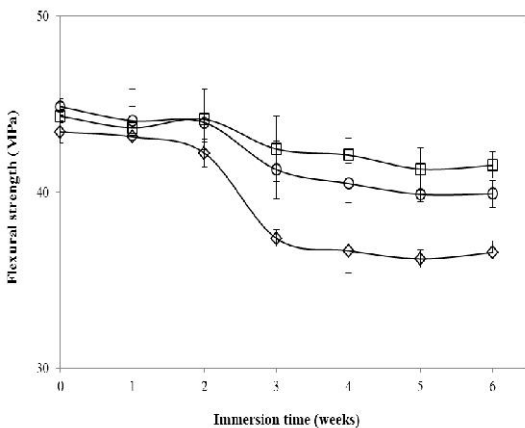
สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติในระยะยาวที่มีความชื้นหรือน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง [33, 46]

Lin และคณะ [14] ศึกษาผลกระทบของการดูดซับน้ำต่อสมบัติการตัดของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและผงไม้ และพบว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยผงไม้ปริมาณสูงและขนาดใหญ่กว่า มีการลดลงในสมบัติการตัดที่ชัดเจนกว่า เช่นเดียวกันทั้งค่าความแข็งแรงตัดและค่ามอดูลัสการตัดลดลงอย่างต่อเนื่องตามเวลาการแช่น้ำ อย่างไรก็ตามการลดลงในค่ามอดูลัสการตัดมีนัยสำคัญมากกว่าค่าความแข็งแรงตัด สิ่งนี้เป็นเพราะการดูดซับความชื้นที่มากเกินไป ทำให้พันธะไฮโดรเจนในเส้นใยเซลลูโลสลดลงโดยแนวพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสและโมเลกุลของน้ำ ซึ่งนำไปสู่การเสื่อมสภาพของมอดูลัส [14] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Arbelaz และคณะ [33] ที่พบว่าหลังจากวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนถูกแช่น้ำประมาณ 7 เดือน สมบัติการดึงของวัสดุเชิงประกอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากโมเลกุลน้ำเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสมบัติของเส้นใย ตลอดจนการยึดเกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์พลาสติก เมื่อการยึดเกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์ถูกแทรกซึมด้วยความชื้นจากสภาพแวดล้อม เส้นใยเซลลูโลสบวม ดังนั้นความเค้นเฉือนจึงเกิดขึ้นบริเวณจุดที่เกิดการยึดเกาะระหว่างเมทริกซ์พลาสติกและผงไม้ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้เส้นใยไม้ยึดเกาะกับเมทริกซ์ ส่งผลให้เป็นสาเหตุการลดลงในความแข็งแรงดึง [33] เช่นเดียวกันสามารถให้เหตุผลได้ว่า ประสิทธิภาพการส่งถ่ายความเค้นจากเมทริกซ์สู่ผงไม้ลดลงหลังจากวัสดุเชิงประกอบถูกแช่นานขึ้น [48]

นอกจากนี้ Homkhiew และคณะ [16] ได้อธิบายอย่างละเอียดด้วยว่า ค่าความแข็งแรงตัดของวัสดุเชิง

ประกอบพอลิโพรพิลีนและผงไม้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามเวลาการแช่น้ำและปริมาณการดูดซับน้ำ เพราะโมเลกุลน้ำลดความแข็งแรงการยึดเกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์พลาสติก เมื่อโมเลกุลน้ำแทรกซึมเข้าสู่วัสดุเชิงประกอบ ผงไม้ที่อยู่ในโครงสร้างเกิดการบวม ส่งผลให้เกิดการยึดเฉพาะที่ (Localized yielding) ในเมทริกซ์พลาสติก ทำให้สูญเสียการยึดเกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์ [10, 16] เช่นเดียวกันค่ามอดูลัสมีแนวโน้มการลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่คล้ายคลึงกับค่าความแข็งแรงตัด สิ่งนี้เป็นเพราะผงไม้มีความแข็งมากกว่าพลาสติก ทำให้ความแข็งแรงของวัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อผงไม้ดูดซับน้ำหรือเปียก ผงไม้จะเกิดการอ่อนตัวลง ส่งผลให้ความแข็งแรงของวัสดุเชิงประกอบลดลง [10, 16] นอกจากนี้การดูดซับน้ำมีผลกระทบต่อค่าความแข็งแรงตัดของวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยผงไม้ 25 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 7 แต่ในทางตรงกันข้ามสำหรับวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยผงไม้ 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ การดูดซับน้ำมีผลกระทบต่อค่าความแข็งแรงตัด ในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการแช่น้ำ ค่าความแข็งแรงตัดลดลงเล็กน้อย แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 2 ค่าความแข็งแรงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นคงที่ ค่าความแข็งแรงตัดขึ้นอยู่กับแนวการแตกร้าวหรือกลไกการแตกหักในโครงสร้างวัสดุเชิงประกอบ ดังที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อวัสดุเชิงประกอบถูกแช่น้ำ ผงไม้ดูดซับน้ำและบวม ในขณะที่เมทริกซ์แทบจะไม่ดูดซับน้ำหรือบวม [10, 16] ดังนั้นการบวมจึงเป็นสาเหตุให้เกิดรอยแตกร้าวเล็กๆ และลดการยึดเกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์ อย่างไรก็ตามการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบในช่วงแรก (2 สัปดาห์แรก) มีค่าเพียงประมาณ

1 – 3 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้การบวมของผงไม้ไม่เพียงพอที่ทำให้เกิดรอยแตกร้าวเล็กๆ ดังนั้นจากงานวิจัยนี้ได้สรุปไว้ว่า การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและผงไม้ไม่น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ มีผลกระทบต่อความแข็งแรงคดอย่างไม่มีนัยสำคัญ [16]



รูปที่ 7 ผลกระทบของเวลาการแช่น้ำต่อค่าความแข็งแรงคดของวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยผงไม้ปริมาณแตกต่างกัน; □ 25%, ○ 35% และ ◇ 45% [16]

9. สรุปผล

วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ คือ วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพราะสามารถผลิตได้โดยการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชี้อ้อย ไม้ยางพารา ชี้อ้อยไม้สน ชี้อ้อยไม้ไผ่และเส้นใยปอกระเจา เป็นต้น มาเป็นส่วนผสม อย่างไรก็ตามเนื่องจากธรรมชาติของเส้นใยเป็นวัสดุที่ชอบดูดซับน้ำ ทำให้สมรรถนะโดยรวมของวัสดุเชิงประกอบลดลง และจำกัดความสามารถประยุกต์ใช้งานของวัสดุเชิงประกอบเมื่อต้องสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นในสภาพแวดล้อม

การเติมผงไม้เป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบมากขึ้น ส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้มีการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมผงไม้เป็นส่วนผสมเช่นเดียวกันสายพันธุ์ของไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสมยังส่งผลต่อพฤติกรรมดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบอีกด้วย เพราะ ไม้แต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันในโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี ซึ่ง ไม้ที่มีความสามารถดูดซับน้ำสูง จะมีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสสูง ลิกนินและสารแทรกต่ำ อย่างไรก็ตามการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้สามารถปรับปรุงได้โดยการเติมสารคู่ควบ (Coupling agent) หรือปรับปรุงพื้นผิวของผงไม้โดยใช้สารเคมี ซึ่งส่งผลให้การยึดเกาะระหว่างผงไม้และเมทริกซ์พลาสติกแน่นขึ้น ทำให้ลดช่องว่างหรือที่อยู่อาศัยของน้ำในโครงสร้างวัสดุเชิงประกอบ นอกจากนี้ผลกระทบของชนิดพลาสติกและอุณหภูมิยังส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบอีกด้วย ซึ่งพบว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนบริสุทธิ์ที่เสริมแรงด้วยผงไม้ 45 เปอร์เซ็นต์ มีการดูดซับน้ำต่ำกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล และเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบมีความสามารถดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ เช่นเดียวกันผลจากการดูดซับน้ำนี้ยังส่งผลกระทบต่อสมรรถนะทางกลของวัสดุเชิงประกอบอีกด้วย ซึ่งความแข็งแรงและความแข็งแรงของวัสดุเชิงประกอบลดลง เมื่อวัสดุดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น

จากการสรุปเห็นได้ว่า วัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมมีผลกระทบต่อพฤติกรรมดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้เป็นอย่างมาก และผลจากการดูดซับน้ำนี้ยังส่งผลกระทบต่อความเสถียรด้านขนาดและสมบัติทางกล ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุเพื่อเป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบ และความเข้าใจใน

พฤติกรรมการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบจึงเป็นสิ่ง
ที่สำคัญมาก เมื่อต้องการผลิตวัสดุเชิงประกอบพลาสติก
และไม้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานภายใต้สภาพแวดล้อม
ทางธรรมชาติ และสภาวะการแช่น้ำ ดังที่ได้สรุปใน
บทความฉบับนี้

10. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เขียนบทความวิจัยและบทความ
วิชาการ ที่ถูกใช้อ้างอิงในบทความฉบับนี้ และคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรี
วิชัย ที่สนับสนุนบทความนี้

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Wansanug, T. Sattabongkot, P. Chantkam, W. Oonjittichai and S. Ujjan, "Development of Agricultural Material Utilization Project: DAMU Project", Thailand Creative & Design Center, 2010. (in Thai)
- [2] A. Eder and M. Carus, "Global Trends in Wood-Plastic Composites (WPC)", *Bioplastics Magazine* 8, 2013, pp. 16–17.
- [3] C. Homkiew, "Development and Applications of Natural Fiber/Thermoplastic Composites for Industrial", *The Journal of Industrial Technology* 10 (2), 2014, pp. 97–110. (in Thai)
- [4] C. Clemons, "Wood-Plastic Composites in the United States", *Forest Products Journal* 52, 2002, pp. 10–18.
- [5] M.C. Hatch, "Processing, Mechanical, and Environmental Performance of Engineering Polymer Wood-Plastic Composites", Master Thesis, Washington State University, United States. 2008.
- [6] A. Ashori, "Wood-Plastic Composites as Promising Green-Composites for Automotive Industries!", *Bioresource Technology* 11, 2008, pp. 4661–4667.
- [7] A. Ashori and S. Sheshmani, "Hybrid Composites Made from Recycled Materials: Moisture Absorption and Thickness Swelling Behavior", *Bioresource Technology* 101, 2010, pp. 4717–4720.
- [8] M. Tajvidi, S.K. Najafi and N. Moteei, "Long-Term Water Uptake Behavior of Natural Fiber-/Polypropylene Composites", *Journal of Applied Polymer Science* 99, 2006, pp. 2199–2203.
- [9] Wood Plastic Composite Manufacturing Process [Internet]. [cited 2015 Jan 28]. Available from: <http://www.woodandplasticcomposite.com/wood-and-plastic-composite/wood-plastic-composite-manufacturing-process.html>.
- [10] S. Tamrakar and R.A. Lopez-Anido, "Water Absorption of Wood Polypropylene Composite Sheet Piles and Its Influence on Mechanical Properties", *Construction and Building Materials* 25, 2011, pp. 3977–3988.
- [11] A.A. Klyosov, "*Wood-Plastic Composites* (1st ed.)", John Wiley & Son Inc., 2007.
- [12] A. Ashori and A. Nourbakhsh, "Characteristics of Wood-Fiber Plastic Composites Made of Recycled Materials", *Waste Management* 29, 2009, pp. 1291–1295.
- [13] C. Maier, "*Polypropylene Calafut I. The Definitive Users Guide*", New York City, NY: William Andrew Publishing., 1998.

- [14] Q. Lin, X. Zhou and J. Dai, "Effect of Hydrothermal Environment on Moisture Absorption and Mechanical Properties of Wood Flour-Filled Polypropylene Composites", *Journal of Applied Polymer Science* 85, 2002, pp. 2824–2832.
- [15] A. Shakeri and A. Ghasemian, "Water Absorption and Thickness Swelling Behavior of Polypropylene Reinforced with Hybrid Recycled Newspaper and Glass Fiber", *Applied Composite Materials* 17, 2010, pp. 183–193.
- [16] C. Homkhiew, T. Ratanawilai and W. Thongruang, "Long-Term Water Absorption and Dimensional Stability of Composites from Recycled Polypropylene and Rubberwood Flour", *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, Epub ahead of print 7 January 2014. DOI: 10.1177/0892705713518789, 2014.
- [17] K. Joseph, S. Thomas and C. Pavithran, "Effect of Ageing on the Physical and Mechanical Properties of Sisal-Fiber-Reinforced Polyethylene Composites", *Composites Science and Technology* 53, 1995, pp. 99–110.
- [18] N.M. Stark and D.J. Gardner, "Outdoor Durability of Wood-Polymer Composites. In: M. Sain, K.O. Niska, Editors. *Wood-Polymer Composites*, Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited; pp. 142–165, 2008.
- [19] D.D. Stokke and D.J. Gardner, "Fundamental Aspects of Wood as a Component of Thermoplastic Composites", *Journal of Vinyl and Additive Technology* 9, 2003, pp. 96–104.
- [20] A. Espert, F. Vilaplana and S. Karlsson, "Comparison of Water Absorption in Natural Cellulosic Fibres from Wood and One-Year Crops in Polypropylene Composites and Its Influence on Their Mechanical Properties", *Composites Part A* 35, 2004, pp. 1267–1276.
- [21] M. Tajvidi and A. Takemura, "Effect of Fiber Content and Type, Compatibilizer, and Heating Rate on Thermogravimetric Properties of Natural Fiber High Density Polyethylene Composites", *Polymer Composites* 30, 2009, pp. 1226–1233.
- [22] K.B. Adhikary, S. Pang and M.P. Staiger, "Long-Term Moisture Absorption and Thickness Swelling Behaviour of Recycled Thermoplastics Reinforced with *Pinus Radiata* Sawdust", *Chemical Engineering Journal* 142, 2008, pp. 190–198.
- [23] M. Tajvidi and G. Ebrahimi, "Water Uptake and Mechanical Characteristics of Natural Filler-Polypropylene Composites", *Journal of Applied Polymer Science* 88, 2003, pp. 941–946.
- [24] H. Chen, M. Miao and X. Ding, "Influence of Moisture Absorption on the Interfacial Strength of Bamboo/Vinylester Composites", *Composites Part A* 40, 2009, pp. 2013–2019.
- [25] C. Homkhiew, T. Ratanawilai and W. Thongruang, "Composites from Recycled Polypropylene and Rubberwood Flour: Effects of Composition on Mechanical Properties", *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 28, 2015, pp. 179–194.

- [26] T.T. Law and Z.A.M. Ishak, "Water Absorption and Dimensional Stability of Short Kenaf Fiber-Filled Polypropylene Composites Treated with Maleated Polypropylene", *Journal of Applied Polymer Science* 120, 2011, pp. 563–572.
- [27] H. Bouafif, A. Koubaa, P. Perre and A. Cloutier, "Effects of Fiber Characteristics on the Physical and Mechanical Properties of Wood Plastic Composites", *Composites Part A* 40, 2009, pp. 1975–1981.
- [28] A. Nourbakhsh and M. Kouhpayehzadeh, "Mechanical Properties and Water Absorption of Fiber-Reinforced Polypropylene Composites Prepared by Bagasse and Beech Fiber", *Journal of Applied Polymer Science* 114, 2009, pp. 653–657.
- [29] T. Ratanawilai, P. Lekanukit and S. Urapantamas, "Effect of Rubberwood and Palm Oil Content on the Properties of Wood-Polyvinyl Chloride Composites", *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 27, 2014, pp. 719–730.
- [30] The Structure of Wood [Internet]. [cited 2015 Feb 14]. Available from: http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/wood/structure_wood_pt2.php.
- [31] V. Steckel, C.M. Clemons and H. Thoemen, "Effects of Material Parameters on the Diffusion and Sorption Properties of WoodFlour-/Polypropylene Composites", *Journal of Applied Polymer Science* 103, 2007, pp. 752–763.
- [32] S. Migneault, A. Koubaa, F. Erchiqui, A. Chaala, K. Englund and M.P. Wolcott, "Effects of Processing Method and Fiber Size on the Structure and Properties of Wood-Plastic Composites", *Composites Part A* 40, 2009, pp. 80–85.
- [33] A. Arbelaz, B. Fernandez, J.A. Ramos, A. Retegi, R. Llano-Ponte and I. Mondragon, "Mechanical Properties of Short Flax Fibre Bundle/Polypropylene Composites: Influence of Matrix/Fibre Modification, Fibre Content, Water Uptake and Recycling", *Composites Science and Technology* 65, 2005, pp. 1582–1592.
- [34] K.B. Adhikary, S. Pang and M.P. Staiger, "Dimensional Stability and Mechanical Behaviour of Wood-Plastic Composites based Recycled and Virgin High-Density Polyethylene (HDPE)", *Composites Part B* 39, 2008, pp. 807–815.
- [35] A.K. Bledzki and O. Faruk, "Wood Fibre Reinforced Polypropylene Composites: Effect of Fibre Geometry and Coupling Agent on Physico-Mechanical Properties", *Applied Composite Materials* 10, 2003, pp. 365–379.
- [36] H.S. Yang, H.J. Kim, H.J. Park, B.J. Lee and T.S. Hwang, "Water Absorption Behavior and Mechanical Properties of Lignocellulosic Filler-Polyolefin Bio-Composites", *Composite Structures* 72, 2006, pp. 429–437.

- [37] L.M. Matuana, J.J. Balatinecz, R.N.S. Sodhi, C.B. Park, "Surface Characterization of Esterified Cellulosic Fibers by XPS and FTIR Spectroscopy", *Wood Science Technology* 35, 2001, pp. 191–201.
- [38] H. Wang, K.C. Sheng, T. Lan, M. Adl, X.Q. Qian, S.M. Zhu, "Role of Surface Treatment on Water Absorption of Poly(Vinyl Chloride) Composites Reinforced by *Phyllostachys Pubescens* Particles", *Composites Science and Technology* 70, 2010, pp. 847–853.
- [39] Z. Dominkovics, L. Danyadi, B. Pukanszky, "Surface Modification of Wood Flour and Its Effect on the Properties of PP/Wood Composites", *Composites Part A* 38, 2007, pp. 1893–1901.
- [40] J.G. Gwon, S.Y. Lee, S.J. Chun, G.H. Doh, J.H. Kim, "Effects of Chemical Treatments of Hybrid Fillers on the Physical and Thermal Properties of Wood Plastic Composites", *Composites Part A* 41, 2010, pp. 1491–1497.
- [41] A.K. Bledzki, O. Faruk, "Creep and Impact Properties of Wood Fibre–Polypropylene Composites: Influence of Temperature and Moisture Content", *Composites Science and Technology* 64, 2004, pp. 693–700.
- [42] S.K. Najafi, M. Tajvidi, E. Hamidina, "Effect of Temperature, Plastic Type and Virginity on the Water Uptake of Sawdust/Plastic Composites", *Holz Roh Werkst* 65, 2007, pp. 377–382.
- [43] A. Nourbakhsh, A. Ashori, "Preparation and Properties of Wood Plastic Composites Made of Recycled High-Density Polyethylene", *Journal of Composite Materials* 43, 2009, pp. 877–883.
- [44] M. Tajvidi, A. Takemura, "Recycled Natural Fiber Polypropylene Composites: Water Absorption/Desorption Kinetics and Dimensional Stability", *Journal of Polymers and the Environment* 18, 2010, pp. 500–509.
- [45] T. Peijs, H.V. Melick, S. Garkhail, G. Pott, C. Baillie, "Natural-Fibre-Mat Reinforced Thermoplastics based on Upgraded Flax Fibres for Improved Moisture Resistance", *ECCM-8 Conference, Naples (Italy)*, 1998, pp. 119–126.
- [46] G. Cantero, A. Arbelaz, F. Mugika, A. Valea, I. Mondragon, "Mechanical Behaviour of Wood/Polypropylene Composites: Effects of Fibre Treatments and Ageing Processes", *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 22, 2003, pp. 37–50.
- [47] A. Stamboulis, C. Baillie, S. Garkhail, H.V. Melick, T. Peijs, "Environmental Durability of Flax Fibres and Their Composites based on Polypropylene Matrix", *Applied Composite Materials* 7, 2000, pp. 273–294.
- [48] S. Panthapulakkal, M. Sain, "Agro-Residue Reinforced High-density Polyethylene Composites : Fiber Characterization and Analysis of Composite Properties", *Composites Part A* 38, 2007, pp. 1445–1454.