



ผลกระทบของการเติมกรดบอริกในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อสมบัติของไม้อัดยางพารา

Effect of Boric Acid Addition into Urea Formaldehyde Adhesive on Properties of Rubberwood Plywood

วิศนีย์ ยิ่งประเสริฐ^{1*} และ เฉลิมพงษ์ บกสกุล¹

¹หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมไม้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

Wissanee Yingprasert^{1*} and Chalermpong Boksakul¹

¹Wood Sciences and Industry Technology, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Surat Thani, 84000 Thailand.

*Corresponding Author, Email: wissanee@hotmail.com

Received: 6 June 2019 | Revised: 31 October 2019 | Accepted: 19 November 2019

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ได้ศึกษาผลของการเติมกรดบอริกลงในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) ในปริมาณร้อยละ 5, 10, และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้งต่อสมบัติของกาว ความต้านแรงเฉือน ปริมาณการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราฟุสีขาว (*Trametes versicolor*) เชื้อราฟุสีน้ำตาล (*Gloeophyllum striatum*) และความต้านทานการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน (*Coptotermes gestroi*) ของไม้อัดที่ผลิตจากไม้บางยางพาราและกาว UF ผสมกรดบอริก ผลการทดลองพบว่า การเติมกรดบอริกในกาว UF เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า pH ของกาวลดลงเป็นกรด ส่งผลให้ gel time ของกาว UF สั้นลง และน้ำหนักกาวแห้งของกาว UF เพิ่มขึ้น ไม้อัดที่ผลิตจากไม้บางยางพาราและใช้กาว UF เติมกรดบอริกมีปริมาณการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ลดลง ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราฟุสีขาวและเชื้อราฟุสีน้ำตาล ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับไม้อัดที่ผลิตจากไม้บางยางพาราและใช้กาว UF อย่างไรก็ตาม การเติมกรดบอริกลงในกาว UF ไม่มีผลทางลบทำให้ความต้านแรงเฉือนของไม้อัดลดลง

ABSTRACT

In this study, the effect of boric acid addition (5%, 10% and 15% w/w of solid content of resin) into urea formaldehyde resin (UF) on resin properties was evaluated. Shear strength, formaldehyde emission content, white rot (*Trametes versicolor*) and brown rot (*Gloeophyllum striatum*) resistance and subterranean termite (*Coptotermes gestroi*) resistance of rubberwood plywood which was produced with UF resin added boric acid in certain amount were also investigated. It revealed that the addition of boric acid into UF resin help decrease pH of resin to acid condition. It caused the decreasing gel time and increasing solid content of UF resin. Formaldehyde emission content of rubberwood plywood produced with UF resin added boric acid was decreased. Boric acid addition into UF resin enhanced white rot and brown rot resistance. Subterranean termite

resistance of rubberwood plywood produced with UF resin added boric acid was improved. However, boric acid addition into UF resin did not negatively affected on shear strength of rubberwood plywood.

คำสำคัญ: กรดบอริก กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ไม้ยางพารา ไม้อัด ปลวกใต้ดิน

Keywords: Boric acid, Urea formaldehyde adhesive, Rubberwood, Plywood, Subterranean termite

บทนำ

ไม้ยางพาราเป็นวัตถุดิบหลักสำหรับอุตสาหกรรมไม้และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากไม้ของประเทศไทย การใช้ประโยชน์ไม้ยางพาราและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากไม้ยางพารา มีหลากหลายรูปแบบ เช่น ไม้แปรรูป ของเล่น เครื่องเรือน ไม้อัด (plywood) แผ่นขึ้นไม้อัด (particleboard), แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (medium density fiberboard), แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ และ แผ่นไม้ประกอบพลาสติก เป็นต้น นอกจากนี้ปัจจุบันยังมีความพยายามนำไม้ยางพารามาใช้ในการผลิตแผ่นไม้อัดเรียงเสี้ยนด้วย (oriented-strand board) (Durst et al., 2004) อย่างไรก็ตาม ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ เสี่ยงต่อการเข้าทำลายของศัตรูทำลายไม้ เช่น เชื้อรา มอด และ ปลวก เป็นต้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ยางพาราจึงเสี่ยงต่อการเข้าทำลายของศัตรูทำลายไม้เหล่านี้ด้วยเช่นกัน (Teoh et al., 2011)

ผู้ประกอบการไม้ยางพาราแปรรูปของไทยนิยมอัดสารประกอบโบรอนเข้าไปในเนื้อไม้ก่อนทำการอบแห้ง เพื่อเพิ่มความต้านทานต่อศัตรูทำลายไม้ ส่วนผลิตภัณฑ์ในกลุ่มแผ่นไม้ประกอบ เช่น ไม้อัด แผ่นขึ้นไม้อัด และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ผลิตขึ้นโดยใช้ไม้บาง ขึ้นไม้ และใยไม้ มาทำให้ยึดติดกันด้วยกาวสังเคราะห์ภายใต้แรงอัด และอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลาหนึ่ง อาจมีการเติมสารเติมแต่งบางชนิดลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติของผลิตภัณฑ์ เช่น สารกันน้ำ สารหน่วงไฟ หรือตัวยารักษาเนื้อไม้ เป็นต้น (Malony, 1993) งานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าตัวยารักษาเนื้อไม้ที่เติมลงไปมีผลทำให้ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ลดลง (Aydin and Colakoglu, 2007) และสารบางชนิดอาจมีการสลายไประหว่างกระบวนการอัดร้อนเพื่อทำแผ่นผลิตภัณฑ์ กาวสังเคราะห์ที่นิยมใช้ คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ หรือกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ล้วนแล้วแต่มีฟอร์มัลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กาวดังกล่าวมักมีการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ออกมาจากผลิตภัณฑ์ขณะที่นำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน ดังนั้นผู้ประกอบการจึงพยายามลด

การปลดปล่อยของฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยการเติมสารดักจับฟอร์มัลดีไฮด์ลงไปในกาว (Boran et al., 2012) หรือเติมลงไประหว่างกระบวนการผสมกาวเข้ากับขึ้นไม้ แต่สารเหล่านี้ต้องไม่ส่งผลทำให้สมบัติเชิงกลของแผ่นไม้ประกอบด้อยลง การเติม borax pentahydrate ในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เพื่อนำไปผลิตไม้อัดจากไม้ poplar และ ไม้ beech ไม่ทำให้ความแข็งแรงของไม้อัดลดลง และลดปริมาณการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์จากไม้อัดได้ (Sensogut et al., 2009) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ยืนยันว่าการเติมสารประกอบโบรอนในกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ลดความแข็งแรงในการยึดติดไม้ และหากเติมสารประกอบโบรอนในกาวโพลียูรีเทนทำให้ความแข็งแรงในการยึดติดไม้เพิ่มขึ้น (Lesar et al., 2011)

โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลกระทบของการเติมกรดบอริกในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อปริมาณการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นไม้อัด ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวกใต้ดิน (*Coptotermes gestroi*) ของแผ่นไม้อัดรวมทั้งผลกระทบต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากไม้ยางพาราด้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การผลิตแผ่นไม้อัด

การทดลองนี้ทำการผลิตแผ่นไม้อัด 3 ชั้น (ไม้บางชั้นที่ติดกันมีการเรียงตัวของเสี้ยนตั้งฉากกัน) โดยใช้ไม้บางยางพาราความหนา 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทวนชัย วิเนียร์ แอนด์พลาเยวูด จำกัด จ.ปทุมธานี อบไม้บางด้วยอุณหภูมิ 103 ± 5 °C ให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 5 ผสมกรดบอริก (H_3BO_3) ลงในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) E2 ของบริษัทไอกะ (หาดใหญ่) จำกัด ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง ทากาวที่มีส่วนผสมของกรดบอริก ลงบนไม้บางยางพาราด้านใดด้านหนึ่งด้วยน้ำหนักทากาว 180 kg/m^2 ทำการอัดร้อนด้วยแรงอัด 7.5 MPa อุณหภูมิ 130 °C เป็น

เวลานาน 10 นาที โดยทำการอัดร้อนไม้อัดครั้งละแผ่น ทำการผลิตแผ่นไม้อัด 5 แผ่น ต่อการใช้กาว 1 สูตร

2. การทดสอบน้ำหนักกาวแห้ง ค่า pH และ gel time ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ผสมกรดบอริก

การทดสอบน้ำหนักกาวแห้ง ค่า pH และ gel time ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ผสมกรดบอริก ทำตามวิธีการของมาตรฐาน JIS K 6833

3. การหาความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการทดสอบค่าความต้านแรงเฉือนของแผ่นไม้อัดยางพารา ด้วยวิธีการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นไม้อัด (มอก. 178-2549)

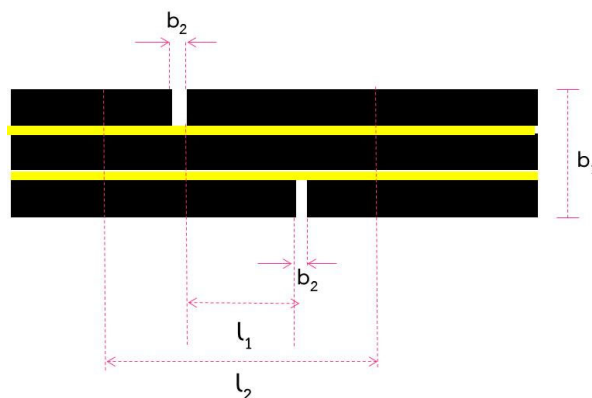
ชิ้นทดสอบไม้อัดยางพาราสำหรับใช้ในการหาความหนาแน่นและปริมาณความชื้น มีขนาด 100 mm x 100 mm แผ่นไม้อัดยางพารา 1 แผ่น เตรียมชิ้นทดสอบ 3 ชิ้น

การทดสอบความต้านแรงเฉือนของแผ่นไม้อัดยางพารา ตัดชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 25 ± 0.5 mm ยาว 135 ± 0.2 mm โดยด้านยาวขนานกับแนวเส้นไม้ จากนั้นนำไปแชะร่องโดยใช้เลื่อยที่มีคลองเลื่อยผ่านแนวกาวทุกแนวกาวให้มีลักษณะตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 1 (ก่อนทดสอบความต้านแรงเฉือน ชิ้นทดสอบต้องปรับสภาพที่อุณหภูมิ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 จนกระทั่งชิ้นทดสอบมีน้ำหนักคงที่)

โดยที่ l_1 คือ ความยาวที่จุดวัดแรงเฉือน (25 ± 0.5 mm) l_2 คือ ระยะห่างระหว่างที่จับชิ้นทดสอบขณะดึงเพื่อให้ชิ้นทดสอบเฉือนหลุดจากกัน (50 ± 0.5 mm) b_1 คือ ความกว้างที่จุดวัดแรงเฉือน (25 ± 0.5 mm) b_2 คือ ความกว้างของคลองเลื่อย (2.5 mm ถึง 4 mm) จากนั้นใช้เครื่องทดสอบสากล (Universal Testing Machine - Lloyd Instruments; LR1 5 0 K) ซึ่งสามารถอ่านค่าแรงดึงได้ละเอียดถึง 1 นิวตัน ดึงให้ชิ้นทดสอบหลุดออกจากกันในเวลา 30 ± 10 วินาที แผ่นไม้อัดยางพารา 1 แผ่น เตรียมชิ้นทดสอบความต้านแรงเฉือน 10 ชิ้น

ตารางที่ 1 สมบัติของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) E2 ของ บริษัทโอเค (หาดใหญ่) จำกัด

คุณสมบัติ	ค่าที่วัดได้
ความหนืดที่ 30°C (cps)	278
น้ำหนักกาวแห้ง (ร้อยละ) (อบแห้ง 3 ชั่วโมงที่ 105°C)	50.5
ค่า pH ที่ 30°C	8.78
ความหนาแน่นที่ 30°C (g/cm^3)	1.191
Gel time ที่ 100°C (sec)	31



รูปที่ 1 การเตรียมชิ้นทดสอบ สีด้าคือไม้ยางพารา สีเหลืองคือแนวกาว และ ลักษณะการแชะร่องชิ้นทดสอบแผ่นไม้อัดยางพาราเพื่อทดสอบความต้านแรงเฉือน

4. การทดสอบปริมาณการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นไม้อัดโดยวิธีตามมาตรฐาน EN 717-3

ชิ้นทดสอบมีขนาด 25 mm x 25 mm x ความหนาของแผ่นไม้อัดยางพารา กำหนดน้ำหนักของชิ้นทดสอบในหนึ่งตัวอย่างมีค่าใกล้เคียง 20 กรัม ควรตัดชิ้นทดสอบและทำการทดสอบหลังจากที่ไม้อัดยางพาราเย็นตัวลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องไม่เกิน 72 ชั่วโมง

การตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระเหยออกมาจากแผ่นไม้อัดยางพารานั้นทำได้โดยการแขวนชิ้นทดสอบที่ทราบปริมาณความชื้นไว้ในขวดที่บรรจุน้ำ ภายใต้สภาวะควบคุม คือ อุณหภูมิ 40 °C และระยะเวลา 3 ชั่วโมง ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระเหยออกมาจะรวมตัวกับน้ำ และนำไปทำปฏิกิริยากับ Acetylactone และ Ammonium acetate ตามวิธีการของมาตรฐาน EN 717-3 ผลที่ได้จะแสดงปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระเหยออกมาในหน่วยกรัมของฟอร์มัลดีไฮด์ต่อน้ำหนักของแผ่นไม้อัดยางพาราในหน่วยกิโลกรัม โดยเตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง ต่อ แผ่นไม้อัดยางพารา 1 แผ่น

5. การทดสอบความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราตามมาตรฐาน ASTM D1403-07

นำชิ้นทดสอบไม้อัดยางพาราขนาดกว้างและยาว 2.5 cm ความหนาเท่ากับความหนาของแผ่นไม้อัดยางพารา (แผ่นไม้อัดยางพารา 1 แผ่น เตรียมชิ้นทดสอบ 5 ชิ้นต่อการศึกษการเข้าทำลายของเชื้อรา 1 ชนิด) ไปวางบนเชื้อราผู้สีขาว *Trametes versicolor* และเชื้อราผู้สีน้ำตาล *Gloeophyllum straitum* (เชื้อราทั้งสองชนิดนี้แยกมาจากไม้ยางพาราที่เสื่อมสภาพ) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เพื่อดูการต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด เมื่อครบเวลา คำนวณหาร้อยละของน้ำหนักของไม้อัดที่หายไป (weight loss, %) จากการเข้าทำลายของเชื้อราดังกล่าวเปรียบเทียบกับน้ำหนักของไม้อัดยางพารา ก่อนที่เชื้อราเข้าทำลาย

6. วิธีการทดสอบความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน (*Coptotermes gestroi*)

วิธีการทดสอบความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินดัดแปลงมาจากวิธีการตามมาตรฐาน ASTM D 3345-74 โดยทำการตัดชิ้นทดสอบไม้อัดยางพาราขนาด 2.5 cm x 2.5 cm จำนวน 5 ชิ้นทดสอบต่อแผ่นไม้อัดยางพาราหนึ่งแผ่น อบแห้งที่อุณหภูมิ 103±2 °C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วจึงซั่ง

น้ำหนักทุกชิ้นก่อนการทดสอบกับปลวก ใช้ปลวก 1 กรัม (ปลวกงาน 0.9 กรัม ปลวกทหาร 0.1 กรัม) ต่อชิ้นทดสอบไม้อัดยางพารา 1 ชิ้น ทำการทดสอบเป็นเวลา 28 วัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด อบแห้งจนชิ้นทดสอบมีน้ำหนักคงที่อีกครั้ง จากนั้นคำนวณน้ำหนักของชิ้นทดสอบไม้อัดยางพาราที่หายไป และ ประเมินความเสียหายของชิ้นทดสอบจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินโดยการให้คะแนนตามวิธีการของมาตรฐาน ASTM D 3345-74 โดยคะแนน 10 เป็นชิ้นทดสอบที่ไม่มีกรเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน ส่วน คะแนน 0 คือ มีการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินรุนแรงที่สุด

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. น้ำหนักกาวแห้ง ค่า pH และ gel time ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกรดบอริก

กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ไม่มีการเติมกรดบอริกมีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 7.76 และเมื่อทำการเติมกรดบอริกลงในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง ส่งผลให้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกรดบอริกมีค่า pH เฉลี่ยลดลง เป็น 6.96, 6.00 และ 5.51 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อกาวมีความเป็นกรด ทำให้ gel time ของกาวลดลง การเติมกรดบอริกในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง ส่งผลต่อค่า gel time ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่แตกต่างกัน งานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า gel time ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์จะลดลงอย่างรวดเร็วในสภาวะที่เป็นกรด (pH 2-4.5) และเพิ่มสูงสุดเมื่อมีค่า pH เป็น 7 (Akpabio, 2012; Xing et al., 2007) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่ากรดบอริกที่เติมลงในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสุกตัวของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

การเติมกรดบอริกในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง ส่งผลให้น้ำหนักกาวแห้งของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เพิ่มสูงขึ้นไม่แตกต่างกัน โดยปริมาณเนื้อกาวแห้งที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าปริมาณกรดบอริกที่เติมลงไปในการกรดบอริกอาจทำปฏิกิริยากับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์จนกลายเป็นส่วนหนึ่งของกาว และมีกรดบอริกบางส่วนระเหยไปขณะให้ความร้อนเพื่อหาน้ำหนักกาวแห้ง Akpabio (2012) ค้นพบว่า น้ำหนักกาวแห้งไม่ขึ้นอยู่กับค่า pH ของกาว แต่ Xing และคณะ (2007) พบว่าน้ำหนักกาวแห้งที่เพิ่มขึ้นทำให้ gel time ของกาวสั้นลง

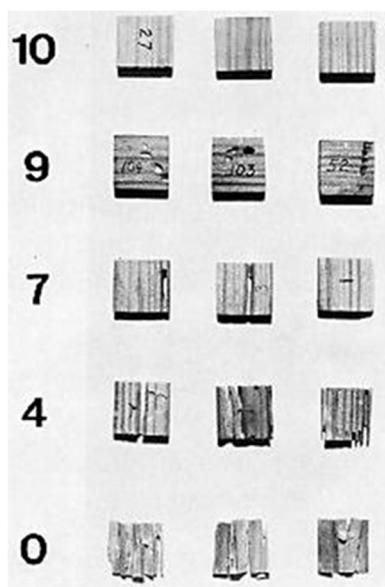
เพราะน้ำที่อยู่ในกาวจะหดขวางหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาการสุกตัวของกาว เมื่อน้ำในระบบน้อย ปฏิกิริยาการเกิดการสุกตัวจึงเร็วขึ้น

2. ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการทดสอบความต้านแรงเฉือนของแผ่นไม้อัดยางพารา

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากไม้ยางพาราและกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์แต่ละสูตรมีค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้น อยู่ในระดับเดียวกัน ($p < 0.05$) ไม้อัดยางพารามีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 720 ± 2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 8.49 ± 0.29

ผลการทดลองความต้านแรงเฉือน พบว่าแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีความต้านแรงเฉือนเฉลี่ย 2.71 ± 1.03 MPa เมื่อเติมกรดบอริกในกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง แผ่นไม้อัดยางพารา

มีความต้านแรงเฉือนเฉลี่ย 2.30 ± 0.69 , 2.34 ± 0.42 และ 2.67 ± 0.69 MPa ตามลำดับ ความต้านแรงเฉือนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันกับแผ่นไม้อัดยางพาราซึ่งผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ($p < 0.05$) ค่าการแตกที่ไม้ (wood failure) หลังทดสอบความต้านแรงเฉือนมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 เหมือนกันทุกสูตรกาวที่ใช้ แสดงให้เห็นว่ากรดบอริกไม่มีผลต่อความต้านแรงเฉือนของแผ่นไม้อัดยางพาราหรือไม่ทำให้ความต้านแรงเฉือนของแผ่นไม้อัดยางพาราลดลง สอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่ Lesar et al. (2011) พบว่าการเติมกรดบอริกลงในกาวที่มีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบไม่มีผลกระทบต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นไม้อัด แต่หากทำการอัดกรดบอริกเข้าไปในไม้บางก่อนนำมาติดกับด้วยกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ ค่าความแข็งแรงกลับลดลงเมื่อเทียบกับความแข็งแรงของไม้บางที่ไม่อัดกรดบอริกและติดกันด้วยกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Özçifçi, 2008)



รูปที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนโดยการเปรียบเทียบลักษณะการเข้าทำลายของปลวกตามทีระบุไว้ในมาตรฐาน ASTM D 3345-74

ตารางที่ 2 น้ำหนักกาวแห้ง, ค่า pH และ gel time ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ผสมกรดบอริก

ปริมาณกรดบอริก (ร้อยละ)	0	5	10	15
น้ำหนักกาวแห้ง (ร้อยละ)	50.53a (0.51)	51.46ab (0.50)	52.52bc (1.16)	52.90b (0.97)
ค่า pH อุณหภูมิห้อง	7.76a (0.02)	6.96b (0.03)	6.00c (0.02)	5.51d (0.01)
Gel Time at 100 °C (s)	32.00a (0.82)	26.33b (0.94)	28.00b (0.82)	27.67b (0.47)

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่เหมือนกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนตัวเลขในวงเล็บคือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

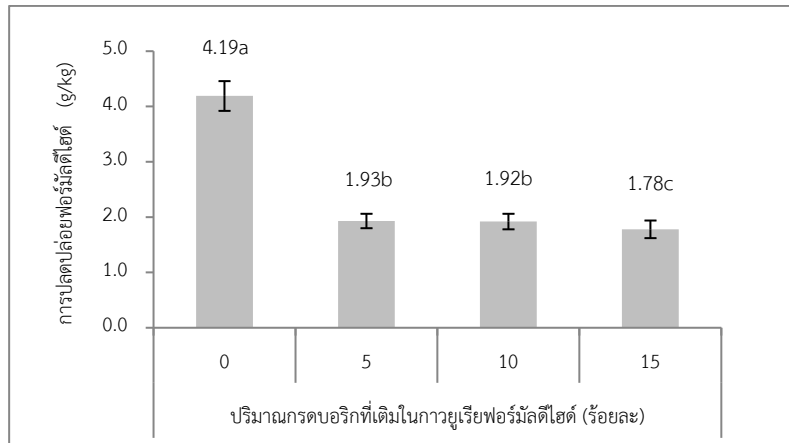
3. ปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์จากแผ่นไม้อัดยางพารา

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์จากแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์และแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์เติมกรดบอริกในปริมาณต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์มีค่าปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์เฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ± 0.27 g/kg ซึ่งเมื่อเติมกรดบอริกลงในกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ร้อยละ 5 และ 10 ของน้ำหนักกาวแห้ง แผ่นไม้อัดมีปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์เฉลี่ยเท่ากับ 1.93 ± 0.13 g/kg และ 1.92 ± 0.14 g/kg ลดลงร้อยละ 53.80 และ 53.93 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์จากแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์เติมกรดบอริกในปริมาณร้อยละ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง การทดลองพบว่าเมื่อเติมกรดบอริกในกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ในปริมาณร้อยละ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง แผ่นไม้อัดยางพารามีปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์เฉลี่ยเพียง 1.78 ± 0.16 g/kg ลดลงร้อยละ 57.54 เมื่อเทียบกับปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์จากแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณกรดบอริกที่เติมในกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์มีผลทำให้ปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์จากแผ่นไม้อัดยางพาราลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการเติมกรดบอริกในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 ของน้ำหนักกาวแห้งมีผลต่อปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์จากแผ่นไม้อัดยางพาราเหมือนกัน และการเติมกรดบอริกในปริมาณร้อยละ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง ให้ปริมาณการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์จากแผ่นไม้อัดยางพาราน้อยที่สุด เป็นไปได้ว่ากรดบอริกสามารถทำปฏิกิริยากับฟอर्मลิตไฮด์ในเนื้อกาวทำให้มีฟอर्मลิตไฮด์อิสระที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาน้อยลง การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดบอริกกับองค์ประกอบของกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์และองค์ประกอบของไม้ยางพาราเป็นสิ่งสำคัญควรศึกษาต่อไป อย่างไรก็ตาม Colak และ Colakoglu (2004) รายงานว่าการเติมกรดบอริกในกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ที่มีสัดส่วนโมลของฟอर्मลิตไฮด์สูง (U/F mol ratio: 1/1.74) ก่อนนำไปผลิตแผ่นไม้อัดจะทำให้การระเหยของฟอर्मลิตไฮด์จากแผ่น

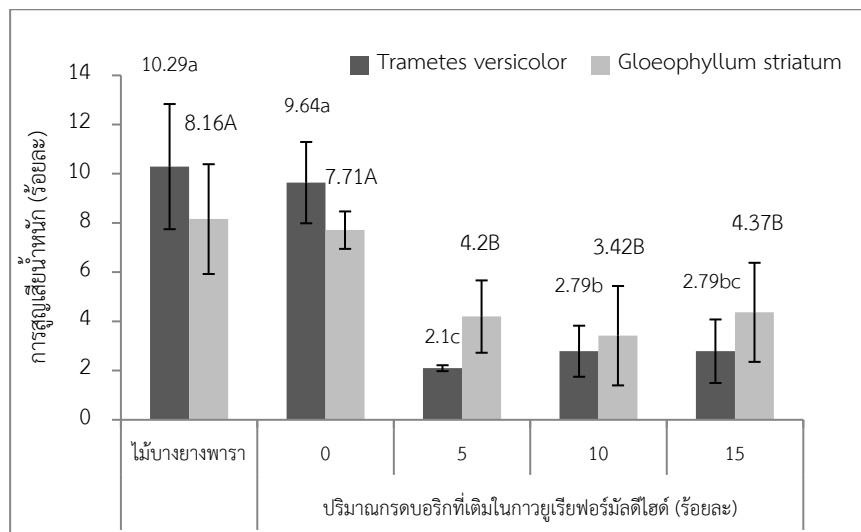
ไม้อัดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ที่ไม่เติมกรดบอริก Colakoglu และ Demirkir (2006) พบว่าการเติมบอแรกซ์ในกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักกาวแห้ง ก่อนนำไปผลิตไม้อัด สามารถลดการระเหยของฟอर्मลิตไฮด์จากแผ่นไม้อัดลงได้ร้อยละ 23 เมื่อเทียบกับแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ที่ไม่เติมบอแรกซ์

4. ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไม้บางยางพาราและแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ไม่เติมกรดบอริก มีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราฟุสสีขาว (*Trametes versicolor*) ไม่แตกต่างกัน มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยร้อยละ 10.29 ± 2.54 และ 9.64 ± 1.65 ตามลำดับ การเติมกรดบอริกในกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ในปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราฟุสสีขาวดังกล่าวได้เหมือนกัน โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.10 ± 0.50 , 2.79 ± 1.90 และ 2.79 ± 0.96 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าไม้บางยางพารา แผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์ไม่เติมกรดบอริก มีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราฟุสน้ำตาล (*Gloeophyllum striatum*) ไม่แตกต่างกัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยร้อยละ 8.16 ± 2.23 และ 7.71 ± 0.76 , ตามลำดับ ส่วนแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอर्मลิตไฮด์เติมกรดบอริก ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง มีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราฟุสน้ำตาลดังกล่าวไม่แตกต่างกัน และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยหลังการเข้าทำลายของเชื้อราฟุสน้ำตาลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ เท่ากับร้อยละ 4.20 ± 0.91 , 3.42 ± 0.54 และ 4.37 ± 1.06 ตามลำดับ Kartal และ Ayrlmis (2005) พบว่าการนำไม้บางแ่งกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ก่อนนำไปผลิต blockboard ด้วยกาวฟีนอล-ฟอर्मลิตไฮด์ ช่วยเพิ่มความทนทานของ blockboard ต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา (*Trametes versicolor* กับ *Fomitopsis palustris*) และปลวก (*Coptotermes formosamus*) ได้



แผนภูมิที่ 1 ปริมาณการระเหยของพอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ และแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์เติมกรบอริกในปริมาณต่าง ๆ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)



แผนภูมิที่ 2 ค่าการสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพารา ไม้อัดยางพาราที่ผลิตด้วยกาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ และไม้อัดยางพาราที่ผลิตด้วยกาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์เติมกรบอริกในปริมาณต่าง ๆ หลังการเข้าทำลายของเชื้อรา *Trametes versicolor* และ *Gloeophyllum striatum* เป็นเวลา 12 สัปดาห์ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังค่าเฉลี่ยบนแผนภูมิแท่งที่เหมือนกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

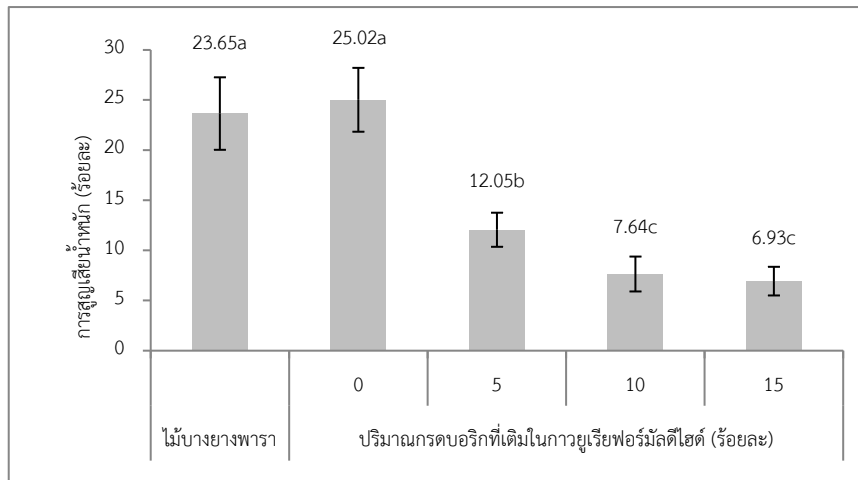
5. ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน (*Coptotermes gestroi*)

ผลการทดลองการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินพบว่าการสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพารา (rubberwood veneer) แผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ และแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์เติมกรบอริก ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้ง มีการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 23.65 ± 3.61 , 25.02 ± 3.19 , 12.05 ± 1.70 , 7.64 ± 1.74 และ 6.93 ± 1.43 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ

ทางสถิติพบว่า ไม้ยางพาราและแผ่นไม้อัดยางพาราที่ใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ ให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักของแผ่นไม้อัดยางพาราไม่แตกต่างกัน อาจสรุปได้ว่ากาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในการผลิตแผ่นไม้อัดยางพารา ไม่ได้ส่งผลต่อความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินอย่างมีนัยสำคัญ แผ่นไม้อัดยางพาราที่ใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์เติมกรบอริก ร้อยละ 5 ของน้ำหนักกาวแห้ง ให้ผลการสูญเสียน้ำหนักที่แตกต่างกับแผ่นไม้อัดยางพาราที่ใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์เติมกรบอริก ร้อยละ 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สามารถ

สรุปได้ว่าการสูญเสียน้ำหนักของแผ่นไม้อัดยางพาราหลังการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินลดลงเมื่อเติมกรดบอริกในกาวยูเรีย

ฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นกรดบอริกมีผลต่อความต้านทานการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน



แผนภูมิที่ 3 ค่าการสูญเสียน้ำหนักของไม้บางยางพารา แผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เติมกรดบอริกในปริมาณต่าง ๆ หลังการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน (*Coptotermes gestroi*) เป็นเวลา 28 วัน (ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

การประเมินความเสียหายจากการเข้าทำลายของปลวกด้วยสายตามาตรฐาน ASTM D 3345-74 พบว่า ไม้บางยางพารา และแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่เติมกรดบอริกมีคะแนนความเสียหายของเนื้อไม้เฉลี่ย 2.77 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ หรือมีคะแนนความเสียหาย 4 คะแนนตามมาตรฐาน (รูปที่ 2) นอกจากนี้แผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่เติมกรดบอริกร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักกาวยูเรีย มีคะแนนความเสียหายของเนื้อไม้เฉลี่ยเท่ากับ 8.40, 9.13 และ 9.13 คะแนน ตามลำดับ หรือ 9 คะแนนตามมาตรฐาน (รูปที่ 2) ปลวกใต้ดินทำลายไม้บาง

ยางพาราในแต่ละชั้นตามแนวเส้น ลักษณะความเสียหายจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินบนแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์รุนแรงกว่าลักษณะความเสียหายที่พบในแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เติมกรดบอริก (รูปที่ 3) การสังเกตการเข้าทำลายขั้นทดสอบของปลวกใต้ดินเมื่อครบระยะเวลา 28 วัน พบว่า ไม่มีการตายของปลวกใต้ดิน ดังนั้นปริมาณกรดบอริกที่เติมในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ภายใต้การศึกษาครั้งนี้ไม่ส่งผลทำให้ปลวกใต้ดินตาย เพียงแต่ทำให้ความสามารถในการทำลายแผ่นไม้อัดยางพาราของปลวกใต้ดินลดลงเท่านั้น



รูปที่ 3 ลักษณะการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน (*Coptotermes gestroi*) บนแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (ซ้าย) และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการเข้าทำลายของปลวกดังกล่าวบนแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (กลาง) และแผ่นไม้อัดยางพาราที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เติมกรดบอริก ร้อยละ 15 ของน้ำหนักกาวยูเรีย (ขวา)

สรุปผลการวิจัย

การเติมกรดบอริกลงในกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ทำให้ค่า pH ของกาวลดลงอยู่ในสภาวะที่เป็นกรด ส่งผลให้ค่า gel time ของกาวสั้นลงหรือกาวเกิดการสุกตัวได้เร็วขึ้นและปริมาณเนื้อกาวแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อนำกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เติมกรดบอริกไปผลิตแผ่นไม้อัดยางพารา ส่งผลให้แผ่นไม้อัดยางพารามีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวกได้ดีขึ้น ปริมาณการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์จากแผ่นไม้อัดยางพาราลดลง ทั้งนี้การเติมกรดบอริกลงในกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไม่มีผลกระทบต่อความต้านแรงเฉือนของแผ่นไม้อัดยางพาราแต่อย่างใด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีงบประมาณ 2557 (สัญญาทุนเลขที่ 003/2557)

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). มาตรฐานผลิตภัณฑ์แผ่นไม้อัด มอก.178-2549.

Akpabio, U.D. (2012). Effect of pH on the properties of urea formaldehyde adhesives. *International Journal of Modern Chemistry* 2(1): 15-19.

American Society for Testing and Materials. (1999). Standard Test Method for Laboratory Evaluation of Wood and Other Cellulosic Materials for Resistance to Termites. ASTM D 3345 – 74 (Reapproved 1999).

American Society for Testing and Materials. (2007). Standard Test Method for Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures. ASTM D1413-07e1.

Aydin, I. and Colakoglu, G. (2007). Variation in surface roughness, wettability and some plywood properties after preservative treatment with boron compounds. *Building and Environment* 42(11): 3837-3840.

Boran, S., Usta, M., Ondaral, S. and Gümüşkaya, E. (2012). The efficiency of tannin as a formaldehyde scavenger chemical in medium density fiberboard. *Composites Part B: Engineering* 43(5): 2487–2491.

British Standards Institution. (1996). Wood-based panels- Determination of formaldehyde release- Part3: Formaldehyde release by the flask method. EN 717-3.

Colak, S. and Colakoglu, G. (2004). Volatile acetic acid and formaldehyde emission from plywood treated with boron compound. *Building and Environment* 39: 533-536.

Colakoglu, G., and Demirkir, C. (2006). Characteristics of plywood panels produced with urea formaldehyde resin (UF) containing Boric Acid. *Holz als Roh- und Werkstoff* 64: 250–251.

Durst, P.B., Killmann, W. and Brown, C. (2004). Asia's new woods. *Journal of Forestry* 102(4): 46–53.

Kartal, S.N. and Ayrimis, N. (2005). Blockboard with boron-treated veneers: laboratory decay and termite resistance tests. *International Biodeterioration and Biodegradation* 55: 93-98.

Lesar, B., Ugovšek, A., Kariž, M., Šernek, M. and Humar, M. (2011). Influence of boron compounds in adhesives on the bonding quality fungicidal properties of wood. *Wood Research* 56(3): 285-296.

Malonny, T.M. (1993). Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. Hal Leonard Corporation.

Özçifçi, A. (2008). Impacts of impregnation with boron compounds on the bonding strength of wood material. *Construction and Building Materials* 22: 541-545.

Senogut, C., Ozalp, M. and Yesil, H. (2009). The effect of boric acid pentahydrate addition to urea formaldehyde on the mechanical characteristics and free formaldehyde content of plywood. *Adhesion and Adhesives* 29: 589-592.

Teoh, Y.P., Don, M.M. and Ujang, S. (2011). Assessment of the properties, utilization, and preservation of rubberwood (*Hevea brasiliensis*): a case study in Malaysia. *Journal of Wood Science* 57: 255–266.

Xing, C., Zhang, S.Y., Deng, J. and Wang, S. (2007). Urea-formaldehyde-resin gel time as affected by the pH value, solid content, and catalyst. *Journal of Applied Polymer Science* 103: 1566-1569.

