

นิพนธ์ต้นฉบับ

การชะล้างของเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์และสารประกอบโบรอนในไม้ยางพารา

Leaching Test of Furfuryl Alcohol and Boron Compounds in Rubber Wood

ชาริษา พัฒนไถยานนท์

Charisa Pattanataiyanon

ธีระ วีนิน*

Teera Veenin*

ทรงกลด จารุสมบัติ

Songklod Jarusombuti

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: ffortev@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 13 ตุลาคม 2558

รับลงพิมพ์ 4 ธันวาคม 2558

ABSTRACT

Leaching test of rubber wood treated with boric acid 1%, 1% mixture of boric acid and borax, 1% mixture of boric acid and furfuryl alcohol and 1% mixture of boric acid + borax + furfuryl alcohol were determined according to American Wood Preservation Association Standard (AWPA) E1-06 and the British Standard Method (BS 5688: Part 1)

The results of the most amount of boric acid leachate in the first leaching was found in rubber wood treated with 1% boric acid (average 0.4361%). Following by rubber wood treated with 1% mixture of boric acid and borax, 1% mixture of boric acid + borax + furfuryl alcohol and 1% mixture of boric acid and furfuryl alcohol which average leaching were 0.4035, 0.3590 and 0.3354, respectively

However, the leaching procedure was carried on for a times. Then the total amount of boric acid leached from treated wood was analyzed. The results of the most leaching of boric acid was found in rubber wood treated with 1% mixture of boric acid and borax (average 1.7270%), following by rubber wood treated with 1% boric acid, 1% mixture of boric acid and furfuryl alcohol and 1% mixture of boric acid + borax + furfuryl alcohol which average boric acid leachate were 1.5147, 1.3130 and 1.2567, respectively.

The results from this experiment found that furfuryl alcohol could diminish the leaching of boric acid from treated rubber wood effectively.

Keywords: Furfuryl alcohol, Boron compound, Vacuum process, Leaching test

บทคัดย่อ

การตรวจหาอัตราการชะล้างของไม้ยางพาราที่อาบน้ำด้วยกรดบอริกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมบอแรกผสม

เฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% การทดสอบการชะล้างปฏิบัติตามมาตรฐาน American Wood Preservation Association Standard (AWPA) E1-06 และตามมาตรฐาน British Standard Method (BS 5688: Part 1)

ผลการทดลองพบว่าไม้ยางพาราอบน้ำยาที่มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างมากที่สุดในการชะล้างครั้งแรกคือ ไม้ยางพาราที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกความเข้มข้น 1% มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างเฉลี่ยร้อยละ 0.4361 รองลงมาคือ ไม้ยางพาราที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างเฉลี่ยร้อยละ 0.4035, 0.3590 และ 0.3354 ตามลำดับ แต่เมื่อทำการทดลองชะล้างรวม 9 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า ไม้ยางพาราที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างรวมมากที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 1.7270 รองลงมาคือ ไม้ยางพาราที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกที่ความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างรวมเฉลี่ยร้อยละ 1.5147, 1.3130 และ 1.2567 ตามลำดับ

จากผลการทดลองนี้แสดงว่าเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์สามารถลดการชะล้างของกรดบอริกออกจากไม้ยางพาราอบน้ำยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ สารประกอบโบรอน วิธีการอบน้ำยาไม้ การทดสอบการชะล้าง

คำนำ

ในปัจจุบันประชากรโลกมีจำนวนเพิ่มขึ้นจากในอดีตหลายเท่าตัว ส่งผลให้ความต้องการใช้ไม้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ทรัพยากรป่าไม้ที่มีอยู่อย่างจำกัดลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม้ที่มีความทนทานต่อศัตรูทำลายไม้จำพวกเชื้อราและแมลงสูง เช่น ไม้สัก ไม้เต็ง ไม้มะค่า ฯลฯ ลดลงจากในอดีตมาก ทำให้ไม้จำพวกนี้หายากและราคาแพงมาก ในปัจจุบันแม้ว่าจะมีการคิดค้นทำไม้ประกอบ (Wood Composites) แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงจำเป็นต้องนำไม้ที่มีความทนทานต่อศัตรูทำลายไม้ต่ำ เช่น ไม้ยางพารามาทดแทน ในปัจจุบันมีการปลูกยางพารากันอย่างแพร่หลาย เพราะไม้ยางพารามีประโยชน์หลายด้าน เช่น มีทั้งประโยชน์ทางด้านน้ำยางพาราและประโยชน์จากเนื้อไม้ ทำให้อย่างพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและนำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก ปริมาณการผลิตไม้ยางพาราของไทย ปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกยาง 18,761,231 ไร่ ปริมาณการผลิตไม้ยางพาราช่วงปี พ.ศ. 2549-2554 มีเนื้อที่ตัดโค่นเฉลี่ยปีละ 211,963 ไร่ ปริมาณ

การผลิตไม้ยางพาราต่อเนื้อที่ปีละ 8.58 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเฉลี่ยปีละ 1.80 ล้านลูกบาศก์เมตร ขณะที่มีความต้องการใช้ไม้ปีละ 3.07 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลิตได้เพียงร้อยละ 41.35 ของความต้องการทั้งหมด ในขณะที่มีโรงงานแปรรูปไม้อบแห้งมีกำลังผลิตรวมกว่า 5 ล้านลูกบาศก์เมตร มูลค่าการส่งออกไม้ยางพาราแปรรูป 21,850.18 ล้านบาท (Rubber Research Institute of Thailand Ministry of agriculture and Cooperatives, 2012) ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีอายุค่าความทนทานตามธรรมชาติต่ำมีค่าความทนทานตามธรรมชาติเฉลี่ย 1.9 ปี (พิสัย 0.5-3.8) (Veenin *et al.*, 1990) ดังนั้นก่อนนำไม้ยางพาราไปใช้ประโยชน์จึงควรต้องทำการอบน้ำยารักษาเนื้อไม้เสียก่อน

สารประกอบโบรอนเป็นสารเคมีที่ใช้สำหรับการอบน้ำยาเนื้อไม้ที่สามารถป้องกันศัตรูทำลายไม้ได้เหมาะสำหรับใช้ในการอบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ยางพารา เนื่องจากสารประกอบโบรอนเป็นตัวยับยั้งไม่ให้เนื้อไม้เสียสี ปลอดภัยต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม เป็นสารที่สามารถจับยึดได้โดยไม่เกิดอันตรายเหมาะสม

ที่จะใช้อาบน้ำยาไม้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือนได้นอกจากนี้ยังเป็นตัวยาที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก (Eaton and Hale, 1993) แต่สารประกอบโบรอนมีข้อเสียที่ถูกชะล้างจากน้ำได้ง่าย ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำสารเฟอร์ฟูลิ แอลกอฮอล์ที่ผลิตได้จากของเหลือทางการเกษตร คือจากซังข้าวโพดและซังอ้อย ซึ่งผ่านกระบวนการทางอุตสาหกรรมโดยการลดตัวเร่งปฏิกิริยา (Goldstein, 1960) โดยเปลี่ยนเฟอร์ฟูลอลเป็นเฟอร์ฟูลิ แอลกอฮอล์ โดยปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation) สารเฟอร์ฟูลิ แอลกอฮอล์เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจึงสามารถอัดเข้าไปในเนื้อไม้ได้โดยง่าย (Goldstein, 1995; Yun, 1991) การอาบน้ำยาไม้ด้วยสารประกอบโบรอนผสมเฟอร์ฟูลิ แอลกอฮอล์ มีจุดประสงค์เพื่อลดการชะล้างสารโบรอน เป็นการปรับปรุงความทนทานต่อศัตรูทำลายไม้ให้นานยิ่งขึ้น (Baysal *et al.*, 2004)

การอาบน้ำยาไม้ตามกรรมวิธีสุญญากาศ (Vacuum process) ทำโดยวัดขนาดไม้ทดลองเป็นมิลลิเมตร คำนวณหาปริมาตรแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (T_1) เป็นกรัม นำไม้ทดลองใส่กระบะเหล็ก ใช้ตะแกรงเหล็กทับกันลอม ตวงน้ำยารักษาเนื้อไม้ตามปริมาณที่คำนวณไว้ วัดปริมาตรก่อนทำการทดลอง เติมน้ำยาลงในกระบะเหล็ก ทำสุญญากาศ 24 นิ้วปรอท หรือ 63 เซนติเมตรปรอท นาน 30 นาที เปิดลิ้นให้เข้าสู่บรรยากาศทิ้งไว้ 30 นาที นำไม้ออกมาวางบนตะแกรงปล่อยทิ้งไว้จนหมด นำมาชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (T_2) วัดปริมาตรน้ำยาที่เหลือหลังจากการทดลอง (Veenin, 2006)

การตรวจหาอัตราการชะล้าง Baysal *et al.* (2004) ได้ทำการอาบน้ำยาไม้ด้วยวิธีสุญญากาศ โดยใช้สาร Boric acid (H_3BO_3) 1% (w/w), Furfuryl alcohol, Furfuryl alcohol + Ammonium Biborate $(NH_4)_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ 0.25 mol/l (อัตราส่วน 1:1), Furfuryl alcohol + Ammonium Borate $(NH_4)_2O \cdot 8H_2O$ 0.25 mol/l (อัตราส่วน 1:1) และ

Furfuryl alcohol + Boric acid (H_3BO_3) 0.5 mol/l (อัตราส่วน 4:1) ได้ผลการทดลองว่า กรดบอริก (Boric acid) จะถูกชะล้างไปอย่างง่ายดาย และ โบรอนจะมีอัตรา การถูกชะล้างเป็นปริมาณสูงในระยะแรก (512 ppm.) แต่เมื่ออาบน้ำยาไม้ด้วยเฟอร์ฟูลิ แอลกอฮอล์ผสมกับ สารประกอบโบรอน มีผลการทดลองแสดงออกมาว่า โบรอนถูกชะล้างในอัตราที่ลดลง และชิ้นไม้ตัวอย่าง ที่ทำการอาบน้ำยาแล้วจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย เพื่อตรวจหาอัตราการชะล้างของไม้ยางพาราที่อาบน้ำยาด้วย กรดบอริก กรดบอริกผสมบอแรก กรดบอริกผสมกับ เฟอร์ฟูลิ แอลกอฮอล์ และกรดบอริกผสมบอแรกผสม กับเฟอร์ฟูลิ แอลกอฮอล์

อุปกรณ์ และวิธีการ

การอาบน้ำยาชิ้นไม้ยางพารา

แปรรูปไม้ยางพาราขนาด $5.08 \times 2.54 \times 0.5$ เซนติเมตร นำมาชั่งน้ำหนักก่อนอาบน้ำยา แล้ว อาบน้ำยาไม้ด้วยกรดบอริกความเข้มข้น 1% กรดบอริก ผสมบอแรกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมกับเฟอร์ฟูลิ แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสม บอแรกผสมกับเฟอร์ฟูลิ แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% โดยกรรมวิธีอาบน้ำยาไม้แบบสุญญากาศ (Vacuum process) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักหลังอาบน้ำยา จดบันทึก จากนั้นคำนวณหาปริมาณตัวยาเข้าไปในเนื้อไม้ (Retention) ในสูตร (1)

$$\text{สูตร} \quad \text{ปริมาณรับน้ำยา (Retention)} \\ = \frac{(T_2 - T_1)}{V} \times \frac{C}{100} \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad (1)$$

จาก T_1 = น้ำหนักก่อนอาบ (กรัม)
 T_2 = น้ำหนักหลังอาบ (กรัม)
 V = ปริมาตรไม้ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
 C = ความเข้มข้นน้ำยา (เปอร์เซ็นต์)

การตรวจหาอัตราการชะล้างของไม้ที่อบน้ำยา

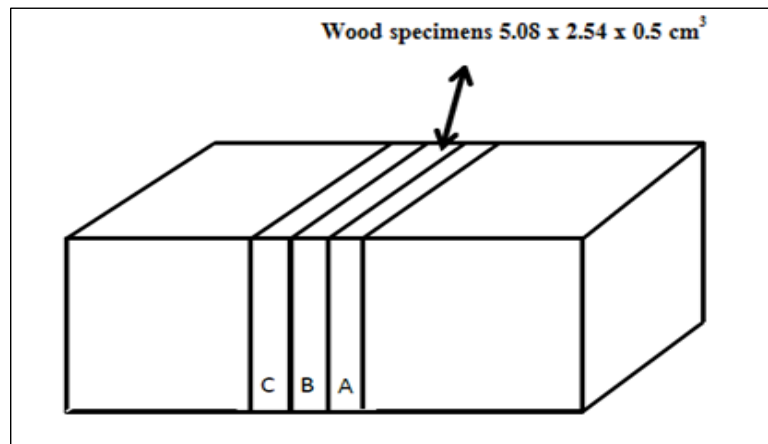


Figure 1 Wood specimens for leachability test procedure.

การตรวจหาอัตราการชะล้างของไม้ยางพาราที่อบน้ำยาด้วยด้วยแต่ละชนิด ให้นำชิ้นไม้ที่อบน้ำยาแล้วแต่ละชิ้นมาตัดตรงกึ่งกลางให้มีขนาด $5.08 \times 2.54 \times 0.5$ เซนติเมตร (Figure 1) จากนั้นทำการทดสอบอัตราการชะล้างตามมาตรฐาน American Wood Protection Association Standard (AWPA) E1-06 โดยปรับสภาวะชิ้นไม้ทดลองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 วัน ซึ่งน้ำหนักจذبบันทึก จากนั้นนำชิ้นไม้ทดลองที่อบน้ำยาแต่ละชนิดแยกใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ปริมาตร 5 เท่าของปริมาตรไม้ แช่ชิ้นไม้ทดลองในน้ำปราศจากไอออน (Deionized) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบ 6 ชั่วโมงถ่ายน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ออกมาเก็บไว้ จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ลงไปใหม่ปริมาตร 5 เท่าของปริมาตรไม้ แช่ชิ้นไม้ทดลองในน้ำปราศจากไอออน (Deionized) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมงถ่ายน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ออกมาเก็บไว้ อีกแล้วเติมน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ใหม่ ปริมาตร 5 เท่าของปริมาตรไม้ แช่ชิ้นไม้ทดลองในน้ำปราศจากไอออน (Deionized) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบ 48

ชั่วโมงเก็บน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ไว้ อีกแล้วเติมน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ใหม่ ปริมาตร 5 เท่าของปริมาตรไม้ และเปลี่ยนน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ทุกๆ 48 ชั่วโมงจนครบ 336 ชั่วโมง ในการเปลี่ยนน้ำปราศจากไอออน (Deionized) แต่ละครั้งจะต้องเก็บน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ที่ได้ไว้ทุกครั้ง เมื่อทำการชะล้างแล้วให้ปรับสภาวะไม้ทดลองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 วัน ซึ่งน้ำหนักจذبบันทึก (American Wood Preservation Association Standard, 2007)

ในการเตรียมสารละลาย Sodium hydroxide (NaOH) ที่ความเข้มข้น 10N เตรียมได้โดยละลาย Sodium hydroxide (NaOH) reagent grade 400 กรัม และปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร หลังจากเตรียมแล้วให้เก็บสารละลายใส่ขวดไว้หลายวัน ในการทดลองครั้งนี้ใช้ Sodium hydroxide (NaOH) ที่ความเข้มข้น 0.25N ดังนั้นในการเตรียม Sodium hydroxide (NaOH) ที่ความเข้มข้น 0.25N ต้องใช้ Sodium hydroxide (NaOH) ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร หากต้องการตรวจสอบความเข้มข้นที่แน่นอนของ Sodium hydroxide (NaOH) ทำได้โดยใช้ Potassium hydrogen

phthalate ที่อบที่ 120°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มาทำให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียด 4 ตำแหน่ง สำหรับการวิเคราะห์ Sodium hydroxide (NaOH) 0.25 N ใช้ Potassium hydrogen phthalate 2.05 กรัม ละลาย Potassium hydrogen phthalate ในน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide-free water) และเติม Phenolphthalein 2-3 หยด ทำการไทเทรตด้วยสารละลายด่างจนเป็นสารละลายเป็นสีแดง (จุดยุติ) (Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 2012)

นำน้ำปราศจากไอออน (Deionized) ที่ทำการชะล้างทั้งหมด มาวิเคราะห์หาปริมาณกรดบอริกโดยวิธีการไทเทรตตามมาตรฐาน British Standard Method (BS 5688 : Part 1) วิธีการคือ นำน้ำที่ได้จากการชะล้าง ปริมาตร 120 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ เติมสารละลายน้ำด่าง แอมโมเนียมปริมาตร 150 มิลลิลิตรลง คนให้เข้ากัน หยดสาร Phenolphthalein ลงไป 0.4 มิลลิลิตร ทำการไทเทรตด้วยสารละลาย Sodium hydroxide (NaOH) จนสารละลายกลายเป็นสีชมพู อ่านค่าที่ได้จากการไทเทรต จดบันทึก (British Standard Method, 1979) นำค่าที่ได้ มาคำนวณหาปริมาณกรดบอริกโดยแทนค่าในสูตร (2) (British Standard Method, 1979)

$$\text{สูตร} \quad \text{ปริมาณกรดบอริก (H}_3\text{BO}_3\text{)} \\ = \frac{V}{M} \times 3.092 \quad (2)$$

เมื่อ V หมายถึง ค่าที่ได้จากการไทเทรต

M หมายถึง มวลของชิ้นไม้บอบแห้ง

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่คำนวณได้ ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีการ Duncan's New Multiple Range Test นอกจากนั้นแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างสารเคมีแต่ละชนิดกับระยะเวลาในการชะล้าง

ผลและวิจารณ์

1. การหาค่าเฉลี่ยปริมาณด้วยที่อยู่ในเนื้อไม้ พบว่า ไม้ยางพาราที่อาบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมบอแรก ความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% กรดบอริกความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% มีปริมาณตัวยาเข้าไปในเนื้อไม้ 4.2766, 4.2312, 4.2174 และ 4.0935 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับตาม Table 1

Table 1 Average retention of the treated rubber woods.

Chemical solution and concentration	Average retention (kg/m ³)
Boric acid 1%	4.2174
Boric acid + Borax 1%	4.2766
Boric acid + Furfuryl alc. 1%	4.0935
Boric acid + Borax + Furfuryl alc. 1%	4.2312

2. การตรวจหาอัตราการชะล้างของไม้ยางพาราที่อาบน้ำยาไม้ด้วยกรดบอริกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% พบว่า

2.1 ไม้ยางพาราที่อาบน้ำยาด้วยตัวยาแต่ละชนิดและทำการชะล้างทั้งหมด 9 ครั้งนั้น พบว่า

ไม้ยางพาราที่มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้บอบแห้งเฉลี่ยมากที่สุดในการชะล้างครั้งแรก คือ ไม้ยางพาราที่อาบน้ำยาด้วยกรดบอริกความเข้มข้น 1% ซึ่งมีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้บอบแห้งเฉลี่ยร้อยละ 0.4361 รองลงมาคือกรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% และกรดบอริก

ผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยร้อยละ 0.4035, 0.3590 และ 0.3354 ตามลำดับ การชะล้างในแต่ละครั้งมีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยลดลง และจะเห็นได้ว่าการชะล้างครั้งสุดท้าย (ครั้งที่ 9) ไม้ยางพาราที่มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ ไม้ยางพาราที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% ซึ่งมีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยร้อยละ 0.1082 รองลงมา คือ กรดบอริกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% ซึ่ง

มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยร้อยละ 0.0676, 0.0624 และ 0.597 ตามลำดับ แต่เมื่อรวมปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยรวม 9 ครั้ง พบว่า พบว่า ไม้ยางพาราที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% มีอัตราการชะล้างมากที่สุด โดยมีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยร้อยละ 1.7270 รองลงมา คือ กรดบอริกที่ความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% โดยมีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยร้อยละ 1.5147, 1.3130 และ 1.2567 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Average boric acid content in leachates of boric acid 1%, 1% mixture of boric acid and borax, 1% mixture of boric acid and furfuryl alcohol and 1% mixture of boric acid + borax + furfuryl alcohol after leaching 336 h in deionized water.

Leaching cycle	Boric acid content (H_3BO_3) (%/weight base on oven dry wood)			
	Boric acid 1%	Boric acid + Borax 1%	Boric acid + Furfuryl alc. 1%	Boric acid + Borax + Furfuryl alc. 1%
6hr	0.4361	0.4035	0.3354	0.3590
24hr	0.3864	0.3450	0.2891	0.2777
48hr (1)	0.1495	0.2293	0.2093	0.1509
48hr (2)	0.1282	0.1541	0.1097	0.1076
48hr (3)	0.0997	0.1358	0.0840	0.0858
48hr (4)	0.0925	0.1248	0.0840	0.0849
48hr (5)	0.0854	0.1174	0.0710	0.0641
48hr (6)	0.0695	0.1091	0.0710	0.0641
48hr (7)	0.0676	0.1082	0.0597	0.0624
Total	1.5147	1.7270	1.3130	1.2567

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างไม้ที่ทดลองที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมบอแรก

ผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% กับระยะเวลาในการชะล้าง มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (the coefficient of determination = R^2) เท่ากับ 0.941, 0.953, 0.916 และ 0.966 ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 2

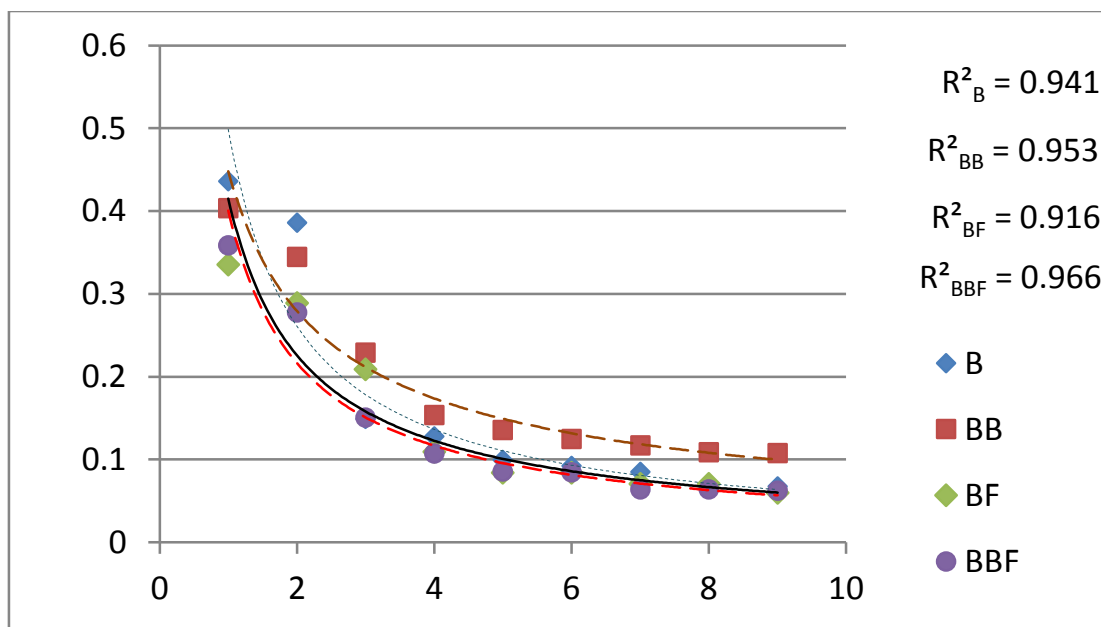


Figure 2 Relationship between average boric acid content in leachates of boric acid 1%, 1% mixture of boric acid and borax, 1% mixture of boric acid and furfuryl alcohol and 1% mixture of boric acid + borax + furfuryl alcohol and leaching cycle.

3. เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยของกรดบอริกที่ถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้ง พบว่าค่าเฉลี่ยของกรดบอริกที่ถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ดังแสดงใน Table 3 และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดบอริกที่ถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งจากไม้ทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ดังแสดงใน Table 4 ผลปรากฏว่าไม้ยางพาราที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% มีอัตราการชะล้างมากที่สุด โดยมีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยร้อยละ 1.7270 รองลงมาคือกรดบอริกที่ความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% โดยมีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้

อบแห้งเฉลี่ยร้อยละ 1.5147, 1.3130 และ 1.2567 ตามลำดับ ไม้ทดลองที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกความเข้มข้น 1% ส่วนไม้ทดลองที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกความเข้มข้น 1% ก็มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% และไม้ทดลองที่อบน้ำยาด้วยด้วยกรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% สำหรับไม้ทดลองที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% กับไม้ทดลองที่อบน้ำยาด้วยกรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% มีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้อบแห้งเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติตาม Table 4

Table 3 ANOVA Analysis of average boric acid content in leachates of boric acid 1%, 1% mixture of boric acid and borax, 1% mixture of boric acid and furfuryl alcohol and 1% mixture of boric acid + borax + furfuryl alcohol after leaching 336 h in deionized water.

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	3	0.411073	0.137024	30.92823**
Error	8	0.035443	0.00443	
Total	11	0.446516		

Note: ** Significant at $p \leq 0.01$

Table 4 Average leaching of rubber wood treated with boric acid 1%, 1% mixture of boric acid and borax, 1% mixture of boric acid and furfuryl alcohol and 1% mixture of boric acid + borax + furfuryl alcohol. (SD = standard deviation)

Chemical solution and concentration	Average leaching	SD
Boric acid 1%	1.7270a	0.0765
Boric acid + Borax 1%	1.5147b	0.0451
Boric acid + Furfuryl alc. 1%	1.3130c	0.0946
Boric acid + Borax + Furfuryl alc. 1%	1.2567c	0.0296

Note: The same alphabets (a, b, c) = The multiple comparisons of average of specific gravity were non-significant

สรุป

ไม้ทดลองที่อาบน้ำด้วยตัวยาแต่ละชนิด และทำการชะล้างทั้งหมด 9 ครั้งนั้น พบว่าไม้ทดลองที่อาบน้ำด้วยกรดบอริกจะถูกชะล้างมากที่สุดในการชะล้างครั้งแรก และจะลดลงในทุกๆครั้งที่ทำการชะล้าง เมื่อทำการชะล้างไม้ทดลองครบ 9 ครั้งแล้ว พบว่าไม้ยางพาราที่อาบน้ำด้วยกรดบอริกผสมบอแรกความเข้มข้น 1% มีอัตราการชะล้างมากที่สุด โดยมีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้บอแรกแห้งเฉลี่ยร้อยละ 1.7270 รองลงมาคือ กรดบอริกที่ความเข้มข้น 1% กรดบอริกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 1% และกรดบอริกผสมบอแรกผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 1% โดยมีปริมาณกรดบอริกถูกชะล้างต่อมวลของชิ้นไม้บอแรกแห้งเฉลี่ยร้อยละ 1.5147, 1.3130 และ 1.2567 ตามลำดับ

จากผลการทดลองแสดงว่า เฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์สามารถลดการชะล้างของกรดบอริกออกจากไม้ยางพาราได้ ดังนั้นไม้ยางพาราสามารถนำมาใช้งานภายนอกที่ไม่สัมผัสกับน้ำโดยตรงได้ โดยการอาบน้ำด้วยสารประกอบโบรอนหรือกรดบอริกที่ผสมเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์

REFERENCES

- American Wood Preservers' Association Standard (AWPA). 2007. **American Wood Preservers' Association Standard**. AWPA E1-06.
- Baysal, E., S.K. Ozaki and M.K. Yalinkilic. 2004. Dimensional stabilization of wood treated with furfuryl alcohol

- catalysed by borate. **Wood science and Technology**. 38: 405-415.
- British Standard Method (BS). 1979. **British Standard Method**. BS5688: Part 1.
- Eaton, R.A. and M.D.C. Hale. 1993. **Wood Decay, Pets and Protection**. Chapman & Hal U.K.
- Goldstein, I.S. 1960. Stable furfuryl alcohol impregnating solution. **IndEng Chem**. 52 (1): 57-58.
- _____. 1955. The impregnation of wood to impart resistance to alkali and acid. **Forest Prod. J.** 5 (4): 265-267.
- Rubber Research Institute of Thailand Ministry of agriculture and Cooperatives. 2012. **Rubberwood 2012**. The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Limited Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). 2012. **Technical Association of the Pulp and Paper Industry**. TAPPI T610 sp-11.
- Veenin T. 2006. **Wood Preservative**. National Science and Technology Development Agency Ministry of Science and Technology, Pathum Thani. (in Thai)
- _____, S. Apinuntam, P. Nimmualsri and A. Wongsiri. 1990. Natural Durability of Timbers. **Technical Documentation of Forestry Conference 1990**. 197-203. (in Thai)
- Yun, R.J. 1991. **Improvement of biological resistance and some physical properties of wood by resin-based treatments and its application to particle board production**. PhD Thesis, Kyoto University.
-