

การพัฒนาสารเคลือบกันน้ำด้วยพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) สำหรับเคลือบบนผิวผลิตภัณฑ์ กระจูด

Development of Water-Repellent Coating from P(VDF-HFP) Polymer for Krajood Product Substrate

จूरืพร ยืนนาน^{1,*}, ชัยภรณ์ แก้วอ่อน¹, อภินทรรัตน์ ชันแกล้ว¹, อุไรวรรณ วันทอง¹ และฉัตรชัย สังข์ผุด¹
Jureeporn Yuennan^{1,*}, Chaiporn Kaew-on¹, Aphinrat Khanklaeo¹, Uraiwan Wanthong¹,
and Chatchai Sangpud¹

(Received: 15 August,2023 ; Revised: 2 October,2023 ; Accepted 20 November,2023)

บทคัดย่อ

กระจูดเป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lepironia articulata* Domin จัดอยู่ในวงศ์ Cyperaceae สามารถเจริญเติบโตได้ง่าย ปัจจุบันหัตถกรรมจักสานจากกระจูดได้รับการส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี สวยงาม งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนาสารกันน้ำจากสารละลายพอลิเมอร์ชนิดพอลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ เฮกซะฟลูออโรโพรไพลีน (Polyvinylidene fluoride hexafluoropropylene; P(VDF-HFP)) ในตัวทำละลายไดเมทิลฟอร์มาไมด์ (Dimethylformamide, DMF) สัดส่วนความเข้มข้นระหว่าง 5 – 25 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) พบว่าได้สารละลายที่ใส และไม่มีสี ได้ค่าความหนืดของสารละลายที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงระหว่าง 16.4 ถึง 1,768 cPs โดยผิวกระจูดที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ความเข้มข้น 25 w/v% มีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำเฉลี่ย $94.3^\circ \pm 6.2$ จัดเป็นพื้นผิวแบบไม่ชอบน้ำ ซึ่งสามารถป้องกันการซึมน้ำ และช่วยให้กระจูดมีการพองตัวน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์กระจูด สารกันน้ำ พอลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ เฮกซะฟลูออโรโพรไพลีน

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

¹ Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 80280

*Corresponding Author, E-mail: jureeporn_yue@nstru.ac.th

Abstract

Krajood is a type of herbaceous plant. Its scientific name is *Lepironia articulate* handicrafts from krajood are continuously being promoted and products are developed in various forms to make good quality and beautiful products. This research aims to study the development of water repellent from polyvinylidene fluoride hexafluoropropylene or P(VDF-HFP) polymer solution in dimethylformamide or DMF solvent with different concentration between 5 – 25 weight/volume percentage (w/v%). It is found a clear and colorless solution. The viscosity of the prepared solution was obtained at a temperature of 24 degrees Celsius in the range of 16.4 to 1,768 cPs. The krajood surface coated with 25 w/v% P(VDF-HFP) polymer solution has an average water contact angle of 94.3 ± 6.2 degree, indicating a hydrophobic surface which can prevent water absorption and least swell in the water.

Keywords: Krajood products, Waterproof, Polyvinylidene fluoride hexafluoropropylene

บทนำ

กระจูดเป็นพันธุ์ไม้จำพวกกก (Sedge) ชนิดหนึ่งในตระกูล Cyperaccae มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Lepironia articulata* ลักษณะลำต้นกลม สีเขียวอ่อน สูงประมาณ 1 - 2 เมตร ออกดอกเป็นกระจุกแน่น กระจูดชอบขึ้นในพื้นที่น้ำขังซึ่งเรียกว่าโพหรือป่าพรุ สามารถเจริญเติบโตได้ง่าย และแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว (Khongwong, Busabok & Ngerchuklin, 2023) ในภาคใต้กระจูดมากในพื้นที่ป่าพรุของตำบลเคร็ง อำเภอยะเอนก จังหวัดนครศรีธรรมราช ชาวบ้านมักจะนำกระจูดมาจักสานเป็นเครื่องใช้ภายในครัวเรือน เนื่องจากกระจูดเป็นพืชที่มีคุณสมบัติที่มีความเหนียว ยืดหยุ่นตัวสูง มีความมันวาว ทนทาน ไม่ขาดง่าย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่โดดเด่น มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน (ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ, 2552) ในปัจจุบันหัตถกรรมจักสานจากกระจูดได้รับการส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี สวยงาม ทนสมัย ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ เช่น เสื่อ กระเป๋า ตะกร้า หมวก กระเป๋า เป็นต้น อีกทั้งยังถูกยกระดับเป็นสินค้าในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ที่สำคัญของชุมชน ทำให้สามารถสร้างรายได้ให้ครอบครัว ชุมชน และประเทศเพิ่มขึ้นด้วย (Suksikarn, 2007)

เนื่องจากสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีฝนตกชุก และมีความชื้นในอากาศสูง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์จากกระจูไวในสภาพแวดล้อมที่อับชื้น มักจะขึ้นราได้ง่าย ผู้ประกอบการหรือชาวบ้านจึงป้องกันโดยการเคลือบแลคเกอร์ (Lacquer) หรือใช้สารเคมีป้องกันเชื้อรา ซึ่งจะทำให้ต้นทุนของสินค้าสูงขึ้นและผลิตภัณฑ์สูญเสียความยืดหยุ่น รวมทั้งความไม่ปลอดภัยจากการสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง และเสี่ยงต่ออันตรายต่อร่างกายหากใช้เป็นเวลานาน เป็นข้อจำกัดในการใช้งาน และส่งผลให้ยอดขายผลิตภัณฑ์ลดลง จึงมีการพัฒนาสารเคลือบพื้นผิววัสดุเพื่อให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ไม่เป็นสารอันตรายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Suksom, Kongboon, Phonnak & Lertworpreecha, 2017) ผลิตภัณฑ์กระจูบางชนิดต้องมีการเคลือบเงาผิวด้วยแลคเกอร์ หรือน้ำมันวานิช (Varnish) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีเงาวาว เพิ่มความสวยงามและกันน้ำ แต่อย่างไรก็ตามสารทั้งสองชนิดมีความเป็นพิษ เสี่ยงต่ออันตรายต่อร่างกายหากใช้เป็นเวลานาน และบางคนก็เกิดอาการแพ้เมื่อสัมผัสผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าหากใช้เป็นเวลานาน หรือผลิตภัณฑ์กระจูสัมผัสน้ำ ทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย เป็นข้อจำกัดในการใช้งาน และส่งผลให้ยอดขายลดลง ปัจจุบันสารเคลือบพื้นผิววัสดุเพื่อให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด อยู่ในรูปของสารแขวนลอยของอนุภาคนาโนซิลิกา ในขั้นตอนการทำให้อนุภาคนาโนซิลิกามีสมบัติไม่ชอบน้ำนิยมใช้พอลิเมอร์ที่โมเลกุลไม่มีขั้ว เช่น เตตระเอท-ทอกซีไซเลน (Tetraethoxysilane: TEOS) ในตัวกลางน้ำ/แอลกอฮอล์ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดหรือเบส (Stein & Thessri, 2018) ในปี 2565 มีการนำโคพอลิเมอร์ชนิดพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ เฮกซะฟลูออโรโพรไพลีน มาเคลือบบนพื้นผิวท่อ Micropillars ด้วยวิธี Nanoimprint Lithography พบว่าหลังจากการเคลือบ 1 ชั้น พื้นผิวมีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวมีค่าประมาณ 150 องศา จัดเป็นพื้นผิวแบบไม่ชอบน้ำยิ่งยวด (Superhydrophobic Surface) (Baji, Gangadoo, Truong, Abtahi, Budiman & Oopath, 2022) ซึ่งโคพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) เป็นฟลูออโรพอลิเมอร์ชนิดโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (Semi-crystalline) เป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ไม่เป็นพิษต่อระบบร่างกาย มีน้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นสูง (Nawae, Tohluebaji, Putson, Muensit, & Yuennan, 2021)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนาสารละลายพอลิเมอร์ที่มีสมบัติกันน้ำ ด้วยพอลิเมอร์ชนิด P(VDF-HFP) ในตัวทำละลายไดเมทิลฟอร์มาไมด์ (Dimethylformamide, DMF) สัดส่วนความเข้มข้นระหว่าง 5 – 25 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) ศึกษาสมบัติลักษณะทางกายภาพ และสมบัติการไม่ชอบน้ำภายหลังจากการเคลือบบนพื้นผิวกระจู

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเตรียมสารละลายที่มีสมบัติความไม่ชอบน้ำสำหรับเคลือบบนพื้นผิวกระจู ด้วยพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ในตัวทำละลาย DMF และทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัวของกระจูภายหลังการเคลือบ

วิธีดำเนินการวิจัย

1) การเตรียมสารกึ่งน้ำเคลือบบนผลิตภัณฑ์กระจก

เตรียมสารเคลือบกึ่งน้ำจากโคพอลิเมอร์ชนิด P(VDF-HFP) (4.5 mol%) (Solef® 11010/1001; Solvay) ละลายในตัวทำละลาย N,N- Dimethylformamide (DMF, C₃H₇NO; D158550; Sigma-Aldrich) กำหนดสัดส่วนพอลิเมอร์และตัวทำละลายเป็น 5 สัดส่วน คือ 5, 10, 15, 20 และ 25 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร (Pyrex) นำสารที่เตรียมได้กวนบนเครื่องกวนสาร (US152, Stuart) ด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง จนพอลิเมอร์ละลายสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นสารละลายที่ใส และไม่มีฟองอากาศ นำไปทดสอบวัดค่าความหนืด (Viscosity) ที่อุณหภูมิห้อง (24.0 ± 1.0 องศาเซลเซียส) ใช้ปริมาณสารละลาย 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่เตรียมได้เคลือบบนชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์กระจกโดยใช้ฟู่กันปาดตัวอย่างละ 5 ครั้งกลับไปกลับมา โดยแบ่งจำนวนตัวอย่างทั้งหมดเป็น 5 ชิ้น ขนาด 5 x 5 ตารางเซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร นำไปอบในตู้อบเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน (ED56, Binder) เปรียบเทียบกับกระจกที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2) การวิเคราะห์สมบัติไม่ชอบน้ำด้วยการวัดมุมสัมผัส (contact angle)

การวัดมุมสัมผัส ซึ่งเป็นมุมสัมผัสระหว่างหยดของของเหลวเทียบกับผิววัสดุ ณ จุดที่ผิวทั้งสองเกาะติดกัน ด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส (Dataphysics OCA-15EC, เยอรมนี) เชื่อมต่อกับโปรแกรม SCA 20 - software for OCA นำน้ำปราศจากไอออน (DI) ใส่ในกระบอกเข็มฉีดยา และใส่ในหัวเข็มของเครื่อง ในการทดสอบมุมสัมผัส 1 ตัวอย่าง ใช้ปริมาณน้ำ 1 หยด ขนาด 2 ไมโครลิตร หยดน้ำเพื่อวิเคราะห์หาค่ามุมสัมผัสจำนวน 3 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของมุมสัมผัสของหยดน้ำ

3) การทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัวของกระจก

การทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยนำกระจกที่เตรียมได้ชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (กำหนดเป็นมวลก่อนการดูดซึมน้ำ) จากนั้นนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที ชั่งด้วยเครื่องชั่งอีกครั้ง (กำหนดเป็นมวลหลังการดูดซึมน้ำ) คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%Ab) ตามสมการที่ (1) (Tohluebaji, Sayoh, & Lateh, 2023)

$$\%Ab = \left(\frac{m_a - m_b}{m_b} \right) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ m_a คือ มวลของกระจกหลังแช่น้ำ (กิโลกรัม)

m_b คือ มวลของกระจกก่อนแช่น้ำ (กิโลกรัม)

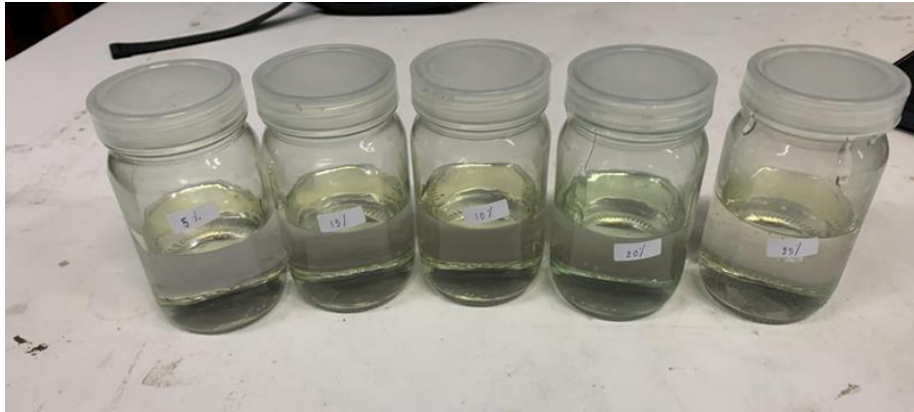
สำหรับการทดสอบการพองตัวของกระจก โดยนำชิ้นกระจกที่เตรียมได้ทั้งหมด มาวัดความหนาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ ก่อนและหลังแช่น้ำ คำนวณเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนา (%L) ตามสมการที่ (2) (Tohluebaji, Sayoh & Lateh, 2023)

$$\%L = \left(\frac{L_a - L_b}{L_b} \right) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ L_a คือ ความหนาของกระจกหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)
 L_b คือ ความหนาของกระจกก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)

ผลการวิจัย

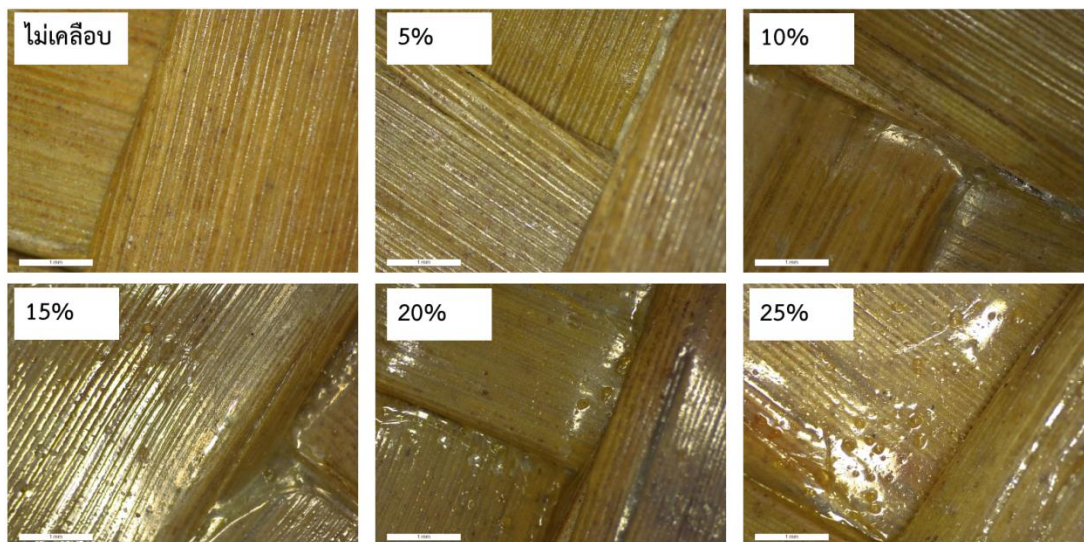
งานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมสารกึ่งนำจากพอลิเมอร์ชนิด P(VDF-HFP) ในตัวทำละลาย DMF ที่ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร พบว่าได้สารละลายที่ใส ไม่มีสี ดังภาพที่ 1 เมื่อนำไปทดสอบวัดความหนืด ได้ค่าความหนืดของสารละลายที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิห้องอยู่ในช่วงระหว่าง 16.4 ถึง 1,768 cPs แสดงดังตารางที่ 1 โดยค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) เพิ่มขึ้น จากนั้นเมื่อนำสารละลายที่เตรียมได้ไปเคลือบบนผิวกระจก แสดงภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอพื้นผิวกระจกที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังภาพที่ 2 พบว่าผิวของกระจกที่เคลือบด้วยสารละลายที่ความเข้มข้น 15% ขึ้นไป พื้นผิวมีความขรุขระ ไม่สม่ำเสมอ มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ ของสารละลายบนพื้นผิว เมื่อวัดค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำ เปรียบเทียบกับกระจกที่ไม่ผ่านการเคลือบ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าเมื่อหยดน้ำบนผิวกระจกที่ไม่ผ่านการเคลือบ หยดน้ำจะกระจายแบนทั่วพื้นผิวกระจก มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ย 26.1 ± 4.1 องศา สำหรับผิวกระจกที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยระหว่าง 36.0 ± 4.0 องศา ถึง 94.3 ± 6.3 องศา โดยค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) เพิ่มขึ้น และสูงกว่าแบบไม่เคลือบ และแบบเคลือบด้วยน้ำมันวานิช เมื่อนำตัวอย่างกระจกมาแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ และเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนา พบว่า กระจกที่ไม่ผ่านการเคลือบ มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ และการพองตัวทางความหนาสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 34.94 ± 2.1 และ 73.82 ± 5.3 ตามลำดับ สำหรับกระจกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้น 25% เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 5.77 ± 1.1 และ 0.44 ± 1.8 ตามลำดับ เนื่องจากสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีความหนืดที่มากที่สุด สามารถเคลือบบนผิวกระจกได้อย่างทั่วถึง น้ำจึงซึมเข้าไปในผิวของกระจกได้ยาก



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายสารละลายพอลิเมอร์กันน้ำที่ความเข้มข้นต่าง ๆ
ตารางที่ 1 ความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

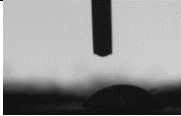
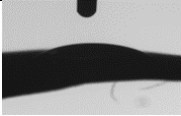
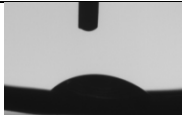
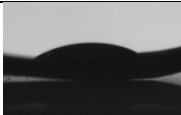
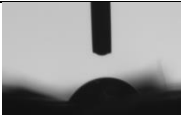
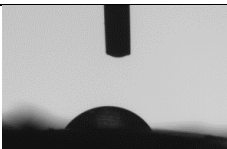
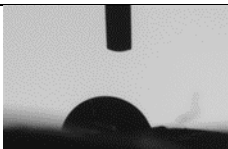
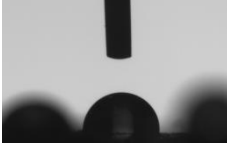
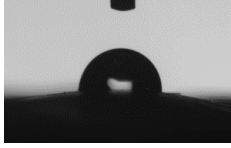
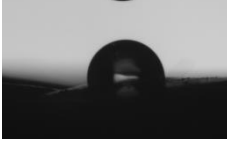
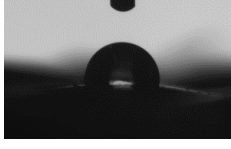
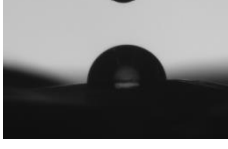
ความเข้มข้นของสารละลาย P(VDF-HFP)	ความหนืด (cPs)
5 w/v%	16.4
10 w/v%	27.7
15 w/v%	98.1
20 w/v%	790.8
25 w/v%	1,678.0

หมายเหตุ: 1 cP = 1 mPa·s



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอพื้นผิวกระจกที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 2 ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผลิตภัณฑ์กระจกที่ไม่เคลือบ และเคลือบด้วยสารกันน้ำ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ตัวอย่างกระจกที่เคลือบ	ภาพและค่าของมุมสัมผัสของหยดน้ำบนผิวกระจกแต่ละตำแหน่ง			ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำเฉลี่ย
ไม่เคลือบ				$26.1^{\circ} \pm 4.1$
	25.5°	30.5°	22.3°	
5 w/v% P(VDF-HFP)				$36.0^{\circ} \pm 4.0$
	35.2°	32.5°	40.3°	
10 w/v% P(VDF-HFP)				$47.5^{\circ} \pm 2.1$
	45.3°	49.4°	47.4°	
15 w/v% P(VDF-HFP)				$56.8^{\circ} \pm 1.3$
	58.2°	55.6°	56.4°	
20 w/v% P(VDF-HFP)				$77.2^{\circ} \pm 7.8$
	75.4°	85.6°	70.4°	
25 w/v% P(VDF-HFP)				$94.3^{\circ} \pm 6.2$
	92.4°	101.2°	89.3°	

ตารางที่ 3 การดูดซึมน้ำ และการพองตัวของกระดูกเมื่อผ่านการแช่น้ำ

ตัวอย่างกระดูก	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)	การพองตัวทางความหนา (%)
ไม่เคลือบ	34.94 ± 2.1	73.82 ± 5.3
น้ำมันวานิช	18.38 ± 1.8	3.33 ± 2.4
5 w/v% P(VDF-HFP)	12.22 ± 2.0	4.26 ± 2.3
10 w/v% P(VDF-HFP)	9.51 ± 1.1	3.90 ± 2.1
15 w/v% P(VDF-HFP)	8.80 ± 1.1	2.71 ± 2.1
20 w/v% P(VDF-HFP)	7.77 ± 1.1	1.82 ± 1.8
25 w/v% P(VDF-HFP)	5.77 ± 1.1	0.44 ± 1.8

อภิปรายผล

จากการเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ในตัวทำละลาย DMF ได้สารละลายที่ใส และไม่มีสี ส่งผลให้ภายหลังการเคลือบบนพื้นผิวกระดูกจะคงรูปลักษณะ และสีเช่นเดิม สำหรับความหนืดเป็นสมบัติของไหลที่สำคัญ เกิดจากการเสียดสีภายในของของไหล และถูกกำหนดให้เป็นความต้านทานของของเหลวต่อการไหล หรือความเค้นเฉือน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบ (Kalyanasundaram, Sundaresan & Hemalatha, 2000) ซึ่งสารเคลือบที่มีความหนืดต่ำจะมีความสม่ำเสมอของการเคลือบต่ำกว่าสารเคลือบที่มีความหนืดสูง เนื่องจากการเกาะติดบนพื้นผิวกระดูกไม่เพียงพอ แต่อย่างไรก็ตามหากสารละลายที่เคลือบนั้นมีความหนืดสูงเกินไป จะทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเคลือบ มีการจับกันเป็นก้อนได้ง่าย สำหรับสารละลายที่เตรียมได้ มีความหนืดน้อยกว่า 2,000 cps เมื่อเปรียบเทียบกับของเหลวในชีวิตประจำวัน จึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการเคลือบ (Bair, Victoria, Andrey & Maxim, 2021; Whale, Bulling & Fry, 2023) เมื่อพิจารณาค่ามอดุลัสของหยดน้ำบนผลิตภัณฑ์กระดูกที่ไม่เคลือบ และเคลือบด้วยสารกันน้ำ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กระดูกที่ไม่ผ่านการเคลือบมีค่ามอดุลัสของหยดน้ำเฉลี่ยต่ำที่สุด จัดเป็นพื้นผิวแบบชอบน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ที่มีการเคลือบด้วยน้ำมันวานิช มีค่ามอดุลัสเฉลี่ย 59.33 องศา (Tamphu & Yuennan, 2023) พบว่าค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกระดูกแบบไม่เคลือบ แต่ยังคงเป็นพื้นผิวแบบชอบน้ำ สำหรับกระดูกที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ความเข้มข้น 25 w/v% มีค่ามอดุลัสของหยดน้ำเฉลี่ยสูงที่สุด จัดเป็นพื้นผิวแบบไม่ชอบน้ำ หากมีน้ำมาเกาะหรือหยดบนผิวกระดูก น้ำจะไม่ซึมเข้าไปในผิวกระดูกทันที ซึ่งสอดคล้องกับผลการดูดซึมน้ำ และการพองตัวของกระดูกเมื่อผ่านการแช่น้ำที่มีค่าน้อยที่สุด โดยสารละลาย P(VDF-HFP) ที่เคลือบบนผิวกระดูก สามารถป้องกันการซึมเข้า และช่วยให้กระดูกมีการพองตัวน้อยที่สุด เนื่องจากพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ซึ่งจัดเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ

สรุปผล

การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ในตัวทำละลาย DMF ได้สารละลายที่ใส และไม่มีสี ได้ค่าความหนืดของสารละลายที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงระหว่าง 16.4 ถึง 1,768 cPs โดยผิวกระจกที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ความเข้มข้น 25 w/v% มีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำเฉลี่ย $94.3^{\circ} \pm 6.2$ จัดเป็นพื้นผิวแบบไม่ชอบน้ำ ซึ่งสามารถป้องกันการซึมน้ำ และช่วยให้กระจกมีการพองตัวน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวัดความหนาและการตรวจสอบความเรียบ สม่ำเสมอของผิวเคลือบ และวิเคราะห์ปริมาณสารเคลือบที่ยึดเกาะบนพื้นผิวกระจกซึ่งจะทำให้สารเคลือบไม่หลุดลอกง่าย ตามมาตรฐานหัตถกรรม จักสานจากกระจก
2. ควรศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราบนผิวกระจกเพิ่มเติมหลังจากการใช้งานเป็นเวลานาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเงินกองทุนเพื่องานวิจัย นวัตกรรม และงานสร้างสรรค์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช (สัญญาเลขที่ 009/2565) และขอขอบคุณจากผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์จากกระจก กระจกวรรณ อ.ชะวอด จ.นครศรีธรรมราช ที่ที่สนับสนุนแผ่นกระจกเพื่อทำวิจัย และให้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับการปัญหาของผลิตภัณฑ์จักสานหัตถกรรมจากกระจก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นอย่างสูงที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย อำนวยความสะดวกและอนุเคราะห์บุคลากรให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัย เป็นผลให้ งานวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ด้วยดี

อ้างอิง

Bair, B. D., Victoria, A., Andrey, V. M., & Maxim, I. P. (2021). Rheological Properties of PVDF Solutions. *Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics*.

- Baji, A., Gangadoo, S., Truong, V. K., Abtahi, M., Budiman, A., & Oopath, S. V. (2022). Fabrication of superhydrophobic polyvinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene films enabled by nanoimprint lithography. *Materials Letters*, 311, 131555.
- Kalyanasundaram, S., Sundaresan, B., & Hemalatha, J. (2000). Study on the viscosity of polymer solutions. *Journal of Polymer Materials*, 17, 91-95.
- Khongwong, W., Busabok, C., & Ngerchuklin, P. (2023). Synthesis of SiC nanowires on biochar surfaces by a simple direct method. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 33(3), 1717.
- Nawae, S., Tohluebaji, N., Putson, C., Muensit, N., & Yuennan, J. (2021). Effect of flow rate on the fabrication of P(VDF-HFP) nanofibers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1719(1), 012070.
- Suksikarn R. (2007). Study and development of Krachud basketry product in Nakhon Si Thammarat province. The 45th Kasetsart University Academic Conference: Education Major, Economics and Business Major, Administration Humanities and social sciences Major. *The 45th Kasetsart University Academic Conference*. 219-226. (in Thai)
- Stein M. and Thessri K. (2018). Coating synthesis Nanoproperties are hydrophobic. and experimental design for learning nanotechnology. *Walailak Procedia* 2018(2):st136. (in Thai)
- Suksom K., Kongboon W., Phonnak C., and Lertworpreecha M. (2017). Efficiency and Effectiveness of Zinc Oxide Nanoparticles Against *Aspergillus* sp. Fungus on Basketry Product from Local Tube Sedge. *7th SCIUS FORUM*, PP2_14_05. (in Thai)
- Tamphu A. and Yuennan J. (2023). Preparation of hydrophobic substances for application to Krajoood. The 8th National Conference on Science and Technology 2023. (139-152) (in Thai)
- Tohluebaji N., Sayoh I. and Lateh N., (2023). The Production of Paper from Krajoood Waste Mixed with Waste Paper from the Office for Community Product Development. *Pridiyathorn Science Journal*. 1(2), 1-12. (in Thai)
- Whale, E., Bulling, A. E. K., & Fry, S. C. (2023). Biochemical characterisation of cellulose and cell-wall-matrix polysaccharides in variously oxidised sugar-beet pulp preparations differing in viscosity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127356.

ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ. (2552). จักสานกระจูด. องค์ความรู้ประเภทเครื่องจักสาน.