

ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ CHẾ ĐỘ ÉP ĐẾN TÍNH CHẤT VẬT LÝ VÀ CƠ HỌC CỦA VÁN DÁN SỬ DỤNG CHẤT KẾT DÍNH TỪ AXIT CITRIC VÀ SUCROSE

Nguyễn Đức Thành¹, Nguyễn Thị Trinh¹,
Nguyễn Văn Định^{1*}, Nguyễn Trọng Nghĩa¹, Tạ Thị Thanh Hương¹,
Nguyễn Thị Phụng¹, Nguyễn Văn Giáp¹, Nguyễn Văn Tuấn²

TÓM TẮT

Bài báo trình bày ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian ép ván đến tính chất cơ lý chủ yếu của ván dán gỗ Keo tai tượng sử dụng axit citric và sucrose làm chất kết dính. Ván dán được tạo ra từ ván bóc gỗ Keo tai tượng và sử dụng hỗn hợp axit citric và sucrose (tỉ lệ theo khối lượng tương ứng 85:15) làm chất kết dính. CA và SU được hòa tan trong nước cất để tạo thành dung dịch có nồng độ 59%. Dung dịch này được sử dụng như chất kết dính với định mức 150 g/m² bề mặt ván bóc. Ván dán được tạo ra dựa trên thông số chế độ ép bao gồm: 3 cấp nhiệt độ ép 180, 200 và 210°C; 3 cấp thời gian ép 12, 14 và 16 phút. Áp suất ép sử dụng là 1,2 MPa. Kết quả nghiên cứu cho thấy chế độ ép có ảnh hưởng đáng kể đến tính chất ván. Không có sự khác biệt nhiều về khối lượng thể tích ở các chế độ ép ván khác nhau. Tuy nhiên, độ trương nở chiều dày, độ bền uốn tĩnh (MOR); mô-đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE) và chất lượng dán dính khác nhau rõ rệt giữa các chế độ ép ván. Tính chất cơ lý của ván dán giảm khi nhiệt độ và thời gian ép tăng. Tính chất cơ học và vật lý đạt giá trị tốt nhất ở chế độ ép: nhiệt độ ép 180°C và thời gian ép 14 phút. Tính chất cơ lý của ván dán ở chế độ ép này tương đương với ván dán đối chứng sử dụng keo UF thuộc loại sử dụng 1 (ván sử dụng trong nhà), ván đạt tiêu chuẩn ASTM D3043-17 và TCVN 8328-2.

Từ khóa: Axit citric, sucrose, ván dán, chất kết dính sinh học, tính chất cơ lý.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chất kết dính gỗ (keo dán gỗ) đóng một vai trò quan trọng trong ngành chế biến lâm sản và là nhân tố chính ảnh hưởng đến việc sử dụng hiệu quả gỗ và lâm sản. Hiện nay, hầu hết keo dán sử dụng trong ngành chế biến gỗ là chất kết dính tổng hợp có nguồn gốc từ quá trình hóa dầu [1]. Trong số đó, keo Ure-Formaldehyde (UF) và keo Phenol-Formaldehyde (PF) là hai loại keo được sử dụng phổ biến nhất trong ngành công nghiệp chế biến gỗ để sản xuất ván dăm, ván dán và sản xuất đồ mộc [2, 3]. Các loại keo dán gỗ này được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp chế biến gỗ vì giá thành thấp và dễ sử dụng. Tuy nhiên, chúng được sản xuất từ nguồn nguyên liệu hóa thạch không có khả năng tái sinh [3–5]. Bên cạnh đó, formaldehyde chứa trong keo dán gỗ có ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường và sức khỏe con người.

Gần đây, nghiên cứu về việc sử dụng axit citric (CA) và sucrose (SU) làm keo dán sinh học cho ván dăm đã được thực hiện [1, 6–10]. Axit citric có thể được sử dụng là một thành phần chính của keo dán (có hoặc không có sucrose) trong sản xuất ván dăm với nhiều loại nguyên liệu lignocellulose [10–13]. Sự hình thành liên kết este giữa CA và các phân tử lignocellulose (nguyên liệu thô hoặc đường sucrose) góp phần làm tăng tính chất cơ lý của ván dăm [6, 9, 14, 15]. Các nghiên cứu khác cho thấy việc bổ sung SU vào ván dăm làm tính chất ván cao hơn so với ván chỉ sử dụng CA [16–18]. Sucrose cung cấp các nhóm hydroxyl bổ sung và hình thành các liên kết giữa este với CA [8, 10, 17].

Tuy nhiên, có rất ít nghiên cứu về sự kết dính của CA và SU của các bề mặt phẳng của ván dán hoặc ván LVL do đặc điểm nguyên liệu là khác nhau, đặc biệt là khi áp dụng với một số lượng lớn các lớp ván bóc ($n > 3$) trong một tấm ván [14, 16]. Để đánh giá tính khả thi của việc ứng dụng chất kết dính CA và SU cho ván dán có chiều dày lớn ở quy mô thương mại, nghiên cứu này thực nghiệm với ván gỗ dán 9 lớp. Ở nghiên cứu trước đã xác định được tỉ lệ phối

¹ Viện Nghiên cứu Công nghiệp rừng, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

² Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Tuyên Quang

*Email: dinh77@gmail.com

trộn giữa CA và SU là 85:15. Trong nghiên cứu này sẽ tập trung vào ảnh hưởng của thông số chế độ ép ván đến tính chất cơ lý của ván dán. Việc tìm ra thông số ép hiệu quả trong sản xuất ván dán sẽ góp phần phát triển một loại vật liệu mới, thân thiện với môi trường cho ngành chế biến gỗ.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Ván bóc gỗ keo tai tượng (*Acacia mangium* Willd.) 9 tuổi, chiều dày ván bóc trung bình 1,8 mm được lấy từ Công ty TNHH Bắc Sơn, tỉnh Vĩnh Phúc. Ván bóc được sấy ở 70°C trong 12 giờ để đạt độ ẩm (MC) xấp xỉ 10%. Chất lượng của ván bóc gỗ keo được đánh giá bằng cách phân loại trực quan dựa trên tiêu chuẩn AS/NZS 2269.0:2012 của Úc và New Zealand [19]. Ván bóc chất lượng cấp độ D-grade (cấp chất lượng tốt nhất) được lựa chọn cho nghiên cứu này.

Hóa chất sucrose (độ tinh khiết $\geq 99,5\%$, nhiệt độ nóng chảy trung bình 180°C) và axit citric (độ tinh khiết $\geq 99,5\%$, nhiệt độ nóng chảy trung bình 156°C) được mua từ Công ty Merck, Đức.

01 loại ván dán sử dụng chất kết dính UF được lấy từ Công ty TNHH Bắc Sơn, tỉnh Vĩnh Phúc để làm mẫu đối chứng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Nghiên cứu tạo ván ở các thông số chế độ ép

Trong nghiên cứu này, tỉ lệ phối trộn nguyên liệu CA và SU là 85:15 (theo khối lượng). Sau đó, hỗn hợp CA và SU được pha trong nước cất để đạt nồng độ 59%. Dung dịch này được sử dụng với định mức 150 g/m² bề mặt ván bóc. Trong nội dung này sẽ bố trí thực nghiệm 2 yếu tố: nhiệt độ ép và thời gian ép. Trong đó, nhiệt độ ép gồm 3 cấp: 180, 200 và 210°C; thời gian ép lựa chọn bao gồm 3 cấp: 12, 14 và 16 phút. Áp suất ép sử dụng là 1,2 MPa.

Ván bóc được cắt thành các tấm nhỏ có kích thước 400 x 400 mm cho phù hợp với kích thước máy ép ván thí nghiệm. Số lớp ván trong 1 tấm là 9 lớp, được sắp xếp sao cho chiều thớ gỗ của các lớp kế tiếp nhau vuông góc với nhau. Ở mỗi chế độ ép ván, 10 tấm ván dán kích thước 400 x 400 x 15 mm sẽ được ép tạo sản phẩm phục vụ việc đánh giá tính chất vật lý và cơ học.

Ván bóc sau khi được tráng keo sẽ tiến hành sấy khô về độ ẩm khoảng 7-8%. Ván sau đó sẽ được ép

dựa trên các thông số công nghệ ép ván nghiên cứu. Chiều dày dự kiến của ván dán là 15 mm. Ngoài ra, nghiên cứu cũng sử dụng 01 mẫu ván đối chứng từ nguyên liệu gỗ keo, sử dụng keo dán UF trên thị trường. Ván dán có chiều dày là 15 mm.

2.2.2. Xác định khối lượng riêng

Khối lượng riêng của ván dán được xác định theo TCVN 5694:2014 [20]. Mẫu thử nghiệm được chuẩn bị và ổn định theo TCVN 11903:2017 [21]. Số lượng mẫu thử nghiệm: 20 mẫu.

Khối lượng riêng, γ , của mỗi mẫu thử, tính bằng g/cm³, theo công thức sau:

$$\gamma = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times d} \times 10^6$$

Trong đó: m là khối lượng của mẫu thử (g); b_1 là chiều dài của mẫu thử (mm); b_2 là chiều rộng của mẫu thử (mm); d là chiều dày của mẫu thử (mm).

Khối lượng riêng của tám ván là giá trị trung bình cộng khối lượng riêng của tất cả các mẫu thử lấy từ tám đó, chính xác đến hàng đơn vị.

2.2.3. Xác định độ trương nở chiều dày

Độ trương nở chiều dày của ván dán được xác định theo TCVN 12445:2018 [22]. Mẫu thử nghiệm được chuẩn bị và ổn định theo TCVN 11903:2017 [21]. Số lượng mẫu thử nghiệm: 20 mẫu.

Độ trương nở chiều dày của mỗi mẫu thử sau 24 giờ ngâm nước, D_n , tính theo phần trăm so với chiều dày ban đầu, chính xác đến 0,1%, như sau:

$$D_n = \frac{d_2 - d_1}{d_1} \times 100$$

Trong đó: d_1 là chiều dày mẫu thử trước khi ngâm (mm); d_2 là chiều dày mẫu thử sau khi ngâm 24 giờ (mm).

2.2.4. Xác định độ bền uốn tĩnh và mô đun đàn hồi tĩnh

Độ bền uốn tĩnh và mô đun đàn hồi tĩnh của ván dán được xác định theo TCVN 12446:2018 [23]. Mẫu thử nghiệm được chuẩn bị và ổn định theo TCVN 11903:2017 [21]. Chiều dài của mẫu thử độ bền uốn tĩnh và mô đun đàn hồi tĩnh song song với chiều thớ gỗ của lớp ván bề mặt. Số lượng mẫu thử nghiệm: 20 mẫu.

- Độ bền uốn tĩnh (σ_u), tính bằng MPa, của mỗi mẫu thử được xác định theo công thức:

$$\sigma_u = \frac{3F_{\max} I_1}{2bd^2}$$

Trong đó: $F_{\max}$ là tải trọng cực đại ghi được (N); I_1 là khoảng cách giữa tâm của các gối tựa (mm); b là chiều rộng mẫu thử (mm); d là chiều dày mẫu thử (mm);

- Mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh (E_m), tính bằng MPa của mỗi mẫu thử, theo công thức sau:

$$E_m = \frac{I_1^3 (F_2 - F_1)}{4bd^3 (a_2 - a_1)}$$

Trong đó: I_1 là khoảng cách giữa các tâm của gối tựa (mm); b là chiều rộng mẫu thử (mm); d là chiều dày mẫu thử (mm); ($F_2 - F_1$) mức tăng tải trọng trên đoạn thẳng của đường cong tải trọng – biến dạng, tính bằng N, trong đó: F_1 xấp xỉ 10%, F_2 xấp xỉ 40% tải trọng tối đa; ($a_2 - a_1$) mức tăng biến dạng tại giữa chiều dài mẫu thử (tương ứng với ($F_2 - F_1$)).

2.2.5. Xác định chất lượng dán dính

Chất lượng dán dính của ván dán được xác định theo TCVN 8328-1:2010 [24]. Mẫu thử nghiệm được chuẩn bị và ổn định theo TCVN 11903:2017 [21]. Số lượng mẫu thử nghiệm: 20 mẫu.

Ván dán được tạo ra với định hướng sử dụng trong nội thất, nên mẫu thử được xử lý trước khi thử độ bền kéo trượt bằng cách ngâm 24 giờ trong nước ở $27 \pm 2^\circ\text{C}$.

- Độ bền kéo trượt của mỗi mẫu thử, f_k , tính bằng MPa, xác định theo công thức sau:

$$f_k = \frac{F}{l_1.b_1}$$

Trong đó: F là lực kéo đứt (N); l_1 là chiều dài vùng thử (mm); b_1 là chiều rộng vùng thử (mm).

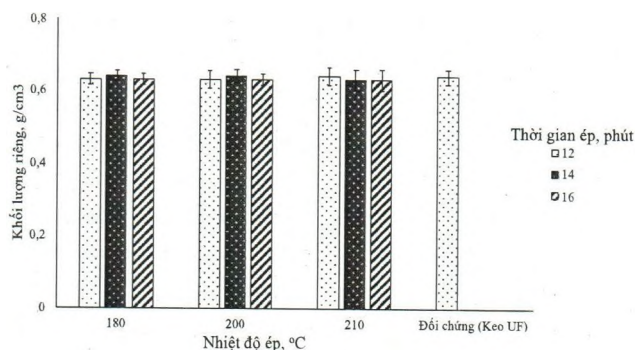
- Tỷ lệ phần trăm hư hỏng ở lớp dán dính được xác định bằng kính lúp, chính xác đến 5%.

Chất lượng dán dính của ván gỗ dán được đánh giá dựa vào thông số độ bền kéo trượt và tỉ lệ phá hủy sợi gỗ theo TCVN 8328-2:2010 [25].

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khối lượng riêng

Khối lượng riêng là một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng của sản phẩm ván nhân tạo. Kết quả thử nghiệm xác định khối lượng riêng của ván dán được thể hiện trong hình 1.



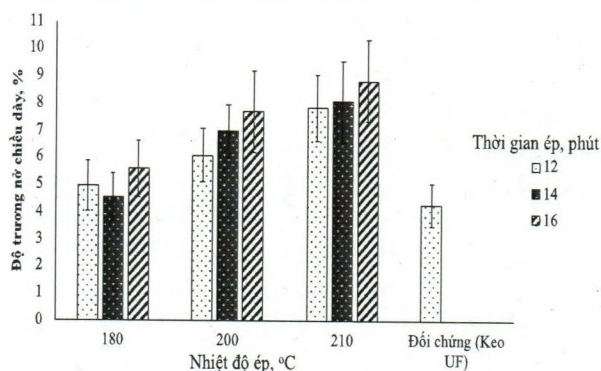
Hình 1. Khối lượng riêng của ván dán

Qua hình 1 cho thấy, khối lượng thể tích của ván dán ở các cấp chế độ ép khác nhau là tương đối giống nhau. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Sukma, 2017 [12], cho thấy khi thay đổi nhiệt độ và thời gian ép thì không có ảnh hưởng lớn đến khối lượng thể tích ván.

Với khối lượng thể tích từ $0,63 \text{ g/cm}^3$ (tương đương với ván dán sử dụng keo UF) thì có thể xếp ván dán vào nhóm III theo tiêu chuẩn TCVN 1072:71 [26] đối với các loại gỗ dùng trong xây dựng và chịu lực. Điều này cho thấy việc sản xuất ván dán đã làm tăng giá trị sử dụng của gỗ keo lên rất nhiều.

3.2. Độ trương nở chiều dày

Độ trương nở chiều dày ảnh hưởng đến tính năng sử dụng ván trong điều kiện chịu ẩm, chịu nước, sử dụng trong đồ mộc ngoại thất. Kết quả xác định độ trương nở chiều dày ván sau khi ngâm nước lạnh 24 giờ được thể hiện ở hình 2.

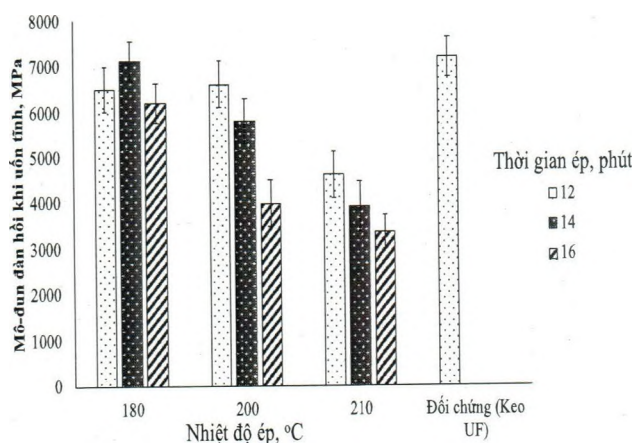


Hình 2. Độ trương nở chiều dày ván dán

Kết quả ở hình 2 cho thấy độ trương nở chiều dày của ván dán ở các chế độ ép nhiệt khác nhau là rất khác nhau. Điều này được lý giải do phản ứng tạo liên kết giữa CA và SU với thành phần hoá học gỗ đã ảnh hưởng đáng kể đến khả năng ổn định kích thước của vật liệu. Nghiên cứu về liên kết giữa hỗn hợp CA:SU và thành phần hóa học của gỗ cho thấy CA

liên kết với cả nhóm hydroxyl của SU và thành phần hóa học gỗ thông qua liên kết ester [12, 14]. Ở thông số chế độ ép phù hợp sẽ tạo ra các liên kết này càng nhiều, dẫn đến độ ổn định của ván càng cao, độ trương nở chiều dày của ván càng nhỏ.

Độ trương nở chiều dày ván sau khi ngâm trong nước của ván dán có xu hướng tăng dần khi nhiệt độ và thời gian ép tăng lên. Nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng ở nhiệt độ cao và thời gian ép dài sẽ gây ra quá trình caramen hóa của SU (caramelization). Chất này làm ảnh hưởng đáng kể đến khả năng liên kết của keo dán và ván bóc [17]. Do đó, ảnh hưởng lớn đến tính chất cơ lý của ván dán.



Hình 3. Độ bền uốn tĩnh của ván dán

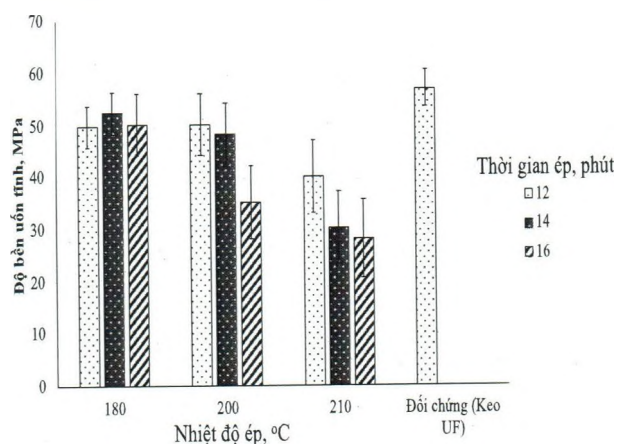
Kết quả nghiên cứu cho thấy độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE) của ván dán từ gỗ Keo tai tượng ở các chế độ ép ván khác nhau là rất khác nhau. Độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE) của ván có xu hướng giảm dần khi thời gian và nhiệt độ ép tăng lên. Điều này có thể lý giải rằng khi lượng SU bị caramen hóa quá nhiều sẽ làm ảnh hưởng đến khả năng dán dính của vật liệu. Độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE) của ván đạt giá trị cực đại, tương ứng với 52,36 MPa và 7.122 MPa, ở chế độ ép 180°C và thời gian ép 14 phút.

Theo tiêu chuẩn ASTM D3043-17 [27], độ bền uốn tĩnh cho ván gỗ dán tiêu chuẩn nằm trong phạm vi từ 20,7 đến 48,3 MPa. Sản phẩm ván dán sau khi kiểm tra có độ bền uốn tĩnh nằm trong khoảng 32-51 MPa. Với kết quả thử nghiệm này, sản phẩm ván dán thân thiện môi trường được kiểm tra vượt mức tối thiểu về độ bền uốn tĩnh theo tiêu chuẩn ASTM D3043-17.

Giá trị độ trương nở chiều dày ván đạt giá trị tối thiểu ở nhiệt độ ép 180°C và thời gian ép 14 phút, đạt 4,52% tương đương với mẫu ván dán sử dụng keo UF. Ở chế độ ép 180°C, 12 phút và 210°C, 12 phút có giá trị tương đồng, đạt khoảng 5%. Độ trương nở chiều dày ván có giá trị cao ở chế độ có thời gian ép dài, nhiệt độ ép cao (210°C, 14 phút và 210°C, 16 phút), đạt khoảng 8,5%.

3.3. Độ bền uốn tĩnh và mô-đun đàn hồi tĩnh

Kết quả thử độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô-đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE) của mẫu có chiều dài mẫu song song với chiều thớ của lớp ngoài cùng được thể hiện trong hình 3 và hình 4.



Hình 4. Mô-đun đàn hồi khi uốn tĩnh của ván dán

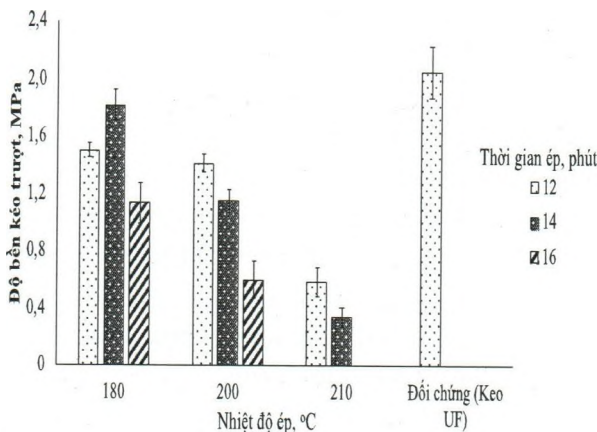
3.4. Chất lượng dán dính

Kết quả xác định chất lượng dán dính (độ bền kéo trượt và tỉ lệ gỗ bị phá hủy) của ván dán ở các chế độ ép ván khác nhau được thể hiện trong hình 5 và hình 6.

Kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng dán dính của ván dán từ gỗ Keo tai tượng ở các chế độ ép khác nhau là rất khác nhau. Điều này được lý giải do phản ứng tạo liên kết giữa CA và SU với thành phần hóa học gỗ đã ảnh hưởng đáng kể đến khả năng ổn định kích thước của vật liệu. Độ bền kéo trượt màng keo của ván có xu hướng giảm dần khi nhiệt độ và thời gian ép tăng lên. Điều này do ở nhiệt độ cao và thời gian ép dài sẽ làm ảnh hưởng đến khả năng dán dính của vật liệu. Độ bền kéo trượt màng keo của ván đạt giá trị cực đại ở nhiệt độ ép 180°C và thời gian ép 14 phút, đạt 1,82 MPa. Ở chế độ ép 180°C, 12 phút và 200°C, 12 phút có chất lượng dán dính đạt khoảng 1,5 MPa.

Khi so sánh kết quả thử nghiệm được nêu trên với tiêu chuẩn TCVN 8328-2 [25] cho thấy sản phẩm ván dán sử dụng chất kết dính CA và SU ở 6 chế độ ép ván: 180°C, 12 phút; 180°C, 14 phút; 180°C, 16 phút; 200°C, 12 phút; 200°C, 14 phút; 210°C, 12 phút đạt yêu cầu về chất lượng dán dính cho ván sử dụng trong nhà (bao gồm độ bền kéo trượt màng keo và tỉ lệ phá hủy sợi gỗ). Bên cạnh đó, 02 mức chế độ nhiệt

độ và thời gian ép là 200°C, 16 phút và 210°C, 14 phút có độ bền kéo trượt màng keo trong khoảng 0,34-0,59 Mpa nhưng không đạt tỉ lệ phần trăm lượng gỗ bị phá hủy (< 60%) theo TCVN 8328-2 [25]. Đặc biệt, ở chế độ ép 210°C, 16 phút thì các mẫu bị bong tách hoàn toàn sau khi xử lý ngâm nước nên không thể xác định được chất lượng dán dính ở chế độ ép này.



Hình 5. Độ bền kéo trượt của ván dán

4. KẾT LUẬN

Ảnh hưởng của thông số chế độ ép (nhiệt độ và thời gian) đến tính chất cơ học và vật lý của ván dán sử dụng chất kết dính từ CA và SU đã được đánh giá thông qua 4 chỉ tiêu chính: Khối lượng riêng, độ trương nở chiều dày, độ bền uốn tĩnh và mô-đun đàn hồi khi uốn tĩnh, chất lượng dán dính. Kết quả cho thấy:

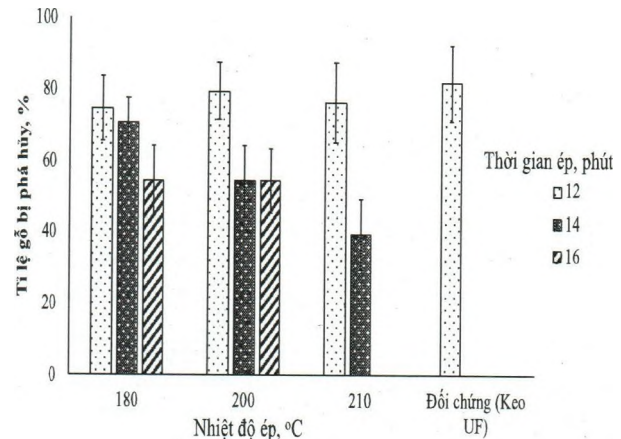
- Khối lượng riêng của ván không có sự biến động giữa các chế độ ép nhiệt khác nhau.

- Chế độ ép có ảnh hưởng lớn đến độ trương nở chiều dày, độ bền uốn tĩnh và mô-đun đàn hồi khi uốn tĩnh; chất lượng dán dính của ván dán sử dụng chất kết dính từ CA và SU. Tính chất cơ học và vật lý của ván dán có xu hướng giảm khi tăng nhiệt độ và thời gian ép.

- Chế độ ép nhiệt tại nhiệt độ ép ván: 180°C và thời gian ép 14 phút cho chất lượng ván tốt nhất. Tính chất cơ học và vật lý của ván dán tương đương với ván sử dụng keo UF.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. He Z (2017). Bio-based Wood Adhesives. CRC Press, USA.
2. Sukma S. Kusumah, Arinana Arinana, Yusuf



Hình 6. Tỉ lệ gỗ bị phá hủy

S. Hadi, Ikhsan Guswenrivo, Tsuyoshi Yoshimura, Kenji Umemura, Soichi Tanaka KK (2017). Utilization of Sweet Sorghum Bagasse and Citric Acid in the Manufacturing of Particleboard. III: Influence of Adding Sucrose on the Properties of Particleboard. BioResources 12:7498–7514. https://doi.org/10.1007/978-94-011-6065-0_3.

3. Wypych G (2005). Handbook of Adhesion. John Wiley & Sons, Ltd. USA.

4. Xi X, Wu Z, Pizzi A, *et al.* (2018). Furfuryl alcohol-aldehyde plywood adhesive resins. J Adhes 96:814–838. <https://doi.org/10.1080/00218464.2018.1519435>.

5. Charles Q. Yang, Yufeng Xu DW (1996). FT-IR spectroscopy study of the polycarboxylic acids used for paper wet strength improvement. Ind Eng Chem Res 35:4037–4042.

6. Mantanis GI, Athanassiadou ET, Barbu MC, Wijnendaele K (2017). Adhesive systems used in the European particleboard, MDF and OSB industries*. Wood Mater Sci Eng 13:104–116. <https://doi.org/10.1080/17480272.2017.1396622>

7. Ragil Widyorini, Kenji Umemura, Alfredo Septiano, Dayu Kemalasari Soraya, Greitta Kusuma

- Dewi WDN (2018). Manufacture and Properties of Citric Acid-Bonded Composite Board made from Salacca Frond: Effects of Maltodextrin Addition, Pressing Temperature, and Pressing Method. *BioResources* 13:8662–8676.
8. Kusumah SS, Arinana A, Hadi YS, *et al.* (2017). Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid in the manufacturing of particleboard. III: Influence of adding sucrose on the properties of particleboard. *BioResources* 12:7498–7514. <https://doi.org/10.15376/biores.12.4.7498-7514>.
 9. Syamani FA, Kusumah SS, Astari L, *et al.* (2018). Effect of pre-drying time and citric acid content on Imperata cylindrica particleboards properties. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 209:. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/209/1/012034>.
 10. Umemura K, Sugihara O, Kawai S (2013). Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard. *J Wood Sci* 59:203–208. <https://doi.org/10.1007/s10086-013-1326-6>.
 11. Umemura K, Sugihara O, Kawai S (2015). Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard II: effects of board density and pressing temperature. *J Wood Sci* 61:40–44. <https://doi.org/10.1007/s10086-014-1437-8>.
 12. Sukma SK (2017). Development of particleboard made from sweet sorghum bagasse and citric acid. Kyoto University.
 13. Widyorini R, Nugraha PA, Rahman MZA, Prayitno TA (2016). Bonding Ability of a New Adhesive Composed of Citric. *Bioresour Technol* 11:4526–4535.
 14. Claudio Del Menezzi, Siham Amirou, Antonio Pizzi 2, Xuedong Xi LD (2018). Reactions with Wood Carbohydrates and Lignin of Citric Acid as a Bond Promoter of Wood Veneer Panels. *Polymers* (Basel) 10.
 15. Nitin G. Kanse, Mokal Deepali, Patil Kiran, Bhandurje Dhanke, Bhandurje Priyanka PD (2017). A review on citric acid production and its applications. *Int J Curr Adv Res* 6:5880–5883.
 16. Zhao Z, Hayashi S, Xu W, *et al.* (2018) A novel eco-friendly wood adhesive composed by sucrose and ammonium dihydrogen phosphate. *Polymers* (Basel) 10:. <https://doi.org/10.3390/polym10111251>.
 17. Zhao Z, Miao Y, Yang Z, *et al.* (2018). Effects of sulfuric acid on the curing behavior and bonding performance of tannin-sucrose adhesive. *Polymers* (Basel) 10:1–13. <https://doi.org/10.3390/polym10060651>.
 18. Zhao Z, Sakai S, Wu D, *et al.* (2019). Further exploration of sucrose-citric acid adhesive: Investigation of optimal hot-pressing conditions for plywood and curing behavior. *Polymers* (Basel) 11:1–14. <https://doi.org/10.3390/polym11121996>.
 19. Australian/New Zealand standard (2012). AS/NZS 2269.0:2012 Plywood - Structural - - Part 0: Specifications. Aust Zeal Stand.
 20. Tiêu chuẩn Việt Nam (2014). TCVN 5694:2014 Ván gỗ nhân tạo – Xác định khối lượng riêng.
 21. Tiêu chuẩn Việt Nam (2017). TCVN 11903:2017 Ván gỗ nhân tạo – Lấy mẫu và cắt mẫu thử nghiệm.
 22. Tiêu chuẩn Việt Nam (2018). TCVN 12445:2018 Ván gỗ nhân tạo - Xác định độ trương nở khi ngâm nước.
 23. Tiêu chuẩn Việt Nam (2018). TCVN 12446:2018 Ván gỗ nhân tạo – Xác định độ bền uốn tĩnh và mô đun đàn hồi tĩnh.
 24. Tiêu chuẩn Việt Nam (2010). TCVN 8328-1:2010 Ván gỗ dán – Chất lượng dán dính – Phần 1: Phương pháp thử.
 25. Tiêu chuẩn Việt Nam (2010). TCVN 8328-2:2010 Ván gỗ dán – Chất lượng dán dính – Phần 2: Các yêu cầu.
 26. Tiêu chuẩn Việt Nam (1971). TCVN 1072:71 Gỗ - Phân nhóm theo tính chất cơ lý.
 27. American Society for Testing and Materials (1993). ASTM D3043 - 17. Standard Methods of Testing Structural Panels in Flexure. Am Soc Test Mater.

THE EFFECT OF PRESSING PARAMETERS ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF
PLYWOOD BONDED WITH CITRIC ACID AND SUCROSE

Nguyen Duc Thanh, Nguyen Thi Trinh,
Nguyen Van Dinh, Nguyen Trong Nghia, Ta Thi Thanh Huong,
Nguyen Thi Phuong, Nguyen Van Giap, Nguyen Van Tuan

Summary

In this article, the effect of pressing temperature and time on the physical and mechanical properties of plywood bonded with citric acid (CA) and sucrose (SU) was investigated. The plywood was fabricated from *Acacia mangium* wood veneers and a mixture of CA and SU with a weight ratio 85:15. The CA and SU were dissolved in water at a concentration of 59%. The usage of CA-SU aqueous solution was 150 g/m². Plywood was fabricated based on following pressing parameters: 3 levels of pressing temperature 180°C, 200°C and 210°C; 03 levels of pressing time 12, 14 and 16 minutes. The pressing pressure was 1.2 MPa. The results showed that the pressing parameters had a significant effect on the plywood board properties. There was little difference in density of plywood at different pressing modes. However, thickness swelling, modulus of rupture (MOR), the modulus of elasticity in static bending (MOE) and the bonding quality differed significantly among the pressing modes. The physical and mechanical properties of plywood decrease with increasing of the temperature and pressing time. The most physical and mechanical properties reached in 180°C pressing temperature and 14 minutes pressing time. The physico-mechanical properties of plywood in this pressing mode are comparable to that of the control plywood using UF adhesive (for normal interior climate) and meet the requirements of the ASTM D3043-17, TCVN 8328-2 standards.

Keywords: *Citric acid, sucrose, plywood, bio-adhesive, physical and mechanical properties.*

Người phản biện: PGS.TS. Trịnh Hiền Mai

Ngày nhận bài: 10/5/2021

Ngày thông qua phản biện: 10/6/2021

Ngày duyệt đăng: 17/6/2021

ĐÍNH CHÍNH

Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 13 (số 412), kỳ 1 tháng 7 năm 2021, trang 3 - 13 có đăng bài báo "Xác định bộ chỉ tiêu sử dụng đất trong quy hoạch tỉnh có tính đến mối liên kết vùng và biến đổi khí hậu vùng đồng bằng sông Hồng" tác giả: Vũ Lệ Hà (Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội), Nguyễn Cao Huân (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội), Thái Thị Quỳnh Như (Tổng cục Quản lý đất đai, Bộ Tài nguyên và Môi trường). Trong quá trình soạn thảo do sơ xuất đã viết thiếu lời cảm ơn trong bài báo, nay xin được bổ sung như sau:

LỜI CẢM ƠN

Công trình này thể hiện kết quả nghiên cứu khoa học của đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu sơ sở khoa học xây dựng phương án quy hoạch sử dụng đất trong mối liên kết vùng và biến đổi khí hậu", Mã số: TNMT.2018.01.04."

Thành thật xin lỗi quý bạn đọc!

Nhóm tác giả bài báo