

KHẢO SÁT CÁC ĐIỀU KIỆN TRÍCH LY SUBERIN TỪ CẶC BÀN VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA SUBERIN ĐẾN TÍNH CHẤT MỰC IN OFFSET

Văn Phạm Đan Thủy, Nguyễn Minh Trí, Trần Trung Tín, Nguyễn Phương Thảo

Trường Đại học Cần Thơ, Khu II, Đường 3/2, Quận Ninh Kiều, Thành phố Cần Thơ

Đến Tòa soạn 6-12-2015; Chấp nhận đăng 19-02-2016

Abstract

In this study, the roots of *sonneratia caseolaris* collected in Luc Si Thanh islands, Vinh Long province, Viet Nam were used to isolate suberin. The treated roots were ground by IKA-M20 Universal Mill (IKA, Germany). The powder was extracted sequentially with dichloromethane, ethanol and water in a Soxhlet apparatus in 8 hours for each solvent. The extractive-free powder was then treated by two different processes. In the first process, the powder was soaked and stirred in NaOH 18 % solution at 110 °C in various investigating time, such as 7, 8, 9, 10, 11 and 12 hours. In the second process, before soaked in NaOH 18 % solution as mentioned in the former, powder was soaked in the mixture of ethanol and water with the ratio of 1:1 in volume. The obtained suberin was characterized by using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and thermogravimetric analysis (TGA). The experimental results confirmed that the obtained product was suberin which is in good agreement with the results reported by N. Cordeiro et al. in 2000. The mass of isolated suberin was found to increase with the increase in the soaking time in NaOH 18 % solution for both methods. The effects of suberin on the properties of offset ink including the drying behavior, the flow properties were investigated. The stack test was performed to compare drying behavior of the ink and the suberin-added ink. The stack test showed that the optimum weight percentage of suberin in offset ink is 4 wt%. 4 wt% of suberin in ink also expressed the best flow properties.

Keywords. *Sonneratia caseolaris*, suberin, offset ink.

1. GIỚI THIỆU

Suberin là một loại hoạt chất được tìm thấy ở hầu hết các loài thực vật. Suberin phân bố trong các mô tế bào biểu bì thứ cấp ở thân và rễ cây. Suberin giúp cây điều chỉnh lượng nước và khoáng trong các mô. Trong thực vật, suberin thường phân bố và trộn lẫn với lignin và cellulose. Các giai đoạn phát triển mà các lớp mô tổng hợp suberin mãnh liệt nhất còn gọi là giai đoạn ngấm “bần” hay ngấm “suberin” [1].

Suberin là một loại polyester có cấu trúc phức tạp vẫn chưa được xác định rõ bao gồm các gốc axit hữu cơ, axit phenolic, glycerol, và một lượng nhỏ các gốc ancol béo (mạch dài, không nhánh) [2]. Các monomer chính trong phân tử suberin là nhóm acid béo ω -hydroxy (chiếm từ 11-64 % khối lượng), acid α - ω dicarboxylic (chiếm từ 6-45 % khối lượng) [3].

Suberin có chứa các gốc axit béo (mạch cacbon dài không nhánh) nên có tính chất như các chất hoạt động bề mặt. Suberin dạng sệt được trích ly từ cây sồi (cork) có năng lượng bề mặt là 42 mJ.m⁻², được xác định bằng phương pháp đo góc tiếp xúc với các chất lỏng có độ phân cực khác nhau ở 25 °C (phương pháp Owens-Wendt). Suberin ở kích thước hạt micro có nhiệt độ nóng chảy T_m khoảng 45°C,

hiệu độ chuyển thủy tinh T_g khoảng -50 °C, nhiệt độ phân hủy khoảng 280 °C và tỉ trọng RD là 1,08 ở nhiệt độ phòng [3].

Suberin là hợp chất phổ biến trong giới thực vật, là nguồn vật liệu xanh, thích hợp với bối cảnh các nước đang thực hiện chính sách hạn chế sử dụng nguồn nguyên liệu có nguồn gốc hóa thạch. Vì nguyên nhân đó, công tác nghiên cứu ứng dụng suberin thay cho các nguyên liệu có nguồn gốc hóa thạch là điều cấp bách, cần thực hiện. Năm 2000, tại Bồ Đào Nha, N. Coraido đã tiến hành trích ly suberin - một loại polyeste từ cây sồi (cork) làm nguyên liệu cho mực in offset sử dụng hệ mực CMYK [1]. Nghiên cứu của ông đã chứng minh được sự có mặt của suberin đã làm tăng chất lượng mực in, cụ thể là giảm độ nhớt và tăng tính chảy của mực.

Việc chuyển giao đề tài của N. Coraido vào tình hình thực tiễn của nước ta là điều cần thiết để góp phần nâng cao chất lượng các sản phẩm mực in có trong nước. Quá trình trích ly suberin từ cây sồi theo phương pháp của N. Coraido nếu áp dụng vào nước ta sẽ không khả thi do cây sồi không phổ biến ở Việt Nam. Vì lý do đó, việc tìm ra nguồn nguyên liệu mới để trích ly suberin và có khả năng ứng dụng cải tiến

tính chất của mực in offset đóng vai trò quan trọng. Dựa vào các tài liệu tổng quan và các bài báo khoa học có giá trị [4-6] đã được công bố trên các tạp chí khoa học trong và ngoài nước cho thấy việc sử dụng các bản để trích ly suberin là khả quan, phù hợp với tình hình thực tiễn tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Các bản được thu nhận tại cù lao Lục Sĩ Thành, huyện Trà Ôn, tỉnh Vĩnh Long vào tháng 6 năm 2015. Sau đó được rửa sạch, loại bỏ phần sâu, được bóc vỏ, nghiền nhuyễn bằng máy nghiền IKA-M20 (IKA, Đức) và sấy đến khối lượng không đổi để thu bột bản khô.

2.2. Phương pháp

2.2.1. Khảo sát phương pháp trích ly suberin từ các bản

Bột bản khô thu được sẽ được trích ly bằng phương pháp Soxhlet lần lượt với các dung môi như diclorometan, etanol, nước cất trong 8 giờ. Sau đó, bột bản sẽ được sấy khô đến khối lượng không đổi và được xử lý theo 2 phương pháp:

Phương pháp 1: Mẫu sau khi Soxhlet được đun với dung dịch NaOH 18 % ở 110 °C trong các khoảng thời gian: 7, 8, 9, 10, 11 và 12 giờ trên máy khuấy từ IKA – HS4 (IKA, Đức).

Phương pháp 2: Mẫu sau khi soxhlet được đun với hệ dung môi etanol: nước (tỉ lệ thể tích 50:50) chứa 0,3 M NaOH ở 85 °C trong 4 giờ. Sau đó, mẫu được sấy đến khối lượng không đổi và đun tiếp với NaOH 18 % ở 110 °C trong các khoảng thời gian khác nhau như phương pháp 1.

Mẫu sau khi đun tồn tại thành hai phần huyền phù màu nâu và phần cặn dưới đáy. Tiến hành loại bỏ phần cặn thu lấy huyền phù. Ly tâm thu suberin từ huyền phù bằng thiết bị ly tâm tốc độ cao Hettich MIKRO-220R (Hettich, Đức).

Mẫu thu được sau quá trình trích ly sẽ được định tính bằng phương pháp đo phổ hồng ngoại FTIR và phân tích nhiệt trọng lượng TGA.

2.2.2. Khảo sát sự ảnh hưởng của suberin đến tính chất mực in offset

Loại mực in offset được sử dụng trong đề tài là loại mực in “khô” gốc dầu, dùng cho kỹ thuật in offset tờ rời. Khảo sát sự phân tán của suberin trong 3 loại dầu khác nhau là dầu silicone, dầu olive và dầu đậu nành để tìm ra loại dầu tạo hệ phân tán tốt

và bền với suberin. Sau khi đã tìm ra loại dầu tối ưu, hệ dầu và suberin được pha vào mực in và khuấy đều bằng máy khuấy từ để tránh vón mực và phân tán đều suberin trong mực in.

Độ tõe và độ chảy của mực in được khảo sát nhằm đánh giá sơ bộ các tính chất vật lý của mực in trước và sau khi thêm suberin, cũng như ảnh hưởng của dầu dùng để phân tán suberin. Độ tõe của mực được đo bằng vật chuẩn 200 g và 2 lam kính [7]. Đo độ tõe của mực là phương pháp so sánh độ nhớt của hai loại mực in khác nhau (chỉ áp dụng cho mực in đặc). Phương pháp được thực hiện đơn giản, không xác định được chính xác độ nhớt tuyệt đối của mực, nhưng lại tỏ ra hiệu quả trong các thí nghiệm phân tích sơ bộ tính chất các loại mực trước khi tiến hành đo bằng nhớt kế. Độ chảy của mực in là một trong các tính chất quan trọng cần quan tâm trong quá trình in ấn. Khi mực in chảy chậm sẽ làm độ dày lớp mực tăng lên trên bề mặt in dẫn đến tình trạng lem mực hay mực bị dính chồng lên trang giấy khác trong quá trình đóng sách. Không những vậy, độ dày lớp mực tăng dẫn đến các tính chất quang học của mực sẽ giảm, giảm độ sắc nét của bản in. Cụ thể, đặt lam kính sạch trên góc cố định. Trong nghiên cứu này, góc nghiêng bằng 81°. Sau đó nhỏ một giọt mực lên lam kính và kiểm tra sự chảy của giọt mực đó trong 2 giờ. Giọt mực chảy càng xa vị trí ban đầu chứng tỏ loại mực đó có độ chảy càng tốt [8].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

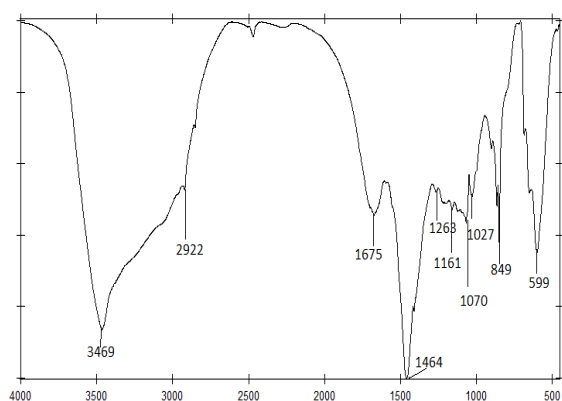
3.1. Tính chất mẫu thu được sau quá trình trích ly

Mẫu thu được sau quá trình trích ly tồn tại ở dạng bột mịn màu vàng nhạt, không tan trong nước, etanol, dung dịch NaOH.

3.2. Kết quả phân tích phổ FTIR mẫu suberin thu được

Phổ FTIR (hình 1) cho thấy mẫu sau quá trình trích ly có nhóm chức OH ở tần số hấp thụ 3469 cm^{-1} và nhóm CH ở hai đỉnh có tần số hấp thụ lần lượt là 2922 cm^{-1} và 2851 cm^{-1} , các nhóm chức này tương ứng với các gốc aliphatic trong lignin và các hợp chất carbohydrate, đặc biệt là suberin. Pic ở tần số hấp thụ 1675 cm^{-1} thể hiện liên kết C=C của các loại hợp chất có mạch giống alkene trong thành phần, 1464 cm^{-1} là tần số hấp thụ đặc trưng cho liên kết C-C (trong vòng thơm) của các loại cacbohydrat thơm. Ngoài ra, phổ FTIR trên còn thể hiện nhóm chức CO ở các tần số hấp thụ 1161 cm^{-1} và 1263 cm^{-1} , đây là đặc trưng cho liên kết CO của các hợp chất este [9]. Việc phân tích các nhóm chức đặc

trung của mẫu khảo sát bằng phương pháp FTIR cho thấy mẫu thu được từ các bản cũng tương tự như mẫu suberin thu được từ cây sồi trong nghiên cứu của Alessandro Gandini, năm 2006 [3]. Nói cách khác, mẫu thu được sau quá trình trích ly từ các bản chính là suberin.

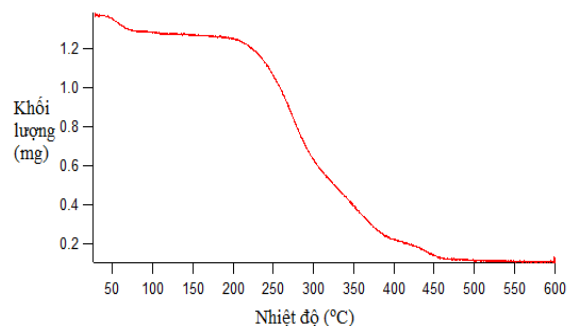


Hình 1: Kết quả phân tích phổ hồng ngoại FTIR của mẫu suberin thu được

3.3. Kết quả phân tích mẫu suberin thu được bằng phương pháp phân tích nhiệt trọng lượng TGA

Kết quả phân tích mẫu suberin thu được bằng phương pháp phân tích nhiệt trọng lượng TGA được trình bày ở hình 2. Kết quả phân tích TGA cho thấy mẫu thu được sau quá trình trích ly từ các bản đã phân hủy hết 90.762 % khối lượng khi gia nhiệt đến

600 °C. Thêm vào đó, kết quả TGA còn thể hiện pic nhiệt độ phân hủy chính ở 284,77 °C hoàn toàn phù hợp với nhiệt độ phân hủy của suberin (khoảng 280 °C) [3] và lượng mẫu phân hủy ở pic này 0,746 mg tương ứng với 54.692 % khối lượng mẫu.



Hình 2: Kết quả phân tích nhiệt trọng lượng TGA của mẫu suberin thu được

Kết quả này, một lần nữa khẳng định mẫu thu được sau quá trình trích ly từ các bản là suberin. Ngoài ra, kết quả TGA còn hiển thị hai pic nhiệt độ phân hủy phụ ở nhiệt độ khoảng 60 °C và 450 °C, nguyên nhân là do mẫu còn lẫn các loại dung môi hữu cơ và NaOH chưa loại bỏ được hoàn toàn sau quá trình trích ly [10].

3.4. Khối lượng mẫu thu được qua các điều kiện trích ly khác nhau

Khối lượng mẫu thu được qua các điều kiện trích ly khác nhau được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1: Khối lượng mẫu suberin thu được ở các điều kiện trích ly khác nhau

| Thời gian đun, h | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Phương pháp 1 | 0,257 | 0,280 | 0,303 | 0,398 | 0,553 | 0,638 |
| Phương pháp 2 | 0,350 | 0,396 | 0,443 | 0,531 | 1,281 | 1,453 |

Kết quả cho thấy:

Phương pháp 1: khối lượng mẫu thu được tăng dần từ 7 giờ đến 10 giờ. Ngoài ra, các số liệu còn cho thấy có sự gia tăng đột biến của khối lượng mẫu thu được khi tăng thời gian đun từ 10 giờ lên 11 giờ (tăng 38,945 % về khối lượng) và sự gia tăng này bắt đầu suy giảm khi tăng thời gian đun từ 11 giờ lên 12 giờ (tăng 15,371 % về khối lượng).

Phương pháp 2: khối lượng mẫu thu được tăng dần từ 7 giờ đến 10 giờ. Ngoài ra, các số liệu còn cho thấy có sự gia tăng đột biến của khối lượng mẫu thu được khi tăng thời gian đun từ 10 giờ lên 11 giờ (tăng 141,243 % về khối lượng) và cũng tương tự như phương pháp 1, sự gia tăng này bắt đầu suy

giảm khi tăng thời gian đun từ 11 giờ lên 12 giờ (tăng 13,427 % về khối lượng). Từ đó, có thể kết luận:

Khối lượng mẫu thu được qua quá trình trích ly tăng dần theo thời gian ở cả phương pháp 1 và 2, do khi tăng thời gian đun thì lượng tạp chất bị hòa tan bằng dung môi sẽ tăng dẫn đến lượng mẫu thu được sẽ tăng.

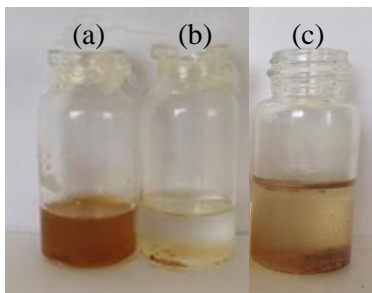
Khối lượng mẫu thu được bằng phương pháp 2 nhiều hơn phương pháp 1. Do ở phương pháp 1, mẫu chỉ được đun bằng dung dịch NaOH 18 %. Còn ở phương pháp 2, mẫu được xử lý bằng hỗn hợp dung môi ethanol và nước theo tỷ lệ 50:50 sau đó đun bằng dung dịch NaOH 18 %. Ta có thể thấy, dung

môi được sử dụng ở phương pháp 1 chỉ hòa tan được những chất có tính chất phân cực mạnh, còn phương pháp 2 do sử dụng hệ dung môi etanol: nước và sau đó là NaOH nên có thể hòa tan được những chất có tính phân cực yếu lẫn những chất có tính phân cực mạnh.

Ở cả 2 phương pháp 1 và phương pháp 2 đều có sự gia tăng đột biến về khối lượng mẫu thu được khi tăng thời gian đun từ 10 giờ lên 11 giờ. Nguyên nhân là do khi thời gian đun từ 11 giờ trở đi, lớp tế bào ở thành tế bào sơ cấp bị phá vỡ vì mẫu đã nhận đủ nhiệt năng cần thiết. Từ đó, suberin bên trong dễ thoát ra bên ngoài hơn. Ở những giai đoạn thành tế bào chưa bị phá vỡ, tương ứng với thời gian đun thấp hơn 11 giờ, suberin chỉ có thể thấm thấu rất ít ra ngoài thông qua các lỗ rỗng trên thành tế bào.

3.5. Khảo sát sự phân tán của suberin trong các loại dầu

Suberin thu được lần lượt được phân tán trong dầu olive, dầu silicone và dầu đậu nành. Kết quả khảo sát được trình bày ở hình 3.



Hình 3: Sự phân tán của suberin trong (a) dầu olive; (b) dầu silicone; (c) dầu đậu nành

Kết quả ở hình 3 cho thấy suberin phân tán tốt trong dầu olive hơn các loại khác. Trong dầu silicone và dầu đậu nành, suberin kết tụ và lắng xuống. Vì vậy, dầu olive được chọn để khảo sát ảnh hưởng của dầu, suberin lên độ tòn và độ chảy của mực.

3.6 Khảo sát ảnh hưởng của suberin lên độ tòn của mực

Trước khi khảo sát ảnh hưởng của suberin lên độ tòn của mực, bài báo khảo sát ảnh hưởng của dầu lên độ tòn của mực. Kết quả được trình bày ở bảng 2.

Kết quả ở bảng 2 cho thấy việc thêm 5 % dầu olive không ảnh hưởng đáng kể đến độ tòn của mực, do vậy không ảnh hưởng đáng kể đến độ nhớt của mực in.

Bảng 3 trình bày kết quả đo độ tòn của mực khi

thêm suberin vào với các tỷ lệ về khối lượng khác nhau.

Bảng 2: So sánh độ tòn của mực trước và sau khi thêm 5% dầu olive

| | D ₁ (mm) | D ₂ (mm) | D ₂ .D ₁ ⁻¹ | |
|-----------------------|------------------------|------------------------|--|------|
| Mực | 2 | 3 | 1,50 | |
| | 2 | 3 | 1,50 | 1,52 |
| | 2 | 3,1 | 1,55 | |
| Mực + dầu olive | 3,4 | 5,2 | 1,53 | |
| | 2,8 | 4,3 | 1,54 | 1,53 |
| | 1,9 | 2,9 | 1,53 | |

Trong đó, D₁, D₂ là đường kính giọt mực trước và sau khi đặt vật nặng lên lam kính.

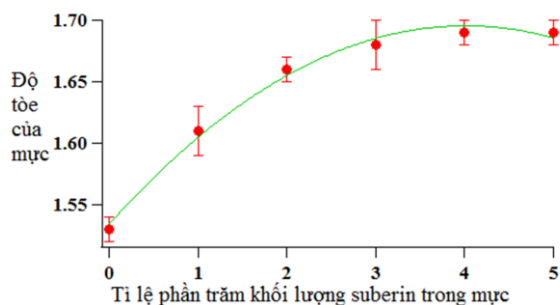
Bảng 3: So sánh độ tòn của mực trước và sau khi thêm suberin với các tỷ lệ khác nhau

| % Suberin | D1 (mm) | D2 (mm) | D ₂ .D ₁ ⁻¹ | |
|--------------|------------|------------|--|------|
| 1 | 1,6 | 2,6 | 1,63 | 1,61 |
| | 2 | 3,2 | 1,60 | |
| | 3 | 4,8 | 1,60 | |
| 2 | 4 | 6,6 | 1,65 | 1,66 |
| | 3 | 5 | 1,67 | |
| | 3 | 5 | 1,67 | |
| 3 | 2 | 3,4 | 1,7 | 1,68 |
| | 3 | 5 | 1,67 | |
| | 2,4 | 4 | 1,67 | |
| 4 | 2,5 | 4,2 | 1,68 | 1,69 |
| | 3 | 5,1 | 1,70 | |
| | 3 | 5,1 | 1,70 | |
| 5 | 2,5 | 4,2 | 1,68 | 1,69 |
| | 3 | 5,1 | 1,70 | |
| | 2 | 3,4 | 1,70 | |

Kết quả đo độ tòn được trình bày ở hình 4.

Kết quả thực nghiệm chứng tỏ khi thêm hệ gồm suberin và dầu olive (5 % khối lượng) vào mực in offset với tỷ lệ về khối lượng tăng dần từ 1 % đến 4 %, độ tòn của mực in tăng dần, nhưng không tăng theo đường tuyến tính và bắt đầu có xu hướng giảm khi tăng tỷ lệ suberin lên 5 %. Qua đó, có thể thấy

độ tõe của mực in sẽ đạt giá trị tối ưu khi thêm 4 % suberin vào mực in.



Hình 4: Ảnh hưởng của tỉ lệ suberin lên độ tõe của mực in offset

3.7. Khảo sát ảnh hưởng của suberin lên độ chảy của mực

Độ chảy của mực in trước và sau khi thêm suberin ở tỷ lệ về khối lượng lần lượt là 1% và 4% trong 2 giờ ở cùng điều kiện nhiệt độ và độ ẩm được trình bày ở bảng 4 và hình 5.



Hình 5: Kết quả đo độ chảy của mực in với các tỉ lệ phần trăm khác nhau của suberin

Bảng 4: Độ chảy của mực in thay đổi theo nồng độ suberin

| Tỷ lệ suberin (%) | 0 | 1 | 4 |
|-----------------------|---|----|----|
| Quãng đường chảy (mm) | 6 | 13 | 17 |

Kết quả đo độ chảy (bảng 4 và hình 5) đã khẳng định độ chảy của mực in tăng khi hàm lượng suberin được bổ sung vào mực in tăng. Cụ thể, khi không có mặt suberin, hệ gồm mực in offset và dầu olive (5 % về khối lượng) chỉ chảy được 6 mm trong 2 giờ. Khi thêm hệ gồm suberin và dầu olive vào mực in offset với tỷ lệ 1 % và 4 % (về khối lượng) độ chảy của mực tăng lên lần lượt là 13 mm (tăng 2,167 lần) và 17 mm (tăng 2,833 lần). Các kết quả trên là do khi thêm hệ gồm suberin và dầu olive vào mực thì giới hạn chảy của hệ sẽ giảm, dẫn đến khả năng chảy của hệ sẽ tăng.

Các kết quả đo độ tõe và đo độ chảy của mực in khẳng định suberin gây nên các ảnh hưởng tích cực đến một số tính chất của mực. Cụ thể, việc thêm suberin vào sẽ làm tăng độ tõe và tăng độ chảy của mực, qua đó làm giảm độ nhớt và tăng khả năng chảy của mực. Tỷ lệ suberin tối ưu được thêm vào mực ở khoảng 4 % khối lượng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã trích ly thành công suberin từ cạc bản. Sản phẩm suberin thu được từ cạc bản đã mang lại ảnh hưởng tích cực đến tính chất của mực in offset. Cụ thể, việc thêm suberin vào sẽ làm tăng độ tõe và tăng độ chảy của mực, qua đó làm giảm độ nhớt và tăng khả năng chảy của mực. Tỷ lệ suberin tối ưu được thêm vào mực ở khoảng 4 % khối lượng.

Nghiên cứu đã mở hướng nghiên cứu cho việc sản xuất mực in offset thân thiện với môi trường hơn so với các loại mực in offset cũ, từ đó tiến tới việc giảm dần sự phụ thuộc vào các loại nguyên liệu có nguồn gốc hóa thạch. Những kết quả đạt được từ nghiên cứu này, cho thấy sự thành công ban đầu của việc trích ly suberin và ứng dụng làm chất phụ gia cho mực là cơ sở lý thuyết mới cho các công tác nghiên cứu sâu hơn về cải tiến chất lượng mực in offset.

Lời cảm ơn. Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ kinh phí cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. N. Cordeiro, A. Balyo, N. M. Belgacem, A. Gandini,

- C. Pascoal Neto, J. -F. LeNest. *Cork suberin as an additive in offset printing inks*, *Industrial Crops and Products*, **11**, 63-71 (2000)
2. R. Ferreira, H. Garcia, A. F. Sousa, C. S. R. Freire, A. J. D. Silvestre, L. P. N. Rebelo, C. S. Pereira. *Isolation of suberin from birch puter bark and cork using inonic liquids: A new source of macromonomers*, *Industrial Crops and Products*, **44**, 520-527 (2013).
 3. A. Gandini, C. P. Neto, A. J. D. Silvestre. *Suberin: A promising renewable resource for novel macromolecular materials*, *Progress in Polymer Science*, **31(10)**, 878-892 (2006).
 4. L. M. Perry. in *Medicinal plants of East and South-east Asia: Attributed properties and uses*, The MIT Press, Cambridge (1980).
 5. P. M. Cương và T. T. Lợi. *Đặc điểm một số loại cây gập măn*, Viện sinh thái và bảo vệ công trình (2012).
 6. L. T. Phước, T. M. Tò. *Góp phần khảo sát thành phần hóa học của vỏ rễ bần (Sonneratia Caseolaris L.)*, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 21a, 129-133 (2012).
 7. T. T. Hà. *Vật liệu in*, 113, Nxb Đại học Quốc gia Tp. HCM.
 8. Huber group. *Test methods for offset inks and substrates*, 1st edition, Germany (2013).
 9. Nguyễn Hữu Đĩnh, Đỗ Đình Răng. *Hóa học hữu cơ tập 1*, 138-160, Nxb. Giáo dục Việt Nam (2012).
 10. H. K. D. H. Bhadeshia. *Thermal analysis techniques*, University of Cambridge, Materials Science and Metallurgy (1998).

Liên hệ: **Văn Phạm Đan Thủy**

Trường Đại học Cần Thơ

Khu II, Đường 3/2, Quận Ninh Kiều, Thành phố Cần Thơ

E-mail: vpdthuy@ctu.edu.vn.