

Utilization of Wood Vinegars as Sustainable Coagulating and Antifungal Agents in the Production of Natural Rubber Sheets

Baimark, Y., Threeprom, J., Dumrongchai, N., Srisuwan, Y., & Kotsaeng, N. (2008). Utilization of wood vinegars as sustainable coagulating and antifungal agents in the production of natural rubber sheets. *Journal of Environmental Science and Technology*, 1(4), 157–163. <https://doi.org/10.3923/jest.2008.157.163>

Sử dụng giấm gỗ như chất đông tụ và chất kháng nấm bền vững trong sản xuất cao su tờ

Yodthong Baimark, Jirasak Threeprom, Nuethip Dwnrongchai, Yaowalak Srisuwan and Nuanchai Kotsaeng

Khoa Hóa học, Trường Khoa học Tự nhiên, Đại học Mahasarakham, Mahasarakham 44150, Thái Lan

Tel: +66-43-754246

Fax: +66-43-754246

Tóm tắt

Nghiên cứu này đánh giá và so sánh khả năng đông tụ và kháng nấm của giấm gỗ *Eucalyptus globulus* (dạng thô và dạng đã tách hắc ín) trong quá trình sản xuất cao su tờ từ *Hevea brasiliensis*, đối chiếu với axit formic và axit acetic.

Kết quả cho thấy: chỉ số duy trì độ dẻo, độ nhớt Mooney, thời gian lưu hóa (t_{90}) và các tính chất cơ học của cao su tờ khi đông tụ bằng giấm gỗ tương đương với khi dùng axit acetic, và tốt hơn so với axit formic.

Hiệu quả kháng nấm của các chất đông tụ được xác định dựa trên diện tích nấm phát triển trên bề mặt cao su tờ. Thứ tự hiệu quả giảm dần như sau:

Giấm gỗ thô > Giấm gỗ đã tách hắc ín > Axit acetic > Axit formic.

Khả năng kháng nấm của giấm gỗ được khẳng định qua thử nghiệm ức chế sự phát triển của nấm *Penicillium griseofulvum* trên môi trường thạch khoai tây (PDA).

Từ khóa: Giấm gỗ, cao su tờ, *Hevea brasiliensis*, chất đông tụ, chất kháng nấm.

1. Giới thiệu

Mủ cao su thiên nhiên (*Hevea brasiliensis*) thường được đông tụ bằng axit để tạo thành cao su tờ phục vụ sản xuất. Trong quá trình này, điện tích âm của lớp màng phospholipid-protein trên bề mặt hạt mủ được trung hòa bởi điện tích dương của ion hydro từ axit. Hiện nay, hai loại axit thương mại phổ biến nhất là axit formic và axit acetic. Tuy nhiên, cả hai đều có nguồn gốc dầu mỏ, nên việc tìm kiếm các vật liệu thay thế bền vững, thân thiện với môi trường đang trở nên cấp thiết, đặc biệt trong bối cảnh giá nhiên liệu tăng cao.

Giấm gỗ – một sản phẩm phụ có tính axit thu được từ quá trình sản xuất than củi – là một lựa chọn tiềm năng. Trong nghiên cứu này, giấm gỗ được khảo sát như một chất đông tụ trong sản xuất cao su tờ và so sánh với axit formic và axit acetic.

Giấm gỗ thô là chất lỏng ngưng tụ từ quá trình nhiệt phân hoặc cacbon hóa gỗ trong môi trường yếm khí ở nhiệt độ khoảng 400–500°C, chứa nhiều hợp chất hóa học mà thành phần chính là axit

acetic. Để ứng dụng trong nông nghiệp, giấm gỗ thô thường được loại bỏ phần hắc ín vì nó bám lại trên lá cây tạo thành một lớp màng. Loại giấm gỗ sau khi đã tách hắc ín được gọi là giấm gỗ tinh chế. Việc sử dụng giấm gỗ thô làm chất đông tụ cao su tờ đã được Ferreira và cộng sự (2005) nghiên cứu, nhưng chưa có đánh giá so sánh cụ thể giữa giấm gỗ thô và giấm gỗ tinh chế. Nghiên cứu này bổ sung dữ liệu về các chỉ tiêu quan trọng của cao su tờ, như hàm lượng tạp chất và chất bay hơi, chỉ số duy trì độ dẻo, cũng như độ bền cơ học sau lưu hóa.

Một vấn đề lớn trong sản xuất cao su tờ là hàm lượng ẩm cao, tạo điều kiện cho nấm mốc phát triển, gây ảnh hưởng đến quy trình sản xuất và chất lượng sản phẩm. Vì vậy, cần bổ sung chất kháng nấm trong quá trình chế biến. Hầu hết các chất kháng nấm thương mại hiện có đều độc hại và không thân thiện môi trường. Giấm gỗ, với thành phần chứa axit acetic và các hợp chất phenolic, đã được chứng minh có khả năng kháng nấm và diệt mối, đồng thời có thể sử dụng như chất bảo quản gỗ, là một giải pháp an toàn hơn.

Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá khả năng đông tụ và kháng nấm của giấm gỗ bạch đàn xanh (*Eucalyptus globulus*) dạng thô và đã tách hắc ín trong sản xuất cao su tờ, đồng thời so sánh với axit formic và axit acetic thương mại.

Vật liệu và Phương pháp

Vật liệu

Giấm gỗ thô và giấm gỗ đã tách hắc ín từ cây bạch đàn xanh (*Eucalyptus globulus*) được cung cấp bởi Công ty Kiengmool Group Ltd. (Thái Lan) và sử dụng trực tiếp, không qua tinh chế thêm. Giá trị pH của giấm gỗ thô và giấm gỗ đã tách hắc ín lần lượt là 3,2 và 3,4; cả hai đều có màu nâu đỏ. Axit formic (94%) và axit acetic (99,7%) được mua từ BSH và Labscan.

Mủ cao su thiên nhiên tươi được khai thác từ dòng vô tính RRIM 600 của cây *Hevea brasiliensis* tại tỉnh Mahasarakham, Thái Lan. Hàm lượng chất khô tổng số (TSC) của mủ tươi được xác định theo phương pháp bay hơi ẩm tiêu chuẩn ASTM D1076:1988. Để xác định hàm lượng cao su khô (DRC), 5% (thể tích/thể tích) axit acetic được dùng để đông tụ mủ tươi. Theo phương pháp này, kết quả đo được cho thấy TSC và DRC của mủ tươi lần lượt là $30,7 \pm 0,7\%$ và $28,4 \pm 0,2\%$ (khối lượng/khối lượng).

Phương pháp

Chuẩn bị cao su tờ

Mỗi mẻ cao su tờ được chuẩn bị bằng cách thêm chất đông tụ vào mủ cao su tươi đã pha loãng (2.000 mL mủ đã lọc + 3.000 mL nước). Với axit formic và axit acetic, dùng 300 mL dung dịch 2% (v/v). Đối với giấm gỗ thô và giấm gỗ đã tách hắc ín, tiến hành thử nghiệm với ba mức: 300 mL dung dịch 2% (v/v), 150 mL nguyên chất, và 300 mL dung dịch 50% (v/v).

Hỗn hợp được để yên trong 2 giờ để đông tụ hoàn toàn. Khối cao su đông tụ sau đó được ép giữa hai trục thép, rửa bằng nước và để khô ở nhiệt độ phòng trong một tuần. Sản phẩm thu được ở giai đoạn này gọi là “cao su tờ bán khô”. Tiếp theo, chúng được sấy ở nhiệt độ 50–60°C trong 2 ngày để thu được “cao su tờ khô”.

Đặc tính của cao su tờ

Phổ FT-IR được ghi nhận từ các màng cao su tờ bằng máy quang phổ FT-IR Perkin-Elmer Spectrum GX. Màng cao su được chuẩn bị bằng phương pháp đúc bay hơi từ dung dịch mủ cao su 2% (v/v)

trong toluen. Dung môi được để bay hơi ở nhiệt độ phòng trong một tuần, sau đó phần dung môi còn lại được loại bỏ bằng cách sấy chân không ở nhiệt độ phòng thêm một tuần trước khi tiến hành phân tích (32 lần quét, độ phân giải 4 cm⁻¹).

Hàm lượng tạp chất (Bulletin No. 7-1992, Phần B.4), hàm lượng chất bay hơi (Phần B.5), chỉ số duy trì độ dẻo – PRI (Phần B.8) và độ nhớt Mooney (Phần B.9) của cao su tờ bán khô và cao su tờ khô được xác định theo phương pháp SMR (Standard Malaysian Rubber).

Thời gian lưu hóa (t_{90}) của cao su tờ khô [hệ công thức ACS#1, loại ODR, TECH PRO, Arc 1,5° ở 150°C] được đo theo tiêu chuẩn số 3417 của Tổ chức Tiêu chuẩn hóa Quốc tế (ISO). Các tính chất cơ học của cao su tờ lưu hóa được xác định bằng thử kéo theo tiêu chuẩn ISO 37 (loại 1).

Khả năng kháng nấm của các chất đông tụ

Khả năng kháng nấm của các chất đông tụ được đánh giá dựa trên diện tích nấm phát triển trên bề mặt cao su tờ bán khô sau khi để ở điều kiện thường trong một tuần. Tỷ lệ phần trăm diện tích nấm được tính theo công thức:

$$\% \text{ diện tích nấm} = \frac{A_{NR}}{A_{fungi}} \times 100$$

Trong đó:

- A_{NR} : Tổng diện tích bề mặt cao su tờ (cm²)
- A_{fungi} : Diện tích nấm phát triển trên bề mặt cao su tờ (cm²)

Hàm lượng hợp chất phenolic trong giấm gỗ được xác định bằng phương pháp quang phổ UV-Vis tại bước sóng hấp thụ cực đại (λ_{max}) trong khoảng 268–273 nm, theo hướng dẫn của Mu và cộng sự (2004).

Chủng nấm chính phát triển trên bề mặt cao su tờ được tinh sạch ba lần trên môi trường thạch khoai tây (PDA) trước khi tiến hành thí nghiệm. Hiệu quả kháng nấm của các chất đông tụ đối với chủng nấm này được xác định bằng cách trộn trực tiếp chất đông tụ vào môi trường PDA.

Trong thí nghiệm, sử dụng 2 mL dung dịch 2% (v/v) axit formic hoặc axit acetic, và dung dịch giấm gỗ thô hoặc giấm gỗ đã tách hắc ín ở nồng độ 50% (v/v). Mẫu đối chứng là 2 mL nước cất. Sự phát triển của nấm trên PDA được quan sát sau khi ủ ở 25°C trong một tuần.

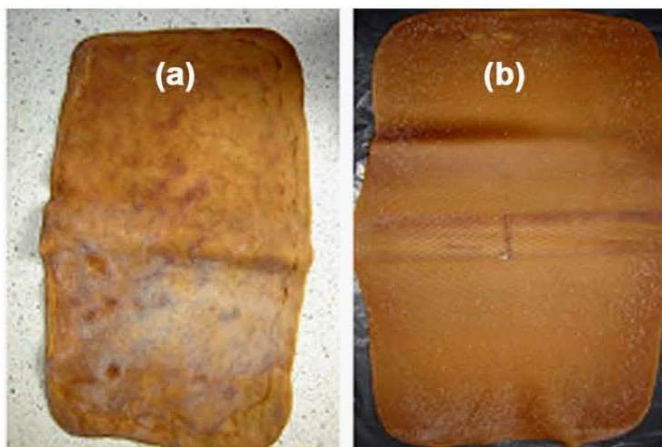
Kết quả và Thảo luận

Thử nghiệm thể tích và nồng độ

Trong quá trình đông tụ mủ cao su tờ, khi sử dụng axit formic hoặc axit acetic với liều lượng 300 mL dung dịch 2% (v/v), mủ đông tụ hoàn toàn trong vòng 2 giờ. Tuy nhiên, khi sử dụng giấm gỗ thô hoặc giấm gỗ đã tách hắc ín ở cùng thể tích và nồng độ, mủ pha loãng không đông tụ hoàn toàn sau 2 giờ. Nguyên nhân có thể do độ axit của giấm gỗ yếu hơn so với axit formic và axit acetic. Quá trình đông tụ này cũng tạo ra mùi mạnh, có thể liên quan đến hoạt động của vi khuẩn trong mủ cao su (John, 1974).

Khi sử dụng 150 mL giấm gỗ thô nguyên chất, mủ đông tụ hoàn toàn trong vòng 2 giờ nhờ hàm lượng axit acetic cao (Yatagai et al., 2002). Tuy nhiên, màu sắc của cao su tờ bán khô thu được lại

không đồng đều, như thể hiện ở Hình 1a. Điều này cho thấy giấm gỗ không được phân tán đều trong mủ pha loãng trong quá trình đông tụ.



Hình 1. Cao su tờ bán khô đông tụ bằng (a) 150 mL giấm gỗ thô nguyên chất và (b) 300 mL giấm gỗ thô dung dịch 50% (v/v).

Nguyên nhân có thể là do còn sót lại các hợp chất hữu cơ như axit n-butyric và các hợp chất phenolic trong giấm gỗ (Mu et al., 2004). Màu sắc không đồng đều của cao su tờ có thể phản ánh sự không đồng nhất về tính chất lý - hóa.

Khi sử dụng 300 mL giấm gỗ dung dịch 50% (v/v) làm chất đông tụ thay cho 150 mL giấm gỗ nguyên chất, cao su tờ bán khô thu được có màu đồng đều hơn (Hình 1b). Vì vậy, trong các thí nghiệm tiếp theo, giấm gỗ dung dịch 50% (v/v) với thể tích 300 mL được lựa chọn để sản xuất cao su tờ.

Tính chất lý - hóa của cao su tờ

Tất cả các phổ FT-IR đều tương tự nhau, xuất hiện dải hấp thụ tại 837 cm^{-1} , đặc trưng cho dao động ngoài mặt phẳng của liên kết C = CH trong *cis*-1,4-polyisoprene. Các dải hấp thụ tại 1376 và 1480 cm^{-1} lần lượt được gán cho dao động biến dạng của nhóm CH_3 và CH_2 (Hình 2). Theo Santos et al. (2005), dao động kéo giãn của CH_2 , CH_3 và $=\text{CH}$ xuất hiện tại 2928 , 2962 và 3036 cm^{-1} . Cao su thiên nhiên, chủ yếu gồm *cis*-1,4-polyisoprene tách từ *Hevea brasiliensis*, thể hiện rõ các dải hấp thụ này (Marinho & Monterio, 2000). Kết quả FT-IR cho thấy các chất đông tụ khác nhau đều tạo ra cao su có cấu trúc và dạng hình học tương tự nhau.

Khối lượng cao su tờ thu được khi dùng giấm gỗ không khác biệt so với khi dùng axit formic và axit acetic. Khối lượng cao su tờ bán khô và cao su tờ khô lần lượt nằm trong khoảng $560\text{--}580\text{ g}$ và $510\text{--}520\text{ g}$.

Các đặc tính lý - hóa của các mẫu cao su tờ bán khô và khô được tóm tắt trong Bảng 1. Tất cả các chất đông tụ đều cho sản phẩm có hàm lượng tạp chất và chất bay hơi tương đương nhau. Thành phần của giấm gỗ thô và giấm gỗ đã tách hắc ín không ảnh hưởng đáng kể đến các chỉ số này.

Chỉ số duy trì độ dẻo (PRI) và độ nhót Mooney của cao su tờ đông tụ bằng giấm gỗ tương tự như khi dùng axit acetic, có thể do axit acetic là thành phần chính trong giấm gỗ. Tuy nhiên, các giá trị này ở mẫu đông tụ bằng giấm gỗ đều cao hơn so với mẫu dùng axit formic. Trong quá trình khai thác và thu gom, mủ cao su thường bị nhiễm vi khuẩn (John, 1974), làm suy giảm chất chống oxy hóa thông qua quá trình phân hủy protein. Điều này khiến phân tử cao su dễ bị oxy hóa, dẫn đến

giảm chỉ số PRI và độ nhớt Mooney. Kết quả cho thấy giấm gỗ có thể đóng vai trò như một tác nhân kháng khuẩn.

Bảng 1. Đặc tính lý – hóa của cao su từ bán khô và khô (phân tích trên 3 mẫu mỗi loại)

Cao su từ	Axit formic	Axit acetic	Giấm gỗ thô	Giấm gỗ đã tách hắc ín
Bán khô				
Hàm lượng tạp chất (% w/w)	0.043 (0.007)	0.050 (0.006)	0.047 (0.002)	0.065 (0.016)
Hàm lượng chất bay hơi (% w/w)	0.77 (0.03)	0.80 (0.02)	0.82 (0.01)	0.82 (0.01)
Chỉ số duy trì độ dẻo PRI	95.40 (3.50)	110.80 (1.00)	108.90 (4.40)	116.00 (1.00)
Độ nhớt Mooney	50.30 (0.10)	51.80 (0.20)	52.00 (0.50)	52.90 (0.40)
Diện tích nấm phát triển (%)	100.00 (5.00)	64.00 (14.0)	10.00 (4.00)	17.00 (5.00)
Khô				
Hàm lượng tạp chất (% w/w)	0.031 (0.005)	0.038 (0.007)	0.020 (0.005)	0.050 (0.004)
Hàm lượng chất bay hơi (% w/w)	0.43 (0.02)	0.48 (0.05)	0.46 (0.07)	0.47 (0.06)
Chỉ số duy trì độ dẻo PRI	90.30 (2.00)	104.60 (1.50)	95.40 (3.20)	104.70 (2.50)
Độ nhớt Mooney	55.80 (0.50)	58.30 (0.80)	57.10 (0.70)	57.30 (0.50)
Thời gian lưu hóa (phút)	19.08 (1.66)	14.83 (2.05)	15.46 (2.10)	16.50 (1.53)

(Giá trị trong ngoặc là độ lệch chuẩn; a – tính toán theo công thức Eq.1)

Trước khi cao su thiên nhiên (NR) có thể sử dụng làm sản phẩm, các phân tử NR cần được lưu hóa để tăng độ đàn hồi. Thông thường, NR với 90% mức độ lưu hóa được sử dụng. Thời gian đạt 90% lưu hóa được gọi là thời gian lưu hóa (t_{90}). Bảng 1 cho thấy t_{90} của các mẫu cao su từ khô theo thứ tự tăng dần: axit acetic < giấm gỗ thô < giấm gỗ đã tách hắc ín < axit formic. Điều này cho thấy cả hai loại giấm gỗ đều là chất đông tụ tốt hơn axit formic nhờ thời gian lưu hóa ngắn hơn.

Bảng 2. Đặc tính cơ học của cao su lưu hóa (phân tích trên 3 mẫu mỗi loại)

Chất đông tụ	Độ bền kéo đứt (MPa)	Độ giãn dài khi đứt (%)	Mô-đun 300% (MPa)
Axit formic	4,5 (0,5)	625 (23)	1,0 (0,1)
Axit acetic	6,0 (0,3)	655 (32)	1,0 (0,1)
Giấm gỗ thô	7,2 (0,5)	781 (10)	1,0 (0,1)
Giấm gỗ đã tách hắc ín	6,1 (0,2)	686 (12)	1,0 (0,1)

(Giá trị trong ngoặc là độ lệch chuẩn)

Tính chất cơ học của cao su lưu hóa

Xét theo chỉ số duy trì độ dẻo (PRI) và độ nhớt Mooney của cao su từ khô, độ bền kéo và độ giãn

dài khi đứt của cao su lưu hóa giảm dần theo thứ tự: giấm gỗ thô > giấm gỗ đã tách hắc ín > axit acetic > axit formic. Mô-đun 300% giữa các mẫu không khác biệt đáng kể (Bảng 2).

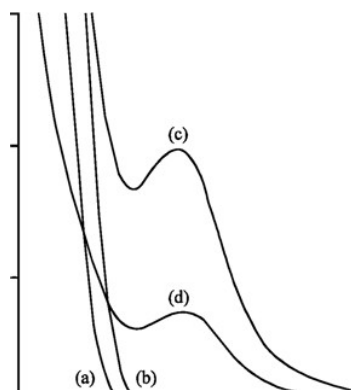
Khả năng kháng nấm của các chất đông tụ

Khả năng kháng nấm được đánh giá qua tỷ lệ diện tích nấm phát triển trên bề mặt cao su tờ bán khô, tính theo công thức Eq.1 và thể hiện trong Bảng 1. Kết quả cho thấy mức độ hiệu quả giảm dần như sau: giấm gỗ thô > giấm gỗ đã tách hắc ín > axit acetic > axit formic.

Giấm gỗ chứa axit acetic cùng các hợp chất phenolic – những thành phần đã được ghi nhận có tác dụng kháng nấm (Nakayama et al., 2001; Kartal et al., 2004). Phân tích UV-Vis (Hình 3) cho thấy giấm gỗ thô và giấm gỗ đã tách hắc ín đều có hợp chất phenolic, trong khi axit formic và axit acetic thì không. Lượng phenolic trong giấm gỗ thô cao hơn, có thể vì quá trình tách hắc ín đã làm mất đi một phần các hợp chất này.

Kết quả ở Bảng 1 cho thấy mối liên hệ rõ rệt: hàm lượng phenolic càng cao thì khả năng ức chế nấm càng mạnh. Điều này cho thấy sự kết hợp giữa axit acetic và phenolic trong giấm gỗ đóng vai trò quan trọng trong tăng cường hiệu quả kháng nấm.

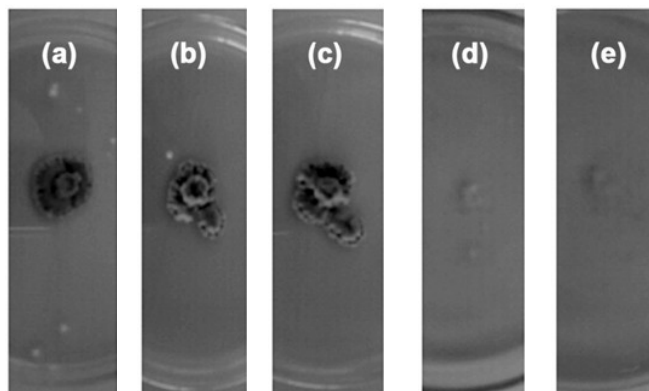
Hình 3. Phổ UV-Vis của (a) axit formic, (b) axit acetic, (c) giấm gỗ thô, (d) giấm gỗ đã tách hắc ín [dung dịch 0,5% (v/v) trong nước].



Khả năng kháng nấm cũng được khẳng định khi thử trên môi trường PDA với chủng *Penicillium griseofulvum* – chủng nấm chính phát triển trên cao su tờ bán khô. Kết quả (Hình 4) cho thấy cả giấm gỗ thô và giấm gỗ đã tách hắc ín đều ức chế nấm hiệu quả hơn so với axit formic và axit acetic.

Kết quả cuối cùng khẳng định hiệu quả kháng nấm của các chất đông tụ thông qua khả năng ức chế sự phát triển của chủng nấm chính trên môi trường PDA. Chủng nấm này, phát triển trên bề mặt cao su tờ bán khô, đã được xác định là *Penicillium griseofulvum* (Barnett & Hunter, 1987). Hình 4 minh họa sự phát triển của nấm trên môi trường PDA có trộn các chất đông tụ khác nhau, sau khi ủ ở 25°C trong một tuần. Cả giấm gỗ thô và giấm gỗ đã tách hắc ín đều thể hiện khả năng kháng nấm vượt trội so với axit formic và axit acetic.

Hình 4. Sự phát triển của *Penicillium griseofulvum* trên PDA có trộn (a) nước cất, (b) axit formic, (c) axit acetic, (d) giấm gỗ thô, (e) giấm gỗ đã tách hắc ín (ủ trong một tuần ở 25°C).



Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, cả giấm gỗ thô và giấm gỗ đã tách hắc ín từ cây bạch đàn xanh (*Eucalyptus globulus*) đều có thể sử dụng làm chất đông tụ kiêm chất kháng nấm, thay thế cho axit formic và axit acetic trong sản xuất cao su tờ. Trong đó, giấm gỗ thô cho hiệu quả cao hơn so với giấm gỗ đã tách hắc ín.

Do người trồng cao su có thể tự sản xuất giấm gỗ thông qua quá trình đốt than củi, việc ứng dụng giấm gỗ không chỉ giúp giảm chi phí sản xuất cao su tờ mà còn góp phần giảm phụ thuộc vào các sản phẩm hóa dầu - vốn có chi phí ngày càng tăng.

Nghiên cứu này cũng cung cấp bằng chứng đầu tiên cho thấy giấm gỗ có khả năng ức chế sự phát triển của nấm trên cao su tờ, qua đó trở thành giải pháp thay thế thân thiện môi trường cho các chất kháng nấm độc tính cao.

Từ kinh nghiệm thực nghiệm, nhóm nghiên cứu khuyến nghị: trong sản xuất cao su tờ, nên thay thế axit formic và axit acetic bằng giấm gỗ thô.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Dự án Nhỏ về Cao su (SPR), Dự án Nghiên cứu Quốc gia về Cao su, Quỹ Nghiên cứu Thái Lan (mã số RDG4850058), và Trung tâm Đổi mới trong Hóa học – Chương trình Sau đại học về Giáo dục và Nghiên cứu Hóa học (PERCH-CIC), Ủy ban Giáo dục Đại học, Bộ Giáo dục Thái Lan.

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Tiến sĩ Rungreudee Thiwthong, Khoa Sinh học, Trường Đại học Mahasarakham, vì những ý kiến đóng góp quý báu liên quan đến nuôi cấy nấm.

Tài liệu tham khảo

Barnett, H.I. and B.B. Hunter, 1987.. Illustrated General of Imperfect Fungi. 1st Edn. MacMillan, USA, pp: 95-96.

Ferreira, V.S., I.N.C. Rego, J.F. Pastore, M.M. Mandai, L.S. Mendes, K.A.M. Santos, J.C. Rubim and P.A.Z. Suarez, 2005. The use of smoke acid as an alternative coagulating agent for natural rubber sheets' production. Bioresour. Technol., 96: 605-609.

John, C.K., 1974. A novel method of stabilizing Hevea Latex. J. Rub. Res. Inst. Malaysia, 24: 111-117.

Kartal, S.N., Y. Imamura, F. Tsuchiya and K. Ohsato, 2004. Evaluation of fungicidal and termiticidal activities of hydrolysates from biomass slurry fuel production from wood. Bioresour. Technol., 95: 41-47.

Marinho, J.R.D. and E.E.C. Monterio, 2000. Structural characterization of wild rubbers, rnicrostructure of the rubber extracted from *Ficus elastica* by C-13-NMR. Polyrn. Test., 19: 667-672.

Mu, J., T. Uehara and T. Furuno, 2004. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radical growth of seed plants II: Composition of moso bamboo vinegar at different collection temperature and its effects. J. Wood Sci., 50: 470-476.

Nakayama, F.S., S.H. Vinyard, P. Chow, D.S. Bajwa, J.A Youngquist, J.H. Muehl and AM. Krzysik, 2001. Guayule as a wood preservative. Ind. Crop. Prod., 14: 105-111.

Paiphansiri, U. and P. Tangboriboomat, 2005. Prevulcanisation of skim latex: Morphology and its use in natural rubber based composite material. Colloid Polyrn. Sci., 284: 251-257.

Santos, K.A.M, P.A.Z. Suarez and J.C. Rubim, 2005. Photo-degradation of synthetic and natural polyisoprenes at specific UV radiations. Polyrn. Degrad. Stab., 90: 34-43.

Yatagai, M., M. Nishimoto, K. Hori, T. Ohira and A. Shibata, 2002. Terrniticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. J. Wood Sci., 48: 338-342.