

DEVELOPMENT OF ANTIBACTERIAL HYDROGEL MEMBRANES FROM PVA AND CHITOSAN INCORPORATED WITH ETHANOL EXTRACT OF *CATUNAREGAM SPINOSA* LEAVES

Ta Ngọc Ly*, Ngo Quyet Nghi

University of Science and Technology - The University of Da Nang

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	02/7/2025	The <i>Catunaregam spinosa</i> plant is a potential medicinal resource with numerous valuable biological properties; however, research on this species remains limited. This study aims to fabricate hydrogel films from polyvinyl alcohol (PVA), chitosan, and ethanol extract of <i>Catunaregam spinosa</i> leaves, while also evaluating the antibacterial activity of the fabricated hydrogel films. The results show that the ethanol leaf extract has strong antibacterial activity against <i>S. aureus</i> and MRSA. The antioxidant activity of the extract was determined with an IC50 value of 22.85 µg/mL. The hydrogel film contained 5% PVA and 2% chitosan, and leaf extract reduced bacterial growth by over 99.24 % and demonstrated excellent moisture absorption capacity (5.37%). The study confirms the potential application of <i>Catunaregam spinosa</i> in developing skincare products, particularly for acne treatment and wound dressing, opening prospects for applications in medicine and healthcare from natural sources.
Revised:	21/11/2025	
Published:	25/11/2025	
KEYWORDS		
Catunaregam spinosa		
Antibacterial		
Antioxidant		
Chitosan		
Hydrogel film		

PHÁT TRIỂN MÀNG HYDROGEL KHÁNG KHUẨN TỪ PVA, CHITOSAN BỔ SUNG DỊCH CHIẾT CỎN LÁ GĂNG TU HÚ (*CATUNAREGAM SPINOSA*)

Tạ Ngọc Ly*, Ngô Quyết Nghi

Trường Đại học Bách Khoa - ĐH Đà Nẵng

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 02/7/2025	Cây găng tu hú là một dược liệu tiềm năng với nhiều đặc tính sinh học quý giá, tuy nhiên, các nghiên cứu về loài cây này vẫn còn hạn chế. Nghiên cứu này nhằm chế tạo màng hydrogel từ polyvinyl alcohol (PVA), chitosan và dịch chiết cón lá cây găng tu hú, đồng thời đánh giá khả năng kháng khuẩn của màng hydrogel sau khi được điều chế. Kết quả cho thấy dịch chiết lá có hoạt tính kháng khuẩn mạnh đối với <i>S. aureus</i> và MRSA. Hoạt tính kháng oxy hóa của dịch chiết được xác định với IC50 = 22,85 µg/mL. Màng hydrogel chứa PVA 5%, chitosan 2% và dịch chiết lá làm giảm hơn 99,24% sự phát triển của vi khuẩn và có khả năng hút ẩm tốt (5,37%). Nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng của lá găng tu hú trong phát triển sản phẩm chăm sóc da, như là điều trị mụn và băng vết thương, mở ra triển vọng ứng dụng trong y học và chăm sóc sức khỏe từ nguồn gốc tự nhiên.
Ngày hoàn thiện: 21/11/2025	
Ngày đăng: 25/11/2025	
TỪ KHÓA	
Găng tu hú	
Kháng khuẩn	
Kháng oxy hoá	
Màng hydrogel	
Chitosan	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.13166>

* Corresponding author. Email: tnly@dut.udn.vn

1. Giới thiệu

Cây găng tu hú, có tên khoa học là *Catunaregam spinosa* (Thunb.) Tirveng hoặc *Randia spinosa* (Thunb.) Poir, thuộc họ *Rubiaceae*. Loài thực vật này được biết đến rộng rãi trong y học cổ truyền nhờ vào các đặc tính sinh học đa dạng [1]. Lá của cây găng tu hú chứa nhiều hợp chất hoạt tính sinh học, bao gồm các flavonoid, tannin và glucoside [2], [3] có khả năng kháng khuẩn [4], kháng viêm [5] và kháng oxy hóa [2], [6]. Lá găng tu hú có thể chế biến thành thạch, gợi ý khả năng tạo cấu trúc màng sinh học thông qua các chất polymer sinh học có trong lá găng tu hú. Những đặc tính này làm cho cây găng tu hú trở thành một nguồn tiềm năng cho các ứng dụng y học và chăm sóc sức khỏe.

Băng vết thương cung cấp một rào cản vật lý giữa vết thương và môi trường bên ngoài, từ đó ngăn chặn sự tổn thương hoặc nhiễm trùng. Các loại băng truyền thống có thể bám vào mô hạt mới phát triển và gây đau đớn khi loại bỏ. Ngoài ra, chúng không có chức năng kháng khuẩn, kháng oxy hóa. Do đó, có nhu cầu về các loại băng vết thương dựa trên vật liệu sinh học có khả năng bảo vệ, làm sạch và kích thích quá trình lành vết thương. Băng vết thương lý tưởng phải có các đặc điểm như duy trì độ ẩm cao, loại bỏ dịch tiết dư thừa, cho phép trao đổi khí, kháng khuẩn, không bị bong sori, không dính, thoải mái. Băng vết thương hydrogel dựa trên các polyme sinh học tự nhiên đã trở thành một lĩnh vực đang phát triển do tiềm năng kích thích tái tạo da và ứng dụng kỹ thuật mô [7], [8]. Hydrogel, với tính chất giữ ẩm và khả năng thấm hút tốt, có thể cung cấp một môi trường lý tưởng để dẫn truyền các hợp chất kháng khuẩn trực tiếp đến vùng da bị tổn thương [9], [10]. Kết hợp các chiết xuất tự nhiên có hoạt tính sinh học như kháng khuẩn, kháng oxy hóa vào băng vết thương hydrogel có thể tăng cường hiệu quả điều trị, đồng thời giảm thiểu các tác dụng phụ so với các phương pháp điều trị truyền thống [11], [12].

Chitosan là một polysaccharide tự nhiên, có nhiều hoạt tính sinh học như kháng khuẩn, thúc đẩy đông máu và cải thiện quá trình lành vết thương [13]. Polyvinyl alcohol (PVA), một loại polymer tổng hợp ưa nước, có khả năng phân hủy sinh học và tương thích sinh học. Gần đây, hydrogel PVA đã trở nên đặc biệt hấp dẫn đối với lĩnh vực y sinh để sửa chữa và tái tạo nhiều loại mô và cơ quan [14], [15]. Việc kết hợp PVA và chitosan có tiềm năng tạo ra màng hydrogel có đặc điểm cơ lý phù hợp để làm băng vết thương. Trong nghiên cứu này, chúng tôi mong muốn khám phá một vật liệu màng kháng khuẩn ổn định bằng cách liên kết ngang PVA với chitosan và dịch chiết găng tu hú (GTe). Thông qua đó, nghiên cứu mở ra triển vọng ứng dụng thực tiễn của lá găng tu hú trong việc phát triển các sản phẩm chăm sóc da an toàn và hiệu quả.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

2.1.1. Găng tu hú

Mẫu thực vật được thu hái tại khu vực núi Hải Vân, thành phố Đà Nẵng, Việt Nam vào tháng 9 năm 2022, bao gồm đầy đủ cành, lá, quả và gai (Hình 1).



Hình 1. Cành, lá và quả găng tu hú khi thu nhận mẫu tại Hải Vân, Đà Nẵng

Việc định danh được tiến hành dựa trên các đặc điểm hình thái đặc trưng của loài *Catunaregam spinosa* (Thunb.) Tirveng., thuộc họ *Rubiaceae*. Các chỉ tiêu hình thái được quan sát và ghi nhận bao gồm: (i) Lá mọc đối, phiến lá hình bầu dục thuôn dài, gốc lá tròn, mép

nguyên, mặt trên xanh đậm, mặt dưới nhạt hơn, gân lá nổi rõ; (ii) Gai nhọn, mọc ở nách lá, dài khoảng 1–3 cm; (iii) Quả hình cầu hoặc hơi dẹt, đường kính 2,0–3,0 cm.

Kết quả so sánh hình thái cho thấy sự tương đồng cao với các mô tả đã công bố trong các tài liệu định loại của họ Rubiaceae [6], [16], [17]. Việc định danh được giám định bởi Tiến sĩ Nguyễn Đức Huy, Đại học Huế, đảm bảo độ tin cậy và tính chính xác của kết quả.

Mẫu lá tươi đem đi sấy ở nhiệt độ 60°C từ 1-2 ngày cho đến khi khô, xay thành bột (cỡ rây 1 mm), và được bảo quản trong túi nilon kín cho đến khi sử dụng. Mẫu bột lá được lưu giữ tại phòng thí nghiệm Công nghệ sinh học, trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng với mã số: CNSH-2022-TNL-02. Bột lá găng tu hú (200 g) ngâm ngập trong ethanol 70% (1000 mL) trong 2 ngày. Đem dịch chiết lọc qua giấy lọc. Phần dịch đã lọc đem cô lại bằng máy cô quay chân không để thu cao chiết. Khi sử dụng, dịch chiết cồn lá găng tu hú (GTe) được chuẩn bị bằng cách hòa cao chiết trong DMSO với các nồng độ khác nhau.

2.1.2. Chứng vi khuẩn

Các chủng *S. Aureus* ATCC 6538, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *Salmonella typhi* ATCC 14028, *E. coli* ATCC 25922, *V. Parahaemolyticus* NCTC 10885 được cung cấp bởi Phòng thí nghiệm Vi sinh, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng.

Chủng vi khuẩn *S. aureus* kháng methicillin (MRSA-DL1) được cung cấp bởi Tiến sĩ Ngô Thái Bích Vân, Bộ môn Công nghệ Sinh học, Khoa Hóa, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng. Chủng này đã được phân lập từ bệnh nhân nhiễm trùng da tại Bệnh viện Da liễu Đà Nẵng theo như công bố trước đây [18].

Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: polyvinyl alcohol (PVA, $\geq 95\%$, Mitsubishi Chemical, Nhật Bản) do Công ty Hóa dược Việt cung cấp; chitosan ($C_6H_{11}NO_4$)_n, độ deacetyl hóa 90% (Biobasic, CAS: 9012-76-4); resazurin (0,01%, Merck, Đức); 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH, Merck, Đức); dimethyl sulfoxide (DMSO, $\geq 99\%$); acid ascorbic ($C_6H_8O_6$, $\geq 99\%$).

2.2. Phương pháp

2.2.1. Đánh giá hoạt tính kháng khuẩn của cao chiết bằng phương pháp đục lỗ thạch

Hoạt tính kháng khuẩn của cao chiết bằng phương pháp khuếch tán trên thạch thực hiện theo mô tả trong tài liệu [19]. Cụ thể, 100 μ L dịch vi khuẩn có độ đục tương đương với dung dịch chuẩn Mcfarland 0,5 được cấy vào đĩa môi trường. Dùng đầu tuýp vô trùng để tạo giếng thử. Dịch chiết cồn lá găng tu hú (GTe) được chuẩn bị bằng cách hòa cao chiết trong DMSO với nồng độ 100 mg/mL, 50 mg/mL và 25 mg/mL. Nạp vào mỗi giếng thử 50 μ L dịch tương ứng với các nghiệm thức thí nghiệm. Ủ 37 °C trong 24 giờ. Hoạt tính ức chế vi khuẩn của cao chiết được xác định bằng cách đo đường kính (DK) vòng ức chế vi sinh vật theo công thức:

$$DK \text{ (mm)} = D - d \quad (1)$$

Trong đó, D là đường kính vòng vô khuẩn (mm); d là đường kính lỗ thạch (mm).

2.2.2. Xác định nồng độ ức chế tối thiểu (MIC) và nồng độ diệt khuẩn tối thiểu (MBC) của GTe trên chủng vi khuẩn *S. aureus*, MRSA

Nồng độ ức chế tối thiểu và nồng độ diệt khuẩn tối thiểu được thực hiện theo mô tả trong tài liệu [20]. Hỗn hợp dịch vi khuẩn với độ đục 0,5 McFarland được chuẩn bị trong môi trường MH, pha loãng 100 lần trong dung dịch môi trường MH để thu được hỗn hợp dịch làm việc với nồng độ $1,5 \times 10^6$ CFU/mL. Mỗi giếng được bổ sung 50 μ L dịch vi khuẩn và 50 μ L GTe ở các nồng độ pha loãng $\frac{1}{2}$ sau mỗi giếng. Nuôi trong 24 giờ ở 37 °C, sau 24 giờ thêm 30 μ L resazurin vào mỗi giếng và ủ thêm 10 phút ở 37 °C, tiến hành quan sát sự đổi màu ở các giếng và ghi nhận giá trị MIC.

MBC dựa trên đĩa xác định MIC, phương pháp này được thực hiện theo hình thức trải đĩa. Đối với các giếng không mọc được khi cấy trải trên đĩa thạch MH để xác định MBC. Tất cả các mẫu được ủ ở nhiệt độ 37 °C trong 24 giờ. Sau thời gian nói trên, quan sát sự sống sót của vi

khuẩn. Giá trị MBC là nồng độ thấp nhất trong dãy nồng độ của cao chiết nước có khả năng tiêu diệt 99% vi khuẩn trong giếng.

2.2.3. Khảo sát hoạt tính kháng oxy hóa của GTe in vitro bằng DPPH

Hoạt tính kháng oxy hoá được thực hiện theo phương pháp DPPH theo mô tả trong tài liệu [21]. Hỗn hợp phản ứng gồm 2 mL DPPH (0,1 mM) được trộn đều với 2 mL dung dịch GTe ở các nồng độ 20, 40, 60, 80, 100 µg/mL và ủ trong tối ở nhiệt độ phòng 30 phút. Sau khi ủ, độ hấp phụ quang phổ của DPPH được đo ở bước sóng 517 nm. Khả năng kháng oxy hoá được xác định dựa vào hiệu suất trung hòa gốc tự do DPPH và giá trị IC₅₀. Hiệu suất phản ứng được tính dựa vào tỷ lệ giảm độ hấp phụ quang phổ 517 nm của DPPH khi không có và có ủ với chất kháng oxy hóa. Giá trị IC₅₀ được tính dựa trên phương trình tuyến tính của dịch chiết khảo sát.

2.2.4. Chế tạo màng hydrogel PVA+chitosan+ GTe

Màng hydrogel PVA+chitosan bổ sung GTe được chế tạo theo mô tả của Mokhtar N [11]. Dung dịch chitosan 2% được chuẩn bị bằng cách hòa tan trong dung dịch acid acetic 0,5% (v/v) và khuấy liên tục trong 4 giờ. Dung dịch PVA 5% (w/v) được điều chế bằng cách hòa tan trong nước cất và khuấy liên tục ở 80 °C trong 16 giờ. Màng hydrogel được chế tạo theo thành phần trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần chế tạo màng hydrogel

Công thức	Chitosan 2% (mL)	PVA 5% (mL)	Dịch chiết gừng tu hú (mg/mL)
PVA	0	100	0
Chitosan	100	0	0
PVA+Chitosan	80	20	0
PVA+GTe	0	100	12,5
Chitosan + GTe	100	0	12,5
PVA+Chitosan+GTe	80	20	12,5

Các thành phần được kết hợp bằng khuấy trộn cơ học ở tốc độ 1000 vòng/phút trong 10 phút. Hỗn hợp (10 mL) được chuyển vào đĩa petri pyrex (90 mm) và để khô trong tủ sấy 40 °C trong 8h. Màng khô sau đó được bóc ra khỏi đĩa petri và bảo quản trong bình hút ẩm để sử dụng tiếp.

2.2.5. Xác định độ trương nở

Độ trương nở thực hiện theo mô tả trong tài liệu [22], [23]. Màng hydrogel khô được cắt thành mẫu hình vuông (1,5 cm × 1,5 cm). Các mẫu được cân và ngâm trong 250 mL nước cất ở 25 °C. Tại những khoảng thời gian xác định trước, các mẫu màng được cân sau khi thấm bằng khăn giấy để loại bỏ nước trên bề mặt. Hệ số trương nở được tính theo công thức (2):

$$SR (\%) = (W_s - W_d) / W_d \times 100 \quad (2)$$

Trong đó, W_d là trọng lượng ban đầu của các mẫu màng khô và W_s là trọng lượng của các mẫu màng trương nở.

2.2.6. Đánh giá khả năng kháng khuẩn của dịch tạo màng hydrogel

Dịch vi khuẩn được nuôi qua đêm trong môi trường MH ở 37 °C, 200 vòng/ phút. Pha loãng trong môi trường MH đến độ đục tương đương với dung dịch chuẩn Mcfarland 0,5 chuẩn. Cho vào 100 µL dịch vi khuẩn đã pha loãng vào đĩa. Dùng que cấy trang đã khử khuẩn trong cồn 96° trang đều dịch canh trường. Nhỏ 100 µL dịch tương ứng với dịch hydrogel chế tạo các loại màng khảo sát lên bề mặt các đĩa thạch môi trường đã trang vi khuẩn trước đó. Ủ 37 °C, 24 giờ và quan sát.

2.2.7. Đánh giá khả năng kháng khuẩn của màng hydrogel

100 µL dịch vi khuẩn được trải trên bề mặt màng hydrogel kích thước 30 mm x 30 mm trong 3 giờ. Đặt màng đã trải dịch vi khuẩn lên bề mặt đĩa thạch môi trường MH trong 30 giây và lấy ra. Đĩa thạch sau đó tiến hành ủ 37 °C, 24 giờ và chụp hình. Hình ảnh khuẩn lạc được phân tích bằng phần mềm ImageJ và tỉ lệ ức chế khuẩn lạc được tính bằng công thức:

$$\text{Tỉ lệ ức chế (\%)} = (N_{\text{PVA}} - N_{\text{M}}) / N_{\text{PVA}} \times 100 \quad (3)$$

Trong đó, N_{PVA} là số khuẩn lạc ở đĩa màng PVA; N_{M} là số khuẩn lạc ở đĩa của các mẫu thử.

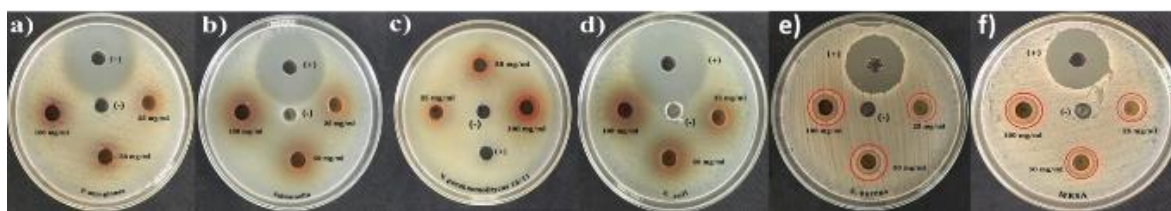
2.2.8. Xử lí số liệu

Các thí nghiệm đo hoạt tính kháng khuẩn và kháng oxy hoá được lặp tối thiểu 3 lần, kết quả được thể hiện bằng giá trị trung bình $\pm$ sai số.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Khảo sát hoạt tính kháng khuẩn của dịch chiết cùi lá cây gừng tu hú

Thí nghiệm đánh giá khả năng kháng khuẩn của dịch chiết GTe trên các vi khuẩn gây bệnh phổ biến cho thấy hiệu quả kháng khuẩn đối với các chủng vi khuẩn gram dương (*S. aureus* và *MRSA*) ở các nồng độ 100 mg/mL, 50 mg/mL và 25 mg/mL nhưng không có tác dụng kháng khuẩn đối với các chủng vi khuẩn gram âm như *E. coli*, *P. aeruginosa* và *Salmonella* (Hình 2).



Hình 2. Khả năng kháng khuẩn của GTe nồng độ 100 mg/mL; 50 mg/mL và 25 mg/mL
a) *E. coli*; b) *P. aeruginosa*; c) *V. parahaemolyticus*; d) *Salmonella*; e) *S. Aureus*; f) *MRSA*.
Chứng dương (+): ampicilline 5 µg/mL, Chứng âm (-): DMSO 10%

Giá trị MIC đối với *S. aureus* và *MRSA* là 6,25 mg/mL, và MBC là 12,5 mg/mL, với tỷ lệ MBC/MIC là 2 chỉ ra rằng GTe có khả năng diệt khuẩn (Bảng 2). So với các nghiên cứu trước đây trên cao chiết tổng ethanol (với MIC được ghi nhận là 18,22 mg/mL đối với chủng *S. aureus* [3]), nồng độ ức chế tối thiểu ghi nhận được có giá trị thấp hơn cho thấy được hiệu quả cao hơn. Theo nghiên cứu của S. Deborah và cộng sự, dịch chiết cùi từ quả cây gừng tu hú có tính kháng khuẩn trên cả vi khuẩn gram âm, như vậy có thể thấy có sự khác biệt rõ trong hoạt chất của lá và quả cây gừng tu hú [24], [25].

Bảng 2. Đường kính vòng kháng khuẩn của GTe

	Đường kính vòng kháng khuẩn (mm)			MIC (µg/mL)	MBC (µg/mL)
	100 mg/mL	50 mg/mL	25 mg/mL		
<i>S. aureus</i>	6 $\pm$ 1	3,67 $\pm$ 0,29	3 $\pm$ 0,5	6,25	12,5
<i>MRSA</i>	6,77 $\pm$ 0,44	4,33 $\pm$ 0,44	4 $\pm$ 0,1	6,25	12,5
<i>E. coli</i>	-	-	-	-	-
<i>V. parahaemolyticus</i>	1,0	-	-	-	-
<i>P. aeruginosa</i>	-	-	-	-	-
<i>Salmonella</i>	-	-	-	-	-

3.2. Đánh giá khả năng kháng oxy hoá của dịch chiết cùi lá cây gừng tu hú

Thử nghiệm hoạt tính kháng oxy hóa của GTe bằng phương pháp sử dụng DPPH đã cho thấy hiệu suất tương quan giữa nồng độ dịch chiết và khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH. Nồng độ ức chế IC_{50} của GTe được xác định là 22,85 µg/mL (Bảng 3), một con số thấp hơn đáng kể so với nghiên cứu trước đó về hoạt tính kháng oxy hóa của lá gừng tu hú (IC_{50} = 45,12 µg/mL) [3].

Giá trị IC_{50} cho thấy GTe có khả năng kháng oxy hóa tốt, chỉ cao gấp 4 lần so với acid ascorbic, một chất chuẩn có hiệu quả cao trong việc kháng lại oxy hóa. Sự hiện diện của các polyphenol và iridoid glycoside trong lá cây có thể giải thích khả năng kháng oxy hóa mạnh mẽ của cao chiết lá gừng tu hú, như được chỉ ra trong các nghiên cứu trước đó [2], [4], [25], [26]. Các kết quả này không chỉ cung cấp thông tin quý giá về hoạt tính kháng oxy hóa của lá gừng tu hú

hù mà còn thúc đẩy sự quan tâm đối với tiềm năng ứng dụng của nó trong ngành công nghiệp dược phẩm và chăm sóc sức khỏe.

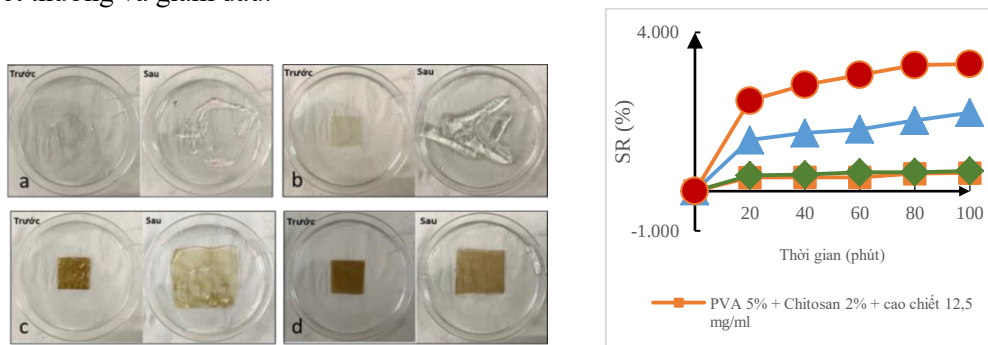
Bảng 3. Giá trị hoạt tính kháng oxy hóa (HTCO) và IC_{50} của GTe và acid ascorbic

GTe ($\mu\text{g/mL}$)	HTCO (%)	Acid ascorbic ($\mu\text{g/mL}$)	HTCO (%)
20	$47,01 \pm 0,4$	2	$12,96 \pm 0,3$
40	$64,81 \pm 0,7$	4	$34,64 \pm 0,6$
60	$72,46 \pm 0,6$	6	$47,98 \pm 0,5$
80	$82,68 \pm 1,2$	8	$68,23 \pm 0,8$
100	$88,95 \pm 0,9$	10	$78,76 \pm 1,1$
IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$): 22,85		IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$): 5,43	

3.3. Chế tạo, đánh giá khả năng trương nở của màng hydrogel từ PVA, chitosan và GTe

Màng hydrogel được chế tạo theo sáu công thức khác nhau như trong Bảng 1. Kết quả đánh giá sơ bộ cho thấy các màng chứa chitosan 2% và chitosan kết hợp GTe có đặc tính giòn, dễ nứt gãy, không đáp ứng được các yêu cầu cơ lý cần thiết cho ứng dụng trong y sinh. Do đó, hai loại màng này không được đưa vào các thí nghiệm tiếp theo. Ngược lại, các màng có bổ sung PVA thể hiện tính mềm dẻo, bề mặt mịn và đồng nhất, nên được lựa chọn để tiếp tục quá trình đánh giá ở các thí nghiệm sau.

Đặc tính trương nở nhờ hút ẩm của màng giúp duy trì môi trường ẩm, giúp thúc đẩy quá trình lành vết thương và giảm đau.



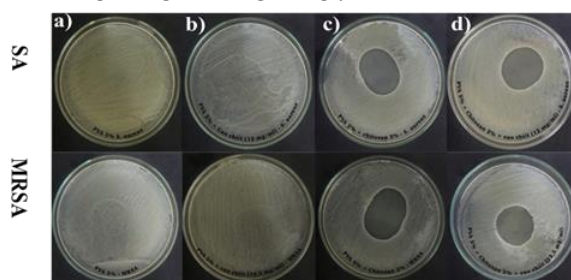
Hình 3. Sự trương nở của màng hydrogel theo thời gian: a) PVA 5%; b) PVA 5% + chitosan 2%; c) PVA 5% + GTe 12,5 mg/mL; d) PVA 5% + chitosan 2% + GTe 12,5 mg/mL

Biểu đồ ở Hình 3 cho thấy màng PVA 5% + Chitosan 2% có độ trương nở cao nhất, tiếp theo là PVA 5%, trong khi các màng chứa cao chiết GTe (PVA + GTe và PVA + Chitosan + GTe) có độ trương nở thấp và ổn định hơn theo thời gian. Sự giảm trương nở ở các mẫu chứa GTe có thể do các polyphenol trong GTe tạo liên kết chéo với polymer, làm mạng lưới trở nên bền chắc và ít hút nước hơn. Với ứng dụng làm băng gạc, một mức độ trương nở trung bình và ổn định như ở công thức chứa GTe là phù hợp hơn, giúp giữ được kết cấu màng khi tiếp xúc với dịch tiết vết thương, tránh hiện tượng trương nở quá mức làm rách hoặc biến dạng màng. Đồng thời, GTe còn mang lại lợi ích kháng khuẩn và chống oxy hóa, góp phần hỗ trợ quá trình lành vết thương.

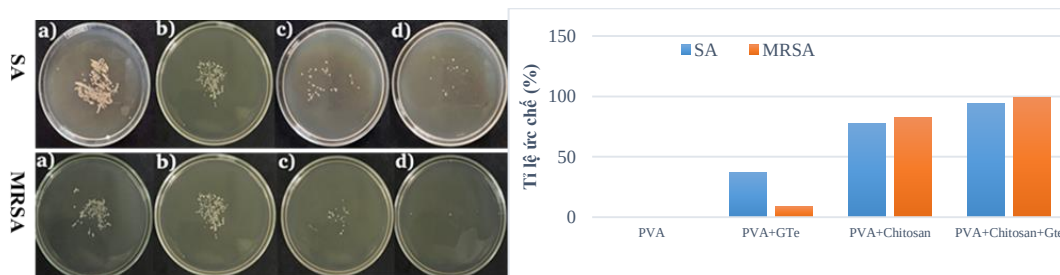
3.4. Khảo sát hoạt tính kháng khuẩn của màng hydrogel từ PVA, chitosan và GTe

Kết quả khảo sát khả năng kháng khuẩn của dịch tạo màng cho thấy cả hai phương án dịch hydrogel PVA 5% và PVA 5% + GTe 12,5 mg/mL đều không có khả năng kháng khuẩn. Tuy nhiên, các mẫu dịch hydrogel PVA 5% + chitosan 2% và PVA 5% + chitosan 2% + GTe 12,5 mg/mL lại xuất hiện vùng vô khuẩn lớn, chứng tỏ khả năng kháng khuẩn đối với chủng *S. aureus* và MRSA (Hình 4). Thử nghiệm kháng khuẩn của màng hydrogel đã chế tạo cho thấy số lượng khuẩn lạc giảm rõ rệt ở mẫu PVA 5% + chitosan 2% và PVA 5% + chitosan 2% + GTe 12,5 mg/mL (Hình 5). Tỷ lệ ức chế khuẩn lạc ghi nhận được là 94,08% trên *S. aureus* và 99,24% trên MRSA. Số lượng khuẩn lạc

trong mẫu bổ sung cả chitosan và GTe ít hơn so với mẫu chỉ có chitosan hoặc GTe. Điều này cho thấy màng hydrogel PVA + chitosan khi bổ sung GTe thể hiện hiệu quả kháng khuẩn đáng chú ý. Việc chọn mẫu PVA + Chitosan + GTe không chỉ dựa trên khả năng kháng khuẩn mà còn nhằm khai thác tính kháng oxy hóa của GTe, từ đó làm đa dạng tác động của vật liệu. Tính kháng oxy hóa có thể giúp giảm thiểu tác hại của các gốc tự do, hỗ trợ quá trình liền vết thương, và đảm bảo thẩm mỹ khi ứng dụng làm miếng dán mụn. Sự kết hợp này kỳ vọng mang lại vật liệu vừa kháng khuẩn vừa kháng oxy hóa, đáp ứng yêu cầu đa chức năng trong các ứng dụng y sinh.



Hình 4. Khả năng kháng khuẩn dịch hydrogel trên chủng SA và MRSA: (a) PVA 5%; (b) PVA 5% + GTe 12,5 mg/mL; (c) PVA 5% + chitosan 2%; (d) PVA 5% + chitosan 2% + GTe 12,5 mg/mL



Hình 5. Khả năng kháng khuẩn màng hydrogel trên chủng SA và MRSA và đồ thị tỉ lệ ức chế của màng tính theo số khuẩn lạc: (a) PVA 5%; (b) PVA 5% + GTe 12,5 mg/mL; (c) PVA 5% + chitosan 2%; (d) PVA 5% + chitosan 2% + GTe 12,5 mg/mL

Trong trạng thái dịch lỏng, hỗn hợp PVA + chitosan có hiệu quả kháng khuẩn tốt hơn so với ở dạng màng vì trong dịch lỏng, các thành phần dễ dàng tương tác và phân tán đồng đều, tạo ra một môi trường thuận lợi để phát huy hiệu quả kháng khuẩn của chitosan. Khi chuyển thành màng, sự liên kết vật lý giữa các thành phần trong màng có thể hạn chế khả năng tương tác của chitosan với vi khuẩn. Tuy nhiên, khi bổ sung đồng thời chitosan và GTe vào màng hydrogel, hiệu quả kháng khuẩn tăng lên. Điều này có thể giải thích do cả chitosan và GTe đều có hoạt tính kháng khuẩn riêng biệt, khi kết hợp với nhau, chúng hỗ trợ lẫn nhau, làm tăng hiệu quả tổng thể. GTe có thể tương tác với vi khuẩn thông qua cơ chế kháng khuẩn tự nhiên của nó, trong khi chitosan góp phần làm tăng tính ưa nước và tạo ra các liên kết tương tác mạnh mẽ hơn với vi khuẩn. Ngoài ra, việc bổ sung GTe còn mang lại lợi ích nhờ khả năng kháng oxy hóa của GTe đã được xác định ở trên.

4. Kết luận

Dịch chiết còn lá gừng tu hú thể hiện hoạt tính kháng khuẩn mạnh đối với vi khuẩn gram dương, đặc biệt là *S. aureus* và MRSA, nhưng không hiệu quả đối với vi khuẩn gram âm. Ngoài ra, dịch chiết này có khả năng kháng oxy hóa cao, mở ra tiềm năng ứng dụng trong sản xuất các dược phẩm bảo vệ sức khỏe. Màng hydrogel kháng khuẩn được chế tạo thành công bằng cách kết hợp PVA 5%, chitosan 2% và dịch chiết GTe ở nồng độ 12,5 mg/mL. Màng này có đặc tính trương nở tốt, đồng thời đạt hiệu quả ức chế vi khuẩn MRSA lên đến 99,24%. Việc kết hợp chitosan và dịch chiết còn lá gừng tu hú trong màng hydrogel PVA-chitosan không chỉ tăng cường đặc tính kháng khuẩn mà còn mở ra tiềm năng ứng dụng của sản phẩm trong lĩnh vực dược phẩm và chăm sóc sức khỏe nhờ vào hoạt tính kháng khuẩn và kháng oxy hóa đáng kể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] D. Timalisina, H. P. Devkota, D. Bhusal, and K. R. Sharma, “*Catunaregam spinosa* (Thunb.) Tirveng: a review of traditional uses, phytochemistry, pharmacological activities, and toxicological aspects,” *Evid. Based Complement Alternat Med.*, 2021, doi: 10.1155/2021/3257732.
- [2] S. Damle and K. Sharon, “Antioxidant activity, TLC and HPLC- ESI-Q- TOF-MS fingerprinting of *Catunaregam spinosa* (Thunb.) triveng,” *J. Pharmacogn Phytochem*, vol. 7, no. 4, pp. 2119-2124, 2018.
- [3] K. Sharon and S. Damle, “Location specific phytochemical and antibacterial analysis of methanolic extracts of *Catunaregam spinosa* (Thunb.) Triveng,” *International Journal of Biology Research*, vol. 3, no. 2, pp. 75-80, 2018.
- [4] S. P. Anand, S. Deborah, and G. Velmurugan, “Antimicrobial activity, nutritional profile and phytochemical screening of wild edible fruit of *Catunaregam spinosa* (Thunb.) Tirveng SP,” *The Pharma Innovation Journal*, vol. 6, no. 10, pp. 106-109, 2017.
- [5] H. Saini *et al.*, “Anti-inflammatory, analgesic and antipyretic activity of *catunaregam spinosa* (Thumb.) Tirveng extracts,” *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, vol. 9, no. 5, 2019, doi: 10.22270/jddt.v9i5.3363.
- [6] J. Basini, D. Swetha, and G. Mallikarjuna, “Anti hyperglycemic and antioxidant activity of *catunaregam spinosa* (Thunb) against dexamethasone induced diabetes in rats,” *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, vol. 11, 2019, doi: 10.22159/ijpps.2019v11i6.32563.
- [7] E. A. Kamoun *et al.*, “A review on polymeric hydrogel membranes for wound dressing applications: PVA-based hydrogel dressings,” *J. Adv. Res.*, vol. 8, no. 3, pp. 217-233, 2017, doi: 10.1016/j.jare.2017.01.005.
- [8] V. Brumberg, T. Astrelina, T. Malivanova, and A. Samoilov, “Modern wound dressings: Hydrogel dressings,” *Biomedicine*, vol. 9, 2021, Art. no. 1235, doi: 10.3390/biomedicines9091235.
- [9] Y. Liang, J. He, and B. Guo, “Functional hydrogels as wound dressing to enhance wound healing,” *ACS nano*, vol. 15, pp. 12687–12722, 2021, doi: 10.1021/acsnano.1c04206.
- [10] B. Jia, G. Li, E. Cao, J. Luo, X. Zhao, and H. Huang, “Recent progress of antibacterial hydrogels in wound dressings,” *j.mtbio*, vol. 19, 2023, doi: 10.1016/j.mtbio.2023.100582.
- [11] N. A. Mokhtar, F. M. Tap, N. B. A. Khairudin, R. R. Ali, and S. Z. A. Talib, “Design of PVA/Chitosan loaded with *chromolaena odorata* extract as wound dressings,” *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 30, no. 1, 2023, doi: 10.37934/araset.30.1.311320.
- [12] Y. Zhang *et al.*, “Novel lignin–chitosan–PVA composite hydrogel for wound dressing,” *Materials Science and Engineering C*, vol. 104, 2019, doi: 10.1016/j.msec.2019.110002.
- [13] A. Pellis, G. M. Guebitz, and G. S. Nyanhongo, “Chitosan: sources, processing and modification techniques,” *Gels*, vol. 8, no. 7, 2022, doi: 10.3390/gels8070393.
- [14] Y. Zhong *et al.*, “Construction methods and biomedical applications of PVA-based hydrogels,” *Front. Chem.*, vol. 12, 2024, doi: 10.3389/fchem.2024.1376799.
- [15] S. Jiang, S. Liu, and W. Feng, “PVA hydrogel properties for biomedical application,” *J. Mech. Behav. Biomed Mater*, vol. 4, no. 7, 2011, doi: 10.1016/j.jmbbm.2011.04.005.
- [16] Varadharajan *et al.*, “Pharmacognostical studies on the root bark and stem bark of *Catunaregam spinosa* (Thunb.) Tiruv. (Madanaphala) - an Ayurvedic drug. Spatula DD,” *Peer Reviewed Journal on Complementary Medicine and Drug Discovery*, vol. 4, 2014, Art. no. 89, doi: 10.5455/spatula.20140421034040.
- [17] S. Deborah, G. Velmurugan, and S. P. Anand, “Antimicrobial activity, nutritional profile and phytochemical screening of wild edible fruit of *Catunaregam spinosa* (Thunb.) Tirveng,” *The Pharma Innovation Journal*, vol. 6, no. 10, 2017, doi:10.12980/jclm.4.2016j6-169.
- [18] N. T. B. Van *et al.*, “Investigating the antibacterial mechanism of *Ampelopsis cantoniensis* extracts against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* via in vitro and in silico analysis,” *J. Biomol. Struct. Dyn.*, vol. 41, no. 23, 2023, doi: 10.1080/07391102.2023.2187218.
- [19] D. Asmerom, T. H. Kalay, and G. G. Tafere, “Antibacterial and antifungal activities of the leaf exudate of *aloe megalacantha baker*,” *Int. J. Microbiol*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8840857.
- [20] J. H. Jorgensen and M. J. Ferraro, “Antimicrobial susceptibility testing: A review of general principles and contemporary practices,” *Clin. Infect Dis.*, vol. 49, no. 11, pp. 1749-1755, 2009, doi: 10.1086/647952.
- [21] R. Sari, “Evaluation of oral preparations of vitamin E as antioxidant using DPPH method (Diphenyl picrylhydrazyl),” *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*, vol. 10, no. 1, 2023, doi: 10.20473/bikfar. v10i1.47115.
- [22] S. H. Othman *et al.*, “Water sorption and water permeability properties of edible film made from potato peel waste,” *Food Science and Technology* (Brazil), vol. 37, pp. 63–70, Dec. 2017, doi: 10.1590/1678-457X.30216.
- [23] H. Chopra *et al.*, “Preparation and evaluation of chitosan/PVA Based hydrogel films loaded with honey for wound healing application,” *Gels*, vol. 8, no. 2, 2022, doi: 10.3390/gels8020111.
- [24] M. Dharmishtha and G. Falguni, “Antibacterial activity of methanolic fruit extract of *Randia dumetorum* Lamk,” *Int. J. Pharmtech Res*, vol. 1, no. 3, 2009, doi: 10.36348/sjmps.2018.v04i06.009
- [25] L. Hamerski *et al.*, “Iridoid glucosides from *Randia spinosa* (Rubiaceae),” *Phytochemistry*, vol. 63, no. 4, 2003, doi: 10.1016/S0031-9422(03)00109-2.
- [26] M. B. Patil and P. A. Khan, “Primary phytochemical studies of *catunaregam spinosa* (thunb.) Tirven for secondary metabolites,” *Int. J. Pharma Bio. Sci.*, vol. 8, no. 2, 2017, doi: 10.22376/ijpbs.2017.8.2.p320-323.