



DOI: <https://doi.org/10.52714/dthu.14.04S.2025.1578>

KHẢO SÁT THÀNH PHẦN HÓA HỌC, HOẠT TÍNH KHÁNG OXY HÓA VÀ KHÁNG KHUẨN CỦA CAO CHIẾT ETHANOL CÂY NGÁI KHỈ (*Ficus hirta* var. *roxburghii* (Miq.) King)

**Tô Minh Nhật Tiến, Nguyễn Thị Tuyết Ngọc, Triệu Phú Hậu,
Nguyễn Quốc Châu Thanh và Nguyễn Trọng Tuan***

Khoa Khoa học Tự Nhiên, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

**Tác giả liên hệ, Email: trongtuan@ctu.edu.vn*

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 13/6/2025; Ngày nhận chỉnh sửa: 09/7/2025; Ngày chấp nhận: 15/7/2025

Tóm tắt

*Nghiên cứu bước đầu khảo sát thành phần hóa học và đánh giá hoạt tính sinh học của cây Ngái khỉ (*Ficus hirta* var. *roxburghii* (Miq.) King). Kết quả định tính cho thấy cao chiết chứa nhiều nhóm hợp chất có tiềm năng sinh học như alkaloid, flavonoid, steroid, triterpenoid và tannin. Trong đó, hàm lượng cao các hợp chất polyphenol (39,18 mg GAE/g cao chiết), flavonoid (73,62 mg QE/g cao chiết) và tannin (71,86 mg CE/g cao chiết) được tìm thấy ở cao chiết thân so với cao chiết lá, tương ứng với hoạt tính kháng oxy hóa. Hiệu quả kháng oxy hóa vượt trội với giá trị EC_{50} lần lượt là 192,24 $\mu\text{g/mL}$ (DPPH) và 60,73 $\mu\text{g/mL}$ (ABTS⁺), cùng với giá trị $Abs_{0,5}$ là 305,24 $\mu\text{g/mL}$ (RP) và 226,91 $\mu\text{g/mL}$ (TAC). Ngược lại, cao chiết lá chứa hàm lượng alkaloid cao hơn (125,56 mg AE/g cao chiết) với khả năng ức chế chủng vi khuẩn *Salmonella* sp., MIC là 625 $\mu\text{g/mL}$. Sự khác biệt về phân bố hợp chất sinh học giữa các bộ phận cho cái nhìn tổng quan hứa hẹn phát triển các sản phẩm dược liệu tự nhiên chuyên biệt.*

Từ khóa: *Kháng khuẩn, kháng oxy hóa, Ngái khỉ, thành phần hóa học.*

Trích dẫn: Tô, M. N. T., Nguyễn, T. T. N., Triệu, . H., Nguyễn, Q. C. T., & Nguyễn, T. T. (2025). Khảo sát thành phần hóa học, hoạt tính kháng oxy hóa và kháng khuẩn của cao chiết ethanol cây ngái khỉ (*Ficus hirta* var. *roxburghii* (Miq.) King). *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, 14(04S), 189-201. <https://doi.org/10.52714/dthu.14.04S.2025.1578>

Copyright © 2025 The author(s). This work is licensed under a CC BY-NC 4.0 License.

INVESTIGATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION, ANTIOXIDANT AND ANTIBACTERIAL ACTIVITIES OF ETHANOLIC EXTRACTS OF *Ficus hirta* var. *roxburghii* (Miq.) King

To Minh Nhat Tien, Nguyen Thi Tuyet Ngoc, Trieu Phu Hau, Nguyen Quoc Chau Thanh, and Nguyen Trong Tuan*

College of Natural Sciences, Can Tho University, Vietnam

**Corresponding author, Email: trongtuan@ctu.edu.vn*

Article history

Received: 13/6/2025; Received in revised form: 09/7/2025; Accepted: 15/7/2025

ABSTRACT

*The initial study investigated the chemical composition and biological activity of *Ficus hirta* var. *roxburghii* (Miq.) King. Quatitative analysis revealed the presence of alkaloids, flavonoids, steroids, triterpenoids, and tannins. Stem extract exhibited high levels of total polyphenols content (39.18 mg GAE/g), flavonoids (73.62 mg QE/g), and tannins (71.86 mg CE/g) compared to leaf extract, correlating with strong antioxidant activity (EC_{50} values of 192.24 $\mu\text{g/mL}$ for DPPH and 60.73 $\mu\text{g/mL}$ for ABTS⁺; $Abs_{0.5}$ values of 305.24 $\mu\text{g/mL}$ for RP and 226.91 $\mu\text{g/mL}$ for TAC). Conversely, leaf extract contained higher alkaloid content (125.56 mg AE/g) and inhibited *Salmonella* sp. with a MIC of 625 $\mu\text{g/mL}$. This differential distribution of bioactive compounds suggests potential for developing specialized natural medicinal products.*

Keywords: *Antibacterial activity, antioxidant activity, chemical composition, *Ficus hirta* var. *roxburghii* (Miq.) King*

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh đất nước đang trong thời kỳ công nghiệp hoá, hiện đại hoá mạnh mẽ, việc duy trì một nền tảng sức khỏe tốt ngày càng trở nên khó khăn đối với mỗi cá nhân. Thực tế cho thấy, số người tử vong do các bệnh lý hiểm nghèo ngày càng gia tăng, đáng báo động hơn là tỷ lệ mắc bệnh ở lứa tuổi trẻ đang có xu hướng tăng nhanh, đồng thời quá trình lão hoá cũng diễn ra sớm và mạnh mẽ hơn (Pham & cs., 2008). Nhiều nghiên cứu khoa học đã chỉ ra rằng nguyên nhân chủ yếu của tình trạng này đến từ sự tích tụ các gốc tự do trong cơ thể. Trước thách thức đó, các nhà khoa học đã tìm ra nhóm hợp chất có khả năng trung hòa các gốc tự do, phục hồi tổn thương tế bào và làm chậm quá trình lão hóa – đó chính là các chất kháng oxy hoá (Lobo & cs., 2010). Các chất này đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ tế bào khỏi các tổn thương do oxy hóa gây ra.

Bên cạnh đó, sự kháng thuốc ngày càng lan rộng của nhiều chủng vi khuẩn cũng đang đặt ra thách thức lớn trong việc điều trị các bệnh nhiễm khuẩn. Điều này càng nhấn mạnh nhu cầu cấp thiết trong việc tìm kiếm những nguồn dược liệu tự nhiên có tiềm năng kháng khuẩn hiệu quả (Jacoby & cs., 1991). Trước thực trạng đó, việc nghiên cứu, khai thác và ứng dụng các hợp chất tự nhiên có hoạt tính kháng oxy hóa và kháng khuẩn đang trở thành một hướng đi đầy triển vọng trong phát triển sản phẩm dược liệu.

Cây Ngái khi – *Ficus hirta* var. *roxburghii* (Miq.) King, thuộc họ Dâu tằm (Moraceae) – là loài cây tiểu mộc cao từ 1–2 mét, cành có lông dày. Lá có phiến chia ba thùy sâu, dài 10–25 cm, bề mặt lá có lông nhám, mép có răng nhỏ, cuống lá dài 1–4 cm, có lá bẹ dài khoảng 1 cm. Quả sung có hình tròn hoặc tròn chót nhọn, màu vàng, có lông thưa, tổng bao cao 12–15 mm và dễ rụng. Loài cây này được phân bố rộng rãi tại Việt Nam, Trung Quốc, Ấn Độ và Campuchia (Pham & cs., 1999).

Nhiều nghiên cứu đã xác nhận rằng chi *Ficus* chứa đa dạng các hợp chất hóa học có hoạt tính sinh học như kháng viêm, kháng oxy hóa và kháng nấm. Năm 2017, Chunpeng Wan và cộng sự đã phân lập 11 hợp chất từ quả cây *Ficus hirta* Vahl., trong đó pinocembrin-7-*O*- β -D-glucoside là flavonoid chính trong chiết xuất ethanol, thể hiện hoạt tính kháng nấm mạnh đối với *Penicillium italicum* – tác nhân gây bệnh nấm mốc xanh trên quả có múi – với đường kính vòng kháng đạt 19 và 24 mm tại nồng độ 2 và 4 mg/mL, đồng thời ức chế >90% sự phát triển của nấm ở 400 μ g/mL và đạt 100% ở 800 μ g/mL (Wan & cs., 2017). Năm 2020, Chuying Chen và cộng sự đã nghiên cứu hoạt tính kháng oxy hóa của cây *Ficus hirta* Vahl. bằng phương pháp trung hòa gốc tự do DPPH và ABTS, cho thấy cao ethyl acetate (EAE) có hoạt tính mạnh nhất với giá trị IC_{50} lần lượt là 2,02 mg/mL và 3,06 mg/mL. Ngoài ra, cao acetone (AE), EAE và chloroform (CE) cho thấy khả năng ức chế nấm ở nồng độ 2.000 μ g/mL, trong đó AE hiệu quả hơn ở 1.000 μ g/mL; pinocembrin-7-*O*- β -D-glucoside được xác định là hợp chất kháng nấm chính trong các cao AE và EAE (Chen & cs., 2020). Năm 2020, Giáng Hương và cộng sự đã nghiên cứu hoạt tính kháng viêm của cao chiết lá cây Vú bò (*Ficus hirta* Vahl.), cho thấy phân đoạn *n*-hexane và ethyl acetate (EA) có khả năng ức chế NO mạnh với giá trị IC_{50} lần lượt là 10,46 và 13,16 μ g/mL. Trong khi đó, kết quả đánh giá độc tính tế bào RAW264.7 cho thấy phân đoạn *n*-butanol an toàn nhất với tỷ lệ sống sót 98,69% tại nồng độ 100 μ g/mL (Tran & cs., 2020;).

Tuy nhiên, các nghiên cứu cụ thể về thành phần hóa học cũng như hoạt tính sinh học của cây Ngái khi vẫn còn rất ít ở cả trong và ngoài nước. Vì vậy, kết quả của nghiên cứu này không chỉ góp phần bổ sung dữ liệu cho hệ thực vật Việt Nam mà còn đặt nền móng cho các nghiên cứu chuyên sâu về loài cây này trong tương lai.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất và thiết bị

Dung môi hữu cơ: ethanol, methanol, chloroform, DMSO (Chemsol, Việt Nam).

Hóa chất dùng trong thử nghiệm: DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Merck, Đức), ABTS (2,2-azinobis(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonate) (Merck, Đức), Vitamin C (Xilong, Trung Quốc), Na_2CO_3 , NaNO_2 , AlCl_3 , NaOH , vanillin, HCl , $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , CCl_3COOH , Na_3PO_4 , H_2SO_4 , ammonium molybdate, môi trường LB, NaCl , resazurin (Himedia, Ấn Độ), tetracycline 500 mg (Domesco, Việt Nam).

Thiết bị dùng trong thử nghiệm: Tủ cấy (Class II BSC, Esco, Indonesia), nồi hấp khử trùng autoclave (HVE-50, Hirayama, Nhật), máy ly tâm (Mikro 12-24, Hettich, Đức), máy vortex (ZX3, Velp, Ý), máy cô quay chân không (Buchi, Đức), máy đo 96 giếng (Biotek – Mỹ).

2.2. Đối tượng nghiên cứu và chuẩn bị nguyên vật liệu

Mẫu lá và thân cây Ngái khi được thu thập vào tháng 8 năm 2023 tại khu vực Núi Dài, huyện Tri Tôn, tỉnh An Giang, và đã được định danh bởi ThS. Phùng Thị Hằng theo hệ thống phân loại thực vật (Pham & cs., 1999). Sau khi thu hái, mẫu được làm sạch, sấy khô ở nhiệt độ 50–55°C trong 3 ngày kết hợp với việc xác định độ ẩm liên tục đến khi đạt độ ẩm ổn định, sau đó được nghiền thành bột mịn để phục vụ cho các phân tích tiếp theo. Hàm lượng ẩm của mẫu lá và thân được xác định lần lượt là $10,62 \pm 0,58\%$ và $8,87 \pm 0,49\%$.

Bột lá và bột thân (700 g) của cây Ngái khi được chiết xuất bằng phương pháp ngâm dầm với dung môi ethanol 96% trong 24 giờ. Quá trình chiết được lặp lại nhiều lần cho đến khi nguyên liệu được chiết kiệt. Các dịch chiết thu được sau mỗi lần chiết được gộp lại, sau đó loại bỏ dung môi bằng phương pháp cô quay chân không ở nhiệt độ 50°C. Kết quả thu được cao chiết ethanol từ lá và thân với khối lượng tương ứng là 46,0 g và 28,8 g.

Các chủng vi khuẩn dùng trong thử nghiệm bao gồm: *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* và *Pseudomonas aeruginosa* được cung cấp bởi bộ môn Sinh học, khoa Khoa học tự nhiên, trường Đại học Cần Thơ.

2.3. Định tính các thành phần hóa học

Việc định tính các nhóm hợp chất thứ cấp trong cao chiết được thực hiện dựa trên các phản ứng đặc trưng tạo màu, theo phương pháp mô tả trước đó (Abayomi & cs., 1993; Tiwari & Cummins, 2013), với các phản ứng cụ thể được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thử nghiệm định tính thành phần hóa học

Nhóm hợp chất	Thí nghiệm	Hiện tượng
Alkaloid	1 mL cao chiết + 5 giọt thuốc thử Dragendorff	Kết tủa nâu cam đến đỏ
	1 mL cao chiết + 5 giọt thuốc thử Wagner	Kết tủa màu nâu
Flavonoid	1 mL cao chiết + 5 giọt thuốc thử FeCl_3 5%	Kết tủa xanh đen
	1 mL cao chiết + 5 giọt thuốc thử AlCl_3 10%	Dung dịch màu vàng nhạt và xuất hiện huyền phù
	1 ít bột Mg + 1 mL cao chiết + nhỏ từ từ HCl_{dd}	Dung dịch có màu đỏ cam, đỏ thẫm hoặc đỏ tươi
	1 mL cao chiết + 5 giọt dung dịch NaOH	Dung dịch có màu đỏ cam. Nhạt dần khi thêm HCl_{dd}

	1 mL cao chiết + 5 giọt dung dịch H_2SO_4	Dung dịch màu vàng đậm đến cam và phát huỳnh quang
Tannin	1 mL cao chiết + 5 giọt thuốc thử Stiasny	Kết tủa vón màu đỏ gạch
	1 mL cao chiết + 5 giọt thuốc thử Gelatin muối	Dung dịch màu vàng nhạt, hóa nâu khi để lâu
Steroid và triterpenoid	1 mL cao chiết + 1 mL anhydride acetic + 1 mL chloroform, làm lạnh + 0,1 mL H_2SO_{4dd}	Dung dịch đổi thành màu xanh dương, lục, cam hoặc đỏ bền
	0,2 mL dung dịch CCl_3COOH + 1 mL cao chiết	Dung dịch đổi màu xanh dương sau 20 phút
	1 mL chloroform + 1 mL cao chiết + 1 mL H_2SO_{4dd}	Dung dịch đổi thành màu đỏ đậm, xanh, xanh tím.
Saponin	Tính tạo bọt	Cột bọt bền trong 5 phút và cao trên 1 cm

2.4. Định lượng các thành phần hóa học

2.4.1. Định lượng polyphenol tổng

Hàm lượng polyphenol tổng trong cao chiết được xác định bằng thuốc thử Folin–Ciocalteu, dựa trên phương pháp trước đó với một số hiệu chỉnh (Petra & cs., 2017). Kết quả được biểu thị dưới dạng hàm lượng tương đương gallic acid trên gram cao chiết (mg GAE/g cao chiết).

Tiến hành thí nghiệm: Hút 20 μ L mẫu thử nghiệm cho vào ống nghiệm, thêm vào 1.580 μ L nước cất, 100 μ L thuốc thử Folin–Ciocalteu và 300 μ L Na_2CO_3 (200 g/L). Hỗn hợp được trộn đều bằng máy vortex và ủ trong bể điều nhiệt ở 40°C trong 30 phút, tránh ánh sáng trong suốt quá trình phản ứng. Sau 30 phút ủ, độ hấp thụ quang phổ dung dịch được đo ở bước sóng 765 nm bằng máy quang phổ UV-Vis. Gallic acid được sử dụng làm chất chuẩn để xây dựng đường chuẩn (Matić & cs., 2017).

2.4.2. Định lượng flavonoid toàn phần

Hàm lượng flavonoid tổng trong cao chiết được xác định bằng phương pháp so màu dựa trên phản ứng tạo phức $NaNO_2-AlCl_3-NaOH$, dựa trên phương pháp trước đó với một số hiệu chỉnh (Petra & cs., 2017). Kết quả được biểu thị là hàm lượng tương đương quercetin trên gram cao chiết (mg QE/g cao chiết).

Tiến hành thí nghiệm: Hút 500 μ L mẫu thử cho vào ống nghiệm chứa 2 mL nước cất và 150 μ L $NaNO_2$ 5%. Hỗn hợp được lắc đều và ủ ở nhiệt độ phòng trong 5 phút. Tiếp theo, thêm 150 μ L $AlCl_3$ 10%, lắc đều và ủ 6 phút ở nhiệt độ phòng. Sau đó thêm 2 mL $NaOH$ 1 M và định mức bằng nước cất đến 5 mL. Độ hấp thụ được đo tại bước sóng 510 nm bằng máy quang phổ UV-Vis. Quercetin được sử dụng làm chất chuẩn để xây dựng đường chuẩn (Matić & cs., 2017).

2.4.3. Định lượng tannin tổng

Hàm lượng tannin tổng được xác định dựa trên phản ứng tạo phức giữa tannin và vanillin trong môi trường acid, dựa trên phương pháp trước đó với một số hiệu chỉnh (Faten & cs., 2014). Kết quả được biểu thị dưới dạng hàm lượng tương đương catechin trên gram cao chiết (mg CE/g cao chiết).

Tiến hành thí nghiệm: Hút 50 μ L mẫu thử cho vào ống nghiệm chứa sẵn 3 mL dung dịch vanillin 4%. Sau đó thêm 1,5 mL HCl đậm đặc, lắc đều và ủ phản ứng trong 15 phút ở

hiệt độ phòng. Độ hấp thụ quang phổ của dung dịch phản ứng được đo tại bước sóng 500 nm. Catechin được sử dụng làm chất chuẩn để xây dựng đường chuẩn (Medini & cs., 2014).

2.4.4. Định lượng alkaloid tổng

Hàm lượng alkaloid tổng được xác định dựa trên phản ứng tạo phức giữa alkaloid và thuốc thử bromocresol green (BCG) trong môi trường đệm phosphate có pH 4,7, sau đó chiết phức màu bằng dung môi chloroform. Phương pháp với một số hiệu chỉnh (Shazia & cs., 2016). Kết quả được biểu thị dưới dạng hàm lượng tương đương atropine trên gram cao chiết (mg AE/g cao chiết).

Chuẩn bị mẫu cao chiết: Cao chiết (1 mg/mL) được hòa tan trong HCl 2 N và lọc. pH của dung dịch đệm điều chỉnh về trung tính bằng NaOH 0,1 N.

Tiến hành thí nghiệm: Hút 1 mL dung dịch mẫu cao chiết cho vào phễu chiết, thêm 5 mL dung dịch BCG và 5 mL dung dịch đệm phosphate pH 4,7. Hỗn hợp được lắc mạnh với dung môi chloroform. Dịch chiết chloroform được chuyển vào bình định mức 10 mL và thêm chloroform đến vạch. Độ hấp thụ của dung dịch được ở bước sóng 470 nm. Atropine được sử dụng làm chất chuẩn để xây dựng đường chuẩn (Tabasum & cs., 2016).

2.5. Khảo sát hoạt tính kháng oxy hóa *in vitro*

2.5.1. Phương pháp trung hòa gốc tự do DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

Khả năng trung hòa gốc tự do DPPH của cao chiết được xác định theo dựa trên phương pháp trước đó với một số hiệu chỉnh (Kitima & cs., 2017). Nguyên tắc của phương pháp dựa trên sự giảm độ hấp thụ của dung dịch DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) khi phản ứng với các chất có khả năng cho electron hoặc hydrogen.

Cách tiến hành: Hút 100 μ L dung dịch mẫu thử cho vào giếng của microplate 96 giếng, sau đó thêm 100 μ L dung dịch DPPH 5×10^{-4} M. Hỗn hợp được trộn đều và ủ trong 30 phút ở nhiệt độ phòng, trong điều kiện tránh ánh sáng. Độ hấp thụ quang học được đo tại bước sóng 517 nm. Mỗi mẫu được thử nghiệm lặp lại 3 lần. Khả năng kháng oxy hóa được biểu thị thông qua giá trị EC₅₀, là nồng độ chất cần thiết để trung hòa 50% gốc tự do DPPH (Sirivibulkovit & cs., 2018).

2.5.2. Phương pháp trung hòa gốc tự do ABTS^{•+} (2,2'-azinobis(3ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))

Khả năng trung hòa gốc tự do ABTS^{•+} được xác định dựa trên phương pháp trước đó với một số hiệu chỉnh (Roberta & cs., 1998). Dung dịch gốc tự do ABTS^{•+} được chuẩn bị bằng cách trộn 4 mL dung dịch ABTS 7 mM với 4 mL dung dịch K₂S₂O₈ 2,45 mM, ủ tối trong 16 giờ để thu được dung dịch gốc. Sau khi chuẩn bị, dung dịch gốc được pha loãng bằng ethanol và điều chỉnh độ hấp thụ quang phổ của dung dịch tại bước sóng 734 nm sao cho giá trị Abs đạt $0,7 \pm 0,05$.

Thí nghiệm được thực hiện bằng cách cho 10 μ L dung dịch mẫu thử vào 990 μ L dung dịch ABTS^{•+} đã pha loãng. Hỗn hợp được ủ trong 6 phút ở nhiệt độ phòng và đo độ hấp thụ tại bước sóng 734 nm. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần, và kết quả được biểu diễn dưới dạng giá trị EC₅₀, là nồng độ cần thiết để trung hòa 50% gốc tự do ABTS^{•+} (Re & cs., 1999).

2.5.3. Phương pháp năng lực khử (Reducing power – RP)

Năng lực khử của mẫu được xác định dựa trên phương pháp trước đó với một số hiệu chỉnh (Manmohan & cs., 2011). Thí nghiệm được thực hiện như sau: Hút 500 μ L dung dịch

mẫu thử vào ống ly tâm, sau đó thêm 500 μL dung dịch đệm phosphate ($\text{pH} = 6,6$) và 500 μL dung dịch $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 1%. Hỗn hợp được ủ trong 20 phút ở 50°C . Sau đó, thêm 500 μL dung dịch CCl_3COOH 10% và tiến hành ly tâm ở 3000 vòng/phút trong 10 phút.

Sau khi ly tâm, rút 500 μL phần dịch phía trên và thêm 500 μL nước cất cùng với 100 μL dung dịch FeCl_3 0,1%, lắc đều. Mật độ quang của hỗn hợp được đo ở bước sóng 700 nm. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần và kết quả được biểu diễn bằng giá trị $\text{Abs}_{0,5}$ là nồng độ tại đó hỗn hợp đạt độ hấp thụ 0,5 (Singhal & cs., 2014).

2.5.4. Phương pháp xác định tổng hoạt tính kháng oxy hóa

Khả năng kháng oxy hóa tổng (Total antioxidant content – TAC) của mẫu được xác định dựa trên phương pháp trước đó với một số hiệu chỉnh (Pilar & cs., 1998). Dung dịch thuốc thử TAC được pha chế từ hỗn hợp gồm H_2SO_4 0,6 M, sodium phosphate 28 mM và ammonium molybdate 4 mM, với thể tích tổng cộng 100 mL.

Thí nghiệm được thực hiện như sau: Hút 100 μL dung dịch mẫu thử cho vào eppendorf, sau đó thêm 1 mL dung dịch thuốc thử TAC vào mẫu. Dung dịch phản ứng được ủ ở 95°C trong 90 phút. Sau khi ủ, dung dịch được để nguội và độ hấp thụ quang phổ của dung dịch được đo tại bước sóng 695 nm. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần và kết quả được biểu diễn bằng giá trị $\text{Abs}_{0,5}$, là nồng độ tại đó độ hấp thụ đạt 0,5 (Prieto & cs., 1999).

2.6. Khảo sát hoạt tính kháng vi khuẩn

2.6.1. Chuẩn bị các chủng vi khuẩn

Các chủng vi khuẩn gây bệnh trên người được sử dụng trong thí nghiệm bao gồm: *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* và *Pseudomonas aeruginosa*. Các chủng vi khuẩn này được nuôi cấy trong môi trường LB (Lysogeny) ở 37°C trong 24 giờ trước khi tiến hành các thử nghiệm sinh học.

2.6.2. Chuẩn bị dung dịch thử nghiệm

Hòa tan 1 g cao chiết thử nghiệm trong 100 mL dung môi DMSO 10% , thu được dung dịch cao chiết có nồng độ 10 mg/mL và được sử dụng trong thử nghiệm. Thuốc kháng sinh tetracycline được sử dụng làm đối chứng dương với nồng độ tương tự (10 mg/mL).

2.6.3. Tiến hành thử nghiệm

Phương pháp khuếch tán giếng thạch được thực hiện dựa trên phương pháp trước đó với một số hiệu chỉnh (Agyare & cs., 2013). Cấy 100 μL dung dịch vi khuẩn với mật độ 10^6 CFU/mL lên bề mặt môi trường thạch LB, sau đó trải đều.

Sử dụng dụng cụ tạo giếng vô trùng có đường kính 6 mm, tạo 5 giếng trên mỗi đĩa. Bơm 50 μL dung dịch cao chiết (nồng độ 10 mg/mL) vào các giếng số 1-3, 50 μL tetracycline (10 mg/mL) vào giếng số 4 (đối chứng dương) và 50 μL DMSO 10% vào giếng số 5 (trung tâm).

Đĩa thạch được ủ ở 37°C trong 24 giờ. Vòng kháng khuẩn được xác định bằng cách đo đường kính (mm) vùng ức chế sự phát triển của vi khuẩn xung quanh mỗi giếng (Agyare & cs., 2013).

2.7. Xác định nồng độ ức chế tối thiểu (Minimum Inhibitory Concentration – MIC)

2.7.1. Chuẩn bị thuốc thử resazurin

Dung dịch resazurin được điều chế bằng cách: Hòa tan 270 mg resazurin vào trong 40 mL nước cất vô trùng. Hỗn hợp được trộn đều bằng máy vortex đến khi hòa tan hoàn toàn, thu được dung dịch đồng nhất.

2.7.2. Chuẩn bị dung dịch thử nghiệm

Hòa tan 2 g cao chiết thử nghiệm trong 100 mL dung môi DMSO 10% , thu được dung dịch cao chiết có nồng độ 20 mg/mL để tiến hành thử nghiệm. Tetracycline 20 mg/mL được sử dụng làm đối chứng dương.

2.7.3. Tiến hành thử nghiệm

Cho 100 μ L dung dịch cao chiết vào hàng giếng đầu tiên của microplate 96 giếng. Các giếng còn lại được thêm 50 μ L DMSO 10%. Tiến hành pha loãng nối tiếp hai lần theo hàng ngang để thu dãy nồng độ giảm dần của cao chiết. Tiếp theo, mỗi giếng được thêm lần lượt 10 μ L dung dịch resazurin, 30 μ L môi trường LB lỏng (có nồng độ gấp 3,3 lần) và 10 μ L vi khuẩn có mật số 10^7 CFU/mL.

Thiết lập các đối chứng như sau: (1) Đối chứng dương: tetracycline thay cao chiết, (2) Đối chứng âm: DMSO 10% thay cao chiết, và (3) Đối chứng vô khuẩn: không thêm vi khuẩn, thay bằng 10 μ L môi trường LB. Tất cả các thí nghiệm được lặp lại 3 lần, đĩa được ủ tại 37°C trong 18–24 giờ.

Sự thay đổi màu sắc từ tím sang hồng hoặc không màu được xem là phản ứng dương tính. Nồng độ thấp nhất tại đó không xảy ra sự thay đổi màu sắc được xác định là giá trị MIC. Giá trị MIC trung bình của ba lần lặp được tính và ghi nhận cho từng chủng vi khuẩn (Sarker & cs., 2007).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả định tính các thành phần hóa học

Kết quả định tính cho thấy cả hai cao chiết từ lá và thân cây Ngái khi đều cho phản ứng dương tính với hầu hết các nhóm hợp chất thứ cấp quan trọng, bao gồm alkaloid, flavonoid, steroid, triterpenoid và tannin. Sự hiện diện đồng thời của các nhóm hợp chất này cho thấy cả hai bộ phận của cây đều chứa nhiều hợp chất có tiềm năng sinh học, đặc biệt là hoạt tính kháng oxy hóa và kháng khuẩn.

3.2. Kết quả định lượng các thành phần hóa học

Dựa trên kết quả trình bày ở Bảng 2, có sự khác biệt rõ rệt giữa hai cao chiết từ lá và thân cây Ngái khi. Cao chiết thân cho thấy hàm lượng polyphenol cao hơn so với cao chiết lá ở cùng nồng độ thử nghiệm. Tương tự, hàm lượng flavonoid toàn phần và tannin tổng trong cao chiết thân cũng cao hơn lần lượt 1,42 lần và 1,56 lần so với cao chiết lá, phản ánh tiềm năng kháng oxy hóa nổi bật của phần thân. Ngược lại, hàm lượng alkaloid trong cao chiết lá đạt 125,56 mg AE/g cao chiết, cao hơn đáng kể so với thân (31,07 mg AE/g cao chiết), cho thấy tiềm năng về các hoạt tính như kháng khuẩn, kháng viêm từ phần lá.

Nhìn chung, cả hai bộ phận lá và thân của cây Ngái khi đều giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học, tuy nhiên mỗi bộ phận lại ưu thế ở các nhóm hoạt chất khác nhau, từ đó gợi mở tiềm năng ứng dụng riêng biệt trong nghiên cứu và phát triển các sản phẩm dược liệu.

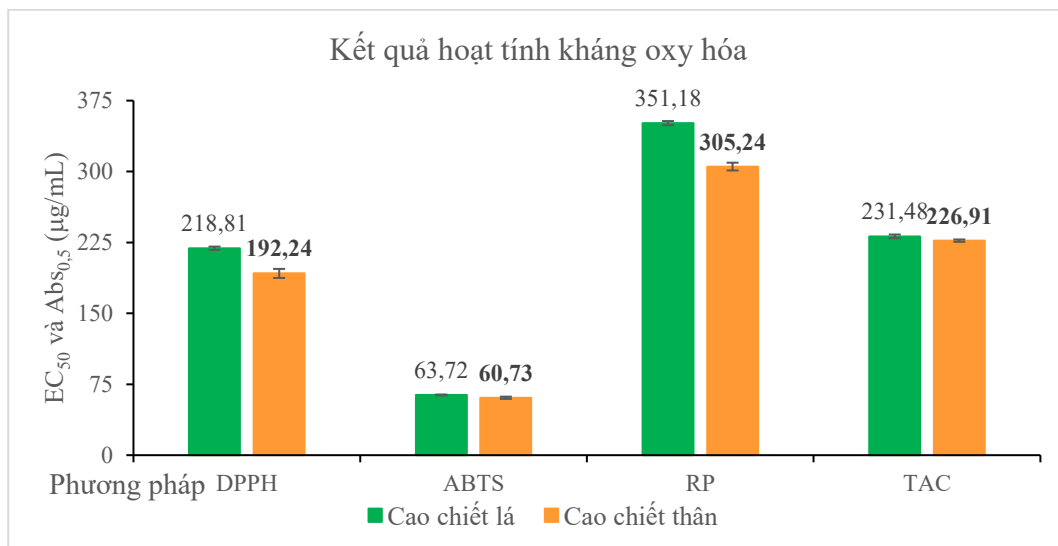
3.3. Kết quả hoạt tính kháng oxy hóa *in vitro*

Hoạt tính kháng oxy hóa *in vitro* của cao chiết lá và thân cây Ngái khi được đánh giá qua 4 phương pháp: trung hòa gốc tự do DPPH, ABTS^{•+}, năng lực khử (RP) và kháng oxy hóa tổng (TAC). Kết quả trên Hình 1 cho thấy cả hai dạng cao chiết đều thể hiện khả năng kháng oxy hóa rõ rệt. Trong đó, cao chiết thân cho thấy hiệu quả vượt trội hơn so với cao chiết lá với giá trị EC₅₀ lần lượt là 192,24 μ g/mL (DPPH) và 60,73 μ g/mL (ABTS^{•+}); cùng với giá trị Abs_{0,5} tương ứng là 305,24 μ g/mL (RP) và 226,91 μ g/mL (TAC).

Bảng 2. Kết quả định lượng thành phần hóa học trên lá và thân của cây Ngái khi

Phương pháp	Đường chuẩn	Cao chiết lá	Cao chiết thân
Polyphenol tổng (mg GAE/g cao chiết)	$y = 0,0784x + 0,0464$ $R^2 = 0,9927$	33,40±1,91	39,18±2,21
Flavonoid toàn phần (mg QE/g cao chiết)	$y = 0,0043x - 0,0023$ $R^2 = 0,9939$	51,91±4,54	73,62±0,90
Tannin tổng (mg CE/g cao chiết)	$y = 0,0253x - 0,0157$ $R^2 = 0,9971$	45,92±0,11	71,86±0,18
Alkaloid toàn phần (mg AE/g cao chiết)	$y = 0,0075x - 0,0001$ $R^2 = 0,9954$	125,56±1,57	31,07±0,36

Những kết quả này hoàn toàn phù hợp với số liệu định lượng hóa học trước đó, trong đó cao chiết thân có hàm lượng polyphenol, flavonoid và tannin cao hơn. Điều này củng cố mối liên hệ chặt chẽ giữa hàm lượng các hợp chất này với khả năng trung hòa gốc tự do và hiệu quả kháng oxy hóa. Đối chứng dương sử dụng trong các thử nghiệm là ascorbic acid – một chất có độ tinh khiết cao và đã được biết đến rộng rãi với khả năng kháng oxy hóa mạnh mẽ hơn so với các mẫu cao chiết (Njus & cs., 2020). Hiện nay, việc nghiên cứu các chất kháng oxy hóa từ tự nhiên ngày càng được quan tâm trong các lĩnh vực y, dược vì nó giúp bảo vệ cơ thể con người khỏi tác hại của các gốc tự do – những phân tử có khả năng gây tổn thương tế bào, protein, lipid và ADN, ngoài ra nó còn ít gây ra độc hại và ít mang lại tác dụng phụ (Xu & cs., 2017).



Hình 1: Kết quả hoạt tính kháng oxy hóa của cao chiết trên bốn phương pháp

3.4. Kết quả hoạt tính kháng vi khuẩn

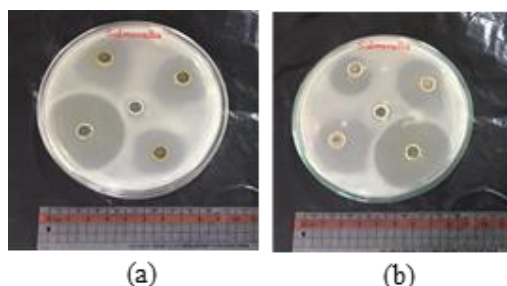
Sau 24 giờ ủ, hoạt tính kháng khuẩn của cao chiết lá và thân cây Ngái khi trên năm chủng vi khuẩn gây bệnh được đánh giá dựa trên đường kính vòng kháng khuẩn, kết quả được trình bày trong Bảng 3. Ở nồng độ 10 mg/mL, cả hai loại cao chiết đều cho thấy hoạt tính kháng khuẩn hạn chế và có tính chọn lọc, khi không hình thành vòng kháng khuẩn đối với bốn chủng vi khuẩn gồm *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* và *Pseudomonas aeruginosa*.

Điều này cho thấy rằng ở nồng độ khảo sát, các hoạt chất trong cao chiết chưa đạt đủ ngưỡng cần thiết để ức chế các chủng vi khuẩn này, hoặc có thể do đặc tính đề kháng tự nhiên mạnh mẽ của vi khuẩn làm giảm hiệu quả kháng khuẩn của mẫu chiết. Ngược lại, cả hai loại cao chiết đều thể hiện hiệu lực kháng khuẩn rõ rệt đối với chủng *Salmonella* sp., với sự hình thành vòng kháng khuẩn rõ nét: $16,67 \pm 2,52$ mm đối với cao chiết lá và $20,33 \pm 3,79$ mm đối với cao chiết thân.

Bảng 3. Kết quả hoạt tính kháng khuẩn trên lá và thân cây Ngái khi

Gram	Vi khuẩn	Đường kính vòng kháng khuẩn (mm)		
		Nồng độ cao chiết (10 mg/mL)		Nồng độ tetracycline (10 mg/mL)
		Lá	Thân	
(+) <i>Staphylococcus aureus</i>		–	–	$42,33 \pm 1,53$
	<i>Bacillus subtilis</i>			$28,67 \pm 1,53$
(–) <i>Pseudomonas aeruginosa</i>		–	–	$23,33 \pm 2,52$
	<i>Escherichia coli</i>			$29,67 \pm 2,08$
	<i>Salmonella</i> sp.	$16,67 \pm 2,52$	$20,33 \pm 3,79$	$30,00 \pm 3,61$

– : không thể hiện hoạt tính



Hình 2. Đường kính vòng kháng khuẩn (mm) *Salmonella* sp. của cao chiết lá (a) và thân (b)

Kết quả này cho thấy tiềm năng chọn lọc kháng khuẩn của cây Ngái khi, đặc biệt là đối với chủng vi khuẩn *Salmonella* sp. Cao chiết thân thể hiện hiệu lực kháng khuẩn tốt hơn so với cao chiết lá, phù hợp với dữ liệu định lượng alkaloid đã nêu trước đó.

3.5. Kết quả nồng độ ức chế tối thiểu (MIC)

Salmonella sp. được biết đến là vi khuẩn hình que, Gram âm, thuộc họ *Enterobacteriaceae*, thường gây bệnh qua đường tiêu hóa, phổ biến nhất là ngộ độc thực phẩm và thương hàn (Eng & cs., 2015).

Kết quả thử nghiệm hoạt tính kháng khuẩn cho thấy cả hai loại cao chiết từ lá và thân cây Ngái khi đều có khả năng ức chế vi khuẩn *Salmonella* sp. ở nồng độ 10 mg/mL, với sự hình thành vòng kháng khuẩn rõ rệt. Dựa trên kết quả này, thí nghiệm xác định nồng độ ức chế tối thiểu (MIC) đã được tiến hành nhằm đánh giá chi tiết hơn về hiệu quả kháng khuẩn của các cao chiết.

Kết quả MIC (Bảng 4) cho thấy, mặc dù cao chiết thân tạo vòng kháng khuẩn lớn hơn ở nồng độ thấp, cao chiết lá lại thể hiện hoạt tính kháng khuẩn mạnh hơn ở nồng độ cao hơn, với giá trị MIC là 625 μ g/mL, thấp hơn nhiều so với cao chiết thân (MIC = 5.000 μ g/mL). Từ

đây chỉ ra rằng lá cây Ngái khi chứa các hợp chất kháng khuẩn tiềm năng có hiệu quả cao hơn, đặc biệt khi sử dụng ở nồng độ cao. Sự khác biệt này được cho là liên quan đến hàm lượng alkaloid cao trong lá – một nhóm hợp chất được biết đến với hoạt tính kháng khuẩn mạnh.

Bảng 4. Kết quả MIC ($\mu\text{g/mL}$) trên cây Ngái khi

Vi khuẩn	Giá trị MIC ($\mu\text{g/mL}$)	
	Lá	Thân
<i>Salmonella</i> sp.	625	5000

Năm 2008, Kuete và cộng sự đã nghiên cứu và phát hiện rằng cao methanol của *Ficus cordata* cho hoạt tính kháng khuẩn tốt trên loài vi khuẩn *Salmonella typhi* với giá trị MIC đạt 78,12 $\mu\text{g/mL}$ (Kuete & cs., 2008). Năm 2010, Rizvi và cộng sự đã nghiên cứu về loài thực vật *Ficus lyrata* cho kết quả cả 2 cao ethanol và cao nước đều tạo được vòng kháng khuẩn với các chủng vi khuẩn thuộc chi *Salmonella* như *Salmonella typhimurium*, *Salmonella typhi* và *Salmonella paratyphi* A (Rizvi & cs., 2010). Năm 2020, Wira và cộng sự đã chỉ ra rằng lá và quả của loài *Ficus lyrata* Warb cũng cho khả năng kháng vi khuẩn *Salmonella thypi* mạnh tại nồng độ ức chế 1,56% (cao quả) và 6,25% (cao lá) (Wira & cs., 2020). Điều này có thể thấy được chi *Ficus* có rất nhiều nguồn dược liệu đầy tiềm năng sinh học về kháng khuẩn mới, đặc biệt kháng lại loài vi khuẩn nguy hiểm gây hại trên người như *Salmonella* sp.

Kết quả nghiên cứu này củng cố nhận định về tiềm năng khai thác bộ phận lá của cây Ngái khi như một nguồn nguyên liệu tự nhiên trong phát triển các chất kháng khuẩn.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng cả hai bộ phận lá và thân của cây Ngái khi đều là nguồn dược liệu tiềm năng nhờ hàm lượng cao các hợp chất có hoạt tính sinh học. Điều này thể hiện qua kết quả định lượng cao thân chứa hàm lượng polyphenol (39,18 mg GAE/g cao chiết), flavonoid (73,62 mg QE/g cao chiết) và tannin (71,86 mg CE/g cao chiết), tương ứng với hoạt tính kháng oxy hóa mạnh được xác định qua bốn phương pháp kháng oxy hóa gồm DPPH, ABTS⁺, RP và TAC. Theo đó, cao thân thể hiện hoạt tính tốt hơn trên phương pháp DPPH, ABTS⁺, RP và TAC với giá trị EC₅₀/Abs_{0,5} lần lượt là 192,24 $\mu\text{g/mL}$, 60,73 $\mu\text{g/mL}$, 305,24 $\mu\text{g/mL}$ và 226,91 $\mu\text{g/mL}$. Điều này cho thấy hiệu quả kháng oxy hóa của thân cây tốt hơn so với lá.

Ngược lại, cao lá chứa hàm lượng alkaloid cao (125,56 mg AE/g cao chiết), thể hiện khả năng kháng khuẩn mạnh với chủng vi khuẩn *Salmonella* sp., chứng minh thông qua giá trị MIC = 625 $\mu\text{g/mL}$. Điều này nhấn mạnh vai trò quan trọng của hợp chất alkaloid trong việc tạo nên khả năng kháng khuẩn vượt trội của phần lá.

Kết quả nghiên cứu này cho thấy cả hai bộ phận của cây Ngái khi đều có tiềm năng ứng dụng trong phát triển các sản phẩm dược liệu từ thiên nhiên. Tuy nhiên, việc lựa chọn bộ phận phù hợp sẽ giúp tối ưu hóa hiệu quả sinh học, tùy thuộc vào mục tiêu sử dụng dựa trên đặc tính hóa học và sinh học đặc trưng của từng bộ phận.

Lời cảm ơn: Xin chân thành cảm ơn Bộ môn Hóa học và Bộ môn Khoa học Sức khỏe đã tạo điều kiện thực hiện nghiên cứu này. ThS. Phùng Thị Hằng – Bộ môn Sư phạm Sinh học – Trường Sư phạm – Trường Đại học Cần Thơ đã nhiệt tình hỗ trợ.

Tài liệu tham khảo

- Abayomi, S. (1993). Medicinal plants and traditional medicine in Africa. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 13, 195-238. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(84\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0378-8741(84)90026-6)
- Agyare, C., Koffuor, G. A., Boakye, Y. D., & Mensah, K. B. (2013). Antimicrobial and anti-inflammatory properties of *Funtumia elastica*. *Pharmaceutical Biology*, 51(4), 418-425. <https://doi.org/10.3109/13880209.2012.738330>
- Chen, C., Peng, X., Chen, J., & Wan, C. (2020). Antioxidant, antifungal activities of ethnobotanical *Ficus hirta* Vahl. and analysis of main constituents by HPLC-MS. *Biomedicines*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.3390/biomedicines8010015>
- Cheng, J., Yi, X., Wang, Y., Huang, X., & He, X. (2017). Phenolics from the roots of hairy fig (*Ficus hirta* Vahl.) exert prominent anti-inflammatory activity. *Journal of Functional Foods*, 31, 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.01.035>
- Eng, S. K., Pusparajah, P., Ab Mutalib, N. S., Ser, H. L., Chan, K. G., & Lee, L. H. (2015). *Salmonella*: a review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. *Frontiers in Life Science*, 8(3), 284-293. <https://doi.org/10.1080/21553769.2015.1051243>
- Jacoby, G. A., & Archer, G. L. (1991). New mechanisms of bacterial resistance to antimicrobial agents. *New England Journal of Medicine*, 324(9), 601-612. <https://doi.org/10.1056/NEJM199102283240906>
- Kuete, V., Ngameni, B., Simo, C. F., Tankeu, R. K., Ngadjui, B. T., Meyer, J. J. M., Lall, N. & Kuiate, J. R. (2008). Antimicrobial activity of the crude extracts and compounds from *Ficus chlamydocarpa* and *Ficus cordata* (Moraceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 120(1), 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.07.026>
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- Matić, P., Sabljčić, M., & Jakobek, L. (2017). Validation of spectrophotometric methods for the determination of total polyphenol and total flavonoid content. *Journal of AOAC International*, 100(6), 1795-1803. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0066>
- Medini, F., Fellah, H., Ksouri, R., & Abdelly, C. (2014). Total phenolic, flavonoid and tannin contents and antioxidant and antimicrobial activities of organic extracts of shoots of the plant *Limonium delicatulum*. *Journal of Taibah University for Science*, 8(3), 216-224. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.01.003>
- Njus, D., Kelley, P. M., Tu, Y. J., & Schlegel, H. B., (2020). Ascorbic acid: The chemistry underlying its antioxidant properties. *Free Radical Biology and Medicine*, 159, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.07.013>
- Pham, H. L. A., He, H., & Pham, H. C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science: IJBS*, 4(2), 89. <https://doi.org/10.4172/0974-8369.1000214>
- Pham, H. H. (1999). *Cây cỏ Việt Nam* (Tập 2). Hồ Chí Minh: NXB Trẻ.

- Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269(2), 337-341. <https://doi.org/10.1006/abio.1999.4019>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rizvi, W., Rizvi, M., Kumar, R., Kumar, A., Shukla, I., & Parveen, M. (2010). Antibacterial activity of *Ficus lyrata*-An in vitro study. *Int. J. Pharmacol*, 8(2), 7.
- Sarker, S. D., Nahar, L., & Kumarasamy, Y. (2007). Microtitre plate-based antibacterial assay incorporating resazurin as an indicator of cell growth, and its application in the in vitro antibacterial screening of phytochemicals. *Methods*, 42(4), 321-324. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2007.01.006>
- Singhal, M., Paul, A., & Singh, H. P. (2014). Synthesis and reducing power assay of methyl semicarbazone derivatives. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(2), 121-127. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2011.06.004>
- Sirivibulkovit, K., Nouanthavong, S., & Sameenoi, Y. (2018). Based DPPH assay for antioxidant activity analysis. *Analytical Sciences*, 34(7), 795-800. <https://doi.org/10.2116/analsci.18P014>
- Tabasum, S., Khare, S., & Jain, K. (2016). Spectrophotometric quantification of total phenolic, flavonoid, and alkaloid contents of *Abrus precatorius* L. seeds. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(2), 371-374.
- Tiwari, U., & Cummins, E. (2013). Handbook of plant food phytochemicals: sources, stability and extraction. *Wiley-Blackwell*, 107-137. <https://doi.org/10.1002/9781118464717>
- Tran, T. G. H., Tran, D. D., & Chu, H. M. (2020). Hoạt tính kháng viêm từ cao chiết lá cây Vú bò (*Ficus hirta* Vahl) thu hái tại huyện Yên Sơn, tỉnh Tuyên Quang. *Tạp chí khoa học Đại học Tân Trào*, 6(17), 32-35. <https://doi.org/10.51453/2354-1431/2020/384>
- Wan, C., Chen, C., Li, M., Yang, Y., Chen, M., & Chen, J. (2017). Chemical constituents and antifungal activity of *Ficus hirta* Vahl. fruits. *Plants*, 6(4), 44. <https://doi.org/10.3390/plants6040044>
- Wira, D. W., Mardawati, E., Hutaaruk, R. O., Bangun, D. E. M., & Kamila, H. E. (2020). Minimum inhibitory concentration of leaf and fruit extract *Ficus lyrata* Warb against *Salmonella thypi* bacteria. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 443, No. 1, p. 012046). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/443/1/012046>
- Xu, D. P., Li, Y., Meng, X., Zhou, T., Zhou, Y., Zheng, J., ... & Li, H. B. (2017). Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(1), 96. <https://doi.org/10.3390/ijms18010096>