

TỔNG QUAN VỀ THÀNH PHẦN HÓA HỌC CỦA MỘT SỐ LOÀI THUỘC CHI *LUDWIGIA* Ở VIỆT NAM

*Trần Quan Dinh**, *Khuu Thanh Sơn*, *Lê Thị Trúc Giang*,
Nguyễn Minh Tuấn Anh, *Ngô Thị Ngọc Giàu*, *Nguyễn Thị Thu Trâm*

Trường Đại học Y Dược Cần Thơ

*Email: 1953030007@student.ctump.edu.vn

Ngày nhận bài: 29/7/2023

Ngày phản biện: 06/10/2023

Ngày duyệt đăng: 31/10/2023

TÓM TẮT

Đặt vấn đề: Chi rau muống (*Ludwigia*) là một trong những chi lớn và đa dạng thuộc họ rau dền nước (*Onagraceae*). Chi *Ludwigia* đặc trưng bởi nhiều công dụng như kháng viêm, kháng khuẩn, hỗ trợ điều trị đái tháo đường type 2, gây độc tế bào ung thư và bảo vệ tế bào. Do sở hữu nhiều hoạt tính hấp dẫn nên nhiều công trình nghiên cứu về thành phần hóa học chi *Ludwigia* đã được thực hiện nhằm tìm ra hoạt chất chính trong loài. Tuy nhiên ở Việt Nam, các nghiên cứu được thực hiện một cách rời rạc, chưa có hệ thống, vì thế bài tổng quan này nhằm hệ thống hóa thành phần hóa học của các loài thuộc chi *Ludwigia* mọc ở Việt Nam, làm cơ sở khoa học cho các nghiên cứu phân lập, định danh hoạt chất và đánh giá hoạt tính sinh học tiếp theo. **Đối tượng và phương pháp nghiên cứu:** Thành phần hóa học của 6 loài thuộc chi *Ludwigia* gồm *Ludwigia octovalvis* (rau muống lớn), *Ludwigia perenis* (rau muống hoa nhỏ), *Ludwigia hyssopifolia* (rau muống thon), *Ludwigia epilobioides* (rau muống hẹp), *Ludwigia prostrata* (rau muống đất) và *Ludwigia adscendens* (rau dền nước). Các dữ liệu được thu thập từ các nguồn tài liệu đáng tin cậy như PubMed, Web of Science, Google Scholar. **Kết quả:** Đã tổng quan thành phần hóa học đặc trưng của 6 loài thuộc chi *Ludwigia* mọc ở Việt Nam bao gồm flavonoid, steroid, triterpenoid, phenolic và coumaric. Các thành phần hóa học này được trình bày cấu trúc hóa học cùng nguồn gốc phân lập từ loài rau muống cụ thể. **Kết luận:** Nội dung tổng quan cung cấp cơ sở dữ liệu hữu ích, tin cậy cho các nghiên cứu chuyên sâu tiếp theo. Kết quả cho thấy chi *Ludwigia* có thành phần hóa học thực vật đa dạng với nhiều hợp chất đã được chứng minh có hoạt tính sinh học hấp dẫn cho thấy tiềm năng phát ứng dụng của chi *Ludwigia* vào cuộc sống.

Từ khóa: Chi *Ludwigia*, hóa thực vật, họ rau dền nước, tổng quan.

ABSTRACT

A REVIEW ON CHEMICAL CONSTITUENTS OF *LUDWIGIA* GENUS IN VIETNAM

*Tran Quan Dinh**, *Khuu Thanh Son*, *Le Thi Truc Giang*,
Nguyen Minh Tuan Anh, *Ngô Thị Ngọc Giàu*, *Nguyen Thi Thu Tram*
Can Tho University of Medicine and Pharmacy

Background: *Ludwigia* is one of the large and diverse genus belonging to *Onagraceae* family. A series of biological activities have been reported for *Ludwigia* as anti-inflammatory, antibacterial, supporting in type 2 diabetes treatment and cytotoxicity. Several studies on chemical constituents of *Ludwigia* genus have been performed to discover components which related to bioactivities. However, these studies were conducted in a discrete manner. This review was a systematic report on the chemical constituents of *Ludwigia* genus in Vietnam that useful support for the isolation and identification of bioactivities ingredients. **Materials and methods:** Six investigated species including *Ludwigia octovalvis*, *Ludwigia perenis*, *Ludwigia hyssopifolia*, *Ludwigia epilobioides*, *Ludwigia prostrata* and *Ludwigia adscendens*. The data was collected from PubMed, Web of Science and Google Scholar. **Results:** Flavonoids, steroids, triterpenoids, phenolics, and

coumarics were common chemical constituents of *Ludwigia* genus growing in Vietnam. Chemical structures as well as their isolated source were also presented. **Conclusion:** This comprehensive study could contribute the foundation for further research on the *Ludwigia* genus.

Keywords: *Ludwigia*, phytochemistry, Onagraceae family, review.

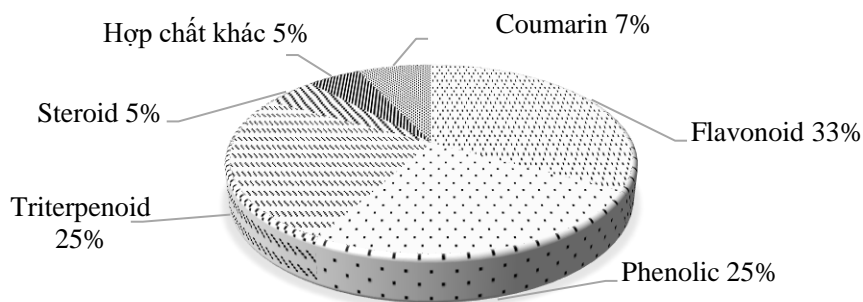
I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam, chi *Ludwigia* hiện biết đến có 6 loài phân bố rải rác khắp cả nước gồm có *Ludwigia octovalvis* (rau mương lớn), *Ludwigia perenis* (rau mương hoa nhỏ), *Ludwigia hyssopifolia* (rau mương thon), *Ludwigia epilobioides* (rau mương hẹp), *Ludwigia prostrata* (rau mương đất) và *Ludwigia adscendens* (rau dừa nước) [1], [2]. Chi *Ludwigia* đặc trưng bởi nhiều công dụng như kháng viêm, kháng khuẩn, hỗ trợ điều trị đái tháo đường type 2, gây độc tế bào ung thư và bảo vệ tế bào gan [3], [4], [5]. Do có nhiều đặc tính tốt nên nhiều công trình nghiên cứu về thành phần hóa học về những loài thuộc chi *Ludwigia* đã được thực hiện. Nhiều hoạt chất đã được chiết tách và xác định cấu trúc. Tuy nhiên vẫn chưa có một tài liệu tổng quan về thành phần hóa thực vật của những loài thuộc chi *Ludwigia* ở Việt Nam.

Với mong muốn giới thiệu một cái nhìn tổng quan về thành phần hóa học về 6 loài dược liệu thuộc chi *Ludwigia* góp phần thúc đẩy nghiên cứu phát triển và ứng dụng những dược liệu này vào cuộc sống. Chúng tôi thực hiện bài tổng quan cung cấp các thông tin về thành phần hóa thực vật của 6 loài thuộc chi *Ludwigia* ở Việt Nam.

II. NỘI DUNG TỔNG QUAN

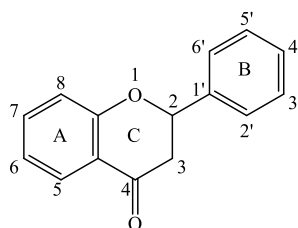
Cho đến nay, 74 hợp chất đã được phân lập và xác định từ những loài thuộc chi *Ludwigia* mọc ở Việt Nam. Các hợp chất thuộc nhiều nhóm gồm flavonoid, phenolic, triterpenoid, steroid, coumarin và các hợp chất khác. Tỷ lệ các hợp chất khác nhau của những loài thuộc chi *Ludwigia* mọc ở Việt Nam được thể hiện trong (Hình 1).



Hình 1. Biểu đồ phần trăm phân nhóm hợp chất khác nhau từ chi *Ludwigia*

2.1. Nhóm flavonoid

Đặc điểm cấu trúc của flavonoid

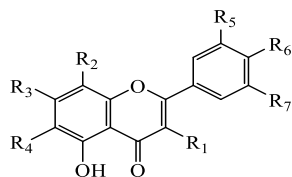


Hình 2. Khung chung của flavonoid

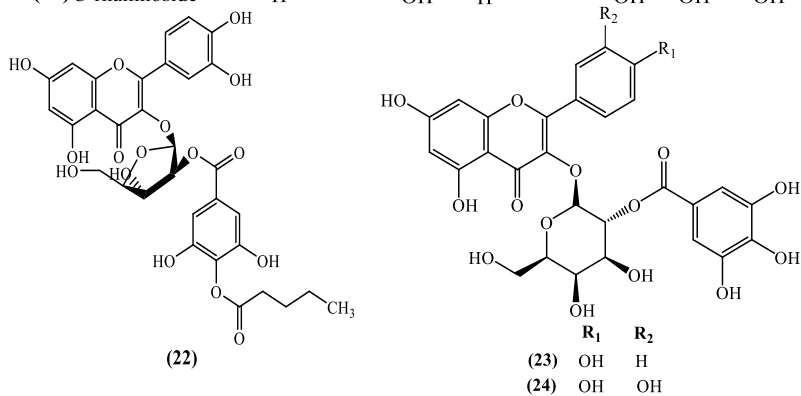
Flavonoid là những hợp chất màu phenol thực vật có cấu trúc khung sườn cơ bản là 1,3-diphenylpropan nghĩa là 2 vòng benzen A và B nối với nhau qua một dây có 3 carbon, nên thường được gọi là C6-C3-C6. Thường flavonoid có mang một hoặc nhiều –OH ở vị trí 5 và 7 trên nhân A và ở vị trí 3', 4', 5' trên nhân B. Do có nhiều nhóm –OH phenol nên các flavonoid có thể liên kết với nhau hoặc với các hợp chất khác trong cây để tạo thành các hợp chất phức tạp hơn thường gặp nhất là liên kết với các đường có trong cây như đường D-glucose, kể đến là D-galactose, L-rhamnose, L-arabinose, D-xylose, D-apiose và acid uronic [6].

Bảng 1. Những hợp chất flavonoid đã được chiết tách từ chi *Ludwigia*

Số thứ tự	Hợp chất	Loài dược liệu
1	vitexin	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> <i>Ludwigia octovalvis</i> <i>Ludwigia epilobioides</i> [7]
2	isorientin	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> <i>Ludwigia octovalvis</i> <i>Ludwigia epilobioides</i> [7]
3	isovitexin	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> <i>Ludwigia octovalvis</i> <i>Ludwigia epilobioides</i> [7]
4	apigenin	<i>Ludwigia octovalvis</i> [8]
5	orientin	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> <i>Ludwigia octovalvis</i> <i>Ludwigia epilobioides</i> [7]
6	dihydroquercetin	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
7	luteolin	<i>Ludwigia octovalvis</i> [8]
8	3,5-dihydroxy-7,4'-dimethoxyflavone	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [10]
9	kaempferol	<i>Ludwigia adscendens</i> [11], [9]
10	quercetin	<i>Ludwigia octovalvis</i> [8] <i>Ludwigia adscendens</i> [11], [9]
11	quercetin-O-3-arabinoside	<i>Ludwigia perennis</i> [7] <i>Ludwigia adscendens</i> [7], [11]
12	quercetin-O-glucoside	<i>Ludwigia perennis</i> [7]
13	quercetin-O-3-rhamnoside	<i>Ludwigia adscendens</i> [7]
14	quercetin-O-rutinoside	<i>Ludwigia adscendens</i> [7], [11]
15	juglanin	<i>Ludwigia adscendens</i> [11]
16	reynoutrin	<i>Ludwigia adscendens</i> [11]
17	avicularin	<i>Ludwigia adscendens</i> [11]
18	hyperin	<i>Ludwigia adscendens</i> [11]
19	trifolin	<i>Ludwigia adscendens</i> [11]
20	afzelin	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
21	myricitrin	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
22	avicularin 2''-(4''-O-n-pentanoyl)-gallate	<i>Ludwigia adscendens</i> [11]
23	trifolin 2''-O-gallate	<i>Ludwigia adscendens</i> [11]
24	hyperin 2''-O-gallate	<i>Ludwigia adscendens</i> [11]



R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
(1) H	C-glucoside	OH	H	H	OH	H
(3) H	H	OH	C-glucoside	H	OH	OH
(2) H	H	OH	C-glucoside	H	OH	H
(4) H	H	OH	H	H	OH	H
(5) H	C-glucoside	OH	H	OH	OH	OH
(6) H	H	OH	H	H	OH	OH
(7) H	H	OH	H	OH	OH	H
(8) OH	H	OCH ₃	H	H	OCH ₃	H
(9) OH	H	OH	H	H	OH	H
(10) OH	H	H	H	OH	OH	H
(11) O-arabinoside	H	OH	H	OH	OH	H
(12) O-glucoside	H	OH	H	OH	OH	H
(13) O-rhamnoside	H	OH	H	OH	OH	H
(14) O-rutinoside	H	OH	H	OH	OH	H
(15) O-arabinoside	H	OH	H	H	OH	H
(16) O-xylopyranoside	H	OH	H	H	OH	H
(17) C-arabinofuranoside	H	OH	H	H	OH	H
(18) C-galactoside	H	OH	H	OH	OH	H
(19) C-galactoside	H	OH	H	H	OH	H
(20) C-rhamnoside	H	OH	H	H	OH	H
(21) C-rhamnoside	H	OH	H	OH	OH	OH



Hình 3. Cấu trúc những hợp chất nhóm flavonoid

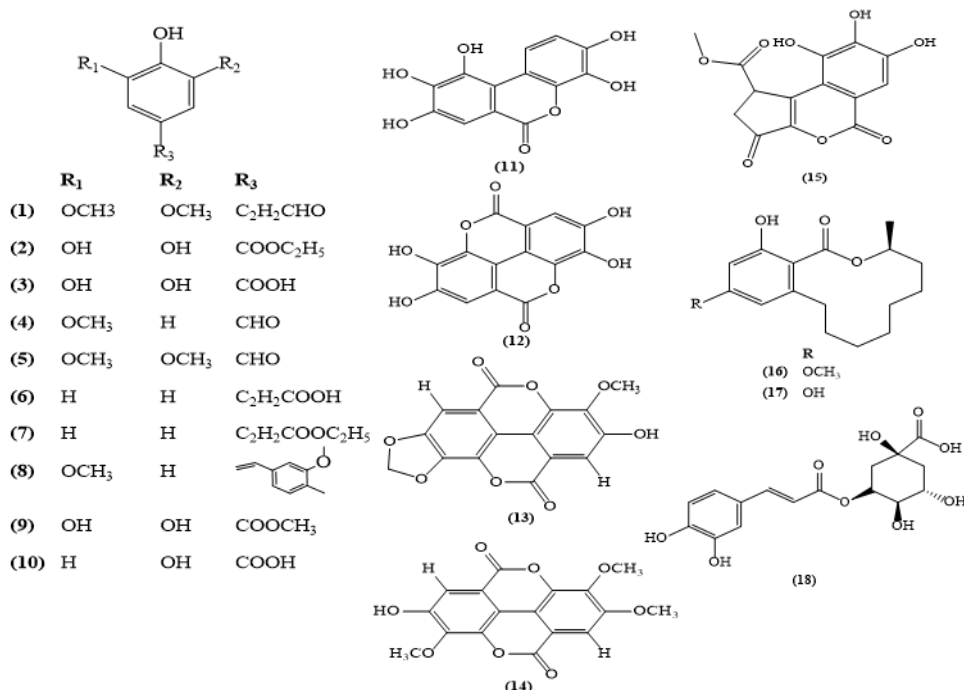
2.2. Nhóm hợp chất phenolic

Đặc điểm cấu trúc của nhóm hợp chất phenolic

Hợp chất phenolic là những hợp chất mà trong cấu trúc có vòng thơm với ít nhất một nhóm –OH. Hiện nay, vẫn chưa có sự đồng thuận về cách phân loại các hợp chất phenolic. Hầu hết các cách phân loại của nhóm phenolic đều dựa trên cấu trúc hóa học của chúng vì vậy có thể phân loại hợp chất phenolic theo 4 cách khác nhau: (1) Flavonoid (đã được đề cập ở trên) và non-flavonoid; (2) số vòng thơm; (3) khung carbon, mô tả một cách cơ bản cách tổ chức nguyên tử carbon trong phân tử C₆, C₆-C₁, C₆-C₃-C₆, ...; (4) cấu trúc hợp chất đơn giản nhất [12], [13].

Bảng 2. Những hợp chất phenolic đã được chiết tách từ chi *Ludwigia*

Số thứ tự	Hợp chất	Loài dược liệu
1	sinapaldehyde	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [10]
2	ethyl gallate	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [14] <i>Ludwigia octovalvis</i> [15]
3	gallic acid	<i>Ludwigia octovalvis</i> [15], [8] <i>Ludwigia adscendens</i> [9]
4	vanillin	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [14]
5	syringaldehyde	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [14]
6	<i>trans-p</i> -hydroxycinnamic acid	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [14]
7	<i>trans-p</i> -hydroxy-ethylcinnamate	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [14]
8	3,3'-dimethoxy-4,4'-dihydroxy-stilbene	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [14]
9	methylgallate	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
10	protocatechuic acid	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
11	3,4,8,9,10-pentahydroxydibenzopyran-6-one	<i>Ludwigia octovalvis</i> [8]
12	ellagic acid	<i>Ludwigia octovalvis</i> [8]
13	pteleoellagic acid	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
14	3,3',4'-tri- <i>O</i> -methylellagic acid	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
15	methyl brevifolincarboxylate	<i>Ludwigia octovalvis</i> [8]
16	ozoroalide	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [14]
17	de- <i>O</i> -methyl lasiodiplodin	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [14]
18	5- <i>O</i> -caffeoylquinic acid	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [10]



Hình 4. Cấu trúc những hợp chất nhóm phenolic

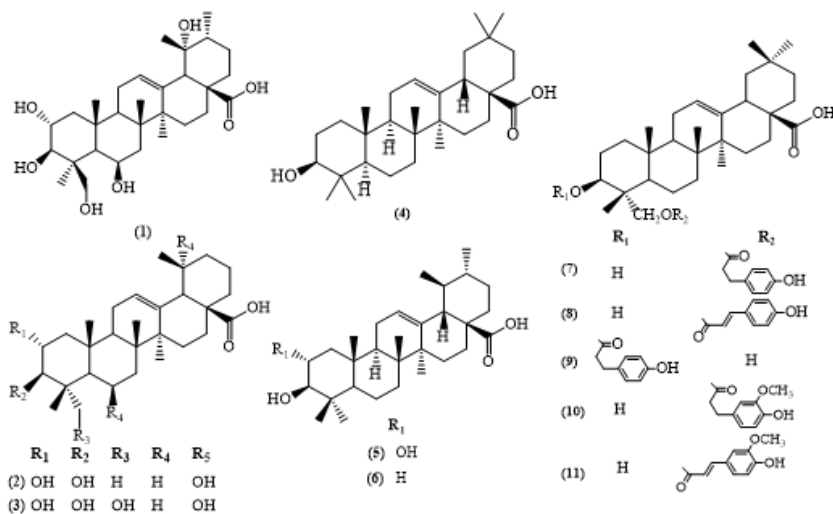
2.3. Nhóm triterpenoid

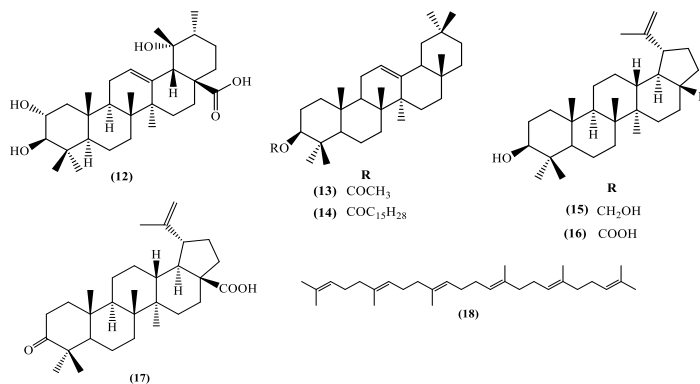
Đặc điểm cấu trúc triterpenoid

Triterpenoid thuộc nhóm terpen, là một trong những nhóm sản phẩm tự nhiên phổ biến nhất có cấu trúc hóa học dựa trên cơ sở các phân tử isopren liên kết với nhau, có công thức tổng quát $(C_5H_8)_n$ [6]. Trong tự nhiên, triterpenoid thường được tìm thấy ở dạng cấu trúc tetra- hoặc penta-vòng, nhưng triterpenoid mạch hở dạng mono-, bi-, tri- cũng tồn tại [16].

Bảng 3. Những hợp chất triterpenoid đã được chiết tách từ chi *Ludwigia*

Số thứ tự	Hợp chất	Loài dược liệu
1	6 β ,24 hydroxy tormentic acid	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [17]
2	23-hydroxy tormentic acid	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [17]
3	6 β ,23-hydroxy tormentic acid	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [17]
Số thứ tự	Hợp chất	Loài dược liệu
4	oleanolic acid	<i>Ludwigia octovalvis</i> [18]
5	2-alpha-hydroxy ursolic acid	<i>Ludwigia octovalvis</i> [8]
6	ursolic acid	<i>Ludwigia octovalvis</i> [18]
7	(23Z)-coumaroylederagenin	<i>Ludwigia octovalvis</i> [18]
8	(23E)-coumaroylederagenin	<i>Ludwigia octovalvis</i> [18]
9	(3Z)-coumaroylederagenin	<i>Ludwigia octovalvis</i> [18]
10	(23 Z)-feruloylederagenin	<i>Ludwigia octovalvis</i> [19]
11	(23 E)-feruloylederagenin	<i>Ludwigia octovalvis</i> [19]
12	tormentic acid	<i>Ludwigia octovalvis</i> [8]
13	β -amyrin acetat	<i>Ludwigia octovalvis</i> [19]
14	β -amyrin palmitat	<i>Ludwigia octovalvis</i> [19]
15	betulonic acid	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
16	betulin	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
17	betulinic acid	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
18	squalene	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]





Hình 5. Cấu trúc những hợp chất nhóm triterpenoid

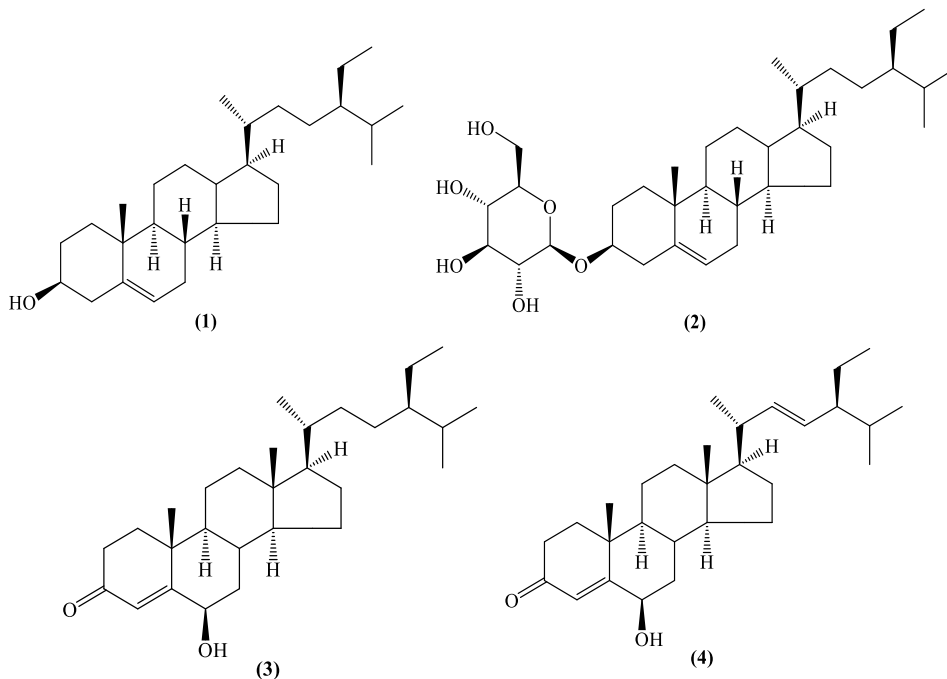
2.4. Nhóm steroid

Đặc điểm cấu trúc steroid

Steroid là nhóm hợp chất tự nhiên phân bố rộng rãi trong giới động thực vật với cấu trúc tổng quát là hệ thống vòng cyclopentanoperhydrophenantren hoặc trong vài trường hợp hiếm gặp là dạng biến đổi của hệ thống vòng nói trên [6].

Bảng 4. Những hợp chất steroid đã được chiết tách từ chi *Ludwigia*

Số thứ tự	Hợp chất	Loài dược liệu
1	β -sitosterol	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [17] <i>Ludwigia octovalvis</i> [8]
2	β -sitosterol- β -D-glucopyranoside	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [17]
3	(24R)-6b-hydroxy-stigmast-4-en-3-one	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]
4	(22E,24R)-6b-hydroxy-stigmasta-4,22-dien-3-one	<i>Ludwigia adscendens</i> [9]



Hình 6. Cấu trúc những hợp chất nhóm steroid

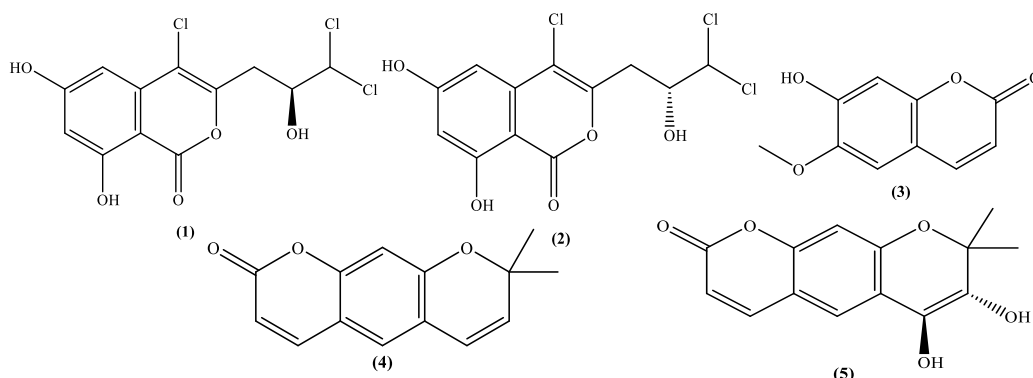
2.5. Nhóm coumarin

Đặc điểm cấu trúc coumarin

Coumarin là những dẫn chất α -pyron có cấu trúc C₆-C₃, α -pyron là một lacton (ester nội) của acid hydroxy cinnamic, vì khi tác dụng với acid sẽ đóng vòng lacton và khi tác dụng với kiềm sẽ mở vòng lacton. Coumarin thuộc nhóm hợp chất phenol, nhưng phần lớn nhóm -OH phenol được ether hóa bằng -CH₃ hoặc mạch terpenoid. Coumarin ít tồn tại ở dạng glycosid, nếu có thường là đường đơn, hoặc đường đôi [20], [21].

Bảng 5. Những hợp chất coumarin được chiết tách từ chi *Ludwigia*

Số thứ tự	Hợp chất	Loài dược liệu
1	(S)-(-)-3-(3,3-dichloro-2-hydroxy-propyl)-4-chlorine-6,8-dihydroxy-isochromen-1-one	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [10]
2	(R)-(+)-3-(3,3-dichloro-2-hydroxy-propyl)-4-chlorine-6,8-dihydroxy-isochromen-1-one	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [10]
3	scopoletin	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [14]
4	xanthyletin	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [17]
5	(+) <i>trans</i> -decursidinol	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [17]



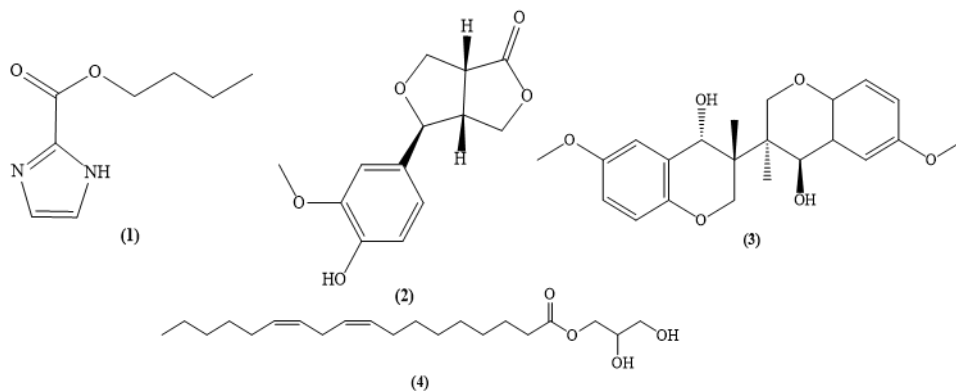
Hình 7. Cấu trúc những hợp chất nhóm coumarin

2.6. Nhóm hợp chất hữu cơ khác

Những hợp chất hữu cơ khác gồm những hợp chất dị vòng và ester đã được chiết tách và xác định cấu trúc.

Bảng 6. Những hợp chất khác được chiết tách từ chi *Ludwigia*

Số thứ tự	Hợp chất	Loài dược liệu
1	1 <i>H</i> -imidazole-2-carboxylic acid butyl ester	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [10]
2	salicifoliol	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [10]
3	3,4-dihydro-4-hydroxy-6-methoxy-2 <i>H</i> -1-benzopyran	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [10]
4	glycerol monolinoleate	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> [10]



Hình 8. Cấu trúc những hợp chất khác

III. KẾT LUẬN

Tổng quan cung cấp đầy đủ thông tin về thành phần hóa thực vật của những loài thuộc chi *Ludwigia* ở Việt Nam. Kết quả cho thấy, những loài dược liệu này có chứa nhiều hợp chất thuộc nhóm flavonoid, phenolic, triterpenoid và coumarin vốn được biết đến có nhiều hoạt tính sinh học như kháng khuẩn, kháng viêm, chống oxy hóa, chống ung thư... Tổng quan góp phần tạo tiền đề cho các nghiên cứu chuyên sâu tiếp theo sau tìm ra thành phần hóa thực vật mới, hoạt tính sinh học và ứng dụng những kết quả nghiên cứu về chi *Ludwigia* vào đời sống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Huy Bích, Đặng Quang Chung, Bùi Xuân Chương, Nguyễn Thượng Dong, Đỗ Trung Đàm và cộng sự. Cây Thuốc và động vật làm thuốc. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. 2006.
2. Phạm Hoàng Hộ. Cây cỏ Việt Nam tập II. Nhà xuất bản Trẻ. 66. 1999.
3. Pallerla Praneetha, Yellu Narsimha Reddy, Bobbala Ravi Kumar. In vitro and In vivo hepatoprotective studies on methanolic extract of aerial parts of *Ludwigia hyssopifolia* G. Don Exell. *Pharmacognosy Magazine*. 2018. 14(59), 546, https://dx.doi.org/10.4103/pm.pm_85_18.
4. Dhavamani Sarathi Kannan, Shahid Mahboob, Khalid A. Al-Ghanim, Perumal Venkatachalam. Antibacterial, Antibiofilm and Photocatalytic Activities of Biogenic Silver Nanoparticles from *Ludwigia octovalvis*. *Journal of Cluster Science*. 2021. 32(2), 255, <https://doi.org/10.1007/s10876-020-01784-w>.
5. Enas M. Shawky, Mohamed R. Elgindi, Haitham A. Ibrahim, Mostafa H. Baky. The potential and outgoing trends in traditional, phytochemical, economical, and ethnopharmacological importance of family Onagraceae: A comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology*. 2021. 281, 114450, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114450>.
6. Nguyễn Kim Phi Phụng. Phương pháp cô lập hợp chất tự nhiên. Đại học quốc gia TP Hồ Chí Minh. 2007.
7. John E. Averett, Elsa M. Zardini, Peter C. Hoch. Flavonoid systematics of ten sections of *Ludwigia* (Onagraceae). *Biochemical systematics*. 1990. 18(7-8), 529, [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(90\)90124-X](https://doi.org/10.1016/0305-1978(90)90124-X).
8. Yan Jing, Yang Xiu-Wei Z. Studies on the chemical constituents in herb of *Ludwigia octovalvis*. *China journal of Chinese materia medica*. 2005. 30(24), 1923, <http://europepmc.org/abstract/MED/16494025>.

9. Jamil A. Shilpi, Alexander I. Gray, Véronique Seidel. Chemical constituents from *Ludwigia adscendens*. *Journal Biochemical Systematics Ecology*. 2010. 38(1), 106, <https://doi.org/10.1016/j.bse.2009.12.014>.
10. Jinyan Zhang, Chang Liu, Yibing Lv, Jianhua Wei, Bing Li, et al. A pair of new isocoumarin enantiomers of *Ludwigia hyssopifolia*. *Natural Product Research*. 2022. 36(7), 1749, <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1815738>.
11. Marzouk M.S., Soliman F.M., Shehata I.A., Rabee M., Fawzy G.A., et al. Flavonoids and biological activities of *Jussiaea repens*. *Natural Product Research*. 2007. 21(5), 436, <https://doi.org/10.1080/14786410600943288>.
12. Laura A. de la Rosa, Jesús Omar Moreno-Escamilla, Joaquín Rodrigo-García, Emilio Alvarez-Parrilla. Phenolic compounds, Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables. *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*. 2019. 253-271, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00012-9>.
13. Nollet Leo M.L., Gutierrez-Uribe, Janet Alejandra. Phenolic compounds in food: Characterization and analysis. CRC Press. 2018.
14. Zhang Jinyan, Liu Chang, Jianhua Wei, Bing Li, Xin Zhan, et al. Cytotoxic compounds from *Ludwigia hyssopifolia*. *Natural Product Communications*. 2019. 14(9), <https://doi.org/10.1177/1934578X19870982>.
15. Morales Dulce, Ramirez Guillermo, Armando Herrera-Arellano, Jaime Tortoriello, Miguel Zavala, et al. Identification of digestive enzyme inhibitors from *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) PH Raven. *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*. 2018, <https://doi.org/10.1155/2018/8781352>.
16. Furtado N.A.J.C., Pirson L., Edelberg H., Miranda L.M., Loira-Pastoriza C., Preat V., et al. Triterpene Bioavailability: An Overview of In Vitro and In Vivo Studies. *Molecules*. 2017. 22, 400, <https://doi.org/10.3390/molecules22030400>.
17. Rao Ayinampudi Sridhar, Merugu Ramchander. A new triterpene from *Ludwigia hyssopifolia* (G. Don) exell. 2013. 5(1), 342, <https://www.researchgate.net/publication/289103296>.
18. Chang C-I, Kuo Y-H. Oleanane-type triterpenes from *Ludwigia octovalvis*. *Journal of Asian natural products research*. 2007. 9(1), 67, <https://doi.org/10.1080/10286020500382769>.
19. Chang Chi-I, Kuo Ching-Chuan, Jang-Yang Chang, Yueh-Hsiung Kuo. Three New Oleanane-Type Triterpenes from *Ludwigia octovalvis* with Cytotoxic Activity against Two Human Cancer Cell Lines, *Journal of natural products*. 2004. 67(1), 91, <https://doi.org/10.1021/np030267m>.
20. K. N. Venugopala, V. Rashmi, B. Odhav. Review on Natural Coumarin Lead Compounds for Their Pharmacological Activity. *Biomed Res Int*. 2013. 963248, <https://doi.org/10.1155/2013/963248>.
21. Sourbh Suren Garg, Jeena Gupta, Shikha Sharma, Debasis Sahu. An insight into the therapeutic applications of coumarin compounds and their mechanisms of action, *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2020. 152, 105424, <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2020.105424>.