

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Võ Thị Kim Hậu

**NGHIÊN CỨU THÀNH PHẦN TINH DẦU CỦA MỘT SỐ LOÀI
THUỘC HỌ GỪNG ZINGIBERACEAE ĐỊNH HƯỚNG DIỆT ẾU
TRÙNG MUỖI *Aedes***

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT

Khánh Hòa- 2026

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Võ Thị Kim Hậu

**NGHIÊN CỨU THÀNH PHẦN TINH DẦU CỦA MỘT SỐ LOÀI
THUỘC HỌ GỪNG ZINGIBERACEAE ĐỊNH HƯỚNG DIỆT ẤU
TRÙNG MUỖI *AEDES***

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT

Ngành: Hóa Hữu Cơ

Mã số: 8 44 01 14

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC :

1. TS. Bùi Văn Nguyên
2. PGS.TS. Phạm Đức Thịnh

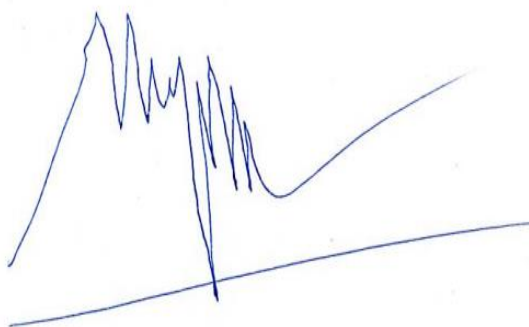
Khánh Hòa – 2026

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đề tài nghiên cứu trong luận văn “Nghiên cứu thành phần tinh dầu của một số loài thuộc họ Gừng (Zingiberaceae) định hướng diệt ấu trùng muỗi Aedes” là công trình nghiên cứu của tôi dựa trên những tài liệu, số liệu do chính tôi tự tìm hiểu và nghiên cứu. Chính vì vậy, các kết quả nghiên cứu đảm bảo trung thực và khách quan nhất. Đồng thời, kết quả này chưa từng xuất hiện trong bất cứ một nghiên cứu nào. Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực nếu sai tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm trước pháp luật.

Người hướng dẫn khoa học

Học viên



TS. Bùi Văn Nguyên



Võ Thị Kim Hậu



PGS. TS. Phạm Đức Thịnh

LỜI CẢM ƠN

Trước hết, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc và chân thành đến TS. Bùi Văn Nguyên và PGS. TS. Phạm Đức Thịnh, những người đã tận tâm hướng dẫn, định hướng và hỗ trợ tôi bằng thời gian cũng như kinh nghiệm quý báu trong suốt quá trình thực hiện và hoàn thiện luận văn này. Những góp ý chuyên môn, sự tận tụy và động viên của các thầy đã giúp tôi vượt qua nhiều khó khăn và hoàn thiện nghiên cứu của mình.

Tôi xin trân trọng gửi lời cảm ơn đến Ban Lãnh đạo, Phòng Đào tạo cùng các đơn vị chức năng của Học viện Khoa học và Công nghệ đã tạo điều kiện thuận lợi để tôi hoàn thành luận văn. Đồng thời, tôi cũng biết ơn các thầy cô đã truyền đạt kiến thức, khơi dậy niềm đam mê nghiên cứu và hỗ trợ tôi trong suốt quá trình học tập.

Bên cạnh đó, tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến gia đình, những người luôn là chỗ dựa vững chắc, luôn động viên và tiếp thêm động lực để tôi hoàn thành hành trình học tập đầy thử thách này. Dù đã nỗ lực hết sức, luận văn vẫn khó tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Tôi rất mong nhận được những ý kiến đóng góp quý báu từ quý thầy cô để công trình được hoàn thiện hơn.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Khánh Hòa, ngày 26 tháng 5 năm 2026

Học viên

Võ Thị Kim Hậu

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
NỘI DUNG	4
Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU	4
1.1. TÌNH HÌNH DỊCH BỆNH.....	4
1.1.1. Trên thế giới	4
1.1.2. Tại Việt Nam	5
1.2. TỔNG QUAN VỀ THỰC VẬT HỌ GỪNG.....	8
1.2.1. Tình hình nghiên cứu tinh dầu của thực vật họ Gừng.....	8
1.2.1.1. Trên thế giới	8
1.2.1.2. Tại Việt Nam	8
1.2.2. Tổng quan, số lượng chi và loài của họ Gừng	9
1.3. THÀNH PHẦN HÓA HỌC CỦA TINH DẦU HỌ GỪNG	15
1.3.1. Tổng quan tinh dầu họ Gừng.....	15
1.3.2. Tổng quan tinh dầu các loài đang nghiên cứu.....	17
1.3.3. Hoạt tính sinh học của tinh dầu họ Gừng.....	18
1.4. ỨNG DỤNG.....	21
Chương 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	23
2.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU	23
2.1.1. Đối tượng nghiên cứu.....	23
2.1.2. Phạm vi nghiên cứu.....	23
2.1.3. Thu thập mẫu và chưng cất tinh dầu	23
2.1.4. Mẫu thực vật.....	24
2.1.4.1. Gừng nhọn	24
2.1.4.2. Địa liền	25
2.1.4.3. Nghệ trắng	25
2.1.4.4. Riềng nếp	26
2.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	27
2.2.1. Phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước [38].....	27
2.2.2. Phương pháp định lượng tinh dầu	28
2.2.3. Phân tích thành phần hóa học tinh dầu bằng GC-MS.....	29
2.2.4. Phương pháp xác định TPHH tinh dầu	29

2.2.5. Phương pháp thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi Cơ sở nào khẳng định đây là muỗi <i>Aedes</i>	30
2.2.5.1. Phương pháp nhân nuôi muỗi <i>Aedes</i> trong phòng thí nghiệm [59]	30
2.2.5.2. Thử nghiệm hoạt tính sinh học	32
2.2.6. Phương pháp xử lý số liệu – Phân tích dữ liệu	33
Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN	34
3.1. KẾT QUẢ HÀM LƯỢNG TINH DẦU	34
3.2. KẾT QUẢ THÀNH PHẦN HÓA HỌC CỦA TINH DẦU.....	36
3.2.1. Kết quả TPHH tinh dầu <i>Zingiber acuminatum</i> Valetton – Gừng nhọn	36
3.2.2. Kết quả TPHH tinh dầu <i>Curuma romatica</i> Salisb – Nghệ Trắng	39
3.2.2.1. Kết quả TPHH tinh dầu <i>Curuma romatica</i> Salisb – Nghệ Trắng N1	39
3.2.2.2. Kết quả TPHH tinh dầu <i>Curuma romatica</i> Salisb – Nghệ Trắng N2	42
3.2.3. Kết quả TPHH tinh dầu <i>Kaempferia galanga</i> L – Địa Liên	47
3.2.4. Kết quả TPHH tinh dầu <i>Alpinia galanga</i> – Riềng nếp	50
3.2.4.1. Kết quả TPHH tinh dầu <i>Alpinia galanga</i> – Riềng nếp thu ngày 18 – 11 50	
3.2.4.2. Kết quả TPHH tinh dầu <i>Alpinia galanga</i> – Riềng nếp thu ngày 18 – 10 54	
3.2.5. So sánh kết quả TPHH của 4 loài nghiên cứu.....	59
3.3. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM HOẠT TÍNH CHỐNG MUỖI <i>AEDES</i>	63
3.3.1. <i>Curuma romatica</i> Salisb – Nghệ trắng	63
3.3.2. <i>Kaempferia galanga</i> L – Địa liên	66
3.3.3. So sánh hoạt tính chống muỗi <i>Aedes</i> của Nghệ trắng và Địa liên	68
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	71
KẾT LUẬN	71
KIẾN NGHỊ.....	72
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO	73
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ	78
PHỤ LỤC.....	PL1
Phụ lục 1. Dùng công thức Abbott tính tỷ lệ chết của các nhóm được thử nghiệm	PL1
Phụ lục 2. Khảo sát địa điểm lấy mẫu.....	PL2

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. TPHH và tiềm năng sinh học của các loài nghiên cứu thuộc họ Zingiberaceae	17
Bảng 2.1. Địa điểm thu mẫu và thông tin các mẫu thực vật nghiên cứu	23
Bảng 3.1. Kết quả định lượng tinh dầu	34
Bảng 3.2. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ gừng 15-10	36
Bảng 3.3. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Nghệ trắng N1	40
Bảng 3.4. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Nghệ trắng N2.....	43
Bảng 3.5. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Địa liền.....	47
Bảng 3.6. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Riêng nếp ngày 18-11	50
Bảng 3.7. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Riêng nếp 18-10.....	55
Bảng 3.8. Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi <i>Aedes</i> của TD Nghệ trắng N2 (18/1/2025)	63
Bảng 3.9. Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi <i>Aedes</i> của TD Nghệ trắng N2 (25/2/2025)	64
Bảng 3.10. Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi <i>Aedes</i> của TD Địa liền DL2 đo ngày (18/01/2025).....	66
Bảng 3.11. Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi <i>Aedes</i> của TD Địa liền DL2 (25/2/2025).....	66
Bảng 3.12. Kết quả hoạt tính LC ₅₀ và LC ₉₀ N2 và DL2 sau 24h và 48h	68

DANH MỤC HÌNH ẢNH/BIỂU ĐỒ

Hình 1.1. Phân bố toàn cầu sốt xuất huyết Dengue năm 2024 (Nguồn: World Health Organization, 2025).....	4
Hình 1.2. Xu hướng số ca mắc SXH Dengue tại Việt Nam giai đoạn 2020 – 2025...6	
Hình 2.1. Hình ảnh thân rết củ Gừng nhọn	24
Hình 2.2. Hình ảnh Địa liên	25
Hình 2.3. Hình ảnh thân rết củ Nghệ trắng	25
Hình 2.4. Hình ảnh thân rết củ Riêng nếp.....	26
Hình 2.5. Sơ đồ chung cấu trúc tinh dầu.....	28
Hình 2.6. Hình ảnh bắt chuột và cho muối đốt máu chuột	30
Hình 2.7. Hình ảnh muối đẻ trứng và trứng muỗi.....	30
Hình 2.8. Hình ảnh thả trứng muỗi	31
Hình 2.9. Hình ảnh ấu trùng muỗi.....	31
Hình 3.1. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ gừng 15 – 10.....	36
Hình 3.2. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ Nghệ trắng N1	39
Hình 3.3. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ Nghệ trắng N2	42
Hình 3.4. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ Địa liên	47
Hình 3.5. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ riêng 18-11	50
Hình 3.6. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ riêng 18 – 10.....	54
Biểu đồ 3.1. Các nhóm hợp chất chính trong tinh dầu các loài nghiên cứu	62
Biểu đồ 3.2. Tỷ lệ tử vong của ấu trùng muỗi <i>Aedes</i> khi tiếp xúc với tinh dầu Nghệ trắng N2 (đo ngày 18/1/2025) và (đo ngày 25/2/2025).....	64
Biểu đồ 3.3. Tỷ lệ tử vong của ấu trùng muỗi <i>Aedes</i> khi tiếp xúc với tinh dầu Địa liên DL2 (đo ngày 18/1/2025 và 25/2/2025).....	67

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
ABTS	2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)	
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl	
MBC	Minimum Bactericidal Concentration	Nồng độ diệt khuẩn tối thiểu
MIC	Minimum Inhibitory Concentration	Nồng độ ức chế tối thiểu
SXH		Sốt xuất huyết
TD		Tinh dầu
SXHD		Sốt xuất huyết <i>Dengue</i>
TPHH		Thành phần hóa học
LC ₅₀	Lethal Concentration 50%	Nồng độ gây chết trung bình gây chết 50% tổng số thí nghiệm
LC ₉₀	Lethal Concentration 90%	Nồng độ gây chết trung bình gây chết 90% tổng số thí nghiệm
GC	Gas Chromatography	Sắc ký khí
MS	Mass Spectrometry	Khối phổ / Quang phổ khối
FID	Flame Ionization Detector	Đầu dò ion hóa ngọn lửa
TD	Thermal Desorption	Giải hấp nhiệt (Thiết bị xử lý mẫu trước khi đưa vào máy GC)
FRAP	Flow rate Relative Area Percentage	Tốc độ dòng Phần trăm diện tích pic tương đối
OR	Optical Rotation	Độ quay cực quang học
WHO	World Health Organization	Tổ chức Y tế Thế giới

MỞ ĐẦU

Các bệnh truyền nhiễm do muỗi truyền hiện nay vẫn là một trong những vấn đề y tế công cộng đáng quan tâm tại nhiều quốc gia nhiệt đới và cận nhiệt đới, đặc biệt ở khu vực Đông Nam Á. Trong số đó, sốt xuất huyết Dengue, Zika và chikungunya là những bệnh có khả năng lây lan nhanh, phạm vi lưu hành rộng và ảnh hưởng lớn đến sức khỏe cộng đồng cũng như sự phát triển kinh tế – xã hội. Theo Tổ chức Y tế Thế giới (WHO), số ca mắc sốt xuất huyết Dengue trong những năm gần đây có xu hướng gia tăng rõ rệt tại nhiều quốc gia do tác động đồng thời của quá trình đô thị hóa, biến đổi khí hậu và sự mở rộng vùng phân bố của vector truyền bệnh. Nhiều đợt dịch lớn xuất hiện liên tiếp không chỉ gây áp lực lên hệ thống y tế mà còn làm gia tăng chi phí điều trị và ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống của người dân.

Muỗi *Aedes*, đặc biệt là *Aedes aegypti* và *Aedes albopictus*, được xem là vector truyền bệnh quan trọng nhờ khả năng thích nghi cao với môi trường sống của con người. Các loài muỗi này phát triển mạnh trong điều kiện khí hậu nóng ẩm và dễ sinh sản tại các khu vực đô thị đông dân cư. Sự gia tăng mật độ dân số, tình trạng ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu đã tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển và lan rộng của quần thể muỗi truyền bệnh. Nhiệt độ và độ ẩm tăng cao có thể rút ngắn vòng đời phát triển của muỗi, đồng thời làm tăng khả năng phát tán mầm bệnh trong tự nhiên. Tại Việt Nam, sốt xuất huyết Dengue hiện vẫn lưu hành ở nhiều địa phương với số ca mắc hàng năm ở mức cao. Bên cạnh đó, nguy cơ xuất hiện các đợt bùng phát dịch Zika và chikungunya vẫn luôn hiện hữu do sự phân bố rộng của vector truyền bệnh trong cộng đồng. Thực tế này cho thấy nhu cầu cấp thiết trong việc tìm kiếm các biện pháp kiểm soát muỗi hiệu quả, an toàn và phù hợp với điều kiện sinh thái hiện nay.

Trong nhiều thập kỷ, việc kiểm soát muỗi và ấu trùng muỗi chủ yếu dựa trên các hóa chất diệt côn trùng tổng hợp như organophosphates, carbamates và pyrethroids. Các hóa chất này cho hiệu quả nhanh và được sử dụng rộng rãi trong công tác phòng chống dịch bệnh. Tuy nhiên, việc sử dụng kéo dài và thiếu kiểm soát đã dẫn đến hiện tượng kháng hóa chất ở nhiều quần thể muỗi *Aedes*. Một số nghiên cứu cho thấy muỗi có thể hình thành cơ chế kháng thông qua biến đổi enzyme chuyển hóa hoặc giảm tính nhạy cảm của hệ thần kinh đối với hoạt chất diệt côn trùng. Điều này làm giảm hiệu quả của các chương trình kiểm soát vector và gây khó khăn cho công tác phòng chống dịch bệnh. Bên cạnh hiện tượng kháng thuốc, dư lượng hóa chất tồn lưu trong môi trường cũng gây ra nhiều ảnh hưởng bất lợi đối với hệ sinh thái và sức khỏe con người. Việc lạm dụng thuốc diệt côn trùng có thể làm suy giảm các loài sinh vật có ích, gây ô nhiễm nguồn nước, đất và không khí. Một số hợp chất còn có khả năng tích lũy sinh học, từ đó gây tác động lâu dài đối với môi trường sống.

Trước những hạn chế đó, xu hướng nghiên cứu hiện nay tập trung vào việc tìm kiếm các hợp chất có nguồn gốc tự nhiên nhằm thay thế hoặc hỗ trợ hóa chất tổng hợp trong kiểm soát côn trùng gây hại.

Tinh dầu thực vật là một trong những nguồn hợp chất thiên nhiên được quan tâm nhiều trong lĩnh vực kiểm soát côn trùng. Đây là hỗn hợp các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi được hình thành trong quá trình trao đổi chất thứ cấp của thực vật, thành phần chủ yếu gồm monoterpene, sesquiterpene và các dẫn xuất phenylpropanoid. Nhiều nghiên cứu cho thấy tinh dầu thực vật có các hoạt tính sinh học đa dạng như kháng khuẩn, kháng nấm, chống oxy hóa, chống viêm và diệt côn trùng. Đối với côn trùng, tinh dầu có thể tác động lên hệ thần kinh, hệ hô hấp hoặc quá trình sinh trưởng của ấu trùng, từ đó gây chết hoặc ức chế sự phát triển của chúng. So với các hóa chất tổng hợp, tinh dầu thực vật có ưu điểm là khả năng phân hủy sinh học cao, ít tồn lưu trong môi trường và ít gây độc đối với sinh vật không mục tiêu. Ngoài ra, do chứa nhiều thành phần hóa học khác nhau nên tinh dầu thường hạn chế nguy cơ hình thành tính kháng ở côn trùng.

Họ Gừng (*Zingiberaceae*) là một trong những họ thực vật giàu tinh dầu và có giá trị cao trong lĩnh vực dược liệu cũng như hóa học hợp chất thiên nhiên. Nhiều loài thuộc họ này được sử dụng phổ biến trong y học cổ truyền và đời sống hằng ngày như gừng, nghệ, riềng, sa nhân và địa liền. Thành phần tinh dầu của các loài thuộc họ Gừng khá đa dạng, chứa nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học như 1,8-cineole, α -pinene, β -pinene, linalool, borneol và terpinen-4-ol. Một số nghiên cứu trên thế giới đã ghi nhận hoạt tính kháng khuẩn, chống oxy hóa, chống viêm và diệt côn trùng của tinh dầu từ các loài thuộc họ này.

Đặc biệt, tinh dầu của một số loài thuộc họ Gừng đã được chứng minh có khả năng diệt ấu trùng muỗi và xua đuổi côn trùng hiệu quả. Tuy nhiên, tại Việt Nam, các nghiên cứu về thành phần hóa học và hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes* của tinh dầu họ Gừng vẫn còn hạn chế, chưa tương xứng với nguồn tài nguyên thực vật phong phú hiện có. Các nghiên cứu theo hướng kết hợp giữa phân tích thành phần hóa học và đánh giá hoạt tính sinh học của tinh dầu còn chưa nhiều, do đó cần tiếp tục được quan tâm nghiên cứu.

Xuất phát từ những vấn đề trên, đề tài “**Nghiên cứu thành phần tinh dầu của một số loài thuộc họ Gừng (*Zingiberaceae*) định hướng diệt ấu trùng muỗi *Aedes***” được thực hiện nhằm khảo sát thành phần hóa học của tinh dầu từ một số loài thực vật thuộc họ Gừng và đánh giá hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes* của các mẫu tinh dầu này. Kết quả nghiên cứu góp phần tìm kiếm các nguồn hoạt chất thiên nhiên

có tiềm năng ứng dụng trong kiểm soát vector truyền bệnh theo hướng an toàn và thân thiện với môi trường.

Mục tiêu nghiên cứu:

- Nghiên cứu thành phần hoá học của tinh dầu một số loài thuộc họ Gừng (Zingiberaceae).

- Thử nghiệm và đánh giá hiệu quả diệt ấu trùng của các tinh dầu trong điều kiện phòng thí nghiệm.

- Đưa ra các khuyến nghị về việc sử dụng tinh dầu này trong việc kiểm soát muỗi, phát triển sản phẩm diệt muỗi thân thiện với môi trường và an toàn cho con người.

Nội dung nghiên cứu: Để đạt được mục tiêu nghiên cứu, luận văn tập trung thực hiện các nội dung chính gồm:

- Thu thập và định danh các mẫu thực vật thuộc họ Gừng;
- Chiết xuất tinh dầu bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước;
- Phân tích thành phần hóa học của tinh dầu bằng phương pháp sắc ký khí;
- Đánh giá hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes* thông qua các thử nghiệm sinh học và xác định các giá trị LC_{50} , LC_{90} của các mẫu tinh dầu. Trên cơ sở đó, tiến hành so sánh hoạt tính giữa các mẫu nhằm lựa chọn những loài có tiềm năng ứng dụng cao trong nghiên cứu và phát triển chế phẩm kiểm soát muỗi có nguồn gốc tự nhiên.

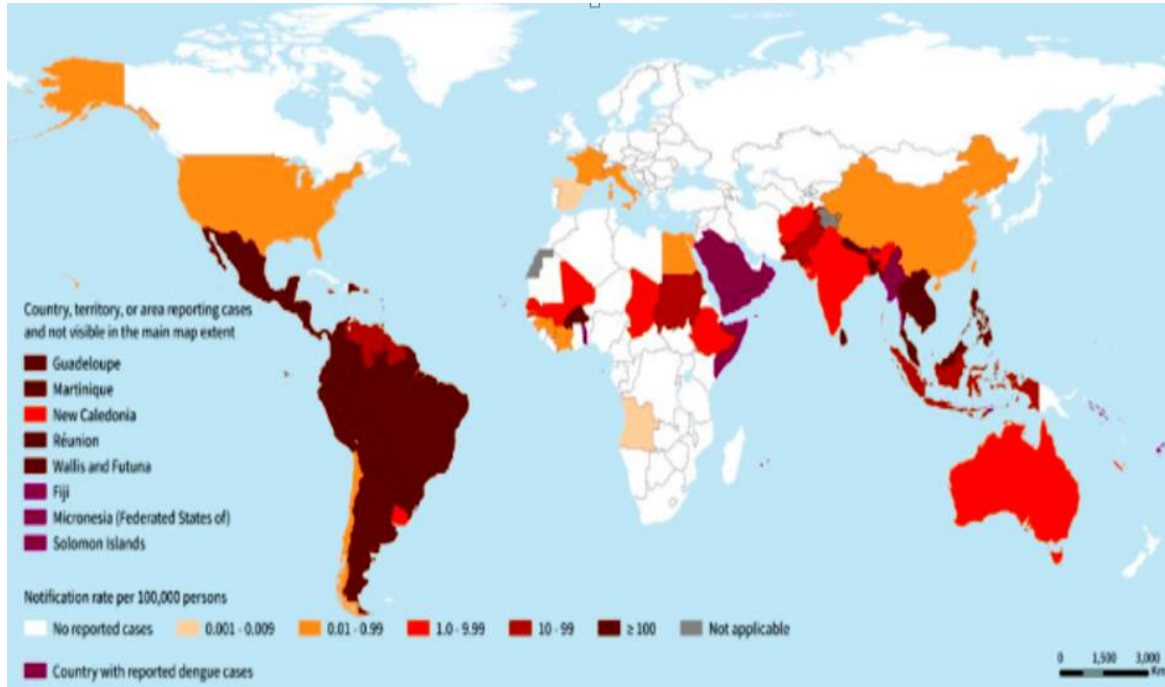
Những đóng góp của luận văn: Luận văn có ý nghĩa cả về mặt khoa học và thực tiễn. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung dữ liệu về thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của tinh dầu các loài thuộc họ Gừng tại Việt Nam, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc khai thác các hợp chất thiên nhiên trong kiểm soát vector truyền bệnh. Ngoài ra, nghiên cứu còn góp phần định hướng phát triển các chế phẩm sinh học từ thực vật nhằm giảm sự phụ thuộc vào hóa chất tổng hợp, hạn chế hiện tượng kháng thuốc ở muỗi và giảm tác động tiêu cực đến môi trường. Đây cũng là cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về phân lập, xác định cấu trúc và đánh giá hoạt tính sinh học của các hợp chất riêng lẻ trong tinh dầu, hướng tới ứng dụng trong lĩnh vực y dược và bảo vệ sức khỏe cộng đồng.

NỘI DUNG

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. TÌNH HÌNH DỊCH BỆNH

1.1.1. Trên thế giới



Hình 1.1. Phân bố toàn cầu sốt xuất huyết Dengue năm 2024 (Nguồn: World Health Organization, 2025).

Muỗi *Aedes aegypti* và *Aedes albopictus* là véc tơ chính truyền ba bệnh arbovirus quan trọng gồm sốt xuất huyết Dengue (DENV), Chikungunya (CHIKV) và Zika (ZIKV). Hai loài muỗi này thích nghi rất tốt với môi trường đô thị, sinh sản trong các ổ nước sạch nhỏ chứa nước đọng và hoạt động đốt người chủ yếu vào ban ngày, gây nhiều khó khăn cho công tác kiểm soát.

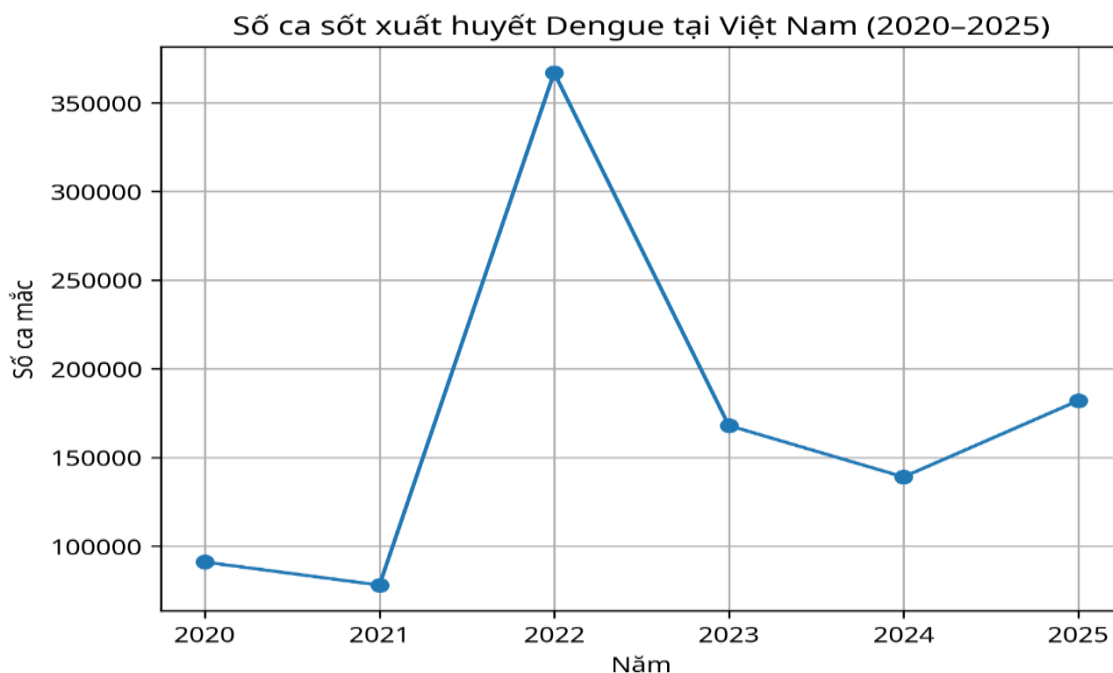
Sốt xuất huyết Dengue là bệnh do muỗi truyền gây gánh nặng sức khỏe cộng đồng lớn nhất hiện nay. Theo Tổ chức Y tế Thế giới, khoảng 4 tỷ người (gần một nửa dân số thế giới) đang sống trong vùng có nguy cơ nhiễm DENV. Số ca mắc được báo cáo đã tăng mạnh trong hai thập kỷ qua và đạt mức cao kỷ lục vào năm 2024 với hơn 14,4 triệu ca và hơn 11000 ca tử vong tại hơn 100 quốc gia thuộc tất cả sáu khu vực của WHO [1,2]. Khu vực Châu Mỹ chịu gánh nặng nặng nề nhất. Từ tháng 1 đến tháng 7 năm 2025, WHO ghi nhận hơn 4 triệu ca mắc và hơn 3000 ca tử vong từ 97 quốc gia [1]. Bệnh đang mở rộng địa lý rõ rệt, xâm nhập vào nhiều vùng ôn đới và cao nguyên trước đây ít bị ảnh hưởng. Sự gia tăng này có mối liên hệ chặt chẽ với biến đổi khí hậu (tăng nhiệt độ, thay đổi chế độ mưa, hiện tượng El Nino), đô thị hóa nhanh chóng, di chuyển dân cư quốc tế và sự suy giảm tạm thời của hệ thống giám

sát sau đại dịch COVID-19 [1,3]. Những yếu tố này không chỉ làm tăng mật độ và phân bố muỗi mà còn rút ngắn thời gian ủ bệnh ngoài cơ thể của virus, kéo dài mùa truyền bệnh. Bệnh Chikungunya và Zika cũng do cùng véc tơ *Aedes* truyền và thường lưu hành đồng thời hoặc xen kẽ với sốt xuất huyết Dengue. Tính đến cuối năm 2024, Chikungunya đã có bằng chứng lây truyền địa phương tại 119 quốc gia và vùng lãnh thổ. Trong 9 tháng đầu năm 2025, toàn cầu ghi nhận hơn 445000 ca mắc và 155 ca tử vong từ 40 quốc gia [4]. Đối với Zika, sau dịch lớn năm 2015–2016 tại châu Mỹ, mức độ lưu hành đã giảm mạnh nhưng vẫn tồn tại ở mức thấp tại nhiều khu vực, với nguy cơ đặc biệt nghiêm trọng đối với thai nhi (hội chứng Zika bẩm sinh) [5].

Sự gia tăng nhanh chóng và liên tục của các bệnh do muỗi *Aedes* truyền đặt ra nhu cầu cấp thiết phải phát triển các biện pháp kiểm soát véc tơ bền vững, thân thiện với môi trường và ít gây kháng thuốc. Việc sử dụng hóa chất diệt muỗi truyền thống ngày càng gặp nhiều hạn chế do tình trạng kháng thuốc lan rộng, ô nhiễm môi trường và tác động bất lợi đến hệ sinh thái. Do đó, các hợp chất tự nhiên có nguồn gốc thực vật, đặc biệt là tinh dầu từ họ Gừng (*Zingiberaceae*), đang được quan tâm nghiên cứu mạnh mẽ như giải pháp thay thế tiềm năng, hiệu quả diệt ấu trùng muỗi *Aedes* và an toàn hơn cho con người cũng như môi trường. Sự mở rộng phạm vi muỗi *Aedes* phân bố có liên quan đến biến đổi khí hậu là một trong những yếu tố quan trọng. Nhiệt độ gia tăng có thể rút ngắn vòng đời muỗi và tăng hiệu quả truyền virus, đồng thời làm mở rộng vùng nguy cơ sang các khu vực vĩ độ cao hơn. Hiệu quả của các biện pháp bị giảm mạnh do sự gia tăng kháng hóa chất: biện pháp phun không gian và larvicide hóa học, từ đó làm gia tăng nguy cơ tái bùng phát dịch cũng như chi phí kiểm soát véc tơ. Trong bối cảnh đó, chiến lược kiểm soát muỗi dựa chủ yếu vào hóa chất tổng hợp đang đối mặt với nhiều hạn chế; các nguồn hoạt chất mới được tập trung tìm kiếm có cơ chế tác động khác biệt, bền vững hơn, thân thiện với thiên nhiên và môi trường.

1.1.2. Tại Việt Nam

SXH Dengue là một trong những bệnh phổ biến nhất tại khu vực Đông Nam Á truyền nhiễm do muỗi truyền và được xem là vấn đề quan trọng trong y tế công cộng tại Việt Nam. Bệnh do virus Dengue gây ra và lây truyền chủ yếu qua muỗi *Aedes aegypti* và *Aedes albopictus*. Virus Dengue gồm bốn type huyết thanh (DENV-1, DENV-2, DENV-3 và DENV-4). Sự bùng phát nhiều type huyết thanh đồng thời trong cộng đồng làm nguy cơ nhiễm trùng thứ phát tăng và có thể dẫn đến các trường hợp bệnh nặng [3].



Hình 1.2. Xu hướng số ca mắc SXH Dengue tại Việt Nam giai đoạn 2020 – 2025.

Tại Việt Nam, Dengue là bệnh lưu hành với các đợt bùng phát theo chu kỳ khoảng 3–5 năm. Vào mùa mưa khi điều kiện nhiệt độ và lượng mưa thuận lợi làm số ca mắc tăng do sự sinh sản của muỗi truyền bệnh tăng cao[6]. Trong giai đoạn 2020–2025, tình hình dịch Dengue tại Việt Nam có nhiều biến động. Theo các báo cáo giám sát dịch tễ của Bộ Y tế và các tổ chức quốc tế, số ca mắc hàng năm dao động từ khoảng 100000 đến hơn 300000 ca, cho thấy gánh nặng đối với hệ thống y tế quốc gia [7]. Số ca mắc Dengue tăng mạnh và đạt đỉnh vào năm 2022, sau đó giảm trong giai đoạn 2023–2024 nhưng vẫn duy trì ở mức cao. Năm 2025 ghi nhận xu hướng tăng trở lại, cho thấy bệnh vẫn lưu hành rộng rãi và có nguy cơ bùng phát theo chu kỳ tại Việt Nam[1,3,7].

Năm 2020, Việt Nam ghi nhận khoảng 91000 ca mắc Dengue và 30 ca tử vong, tương ứng tỷ lệ mắc khoảng 93 ca/100000 dân. Đến năm 2021, số ca mắc giảm xuống còn khoảng 78000 ca và 16 ca tử vong. Sự giảm này phần lớn liên quan đến việc thực hiện giãn cách xã hội và trong thời gian này việc di chuyển trong thời kỳ dịch bệnh được kiểm soát nghiêm ngặt, sự tiếp xúc muỗi truyền bệnh đến con người được giảm đi đáng kể. Việc nói lỏng các biện pháp kiểm soát COVID-19, năm 2022 đã ghi nhận một trong những đợt bùng phát Dengue lớn nhất trong 5 năm trở lại đây tại Việt Nam. Tổng số ca mắc được báo cáo là 367730 ca và 140 ca tử vong, với khoảng 374 ca/100000 dân. Sự gia tăng mạnh này có thể liên quan đến sự gián đoạn trong các hoạt động kiểm soát véc tơ và tạo môi trường thuận lợi cho muỗi phát triển mạnh.

Sau đỉnh dịch năm 2022, số ca mắc Dengue vẫn duy trì ở mức cao, dù có giảm nhưng không đáng kể. Năm 2023 ghi nhận khoảng 167,340 ca mắc và 46 ca tử vong, với tỷ lệ mắc khoảng 170 ca/100000 dân. Sự giảm số ca bệnh có thể liên quan đến các chiến dịch kiểm soát muỗi, tăng cường giám sát dịch tễ và phòng chống SXH từ việc nhận thức ngày càng được nâng cao trong cộng đồng. Năm 2024 ghi nhận khoảng 138345 ca mắc và 26 ca tử vong, tương ứng tỷ lệ mắc khoảng 140 ca/100000 dân. Mặc dù số ca mắc giảm so với năm 2023, bệnh vẫn lưu hành tại nhiều tỉnh thành, đặc biệt đồng bằng sông Cửu Long hay ở khu vực miền Nam. Theo báo cáo năm 2025 của Bộ Y tế ghi nhận tiếp tục trên toàn quốc số ca mắc Dengue ở mức cao với khoảng 181200 ca mắc và 36 ca tử vong. Tính đến tháng 10 năm 2025, ghi nhận hơn 86000 ca mắc và 17 ca tử vong, so với cùng kỳ năm 2024 thì tăng khoảng 15,3%, cho việc hiện hữu nguy cơ bùng phát dịch[7].

Nhìn chung, tỷ lệ tử vong do Dengue tại Việt Nam so với nhiều quốc gia khác là tương đối thấp, dao động khoảng 0,02–0,05%, nhờ hệ thống rà soát, chuẩn đoán lâm sàng và điều trị ngày càng được nâng cao [3]. Tuy nhiên, số lượng ca mắc lớn gây cho hệ thống y tế một số gánh nặng đáng kể và kinh tế xã hội bị ảnh hưởng. Ngoài ra, biến đổi khí hậu hay đô thị hóa và sự thay đổi mô hình sinh thái của muỗi truyền bệnh có thể làm cho các đợt bùng phát Dengue trở nên khó dự đoán hơn. Nhiệt độ tăng và lượng mưa thay đổi có thể rút ngắn chu kỳ phát triển của muỗi cũng như thời gian nhân lên của virus trong cơ thể muỗi, từ đó làm tăng khả năng lây truyền bệnh trong cộng đồng. Sốt xuất huyết Dengue là một bệnh truyền nhiễm cấp tính do virus Dengue gây ra và được truyền qua trung gian muỗi *Aedes aegypti*.

Đây là một trong những bệnh truyền nhiễm có nguy cơ bùng phát dịch cao tại các khu vực nhiệt đới và cận nhiệt đới, trong đó có Việt Nam, với gánh nặng bệnh tật đáng kể đối với sức khỏe cộng đồng. Bệnh có thể tiến triển từ thể nhẹ đến các thể nặng như sốc Dengue, xuất huyết nặng và có nguy cơ tử vong nếu không được chẩn đoán và điều trị kịp thời.

Việc nghiên cứu sốt xuất huyết Dengue có ý nghĩa khoa học và thực tiễn quan trọng do hiện nay chưa có thuốc điều trị đặc hiệu, trong khi biện pháp phòng bệnh chủ yếu vẫn dựa vào kiểm soát vector truyền bệnh. Tuy nhiên, hiệu quả của các biện pháp hóa học truyền thống đang bị suy giảm do hiện tượng kháng hóa chất diệt côn trùng ở quần thể muỗi *Aedes*.

Do đó, việc nghiên cứu các giải pháp kiểm soát vector có nguồn gốc sinh học, an toàn và thân thiện với môi trường, như tinh dầu thực vật có hoạt tính diệt ấu trùng, là hướng tiếp cận cần thiết nhằm góp phần giảm thiểu nguy cơ lây truyền và kiểm soát bền vững dịch bệnh sốt xuất huyết Dengue trong cộng đồng.

1.2. TỔNG QUAN VỀ THỰC VẬT HỌ GỪNG

1.2.1. Tình hình nghiên cứu tinh dầu của thực vật họ Gừng

1.2.1.1. Trên thế giới

Họ Gừng (Zingiberaceae) là một trong những họ thực vật có hoa lớn thuộc bộ Gừng (Zingiberales), với khoảng 50 chi và hơn 1300 loài, phân bố chủ yếu ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới [8]. Châu Á là trung tâm đa dạng của họ, đặc biệt tại Đông Nam Á (Malaysia, Thái Lan, Indonesia, Việt Nam). Các loài trong họ thường sinh trưởng trên đất ẩm, thoát nước tốt và thích nghi với nhiều kiểu rừng khác nhau từ đất thấp đến vùng núi cao. Trong hai thập kỷ qua, tinh dầu từ các loài thuộc họ Gừng đã được nghiên cứu khá mạnh mẽ về hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes*, đặc biệt là *Aedes aegypti* và *Aedes albopictus*. Nhiều nghiên cứu tập trung vào việc xác định thành phần hóa học và đánh giá hiệu lực larvicidal, oviposition deterrent cũng như độc tính với sinh vật không đích.

Tinh dầu từ *Zingiber officinale* (gừng) được ghi nhận sớm có hoạt tính diệt ấu trùng và xua muỗi [9]. Tiếp theo, nhiều loài khác trong họ cũng cho kết quả tích cực. Tinh dầu *Kaempferia galanga* thể hiện hiệu lực larvicidal mạnh với LC_{50} thấp (10,36–39,22 $\mu\text{g/mL}$) đối với *Ae. vittatus* và *Anopheles maculatus*, đồng thời ít độc với sinh vật thủy sinh không đích [10]. Các loài *Zingiber cassumunar*, *Zingiber collinsii*, *Zingiber castaneum* và *Zingiber cernuum* cũng được chứng minh có hoạt tính diệt ấu trùng cao và khả năng ngăn đẻ trứng [11,12]. Các hợp chất chính chịu trách nhiệm cho hoạt tính sinh học thường là sesquiterpene và monoterpene như terpinen-4-ol, sabinene, β -pinene, ethyl p-methoxycinnamate và trans-ethyl cinnamate [10,13]. Nhiều nghiên cứu cho thấy tinh dầu họ Gừng có ưu điểm là phân hủy sinh học nhanh, ít gây kháng thuốc và an toàn hơn so với các larvicide hóa học tổng hợp. Tuy nhiên, phần lớn nghiên cứu hiện mới dừng ở mức thí nghiệm trong phòng (in vitro) hoặc bán thực địa. Số lượng nghiên cứu in vivo, đánh giá độc tính dài hạn, công thức bào chế và thử nghiệm thực địa còn hạn chế [14].

1.2.1.2. Tại Việt Nam

Nghiên cứu về họ Gừng (Zingiberaceae) tại Việt Nam đã được thực hiện từ khá sớm, bắt đầu từ các mô tả thực vật học của Loureiro (1793) ở khu vực Đông Dương [20], và được hệ thống hóa trong công trình của Gagnepain (1908) với 13 chi và 63 loài [21]. Tại Việt Nam, Phạm Hoàng Hộ là người có đóng góp quan trọng trong việc hoàn thiện danh lục khi ghi nhận tới 22 chi và 118 loài trong *Cây cỏ Việt Nam* [23]. Các nghiên cứu sau đó tiếp tục cập nhật và hoàn thiện dữ liệu, trong đó Nguyễn Quốc Bình (2017) đã ghi nhận 19 chi và 143 loài và thứ, phản ánh tương đối đầy đủ thành phần loài của họ Gừng tại Việt Nam [22]. Bên cạnh phân loại học, họ Gừng

còn được nghiên cứu rộng rãi về giá trị dược liệu. Võ Văn Chi (2012) đã thống kê 43 loài và thứ có giá trị làm thuốc trong Từ điển cây thuốc Việt Nam [19], cho thấy tiềm năng ứng dụng rất lớn của nhóm thực vật này trong y học cổ truyền và hiện đại. Mặc dù các nghiên cứu về phân loại học và giá trị dược liệu đã cung cấp những thông tin nền tảng quan trọng về họ Gừng (*Zingiberaceae*) tại Việt Nam, các dữ liệu về thành phần hóa học, đặc biệt là tinh dầu, vẫn còn chưa được khai thác đầy đủ. Trong khi đó, nhiều nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng tinh dầu của các loài thuộc họ Gừng chứa các hợp chất dễ bay hơi có hoạt tính sinh học cao như monoterpen và sesquiterpen, đóng vai trò quan trọng trong các tác dụng kháng khuẩn, kháng viêm và xua đuổi côn trùng. Thành phần và hàm lượng các hợp chất này có thể biến động đáng kể tùy theo loài, điều kiện sinh thái và nguồn gốc địa lý, do đó việc nghiên cứu đặc điểm hóa học của từng loài cụ thể là cần thiết [19].

Một số nghiên cứu bước đầu đã xác định thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của tinh dầu ở một số loài thuộc họ Gừng, cho thấy sự hiện diện của nhiều hợp chất có giá trị như Zingiberene, citral hay 1,8-cineole [25]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này vẫn còn rời rạc và chưa phản ánh đầy đủ tiềm năng đa dạng hóa học của toàn bộ họ Gừng. Vì vậy, việc tiếp tục nghiên cứu thành phần hóa học và đánh giá hoạt tính sinh học của tinh dầu từ các loài họ Gừng bản địa là cần thiết, góp phần làm rõ giá trị khoa học cũng như tiềm năng ứng dụng của nguồn tài nguyên thực vật này.

1.2.2. Tổng quan, số lượng chi và loài của họ Gừng

Họ Gừng (*Zingiberaceae*) là một trong những họ thực vật có hoa lớn trong ngành *Magnoliophyta*, bao gồm hơn 1300 loài thuộc khoảng 50–60 chi khác nhau và phân bố chủ yếu tại các khu vực nhiệt đới và cận nhiệt đới, đặc biệt là Đông Nam Á, Nam Á và châu Phi [8]. Các loài thuộc họ này thường là cây thân thảo lâu năm với thân rễ phát triển mạnh, chứa nhiều hợp chất thơm dễ bay hơi và các chất chuyển hóa thứ cấp có giá trị sinh học cao. Nhờ đặc điểm này, nhiều loài trong họ Gừng từ lâu đã được sử dụng rộng rãi trong thực phẩm, dược liệu và mỹ phẩm.

Y học cổ truyền là tổng thể tri thức, kỹ năng và thực hành dựa trên kinh nghiệm văn hóa bản địa, được sử dụng để duy trì sức khỏe cũng như phòng ngừa và điều trị bệnh [26]. Trong nhiều nền văn hóa, đặc biệt tại các quốc gia châu Á và châu Phi, thực vật dược liệu đóng vai trò trung tâm trong hệ thống chăm sóc sức khỏe cộng đồng. Các hệ thống y học cổ truyền như Ayurveda, Unani và y học cổ truyền Trung Quốc (Traditional Chinese Medicine – TCM) đã phát triển các phương pháp điều trị dựa trên thảo dược trong hàng nghìn năm và vẫn được sử dụng phổ biến cho đến ngày nay [27].

Họ Gừng (*Zingiberaceae*) thuộc:

- Giới (Regnum): Plantae (Thực vật)
 - Ngành (Phylum): Magnoliophyta (Thực vật hạt kín)
 - Lóp (Classis): Liliopsida (Thực vật một lá mầm - Monocotyledonae)
 - Bộ (Ordo): Zingiberales (Gừng)
 - Họ (Familia): Zingiberaceae (Họ Gừng)
- Chi 1. *Alpinia* Roxb. – (Riềng nếp, Sẹ)
 - Chi 2. *Boesenbergia* Kuntze – (Bông nga truyệt)
 - Chi 3. *Amomum* Roxb. nom. cons. – (Sa nhân, Thảo quả)
 - Chi 4. *Gagnepainia* K. Schum. – (Găng ba)
 - Chi 5. *Etlingera* Giseke – (Ét ling)
 - Chi 6. *Caulokaempferia* (Benth.) Royle ex Hook. f. – (Cầu ly)
 - Chi 7. *Curcuma* L.nom. cons. – (Nghệ)
 - Chi 8. *Distichochlamys* M. F. Newman – (Gừng đen)
 - Chi 9. *Elettaria* (L.) Maton – (Trúc sa, Tiêu đậu khấu)
 - Chi 10. *Elettariopsis* Baker – (Tiêu đậu)
 - Chi 11. *Caulokaempferia* K. Larsen – (Đại bao khương)
 - Chi 12. *Geostachys* (Baker) Ridl. – (Địa sa)
 - Chi 13. *Siliquamomum* Baill. – (Sa nhân giác)
 - Chi 14. *Stahlianthus* Kuntze – (Tam thất gừng)
 - Chi 15. *Zingiber* Boehm. – (Gừng, Khương)
 - Chi 16. *Globba* L. – (Lô ba)
 - Chi 17. *Hedychium* Koen. – (Ngải tiên, Bạch diệp)
 - Chi 18. *Hornstedtia* Retz. – (Giả sa nhân)
 - Chi 19. *Kaempferia* L. – (Địa liền, Thiên liền)

Hình thái và môi trường sống: Họ Zingiberaceae gồm các loài thực vật thân thảo lâu năm, thường phát triển ở môi trường đất ẩm, dưới tán rừng, vách đá ẩm ướt, hoặc hiếm gặp ở dạng cây phụ sinh như *Cautleya gracilis* hay *Hedychium poilanii*. Thân cây là thân giả, hình thành từ các bẹ lá quấn chặt, cao từ 1– 4 m (thỉnh thoảng đến 5 m), hoặc thấp dưới 1 m, đôi khi rất ngắn hoặc không có do bẹ lá tách rời đến gốc (*Distichochlamys*, *Kaempferia*). Thân giả không phân nhánh. Rễ dạng sợi nhỏ, một số loài có đầu rễ phình thành củ như *Curcuma*, *Kaempferia*, *Stahlianthus*. Thực vật thường tỏa hương thơm đặc trưng, đôi khi có mùi nồng như ở một số loài *Zingiber* hoặc *Alpinia*[28].

Cấu trúc lá: Lá đơn, mọc cách, xếp hai hàng, thường hướng lên trên. Có kích thước và hình dạng đa dạng, đôi khi tiêu biến thành bẹ dạng vảy. Lá gồm bẹ, cuống, lưỡi lá và phiến lá. Bẹ lá tách đến gốc, ôm nhau tạo thân giả. Cuống lá nối bẹ với

phiến lá, có mặt cắt ngang hình máng, có thể ngắn (0,2–0,3 mm), dài (15–25 cm), hoặc không có. Lưỡi lá mỏng hoặc dày, đầu lưỡi nguyên, cụt, hoặc chia hai thùy (nhọn hoặc tù), dài từ 1–2 mm đến vài cm. Phiến lá hình trứng, bầu dục, mũi mác, hiếm khi gần tròn (*Kaempferia elegans*), với gốc nhọn, hình nêm hoặc gần tròn, và đầu lá thường nhọn, đôi khi thuôn nhỏ hoặc tròn. Lá bắc và lá bắc con: Lá bắc: Hình trứng, mũi mác hoặc dạng khác, bao bọc hoa và lá bắc con, đôi khi bao quanh truyền thể (*Globba*). Chúng có thể dính tạo dạng túi (*Curcuma*), chuông (*Stahlianthus*), hoặc xếp chồng (*Hedychium*, *Zingiber*). Trong chi *Curcuma*, lá bắc bất thụ ở phần trên/dưới cụm hoa thường khác màu so với lá bắc hữu thụ. Một số loài có lá bắc tổng bao lớn, che phủ cụm hoa non nhưng rụng sớm (*Alpinia*). Lá bắc con: Nằm giữa lá bắc và bầu, bao quanh hoa, dạng ống hoặc tách rời, đôi khi không có hoặc rụng sớm.

Cụm hoa: Dạng chùy, chùm hoặc bông, mọc ở ngọn thân mang lá (*Alpinia*, *Hedychium*), từ thân rễ gần mặt đất (*Amomum*, *Hornstedtia*, *Curcuma*, *Zingiber*), hoặc giữa bẹ lá (*Boesenbergia*, *Curcuma*, *Distichochlamys*). Trong một chi, cụm hoa có thể xuất hiện ở ngọn thân, từ thân rễ (*Zingiber*), hoặc giữa bẹ lá và thân rễ (*Curcuma*). Một số loài có cụm hoa mọc trước lá hoặc cùng lúc với chồi lá non (*Curcuma*). Cuống cụm hoa từ thân rễ thường được bao bởi bẹ lá dạng vảy, xếp lớp hoặc không (*Amomum*, *Zingiber*). Quả: Quả thường là dạng nang chẻ ô, đôi khi là quả mọng hoặc quả nạc; có lông hoặc không lông. Quả có nhiều hình dạng: tròn, bầu dục (đường kính 0,3–0,4 cm đến 2–3, hiếm khi 4 cm), hiếm khi bầu dục có ngắn giữa (*Alpinia galanga*), hình thoi (*Alpinia oxymitra*), hoặc trứng hẹp (*Amomum mengtzensense*). Quả có thể có gờ hoặc cánh dọc theo chiều dài (*Alpinia*, *Elettaria*, *Elettariopsis*, *Amomum*), bề mặt trơn, có lông, hoặc có gai mềm, gai phân nhánh hoặc không (*Alpinia*, *Amomum*). Hạt: Hạt có dạng bầu dục, gần tròn, hoặc góc cạnh; màu đỏ, đen, nâu, hoặc xám; được bao bởi áo hạt mềm màu đen, trắng, đôi khi đỏ; áo hạt thường rách không đều. [19]

Chi Riêng nếp – *Alpinia*: Chi *Alpinia* thuộc họ Gừng (*Zingiberaceae*), bao gồm khoảng 300 loài, phân bố chủ yếu ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới châu Á, một số ít tại Úc và các đảo Thái Bình Dương [29]. Tại Việt Nam, chi này ghi nhận 33 loài. Về hình thái, cây là thân thảo, cao 1–3 m, đôi khi đạt 4 m, với thân rễ bò ngang phát triển dày. Lá mọc nhiều, phiến lá hình bầu dục thuôn hoặc mũi mác, có hoặc không có cuống. Cụm hoa dạng chùm hoặc bông, mọc ở đỉnh thân, với hoa sắp xếp thưa hoặc dày; cụm hoa non được bao bởi 1–3 lá bắc tổng bao, nhưng rụng sớm. Lá bắc (nếu có) tách rời, bao quanh hoa đơn lẻ hoặc nhóm hoa nhỏ, trong khi lá bắc con dạng ống hoặc tách, đôi khi không hiện diện. Đài hoa có phần dưới dạng ống, phần trên xẻ hoặc chia ba thùy nhỏ. Tràng hoa gồm ống dưới và ba thùy trên, với thùy lưng

lớn hơn, đầu thùy dạng mũ. Cánh môi nổi bật, màu sắc tươi sáng, thường rộng hơn thùy tràng, đầu nguyên hoặc xẻ 2–3 thùy. Nhị dạng bản, bao phấn 2 ô, mào là từ phần phụ trung đới có thể kéo dài tạo thành; nhị lép tiêu biến thành dạng dùi, răng hoặc biến mất. Núm nhụy loe hình phễu hoặc dạng chùy; vòi nhụy lép ngắn, dạng bản hoặc dùi. Bầu hình cầu, quả nang hình cầu hoặc bầu dục, hiếm khi hình thoi (*A. Oxyphylla*), chứa nhiều hạt góc cạnh có áo hạt [29].

Chi Nghệ - *Curcuma*: Cây thân thảo, chiều cao từ 1 đến 2 m, sở hữu thân rễ phân nhánh, mỏng, dày và phát ra hương thơm đặc biệt. Các lá bắc dính nhau ở phần dưới, tạo thành hình túi, phần trên xòe rộng, với đầu lá bắc mang màu sắc đa dạng. Gốc bao phấn kéo dài thành dạng cựa. Cụm hoa mọc từ thân rễ hoặc giữa các bẹ lá, đôi khi xuất hiện trước khi lá phát triển. Bầu hoa gồm ba ô. Cây ưa môi trường râm mát, thường sinh trưởng dưới tán rừng ẩm, gần suối, hoặc ven nương rẫy, phát triển tốt trên đất giàu dinh dưỡng, tơi xốp, giàu mùn, đất phù sa, nhưng không chịu được tình trạng ngập nước. Trên toàn cầu, chi này bao gồm khoảng 50 loài, phân bố chủ yếu ở vùng nhiệt đới châu Á, với một loài duy nhất tại Úc. Tại Việt Nam, ghi nhận từ 18 đến 20 loài [30].

Chi Địa liên, Thiên liên – *Kaempferia*: Gồm các loài thực vật thân thảo kích thước nhỏ, với rễ thường phát triển phình to thành củ. Chúng có thân giả rất ngắn hoặc không hiện diện. Phiến lá thường xuất hiện các đốm màu hoặc sắc hồng ở mặt dưới. Có các cụm hoa dạng đầu, hình thành từ thân rễ trên mặt đất hoặc giữa các bẹ lá, với hoa có thể xuất hiện trước hoặc sau khi lá phát triển. Nhị lép bên có hình dạng tương tự cánh tràng, trong khi cánh môi mang màu trắng hoặc hồng, đôi khi có các đốm hoặc sắc tố khác gần gốc. Loài này ưa thích môi trường đất mùn ẩm, thường phân bố ở ven nương rẫy, trong các hốc đá hoặc dưới tán rừng rậm. Trên phạm vi toàn cầu, chi này ghi nhận khoảng 50 loài, chủ yếu tập trung ở vùng nhiệt đới châu Á, với Việt Nam ghi nhận 8 loài [23].

Chi Gừng, Khương *Zingiber*: Chi này bao gồm các loài thực vật thân thảo, chiều cao từ 2–3 m. Cụm hoa dạng nón hẹp, phát triển từ thân rễ gần mặt đất hoặc ở đỉnh thân mang lá. Đặc điểm nổi bật là phần nối giữa cuống lá và bẹ lá có hình dạng giống khuỷu tay; phần phụ trung đới kéo dài, cong ở đầu, bao quanh vòi nhụy. Toàn cây tỏa mùi nồng đặc trưng. Loài này sinh trưởng ở ven suối, dưới tán rừng, dọc sườn đồi, hoặc được trồng làm cảnh. Trên phạm vi toàn cầu, chi này ghi nhận khoảng 150 loài, tập trung chủ yếu ở các vùng khí hậu nóng ẩm châu Á. Tại Việt Nam, có khoảng 14–17 loài được ghi nhận [23]. Trong số các nhóm thực vật dược liệu quan trọng, họ Zingiberaceae được xem là một nguồn tài nguyên đặc biệt phong phú về các hợp chất hoạt tính sinh học. Nhiều loài thuộc họ này được sử dụng trong các bài thuốc cổ

truyền để điều trị các bệnh lý liên quan đến hệ tiêu hóa, hô hấp và viêm nhiễm [31]. Đặc biệt, các loài như gừng (*Zingiber officinale*), nghệ (*Curcuma longa*), Riềng nếp (*Alpinia galanga*) và bạch đậu khấu (*Elettaria cardamomum*) đã được ghi nhận rộng rãi về các đặc tính dược lý như chống viêm, kháng khuẩn và chống oxy hóa. Các nghiên cứu hiện đại cho thấy rằng giá trị dược liệu của họ Zingiberaceae chủ yếu liên quan đến sự hiện diện của các hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học cao, bao gồm tinh dầu, polyphenol và các hợp chất phenylpropanoid [32]. Những hợp chất này có thể tham gia vào nhiều cơ chế sinh học khác nhau, chẳng hạn như ức chế phản ứng viêm, trung hòa các gốc tự do. Sự đa dạng hóa học này khiến họ Gừng trở thành một đối tượng nghiên cứu quan trọng trong lĩnh vực dược học tự nhiên và hóa học sản phẩm thiên nhiên.

Ở nhiều quốc gia đang phát triển, y học cổ truyền vẫn đóng vai trò quan trọng trong hệ thống chăm sóc sức khỏe ban đầu do tính dễ tiếp cận và chi phí thấp [32]. Theo ước tính, một tỷ lệ lớn dân số thế giới vẫn phụ thuộc vào thuốc có nguồn gốc thực vật để điều trị các bệnh thông thường. Bên cạnh đó, trong những thập kỷ gần đây, các quốc gia phát triển cũng ghi nhận sự gia tăng đáng kể trong việc sử dụng các sản phẩm thảo dược và dược liệu tự nhiên, phản ánh xu hướng tìm kiếm các phương pháp điều trị có nguồn gốc tự nhiên và ít tác dụng phụ hơn [33].

Trong hệ thống y học Ayurveda, nhiều loài thuộc họ Zingiberaceae giữ vai trò quan trọng trong các bài thuốc truyền thống. Ví dụ, gừng khô (*Shunthi – Zingiber officinale*) thường được sử dụng để hỗ trợ tiêu hóa và giảm các triệu chứng cảm lạnh, trong khi nghệ (*Haridra – Curcuma longa*) được biết đến với đặc tính chống viêm và bảo vệ gan [34]. Riềng nếp (*Alpinia galanga*) được sử dụng như một loại thuốc bổ và hỗ trợ điều trị các rối loạn tiêu hóa, còn bạch đậu khấu (*Elettaria cardamomum*) thường được dùng trong các chế phẩm hỗ trợ chức năng hô hấp.

Nhìn chung, họ Zingiberaceae đại diện cho một nhóm thực vật có giá trị cao cả về mặt y học cổ truyền lẫn nghiên cứu khoa học hiện đại. Sự kết hợp giữa các nghiên cứu hóa học, sinh học và dược lý học hiện đại đang góp phần làm sáng tỏ mối liên hệ giữa thành phần hóa học và tác dụng sinh học của các loài trong họ này [34]. Điều này không chỉ giúp khẳng định cơ sở khoa học của các ứng dụng truyền thống mà còn mở ra tiềm năng phát triển các hợp chất tự nhiên mới phục vụ cho nghiên cứu dược học.

➤ *Zingiber Acuminatum* Valetton – Gừng nhọn

Zingiber acuminatum Valetton là loài thuộc chi *Zingiber* trong họ Gừng (Zingiberaceae), phân bố chủ yếu tại các khu vực nhiệt đới Đông Nam Á. Tương tự

các loài khác trong chi, đây là thực vật thân thảo lâu năm, có thân rễ phát triển mạnh và chứa tinh dầu với mùi thơm đặc trưng [28], [34].

Về hình thái, cây có thân giả được hình thành từ các bẹ lá xếp chặt. Lá đơn, hình mũi mác với đầu nhọn kéo dài – đặc điểm điển hình của loài. Cụm hoa thường mọc từ thân rễ gần mặt đất, dạng bông, với các lá bắc xếp chồng và hoa có màu vàng nhạt. Về sinh thái, loài này thường sinh trưởng trong môi trường ẩm, dưới tán rừng hoặc ven suối, phù hợp với điều kiện sinh thái chung của các loài trong chi *Zingiber* [28]. Về thành phần hóa học, mặc dù chưa được nghiên cứu sâu như *Zingiber officinale*, các loài trong chi *Zingiber* nói chung được ghi nhận chứa tinh dầu giàu monoterpen và sesquiterpen, cùng với các hợp chất phenolic có hoạt tính sinh học đáng kể [35].

➤ *Curcuma Aromatica* Salisb – Nghệ trắng

Curcuma aromatica Salisb. là loài thuộc chi *Curcuma*, phân bố rộng rãi ở khu vực Nam Á và Đông Nam Á, được sử dụng phổ biến trong y học cổ truyền. Đây là loài thực vật thân thảo, cao khoảng 1–1,5 m, có thân rễ phát triển mạnh, màu vàng nhạt đến trắng và có mùi thơm đặc trưng. Lá lớn, hình bầu dục; cụm hoa mọc từ thân rễ hoặc giữa các bẹ lá, với các lá bắc có màu sắc nổi bật [34]. Về TPHH: loài này chứa tinh dầu và các hợp chất sesquiterpen như germacrone, curdione và các dẫn xuất terpen khác [36], [37]. Chống oxy hóa, kháng khuẩn, chống viêm là các hoạt tính sinh học nổi bật.

➤ *Kaempferia galanga* L – Địa liền

Kaempferia galanga L. là loài điển hình của chi *Kaempferia*, loài thực vật thân thảo, thường cao dưới 30cm với phần thân rễ phát triển tạo thành củ có chứa nhiều tinh dầu. Lá mọc sát đất, thường 1 – 2 lá với phiến lá rộng. Cụm hoa mọc trực tiếp từ thân rễ và có màu trắng hoặc tím nhạt; phân bố thường ở Đông Nam Á và được sử dụng nhiều trong y học cổ truyền [28]. TPHH đặc trưng của loài là ethyl p-methoxycinnamate, cùng với các hợp chất monoterpen và sesquiterpen khác. Các nghiên cứu đã ghi nhận loài này có nhiều hoạt tính sinh học như kháng viêm, giảm đau, kháng khuẩn và chống oxy hóa [37].

➤ *Alpinia Galanga* – Riềng nếp

Loài thuộc chi *Alpinia*, phân bố rộng rãi ở khu vực Đông Nam Á và được sử dụng phổ biến làm gia vị cũng như dược liệu. Cây thân thảo lớn, cao từ 2–3 m, có thân rễ phát triển mạnh, màu nâu đỏ và có mùi thơm cay đặc trưng. Lá hình mũi mác dài, cụm hoa dạng chùm mọc ở đỉnh thân, hoa màu trắng có vân đỏ hoặc hồng [22]. TPHH tinh dầu: hợp chất như 1,8-cineole, eugenol và các dẫn xuất phenylpropanoid

[36]. Các hợp chất này được chứng minh có nhiều hoạt tính sinh học như kháng khuẩn, chống viêm và chống oxy hóa [38].

1.3. THÀNH PHẦN HÓA HỌC CỦA TINH DẦU HỌ GỪNG

1.3.1. Tổng quan tinh dầu họ Gừng

Các nghiên cứu hóa học cho thấy thành phần chính của tinh dầu họ Zingiberaceae thường bao gồm hai nhóm hợp chất terpenoid chính là monoterpen và sesquiterpen. Monoterpen thường có khối lượng phân tử nhỏ và độ bay hơi cao, góp phần tạo nên mùi thơm đặc trưng của tinh dầu, trong khi sesquiterpen có cấu trúc phức tạp hơn và thường liên quan đến nhiều hoạt tính sinh học quan trọng [39].

Tỷ lệ và thành phần của các hợp chất này có thể thay đổi đáng kể giữa các loài, thậm chí giữa các quần thể cùng loài, do ảnh hưởng của điều kiện sinh thái, địa lý và giai đoạn phát triển của thực vật. Trong số các monoterpen phổ biến được tìm thấy trong tinh dầu của họ Zingiberaceae có thể kể đến các hợp chất như α -pinene, β -pinene, limonene, 1,8-cineole và camphene. Góp phần tạo mùi thơm đặc trưng mà còn thể hiện nhiều hoạt tính sinh học như kháng khuẩn, chống oxy hóa và xua đuổi côn trùng [40].

Đặc biệt, 1,8-cineole là một thành phần thường gặp trong tinh dầu của nhiều loài thuộc chi *Alpinia* và *Elettaria*, được ghi nhận có khả năng ức chế sự phát triển của nhiều loài côn trùng gây hại. Bên cạnh monoterpen, sesquiterpen cũng chiếm tỷ lệ đáng kể trong nhiều tinh dầu thuộc họ Gừng.

Các hợp chất sesquiterpen thường gặp bao gồm β -caryophyllene, α -humulene, *Zingiberene*, β -bisabolene và farnesene [41]. Có cấu trúc phân tử phức tạp hơn và thường liên quan đến nhiều hoạt tính sinh học quan trọng như chống viêm, kháng khuẩn và độc tính đối với côn trùng. Một số loài thuộc họ Zingiberaceae còn chứa các hợp chất phenylpropanoid đặc trưng như eugenol, methyl eugenol, chavicol và các dẫn xuất của cinnamic acid. Các hợp chất này được tổng hợp từ con đường sinh tổng hợp shikimate và có vai trò quan trọng trong cơ chế phòng vệ hóa học của thực vật [42]. Nhiều nghiên cứu cho thấy các phenylpropanoid này có thể gây ảnh hưởng đến hệ thần kinh của côn trùng và góp phần vào hoạt tính diệt ấu trùng của tinh dầu.

Thành phần hóa học của tinh dầu trong họ Zingiberaceae cũng có sự khác biệt rõ rệt giữa các chi và loài khác nhau. Ví dụ, tinh dầu của gừng (*Zingiber officinale*) thường giàu *Zingiberene* và β -sesquiphellandrene, trong khi nghệ (*Curcuma longa*) lại chứa nhiều ar-turmerone và turmerone [43]. Riêng nếp (*Alpinia galanga*) thường có thành phần chính là 1,8-cineole và methyl cinnamate, còn bạch đậu khấu (*Elettaria cardamomum*) lại đặc trưng bởi hàm lượng cao của 1,8-cineole và α -terpinyl acetate.

Sự đa dạng hóa học của tinh dầu họ Zingiberaceae có ý nghĩa quan trọng đối với các nghiên cứu định hướng phát triển các hợp chất có hoạt tính sinh học.

Các hợp chất terpenoid và phenylpropanoid trong tinh dầu có thể tác động đến hệ thần kinh của côn trùng thông qua nhiều cơ chế khác nhau như ức chế enzym acetylcholinesterase hoặc gây rối loạn chức năng màng tế bào [44]. Những cơ chế này có thể dẫn đến hiện tượng tê liệt và tử vong ở côn trùng, đặc biệt ở giai đoạn ấu trùng. Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã tập trung đánh giá hoạt tính diệt ấu trùng muỗi của tinh dầu thực vật như một giải pháp thay thế thân thiện môi trường cho các hóa chất diệt côn trùng tổng hợp. Các tinh dầu có nguồn gốc thực vật thường có khả năng phân hủy sinh học nhanh, ít gây tồn lưu trong môi trường và ít nguy cơ gây kháng so với các hợp chất hóa học truyền thống [45]. Nhờ những ưu điểm này, tinh dầu từ các loài thuộc họ Zingiberaceae đang được xem là một nguồn tiềm năng cho việc phát triển các chế phẩm larvicide sinh học.

Đối với các loài muỗi thuộc chi *Aedes*, đặc biệt là *Aedes aegypti* và *Aedes albopictus*, nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng các hợp chất terpenoid trong tinh dầu thực vật có thể gây độc đối với ấu trùng thông qua các cơ chế sinh hóa và sinh lý khác nhau [46]. Những hợp chất này có thể làm gián đoạn quá trình hô hấp, ảnh hưởng đến hệ thần kinh hoặc phá vỡ cân bằng thẩm thấu của ấu trùng, dẫn đến tỷ lệ tử vong cao.

Từ góc độ hóa học hữu cơ, việc nghiên cứu thành phần tinh dầu của các loài thuộc họ Zingiberaceae không chỉ giúp xác định cấu trúc của các hợp chất tự nhiên mà còn góp phần làm sáng tỏ mối liên hệ giữa cấu trúc hóa học và hoạt tính sinh học. Thông qua các phương pháp phân tích hiện đại như sắc ký khí ghép khối phổ (GC-MS), nhiều hợp chất mới hoặc ít được nghiên cứu đã được phát hiện trong tinh dầu của các loài thực vật này [47].

Những kết quả này tạo cơ sở khoa học quan trọng cho việc định hướng tìm kiếm các hợp chất tự nhiên. Như vậy, họ Zingiberaceae là một nguồn tài nguyên thực vật giàu hợp chất terpenoid và phenylpropanoid có hoạt tính sinh học đa dạng. Việc nghiên cứu thành phần tinh dầu của các loài thuộc họ này, kết hợp với đánh giá hoạt tính diệt ấu trùng muỗi, có thể góp phần phát triển các giải pháp kiểm soát véc tơ thân thiện môi trường và bền vững.

Đây cũng chính là cơ sở khoa học quan trọng cho đề tài nghiên cứu về thành phần tinh dầu của một số loài thuộc họ gừng định hướng diệt ấu trùng muỗi *Aedes*.

1.3.2. Tổng quan tinh dầu các loài đang nghiên cứu

Bảng 1.1. TPHH và tiềm năng sinh học của các loài nghiên cứu thuộc họ Zingiberaceae

ST T	Tên loài (Tên khoa học/ Việt Nam)	Nhóm hợp chất chính	TPHH tiêu biểu	Hoạt tính hóa học và tiềm năng diệt ấu trùng
1	<i>Zingiber acuminatum</i> Valetton (Gừng nhọn)	Sesquiterpen[50]	<i>Zingiberene</i> , β -sesquiphellandrene, ar-curcumene[50]	Kháng khuẩn, chống oxy hóa. Nghiên cứu larvicide còn hạn chế[50]
2	<i>Curcuma aromatica</i> (Nghệ trắng)	Sesquiterpen, Monoterpen[51]	Curdione, germacrone, ar-turmerone, camphor[51]	Kháng khuẩn, chống viêm, chống oxy hóa; hàm lượng tinh dầu cao 1–3%[51]
3	<i>Kaempferia galanga</i> (Địa liên)	Phenylpropanoid, monoterpen[52]	Ethyl p-methoxycinnamate, ethyl cinnamate, camphene[52]	Diệt côn trùng mạnh; ethyl p-methoxycinnamate là thành phần đặc trưng[52]
4	<i>Alpinia galanga</i> (Riềng nếp)	Monoterpen, sesquiterpen[52]	1,8-cineole, α -pinene, β -pinene, methyl cinnamate[52]	Diệt côn trùng và ức chế sự phát triển của véc tơ truyền bệnh[53]

Sự tương quan giữa thành phần hóa học và phân loại (Chemotaxonomy): Các loài thuộc chi *Zingiber* (Gừng, Gừng nhọn) có sự tương đồng về các cấu tử sesquiterpen như *Zingiberene* và ar-curcumene[37]. Trong khi đó, các chi khác như *Kaempferia* và *Alpinia* lại chứa các hợp chất đặc trưng riêng biệt như phenylpropanoid (ở Địa liên) hay monoterpen có oxy (1,8-cineole ở Riềng nếp nếp) [52]. Mối quan hệ giữa cấu trúc và hoạt tính sinh học: Các hợp chất terpenoid trong tinh dầu họ Gừng được xác định là có khả năng gây ảnh hưởng trực tiếp đến hệ thần kinh và quá trình sinh trưởng của côn trùng[49]. Đặc biệt, các loài như Địa liên và

Riềng nếp chứa các hợp chất có hoạt tính diệt côn trùng đã được ghi nhận rõ rệt [52,53].

Ảnh hưởng của yếu tố ngoại cảnh: Hàm lượng và tỷ lệ các hợp chất chính trong tinh dầu gừng có sự biến đổi đáng kể tùy thuộc vào địa phương thu thập và điều kiện thổ nhưỡng [48]. Điều này khẳng định tầm quan trọng của việc khảo sát mẫu thực vật tại các vùng sinh thái cụ thể tại Việt Nam. Tiềm năng nghiên cứu tại Việt Nam: Mặc dù nguồn nguyên liệu Zingiberaceae tại Việt Nam rất phong phú, nhưng các nghiên cứu chuyên sâu về cơ chế diệt ấu trùng muỗi vẫn còn hạn chế và chủ yếu mới dừng lại ở mức khảo sát ban đầu [54]. Điều này mở ra hướng nghiên cứu cấp thiết về việc phát triển các chế phẩm kiểm soát sinh học từ tinh dầu tự nhiên. Các loài thực vật thuộc họ Zingiberaceae được xem là nguồn nguyên liệu quan trọng cung cấp tinh dầu giàu các hợp chất terpenoid có hoạt tính sinh học cao. Chứa các hợp chất đóng vai trò tạo nên mùi thơm đặc trưng và liên quan đến nhiều hoạt tính sinh học như kháng khuẩn, chống oxy hóa và diệt côn trùng. Tinh dầu từ các loài thuộc họ Zingiberaceae đã thu hút sự quan tâm nghiên cứu trong nhiều lĩnh vực như dược học, công nghệ thực phẩm và kiểm soát sinh học côn trùng [52].

Trong nghiên cứu này, bốn loài thực vật được lựa chọn khảo sát bao gồm: *Zingiber acuminatum* Valetton (gừng nhọn), *Curcuma aromatica* Salisb. (Nghệ trắng), *Kaempferia galanga* L. (Địa liên) và *Alpinia galanga* (L.) Willd. (Riềng nếp nếp). Đây đều là những loài thực vật phổ biến tại khu vực Đông Nam Á, đặc biệt ở Việt Nam, và đã được sử dụng từ lâu trong y học cổ truyền cũng như trong đời sống hàng ngày. So với các nghiên cứu trên thế giới, số lượng công trình nghiên cứu chuyên sâu tại Việt Nam về hoạt tính diệt ấu trùng muỗi và cơ chế tác động của tinh dầu gừng vẫn còn hạn chế. Phần lớn các nghiên cứu hiện nay mới chỉ dừng lại ở mức khảo sát thành phần hóa học và đánh giá hoạt tính sinh học ban đầu. Do đó, việc tiếp tục nghiên cứu sâu hơn về TPHH, hoạt tính diệt ấu trùng và cơ chế tác động của tinh dầu từ các loài thuộc họ Zingiberaceae là cần thiết, khai thác và tận dụng nguồn nguyên liệu tự nhiên là lợi thế của quốc gia có sự phong phú và đa dạng thực vật.

1.3.3. Hoạt tính sinh học của tinh dầu họ Gừng

Các loài thuộc họ Gừng (Zingiberaceae) là nguồn giàu hợp chất thứ cấp có hoạt tính sinh học đa dạng, đặc biệt là các hợp chất terpene trong tinh dầu và các hợp chất phenolic như gingerol, shogaol, curcuminoid và diarylheptanoid [42]. Tinh dầu của các loài thuộc họ Gừng chủ yếu chứa các monoterpene và sesquiterpene như α -pinene, β -pinene, limonene, 1,8-cineole, β -caryophyllene và Zingiberene [38]. Các hợp chất phenolic đặc trưng như gingerol, shogaol và curcuminoid đã được ghi nhận có hoạt tính chống oxy hóa, chống viêm và điều hòa miễn dịch [41]. Ngoài ra, tinh

dầu từ các loài họ Gừng còn cho thấy tiềm năng ứng dụng trong kiểm soát côn trùng và vector truyền bệnh. Thành phần hóa học của các loài Zingiberaceae có thể thay đổi tùy theo điều kiện sinh thái, nguồn gốc địa lý, giai đoạn sinh trưởng và phương pháp chiết xuất [47]. Bên cạnh các tác dụng dược lý truyền thống, nhiều nghiên cứu gần đây còn cho thấy tinh dầu từ các loài thuộc họ Gừng có tiềm năng ứng dụng trong kiểm soát côn trùng và vector truyền bệnh. Các hợp chất terpene trong tinh dầu có thể gây độc đối với côn trùng thông qua nhiều cơ chế khác nhau như tác động lên hệ thần kinh, ức chế enzyme hoặc làm rối loạn quá trình sinh trưởng và phát triển của ấu trùng. Nhờ đó, tinh dầu từ thực vật họ Gừng được xem là nguồn hợp chất tự nhiên tiềm năng cho việc phát triển các chế phẩm sinh học dùng trong kiểm soát vector muỗi [47].

Ngoài ra, xu hướng nghiên cứu hiện nay còn tập trung vào việc khai thác các hợp chất tự nhiên từ thực vật như một giải pháp thay thế cho các hóa chất tổng hợp trong kiểm soát côn trùng. Việc sử dụng các hợp chất có nguồn gốc thực vật không chỉ góp phần giảm nguy cơ ô nhiễm môi trường mà còn hạn chế sự phát triển của hiện tượng kháng hóa chất ở côn trùng. Điều này đặc biệt có ý nghĩa trong bối cảnh nhiều loài muỗi truyền bệnh, bao gồm *Aedes aegypti* và *Aedes albopictus*, đã ghi nhận mức độ kháng cao đối với các nhóm hóa chất diệt côn trùng thông dụng [48]

➤ Hoạt tính chống oxy hóa

Thực vật thuộc họ Gừng (Zingiberaceae) được biết đến là nguồn phong phú các hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học cao, đặc biệt là các hợp chất phenolic, flavonoid, curcuminoid và các thành phần trong tinh dầu. Những hợp chất này đóng vai trò quan trọng trong khả năng chống oxy hóa của nhiều loài trong họ, góp phần bảo vệ tế bào trước các tổn thương gây ra bởi các dạng oxy phản ứng (ROS) và nitor phản ứng (RNS). Các nghiên cứu cho thấy các hợp chất có trong gừng (*Zingiber officinale*), nghệ (*Curcuma longa*), Riềng nếp (*Alpinia galanga*) và bạch đậu khấu (*Elettaria cardamomum*) có khả năng trung hòa các gốc tự do, làm giảm quá trình peroxid hóa lipid và bảo vệ cấu trúc sinh học của tế bào [43]. Cơ chế chống oxy hóa của các hợp chất tự nhiên trong họ Zingiberaceae chủ yếu liên quan đến khả năng hiến proton hoặc electron để trung hòa gốc tự do, đồng thời tạo phức với các ion kim loại chuyển tiếp như Fe^{2+} và Cu^{2+} , từ đó hạn chế các phản ứng oxy hóa xúc tác kim loại. Ngoài ra, một số hợp chất còn có khả năng điều hòa các hệ enzym chống oxy hóa nội sinh như superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) và glutathione peroxidase (GPx), góp phần duy trì cân bằng oxy hóa – khử trong tế bào [43]. Hoạt tính chống oxy hóa của các loài họ Gừng thường được đánh giá thông qua các phương pháp in vitro như DPPH, ABTS, FRAP và ORAC. Kết quả của nhiều nghiên cứu cho

thấy các loài như *Curcuma longa* và *Kaempferia parviflora* thường thể hiện hoạt tính chống oxy hóa mạnh hơn so với một số loài khác trong họ, điều này được cho là liên quan đến hàm lượng cao các hợp chất phenolic và curcuminoid[37,43]. Nhờ các đặc tính này, các loài thuộc họ Zingiberaceae ngày càng được quan tâm trong nghiên cứu phát triển các sản phẩm dược liệu và thực phẩm chức năng có tác dụng bảo vệ sức khỏe.

➤ Tác dụng chống viêm

Bên cạnh hoạt tính chống oxy hóa, nhiều loài thuộc họ Zingiberaceae còn thể hiện tác dụng chống viêm rõ rệt. Các nghiên cứu dược lý cho thấy các hợp chất tự nhiên trong gừng, nghệ và Riềng nếp có khả năng ức chế nhiều con đường liên quan đến quá trình viêm: NF- κ B, MAPK và PI3K/Akt. Hợp chất sinh học có thể làm giảm sự sản xuất của các chất trung gian gây viêm như nitric oxide (NO), prostaglandin E₂ (PGE₂), tumor necrosis factor- α (TNF- α) và interleukin-6 (IL-6)[31]. Các hợp chất như gingerol, shogaol, curcumin và galangin đã được chứng minh có khả năng ức chế hoạt động của các enzym gây viêm như cyclooxygenase-2 (COX-2) và inducible nitric oxide synthase (iNOS). Nhờ đó, chúng góp phần làm giảm phản ứng viêm trong nhiều mô hình bệnh lý khác nhau như viêm khớp, viêm gan và viêm đường hô hấp[42,54]. Khả năng chống viêm này cũng liên quan chặt chẽ đến đặc tính chống oxy hóa của các hợp chất tự nhiên, vì stress oxy hóa thường đóng vai trò quan trọng trong cơ chế sinh bệnh của nhiều quá trình viêm[60]. Những kết quả nghiên cứu này cho thấy thực vật họ Zingiberaceae có tiềm năng lớn trong phát triển các tác nhân chống viêm có nguồn gốc tự nhiên, đồng thời góp phần giải thích việc sử dụng rộng rãi các loài thực vật này trong y học cổ truyền tại nhiều quốc gia châu Á.

➤ Hoạt tính kháng vi sinh vật

Nhiều loài thuộc họ Zingiberaceae còn thể hiện hoạt tính kháng khuẩn và kháng nấm ngoài tác dụng chống oxy hóa. Các TP chính trong tinh dầu của những loài này, đặc biệt là các monoterpen và sesquiterpen, có tác động đến phá vỡ cấu trúc màng tế bào vi sinh vật, tính thấm của màng tế bào tăng và nội bào bị ảnh hưởng quá trình trao đổi chất. Nhờ cơ chế này, tinh dầu từ các loài họ Gừng có thể ức chế sự phát triển của nhiều vi khuẩn gây bệnh và vi sinh vật gây hư hỏng thực phẩm [40]. Một số công trình nghiên cứu cũng chỉ ra tinh dầu thực vật có khả năng ức chế sự hình thành biofilm của vi khuẩn, khả năng kháng kháng sinh của nhiều chủng vi sinh vật bị làm giảm khả năng gây bệnh. Nhờ các đặc tính mang tính đặc hữu của loài như kháng nấm, kháng khuẩn, họ Gừng Zingiberaceae được ứng dụng và sử dụng trong ngành công nghiệp dược – mỹ phẩm, hương liệu và bảo quản thực phẩm.

➤ Tiềm năng chống ung thư

Khả năng ức chế sự phát triển của tế bào ung thư thông qua nhiều cơ chế phân tử khác nhau: 6-gingerol, 6-shogaol, curcumin và galangin có thể điều hòa các con đường tín hiệu quan trọng liên quan đến quá trình sinh ung, bao gồm PI3K/Akt/mTOR, NF- κ B và JAK/STAT[41,42]. Thông qua việc điều hòa các con đường này, các hợp chất tự nhiên có thể ức chế sự tăng sinh của tế bào ung thư, thúc đẩy quá trình apoptosis và làm giảm khả năng xâm lấn cũng như di căn của khối u. Có thể tăng cường hiệu quả của các thuốc hóa trị truyền thống: một số dẫn xuất của gingerol và shogaol đã được chứng minh có khả năng làm tăng độ nhạy của tế bào ung thư đối với các thuốc như cisplatin hoặc paclitaxel. Tiềm năng của các hợp chất tự nhiên trong việc phát triển các chiến lược điều trị ung thư kết hợp, góp phần giảm liều lượng thuốc hóa trị và hạn chế tác dụng phụ[41].

➤ Lợi ích đối với hệ tim mạch

Nghiên cứu dược lý cho thấy các hợp chất có trong thực vật họ Zingiberaceae có thể mang lại lợi ích đáng kể đối với hệ tim mạch: gingerol, curcumin và galangin có khả năng làm giảm stress oxy hóa trong mô tim, cải thiện chức năng nội mô và điều hòa các con đường tín hiệu liên quan đến sự sống còn của tế bào[42]. Bảo vệ tim trước các tổn thương do thiếu máu cục bộ, phì đại cơ tim và suy tim[60]. Ngoài ra, một số tinh dầu và hợp chất phenylpropanoid từ các loài trong họ còn thể hiện hoạt tính giãn mạch. Ức chế dòng ion Ca^{2+} trong tế bào cơ trơn mạch máu, đồng thời kích hoạt con đường nitric oxide (NO), từ đó gây giãn mạch và cải thiện lưu lượng máu [61]. Những tác dụng này cho thấy tiềm năng ứng dụng của các hợp chất từ họ Zingiberaceae trong phòng ngừa và hỗ trợ điều trị các bệnh lý tim mạch.

1.4. ỨNG DỤNG

Trong những năm gần đây, xu hướng nghiên cứu các hợp chất có nguồn gốc tự nhiên nhằm thay thế hoặc hỗ trợ cho các hóa chất diệt côn trùng tổng hợp ngày càng được quan tâm. Nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ sự gia tăng tính kháng của muỗi đối với nhiều nhóm hóa chất diệt côn trùng thông dụng, đặc biệt là pyrethroid và organophosphate. Đồng thời, việc sử dụng kéo dài các hóa chất tổng hợp còn gây ảnh hưởng bất lợi đến môi trường và các sinh vật không mục tiêu. Do đó, việc tìm kiếm các hoạt chất sinh học có hiệu quả cao, an toàn và thân thiện với môi trường đang trở thành một hướng nghiên cứu quan trọng trong lĩnh vực kiểm soát vector truyền bệnh [55]. Tinh dầu thực vật được xem là nguồn nguyên liệu tiềm năng trong phát triển các chế phẩm sinh học kiểm soát côn trùng.

Tinh dầu thực vật được xem là nguồn nguyên liệu tiềm năng để phát triển các chế phẩm sinh học kiểm soát côn trùng. Thành phần hóa học của tinh dầu chủ yếu gồm các hợp chất terpene dễ bay hơi như monoterpene, sesquiterpene và các dẫn xuất oxy hóa của chúng [40]. Nhiều nghiên cứu cho thấy các hợp chất này có khả năng tác động lên hệ thần kinh côn trùng thông qua cơ chế ức chế enzyme acetylcholinesterase,

gây rối loạn cân bằng ion và ảnh hưởng đến quá trình sinh trưởng của ấu trùng [55]. Trong số các nhóm thực vật giàu tinh dầu, họ Gừng (*Zingiberaceae*) được đánh giá là nguồn tài nguyên sinh học có giá trị nhờ thành phần hóa học đa dạng và hoạt tính sinh học phong phú. Nhiều loài thuộc họ này chứa các hợp chất đặc trưng như zingiberene, camphene, 1,8-cineole, borneol, terpinen-4-ol và β -caryophyllene [36]. Các hợp chất này đã được ghi nhận có hoạt tính sinh học đáng kể đối với côn trùng, đặc biệt là khả năng gây độc đối với ấu trùng muỗi truyền bệnh [56]. Một số nghiên cứu cho thấy tinh dầu từ các loài thuộc họ *Zingiberaceae* có khả năng gây tử vong đối với ấu trùng muỗi ở nồng độ thấp, đồng thời thể hiện hoạt tính xua đuổi muỗi trưởng thành và ức chế sự nở trứng của côn trùng [14]. Những đặc tính này cho thấy tiềm năng ứng dụng của tinh dầu họ Gừng trong phát triển các chế phẩm sinh học kiểm soát vector truyền bệnh theo hướng an toàn và bền vững. So với các hóa chất tổng hợp, tinh dầu thực vật có ưu điểm là khả năng phân hủy sinh học cao, ít tồn lưu trong môi trường và hạn chế nguy cơ hình thành tính kháng ở côn trùng.

Họ Gừng (*Zingiberaceae*) có nhiều ứng dụng quan trọng trong các lĩnh vực y học, sinh học, thực phẩm, mỹ phẩm, môi trường và nông nghiệp. Trong y học, các loài thuộc họ Gừng từ lâu đã được sử dụng để điều trị các bệnh như đau đầu, đau dạ dày, viêm khớp và đau cơ. Các hợp chất hoạt tính như gingerol và curcumin được ghi nhận có khả năng chống viêm và giảm đau. Trong lĩnh vực sinh học, các loài thuộc họ này đã được nghiên cứu nhằm đánh giá khả năng chống ung thư và ức chế sự phát triển của tế bào ung thư. Ngoài ra, các loài *Zingiberaceae* còn được sử dụng làm chất bảo quản và hương liệu tự nhiên trong công nghiệp thực phẩm, với tiềm năng thay thế các phụ gia tổng hợp. Trong ngành mỹ phẩm và chăm sóc cá nhân, các loài thuộc họ Gừng được ứng dụng nhờ đặc tính chống oxy hóa, chống viêm và hỗ trợ làm sáng da. Bên cạnh đó, một số loài còn được chứng minh có khả năng hấp phụ kim loại nặng và các chất ô nhiễm trong môi trường. Trong nông nghiệp, các loài thuộc họ Gừng cũng cho thấy tiềm năng trong việc cải thiện sự phát triển của cây trồng và tăng năng suất.

Tóm lại, nghiên cứu về họ gừng *Zingiberaceae* có nhiều ứng dụng hiện tại và tiềm năng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, bao gồm y học, khoa học thực phẩm, mỹ phẩm, khắc phục tác động môi trường và nông nghiệp. Khi nghiên cứu trong lĩnh vực này tiếp tục tiến bộ, chúng ta có thể mong đợi thấy nhiều ứng dụng đổi mới hơn của các loại cây gừng *Zingiberaceae* và các hợp chất sinh học của chúng.

CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

2.1.1. Đối tượng nghiên cứu

Tinh dầu một số loài thuộc họ Gừng (Zingiberaceae) ở Việt nam

2.1.2. Phạm vi nghiên cứu

Bảng 2.1. Địa điểm thu mẫu và thông tin các mẫu thực vật nghiên cứu

TÊN LOÀI		VỊ TRÍ	Tọa độ	Thời gian thu mẫu
Tên khoa học	Tên thường gọi			
<i>Zingiber acuminatum</i> Valeton	Gừng nhọn	xã Nam Chính, huyện Đức Linh, Tỉnh Bình Thuận	11°06'11,1N 107°29'18,3E	10/10/2024
<i>Alpinia Galanga</i>	Riềng nếp	Xã Phước đông, TP Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa	12°11'19,2N 109°09'40,4E	15/10/2024
<i>Curuma aromatica</i> Salisb	Nghệ trắng	Buôn Nhang, Xã Krông Jing, Huyện M'đrăk, Tỉnh Đắk Lắk	12°45'39N 108°42'6E	30/12/2024
<i>Kaempferia galanga</i> (L.)	Địa liên	Mường Xén, huyện Kỳ Sơn, tỉnh Nghệ An	19°23'23,1N 104°09'46,2E	20/12/2024

Mẫu thực vật của bốn loài nghiên cứu nêu tại Bảng 2.1 trên được định danh bởi TS. Phạm Văn Thế, Trường Đại học Văn Lang

2.1.3. Thu thập mẫu và chưng cất tinh dầu

Mẫu để chưng cất tinh dầu là các bộ phận riêng biệt của cây củ và rễ. Mỗi mẫu thu từ 0,5-3 kg tươi. Mẫu được ghi số hiệu (số hiệu này trùng với số hiệu mẫu để định loại) và thời gian thu. Sau khi thu hái, mẫu được cắt nhỏ và chưng cất bằng phương pháp lôi cuốn hơi nước có hồi lưu trong thiết bị Clevenger trong thời gian 2 - 4 giờ ở áp suất thường, theo tiêu chuẩn Dược điển Việt Nam II (2002).

2.1.4. Mẫu thực vật

2.1.4.1. gừng nhọn



Hình 2.1. Hình ảnh thân rễ củ Gừng nhọn

Gừng nhọn (*Zingiber acuminatum* Valetton) thuộc họ Gừng (Zingiberaceae) thân thảo có giá trị sinh thái, dược liệu. Loài này được tìm thấy chủ yếu ở các khu vực nhiệt đới châu Á, đặc biệt tại Thái Lan, Việt Nam và một số nước Đông Nam Á khác. Dạng thân rễ ngầm, phân nhánh mạnh, màu vàng nhạt hoặc nâu xám bên ngoài. Khi cắt ngang, phần thịt bên trong có màu vàng cam nhạt, tỏa ra mùi thơm đặc trưng. Chứa nhiều tinh dầu và hợp chất có hoạt tính sinh học [25].

Dạng thân thảo, mọc thẳng đứng, chiều cao trung bình 1 – 1,5 m. Thân giả được hình thành từ các bẹ lá ôm sát vào nhau. Phiến lá thuôn dài, nhọn ở đầu – đặc điểm giúp loài này có tên gọi gừng nhọn. Kích thước lá dài 20 – 40cm, rộng 4 – 8cm. Màu xanh đậm ở mặt trên, xanh nhạt mặt dưới. Lá mọc so le dọc theo thân, gân lá nổi rõ, mép lá nguyên. Hoa mọc thành bông hình trụ, dài 5 – 10 cm, màu đỏ tươi hoặc đỏ cam. Mọc gần gốc cây, phát triển từ thân rễ thay vì từ đỉnh thân. Hoa có mùi thơm nhẹ, nở rộ vào mùa hè hoặc đầu mùa mưa. Mỗi bông hoa có 3 cánh hoa lớn và một cánh môi phát triển..

Gừng nhọn (*Zingiber acuminatum* Valetton) là một loài thân thảo, cao 1 – 1,5 m, có lá thuôn dài, đầu nhọn, hoa màu đỏ cam mọc gần gốc cây[22]. Chứa nhiều tinh dầu với công dụng giảm đau, kháng viêm và hỗ trợ tiêu hóa được sử dụng trong y học cổ truyền [19].

2.1.4.2. Địa liên



Hình 2.2. Hình ảnh Địa liên

Địa liên (*Kaempferia galanga* L.) là một loài thân thảo, thấp hơn so với các loài cùng họ, thường mọc sát mặt đất. Thân rễ: Dạng củ, có màu nâu nhạt hoặc vàng nhạt, bên trong trắng hoặc hơi vàng, có mùi thơm mạnh, chứa tinh dầu đặc trưng[53]. Thân rễ mọc ngang, kích thước nhỏ hơn so với nghệ và gừng. Thân cây: Không có thân mọc cao, chỉ phát triển từ gốc, với các bẹ lá ôm sát mặt đất. Lá: Có hình bầu dục hoặc hình tròn, kích thước nhỏ hơn so với gừng và nghệ, phiến lá dài 8 – 15 cm, rộng 5 – 10 cm. Mặt lá màu xanh đậm, gân lá rõ ràng. Hoa: Hoa mọc đơn độc từ gốc cây, màu trắng hoặc tím nhạt, kích thước nhỏ, chỉ dài 2 – 5 cm[19].

2.1.4.3. Nghệ trắng



Hình 2.3. Hình ảnh thân rễ củ Nghệ trắng

Nghệ trắng (*Curcuma aromatica* Salisb.), còn gọi là nghệ rừng, nghệ hoang, là một loài nghệ có giá trị y học cao. Thân rễ: Có màu vàng nhạt hoặc trắng ngà, mùi thơm nhẹ, chứa nhiều tinh dầu và nhiều hợp chất sinh học có giá trị cao [37]. Củ nhỏ, hình trụ hoặc hơi tròn, khi cắt ngang có màu vàng nhạt hoặc trắng. Thân cao khoảng 0,8 – 1,2 m, mọc thành cụm với nhiều chồi từ thân rễ. Lá hình mũi mác, dài 30 – 50 cm, rộng 5 – 10 cm, mặt trên màu xanh lục đậm, mặt dưới nhạt hơn. Hoa mọc thành cụm hình trụ, màu trắng hoặc tím nhạt, có cánh hoa mềm, thường xuất hiện vào đầu mùa mưa [19].

2.1.4. 4. *Riềng nếp*



Hình 2.4. Hình ảnh thân rễ củ Riềng nếp

Thân rễ phát triển mạnh, phân nhánh tốt, mọc ngang dưới đất. Vỏ ngoài nâu nhạt hoặc vàng, ruột bên trong màu vàng cam. Mùi thơm đặc trưng, cay nhẹ, chứa nhiều tinh dầu (1,8-cineole, α -pinene) và flavonoid [54]. Thân thảo, mọc thẳng, cao từ 1,5 – 2,5 m. Có thân giả hình trụ, màu xanh lục, các đốt ngắn. Lá thuôn dài hoặc hình mũi mác, kích thước 30 – 60 cm chiều dài, 5 – 12 cm chiều rộng. Mặt trên xanh đậm, mặt dưới xanh nhạt hơn. Mọc so le dọc theo thân, có bẹ ôm sát thân giả. Gân lá nổi rõ, mép lá nguyên hoặc hơi lượn sóng. Hoa mọc thành chùm dài từ 15 – 30 cm, hình trụ, mọc từ ngọn cây. Hoa màu trắng, cánh môi có vân đỏ tím. Hoa có mùi thơm nhẹ, giúp thu hút côn trùng thụ phấn. Quả nang hình cầu hoặc hơi bầu dục, vỏ sần sùi. Khi chín có màu đỏ cam. Hạt: Nhỏ, màu đen, có lớp áo hạt mỏng. *Alpinia galanga* là cây thân thảo cao 1,5 – 2,5 m, có thân rễ màu vàng cam với mùi thơm đặc trưng. Lá thuôn dài, hoa màu trắng có vân đỏ tím, mọc thành cụm ở ngọn [23]. Củ Riềng nếp chứa nhiều tinh dầu và hợp chất sinh học, được dùng làm gia vị và dược liệu.

2.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.2.1. Phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước [38]

Quá trình thu nhận tinh dầu bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước gồm các giai đoạn chính: khuếch tán, thẩm thấu, hóa hơi, ngưng tụ và phân tách. Dưới tác dụng của nhiệt, các cấu tử tinh dầu khuếch tán từ mô thực vật ra môi trường nước, đồng thời nước thẩm thấu vào tế bào và kéo theo tinh dầu thoát ra ngoài. Khi nước sôi, hơi nước mang theo các cấu tử dễ bay hơi của tinh dầu tạo thành hỗn hợp hơi. Hỗn hợp này sau đó được ngưng tụ và tách thành hai pha dựa trên sự khác biệt về khối lượng riêng giữa tinh dầu và nước.

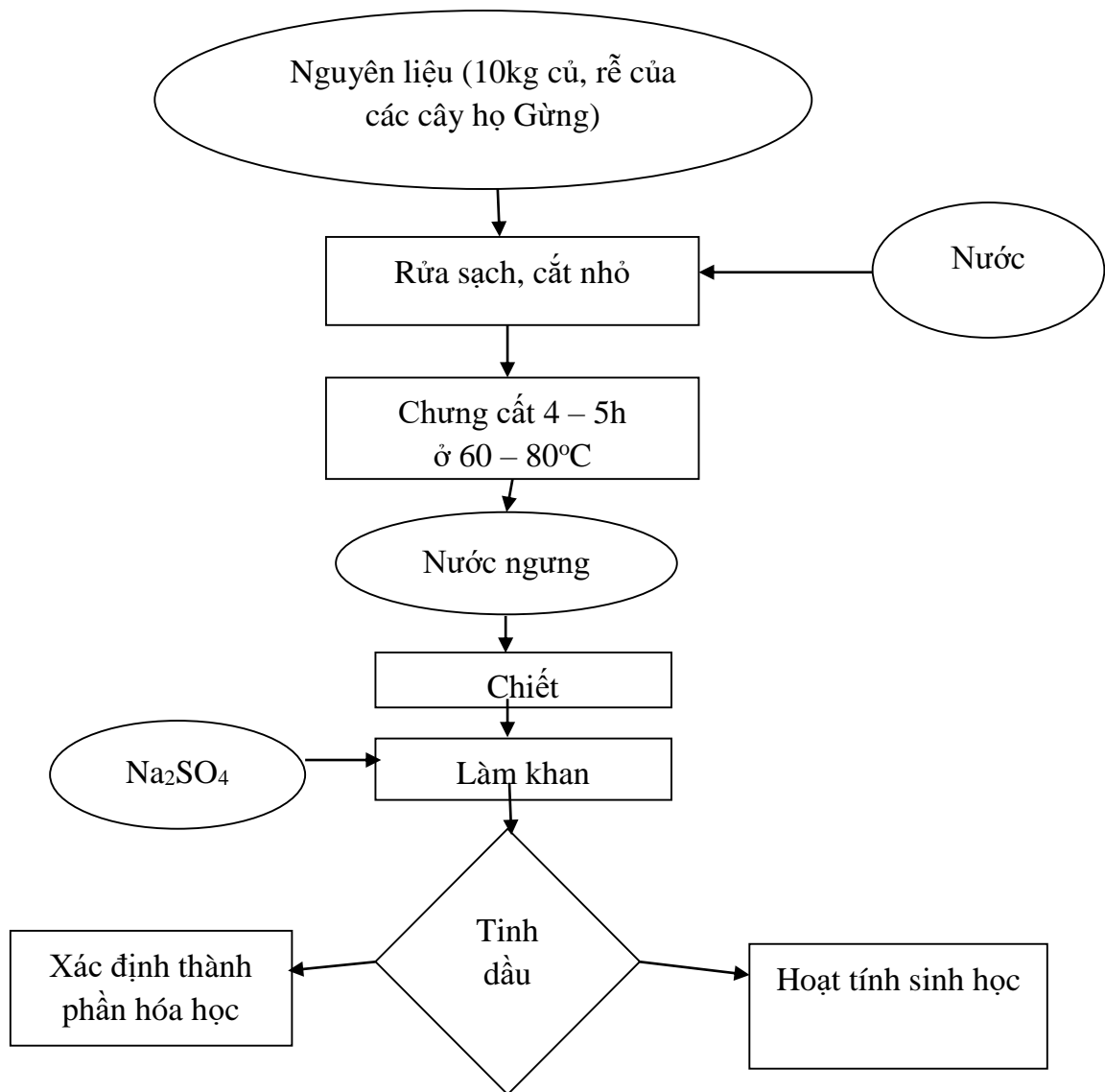
Dựa trên nguyên tắc: ‘Một hỗn hợp hai chất lỏng bay hơi được không trộn lẫn vào nhau. Khi áp suất hơi bão hòa bằng áp suất khí quyển, hỗn hợp bắt đầu sôi và tinh dầu được kéo theo bởi hơi nước.

Áp suất hơi bão hòa của hỗn hợp chất lỏng tan vào nhau được xác định theo định luật Raoult (theo áp suất hơi của các cấu tử riêng): $P = P_A + P_B$

Khi không hình thành hỗn hợp đẳng phí, áp suất và nhiệt độ sôi của hệ sẽ nằm trong khoảng giữa các giá trị tương ứng của từng chất. Ngược lại, với các chất không hòa tan, chúng không ảnh hưởng lẫn nhau về áp suất hơi; khi đó tổng áp suất hơi của hệ lớn hơn áp suất riêng phần của từng cấu tử, dẫn đến nhiệt độ sôi của hỗn hợp thấp hơn nhiệt độ sôi của mỗi chất riêng biệt.

Dựa trên cơ sở này, phương pháp chưng cất lôi cuốn theo hơi nước, thực hiện ở áp suất thường hoặc chân không, được áp dụng rộng rãi để tách các chất dễ bay hơi khỏi hỗn hợp, đặc biệt là khi chúng khó tách bằng phương pháp chưng cất thông thường hoặc dễ bị phân hủy ở nhiệt độ cao. Trong thực tế, nguyên liệu được đặt trong bình chưng cất và nối với hệ thống thu hồi gồm ống dẫn hơi, bộ phận làm lạnh, ống hứng có vạch chia và nhánh hồi lưu. Khi gia nhiệt đến nhiệt độ sôi, hơi nước mang theo tinh dầu bay lên, sau đó được làm lạnh để ngưng tụ thành chất lỏng và thu được sản phẩm.

Phương pháp này được đánh giá cao trong chiết xuất tinh dầu tự nhiên vì giúp hạn chế phân hủy nhiệt, đồng thời bảo toàn các hợp chất dễ bay hơi, đặc biệt phù hợp với những tinh dầu nhạy cảm với nhiệt độ cao.



Hình 2.5. Sơ đồ chưng cất tinh dầu

2.2.2. Phương pháp định lượng tinh dầu

Với các bộ phận khác nhau thì tinh dầu được định lượng theo phương pháp I của Dược điển Việt Nam IV (2009) [65]. Công thức tính hàm lượng tinh dầu:

$$X (\%) = \frac{a \cdot 0,9}{b} \cdot 100 \% \quad (d < 1) \quad \text{hoặc} \quad X (\%) = \frac{a}{b} \cdot 100 \% \quad (d > 1)$$

Trong đó : a là thể tích tinh dầu tính bằng ml;

b là khối lượng của mẫu tính bằng gam

d là trọng lượng riêng của tinh dầu g/ml

Na_2SO_4 khan được sử dụng làm khô tinh dầu, trước khi đem phân tích tinh dầu được đậy kín đựng trong các lọ tiêu chuẩn và bảo quản ở nhiệt độ 0-5°C .

2.2.3. Phân tích thành phần hóa học tinh dầu bằng GC-MS

Chuẩn bị mẫu phân tích cho sắc ký khí: 1,5 mg tinh dầu đã được hòa tan, được khử nước bằng Na_2SO_4 khan trong 1 ml dung môi n - hexane tinh khiết, loại chuyên dụng cho phân tích sắc ký. Thành phần hóa học của tinh dầu được phân tích bằng hệ thống sắc ký khí ghép khối phổ (GC-MS) Agilent Technologies, kết nối với detector khối phổ Agilent 5977B MSD. Quá trình phân tích được thực hiện trên cột mao quản HP-5MS UI có kích thước $30 \text{ m} \times 0,25 \text{ mm} \times 0,25 \text{ }\mu\text{m}$. Khí mang sử dụng là heli (He) với tốc độ dòng không đổi 1,0 mL/phút và áp suất cột 8,232 psi. Mẫu tinh dầu được pha loãng bằng dicloromethan (CH_2Cl_2 , Merck, độ tinh khiết $\geq 99,9\%$) theo tỷ lệ 1 μL tinh dầu trong 1 mL dung môi. Thể tích tiêm mẫu là 1 μL , thực hiện ở chế độ chia dòng với tỷ lệ split 25:1. Chương trình nhiệt độ lò cột được thiết lập bắt đầu tại 60°C và giữ trong 3 phút, sau đó tăng với tốc độ $3^\circ\text{C}/\text{phút}$ đến 180°C , tiếp tục tăng $5^\circ\text{C}/\text{phút}$ đến 240°C và duy trì ở nhiệt độ này trong 5 phút. Nhiệt độ buồng tiêm mẫu được duy trì ở 300°C ; nhiệt độ bộ tứ cực (MS Quad), nguồn ion hóa và bộ phận Aux-2 lần lượt được cài đặt ở 150°C , 230°C và 250°C . Phổ khối được ghi nhận trong khoảng quét m/z 50–550 với tốc độ quét 2 lần/giây. Quá trình ion hóa được thực hiện bằng phương pháp ion hóa va chạm điện tử (EI) ở mức năng lượng 70 eV.

2.2.4. Phương pháp xác định TPHH tinh dầu

Các hợp chất trong tinh dầu được định danh dựa trên sự kết hợp giữa phổ khối (MS), chỉ số lưu giữ (Retention Index – RI) và dữ liệu tham khảo từ các tài liệu khoa học đã công bố. Phổ khối của các cấu tử được so sánh với thư viện phổ NIST 08 và Wiley 9th edition. Chỉ số lưu giữ được tính toán dựa trên dãy n-alkane đồng đẳng (C8–C40) được phân tích trong cùng điều kiện sắc ký. Một số hợp chất được xác nhận bổ sung bằng phương pháp đồng tiêm mẫu (co-injection) với các chất chuẩn thương mại có độ tinh khiết cao. Phân tích cụm phân cấp kết hợp (Agglomerative Hierarchical Clustering – AHC) và phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis – PCA) được thực hiện bằng phần mềm Minitab phiên bản 19,2020,1 (Minitab LLC, State College, PA, USA). Thành phần hóa học của các mẫu tinh dầu trong nghiên cứu, kết hợp với các dữ liệu đã công bố trong tài liệu tham khảo, được sử dụng làm đơn vị phân loại hoạt động (Operational Taxonomic Units – OTUs) nhằm đánh giá mức độ tương đồng và mối quan hệ hóa học giữa các mẫu nghiên cứu. Các hợp chất có hàm lượng tương đối cao trong tinh dầu được lựa chọn làm biến số cho quá trình xử lý thống kê đa biến, bao gồm: Các hợp chất có hàm lượng tương đối $\geq 1\%$ và xuất hiện trong phần lớn các mẫu tinh dầu được lựa chọn làm biến số cho quá trình xử lý thống kê đa biến (PCA và AHC). Các biến số này chủ yếu thuộc nhóm monoterpene hydrocarbon, monoterpene oxygenated và sesquiterpene đặc trưng của

họ Gừng. Kết quả PCA được sử dụng để xác định các hợp chất đóng vai trò quan trọng trong sự phân bố và sai khác giữa các mẫu, trong khi phân tích AHC được sử dụng để xây dựng sơ đồ phân nhóm nhằm đánh giá mối quan hệ hóa học giữa các mẫu tinh dầu[58].

2.2.5. Phương pháp thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi Cơ sở nào khẳng định đây là muỗi *Aedes*

2.2.5.1. Phương pháp nhân nuôi muỗi *Aedes* trong phòng thí nghiệm [59]

➤ Kỹ thuật lấy trứng

Bước 1: Sau khi cho chuột vào lồng để muỗi đốt liên tiếp trong 3 ngày.



Hình 2.6. Hình ảnh bắt chuột và cho muỗi đốt máu chuột

Bước 2: Sau 3 ngày bị đốt, cho vào lồng muỗi 1 cốc nước sạch (cốc thủy tinh 250 mL) bên trong có khoan giấy lọc Whatman sạch để muỗi đậu và đẻ trứng.



Hình 2.7. Hình ảnh muỗi đẻ trứng và trứng muỗi

Bước 3: Sau khi quan sát thấy miếng giấy lọc xuất hiện nhiều trứng ($\geq 50-100$ trứng/miếng hoặc mật độ trứng phủ rõ bề mặt giấy) thì lấy giấy lọc ra và thay bằng tấm giấy lọc mới trong cái cốc thủy tinh mới.

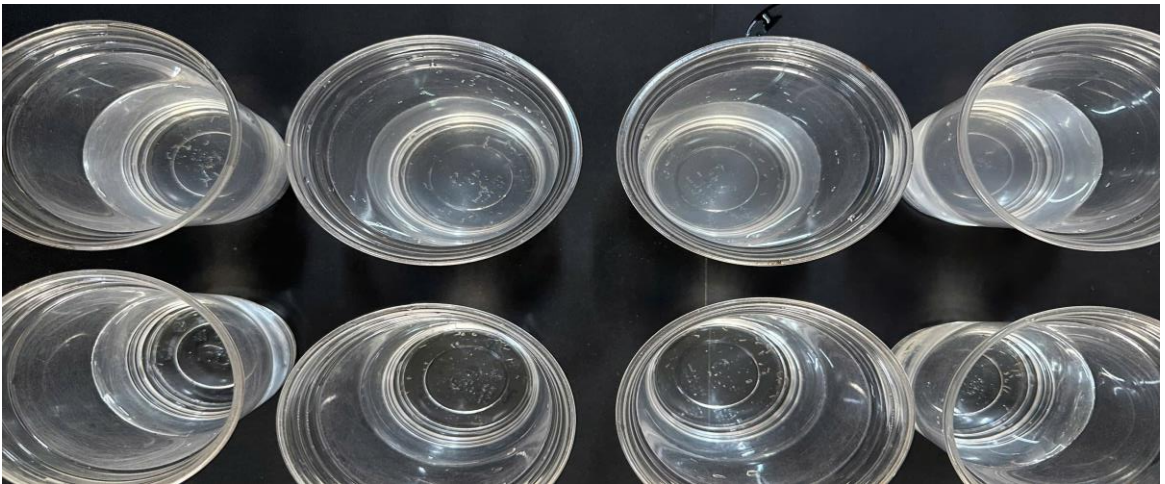
➤ Kỹ thuật nuôi và chăm sóc ấu trùng

Các miếng giấy lọc chứa trứng được thả vào ly nước (trứng phải chìm dưới mặt nước). Sau khi trứng nở thành ấu trùng tuổi I, cho vào ly nuôi một viên thức ăn của chó.



Hình 2.8. Hình ảnh thả trứng muỗi

Mỗi ngày vào buổi sáng, thay khay mới mỗi ngày và thay nước cho ấu trùng, dùng vợt có lưới mịn lọc ấu trùng. Ấu trùng nở thành quăng sau 12-14 ngày (tính từ lúc tuổi 1). Đựng quăng trong cốc thủy tinh và để vào lồng cho nở thành muỗi. Mỗi lồng đặt 5 cốc và mỗi cốc khoảng 100 quăng.



Hình 2.9. Hình ảnh ấu trùng muỗi

Ghi tên loài (*Aedes*), thể hệ muỗi và ngày tháng bỏ quăng vào lồng.

➤ Kỹ thuật nuôi muỗi trưởng thành

Sau khi ấu trùng nở thành muỗi, đặt đĩa chứa bông gòn thấm dung dịch glucose 10% vào lồng và chuyển cốc ấu trùng đã nở hết ra ngoài. Muỗi được cho đốt chuột

sau khi nở được 3 ngày. Chuột được cố định và đặt vào lồng muỗi vào buổi chiều hôm trước, sau đó lấy ra vào buổi sáng ngày hôm sau. Ngày tháng cho muỗi đốt phải được ghi chép cẩn thận. Ba ngày sau khi muỗi đốt chuột, đặt vào lồng một cốc thủy tinh chứa nước và cuộn giấy lọc để thu thập trứng. Dung dịch glucose 10% được pha mới hàng ngày và thay thế mỗi ngày. Quy trình trên được lặp lại cho đến khi thu được thể hệ muỗi trưởng thành tiếp theo.

✚ Lưu ý:

- Mỗi ngày vào buổi sáng, thay nước cho ấu trùng và thay khay mới mỗi ngày, dùng vợt có lưới mịn lọc ấu trùng. Tách ấu trùng ra làm 2-3 khay khi thấy ấu trùng trong khay nhiều. Hút bỏ ấu trùng chết (nếu có).
- Dồn muỗi vào cùng một lồng khi mật độ muỗi thấp, đảm bảo đủ không gian cho muỗi hoạt động. Rửa sạch lồng muỗi trước khi sử dụng. Thực hiện các thao tác lấy cốc ấu trùng, thay dung dịch glucose, đưa chuột vào lồng và thu trứng một cách cẩn thận để tránh muỗi bay ra ngoài. Đặt lồng muỗi ở vị trí tránh kiến xâm nhập.

2.2.5.2. Thử nghiệm hoạt tính sinh học

➤ Chuẩn bị dung dịch gốc

Cân chính xác 200 mg tinh dầu, hòa tan trong 20 mL dung môi để thu được dung dịch gốc (10 mg/mL). Dung dịch gốc được bảo quản trong vial có nút vặn. Lắc mạnh để đảm bảo tinh dầu hòa tan hoàn toàn tạo thành dung dịch đồng nhất. Dung dịch gốc được pha loãng gấp 10 lần trong ethanol (hoặc dung môi phù hợp khác) để thu được dung dịch làm việc. Các nồng độ thử nghiệm cuối cùng được chuẩn bị bằng cách thêm 0,1–1,0 mL (100–1000 μ L) dung dịch làm việc vào 150 mL nước cất. Việc thêm một lượng nhỏ dung dịch này không gây thay đổi đáng kể thể tích và nồng độ cuối cùng của môi trường thử nghiệm.

➤ Thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng

Đối chứng âm: Ethanol. Đối chứng dương: Permethrin (Mục đích để so sánh hoạt tính của tinh dầu đối với hóa chất đã được công nhận và sử dụng rộng rãi.)

Thí nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng được thực hiện theo phương pháp tiêu chuẩn với một số chỉnh sửa. Trước tiên, ấu trùng muỗi được tiếp xúc với loạt nồng độ rộng để xác định khoảng hoạt tính của tinh dầu. Dựa trên kết quả sơ bộ, 4–5 nồng độ gây tỷ lệ chết từ khoảng 10% đến 95% sau 24 giờ hoặc 48 giờ được chọn để xác định giá trị LC_{50} và LC_{90} . Mỗi cốc thủy tinh thử nghiệm chứa 150 mL nước cất với độ sâu nước từ 5 đến 10 cm. Mỗi cốc thả 25 ấu trùng muỗi giai đoạn III hoặc IV khỏe mạnh. Ấu trùng yếu, nhỏ hoặc bị tổn thương được loại bỏ và thay thế trước khi tiến hành thí nghiệm. Dung dịch thử nghiệm được thêm vào cốc theo thể tích phù hợp (bắt đầu từ

nồng độ thấp nhất) để đạt được nồng độ cuối cùng mong muốn. Mỗi nồng độ được lặp lại 4 lần.

Đối chứng âm: Thêm 1 mL ethanol (hoặc dung môi sử dụng để hòa tan tinh dầu) vào 150 mL nước cất, không chứa tinh dầu. Đối chứng dương: Sử dụng Permethrin ở nồng độ chuẩn. Toàn bộ thí nghiệm được lặp lại ba lần vào các ngày khác nhau. Các cốc thử nghiệm được duy trì trong tủ nuôi côn trùng ở nhiệt độ 25–28°C, chu kỳ ánh sáng 12 giờ sáng : 12 giờ tối (12L:12D). Sau 24 giờ và 48 giờ phơi nhiễm, tỷ lệ chết của ấu trùng được ghi nhận. Ấu trùng được coi là chết khi không có bất kỳ chuyển động nào sau khi chọc nhẹ vào ống thở (siphon) hoặc vùng cổ bằng kim. Ấu trùng hấp hối (moribund) là những ấu trùng không thể nổi lên bề mặt nước hoặc không thể hiện phản xạ lặn khi nước bị xáo trộn. Ấu trùng hấp hối được tính chung vào tổng số ấu trùng chết để tính phần trăm tỷ lệ chết. Ấu trùng chuyển thành quăng (pupa) trong thời gian thử nghiệm sẽ phủ nhận xét nghiệm. Nếu trên 10% ấu trùng đối chứng chuyển thành quăng trong quá trình thử nghiệm, thí nghiệm phải được loại bỏ và lặp lại. Nếu tỷ lệ chết do đối chứng là từ 5% đến 20%, tỷ lệ chết của các nhóm được thử nghiệm được điều chỉnh theo công thức của Abbott:

$$\text{Mortality (\%)} = \frac{X - Y}{X} 100$$

Trong đó, X = tỷ lệ sống sót khi không được thử nghiệm với đối chứng

Y = tỷ lệ sống sót khi thử nghiệm với tinh dầu.





2.2.6. Phương pháp xử lý số liệu – Phân tích dữ liệu

Dữ liệu từ tất cả các thử nghiệm lặp lại được gộp lại để phân tích. Giá trị LC₅₀ và LC₉₀ được tính toán từ đường hồi quy tỉ lệ chết log dosage–probit sử dụng phần mềm SPSS 22. Hiệu lực của tinh dầu diệt ấu trùng của một loài muỗi cụ thể được so sánh với các giá trị LC₉₀ hoặc LC₅₀ của các loại thuốc trừ sâu khác. Dữ liệu thu được sẽ được xử lý bằng phần mềm SPSS 22 để tính toán giá trị LC₅₀ và LC₉₀ – hai chỉ số quan trọng trong đánh giá hiệu quả diệt ấu trùng. Dữ liệu từ các thử nghiệm lặp lại được tổng hợp và phân tích để xác định mức độ ảnh hưởng của tinh dầu đến ấu trùng muỗi. Giá trị LC₅₀ và LC₉₀ thu được sẽ được so sánh với các chất diệt côn trùng phổ biến nhằm đánh giá hiệu quả của tinh dầu trong việc kiểm soát quần thể muỗi. Những kết quả từ quá trình nghiên cứu không chỉ cung ứng thêm các số liệu khoa học về hiệu lực diệt ấu trùng của nhờ các hợp chất trong tinh dầu mà còn góp phần định hướng ứng dụng trong kiểm soát muỗi *Aedes aegypti* – loài truyền bệnh sốt xuất huyết, Zika và nhiều bệnh nguy hiểm khác.

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. KẾT QUẢ HÀM LƯỢNG TINH DẦU

Bảng 3.1. Kết quả định lượng tinh dầu

Tên	Mẫu tươi (kg)	Tinh dầu (mL)	Thành phần tinh dầu (%)	Hình ảnh tinh dầu
<i>Zingiber Acuminatum</i> Valeton – Gừng nhọn	6	7	0,105	
<i>Curuma romatica</i> Salisb – Nghệ trắng	10	15	0,135	
<i>Kaempferia galanga</i> L – Địa liên	10	20	0,18	
<i>Alpinia Galanga</i> - Riềng nếp	8	10	0,1125	

Kết quả định lượng hàm lượng tinh dầu của các loài thuộc họ Zingiberaceae được trình bày tại Bảng 3.1. Hàm lượng tinh dầu dao động từ 0,105% đến 0,18%. Sự khác biệt này phản ánh đặc điểm sinh học, khả năng tích lũy hợp chất thứ cấp cũng như đặc trưng di truyền của từng loài.

Trong các loài nghiên cứu, *Kaempferia galanga* Địa liên cho hàm lượng tinh dầu cao nhất đạt 0,18%. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đây trong đó thân rễ *Kaempferia galanga* Địa liên được ghi nhận chứa hàm lượng lớn các hợp chất dễ bay hơi như ethyl p-methoxycinnamate và ethyl cinnamate[54]. Hàm lượng tinh dầu

cao có thể liên quan đến sự phát triển mạnh của hệ thống mô tiết trong thân rễ cũng như khả năng tích lũy monoterpene và phenylpropanoid của loài này [61].

Curcuma aromatica Nghệ trắng cho hàm lượng tinh dầu đạt 0,135%. Các loài thuộc chi *Zingiber* thường giàu sesquiterpene hydrocarbon (như zerumbone, Zingiberene và humulene), trong khi các loài thuộc chi *Curcuma* lại chứa nhiều oxygenated sesquiterpene (như ar-turmerone, curlone và curdione)[43]. Những hợp chất này góp phần tạo nên mùi thơm đặc trưng cũng như hoạt tính sinh học của tinh dầu [37].

Alpinia galanga Riềng nếp có hàm lượng tinh dầu đạt 0,1125%, cao hơn so với *Zingiber acuminatum* (0,105%). Hàm lượng tinh dầu của *Alpinia galanga* có thể thay đổi đáng kể tùy thuộc vào điều kiện sinh thái, độ tuổi cây và thời điểm thu hái[54]. Các thành phần chính thường gặp trong tinh dầu Riềng nếp là 1,8-cineole, methyl cinnamate và α -pinene – những hợp chất có hoạt tính kháng khuẩn và kháng côn trùng mạnh [44].

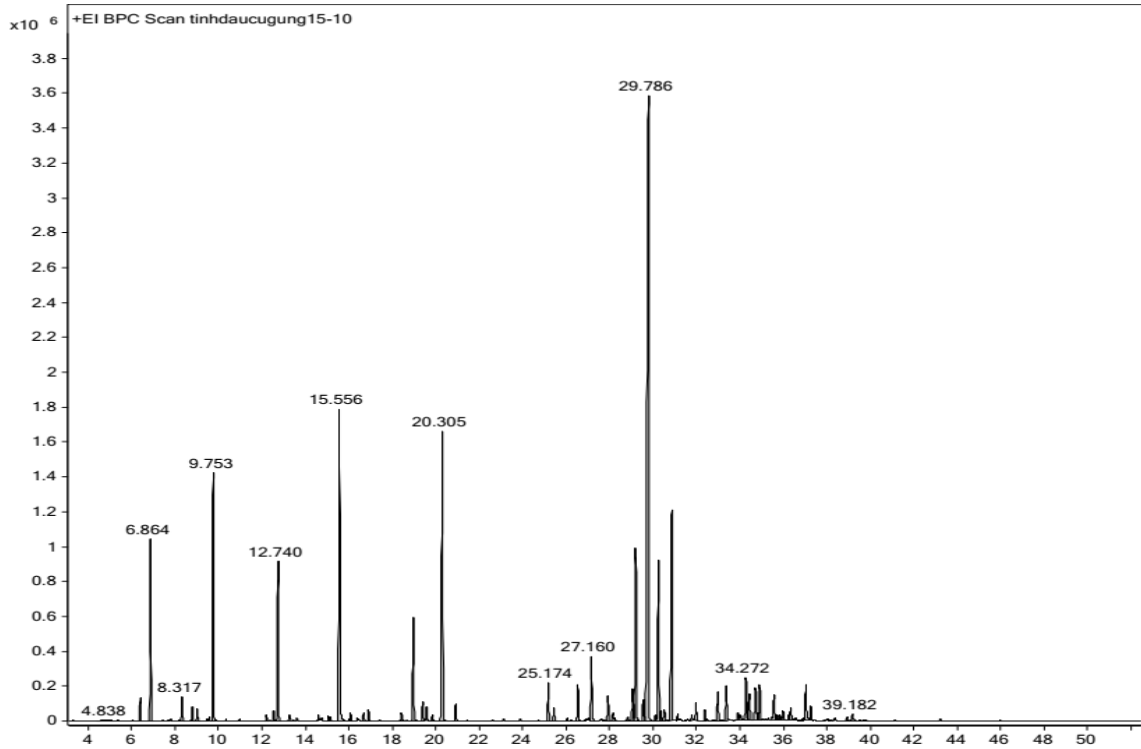
So với một số nghiên cứu trên thế giới, hàm lượng tinh dầu của các loài họ Gừng trong nghiên cứu này tương đối thấp. Nguyên nhân có thể do ảnh hưởng của môi trường sống, giai đoạn sinh trưởng của cây và phương pháp bảo quản mẫu trước khi chiết xuất [62]. Ngoài ra, việc sử dụng nguyên liệu tươi cũng có thể làm giảm hiệu suất thu hồi tinh dầu do hàm lượng nước cao trong mô thực vật làm cản trở quá trình khuếch tán của các hợp chất dễ bay hơi trong chung cất lôi cuốn hơi nước [61]. Mặc dù hàm lượng tinh dầu không cao, các loài nghiên cứu vẫn được đánh giá là nguồn nguyên liệu tiềm năng nhờ thành phần tinh dầu giàu các hợp chất terpenoid có hoạt tính sinh học mạnh như zerumbone, Zingiberene, turmerone, linalool và 1,8-cineole. Những hợp chất này đã được chứng minh có khả năng kháng khuẩn, chống oxy hóa, diệt ấu trùng muỗi và xua đuổi côn trùng [44, 55].

Thấp nhất là *Zingiber acuminatum* Valetton (Gừng nhọn) với hàm lượng tinh dầu đạt 0,105%. Dù lượng tinh dầu không cao, nhưng kết quả vẫn cho thấy loài này có khả năng sinh tổng hợp các hợp chất bay hơi đáng kể. Sự khác biệt hàm lượng so với các loài khác có thể do yếu tố di truyền, cấu trúc mô chứa tinh dầu hoặc điều kiện sinh thái nơi sinh trưởng. Kết quả cho thấy các loài thuộc họ Gừng đều chứa tinh dầu với hàm lượng tương đối khá, tuy nhiên mức độ tích lũy khác nhau rõ rệt giữa các loài. Sự khác biệt này có thể chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như đặc điểm di truyền, độ tuổi thu hoạch, điều kiện khí hậu – thổ nhưỡng, bộ phận sử dụng và phương pháp chưng cất tinh dầu. Trong số các mẫu nghiên cứu, Địa liền được đánh giá là nguồn nguyên liệu có tiềm năng khai thác tinh dầu cao nhất.

Do đó, kết quả định lượng tinh dầu trong nghiên cứu này là cơ sở khoa học quan trọng để tiến hành các nghiên cứu tiếp theo về phân tích thành phần hóa học bằng GC-MS và đánh giá hoạt tính sinh học.

3.2. KẾT QUẢ THÀNH PHẦN HÓA HỌC CỦA TINH DẦU

3.2.1. Kết quả TPHH tinh dầu *Zingiber acuminatum* Valetton – Gừng nhọn



Hình 3.1. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ gừng 15 – 10

Bảng 3.2. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ gừng 15-10

STT	Thời gian lưu (phút)	Chỉ số lưu giữ thực nghiệm	Chỉ số lưu giữ tham khảo	Tên hợp chất	Công thức	Hàm lượng g %
1	6,395	935	937	α -Pinene	$C_{10}H_{16}$	0,41
2	6,864	950	952	Camphene	$C_{10}H_{16}$	3,58
3	8,317	991	991	β -Myrcene	$C_{10}H_{16}$	0,45
4	8,798	1003	1005	α -Phellandrene	$C_{10}H_{16}$	0,32
5	9,021	1010	1011	3-Carene	$C_{10}H_{16}$	0,24
6	9,753	1030	1031	β -Phellandrene	$C_{10}H_{16}$	5,49
7	12,202	1088	1088	α - Terpinolen	$C_{10}H_{16}$	0,13

8	12,74	1099	1099	β -Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	4,03
9	13,267	1112	1117	2-Methoxy-1,7,7-trimethylbicyclo[2,2.1]heptane	C ₁₁ H ₂₀ O	0,14
10	14,6	1144	1145	Camphor	C ₁₀ H ₁₆ O	0,13
11	15,052	1154	1153	β -Citronellal	C ₁₀ H ₁₈ O	0,1
12	15,556	1166	1167	endo-Borneol	C ₁₀ H ₁₈ O	8,81
13	16,071	1177	1177	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,18
14	16,666	1189	1189	α -Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,19
15	16,9	1193	1193	Myrtenal	C ₁₀ H ₁₄ O	0,26
16	18,417	1229	1228	β -Citronellol	C ₁₀ H ₂₀ O	0,24
17	18,966	1242	1240	β -Citral	C ₁₀ H ₁₆ O	2,67
18	19,841	1262	1263	2(<i>E</i>)-Decenal	C ₁₀ H ₁₈ O	0,13
19	20,305	1272	1270	α -Citral	C ₁₀ H ₁₆ O	8,78
20	20,906	1285	1285	Bornyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0,42
21	25,174	1384	1382	Geranyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0,91
22	25,438	1389	1391	β -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	0,35
23	26,53	1416	1419	β -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,98
24	27,16	1432	1433	γ -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	1,74
25	27,921	1451	1454	α -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,66
26	28,156	1457	1457	(<i>E</i>)- β -Famesene	C ₁₅ H ₂₄	0,31
27	29,054	1478	1481	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	0,87
28	29,197	1481	1483	α -Curcumene	C ₁₅ H ₂₂	4,83
29	29,54	1489	1486	β -Eudesmene	C ₁₅ H ₂₄	0,58
30	29,786	1495	1495	α -Zingiberene	C ₁₅ H ₂₄	27,3
31	30,25	1507	1509	β -Bisabolene	C ₁₅ H ₂₄	4,45
32	30,358	1510	1514	β -Curcumene	C ₁₅ H ₂₄	0,25
33	30,524	1514	1517	7-epi- α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	0,32
34	30,856	1523	1524	β -Sesquiphellandrene	C ₁₅ H ₂₄	6,55
35	31,131	1530	1533	(<i>E</i>)- γ -Bisabolene	C ₁₅ H ₂₄	0,16
36	31,772	1547	1549	Elemol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,13
37	32,973	1578	1583	ar-Turmerol	C ₁₅ H ₂₂ O	0,78
38	34,272	1611	1616	Zingiberenol	C ₁₅ H ₂₆ O	1,21

39	34,713	1624	1631	γ -Eudesmole	C ₁₅ H ₂₆ O	1,11
40	35,571	1647	1649	β -Eudesmol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,86
41	37,025	1686	1688	Cedr-8-en-13-ol	C ₁₅ H ₂₄ O	1,1
				Tổng số xác định (%)		92,1 5

Dựa vào kết quả TPHH ở bảng 3.2 cho thấy kết quả phân tích GC-MS của tinh dầu *Zingiber acuminatum* đã xác định được 41 hợp chất, chiếm 92,15% tổng thành phần tinh dầu. Các hợp chất chủ yếu thuộc các nhóm monoterpene hydrocarbon, oxygenated monoterpene, sesquiterpene hydrocarbon và oxygenated sesquiterpene. Kết quả này phù hợp với đặc điểm hóa học điển hình của tinh dầu họ Zingiberaceae đã được công bố trong nhiều nghiên cứu trước đây [43,60]. Trong tinh dầu nghiên cứu, α -Zingiberene là hợp chất chiếm hàm lượng cao nhất với 27,3%. Đây là sesquiterpene hydrocarbon đặc trưng của tinh dầu gừng, đóng vai trò quyết định mùi thơm cay đặc trưng của thân rễ [43]. Bên cạnh đó, một số sesquiterpene hydrocarbon quan trọng khác cũng có hàm lượng đáng kể gồm: β -sesquiphellandrene (6,55%), β -phellandrene (5,49%), α -curcumene (4,83%) và β -bisabolene (4,45%). Nhóm oxygenated monoterpene chiếm tỷ lệ tương đối cao với các hợp chất chính là endo-borneol (8,81%), α -citral (8,78%), β -linalool (4,03%) và β -citral (2,67%). Ngoài ra, tinh dầu còn chứa một số hợp chất monoterpene khác như camphene (3,58%), camphor (0,13%), terpinen-4-ol (0,18%) và α -terpineol (0,19%). Nhóm oxygenated sesquiterpene được ghi nhận với hàm lượng nhỏ hơn, gồm *Zingiberenol* (1,21%), γ -eudesmol (1,11%), β -eudesmol (0,86%) và ar-turmerol (0,78%). Chỉ số lưu giữ thực nghiệm (RI) của các hợp chất có sự phù hợp tốt với chỉ số lưu giữ tham khảo trong thư viện dữ liệu, chứng tỏ việc định danh hợp chất đạt độ tin cậy cao [47].

So sánh với các nghiên cứu trước đây cho thấy thành phần hóa học của tinh dầu *Zingiber acuminatum* Valetton trong nghiên cứu này có sự tương đồng cao về mặt định tính, đặc biệt là sự ưu thế của α -Zingiberene, β -sesquiphellandrene, α -curcumene và β -bisabolene. Tuy nhiên, hàm lượng cụ thể của từng hợp chất có sự khác biệt, có thể do ảnh hưởng của điều kiện sinh thái, vùng phân bố, thời điểm thu hái và phương pháp chiết xuất [60]. Kết quả nghiên cứu đã bổ sung dữ liệu về thành phần hóa học của tinh dầu Gừng nhọn tại khu vực Bình Thuận. Hoạt tính sinh học nổi bật của các hợp chất chính. Các hợp chất chủ yếu trong tinh dầu *Zingiber acuminatum* Valetton được ghi nhận có nhiều hoạt tính sinh học quan trọng:

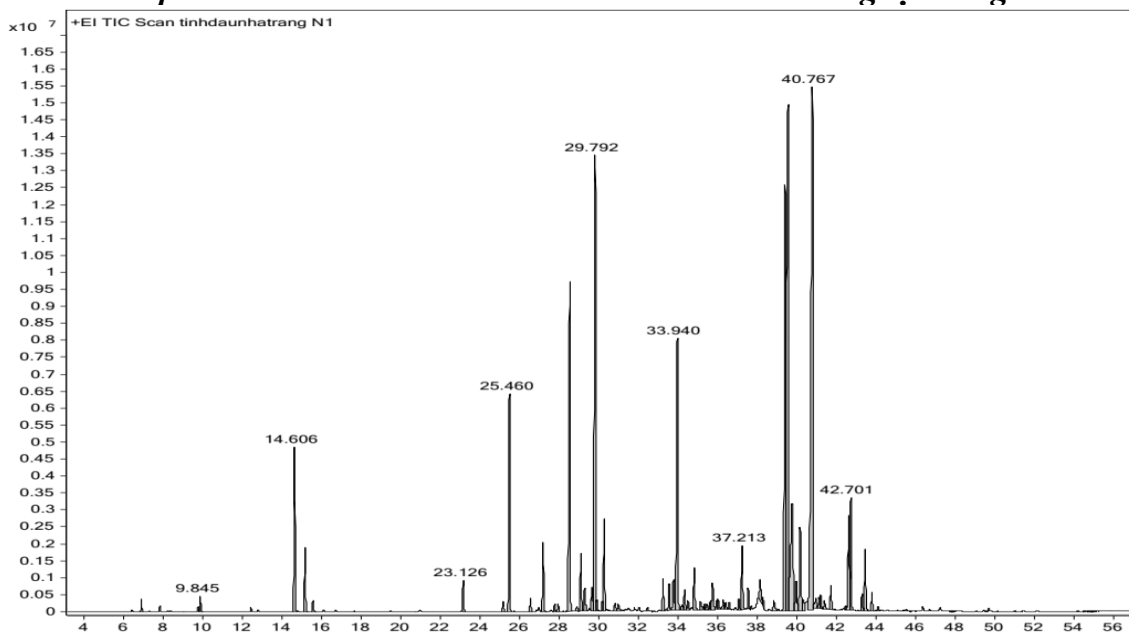
Hợp chất α -Zingiberene là sesquiterpene chiếm tỷ lệ cao nhất. Hợp chất này có hoạt tính gây độc tế bào đối với nhiều dòng tế bào ung thư (HeLa, U-87, SiHa và HL60). Nghiên cứu trước đây cho thấy α -Zingiberene tinh khiết có giá trị IC₅₀ cao

hơn so với tinh dầu thô, các thành phần khác trong tinh dầu góp phần tăng cường hiệu quả sinh học [63].

Hợp chất endo-Borneol là một monoterpene bão hòa khung bicyclic. Hợp chất này có hoạt tính kháng khuẩn, kháng nấm, chống viêm, chống oxy hóa và tiềm năng chống ung thư. Mặc dù hàm lượng không phải là cao nhất, endo-borneol vẫn góp phần quan trọng vào hoạt tính sinh học tổng thể của tinh dầu. Hợp chất α -Citral (geranial) và β -Citral (neral) là hai đồng phân của citral thuộc nhóm oxygenated monoterpene. Citral có khả năng gây chết tế bào theo chương trình (apoptosis) ở nhiều dòng tế bào ung thư (MCF-7, HepG2, A375) thông qua việc điều hòa protein Bax/Bcl-2 và kích hoạt caspase-3. Ngoài ra, citral còn có hoạt tính kháng nấm, kháng viêm và chống oxy hóa mạnh [63]. Hợp chất β -Sesquiphellandrene là Sesquiterpene hydrocarbon có hoạt tính kháng khuẩn, kháng nấm, chống oxy hóa và chống ung thư [63]. Hợp chất β -Citronellol là monoterpeneoid rượu có hoạt tính kháng khuẩn, kháng virus (ức chế enzyme sao chép ngược của HIV-1), chống côn trùng (đặc biệt xua đuổi muỗi), và ức chế co thắt cơ trơn khí quản [63]. Sự có mặt đồng thời của nhiều hợp chất thuộc nhóm sesquiterpene và oxygenated monoterpene cho thấy hoạt tính sinh học của tinh dầu gừng không chỉ phụ thuộc vào một hợp chất riêng lẻ mà còn nhờ hiệu ứng hiệp đồng giữa các cấu tử. Những kết quả này là cơ sở khoa học quan trọng định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo về hoạt tính diệt ấu trùng muỗi, kháng khuẩn, chống oxy hóa và phát triển chế phẩm sinh học nguồn gốc thực vật.

3.2.2. Kết quả TPHH tinh dầu *Curuma romatica* Salisb – Nghệ Trắng

3.2.2.1. Kết quả TPHH tinh dầu *Curuma romatica* Salisb – Nghệ Trắng N1



Hình 3.2. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ Nghệ trắng N1

Bảng 3.3. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Nghệ trắng N1

STT	Thời gian lưu (phút)	Chỉ số lưu giữ thực nghiệm	Chỉ số lưu giữ tham khảo	Tên hợp chất	Công thức	Hàm lượng %
1	6,869	950	952	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	0,16
2	9,845	1032	1032	1,8-Cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	0,21
3	14,606	1144	1143	2-Bornanone	C ₁₀ H ₁₆ O	2,66
4	15,138	1156	1157	Isoborneol	C ₁₀ H ₁₈ O	1,02
5	15,538	1165	1167	endo-Borneol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,18
6	23,126	1337	1338	δ -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	0,49
7	25,46	1390	1391	β -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	3,75
8	26,525	1416	1419	β -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,22
9	27,154	1432	1433	γ -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	1,18
10	27,921	1451	1454	α -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,14
11	28,51	1465	1464	(E)-Ethyl cinnamate	C ₁₁ H ₁₂ O ₂	7,3
12	28,859	1473	1476	β -Chamigrene	C ₁₅ H ₂₄	0,1
13	29,071	1478	1481	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	0,99
14	29,26	1483	1486	β -Eudesmene	C ₁₅ H ₂₄	0,5
15	29,62	1491	1494	α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	0,42
16	29,792	1495	1498	Curzerene	C ₁₅ H ₂₀ O	9,97
17	30,25	1507	1508	α -Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	1,61
18	30,793	1521	1524	δ -Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	0,19
19	33,219	1584	1585	Epiglobulol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,58
20	33,523	1591	1591	Viridiflorol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,55
21	33,74	1597	1593	cis- β -Elemenone	C ₁₅ H ₂₂ O	0,69
22	33,94	1602	1597	trans- β -Elemenone	C ₁₅ H ₂₂ O	5,53
23	34,312	1612	1614	Di-epi-1,10-cubenol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,41
24	34,799	1626	1624	Farnesene epoxide, E-	C ₁₅ H ₂₄ O	0,82
25	35,108	1635	1638	Isospathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	0,2
26	35,314	1640	1640	tau.-Cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,16
27	35,72	1651	1653	α -Eudesmol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,62
28	36,012	1659	1660	Pogostole	C ₁₅ H ₂₆ O	0,18
29	36,263	1666	1667	Intermedeol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,21
30	37,042	1686	1688	Cedr-8-en-13-ol	C ₁₅ H ₂₄ O	0,22
31	37,213	1691	1693	Germacrone	C ₁₅ H ₂₂ O	1,16
32	39,388	1753	-	Unknown compound 1	-	9,54
33	39,531	1757	1765	Ethyl p-methoxycinnamate	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	14,25

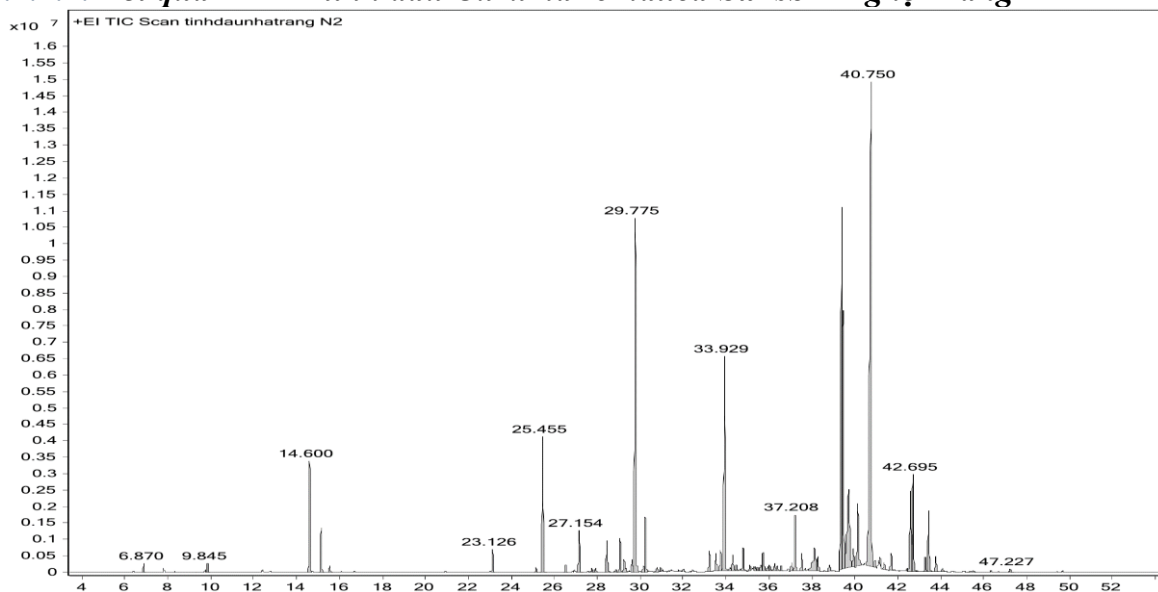
34	39,731	1763	-	Unknown compound 2	-	4,49
35	40,137	1774	-	Unknown compound 3	-	1,9
36	40,767	1792	-	Unknown compound 4	-	15,54
37	42,592	1847	-	Unknown compound 5	-	1,93
38	42,701	1851	-	Unknown compound 6	-	2,02
39	43,427	1873	-	Unknown compound 7	-	1,15
				TOTAL (%)		93,24

Dựa vào kết quả TPHH từ bảng 3.3 cho thấy tinh dầu củ Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N1 có 39 hợp chất, trong đó hợp chất chính là: ‘Ethyl p-methoxycinnamate (14,25%), Curzerene (9,97%), (*E*)-Ethyl cinnamate (7,3%), trans- β -Elemenone (5,53%), Germacrone (1,16%), 2-Bornanone (2,66%), Isoborneol (1,02%), β -Elemene (3,75%), γ -Elemene (1,18%), α -Farnesene (1,61%), và một số hợp chất chưa xác định nhưng % chiếm trong thành phần tương đối cao (Unknown compound 1-7)’. Kết quả phân tích GC-MS của tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N1 đã xác định được 39 hợp chất, chiếm 93,24% tổng thành phần tinh dầu. Thành phần hóa học chủ yếu thuộc các nhóm oxygenated monoterpene, sesquiterpene hydrocarbon, oxygenated sesquiterpene và dẫn xuất phenylpropanoid. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về thành phần hóa học của các loài thuộc chi *Curcuma*, trong đó tinh dầu thường giàu sesquiterpene và các dẫn xuất cinnamate có hoạt tính sinh học cao [37]. Hợp chất chiếm hàm lượng cao nhất trong nghiên cứu này là Ethyl p-methoxycinnamate (14,25%). Đây là hợp chất thuộc nhóm phenylpropanoid, được xem là cấu tử đặc trưng trong nhiều loài thuộc họ Zingiberaceae, đặc biệt là các loài chi *Kaempferia* và *Curcuma* [54]. Hợp chất này có nhiều hoạt tính sinh học quan trọng như kháng khuẩn, chống viêm, chống oxy hóa và kháng côn trùng [44]. Tiếp theo là Curzerene (9,97%) — một oxygenated sesquiterpene thường gặp trong các loài *Curcuma*. Curzerene có vai trò quan trọng trong hoạt tính chống oxy hóa và gây độc đối với côn trùng [37]. Hợp chất (*E*)-Ethyl cinnamate cũng chiếm tỷ lệ đáng kể (7,3%), góp phần tạo mùi thơm đặc trưng và tăng cường khả năng kháng vi sinh vật cũng như xua đuổi côn trùng [61]. Sự hiện diện đồng thời của Ethyl p-methoxycinnamate và (*E*)-Ethyl cinnamate cho thấy tinh dầu Nghệ trắng giàu các hợp chất thơm thuộc nhóm phenylpropanoid.

Các oxygenated sesquiterpene quan trọng khác gồm trans- β -Elemenone (5,53%), Germacrone (1,16%), Farnesene epoxide (0,82%) và Viridiflorol (0,55%).

Nhóm sesquiterpene hydrocarbon gồm β -Elemene (3,75%), γ -Elemene (1,18%), α -Farnesene (1,61%) và Germacrene D (0,99%). Theo Sharifi-Rad et al. (2017) [60] và các hợp chất thuộc hai nhóm này có hoạt tính chống oxy hóa, kháng khuẩn, kháng nấm và gây độc thần kinh trên côn trùng, trong đó Germacrene có khả năng gây rối loạn hoạt động thần kinh và ức chế sự phát triển của côn trùng[55]. Nhóm oxygenated monoterpene gồm 2-Bornanone (2,66%), Isoborneol (1,02%), endo-Borneol (0,18%) và 1,8-Cineole (0,21%), góp phần tạo mùi thơm đặc trưng và tăng cường hoạt tính kháng khuẩn của tinh dầu. Borneol và cineole còn có khả năng tác động lên hệ thần kinh côn trùng và làm tăng tính thấm sinh học của các hợp chất khác [44]. Tuy nhiên, nghiên cứu ghi nhận sự xuất hiện của một số hợp chất chưa được định danh (Unknown compound 1–7) với hàm lượng tương đối cao, đặc biệt Unknown compound 4 chiếm 15,54% và Unknown compound 1 chiếm 9,54%. Hiện tượng này thường gặp khi nghiên cứu tinh dầu thực vật nhiệt đới do thành phần hóa học phức tạp và sự tồn tại của các chemotype đặc hữu[47]. So sánh với các nghiên cứu trước đây cho thấy thành phần hóa học của tinh dầu *Curcuma aromatica* có sự tương đồng về mặt định tính, nhưng hàm lượng các hợp chất chính có sự khác biệt. Sự sai khác này có thể liên quan đến môi trường sinh sống, điều kiện sinh thái và phương pháp chưng cất [37]. Nhìn chung, tinh dầu *Curcuma aromatica* là nguồn nguyên liệu giàu các hợp chất phenylpropanoid và sesquiterpene có hoạt tính sinh học cao. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học quan trọng để định hướng các nghiên cứu tiếp theo về hoạt tính diệt ấu trùng muỗi, kháng khuẩn, chống oxy hóa và phát triển chế phẩm sinh học nguồn gốc thực vật.

3.2.2.2. Kết quả TPHH tinh dầu *Curcuma aromatica* Salisb – Nghệ Trắng N2



Hình 3.3. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ Nghệ trắng N2

Bảng 3.4. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Nghệ trắng N2

STT	Thời gian lưu (phút)	Chỉ số lưu giữ thực nghiệm	Chỉ số lưu giữ tham khảo	Tên hợp chất	Công thức	Hàm lượng %
1	6,87	950	852	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	0,17
2	9,845	1032	1032	1,8-Cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	0,2
3	14,6	1144	1143	2-Bornanone	C ₁₀ H ₁₆ O	2,84
4	15,13 2	1156	1157	Isoborneol	C ₁₀ H ₁₈ O	1,1
5	15,53 8	1165	1166	Borneol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,16
6	23,12 6	1337	1338	δ -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	0,57
7	25,14 6	1383	1285	Bornyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0,12
8	25,45 5	1390	1391	β -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	3,62
9	26,53	1416	1419	β -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,19
10	27,15 4	1432	1433	γ -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	1,1
11	27,74 9	1447	1443	Guaia-6,9-diene	C ₁₅ H ₂₄	0,09
12	27,92 1	1451	1454	α -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,13
13	28,44 2	1463	1463	(<i>E</i>)-Ethyl cinnamate	C ₁₁ H ₁₂ O ₂	0,84
14	29,05 7	1478	1476	β -Chamigrene	C ₁₅ H ₂₄	0,94
15	29,24 8	1483	1481	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	0,46
16	29,61 5	1491	1494	α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	0,34
17	29,77 5	1495	1498	Curzerene	C ₁₅ H ₂₀ O	11,51

18	30,23 8	1506	1508	α -Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	1,46
19	30,79 3	1521	1524	δ -Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	0,17
20	33,22	1584	1583	Globulol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,59
21	33,52 9	1591	1591	Viridiflorol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,52
22	33,92 9	1601	1597	β -Elemenone	C ₁₅ H ₂₂ O	6,55
23	34,30 7	1612	1614	Di-epi-1,10- cubenol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,46
24	34,78 7	1626	1624	Farnesene epoxide, E-	C ₁₅ H ₂₄ O	0,69
25	35,10 2	1634	1636	Selin-6-en-4 α -ol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,2
26	35,32 5	1641	1640	tau.-Cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,14
27	35,71 4	1651	1653	α -Eudesmol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,67
28	36,01 8	1659	1660	Pogostole	C ₁₅ H ₂₆ O	0,19
29	36,25 8	1666	1666	Ylangenol	C ₁₅ H ₂₄ O	0,26
30	37,04 2	1686	1688	Cedr-8-en-13-ol	C ₁₅ H ₂₄ O	0,23
31	37,20 8	1691	1693	(<i>E,E</i>)-Germacrone	C ₁₅ H ₂₂ O	1,63
32	37,511	1699	1700	α -trans- Bergamotenol	C ₁₅ H ₂₄ O	0,46
33	38,118	1716	1715	β -Santalol	C ₁₅ H ₂₄ O	1,52
34	39,38 2	1753	-	Unknown compound 1	-	11,83
35	39,43 9	1755	-	Unknown compound 2	-	6,09
36	39,69 7	1762	-	Unknown compound 3	-	4,93

37	39,92	1768	-	Unknown compound 4	-	0,52
38	40,12 6	1774	-	Unknown compound 5	-	2,01
39	40,75	1791	1792	Methyl isocostate	C ₁₆ H ₂₄ O ₂	22,36
40	42,58 4	1847	-	Unknown compound 6	-	2,58
41	42,69 5	1850	-	Unknown compound 7	-	2,76
42	43,42 8	1873	-	Unknown compound 8	-	1,8
				TOTAL (%)		95

Dựa vào kết quả TPHH từ bảng 3.4 cho thấy tinh dầu củ Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N2 có 42 hợp chất, trong đó hợp chất chính là: Methyl isocostate(22,36%), Curzerene(11,51%), β -Elemenone(6,55%), β -Elemene (3,62%), 2-Bornanone(2,84%), (*E,E*)-Germacrone (1,63%), β -Santalol (1,52%), α -Farnesene(1,46%), Isoborneol (1,1%), γ -Elemene(1,1%), một số chất khác: δ -Elemene, β -Caryophyllene, α -Caryophyllene, Germacrene D, Curzerene, δ -Cadinene, Selin-6-en-4 α -ol, α -Eudesmol, tau.-Cadinol, Globulol, Viridiflorol, Di-epi-1,10-cubenol, Pogostole, Ylangenol, Cedr-8-en-13-ol, (*E,E*)-Germacrone, α -trans-Bergamotenol, β -Santalol và Farnesene epoxide (*E*-); cùng với các hợp chất khác như (*E*)-Ethyl cinnamate, Methyl isocostate, β -Chamigrene và một số hợp chất chưa xác định (Unknown compounds 1–8).

Kết quả phân tích GC-MS của tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* mẫu N2 cho thấy đã xác định được 42 hợp chất, chiếm 95% tổng thành phần tinh dầu. Thành phần hóa học của tinh dầu chủ yếu gồm sesquiterpene hydrocarbon, oxygenated sesquiterpene, monoterpene oxygen hóa, các dẫn xuất ester và phenylpropanoid. Kết quả này phù hợp với đặc điểm hóa học chung của các loài thuộc chi *Curcuma*, trong đó thành phần tinh dầu thường giàu các hợp chất sesquiterpene oxy hóa có hoạt tính sinh học cao[37].

Trong mẫu nghiên cứu N2, hợp chất chiếm hàm lượng cao nhất là Methyl isocostate (22,36%). Đây là hợp chất thuộc nhóm oxygenated sesquiterpene ester, được ghi nhận có hoạt tính sinh học đáng chú ý như: kháng khuẩn, chống oxy hóa, kháng viêm, kháng côn trùng [60]. Hàm lượng Methyl isocostate cao cho thấy mẫu N2 có đặc điểm chemotype khác biệt so với nhiều nghiên cứu trước đây về tinh dầu

Nghệ trắng. Sự khác biệt về chemotype là hiện tượng phổ biến ở thực vật tinh dầu và phụ thuộc nhiều vào yếu tố sinh thái cũng như di truyền[47].

Curzerene là hợp chất chiếm hàm lượng cao thứ hai với 11,51%. Đây là oxygenated sesquiterpene đặc trưng của nhiều loài *Curcuma* và được chứng minh có hoạt tính chống oxy hóa và gây độc đối với côn trùng [37]. Hàm lượng Curzerene cao cho thấy tinh dầu Nghệ trắng có tiềm năng ứng dụng trong nghiên cứu chế phẩm sinh học phòng chống côn trùng. Ngoài ra, β -Elemenone chiếm 6,55% tổng thành phần tinh dầu. Theo Isman (2020) [55], các hợp chất sesquiterpene ketone như elemenone có khả năng tác động lên hệ thần kinh côn trùng và làm rối loạn quá trình phát triển của ấu trùng muỗi. Đây có thể là một trong những hợp chất góp phần vào hoạt tính diệt ấu trùng của tinh dầu Nghệ trắng.

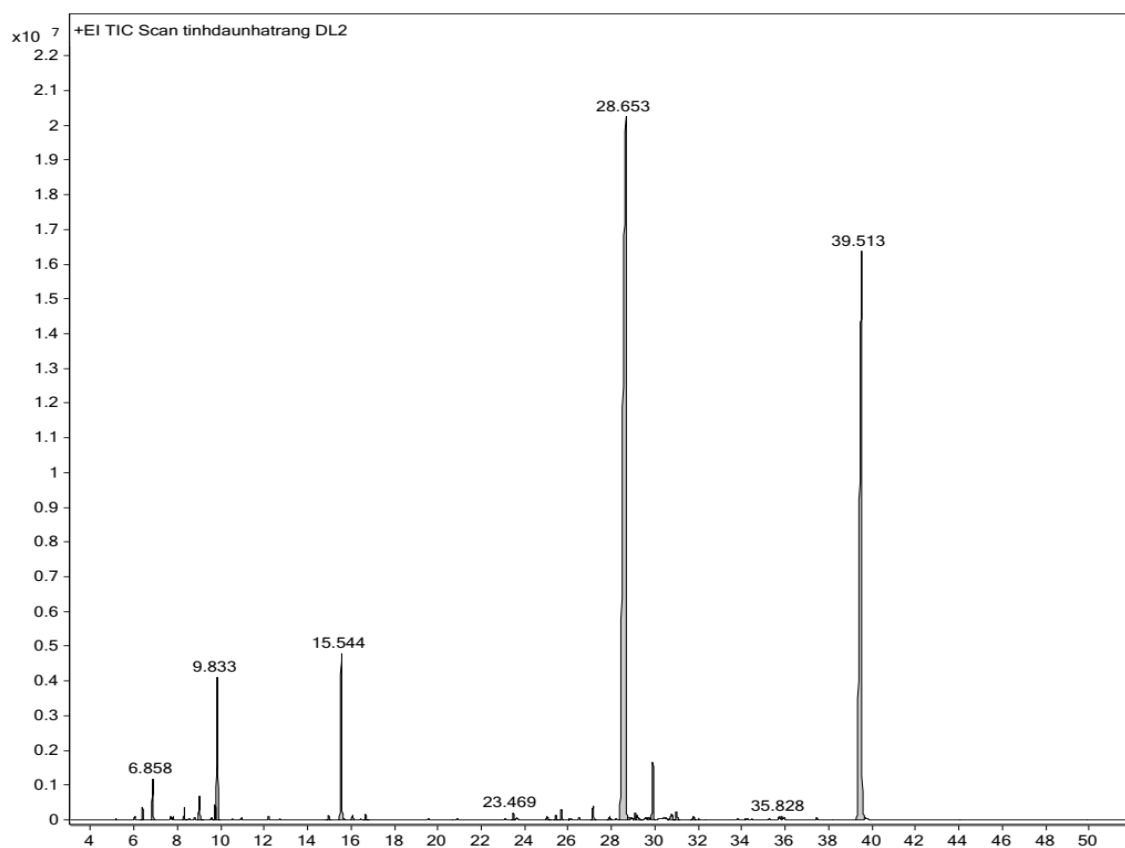
Một số sesquiterpene hydrocarbon quan trọng khác cũng được xác định gồm: β -Elemene (3,62%), γ -Elemene (1,10%), α -Farnesene (1,46%), β -Chamigrene (0,94%). Các hợp chất này đã được ghi nhận có khả năng: xua đuổi côn trùng, kháng vi sinh vật, hỗ trợ hoạt tính larvicidal của tinh dầu thực vật (Pavela, 2015) [44]. Nhóm monoterpene oxygen hóa trong tinh dầu mẫu N2 gồm: 2-Bornanone (2,84%), Isoborneol (1,10%), Borneol (0,16%), 1,8-Cineole (0,20%). Theo Sharifi-Rad và cộng sự (2017) [60], borneol và cineole có hoạt tính kháng khuẩn và chống viêm mạnh, đồng thời góp phần làm tăng khả năng thẩm thấu sinh học của các hợp chất khác trong tinh dầu. Đáng chú ý, hợp chất β -Santalol được ghi nhận với hàm lượng 1,52%. Đây là alcohol sesquiterpene có mùi thơm đặc trưng và hoạt tính kháng khuẩn tốt [61].

Bên cạnh đó, Germacrone chiếm 1,63%, là hợp chất thường gặp trong các loài thuộc chi *Curcuma* và có hoạt tính sinh học đáng kể đối với côn trùng và vi sinh vật [37]. Kết quả phân tích cũng ghi nhận sự hiện diện của nhiều hợp chất chưa xác định (Unknown compound 1–8), trong đó: Unknown compound 1 chiếm 11,83%, Unknown compound 2 chiếm 6,09%, Unknown compound 3 chiếm 4,93%. Điều này cho thấy tinh dầu Nghệ trắng mẫu N2 có thành phần hóa học khá phức tạp và có thể chứa các hợp chất đặc hữu chưa được định danh trong thư viện phổ khối GC-MS. Hiện tượng này thường gặp trong nghiên cứu tinh dầu thực vật nhiệt đới do sự đa dạng hóa học cao của các hợp chất terpenoid[47].

So sánh giữa mẫu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N1 và N2 cho thấy thành phần hóa học có sự khác biệt đáng kể, đặc biệt ở hàm lượng: Methyl isocostate, Curzerene, β -Elemenone, Ethyl p-methoxycinnamate. Sự khác biệt này có thể liên quan đến điều kiện sinh thái, thời điểm thu hái, độ tuổi thực vật và đặc biệt là sự tồn tại của các chemotype khác nhau trong cùng loài [60].

Nhìn chung, tinh dầu *Curcuma aromatica* mẫu N2 là nguồn nguyên liệu giàu oxygenated sesquiterpene và các hợp chất thơm có hoạt tính sinh học cao. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc định hướng nghiên cứu: hoạt tính diệt ấu trùng muỗi, kháng khuẩn, chống oxy hóa, phát triển chế phẩm sinh học nguồn gốc thực vật.

3.2.3. Kết quả TPHH tinh dầu *Kaempferia galanga* L – Địa Liên



Hình 3.4. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ Địa liên

Bảng 3.5. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Địa liên

STT	Thời gian lưu (phút)	Chỉ số lưu giữ thực nghiệm	Chỉ số lưu giữ tham khảo	Tên hợp chất	Công thức	Hàm lượng %
1	6,388	935	937	α -Pinene	$C_{10}H_{16}$	0,24
2	6,858	950	952	Camphene	$C_{10}H_{16}$	0,8
3	8,311	990	991	β -Myrcene	$C_{10}H_{16}$	0,25
4	9,009	1009	1011	3-Carene	$C_{10}H_{16}$	0,51
5	9,73	1029	1027	Sylvestrene	$C_{10}H_{16}$	0,32
6	9,833	1032	1032	1,8-Cineole	$C_{10}H_{18}O$	3,21
7	14,954	1152	1156	<i>p</i> -Methoxystyrene	$C_9H_{10}O$	0,12

8	15,544	1165	1167	<i>endo</i> -Borneol	C ₁₀ H ₁₈ O	4,52
9	16,064	1176	1177	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,13
10	16,665	1189	1189	α -Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,14
11	25,025	1380	1380	Methyl cinnamylate	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	0,1
12	25,431	1389	1391	β -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	0,12
13	25,683	1395	1399	Cyperene	C ₁₅ H ₂₄	0,29
14	27,148	1432	1433	γ -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	0,37
15	27,915	1451	1454	α -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,11
16	28,653	1468	1464	(<i>E</i>)-Ethyl cinnamate	C ₁₁ H ₁₂ O ₂	53,23
17	29,179	1481	1481	γ -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	0,15
18	29,9	1498	1500	<i>n</i> -Pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	1,52
19	30,77	1521	1524	δ -Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	0,25
20	31,771	1547	1549	Elemol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,1
21	39,513	1757	1765	(<i>E</i>)-Ethyl-p-methoxycinnamate	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	32,64
				TOTAL (%)		99,12

Dựa vào kết quả TPHH bảng 3.5 cho thấy tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga* cho thấy đã xác định được 21 hợp chất, chiếm 99,12% tổng thành phần tinh dầu. Thành phần hóa học của tinh dầu chủ yếu thuộc các nhóm: monoterpene hydrocarbon, monoterpene oxygen hóa, sesquiterpene hydrocarbon, dẫn xuất phenylpropanoid. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về tinh dầu *Kaempferia galanga*, trong đó các hợp chất cinnamate thường chiếm ưu thế trong thành phần tinh dầu [54].

Hợp chất chiếm hàm lượng cao nhất là (*E*)-Ethyl cinnamate với 53,23%. Đây là dẫn xuất phenylpropanoid có mùi thơm đặc trưng và được xem là một trong những cấu tử đặc trưng quan trọng của tinh dầu *Kaempferia galanga* [53]. Hàm lượng rất cao của (*E*)-Ethyl cinnamate cho thấy mẫu tinh dầu nghiên cứu thuộc chemotype giàu cinnamate.

Ngoài ra, hợp chất (*E*)-Ethyl-p-methoxycinnamate chiếm 32,64%, là cấu tử chính thứ hai trong tinh dầu. Ethyl-p-methoxycinnamate là hợp chất có nhiều hoạt tính sinh học quan trọng như: kháng khuẩn, chống viêm, chống oxy hóa, gây độc đối với côn trùng[54]. Sự hiện diện đồng thời của hai hợp chất cinnamate với hàm lượng rất cao cho thấy tinh dầu Địa liền có đặc tính hóa học khác biệt so với nhiều loài khác trong họ Zingiberaceae.

Tổng hàm lượng của hai hợp chất: (*E*)-Ethyl cinnamate, (*E*)-Ethyl-*p*-methoxycinnamate chiếm tới 85,87% tổng thành phần tinh dầu. Điều này cho thấy tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga* có thành phần hóa học tương đối đơn giản nhưng tập trung mạnh vào nhóm phenylpropanoid. Các hợp chất phenylpropanoid thường có khả năng xua đuổi côn trùng, gây độc thần kinh đối với ấu trùng muỗi, ức chế hoạt động enzyme acetylcholinesterase[61].

Do đó, đây có thể là nhóm hợp chất đóng vai trò chính trong hoạt tính diệt ấu trùng muỗi của tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga*. Bên cạnh các dẫn xuất cinnamate, tinh dầu còn chứa một số monoterpene oxygen hóa như: endo-Borneol (4,52%), 1,8-Cineole (3,21%), Terpinen-4-ol (0,13%), α -Terpineol (0,14%). Các monoterpene oxygen hóa có hoạt tính: kháng khuẩn, chống oxy hóa, chống viêm, hỗ trợ hoạt tính kháng côn trùng[60]. Trong đó, 1,8-Cineole được ghi nhận có khả năng gây độc đối với ấu trùng *Aedes aegypti* nhờ tác động lên hệ thần kinh côn trùng [44]. Ngoài ra, tinh dầu còn chứa một lượng nhỏ sesquiterpene hydrocarbon như: β -Elemene, γ -Elemene, Cyperene, δ -Cadinene, α -Caryophyllene. Mặc dù hàm lượng không cao, các hợp chất này có thể góp phần tạo nên hiệu ứng hiệp đồng làm tăng hoạt tính sinh học của tinh dầu [55].

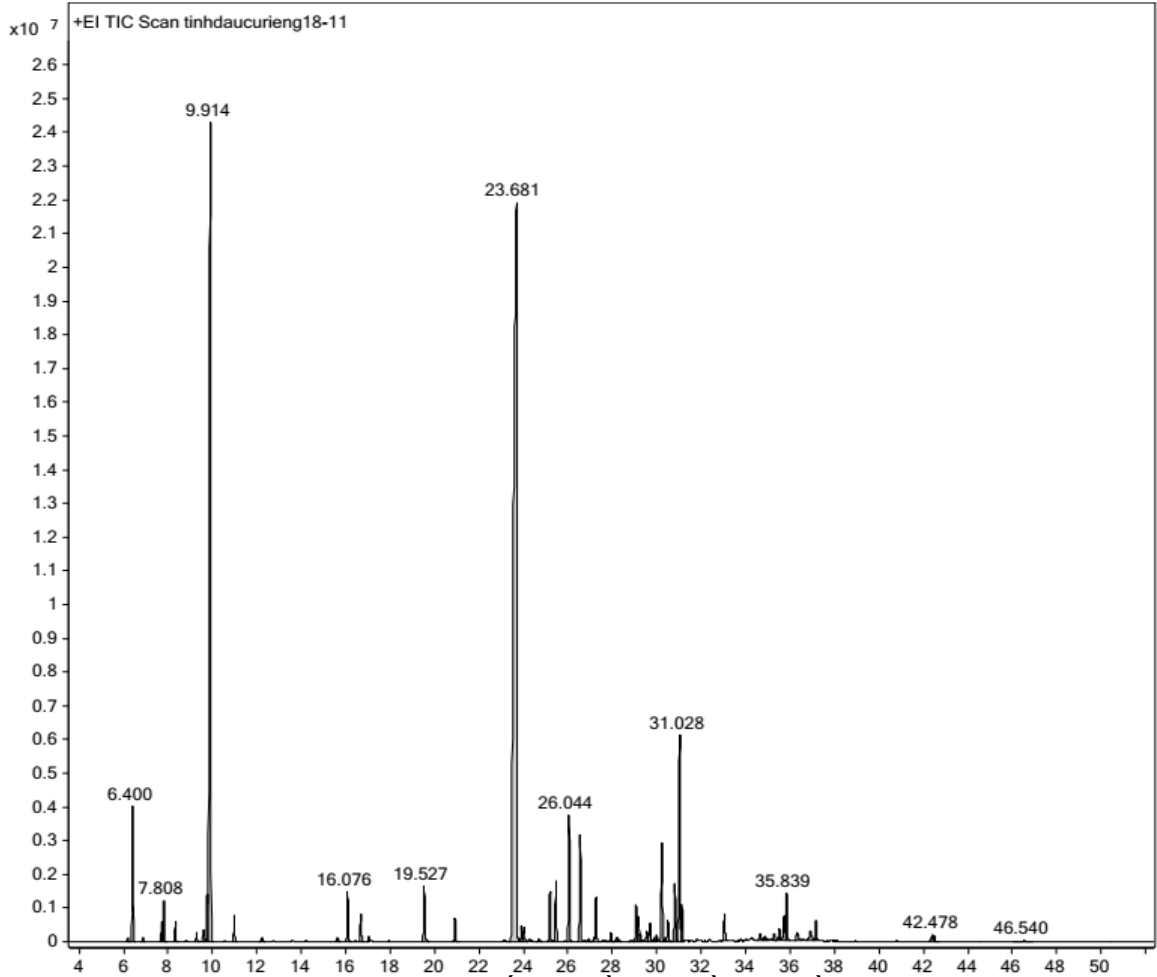
Đáng chú ý, tổng hàm lượng các hợp chất đã định danh đạt 99,12%, cho thấy việc phân tích GC-MS có độ tin cậy cao và thành phần tinh dầu đã được xác định gần như hoàn toàn. Chỉ số lưu giữ thực nghiệm (RI exp.) của các hợp chất tương đối phù hợp với chỉ số lưu giữ tham khảo (RI lit.), chứng tỏ việc định danh hợp chất có độ chính xác cao [47].

So sánh với các nghiên cứu trước đây cho thấy thành phần hóa học của tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga* có thể thay đổi tùy thuộc: nguồn gốc địa lý, điều kiện khí hậu, độ tuổi cây, thời điểm thu hái, phương pháp chưng cất [54].

Tuy nhiên, sự ưu thế của Ethyl cinnamate và Ethyl-*p*-methoxycinnamate vẫn được xem là đặc điểm hóa học điển hình của tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga*. Nhìn chung, kết quả phân tích cho thấy tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga* là nguồn nguyên liệu giàu hợp chất phenylpropanoid có hoạt tính sinh học mạnh. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc định hướng nghiên cứu hoạt tính diệt ấu trùng muỗi, kháng khuẩn, chống oxy hóa, phát triển chế phẩm sinh học nguồn gốc thực vật.

3.2.4. Kết quả TPHH tinh dầu *Alpinia galanga* – Riềng nếp

3.2.4.1. Kết quả TPHH tinh dầu *Alpinia galanga* – Riềng nếp thu ngày 18 – 11



Hình 3.5. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ riềng 18-11

Bảng 3.6. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Riềng nếp ngày 18-11

ST T	Thời gian lưu (phút)	Chỉ số lưu giữ thực nghiệm	Chỉ số lưu giữ tham khảo	Tên hợp chất	Công thức	Hàm lượng g %
1	6,194	929	929	α -Thujene	C ₁₀ H ₁₆	0,06
2	6,4	936	937	α -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	2,02
3	6,875	951	952	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	0,06
4	7,705	975	974	Sabinene	C ₁₀ H ₁₆	0,28
5	7,808	977	979	β -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	0,67
6	8,329	991	991	β -Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	0,3
7	9,284	1017	1017	α -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	0,17

8	9,599	1026	1025	<i>p</i> -Cymene	C ₁₀ H ₁₄	0,23
9	9,765	1030	1030	α -Limonene	C ₁₀ H ₁₆	1,02
10	9,914	1034	1032	1,8-Cineol	C ₁₀ H ₁₈ O	23,91
11	10,97 2	1060	1060	γ -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	0,44
12	12,21 4	1088	1088	Terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	0,08
13	16,07 6	1177	1177	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,98
14	16,67 7	1189	1189	α -Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,56
15	17,03 7	1196	1196	Estragole	C ₁₀ H ₁₂ O	0,1
16	19,52 7	1255	1255	<i>p</i> -Allylphenol	C ₉ H ₁₀ O	1,29
17	20,911	1285	1285	Bornyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O 2	0,48
18	23,68 1	1350	1351	4-Allylphenyl acetate	C ₁₁ H ₁₂ O 2	41,16
19	24,01 3	1357	1357	Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O 2	0,3
20	24,68 2	1373	1371	Carvacryl acetate	C ₁₂ H ₁₆ O 2	0,07
21	25,18 7	1384	1382	Geranyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O 2	0,99
22	25,45 5	1390	1391	β -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	1,22
23	26,04 4	1403	1402	Methyleugenol	C ₁₁ H ₁₄ O 2	2,55
24	26,54 8	1416	1419	β -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	2,29
25	27,25 7	1434	1435	trans- α -Bergamotene	C ₁₅ H ₂₄	0,94
26	27,93 2	1451	1454	α -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,2

27	29,05 9	1478	1481	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	0,78
28	30,22 7	1506	1509	β -Bisabolene	C ₁₅ H ₂₄	2,08
29	30,50 1	1514	1517	7-epi- α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	0,47
30	30,80 7	1522	1524	β -Sesquiphellandrene	C ₁₅ H ₂₄	1,25
31	31,02 8	1528	1524	Aceteugenol	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	4,82
32	31,13 1	1530	1533	(<i>E</i>)- γ -Bisabolene	C ₁₅ H ₂₄	0,8
33	33,04 2	1579	1581	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	0,65
34	35,73 1	1652	1653	α -Cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,68
35	35,83 9	1654	1655	Pogostole	C ₁₅ H ₂₆ O	1,05
36	37,16 2	1690	1700	(<i>Z</i>)- α -trans-Bergamotol	C ₁₅ H ₂₄ O	0,45
				Tổng số xác định (%)		95,4

Dựa vào kết quả TPHH bảng 3.6 cho thấy TPHH chính của tinh dầu Riêng nếp *Alpinia galanga* có nhiều hợp chất giống như các công bố trước đó [66]. Kết quả phân tích GC-MS của tinh dầu Riêng nếp *Alpinia galanga* cho thấy đã xác định được 36 hợp chất, chiếm 95,4% tổng thành phần tinh dầu. Thành phần hóa học của tinh dầu chủ yếu gồm: monoterpene hydrocarbon, monoterpene oxygen hóa, sesquiterpene hydrocarbon, dẫn xuất phenylpropanoid, oxygenated sesquiterpene. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về tinh dầu *Alpinia galanga*, trong đó các hợp chất thuộc nhóm cineole và phenylpropanoid thường chiếm ưu thế [54].

Trong nghiên cứu này, hợp chất chiếm hàm lượng cao nhất là 4-Allylphenyl acetate với 41,16%. Đây là hợp chất thuộc nhóm phenylpropanoid có mùi thơm đặc trưng và được ghi nhận có nhiều hoạt tính sinh học như: kháng khuẩn, chống oxy hóa, kháng nấm, xua đuổi côn trùng [61]. Hàm lượng rất cao của 4-Allylphenyl acetate cho thấy tinh dầu Riêng nếp nghiên cứu thuộc chemotype giàu hợp chất phenolic ester.

Hợp chất chiếm hàm lượng cao thứ hai là 1,8-Cineole với 23,91%. Đây là monoterpene oxygen hóa thường gặp trong tinh dầu các loài thuộc họ Zingiberaceae và được xem là một trong những cấu tử đặc trưng của tinh dầu Riềng nếp [54]. 1,8-Cineole có khả năng gây độc đối với ấu trùng muỗi nhờ tác động lên hệ thần kinh côn trùng và làm rối loạn quá trình hô hấp tế bào[44].

Đáng chú ý tinh dầu Riềng nếp *Alpinia galanga* còn chứa Aceteugenol với hàm lượng 4,82% và Methyleugenol đạt 2,55%. Các hợp chất này thuộc nhóm phenylpropanoid và đã được chứng minh có hoạt tính:kháng khuẩn, chống oxy hóa, kháng côn trùng mạnh [60]. Đặc biệt, Methyleugenol được ghi nhận có khả năng gây độc thần kinh và ức chế sự phát triển của nhiều loài côn trùng [55].

Nhóm sesquiterpene hydrocarbon trong tinh dầu Riềng nếp gồm: β -Caryophyllene (2,29%), β -Bisabolene (2,08%), β -Sesquiphellandrene (1,25%), β -Elemene (1,22%), trans- α -Bergamotene (0,94%), Germacrene D (0,78%). Theo Isman (2020) [55], các sesquiterpene hydrocarbon đóng vai trò quan trọng trong hoạt tính sinh học của tinh dầu thực vật, đặc biệt là khả năng:xua đuổi côn trùng, gây độc đối với ấu trùng muỗi, chống oxy hóa. Sự hiện diện đồng thời của nhiều sesquiterpene có thể tạo hiệu ứng hiệp đồng làm tăng hoạt tính larvicidal của tinh dầu. Tinh dầu cũng chứa một số monoterpene oxygen hóa như:Terpinen-4-ol (0,98%), α -Terpineol (0,56%), Bornyl acetate (0,48%). Các hợp chất này có khả năng kháng vi sinh vật và hỗ trợ tăng hiệu quả sinh học của các cấu tử chính trong tinh dầu[60].

Bên cạnh đó, sự hiện diện của Eugenol (0,3%) và p-Allylphenol (1,29%) cho thấy tinh dầu Riềng nếp giàu hợp chất phenolic. Các hợp chất phenolic này được ghi nhận có hoạt tính chống oxy hóa mạnh nhờ khả năng cho proton và trung hòa gốc tự do [44]. Nhóm oxygenated sesquiterpene được ghi nhận với:Caryophyllene oxide (0,65%), α -Cadinol (0,68%), Pogostole (1,05%), (Z)- α -trans-Bergamotol (0,45%). Các hợp chất này góp phần làm tăng độ ổn định oxy hóa và hoạt tính sinh học của tinh dầu [37]. Kết quả nghiên cứu cho thấy chỉ số lưu giữ thực nghiệm (RI exp.) của các hợp chất tương đối phù hợp với chỉ số lưu giữ tham khảo (RI lit.), chứng tỏ việc định danh hợp chất bằng GC-MS có độ tin cậy cao [47].

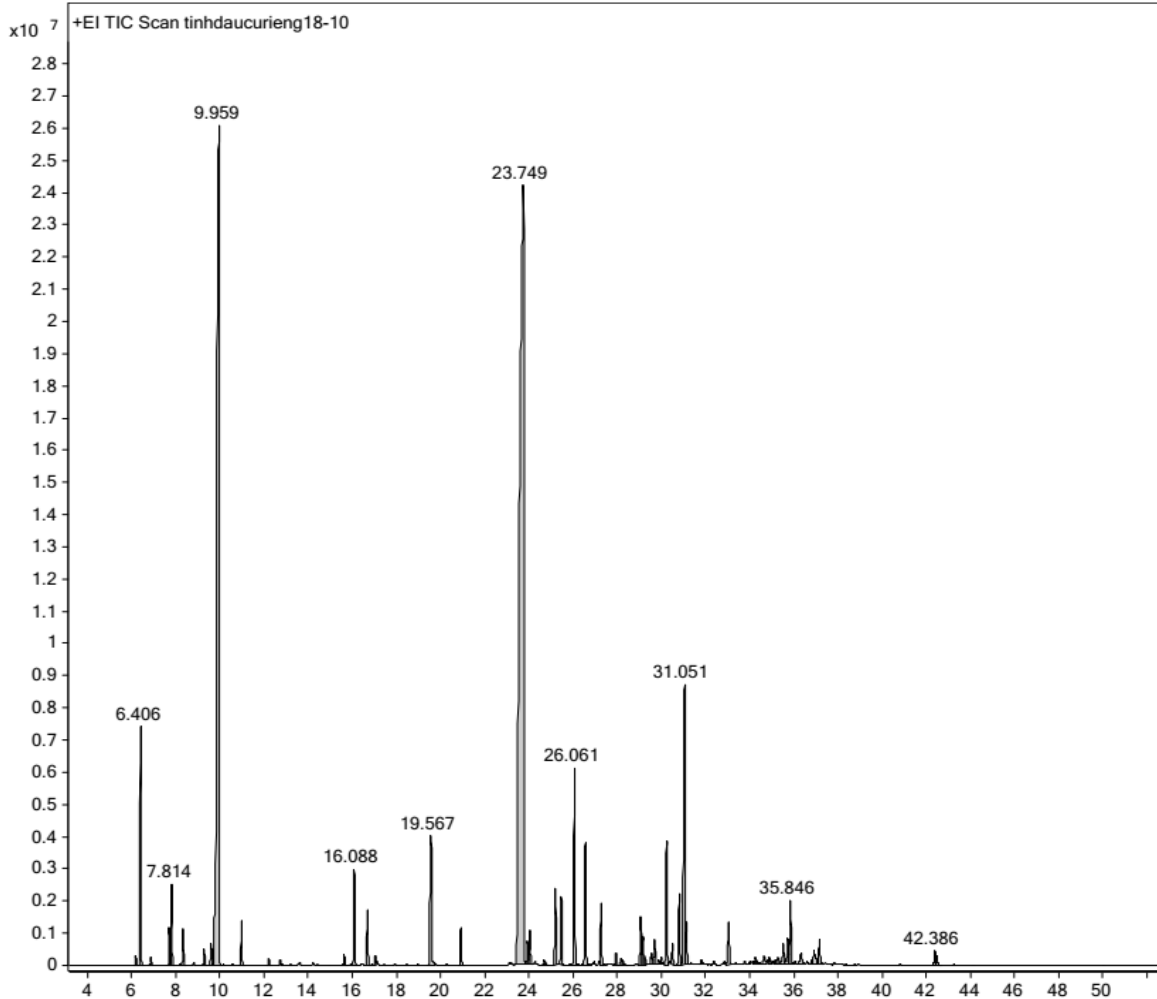
So sánh với các nghiên cứu đã công bố trước đây cho thấy thành phần hóa học của tinh dầu Riềng nếp (*Alpinia galanga*) có sự biến đổi nhất định tùy thuộc vào nhiều yếu tố như nguồn gốc địa lý, điều kiện khí hậu, thời điểm thu hái, giai đoạn sinh trưởng của cây, bộ phận thực vật sử dụng cũng như điều kiện bảo quản và phương pháp chiết xuất tinh dầu [54,66]. Sự khác biệt về điều kiện sinh thái và môi trường sống có thể ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình sinh tổng hợp các hợp chất thứ cấp

trong thực vật, từ đó làm thay đổi hàm lượng và tỷ lệ các cấu tử hóa học trong tinh dầu.

Mặc dù có sự biến động về thành phần và hàm lượng các hợp chất giữa các nghiên cứu, các cấu tử như 1,8-cineole, 4-allylphenyl acetate, methyleugenol và acetyeugenol vẫn thường được ghi nhận là những thành phần ưu thế và được xem là đặc trưng hóa học quan trọng của tinh dầu Riềng nếp *Alpinia galanga*.

Kết quả phân tích thành phần hóa học cho thấy tinh dầu Riềng nếp (*Alpinia galanga*) là nguồn nguyên liệu giàu các hợp chất monoterpene oxygen hóa và phenylpropanoid có hoạt tính sinh học đáng chú ý. Do đó, kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần bổ sung dữ liệu về thành phần hóa học của loài Riềng nếp *Alpinia galanga* ở Việt Nam mà còn cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho các nghiên cứu tiếp theo về hoạt tính diệt khuẩn truyền bệnh, đánh giá khả năng chống oxy hóa cũng như định hướng phát triển các chế phẩm sinh học có nguồn gốc thực vật theo hướng an toàn và thân thiện với môi trường.

3.2.4.2. Kết quả TPHH tinh dầu *Alpinia galanga* – Riềng nếp thu ngày 18 – 10



Hình 3.6. Hình ảnh sắc ký đồ tinh dầu củ riềng 18 – 10

Bảng 3.7. Bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu củ Riềng nếp 18-10

STT	Thời gian lưu (phút)	Chỉ số lưu giữ thực nghiệm	Chỉ số lưu giữ tham khảo	Tên hợp chất	Công thức	Hàm lượng %
1	6,194	929	929	α -Thujene	C ₁₀ H ₁₆	0,09
2	6,406	936	937	α -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	2,51
3	6,875	951	952	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	0,09
4	7,705	975	974	Sabinene	C ₁₀ H ₁₆	0,4
5	7,814	978	979	β - Pinene	C ₁₀ H ₁₆	0,92
6	8,329	991	991	β -Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	0,39
7	9,284	1017	1017	α -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	0,2
8	9,605	1026	1025	<i>p</i> -Cymene	C ₁₀ H ₁₄	0,36
9	9,959	1035	1032	1,8-Cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	25,42
10	10,978	1060	1060	γ -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	0,52
11	12,214	1088	1088	Terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	0,1
12	16,088	1177	1177	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	1,3
13	16,683	1189	1189	α -Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,78
14	17,037	1196	1196	Estragole	C ₁₀ H ₁₂ O	0,13
15	19,567	1256	1255	<i>p</i> -Allylphenol	C ₉ H ₁₀ O	2,67
16	20,916	1285	1285	Bornyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0,53
17	23,749	1351	1351	4-Allylphenyl acetate	C ₁₁ H ₁₂ O ₂	38,94
18	24,047	1358	1357	<i>p</i> -Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	0,45
19	24,688	1373	1371	Carvacryl acetate	C ₁₂ H ₁₆ O ₂	0,09

20	25,19 7	1384	1382	Geranyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	1,06
21	25,46 6	1390	1391	β -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	0,98
22	26,06 1	1404	1402	Methyleugenol	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	2,87
23	26,55 3	1416	1419	β -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	1,85
24	27,26 8	1435	1435	trans- α -Bergamotene	C ₁₅ H ₂₄	0,9
25	27,93 2	1451	1454	α -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,18
26	28,16 7	1457	1457	(<i>E</i>)- β -Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	0,11
27	29,06 4	1478	1481	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	0,72
28	29,16 2	1481	1485	4,11-Selinadiene	C ₁₅ H ₂₄	0,46
29	29,54 6	1489	1486	β -Eudesmene	C ₁₅ H ₂₄	0,19
30	30,23 2	1506	1509	β -Bisabolene	C ₁₅ H ₂₄	1,82
31	30,50 1	1514	1517	7-epi- α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	0,32
32	30,81	1522	1524	β -Sesquiphellandrene	C ₁₅ H ₂₄	1,08
33	31,05 1	1528	1525	Eugenol acetate	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	5,01
34	31,13 1	1530	1533	(<i>E</i>)- γ -Bisabolene	C ₁₅ H ₂₄	0,59
35	33,04 8	1580	1581	β -Caryophyllene epoxide	C ₁₅ H ₂₄ O	0,72
36	34,26 1	1611	1616	Zingiberenol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,15
37	35,84 6	1655	1657	(<i>S</i>)-Dihydrogalangal acetate	C ₁₃ H ₁₆ O ₄	0,97

38	37,16 2	1690	1700	<i>α-trans-</i> Bergamotenol	C ₁₅ H ₂₄ O	0,41
				Tổng số xác định (%)		96,28

Dựa vào TPHH của các hợp chất của tinh dầu Riêng nếp *Alpinia galanga* 18 – 10 và 18 – 11 ở cả 2 Bảng 3.7 và 3.6 phần lớn đều tương đồng và đều chứa các monoterpenes và sesquiterpenes, là các hợp chất chính có trong tinh dầu thực vật. Nhiều hợp chất giống nhau xuất hiện trong cả hai danh sách, bao gồm: Monoterpenes: *α*-Thujene, Camphene, Sabinene, *α*-Pinene, *β*-Pinene, *α*-Terpinene, *p*-Cymene, 1,8-Cineole, *β*-Myrcene, *γ*-Terpinene, Terpinen-4-ol, Terpinolene, *α*-Terpineol. Phenylpropanoids: Estragole, *p*-Allylphenol, Eugenol, Methyleugenol. Sesquiterpenes: *β*-Caryophyllene, *trans-α*-Bergamotene, *α*-Caryophyllene, Germacrene D, *β*-Bisabolene, 7-*epi-α*-Selinene, *β*-Sesquiphellandrene, (*E*)-*γ*-Bisabolene. Ester và Oxide: Bornyl acetate, 4-Allylphenyl acetate, Carvacryl acetate, Geranyl acetate.

Kết quả phân tích thành phần hóa học tinh dầu củ Riêng nếp *Alpinia galanga* thu ngày 18 – 11 ở bảng 3.7 bằng Gas Chromatography–Mass Spectrometry cho thấy đã xác định được 38 hợp chất, chiếm 96,28% tổng hàm lượng tinh dầu. Thành phần hóa học của tinh dầu khá đa dạng, bao gồm chủ yếu các nhóm monoterpene hydrocarbon, monoterpene oxygen hóa, sesquiterpene hydrocarbon và các dẫn xuất phenylpropanoid.

Trong đó, hợp chất chiếm hàm lượng cao nhất là 4-Allylphenyl acetate (38,94%), tiếp theo là 1,8-cineole (25,42%) và Eugenol acetate (5,01%). Hàm lượng cao của 4-Allylphenyl acetate cùng với methyleugenol, *p*-allylphenol và eugenol cho thấy tinh dầu Riêng nếp mang đặc trưng nổi bật của nhóm hợp chất phenylpropanoid. Các hợp chất này góp phần tạo mùi thơm cay ấm đặc trưng và được ghi nhận có nhiều hoạt tính sinh học như kháng khuẩn, chống oxy hóa và xua đuổi côn trùng. Theo Chudiwal và cs. (2010), các dẫn xuất phenylpropanoid trong *Alpinia galanga* có vai trò quan trọng đối với hoạt tính dược lý và khả năng kháng vi sinh vật của loài này.

Nhóm monoterpene oxygen hóa nổi bật với 1,8-cineole, terpinen-4-ol và *α*-terpineol. Đặc biệt, 1,8-cineole có hàm lượng rất cao, đây là hợp chất thường gặp trong tinh dầu Riêng nếp và được biết đến với hoạt tính kháng khuẩn, chống viêm và tác động lên hệ thần kinh côn trùng. Theo Singh và cs. (2008), các monoterpene oxygen hóa như cineole và terpinen-4-ol thường đóng vai trò quan trọng trong hoạt tính sinh học của tinh dầu họ Gừng[43].

Tinh dầu Riêng nếp *Alpinia galanga* 18 – 10 còn chứa nhiều sesquiterpene hydrocarbon như β -caryophyllene (1,85%), β -bisabolene (1,82%), β -sesquiphellandrene (1,08%), trans- α -bergamotene và germacrene D. Đây là các hợp chất thường gặp trong tinh dầu họ Gừng và có liên quan đến hoạt tính chống oxy hóa, kháng viêm và độc tính sinh học đối với côn trùng. Regnault-Roger và cs. (2012) cho rằng nhiều sesquiterpene trong tinh dầu thực vật có khả năng gây rối loạn thần kinh và ức chế sinh trưởng côn trùng[64].

So với các công bố trước đây về Riêng nếp *Alpinia galanga* [66], thành phần hóa học của mẫu nghiên cứu này tương đối phù hợp khi 1,8-cineole và các dẫn xuất phenylpropanoid vẫn là nhóm hợp chất ưu thế. Tuy nhiên, hàm lượng rất cao của 4-Allylphenyl acetate cho thấy sự khác biệt về kiểu hóa học (chemotype), có thể liên quan đến nguồn gốc địa lý, điều kiện sinh thái, thời điểm thu hoạch và phương pháp chưng cất tinh dầu. Điều này cũng phù hợp với nhận định rằng thành phần tinh dầu thực vật thường biến động mạnh theo điều kiện môi trường và sinh trưởng[55]. Tinh dầu củ Riêng nếp *Alpinia galanga* thể hiện đặc trưng hóa học phong phú với sự kết hợp giữa các hợp chất terpenoid và phenylpropanoid, tạo cơ sở khoa học cho các hoạt tính sinh học và tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực dược liệu, thực phẩm và kiểm soát côn trùng sinh học.

Thành phần hóa học của hai mẫu tinh dầu củ Riêng nếp *Alpinia galanga* thu vào ngày 18 – 10 và 18 – 11 cho thấy cả hai mẫu đều có thành phần hóa học tương đối tương đồng, với các nhóm hợp chất chính gồm monoterpene hydrocarbon, monoterpene oxygen hóa, sesquiterpene hydrocarbon và phenylpropanoid. Tổng hàm lượng các cấu tử xác định được đều cao, đạt 96,28% (18-10) và 95,4% (18-11), cho thấy thành phần tinh dầu đã được nhận diện khá đầy đủ bằng GC – MS .

Ở cả hai mẫu, các hợp chất chiếm ưu thế đều là 4-Allylphenyl acetate và 1,8-cineole, chứng tỏ đây là kiểu hóa học đặc trưng của tinh dầu Riêng nếp nghiên cứu. Tuy nhiên, hàm lượng các hợp chất này có sự biến động nhẹ giữa hai thời điểm thu mẫu. Cụ thể, mẫu ngày 18-11 có hàm lượng 4-Allylphenyl acetate cao hơn (41,16%) so với mẫu ngày 18-10 (38,94%), trong khi 1,8-cineole giảm nhẹ từ 25,42% xuống 23,91%. Điều này cho thấy sự thay đổi trong quá trình sinh tổng hợp giữa nhóm phenylpropanoid và monoterpene oxygen hóa theo thời gian sinh trưởng của cây. Một số hợp chất sesquiterpene như β -caryophyllene, β -bisabolene và β -sesquiphellandrene ở mẫu 18-11 có xu hướng cao hơn mẫu 18-10. Ví dụ, β -caryophyllene tăng từ 1,85% lên 2,29%; β -bisabolene tăng từ 1,82% lên 2,08%. Ngược lại, một số hợp chất như p-allylphenol và methyleugenol lại giảm nhẹ ở mẫu

tháng 11. Cho thấy sự thay đổi định lượng của các hợp chất thứ cấp trong tinh dầu theo giai đoạn phát triển sinh lý của cây.

Ngoài ra, hai mẫu cũng có sự khác biệt về thành phần cấu tử phụ. Mẫu 18-10 xuất hiện các hợp chất như (*E*)- β -farnesene, 4,11-selinadiene, β -eudesmene, *Zingiberenol* và (*S*)-dihydrogalangal acetate, trong khi mẫu 18-11 lại xuất hiện α -limonene, α -cadinol và pogostol. Những khác biệt này cho thấy sự biến động nhỏ trong con đường sinh tổng hợp terpenoid và sesquiterpenoid của cây Riềng nếp dưới ảnh hưởng của điều kiện môi trường và thời gian thu hoạch. Sự khác biệt về thành phần hóa học giữa hai mẫu tinh dầu có thể được giải thích bởi nhiều yếu tố như thời điểm thu hoạch, điều kiện khí hậu, độ ẩm, ánh sáng, tuổi cây và trạng thái sinh trưởng của thân rễ. Thành phần tinh dầu thực vật thường thay đổi đáng kể dưới tác động của điều kiện sinh thái và môi trường. Hàm lượng terpenoid trong họ Gừng phụ thuộc mạnh vào giai đoạn phát triển của cây và điều kiện thu hái[43]. Ngoài ra, ghi nhận *Alpinia galanga* có sự biến động chemotype rõ rệt giữa các vùng địa lý khác nhau, đặc biệt ở nhóm phenylpropanoid và monoterpene oxygen hóa[54].

Cả hai mẫu tinh dầu Riềng nếp đều giàu 1,8-cineole và các dẫn xuất phenylpropanoid, đặc trưng cho tinh dầu *Alpinia galanga*. Tuy nhiên, sự biến động về hàm lượng các hợp chất chính và sự xuất hiện hoặc mất đi của một số cấu tử phụ phản ánh ảnh hưởng của thời điểm thu hoạch và điều kiện sinh thái đến thành phần hóa học của tinh dầu. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc lựa chọn thời điểm thu mẫu nhằm tối ưu hóa hoạt tính sinh học và giá trị ứng dụng của tinh dầu.

3.2.5. So sánh kết quả TPHH của 4 loài nghiên cứu

Từ bảng phân tích các hợp chất trong tinh dầu: bảng 3.2 TPHH các chất trong tinh dầu Gừng nhọn, bảng 3.3 và 3.4 TPHH các chất trong tinh dầu Nghệ trắng, bảng 3.5 TPHH các chất trong tinh dầu Địa liền, bảng 3.6 và 3.7 TPHH các chất trong tinh dầu Riềng nếp. Xác định được THPP chính thuộc các nhóm sesquiterpenes, monoterpenes, phenylpropanoid, esters và phần lớn các hợp chất khác chưa xác định trong tinh dầu Nghệ trắng. Kết quả phân tích GC-MS cho thấy thành phần hóa học của các tinh dầu thuộc họ Gừng (*Zingiberaceae*) trong nghiên cứu có sự khác biệt rõ rệt cả về số lượng cấu tử, nhóm hợp chất ưu thế và hàm lượng các hợp chất chính. Tuy nhiên, nhìn chung các tinh dầu đều chứa chủ yếu các hợp chất thuộc nhóm monoterpene hydrocarbon, oxygenated monoterpene, sesquiterpene hydrocarbon, oxygenated sesquiterpene và phenylpropanoid. Đây cũng là đặc điểm hóa học điển hình đã được ghi nhận ở nhiều loài thuộc họ *Zingiberaceae* [43,60].

Kết quả phân tích GC-MS cho thấy số lượng hợp chất được xác định trong các mẫu tinh dầu có sự khác biệt giữa các loài thuộc họ Gừng (*Zingiberaceae*) cũng như

giữa các mẫu thu thập khác nhau của cùng một loài. Cụ thể, mẫu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N1 xác định được 39 hợp chất, trong khi mẫu *Curcuma aromatica* N2 ghi nhận 42 hợp chất. Tinh dầu *Zingiber acuminatum* xác định được 41 hợp chất, cho thấy thành phần hóa học tương đối phong phú và tương đương với các mẫu *Curcuma aromatica*. Trong khi đó, tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga* chỉ xác định được 21 hợp chất, thấp hơn đáng kể so với các mẫu còn lại. Đối với Riềng nếp *Alpinia galanga*, số hợp chất được xác định lần lượt là 36 hợp chất ở mẫu thu thông thường và 38 hợp chất ở mẫu thu ngày 18 -11. Sự khác biệt về số lượng cấu tử có thể liên quan đến đặc điểm di truyền của từng loài, điều kiện sinh thái, thời điểm thu hái, giai đoạn sinh trưởng cũng như phương pháp chiết xuất và bảo quản nguyên liệu. Tuy nhiên, hoạt tính sinh học của tinh dầu không chỉ phụ thuộc vào số lượng hợp chất hiện diện mà còn chịu ảnh hưởng bởi hàm lượng và sự tương tác giữa các cấu tử chính trong tinh dầu. Nhìn chung, các loài nghiên cứu đều cho thấy thành phần hóa học đa dạng, là cơ sở quan trọng cho việc đánh giá và khai thác các hoạt tính sinh học của tinh dầu họ Gừng.

Tinh dầu Gừng nhọn (*Zingiber acuminatum*) có đặc trưng nổi bật bởi hàm lượng sesquiterpene hydrocarbon rất cao, chiếm khoảng (54,54 %) tổng thành phần tinh dầu. Trong đó, α -Zingiberene là hợp chất ưu thế với hàm lượng (27,3%), tiếp theo là β -sesquiphellandrene (6,55%), β -phellandrene (5,49%), α -curcumene (4,83%) và β -bisabolene (4,45%). Kết quả này cho thấy tinh dầu Gừng nhọn mang đặc trưng chemotype giàu sesquiterpene hydrocarbon, tương tự nhiều loài thuộc chi *Zingiber* đã được công bố trước đây [43]. Nhóm oxygenated monoterpene cũng hiện diện với tỷ lệ đáng kể thông qua các hợp chất như endo-borneol (8,81%), α -citral (8,78%), β -linalool (4,03%) và β -citral (2,67%). Sự hiện diện đồng thời của sesquiterpene hydrocarbon và oxygenated monoterpene cho thấy tinh dầu Gừng nhọn có thành phần hóa học tương đối đa dạng và tiềm năng hoạt tính sinh học cao.

Khác với Gừng nhọn, tinh dầu Địa liền (*Kaempferia galanga*) có thành phần hóa học tương đối đơn giản nhưng tập trung mạnh vào nhóm phenylpropanoid (86,09%). Tổng hàm lượng hai hợp chất chính là (*E*)-Ethyl cinnamate (53,23%) và (*E*)-Ethyl-p-methoxycinnamate đạt khoảng (32,64%) tổng thành phần tinh dầu. Đây là đặc điểm hóa học đặc trưng của nhiều mẫu tinh dầu *Kaempferia galanga* đã được ghi nhận trước đây [53,54]. Nhóm sesquiterpene trong tinh dầu Địa liền chỉ chiếm tỷ lệ thấp (1,39%), trong khi monoterpene oxygen hóa đạt khoảng (10,86%). Điều này cho thấy tinh dầu Địa liền có xu hướng ưu thế bởi các hợp chất thơm thuộc nhóm cinnamate hơn là các terpenoid đặc trưng như ở các loài còn lại. Hàm lượng phenylpropanoid rất cao có thể là yếu tố quan trọng quyết định hoạt tính sinh học

mạnh của tinh dầu Địa liên, đặc biệt là khả năng kháng côn trùng và diệt ấu trùng muỗi.

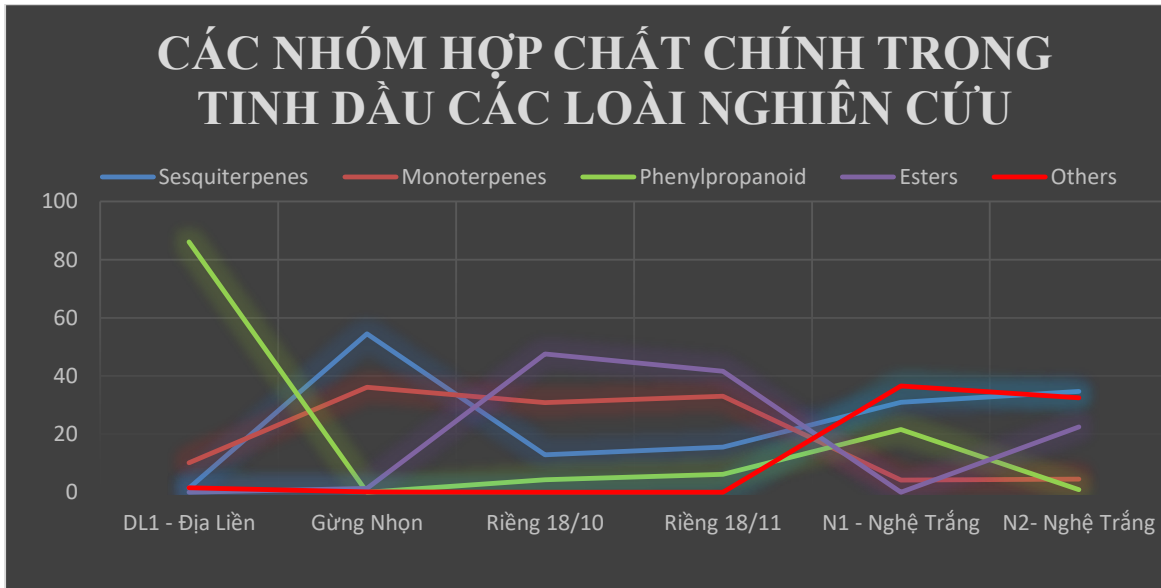
Tinh dầu Nghệ trắng (*Curcuma aromatica*) cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa hai mẫu nghiên cứu N1 và N2. Ở mẫu N1, thành phần hóa học ưu thế gồm oxygenated sesquiterpene, sesquiterpene hydrocarbon và phenylpropanoid. Hợp chất chính gồm Ethyl p-methoxycinnamate (14,25%), Curzerene (9,97%) (*E*)-Ethyl cinnamate (7,3%), trans- β -Elemenone (5,53%), Germacrone (1,16%), Farnesene epoxide (0,82%) và Viridiflorol (0,55%), β -Elemene (3,75%), γ -Elemene (1,18%), α -Farnesene (1,61%) và Germacrene D (0,99%), 2-Bornanone (2,66%), Isoborneol (1,02%), endo-Borneol (0,18%) và 1,8-Cineole (0,21%),

Trong khi đó, mẫu N2 lại có hàm lượng rất cao của Methyl isocostate (22,36%) và Curzerene (11,51%), đồng thời hàm lượng phenylpropanoid giảm mạnh (0,84%) so với mẫu N1 (21,55%). Kết quả này cho thấy sự tồn tại của các hợp chất hóa học chiếm ưu thế khác nhau trong cùng loài Nghệ trắng (*Curcuma aromatica*). Sự khác biệt về này có thể liên quan đến điều kiện sinh thái, thời điểm thu hái, độ tuổi cây và yếu tố di truyền [47,60].

Cả hai mẫu Nghệ trắng đều chứa hàm lượng tương đối cao các oxygenated sesquiterpene như Curzerene, Germacrone, β -Elemenone và Farnesene epoxide. Đây là nhóm hợp chất thường được ghi nhận có hoạt tính sinh học mạnh, đặc biệt là khả năng kháng khuẩn, chống oxy hóa và gây độc đối với côn trùng [37,55]. Ngoài ra, sự xuất hiện của nhiều hợp chất chưa định danh (Unknown compounds) với hàm lượng đáng kể cho thấy thành phần hóa học của tinh dầu Nghệ trắng khá phức tạp và có thể chứa các cấu tử đặc hữu chưa được ghi nhận trong thư viện phổ GC-MS.

Đối với tinh dầu Riềng nếp (*Alpinia galanga*), cả hai mẫu 18 – 10 và 18 – 11 đều có thành phần hóa học tương đối tương đồng, với các nhóm hợp chất chính gồm monoterpene oxygen hóa, sesquiterpene hydrocarbon và phenylpropanoid. Hai hợp chất chiếm ưu thế ở cả hai mẫu là 4-Allylphenyl acetate và 1,8-Cineole. Tuy nhiên, hàm lượng các hợp chất này có sự biến động theo thời điểm thu mẫu. Cụ thể, hàm lượng 4-Allylphenyl acetate ở mẫu 18-11 (41,16%) cao hơn mẫu 18/10 (38,94%), trong khi hàm lượng 1,8-Cineole giảm nhẹ 25,42% xuống 23,91%. Một số sesquiterpene hydrocarbon như β -Caryophyllene, β -Bisabolene và β -Sesquiphellandrene cũng có xu hướng tăng ở mẫu thu tháng 11. Sự thay đổi định lượng giữa hai mẫu Riềng nếp cho thấy quá trình sinh tổng hợp các hợp chất thứ cấp trong cây chịu ảnh hưởng mạnh bởi giai đoạn sinh trưởng và điều kiện môi trường. Theo nhiều nghiên cứu trước đây, hàm lượng terpenoid trong tinh dầu họ gừng có thể biến động đáng kể theo mùa vụ, độ tuổi cây và điều kiện sinh thái [43,54].

So sánh tổng thể giữa các loài cho thấy mỗi loài tinh dầu đều có đặc trưng chemotype riêng biệt. Gừng nhọn ưu thế bởi sesquiterpene hydrocarbon, Địa liên giàu phenylpropanoid, Nghệ trắng nổi bật với oxygenated sesquiterpene, trong khi Riêng nếp chứa đồng thời hàm lượng cao monoterpene oxygen hóa và phenylpropanoid. Sự khác biệt này phản ánh đặc điểm sinh tổng hợp hợp chất thứ cấp đặc trưng của từng chi trong họ Zingiberaceae.



Biểu đồ 3.1. Các nhóm hợp chất chính trong tinh dầu các loài nghiên cứu

Từ biểu đồ 3.1 cho thấy sự khác biệt của các nhóm hợp chất chính tạo nên đặc trưng riêng của từng loài: Địa liên có hàm lượng phenylpropanoid cao nhất (86,09%), trong khi Gừng nhọn có hàm lượng sesquiterpene cao vượt trội (54,54%). Hai mẫu Riêng nếp có hàm lượng ester và monoterpene oxygen hóa cao, còn Nghệ trắng giàu oxygenated sesquiterpene và chứa nhiều hợp chất chưa định danh. Những khác biệt này có ý nghĩa quan trọng đối với hoạt tính sinh học của tinh dầu, do mỗi nhóm hợp chất có cơ chế tác động sinh học khác nhau. Nhiều nghiên cứu cho thấy sesquiterpene hydrocarbon như α -Zingiberene, β -Sesquiphellandrene và β -Caryophyllene có khả năng gây độc thần kinh và xua đuổi côn trùng [55].

Trong khi đó, các monoterpene oxygen hóa như 1,8-Cineole, terpinen-4-ol và borneol có khả năng tác động lên hệ thần kinh trung ương của côn trùng và làm tăng tính thấm sinh học của các hợp chất khác [44]. Nhóm phenylpropanoid như Ethyl cinnamate, Ethyl p-methoxycinnamate, Methyl eugenol và Eugenol được ghi nhận có hoạt tính kháng khuẩn, chống oxy hóa và larvicidal mạnh [54,61]. Sự hiện diện đồng thời của nhiều hợp chất thuộc các nhóm hóa học khác nhau cho thấy hoạt tính sinh học của các tinh dầu không chỉ phụ thuộc vào một hợp chất riêng lẻ mà còn liên quan đến hiệu ứng hiệp đồng giữa các cấu tử trong tinh dầu. Hiệu ứng hiệp đồng này có

thể làm tăng khả năng gây độc đối với ấu trùng muỗi, đồng thời góp phần nâng cao hoạt tính kháng khuẩn và chống oxy hóa của tinh dầu [55].

Nhìn chung, kết quả nghiên cứu cho thấy các tinh dầu thuộc họ Gừng trong nghiên cứu đều là nguồn nguyên liệu giàu terpenoid và phenylpropanoid có hoạt tính sinh học cao. Sự khác biệt về thành phần hóa học giữa các loài và giữa các mẫu trong cùng loài phản ánh ảnh hưởng của yếu tố di truyền, điều kiện sinh thái và thời điểm thu hoạch đến quá trình sinh tổng hợp hợp chất thứ cấp của thực vật tinh dầu. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc lựa chọn nguồn nguyên liệu và định hướng nghiên cứu phát triển các chế phẩm sinh học có nguồn gốc thực vật.

3.3. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM HOẠT TÍNH CHỐNG MUỖI *Aedes*

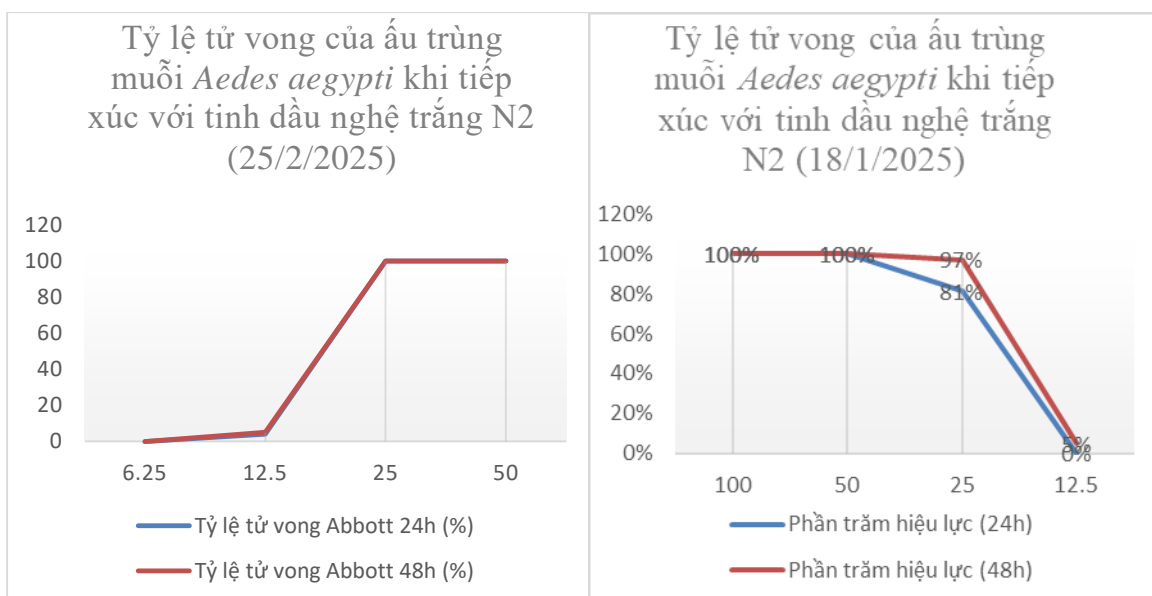
3.3.1. *Curuma romatica* Salisb – Nghệ trắng

Bảng 3.8. Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes* của TD Nghệ trắng N2 (18/1/2025)

Nghệ trắng-N2 - <i>Ae. aegypti</i> (18/01/2025)						
C ($\mu\text{g/mL}$)	Lần lặp	24h		48h		Ethanol
		Chết	Sống	Chết	Sống	
100	R1	25	0	25	0	
	R2	25	0	25	0	
	R3	25	0	25	0	
	R4	25	0	25	0	
50	R1	25	0	25	0	
	R2	25	0	25	0	
	R3	25	0	25	0	
	R4	25	0	25	0	
25	R1	10	15	22	3	
	R2	25	0	25	0	
	R3	21	4	25	0	
	R4	25	0	25	0	
12,5	R1	0	25	1	24	
	R2	0	25	2	23	
	R3	0	25	0	25	
	R4	0	25	2	23	

Bảng 3.9. Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes* của TD Nghệ trắng N2 (25/2/2025)

TD Nghệ trắng N2 - <i>Ae. aegypti</i> (25/02/2025)						
C (µg/mL)	Lần lặp	24h		48h		Ethanol
		Chết	Sống	Chết	Sống	
50	R1	25	0	25	0	
	R2	25	0	25	0	
	R3	25	0	25	0	
	R4	25	0	25	0	
25	R1	25	0	25	0	
	R2	25	0	25	0	
	R3	25	0	25	0	
	R4	25	0	25	0	
12,5	R1	0	25	1	24	
	R2	2	23	2	23	
	R3	1	24	1	24	
	R4	1	24	1	24	
6,25	R1	0	25	0	25	
	R2	0	25	0	25	
	R3	0	25	0	25	
	R4	0	25	0	25	



Biểu đồ 3.2. Tỷ lệ tử vong của ấu trùng muỗi *Aedes* khi tiếp xúc với tinh dầu Nghệ trắng N2 (đo ngày 18/1/2025) và (đo ngày 25/2/2025)

Mẫu N2: Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi của tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* mẫu N2 đối với *Aedes aegypti* cho thấy tinh dầu có hoạt tính larvicidal rất mạnh ở các nồng độ từ 25–100 $\mu\text{g/mL}$.

Tại nồng độ 100 $\mu\text{g/mL}$ và 50 $\mu\text{g/mL}$, tỷ lệ tử vong của ấu trùng đạt 100% sau cả 24 giờ và 48 giờ tiếp xúc. Điều này chứng tỏ tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N2 có khả năng gây độc nhanh và mạnh đối với ấu trùng muỗi. Theo tiêu chí đánh giá của Pavela (2015) [44], tinh dầu thực vật có khả năng gây tử vong hoàn toàn ở nồng độ ≤ 100 $\mu\text{g/mL}$ được xem là có tiềm năng cao để phát triển chế phẩm diệt ấu trùng sinh học.

Ở nồng độ 25 $\mu\text{g/mL}$, tinh dầu vẫn thể hiện hoạt tính mạnh với hiệu lực 81% sau 24 giờ, 97% sau 48 giờ. Kết quả này cho thấy tác dụng diệt ấu trùng của tinh dầu có xu hướng phụ thuộc vào thời gian tiếp xúc. Sự gia tăng tỷ lệ tử vong sau 48 giờ cho thấy các hợp chất trong tinh dầu có khả năng tích lũy độc tính hoặc tác động kéo dài lên hệ sinh lý của ấu trùng *Aedes aegypti*. Ngược lại, ở nồng độ 12,5 $\mu\text{g/mL}$, hoạt tính diệt ấu trùng giảm mạnh với tỷ lệ tử vong chỉ đạt 0% sau 24 giờ, 5% sau 48 giờ. Điều này cho thấy nồng độ tối thiểu để tinh dầu phát huy tác dụng larvicidal hiệu quả nằm trong khoảng trên 12,5 $\mu\text{g/mL}$. Hoạt tính sinh học của tinh dầu thực vật thường phụ thuộc mạnh vào nồng độ do khả năng tác động của các hợp chất dễ bay hơi lên hệ thần kinh côn trùng giảm nhanh ở nồng độ thấp [55]. Hoạt tính diệt ấu trùng mạnh của tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N2 có thể liên quan trực tiếp đến thành phần hóa học đặc trưng của mẫu tinh dầu này.

Kết quả GC-MS cho thấy tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N2 chứa hàm lượng cao các oxygenated sesquiterpene và phenylpropanoid như: Methyl isocostate (22,36%), Curzerene (11,51%), β -Elemenone (6,55%), β -Elemene (3,62%), Germacrone (1,63%), β -Santalol (1,52%). Nhiều oxygenated sesquiterpene có khả năng: phá hủy biểu mô ruột, gây rối loạn hô hấp, ức chế enzyme thần kinh của ấu trùng muỗi [44].

Đặc biệt, Curzerene và Germacrone được ghi nhận có hoạt tính sinh học mạnh đối với nhiều loài côn trùng nhờ khả năng gây rối loạn hệ thần kinh và quá trình trao đổi chất [37]. Ngoài ra, β -Elemenone và β -Elemene là các sesquiterpene được chứng minh có khả năng gây độc tế bào và tác động lên hệ thần kinh côn trùng [55]. Sự hiện diện đồng thời của các hợp chất này có thể tạo hiệu ứng hiệp đồng, góp phần làm tăng đáng kể hoạt tính larvicidal của tinh dầu Nghệ trắng N2. Ngoài các hợp chất đã định danh, mẫu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N2 còn chứa nhiều hợp chất chưa xác định với hàm lượng tương đối cao như: Unknown compound 1 (11,83%), Unknown compound 2 (6,09%), Unknown compound 3 (4,93%). Các hợp chất này có thể góp

phần tạo nên hoạt tính sinh học mạnh của tinh dầu thông qua cơ chế hiệp đồng hoặc có thể là các cấu tử larvicidal mới chưa được công bố [47].

Kết quả nghiên cứu cho thấy tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* mẫu N2 có tiềm năng rất lớn trong phát triển chế phẩm sinh học diệt ấu trùng muỗi *Aedes aegypti*. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho các nghiên cứu tiếp theo về: xác định LC₅₀ và LC₉₀, phân lập hoạt chất chính, nghiên cứu cơ chế tác động,

3.3.2. *Kaempferia galanga* L – Địa liền

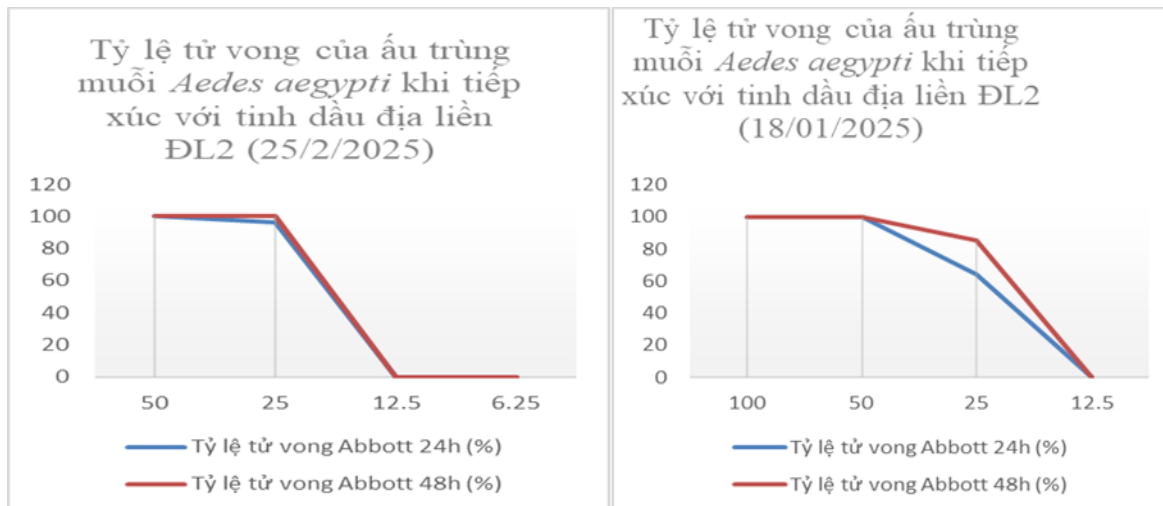
Bảng 3.10. Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes* của TD Địa liền DL2 đo ngày (18/01/2025)

TD Địa liền DL2 - <i>Ae. aegypti</i> (18/01/2025)						
C (µg/mL)	Lần lặp	24h		48h		Ethanol
		Chết	Sống	Chết	Sống	
100	R1	25	0	25	0	
	R2	25	0	25	0	
	R3	25	0	25	0	
	R4	25	0	25	0	
50	R1	25	0	25	0	
	R2	25	0	25	0	
	R3	25	0	25	0	
	R4	25	0	25	0	
25	R1	16	9	21	4	
	R2	17	8	23	2	
	R3	16	9	21	4	
	R4	15	10	20	5	
12,5	R1	0	25	0	25	
	R2	0	25	0	25	
	R3	0	25	0	25	
	R4	0	25	0	25	

Bảng 3.11. Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes* của TD Địa liền DL2 (25/2/2025)

TD Địa liền DL2 - <i>Ae. aegypti</i> (25/02/2025)						
C (µg/mL)	Lần lặp	24h		48h		Ethanol
		Chết	Sống	Chết	Sống	
50	R1	25	0	25	0	
	R2	25	0	25	0	

	R3	25	0	25	0	
	R4	25	0	25	0	
25	R1	25	0	25	0	
	R2	23	2	25	0	
	R3	24	1	25	0	
	R4	23	2	25	0	
12,5	R1	0	25	0	25	
	R2	0	25	0	25	
	R3	0	25	0	25	
	R4	0	25	0	25	
6,25	R1	0	25	0	25	
	R2	0	25	0	25	
	R3	0	25	0	25	
	R4	0	25	0	25	



Biểu đồ 3.3. Tỷ lệ tử vong của ấu trùng muỗi *Aedes* khi tiếp xúc với tinh dầu Địa liền DL2 (đo ngày 18/1/2025 và 25/2/2025)

Mẫu DL2: Kết quả thử nghiệm hoạt tính diệt ấu trùng muỗi của tinh dầu *Kaempferia galanga* mẫu DL2 đối với *Aedes aegypti* cho thấy tinh dầu có hoạt tính diệt ấu trùng mạnh ở các nồng độ từ 25–100 µg/mL. Hoạt tính diệt ấu trùng *Aedes aegypti* cao ở nồng độ $\geq 50,0$ µg/mL, với tỷ lệ tử vong đạt 100% sau 24 giờ và duy trì đến 48 giờ. Ở nồng độ 25,0 µg/mL, mẫu đo ngày 25/2 thể hiện hoạt tính mạnh hơn so với mẫu đo ngày 18/1. Cụ thể, tỷ lệ tử vong của mẫu đo 25/2 đạt 96,0% sau 24 giờ và tăng lên 100% sau 48 giờ, trong khi mẫu đo 18/1 đạt 84,0% sau 24 giờ và đạt 100% sau 48 giờ. Kết quả này cho thấy hiệu lực diệt ấu trùng của tinh dầu tăng theo thời gian tiếp xúc, đồng thời phản ánh sự khác biệt nhất định về hoạt tính sinh học giữa

hai thời điểm đo mẫu. Ở các nồng độ $\leq 12,5$ $\mu\text{g/mL}$, mẫu không ghi nhận hoạt tính gây chết đáng kể. Nhìn chung, mẫu DL2 đo ngày 25/2 cho hiệu quả diệt ấu trùng cao hơn nhẹ so với mẫu đo ngày 18/1, đặc biệt tại nồng độ trung gian 25,0 $\mu\text{g/mL}$.

Thành phần hóa học của tinh dầu Địa liền tương đối đơn giản nhưng tập trung chủ yếu vào nhóm phenylpropanoid, với hai hợp chất chiếm ưu thế là (*E*)-Ethyl cinnamate (53,23%) và (*E*)-Ethyl-*p*-methoxycinnamate (32,64%). Các hợp chất thuộc nhóm phenylpropanoid có khả năng xua đuổi côn trùng, gây độc thần kinh đối với ấu trùng muỗi và ức chế enzyme acetylcholinesterase [55]. Do đó, đây có thể là nhóm hợp chất đóng vai trò chính trong hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes aegypti* của tinh dầu Địa liền. Ngoài các dẫn xuất cinnamate, tinh dầu còn chứa một số monoterpene oxygen hóa endo-Borneol (4,52%), 1,8-Cineole (3,21%), Terpinen-4-ol (0,13%), α -Terpineol (0,14%). Các monoterpene oxygen hóa thường có hoạt tính kháng khuẩn, chống oxy hóa, chống viêm và hỗ trợ hoạt tính kháng côn trùng. Đặc biệt, 1,8-cineole được ghi nhận có khả năng gây độc đối với ấu trùng *Aedes aegypti* thông qua tác động lên hệ thần kinh côn trùng [43]. Bên cạnh đó, tinh dầu còn chứa một lượng nhỏ sesquiterpene hydrocarbon như β -elemene, γ -elemene, cyperene, δ -cadinene và α -caryophyllene. Mặc dù hàm lượng không cao, các hợp chất này có thể góp phần tạo hiệu ứng hiệp đồng, làm tăng hoạt tính sinh học của tinh dầu [55].

Nghiên cứu cho thấy tinh dầu Địa liền là nguồn nguyên liệu giàu hợp chất phenylpropanoid có hoạt tính sinh học mạnh, đặc biệt liên quan đến hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes aegypti*. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho định hướng phát triển các chế phẩm sinh học nguồn gốc thực vật phục vụ kiểm soát muỗi truyền bệnh.

3.3.3. So sánh hoạt tính chống muỗi *Aedes* của Nghệ trắng và Địa liền

Bảng 3.12. Kết quả hoạt tính LC₅₀ và LC₉₀ N2 và DL2 sau 24h và 48h

Essential oil	LC ₅₀ (95% limits)	LC ₉₀ (95% limits)	χ^2	<i>p</i>
24h				
<i>Curuma Aromatica</i> (N2)	21.31 (19.49-22.60)	27.41 (25.84-30.01)	0.066	0.968
<i>Kaempferia galanga</i> (DL2)	23.30 (21.77-24.51)	30.82 (28.62-35.50)	3.143	0.208
48h				
<i>Curuma Aromatica</i> (N2)	17.18 (15.91-18.65)	21.77 (19.91-24.55)	0.014	0.993
<i>Kaempferia galanga</i> (DL2)	20.82 (18.95-22.15)	26.51 (25.00-28.79)	0.039	0.981

Kết quả đánh giá hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes aegypti* tại Bảng 3.14 cho thấy cả hai mẫu tinh dầu *Curcuma aromatica* (N2) và *Kaempferia galanga* (DL2) đều thể hiện khả năng gây độc đáng kể đối với ấu trùng muỗi ở cả hai thời điểm khảo sát sau 24 giờ và 48 giờ. Giá trị LC₅₀ và LC₉₀ của các mẫu tinh dầu đều nằm ở mức thấp, phản ánh hiệu quả diệt ấu trùng tương đối mạnh của các hợp chất có trong tinh dầu đối với đối tượng nghiên cứu. Sau 24 giờ xử lý, tinh dầu *Curcuma aromatica* (N2) cho giá trị LC₅₀ và LC₉₀ lần lượt là 21,31 ppm và 27,41 ppm, thấp hơn so với tinh dầu *Kaempferia galanga* (DL2) với các giá trị tương ứng là 23,30 ppm và 30,82 ppm.

Kết quả này cho thấy tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* (N2) có hoạt tính diệt ấu trùng mạnh hơn so với tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga* (DL2) trong cùng điều kiện thí nghiệm. Sau 48 giờ tiếp xúc, hiệu lực diệt ấu trùng của cả hai mẫu tinh dầu tiếp tục tăng lên, thể hiện qua sự giảm đáng kể của các giá trị LC₅₀ và LC₉₀. Cụ thể, đối với mẫu N2, giá trị LC₅₀ giảm xuống còn 17,18 ppm và LC₉₀ đạt 21,77 ppm; trong khi mẫu DL2 có LC₅₀ và LC₉₀ lần lượt là 20,82 ppm và 26,51 ppm. Xu hướng giảm giá trị LC theo thời gian cho thấy thời gian tiếp xúc có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu quả gây độc của tinh dầu đối với ấu trùng muỗi. Kết quả này phù hợp với nhiều nghiên cứu trước đây về hoạt tính larvicidal của tinh dầu thực vật, trong đó độc tính thường tăng dần theo thời gian tiếp xúc do sự tích lũy và tác động kéo dài của các hợp chất hoạt tính lên cơ thể côn trùng [44], [55]. Sự khác biệt về hoạt tính giữa hai mẫu tinh dầu có thể liên quan trực tiếp đến sự khác nhau về thành phần hóa học.

Tinh dầu *Curcuma aromatica* chứa hàm lượng cao các oxygenated sesquiterpene như methyl isocostate, curzerene và β -elemenone. Đây là những hợp chất đã được ghi nhận có khả năng tác động lên hệ thần kinh côn trùng, làm rối loạn hoạt động sinh lý và gây chết ấu trùng [37], [55]. Ngoài ra, sự hiện diện của các cấu tử như germacrone và β -santalol cũng có thể góp phần tăng cường hoạt tính sinh học của tinh dầu thông qua cơ chế tác động phối hợp giữa nhiều hợp chất. Đối với tinh dầu *Kaempferia galanga*, thành phần hóa học ưu thế là các hợp chất phenylpropanoid như (*E*)-Ethyl cinnamate và (*E*)-Ethyl-p-methoxycinnamate. Các hợp chất này được biết đến với khả năng xua đuổi côn trùng, gây độc thần kinh và ức chế enzyme acetylcholinesterase ở côn trùng [54], [61].

Tuy nhiên, mặc dù có hàm lượng phenylpropanoid cao, hoạt tính diệt ấu trùng của mẫu Địa liền *Kaempferia galanga* (DL2) vẫn thấp hơn so với mẫu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* (N2). Điều này cho thấy hiệu quả sinh học của tinh dầu không chỉ phụ thuộc vào hàm lượng của hợp chất chính mà còn chịu ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa các cấu tử trong hỗn hợp tinh dầu. Hiệu ứng hiệp đồng hoặc đối kháng giữa các hợp chất có thể làm thay đổi đáng kể hoạt tính sinh học tổng thể của tinh dầu.

Bên cạnh đó, các giá trị χ^2 thấp và $p > 0,05$ ở cả hai mẫu tinh dầu cho thấy mô hình phân tích Probit phù hợp tốt với số liệu thực nghiệm, đồng thời phản ánh độ tin cậy tương đối cao của kết quả nghiên cứu. Khoảng tin cậy 95% của các giá trị LC_{50} và LC_{90} tương đối hẹp, chứng tỏ số liệu thu được có tính ổn định và độ chính xác tốt.

Kết quả nghiên cứu cho thấy cả hai mẫu tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* (N2) và Địa liên *Kaempferia galanga* (DL2) đều có tiềm năng ứng dụng trong kiểm soát sinh học muỗi *Aedes aegypti*. Trong đó, tinh dầu Nghệ trắng thể hiện hoạt tính diệt ấu trùng nổi bật hơn, cho thấy tiềm năng phát triển thành nguồn nguyên liệu tự nhiên phục vụ nghiên cứu và sản xuất các chế phẩm diệt ấu trùng muỗi có nguồn gốc thực vật theo hướng an toàn và thân thiện với môi trường.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

Kết quả về hàm lượng tinh dầu được xác định bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước từ củ của các loài Gừng nhọn *Zingiber acuminatum* Valetton (Bình Thuận) là 0,105%, Riềng nếp *Alpinia Galanga* (Khánh Hòa) là 0,1125%, Nghệ trắng *Curcuma aromatica* Salisb (Đắk Lắk) là 0,135% và Địa liền *Kaempferia galanga* (Nghệ An) là 0,18%. Kết quả cho thấy có sự tương đồng nhau về hiệu suất thu hồi tinh dầu trong đó Địa liền *Kaempferia galanga* cho hàm lượng tinh dầu cao nhất (0,18%).

Kết quả phân tích thành phần hóa học bằng phương pháp GC-MS cho thấy các tinh dầu thuộc họ Gừng trong nghiên cứu có thành phần hóa học đa dạng, chủ yếu gồm các nhóm monoterpene, sesquiterpene, esters và phenylpropanoid. Mỗi loài thể hiện đặc trưng riêng biệt, tinh dầu Gừng nhọn *Zingiber acuminatum* ưu thế bởi sesquiterpene đặc trưng của chi *Zingiber* α -Zingiberene (27,3%), β -sesquiphellandrene (6,55%) và một số hợp chất có hàm lượng tương đối trong mẫu như endo-borneol (8,81%), α -citral (8,78%); Địa liền (*Kaempferia galanga*) giàu phenylpropanoid hai hợp chất chính là (E)-Ethyl cinnamate (53,23%) và (E)-Ethyl-p-methoxycinnamate (32,64%); Nghệ trắng (*Curcuma aromatica*) giàu sesquiterpene và phenylpropanoid mẫu Nghệ trắng (*Curcuma aromatica*) N1 Ethyl p-methoxycinnamate (14,25%), Curzerene (9,97%) (E)-Ethyl cinnamate (7,3%), mẫu Nghệ trắng (*Curcuma aromatica*) N2 lại có hàm lượng rất cao của Methyl isocostate (22,36%) và Curzerene (11,51%); trong khi Riềng nếp *Alpinia galanga* monoterpene oxygen và phenylpropanoid 4-Allylphenyl acetate ở mẫu thu ngày 18-11 (41,16%) cao hơn mẫu thu ngày 18/10 (38,94%), trong khi hàm lượng 1,8-Cineole giảm (25,42)% xuống (23,91)%.

Luận văn cũng đánh giá được hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes* của các mẫu tinh dầu. Tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N2 và Địa liền *Kaempferia galanga* DL2 đều thể hiện hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes aegypti* mạnh ở cả hai thời điểm khảo sát 24h và 48h. Trong đó, tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N2 có hoạt tính mạnh hơn với giá trị LC₅₀ và LC₉₀ thấp hơn so với tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga* DL2. Sau 48h xử lý, tinh dầu Nghệ trắng *Curcuma aromatica* N2 cho giá trị LC₅₀ và LC₉₀ lần lượt là 17,18 ppm và 21,77 ppm, thấp hơn so với tinh dầu Địa liền *Kaempferia galanga* DL2 với giá trị LC₅₀ và LC₉₀ tương ứng là 20,82 ppm và 26,51 ppm. Các giá trị χ^2 thấp và $p > 0,05$ chứng tỏ mô hình phân tích Probit phù hợp và kết quả có độ tin cậy cao

Kết quả của nghiên cứu góp phần bổ sung dữ liệu về thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của tinh dầu từ các loài thực vật thuộc họ Gừng tại Việt Nam, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc định hướng khai thác nguồn hợp chất tự nhiên

nguồn gốc thực vật an toàn và thân thiện với môi trường trong phát triển các chế phẩm sinh học kiểm soát muỗi truyền bệnh.

KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học quan trọng cho việc kiến nghị tiếp tục định hướng nghiên cứu tiếp theo về hoạt tính diệt ấu trùng muỗi và phát triển chế phẩm sinh học nguồn gốc thực vật.

Kiến nghị tiếp tục nghiên cứu sâu hơn về thành phần hóa học của tinh dầu theo mùa vụ, điều kiện sinh thái và các phương pháp chiết xuất khác nhau nhằm đánh giá sự biến động của các hợp chất chính cũng như ảnh hưởng của chúng đến hoạt tính sinh học. Nên tiến hành phân lập và xác định hoạt tính riêng lẻ của các hợp chất chủ yếu trong tinh dầu nhằm làm rõ vai trò của từng cấu tử trong hoạt tính diệt ấu trùng muỗi *Aedes aegypti*. Cần mở rộng nghiên cứu cơ chế tác động của tinh dầu và các hợp chất thành phần lên hệ sinh lý của ấu trùng muỗi nhằm làm sáng tỏ cơ chế gây độc và khả năng ứng dụng thực tiễn trong kiểm soát vector truyền bệnh.

Kiến nghị thực hiện các nghiên cứu đánh giá độc tính đối với sinh vật không mục tiêu, khả năng phân hủy sinh học và hiệu quả ứng dụng ngoài thực địa nhằm định hướng phát triển các chế phẩm sinh học có tính an toàn và khả năng ứng dụng cao trong thực tiễn. Trong tương lai, có thể nghiên cứu phát triển các dạng chế phẩm như nhũ tương nano, vi nang hoặc phối hợp tinh dầu với các tác nhân sinh học khác nhằm nâng cao hiệu quả tồn lưu và hoạt tính diệt ấu trùng muỗi.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. World Health Organization, 2025, *Dengue: global situation, surveillance and progress – 2024 update*, *Weekly Epidemiological Record*, 100(52), pp. 665-678.
2. World Health Organization, 2025, *Dengue and severe Dengue*, World Health Organization, Geneva.
3. World Health Organization, 2024, *Dengue worldwide overview*, *Weekly Epidemiological Record*, 99, pp. 113-128.
4. World Health Organization, 2025, *Chikungunya virus disease – Global situation*, *Disease Outbreak News*.
5. World Health Organization, 2024, *Zika epidemiology update – May 2024*, World Health Organization, Geneva.
6. Pham Hau V., Doan Huong T.M., Phan Thao T.T., Tran Minh Nguyen N., 2011, Ecological factors associated with Dengue fever in a central highlands Province, Vietnam, *BMC Infectious Diseases*, 11, pp. 172.
7. Bộ Y tế Việt Nam, 2025, *Báo cáo giám sát sốt xuất huyết Dengue quốc gia năm 2025*, Bộ Y tế, Hà Nội.
8. Kress W.J., Prince L.M., Williams K.J., 2002, The phylogeny and a new classification of the gingers (Zingiberaceae): evidence from molecular data, *American Journal of Botany*, 89(10), pp. 1682-1696.
9. Pushpanathan T., Jebanesan A., Govindarajan M., 2008, The essential oil of *Zingiber officinale* Linn as a mosquito larvicidal and repellent agent, *Parasitology Research*, 102(6), pp. 1289-1291.
10. AlSalhi M.S., Elumalai K., Devanesan S. và cs., 2020, The aromatic ginger *Kaempferia galanga* L. essential oil and its main compounds are effective larvicidal agents, *Industrial Crops and Products*, 158, pp. 113004.
11. Rajeswary M., Govindarajan M., Alharbi N.S. và cs., 2018, *Zingiber cernuum* essential oil as effective larvicide and oviposition deterrent, *Environmental Science and Pollution Research*, 25(29), pp. 29215-29224.
12. Huong L.T. và cs., 2020, Mosquito larvicidal activity of the essential oil of *Zingiber collinsii*, *Journal of Oleo Science*, 69(2), pp. 153-160.
13. Phukerd U., Soonwera M., 2013, Larvicidal and pupicidal activities of essential oils from Zingiberaceae plants, *Parasitology Research*, 112(9), pp. 3323-3330.
14. Pavela R., Benelli G., 2016, Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints, *Trends in Plant Science*, 21(12), pp. 1000-1007.

15. Trần Hợp, 2018, *Họ Gừng (Zingiberaceae) ở Việt Nam*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
16. Nguyễn Thị Thu Hiền và cs., 2021, Thành phần hóa học và hoạt tính diệt ấu trùng muỗi của tinh dầu một số loài Zingiberaceae, *Tạp chí Dược học*, 56(3), tr. 45-52.
17. Lê Thị Hồng Nhung và cs., 2022, Khảo sát hoạt tính larvicidal của tinh dầu *Kaempferia galanga* và *Zingiber zerumbet* đối với *Aedes aegypti*, *Tạp chí Khoa học Đại học Đà Lạt*, 12(2), tr. 78-89.
18. Viện Hóa học Việt Nam, 2023, *Báo cáo nghiên cứu tinh dầu một số loài thực vật họ Gừng*.
19. Võ Văn Chi, 2012, *Từ điển cây thuốc Việt Nam*, Tập 2, NXB Y học, Hà Nội.
20. Loureiro J., 1793, *Flora Cochinchinensis*.
21. Gagnepain M.F., 1908, Zingibéracées, *Flore générale de l'Indo-Chine*, 6, pp. 25-121.
22. Nguyễn Quốc Bình, 2017, *Họ Gừng - Zingiberaceae Lindl.*, *Thực vật chí Việt Nam*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
23. Phạm Hoàng Hộ, 2000, *Cây cỏ Việt Nam*, Tập 3, NXB Trẻ, Thành phố Hồ Chí Minh, tr. 432-461.
24. Zheljaskov V.D. và cs., 2013, Essential oils from nine Zingiberaceae species grown in the USA, *Industrial Crops and Products*, 44, pp. 185-190.
25. Nguyễn Đăng Minh Chánh, Trịnh Thị Nga, 2022, Nghiên cứu thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của loài Gừng nhọn ở Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 6, tr. 31-38.
26. World Health Organization, 2019, *WHO global report on traditional and complementary medicine 2019*, World Health Organization, Geneva.
27. Ansari Shadab và cs., 2021, Role of traditional medicine systems in healthcare, *Journal of Ethnopharmacology*, 268, pp. 113600.
28. Nguyễn Quốc Bình, 2011, *Họ Gừng (Zingiberaceae) ở Việt Nam*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
29. Kawada H., 2009, Nationwide investigation of the pyrethroid susceptibility of mosquito larvae collected from used tires in Vietnam, *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 3(3), pp. e391.
30. Nguyễn Quốc Bình, 1994, Thành phần tinh dầu một số loài họ Gừng ở Việt Nam, *Tạp chí Sinh học*, 16(4), tr. 143-145.
31. Yuan Haidan, Ma Qianqian, Ye Lei, Piao Guangchun, 2016, The traditional medicine and modern medicine from natural products, *Pharmacological*

- Research*, 113, pp. 548-562.
32. Ekor Martins, 2014, The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety, *Frontiers in Pharmacology*, 4, pp. 177.
 33. Barnes Patricia M., Bloom Barbara, Nahin Richard L., 2016, Complementary and alternative medicine use among adults and children, *National Health Statistics Reports*, 95, pp. 1-23.
 34. Wu Zhengyi, Raven Peter H., Hong Deyuan, 2000, *Flora of China, Vol. 24: Zingiberaceae*, Science Press, Beijing và Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
 35. Wohlmuth Hans, Smith Michael K., Brooks Linda O., Myers Stephen P., Leach David N., 2006, Essential oil composition of *Zingiber* species, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, pp. 1414-1419.
 36. Jantan Ibrahim, Ahmad Abdul Samad, Ahmad Abdul Rahman, 2005, Chemical constituents of essential oils of *Curcuma* species, *Journal of Essential Oil Research*, 17, pp. 552-556.
 37. Dosoky Noura S., Setzer William N., 2018, Chemical composition and biological activities of essential oils of *Curcuma* species, *Molecules*, 23, pp. 2478.
 38. Baser K. Hüsnü Can, Buchbauer Gerhard, 2015, *Handbook of essential oils: science, technology and applications*, CRC Press, Boca Raton.
 39. Gershenzon Jonathan, Dudareva Natalia, 2007, The function of terpene natural products in the natural world, *Nature Chemical Biology*, 3, pp. 408-414.
 40. Nerio Luz S., Olivero-Verbel Jesús, Stashenko Elena, 2010, Repellent activity of essential oils: a review, *Bioresource Technology*, 101, pp. 372-378.
 41. Sousa Diego Pereira, 2015, *Bioactive essential oils and cancer*, Springer.
 42. Dewick Paul M., 2009, *Medicinal natural products: a biosynthetic approach*, Wiley, Chichester.
 43. Singh Gurdeep, Kapoor Inder P.S., Singh Paramjit, Heluani Cecilia S., Lampasona María P., Catalan Carlos A.N., 2008, Chemistry, antioxidant and antimicrobial activity of essential oil of ginger, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, pp. 10203-10209.
 44. Pavela Roman, 2015, Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides, *Industrial Crops and Products*, 76, pp. 174-187.
 45. Isman Murray B., 2006, Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture, *Annual Review of Entomology*, 51, pp. 45-66.

46. Benelli Giovanni, Mehlhorn Heinz, 2016, Declining malaria and rising Dengue and Zika virus: insights for mosquito vector control, *Parasitology Research*, 115, pp. 1747-1754.
47. Adams Robert P., 2007, *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*, Allured Publishing, Illinois.
48. Nguyễn Thị Minh Hạnh, Trần Văn Oanh, 2017, Thành phần hóa học của tinh dầu gừng tại Việt Nam, *Tạp chí Dược liệu*, 22(3), tr. 45-50.
49. Trần Thị Thu Hiền và cs., 2019, Sự biến đổi thành phần tinh dầu của *Zingiber officinale* trồng ở các vùng sinh thái khác nhau tại Việt Nam, *Vietnam Journal of Agricultural Science*, 17(2), tr. 95-102.
50. Lê Thị Thanh Huyền và cs., 2020, Hoạt tính kháng khuẩn và chống oxy hóa của tinh dầu gừng, *Vietnam Journal of Science and Technology*, 58(4), tr. 421-428.
51. Phạm Thị Thu, Nguyễn Văn Hùng, 2021, Hoạt tính sinh học của tinh dầu các loài thuộc họ Gừng tại Việt Nam, *Tạp chí Sinh học*, 43(2), tr. 85-93.
52. Isman Murray B., 2000, Plant essential oils for pest and disease management, *Crop Protection*, 19, pp. 603-608.
53. Tewtrakul Somdej và cs., 2005, Chemical composition and antimicrobial activity of *Kaempferia galanga* essential oil, *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27, pp. 503-507.
54. Chudiwal Ashok K. và cs., 2010, *Alpinia galanga*: a review on phytochemistry and pharmacology, *Pharmacognosy Reviews*, 4, pp. 22-26.
55. Isman Murray B., 2020, Botanical insecticides in the twenty-first century – fulfilling their promise?, *Annual Review of Entomology*, 65, pp. 233-249.
56. Benelli Giovanni, 2015, Plant-derived mosquito repellents: a review of trends and challenges, *Parasitology Research*, 114, pp. 4041-4052.
57. Trịnh Thị Hương, Nguyễn Thị Thanh Hương, Lê Thị Hương, 2017, Các hợp chất dễ bay hơi từ loài Gừng gió (*Zingiber zerumbet*) ở Vườn Quốc gia Bến En, Thanh Hóa, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 33(1S), tr. 263-267.
58. Buckle P., 2003, *The Essence of Aromatherapy: The Science of Essential Oil Therapy*.
59. World Health Organization, 2005, *Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides*, World Health Organization, Geneva.
60. Sharifi-Rad J., Sureda A., Tenore G.C. và cs., 2017, Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems,

- Molecules*, 22(1), pp. 70.
61. Koul O., Walia S., Dhaliwal G.S., 2008, Essential oils as green pesticides: Potential and constraints, *Biopesticides International*, 4(1), pp. 63-84.
 62. Guenther E., 1948, *The Essential Oils*, Vol. 1, D. Van Nostrand Company Inc., New York.
 63. Bou Diego Dinis, Lago Joao Henrique G., Figueiredo Carlos R., Matsuo Alisson L., Guadagnin Rafael C., Soares Marisi G., Sartorelli Patricia, 2013, Chemical composition and cytotoxicity evaluation of essential oil from leaves of *Casearia sylvestris*, its main compound α -Zingiberene and derivatives, *Molecules*, 18(8), pp. 9477-9487.
 64. Regnault-Roger Catherine, Vincent Charles, Arnason John T., 2012, Essential oils in insect control, *Annual Review of Entomology*, 57, pp. 405-424.
 65. Bộ Y tế, 2009, *Dược điển Việt Nam IV*, NXB Y học, Hà Nội.
 66. Bui Van Nguyen, Nguyen Huy Hung, Prabodh Satyal, Do Ngoc Dai, Le Thi Huong, Vu Thi Hien, Le Cong Hoan, Le Do Thuy Vi, William N. Setzer, 2022, Chemical Composition and Pesticidal Activity of *Alpinia galanga* (L.) Willd. Essential Oils in Vietnam, *Records of Natural Products*, 16(2), pp. 182-187

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

Bui Van Nguyen, Hoang Van Trung, Tran Thi Thanh Nga, Vo Thi Kim Hau, Vu Thi Hien, Nguyen Huy Hung, 2025, “Chemical composition of essential oil from the rhizome of *Alpinia galanga* Willd. grown in Khanh Hoa”, Báo cáo tại *Hội nghị Hóa học toàn quốc lần thứ IX: Hóa học Việt Nam vì sự phát triển xanh, bền vững*, Hà Nội

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1. DÙNG CÔNG THỨC ABBOTT TÍNH TỶ LỆ CHẾT CỦA CÁC NHÓM ĐƯỢC THỬ NGHIỆM

Tính toán cho từng nồng độ: TD gừng đen ND1 - *Ae. aegypti* (18/01/2025)

Đôi chứng EtOH (X): Ở tất cả các nồng độ, nhóm đôi chứng có 100% ấu trùng sống sau 24h và 48h. Abbott correction không thay đổi kết quả vì tất cả các ấu trùng đôi chứng đều sống. Nồng độ 100 µg/mL. Tất cả ấu trùng chết (100% tử vong sau 24h và 48h). Không cần điều chỉnh, tử vong thực tế = **100%**.

Nồng độ 50 µg/mL

Sau 24h

Trung bình số ấu trùng chết: $\frac{(6+6+11+10)}{4} = 8,25$

Tỷ lệ tử vong: $\frac{8,25}{25} \times 100 = 33\%$

Sau 48h

Trung bình số ấu trùng chết: $\frac{13+16+15+19}{4} = 15,75$

Tỷ lệ tử vong: $\frac{15,75}{25} \times 100 = 63\%$

Nồng độ 25 µg/mL và 12,5 µg/mL Không có ấu trùng chết sau 24h và 48h.

Tỷ lệ tử vong = **0%**.

Kết luận

Nồng độ (µg/mL)	Tỷ lệ tử vong (24h)	Tỷ lệ tử vong (48h)
100	100%	100%
50	33%	63%
25	0%	0%
12,5	0%	0%

Vì đôi chứng có 100% sống sót, kết quả này không cần điều chỉnh theo công thức Abbott. Để đảm bảo độ chính xác trong thí nghiệm, dung dịch gốc được chuẩn bị : hòa tan tinh dầu vào dung môi phù hợp, tạo thành hỗn hợp đồng nhất. Từ dung dịch gốc này, những nồng độ thử nghiệm khác nhau được pha loãng theo cấp số nhằm xác định ngưỡng hoạt tính diệt ấu trùng.

Quá trình đánh giá hiệu quả diệt ấu trùng của tinh dầu : Làm rõ khoảng nồng độ thử nghiệm: Ấu trùng muỗi được tiếp xúc với tinh dầu ở nồng độ khác nhau để xác định phạm vi nồng độ có tác dụng diệt ấu trùng trong vòng 24 và 48 giờ. Thí nghiệm trên ấu trùng tuổi III và IV: Ấu trùng *Aedes aegypti* ở giai đoạn phát triển thứ III hoặc IV được đưa vào cốc thủy tinh chứa 150 mL nước, với mỗi lô thử nghiệm gồm 25 cá thể. Mỗi nồng độ được thực hiện lại 4 lần để đảm bảo độ chính xác. Quan sát và ghi nhận kết quả: Sau 24 và 48 giờ, tỷ lệ ấu trùng tử vong được ghi chép để xác

định tác động của tinh dầu. Những ấu trùng không có phản ứng khi kích thích nhẹ được coi là đã chết. Điều chỉnh tỷ lệ tử vong (nếu cần): Trong trường hợp tỷ lệ tử vong của nhóm đối chứng dao động từ 5–20%, công thức Abbott sẽ được áp dụng để hiệu chỉnh, loại bỏ sai số do các tác động của ngoại cảnh. *Aedes*, *Anopheles* Và *Culex* là 3 loài muỗi chính lan truyền bệnh ở người trong số hơn 2700 loài muỗi. Trong đó, *Aedes aegypti* là vector truyền rất nhiều những căn bệnh nguy hiểm lây nhiễm sang người như sốt xuất huyết, Chikungunya và virus Zika,...[84]. Việt Nam có khí hậu nhiệt đới, nóng ẩm gió mùa, thích hợp để các loài muỗi trên phát triển và lan truyền bệnh. Vì thế, bên cạnh việc phát triển các thuốc chữa bệnh do muỗi truyền, nghiên cứu các thuốc có tác dụng xua hay diệt muỗi cũng rất cần thiết và cấp bách.

PHỤ LỤC 2. KHẢO SÁT ĐỊA ĐIỂM LẤY MẪU

Gừng nhon



Địa liên



Nghệ trắng



Riềng nếp

