



**Università
degli Studi
di Palermo**

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO
SETTORE DOTTORATI E CONTRATTI PER LA RICERCA
U. O. DOTTORATI DI RICERCA

Dottorato in Scienze Molecolari e Biomolecolari
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche
Settore Scientifico Disciplinare CHEM-05/A

COMPOSTI FUNZIONALI DA PIANTE SELVATICHE COMESTIBILI E NEI RIFIUTI AGROALIMENTARI

IL DOTTORE
ANTONELLA PORRELLO

IL COORDINATORE
PROF.SSA GIOVANNA PITARRESI

IL TUTOR
PROF.SSA ANTONELLA MARIA MAGGIO

CO TUTOR
PROF. MAURIZIO BRUNO

CICLO XXXVIII
ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2025



Sommario

1. INTRODUZIONE	5
1.1 Sostenibilità	5
1.1.1 Sostenibilità dei sistemi alimentari.....	5
1.1.2 Food Integrity	8
1.1.2.1 Qualità e sicurezza alimentare	8
1.2 Risorse vegetali.....	10
1.2.1 Biodiversità e agrobiodiversità.....	10
1.2.2 Piante selvatiche edibili.....	12
1.2.3 Agri-food waste.....	14
1.2.3.1 Sottoprodotti di frutta e ortaggi	15
1.2.3.2 Sottoprodotti dei cereali e della birrificazione.....	16
1.3 Sostanze naturali	16
1.3.1 Etnobotanica.....	16
1.3.2 Studio delle sostanze naturali	17
1.3.2.1 Estratti	20
1.3.2.2 Oli essenziali.....	21
1.3.3 Applicazioni industriali e commerciali	23
1.3.3.1 Agroalimentare	24
1.3.3.2 Farmaceutico e nutraceutico	26
1.3.3.3 Cosmetico	28
1.3.3.4 Altri settori industriali.....	29
1.4 Obiettivo della tesi	30
2. RISULTATI E DISCUSSIONE	32
2.1 Scarti vegetali	32
2.1.1 Vinaccioli	32
2.1.1.1 Estrazione delle proteine dai semi d'uva	34
2.1.1.2 Caratterizzazione delle proteine.....	35
2.1.1.3 Prova di chiarifica del vino	38
2.1.1.4 Profili degli acidi grassi totali degli oli di semi d'uva	40
2.1.1.5 Composizione fenolica dei semi d'uva	42
2.1.1.6 Attività antiossidante.....	44
2.1.1.7 Burrocacao con olio di vinaccioli: potenziale antiossidante e risultati preliminari	46
2.2 Piante selvatiche edibili.....	47
2.2.1 Apiaceae	47
2.2.1.1 <i>Angelica</i> L.....	48
2.2.1.2 <i>Cachrys</i> L.....	51
2.2.1.3 <i>Crithmum</i> L.....	53
2.2.1.4 <i>Daucus</i> L.....	60
2.2.1.5 <i>Geocaryum</i> Coss.	74
2.2.1.6 <i>Pimpinella</i> L.....	76
2.2.1.7 <i>Torilis</i> L.....	83



2.2.2 Asteraceae.....	85
2.2.2.1 <i>Bellis</i> L.....	86
2.2.2.2 <i>Calendula</i> L.	89
2.2.2.3 <i>Echinops</i> L.	92
2.2.2.4 <i>Pulicaria</i> Gaertn.....	96
2.2.3 Fabaceae.....	107
2.2.3.1 <i>Astragalus</i> L.....	108
2.2.3.2 <i>Cytisus</i> Desf.	113
2.2.3.3 <i>Onobrychis</i> Miller.....	116
2.2.4 Lamiaceae.....	118
2.2.4.1 <i>Nepeta</i> L.....	119
2.2.4.2 <i>Orthosiphon</i> Benth.....	122
2.2.4.3 <i>Plectranthus</i> L'Hér.	128
2.2.4.4 <i>Scutellaria</i> L.....	130
3. CONCLUSIONI.....	134
4. PARTE SPERIMENTALE	137
4.1 Materiale vegetale	137
4.1.1 Vinaccioli	137
4.1.2 Apiaceae	137
4.1.3 Asteraceae	139
4.1.4 Fabaceae	139
4.1.5 Lamiaceae.....	140
4.2 Procedure generali per i composti volatili.....	141
4.2.1 Estrazione	141
4.2.2 Isolamento dei composti puri	142
4.2.2.1 Isolamento dello xantossilina (Xan).....	142
4.2.3 Gascromatografia-spettrometria di massa (GC-MS) degli oli essenziali.....	142
4.2.4 Risonanza magnetica nucleare (NMR)	142
4.2.5 Analisi statistiche: PCA (Principal Components Analysis) e HCA (Hierarchical Cluster Analysis).....	143
4.3 Procedure generali per i composti non volatili.....	143
4.3.1 Procedura di estrazione multi-step della frazione proteica dai vinaccioli.....	143
4.3.2 Elettroforesi su gel di poliacrilammide con sodio dodecil solfato (SDS-PAGE)	144
4.3.3 Analisi proteomica sui campioni di pellet proteici da vinaccioli	144
4.3.4 Derivatizzazione degli acidi grassi e analisi GC-MS.....	146
4.3.5 Analisi HPLC/MS/ESI/Q-ToF della frazione fenolica.....	147
4.4 Attività biologica	147
4.4.1 Attività Antimicrobica	147
4.4.1.1 Selezione dei ceppi batterici	147
4.4.1.2 Saggi di diffusione su agar.....	148
4.4.1.3 Saggio di sopravvivenza batterica (conteggio CFU)	148
4.4.1.4 Determinazione della concentrazione minima inibente (MIC).....	148
4.4.1.5 Saggio di vitalità basato su fluorescenza con DAPI e PI e microscopia a fluorescenza.....	148
4.4.1.6 Saggi di inibizione e disgregazione del biofilm (solo per Dn)	149
4.4.2 Attività antiossidante	149



4.4.2.1 Attività antiradicalica degli oli essenziali	149
4.4.2.2 Attività antiossidante su cellule	150
4.4.2.3 Attività antiradicalica degli estratti di vinaccioli	151
4.4.3 Attività Citotossica	152
4.4.3.1 Saggio di vitalità cellulare su cellule HaCaT trattate con Dn	152
4.4.3.2 Linee cellulari, condizioni di coltura e saggi per la valutazione della citotossicità di Pi1, Xan e Pi2	152
4.4.3.3 Saggio di vitalità cellulare (CCK-8) su cellule HaCaT trattate con Os	153
4.4.3.4 Analisi statistica	154
4.5 Applicazioni tecnologiche	154
4.5.1 Test di chiarifica	154
4.5.2 Analisi della torbidità	154
4.5.3 Determinazione della stabilità del colore	154
4.5.4 Preparazione burrocacao	154
5. APPENDICE	156
6. BIBLIOGRAFIA	220

1. INTRODUZIONE

1.1 Sostenibilità

Nel 1987, la Commissione Brundtland delle Nazioni Unite ha definito la sostenibilità come un approccio in grado di “soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri” (Brundtland, 1987).

Oggi sono quasi 140 i Paesi in via di sviluppo che cercano di soddisfare le loro esigenze di sviluppo, ma con la crescente minaccia del cambiamento climatico, è necessario compiere sforzi concreti per garantire che lo sviluppo di oggi non influisca negativamente sulle generazioni future (United Nations Environment Programme, 2023).

1.1.1 Sostenibilità dei sistemi alimentari

La sostenibilità alimentare rappresenta un concetto chiave nell’ambito delle sfide globali contemporanee, in quanto strettamente connessa all’impatto ambientale dovuto alle abitudini alimentari. Un sistema alimentare sostenibile è definito come un sistema capace di garantire sicurezza alimentare e un adeguato apporto nutrizionale per tutta la popolazione, nel rispetto dei limiti ecologici del pianeta. Esso dunque si fonda sulla promozione di diete sane e bilanciate dal punto di vista nutrizionale, basate su pratiche produttive che minimizzino l’impatto ambientale, in particolare in termini di consumo di risorse idriche, emissioni di gas serra e salvaguardia della biodiversità e degli ecosistemi naturali.

I sistemi alimentari contemporanei, i quali comprendono l'intera filiera agroalimentare: dalla produzione primaria alla trasformazione, dal confezionamento al trasporto, fino alla distribuzione e al consumo finale, si rivelano in larga parte inefficaci e insostenibili, contribuendo in misura significativa tanto all’insicurezza alimentare quanto al degrado ambientale e climatico (FAO, 2021).

L’impatto ambientale della filiera agroalimentare, unito alla pressione demografica e alla crescente urbanizzazione, rappresentano i principali fattori critici (HLPE, 2020). In tale contesto, occorre concentrare l’attenzione su due fenomeni che incidono particolarmente sulla sostenibilità alimentare, ovvero il sovrasfruttamento delle risorse naturali e la sovrapproduzione, entrambi alimentati da modelli di consumo e produzione eccessivi (IPCC, 2022).

La sovrapproduzione alimentare, in particolare, è strettamente legata al fenomeno del consumo eccessivo, inteso non soltanto come sovralimentazione individuale, ma anche come insieme di pratiche d’acquisto condizionate da dinamiche sociali, logiche di mercato e fattori psicologici (Jackson, 2005). La produzione sistematica di quantità eccedenti di beni alimentari rispetto alla domanda reale risponde a una logica di mercato volta a soddisfare, e spesso ad anticipare, le preferenze mutevoli dei consumatori. Sebbene ciò sia finalizzato all’aumento della “customer satisfaction”, tale strategia si traduce in un notevole incremento dello spreco alimentare, sollevando questioni rilevanti in termini di sostenibilità economica, ambientale e sociale (Gustavsson et al. 2011).

Parallelamente, considerando anche che il sistema alimentare globale contribuisce in modo sostanziale alle emissioni antropogeniche di gas serra (GHG) e di inquinanti atmosferici, la sovrapproduzione di generi alimentari è una questione da non trascurare nell’ottica di un’ottimizzazione della sostenibilità di questi settori. Infatti, le emissioni riconducibili all’intera filiera alimentare, dalla produzione primaria fino allo smaltimento dei residui, superano di gran lunga quelle attribuibili al solo settore agricolo e all’uso del suolo, rappresentando circa un terzo delle emissioni globali di gas climalteranti (Crippa et al. 2021). Questo dato evidenzia come il comparto agroalimentare, se non

profondamente riformato, possa compromettere il raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo di Parigi, che prevede di mantenere l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli preindustriali (IPCC, 2018).

Il cibo deve essere coltivato, raccolto o catturato, trasportato, trasformato, confezionato, distribuito, cucinato e infine smaltito; ogni fase implica un impiego significativo di energia, la cui produzione e distribuzione contribuiscono ulteriormente alle emissioni (Vermeulen et al. 2012). Inoltre, il settore agroalimentare è responsabile di circa il 70% del consumo globale di acqua dolce, configurandosi come uno dei principali fattori di pressione sugli ecosistemi naturali e sui sistemi climatici (FAO, 2017a).

Un ulteriore aspetto critico per la sostenibilità alimentare è rappresentato dallo spreco e dalle perdite di cibo lungo tutte le fasi della filiera alimentare. Le stime più recenti indicano che circa un terzo del cibo prodotto a livello globale, pari a circa 1,3 miliardi di tonnellate all'anno, viene perso o sprecato (FAO, 2011). Questo dato appare particolarmente drammatico se confrontato con i livelli attuali di insicurezza alimentare: nel 2022, circa il 9,2% della popolazione mondiale (equivalente a 735 milioni di persone) ha sofferto di fame cronica, con un aumento di 122 milioni rispetto al 2019 (FAO, 2023). Lo spreco alimentare, quindi, non solo rappresenta un'enorme inefficienza del sistema, ma contribuisce anche in modo significativo alle emissioni climalteranti e alla pressione ambientale, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo.

Il problema dello spreco è sistemico e riguarda l'intera catena del valore: dalla produzione agricola alla distribuzione, dalla gestione dei rifiuti allo smaltimento finale. In relazione a ciò, per affrontarlo in maniera strutturale, sarebbe necessario un coinvolgimento attivo di tutti gli attori della filiera alimentare (agricoltori, trasformatori, distributori e consumatori) all'interno di un approccio integrato (Papargyropoulou et al. 2014).

Alla luce delle crescenti criticità ambientali e sociali associate agli attuali sistemi alimentari, quali l'eccessivo sfruttamento delle risorse, l'impatto sul clima, la perdita di biodiversità, l'insicurezza alimentare e lo spreco di cibo, sono state sviluppate e promosse a livello internazionale diverse strategie orientate alla sostenibilità e alla resilienza del sistema agroalimentare (Mazur-Włodarczyk & Gruszecka-Kosowska, 2024).

Una delle principali risposte politiche e strategiche è rappresentata dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, che delinea 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) (Fig. 1.1), almeno sette dei quali sono direttamente collegati all'alimentazione e alla sicurezza nutrizionale (United Nations, 2015). Tali obiettivi riflettono la volontà di affrontare in modo integrato sfide globali come la fame, la povertà, il degrado ambientale e i cambiamenti climatici.



Figura 1.1. I 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile riportati nell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.

A livello europeo, l'European Green Deal si configura come il fulcro delle politiche climatiche e ambientali dell'Unione Europea, con l'ambizioso obiettivo di rendere l'Europa il primo continente climaticamente neutro entro il 2050 (European Commission, 2019). Questo impegno, reso giuridicamente vincolante dalla Legge europea sul clima, prevede una riduzione del 55% delle emissioni nette di gas serra entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990, attraverso il pacchetto legislativo "Fit for 55" (European Commission, 2021). Tale strategia si articola in una serie di misure che includono la decarbonizzazione dell'economia, la promozione dell'economia circolare, la riforma del mercato energetico e il sostegno equo alla transizione verde.

Nel contesto delle politiche alimentari, la strategia Farm-to-Fork (dal produttore al consumatore) rappresenta uno degli strumenti chiave per la transizione verso sistemi alimentari sostenibili (European Commission, 2020). Questa strategia mira a garantire l'accesso a cibo sano, nutriente e sostenibile per tutti, riducendo l'impronta ambientale della filiera alimentare, promuovendo pratiche agricole ecocompatibili e affrontando in modo sistemico la questione dello spreco alimentare (Fig. 1.2).

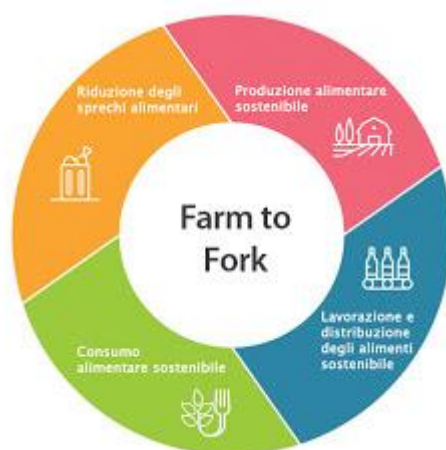


Figura 1.2. Obiettivi principali della strategia Farm to Fork.

Tra i suoi obiettivi principali figurano: la riduzione del 50% dell'uso e del rischio dei pesticidi chimici, la riduzione del 20% dei fertilizzanti, il dimezzamento delle vendite di antimicrobici nel settore zootecnico e l'estensione dell'agricoltura biologica al 25% della superficie agricola totale.

Parallelamente, nel 2019 la Commissione EAT-Lancet ha proposto la Planetary Health Diet, una dieta di riferimento progettata per coniugare la salute umana con la sostenibilità planetaria (Willett et al. 2019). Questo approccio alimentare incoraggia il consumo prevalente di alimenti di origine vegetale e la significativa riduzione di carni rosse, zuccheri aggiunti e grassi saturi, contribuendo non solo alla prevenzione di patologie croniche, ma anche alla mitigazione del cambiamento climatico e alla conservazione delle risorse naturali.

Un ulteriore fronte strategico riguarda la lotta contro le perdite e gli sprechi alimentari, già sopra menzionati come essere tra le sfide più rilevanti dell'attuale sistema agroalimentare. Per questo motivo, il recupero e la valorizzazione dei rifiuti alimentari, attraverso tecnologie sostenibili, il riutilizzo in bioenergia o bioprodotto, e la redistribuzione sociale, sono considerati strumenti prioritari per la costruzione di un sistema alimentare più equo e circolare (Mazur-Włodarczyk & Gruszecka-Kosowska, 2024).

In sintesi, l'interazione tra le politiche internazionali (Agenda 2030, Accordo di Parigi), le strategie europee (Green Deal, Farm-to-Fork), gli approcci dietetici (Planetary Health Diet) e le tecnologie per la gestione dei rifiuti alimentari costituisce un quadro integrato di soluzioni orientate a trasformare radicalmente il modo in cui produciamo, distribuiamo e consumiamo il cibo, nel rispetto dei limiti ecologici del pianeta e dei diritti fondamentali delle generazioni presenti e future (Mazur-Włodarczyk & Gruszecka-Kosowska, 2024; FAO, 2023).

1.1.2 Food Integrity

Il concetto di Food Integrity (integrità alimentare) rappresenta un approccio olistico alla produzione alimentare, che va oltre la semplice sicurezza degli alimenti. Include la qualità, l'autenticità, la sostenibilità, l'etica e la trasparenza lungo tutta la filiera. Si basa su quattro pilastri: integrità del prodotto, del processo, delle persone e dei dati. È strettamente legato alla prevenzione delle frodi alimentari e promuove un clima organizzativo orientato alla responsabilità e alla consapevolezza, noto come Food Integrity Climate. Favorire la Food Integrity significa contribuire a un sistema alimentare più sicuro, equo e sostenibile, con benefici sia per i consumatori che per l'ambiente (Manning & Soon, 2016).

1.1.2.1 Qualità e sicurezza alimentare

La qualità di un prodotto agroalimentare è definita dalla norma UNI EN ISO 8402 (1995) come la capacità di soddisfare le esigenze del consumatore che ne usufruisce, sia esso un bene o un servizio. Tuttavia, questo concetto può assumere significati differenti in base al punto di vista considerato. Esistono infatti molteplici dimensioni della qualità alimentare, alcune oggettive, legate alle caratteristiche intrinseche dell'alimento, e altre soggettive, influenzate dalle aspettative, dai gusti e dalle esigenze individuali dei consumatori. Nel tempo, l'idea di qualità ha subito un'evoluzione significativa, in gran parte determinata proprio dai consumatori, sempre più attenti a prodotti che siano non solo buoni da mangiare, ma anche sani, sicuri, nutrizionalmente validi, prodotti nel rispetto dell'ambiente, del benessere animale e dei diritti dei lavoratori (Brunori et al. 2016). Questo cambiamento ha portato a una ridefinizione dei parametri attraverso cui oggi si valuta la qualità di un alimento.

Prima di arrivare sulle nostre tavole, ogni alimento percorre una lunga filiera, durante la quale diversi fattori concorrono a determinarne la qualità complessiva. Uno dei primi aspetti che incide sulla percezione della qualità è quello legato all'origine del prodotto. Alcuni alimenti, infatti, sono strettamente legati al territorio e alla tradizione locale, espressione di tipicità e di processi produttivi tramandati da generazioni. In questo contesto si inseriscono le certificazioni ufficiali, come la Denominazione d'Origine Protetta (DOP) e l'Indicazione Geografica Protetta (IGP), che riconoscono e tutelano questi prodotti. L'Italia, in particolare, detiene il primato europeo per numero di riconoscimenti DOP e IGP, a testimonianza della forte connessione tra eccellenze agroalimentari e territorio (ISMEA, 2023). Questi marchi consentono non solo di valorizzare le produzioni locali e i produttori, ma anche di proteggere i prodotti da imitazioni, fornendo al consumatore uno strumento di orientamento e garanzia.

Un altro elemento fondamentale della qualità è il valore nutrizionale, determinato dal contenuto di macro e micronutrienti e dalla capacità dell'alimento di apportare benefici alla salute. Tale qualità può essere considerata sia sotto il profilo quantitativo, ossia in termini di apporto energetico, sia qualitativo, in base alla varietà e combinazione dei nutrienti presenti. Queste informazioni, accessibili attraverso un'attenta lettura dell'etichetta, sono fondamentali per una scelta consapevole. La qualità nutrizionale dipende in larga misura dalla selezione delle materie prime e dal controllo rigoroso in ogni fase del processo produttivo (FAO, 2019).

Tuttavia, la qualità di un alimento non può prescindere dalla sua sicurezza igienico-sanitaria. Un alimento di qualità, infatti, non deve comportare rischi per la salute: deve essere privo di contaminazioni chimiche o microbiologiche e rispettare rigorosi standard igienici stabiliti per legge. Questo principio è alla base del concetto di sicurezza alimentare, che va garantita lungo tutta la filiera, a partire dalla produzione primaria. A tal fine, tutti gli operatori del settore alimentare sono tenuti ad adottare il sistema HACCP, strumento obbligatorio per monitorare e prevenire i rischi (Regolamento CE n. 852/2004). La perdita della qualità igienica di un alimento, ad esempio in seguito ad un'alterazione della sua composizione, implica dei rischi per la salute del consumatore. I pericoli legati a questo aspetto possono derivare essenzialmente da contaminazione alimentare o da alterazioni nella composizione. Il primo fattore è legato alla presenza di fattori estranei all'alimento causata da interventi che possono essere dolosi (sostituzioni e frodi), colposi (disattenzione, imperizia nella manipolazione, conservazione ecc.) o causati involontariamente e che può essere di origine chimica (pesticidi, metalli pesanti ecc.) o microbiologica (batteri, virus, micotossine ecc.). Per quanto riguarda l'alterazione alimentare, in questo caso si intendono le normali trasformazioni che possono presentarsi in un alimento e che sono fortemente influenzate dalle condizioni di conservazione. La conservazione di un alimento di porta ad introdurre un altro criterio per la qualità alimentare, ovvero quello che si esprime anche attraverso aspetti merceologici, ovvero il rispetto delle caratteristiche tecnologiche e commerciali previste per ciascuna categoria di prodotto. Per i consumatori, un aspetto rilevante è rappresentato dalla shelf-life, ovvero la durata del prodotto, che ne indica la capacità di conservarsi nel tempo mantenendo intatte le sue proprietà (Calligaris et al. 2016).

Tra i diversi aspetti legati alla qualità, cresce l'attenzione per quella ambientale, che riguarda l'impatto dei processi produttivi sull'ecosistema, la sostenibilità e l'adozione di pratiche agricole ecocompatibili. Secondo la FAO (2010), una dieta sostenibile è quella che ha un basso impatto ambientale, è nutrizionalmente adeguata, economicamente accessibile e rispettosa delle tradizioni alimentari locali. Da questo punto di vista, la Dieta Mediterranea emerge come modello virtuoso, in quanto unisce benefici per la salute a una ridotta impronta idrica, cioè a un consumo limitato di acqua nei processi produttivi (Tucci et al. 2022).

La qualità ambientale rappresenta in realtà un aspetto di un concetto un po' più ampio che si potrebbe definire con qualità etica di un prodotto alimentare, quest'ultima implica una riflessione più ampia sul modo in cui viene soddisfatto il bisogno universale di cibo sano. Dal punto di vista etico-ambientale, l'agricoltura e gli allevamenti intensivi, sebbene efficienti dal punto di vista produttivo, possono avere un impatto distruttivo sull'ambiente e sul benessere animale, rappresentando una negazione dei principi biologici fondamentali (Wawrzyniak, 2023). L'etica alimentare comprende anche il rispetto dei diritti dei lavoratori agricoli, il riconoscimento di un giusto compenso e l'adozione di pratiche più eque e sostenibili lungo tutta la filiera.

Infine, ma non meno importante, c'è la qualità organolettica, ovvero l'insieme delle caratteristiche percepibili dai sensi, come l'aspetto, il profumo, il gusto, la consistenza. Si tratta di valutazioni soggettive, che variano da persona a persona e sono fortemente influenzate da fattori culturali, psicologici e sociali, ma che giocano un ruolo decisivo nella scelta e nell'apprezzamento di un alimento (Deliza & MacFie, 1996). In conclusione, la qualità alimentare è un concetto complesso e multidimensionale, che nasce dall'interazione tra tutti gli elementi che compongono la filiera produttiva, dal campo alla tavola. Solo considerando in modo integrato tutti questi aspetti, nutrizionali, sanitari, ambientali, etici, sensoriali e territoriali, è possibile comprendere pienamente cosa significhi davvero scegliere un alimento di qualità.

1.2 Risorse vegetali

1.2.1 Biodiversità e agrobiodiversità

Il concetto di biodiversità è stato definito in modi diversi da numerosi studiosi e istituzioni, riflettendo la complessità e la multidimensionalità del fenomeno. Ad esempio, la IUCN (1994) la descrive come “la variabilità di ogni tipo tra organismi viventi”, mentre Gaston (1996) ne sottolinea la “varietà di tutte le forme della vita, dai geni alle specie, fino alla grande scala degli ecosistemi”. Wilson (1986) pone l'accento sulla biodiversità come “varietà degli ecosistemi, includendo le comunità di organismi viventi e le condizioni fisiche in cui essi vivono”. Infine, la Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD, 1992) la definisce come “la variabilità degli organismi viventi di qualsiasi origine, compresi gli ecosistemi terrestri, marini e acquatici, e i complessi ecologici di cui fanno parte”, includendo la diversità all'interno delle specie, tra le specie e tra gli ecosistemi.

La biodiversità si sviluppa su più livelli gerarchici, ciascuno dei quali contribuisce alla complessità e funzionalità degli ecosistemi naturali. Il livello intraspecifico riguarda la diversità genetica presente all'interno di una stessa specie, derivante dalle differenze nel genoma dei singoli individui, fondamentale per l'adattamento e l'evoluzione. Il livello interspecifico considera la diversità tra le specie, frutto di lunghi processi evolutivi di speciazione e selezione naturale. A livello ecosistemico, la biodiversità riflette l'insieme di specie che interagiscono in un ambiente specifico, formando sistemi complessi costituiti da comunità biotiche (biocenosi) e dal loro ambiente abiotico (biotopo). A un livello ancora più ampio, la biodiversità paesaggistica si riferisce alla rete di ecosistemi interconnessi che compongono un paesaggio, influenzato da fattori climatici, altitudinali, latitudinali e geologici.

Ogni livello di biodiversità è caratterizzato da due dimensioni fondamentali: la ricchezza, intesa come il numero di elementi presenti, e la struttura, che riguarda la distribuzione e l'abbondanza relativa di tali elementi. A funzione ecologica degli elementi di biodiversità è strettamente correlata alla loro frequenza di presenza, alle strategie riproduttive adottate, al ruolo funzionale all'interno delle reti trofiche e alle interazioni con le altre componenti

biotiche e abiotiche dell'ecosistema. Questi fattori congiuntamente modulano la resilienza, l'omeostasi e la dinamica complessiva degli ecosistemi naturali (Loreau et al. 2001).

Nonostante l'attuale descrizione di circa 1,6 milioni di specie, si stima che le specie esistenti siano oltre cinque milioni. Tuttavia, la biodiversità è gravemente minacciata da molteplici fattori di origine antropica. La deforestazione, in particolare nelle aree tropicali, insieme all'espansione urbana e ai cambiamenti nell'uso del suolo, provoca la perdita e frammentazione degli habitat naturali. Le pratiche agricole e zootecniche intensive compromettono la biodiversità del suolo e la composizione delle comunità vegetali e animali. L'eutrofizzazione, causata dall'eccesso di nutrienti come azoto e fosforo, inquina le acque sotterranee e superficiali, alterando gli equilibri degli ecosistemi acquatici. Ulteriori minacce derivano dall'introduzione di specie aliene invasive e organismi geneticamente modificati, che possono causare contaminazioni genetiche e competizione con le specie autoctone. Infine, l'inquinamento diffuso e i cambiamenti climatici rappresentano pressioni aggiuntive, contribuendo a modificare profondamente gli ecosistemi e i loro equilibri. Tali alterazioni comportano un'erosione genetica diffusa, con potenziali effetti negativi sull'adattabilità delle specie e sulla loro capacità di risposta ai cambiamenti ambientali, elementi fondamentali per la sopravvivenza e l'evoluzione degli organismi (MiPAAF, 2008).

La tutela della biodiversità si collega strettamente al concetto di sviluppo sostenibile (Brundtland, 1987). La biodiversità rappresenta infatti una componente essenziale del capitale naturale globale e costituisce uno dei pilastri fondamentali della sostenibilità ambientale, sociale ed economica (Trisorio, 2015). Tuttavia, uno dei problemi emergenti è la crescente omogeneizzazione genetica dell'agricoltura globale, infatti, negli ultimi cinquant'anni la diversità delle colture è diminuita di circa il 36%, con molte nazioni che dipendono da poche specie principali quali grano, riso, soia e palma da olio. Questa riduzione genetica aumenta la vulnerabilità delle produzioni agricole a patogeni e cambiamenti climatici, compromettendo inoltre la qualità delle diete alimentari (Khoury et al. 2014).

In questo contesto si inserisce il concetto di agrobiodiversità, ovvero la porzione di biodiversità collegata ai sistemi agricoli o agroecosistemi. Essa comprende la varietà genetica intra- e interspecifica delle colture e del bestiame, nonché le interazioni tra le componenti biotiche e abiotiche dell'ambiente agricolo (Fig. 1.3).

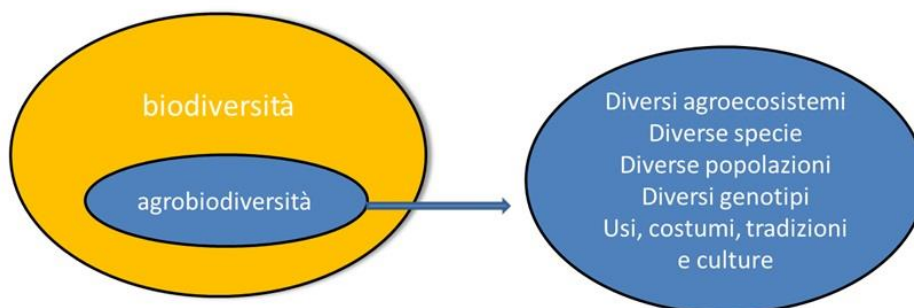


Figura 1.3. Relazione tra biodiversità e agrobiodiversità: l'agrobiodiversità rappresenta una parte specifica della biodiversità, comprendente diversi agroecosistemi, specie, popolazioni, genotipi e pratiche culturali legate all'agricoltura.

La FAO (1999) definisce la Functional AgroBiodiversity (FAB) come la varietà e variabilità di animali, piante e microrganismi importanti per l'agricoltura, risultante dall'interazione tra ambiente, risorse genetiche, pratiche di gestione e tecniche agricole. L'agrobiodiversità è cruciale per accrescere l'omeostasi e la resilienza degli agroecosistemi; pratiche agricole sostenibili quali la rotazione delle colture, il sovescio, la bulatura, l'impiego di

concimi organici e la conservazione di infrastrutture ecologiche quali siepi e filari contribuiscono efficacemente alla sua conservazione e valorizzazione.

Le risorse genetiche vegetali per l'alimentazione e l'agricoltura (RGV) sono definite come qualsiasi materiale genetico di origine vegetale avente un valore effettivo o potenziale per tali ambiti (ITPGRFA, 2001). Queste comprendono varietà coltivate, progenitori selvatici, e specie affini o spontanee utilizzate dall'uomo. Particolare rilievo assumono le landraces o varietà locali, che sono popolazioni vegetali geneticamente dinamiche sviluppate in stretta connessione con l'ambiente e la cultura locali, e non sottoposte a programmi di miglioramento genetico (MiPAAF, 2013). Per essere considerate varietà locali, queste devono essere presenti nel territorio da almeno cinquant'anni (Santamaria & Ronchi, 2016). Nonostante una produttività spesso inferiore rispetto alle varietà migliorate, le landraces sono preziose per la loro adattabilità ambientale, qualità nutrizionale, resistenza a stress biotici e abiotici, oltre che per il valore culturale che rivestono. La loro conservazione è quindi fondamentale per promuovere forme di agricoltura sostenibile, in particolare in contesti marginali come le zone montane, dove prevalgono esigenze qualitative piuttosto che quantitative.

La biodiversità vegetale rappresenta un argomento di forte interesse anche dal punto di vista molecolare ed ecologico. Essa si manifesta nella varietà di metaboliti secondari, composti biochimici prodotti dalle piante, che riflettono complesse vie evolutive e adattative (Wink, 2003). Questi metaboliti secondari, oltre a rappresentare una potenziale risorsa per l'uomo, sono fortemente legati ad aspetti ecologici. Dal punto di vista ecologico, la distribuzione di questi metaboliti può variare in relazione a fattori ambientali, geografici e climatici (Zlatić et al. 2019), attribuendo a questi composti un ruolo di marcatori ecologici utili come strumento per la conservazione della biodiversità vegetale.

1.2.2 Piantе selvatiche edibili

Nell'ambito dell'agrobiodiversità e del suo impatto sulla sostenibilità alimentare, particolare attenzione meritano le specie vegetali selvatiche commestibili (WEP, Wild Edible Plants, Fig. 1.4), le quali rappresentano una risorsa fondamentale per l'alimentazione, la nutrizione e la medicina delle popolazioni. Tuttavia, lo studio di queste piante, sia per quanto riguarda il loro valore nutrizionale, che più in generale relativamente alla composizione, è spesso trascurato o poco conosciuto. L'agricoltura industriale contemporanea, con la sua forte dipendenza da monoculture ad alto rendimento e geneticamente uniformi, ha aggravato la perdita di biodiversità agricola (IPES-Food, 2016). Attualmente, solo 12 colture e 5 specie animali forniscono il 75% del cibo consumato a livello globale (Hunter et al. 2019), segnalando una preoccupante omogeneizzazione dei sistemi alimentari e agricoli, i quali si dimostrano inadeguati nel soddisfare le esigenze nutrizionali e ambientali delle comunità.

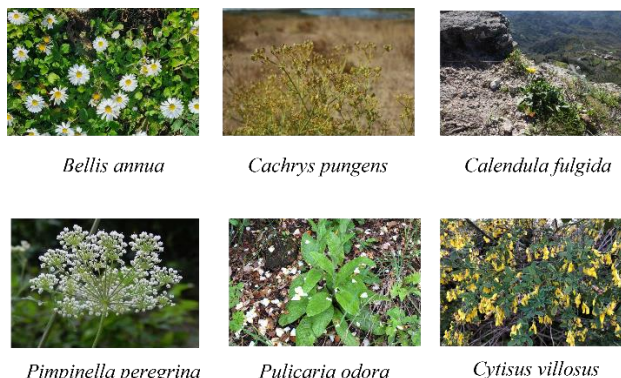


Figura 1.4. Alcuni esempi di specie vegetali selvatiche commestibili.

In questo contesto, le WEP, facilmente reperibili in natura o coltivabili con tecniche tradizionali e ridotto impiego di input esterni, potrebbero offrire un'importante opportunità per diversificare le diete e contrastare la cosiddetta "fame nascosta", causata dalla carenza cronica di micronutrienti (Hunter et al. 2019; Padulosi et al. 2011; Kew, 2016; Mokria, 2022).

È possibile definire le piante selvatiche come “quelle che crescono spontaneamente in popolazioni auto-sostenute all'interno di ecosistemi naturali o seminaturali, e che possono sopravvivere indipendentemente dall'intervento umano diretto” (Heywood, 1999). Una stima del 2016 ha riportato che circa 100 milioni di persone in Europa consumano abitualmente piante selvatiche commestibili (FAO, 2016), evidenziando l'attualità e la rilevanza di queste risorse anche nei paesi industrializzati.

L'utilizzo alimentare delle WEP ha origini antiche, risalenti almeno all'Età del Bronzo, come dimostrano i resti archeobotanici rinvenuti nel sito di Peñalosa (Jaén, Spagna), dove sono state identificate oltre 50 specie, tra cui *Rumex* spp. e *Calendula* spp. Numerosi studi etnobotanici confermano l'uso delle WEP in diverse aree del mondo, tra cui Brasile (Gomes et al. 2023), Cina (Tai et al. 2011), Etiopia (Berihun & Molla, 2017), Guatemala (Turreira-García et al. 2015), Islanda (Svanberg & Egisson, 2012), India (Dewanjee et al. 2013), Giappone (Chen & Qiu 2012) e Tunisia (Ben Ismail, 2013). Tali ricerche evidenziano l'impiego delle piante sia come alimento sia come agenti aromatizzanti. Nei Paesi sottosviluppati, le proprietà benefiche tradizionali delle WEP hanno rappresentato anche un'opportunità dal punto di vista economico e per molte comunità rurali la vendita di queste piante rappresenta una fonte primaria di sostentamento. Nel nord-est dell'India, un'indagine condotta su 30 venditori e 550 famiglie ha documentato il consumo e la vendita di 158 specie vegetali selvatiche (78,8% commestibili) e 5 specie fungine, evidenziando l'impatto delle WEP sul reddito familiare, in particolare nelle aree rurali (Chaudhury et al. 2021).

In Europa, Schulp e altri (2014) hanno recensito la presenza delle WEP in 17 paesi, con una particolare attenzione alla regione mediterranea (Grecia, Italia, Portogallo, Spagna), nota per l'elevata biodiversità. Numerosi studi, hanno inoltre riportato dettagliati profili nutrizionali e nutraceutici delle specie indagate (Guarrera et al. 2006; Pardo-de-Santayana et al. 2007).

Dal punto di vista nutrizionale, le piante selvatiche commestibili rappresentano una fonte naturale ricca di minerali, vitamine, fibre e antiossidanti. Oltre a offrire benefici per la salute, sono anche economicamente vantaggiose, poiché non richiedono pratiche agricole intensive. Uno studio sul contenuto nutrizionale di alcuni frutti selvatici di *Balanites aegyptiaca*, *Cordia africana* e *Ziziphus spina-christi* ha rilevato una buona presenza di proteine grezze in *C. africana* e *B. aegyptiaca*, che si distinguono anche per l'elevato contenuto di fibre e carboidrati. Inoltre, è stato riscontrato un

significativo apporto di minerali come calcio, potassio, ferro e zinco (Mokria, 2022). La FAO stessa ha riconosciuto, nel 2017, l'importanza delle piante selvatiche come potenziali fonti sostenibili di proteine (FAO, 2017b).

Oltre al loro valore nutrizionale, le WEP sono ampiamente riconosciute per l'uso medicinale. In molte comunità minoritarie e in regioni in via di sviluppo, esse giocano un ruolo chiave sia nella nutrizione che nella prevenzione e gestione delle malattie croniche. Una lunga tradizione di pratiche terapeutiche condivise tra diversi gruppi ha contribuito alla nascita di una cultura alimentare che integra cibo e medicina. Alcune piante sono utilizzate come tonici o alimenti funzionali per promuovere il benessere generale, mentre altre possono fungere sia da alimento che da rimedio, spesso impiegando le stesse parti e modalità di preparazione. Per questo motivo, la ricerca integrata tra alimentazione e medicina è diventata centrale negli studi etnofarmaceutici ed è promossa anche dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (Xu et al. 2020).

Queste caratteristiche rendono le WEP una risorsa promettente per ridurre il divario tra produzione e domanda alimentare, in particolare nella realizzazione di additivi e integratori naturali. L'industria alimentare potrebbe trarre grandi vantaggi dall'integrazione delle WEP nella propria offerta, sfruttando le loro proprietà nutrizionali, biologiche e sostenibili.

Nonostante il crescente interesse scientifico, il potenziale delle piante selvatiche commestibili (WEP) resta in gran parte inespresso. Considerando il loro contributo allo sviluppo sostenibile e al sostentamento delle aree rurali, è fondamentale promuovere una maggiore attenzione da parte della comunità scientifica. La capacità delle WEP di crescere spontaneamente e di essere utilizzate come ingredienti funzionali nella creazione di nuovi alimenti rappresenta un importante valore aggiunto in termini di sostenibilità ambientale. Il loro consumo è inoltre coerente con le attuali esigenze di transizione ecologica, favorendo modelli alimentari più consapevoli e sostenibili.

Tuttavia, per valorizzare appieno questo potenziale, è necessario ampliare le conoscenze scientifiche presenti per questi specie, focalizzandosi in particolar modo, oltre che alla composizione nutrizionale, anche su studi più approfonditi delle potenziali proprietà tecnologiche, funzionali e tossicologiche. La ricerca in tal senso, risulta indispensabile nell'ottica di un possibile utilizzo industriale delle WEP come ingredienti funzionali, sostenibili e a basso costo, utili allo sviluppo di prodotti commerciali (Clemente-Villalba et al. 2023).

Le piante selvatiche commestibili rappresentano dunque un punto di incontro tra sostenibilità, innovazione agroalimentare e sicurezza alimentare e, in particolare, in paesi sottosviluppati il loro utilizzo potrebbe offrire grandi benefici, contribuendo in modo significativo al raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile entro il 2030.

1.2.3 Agri-food waste

La produzione e la trasformazione di materie prime vegetali generano una considerevole quantità di scarti e sottoprodotti, comprendenti bucce, foglie, semi, crusca, noccioli, sansa e pannelli. Questi derivano da una vasta gamma di matrici vegetali, quali frutta, ortaggi, cereali, colture oleaginose, legumi, radici e tuberi, sia nella fase di produzione primaria sia durante i successivi processi di trasformazione e distribuzione (Saini et al. 2025; Jin et al. 2018; Pathania & Kaur, 2022). Negli ultimi anni, un crescente numero di studi ha evidenziato il potenziale di valorizzazione di tali residui attraverso l'estrazione di composti bioattivi e nutrienti di elevato valore aggiunto, tra cui proteine, vitamine, acidi grassi, aminoacidi, fibre alimentari, flavonoidi e composti fenolici (Hadidi et al. 2024; Joshi et al. 2022; Nirmal et al. 2023). Alcuni esempi sono la crusca e il germe, ottenuti come frazioni secondarie dalla trasformazione dei cereali, le quali sono ricche di proteine, fibre alimentari e micronutrienti (Luithui et al. 2019), ma anche i pannelli

ottenuti come scarto dalla lavorazione dei semi oleosi, i quali mostrano la presenza di un rilevante contenuto di proteine, polifenoli e oli residui (Sá et al. 2021).

Numerosi di questi composti mostrano attività biologiche rilevanti, quali proprietà antiossidanti, antimicrobiche, antinfiammatorie, e sono stati associati a benefici nella prevenzione e gestione di patologie cronico-degenerative, incluse il diabete, il cancro e le malattie cardiovascolari e neurodegenerative (Perra et al. 2022; Szabo et al. 2022).

Questi sottoprodotti vegetali, facilmente reperibili e naturalmente biodegradabili, offrono una promettente opportunità per promuovere pratiche produttive sostenibili e circolari. Il recupero e la valorizzazione di composti bioattivi da queste biomasse residuali rappresentano una strategia chiave per contribuire agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (Fig. 1.5).



Figura 1.5 Obiettivo 12 dell'Agenda 2030: consumo e produzione responsabili, con strategie di riduzione degli sprechi e riuso degli scarti alimentari.

1.2.3.1 Sottoprodotti di frutta e ortaggi

Nel comparto ortofrutticolo, le perdite generate durante le operazioni di cernita, lavaggio, pelatura e denocciolatura possono raggiungere il 15–50% del raccolto (Gardas, 2017) con una produzione annuale globale che supera, ad esempio, 15 milioni di tonnellate solo di bucce di agrumi e circa 0,3 milioni di tonnellate di residui di kiwi. I residui della vinificazione, come la vinaccia, costituiscono fino a 9 milioni di tonnellate annue (Zhu et al. 2023). Questi scarti sono ricchi di polisaccaridi strutturali (cellulosa, emicellulosa, lignina), vitamine, carotenoidi, alcaloidi, proteine e polifenoli (Nabi et al. 2024).

Nell'ambito dell'industria agrumicola, circa il 50–60% del frutto trasformato si converte in residui solidi, quali bucce, semi, foglie e polpa, con un potenziale annuale superiore a 60 milioni di tonnellate (Wedamulla et al. 2022). Tali materiali sono fonti abbondanti di pectine, oli essenziali, carotenoidi e polifenoli. In particolare, le bucce d'arancia si distinguono per l'elevato contenuto di carotenoidi, che può raggiungere 97,4 µg/g in estrazione convenzionale con acetone (Murador et al. 2019), e oltre 65.000 µg/g se si impiegano solventi eutettici profondi combinati a estrazione ultrasonica (Viñas-Ospino et al. 2023).

Nel caso del melograno (*Punica granatum* L.), le bucce, che rappresentano circa il 50% del peso del frutto fresco, costituiscono un sottoprodotto ricco di ellagitannini, flavonoidi e antociani, con una produzione globale stimata in oltre 1,9 milioni di tonnellate annue (Lacivita et al. 2023; Singh et al. 2019). Questi composti esplicano attività antiossidanti, antimicrobiche, antivirali e antidiabetiche (George et al. 2019).

Anche i sottoprodotti del pomodoro, coltura orticola di primaria importanza globale, costituiscono una fonte rilevante di carotenoidi (licopene, β -carotene), flavonoidi, fibre alimentari e vitamina C. Recenti studi hanno evidenziato una resa in polisaccaridi del 6% da sottoprodotti essiccati, con elevato contenuto in acido galatturonico e una variabilità nei gradi di metilazione e acetilazione, fattori critici per le proprietà funzionali e tecnologiche (Khatib et al. 2023). Sottoprodotti di altre colture orticole, come i peperoni rossi e le carote, contengono polisaccaridi bioattivi con proprietà immunomodulanti e antinfiammatorie (Gama et al. 2015; Gülsunoğlu et al. 2019), oltre a fibre alimentari, carotenoidi e composti fenolici. Le bucce di banana e mango mostrano contenuti elevati di fibre totali, rispettivamente pari al 64,3% e 69,8% (Tlais et al. 2020), mentre nei semi degli agrumi si osservano elevate concentrazioni di fibre insolubili (Karaman et al. 2017).

1.2.3.2 Sottoprodotti dei cereali e della birrificazione

L'industria cerealicola, con una produzione globale di oltre 2,8 miliardi di tonnellate l'anno (FAO, 2023), genera considerevoli quantità di sottoprodotti, tra cui pericarpo, strato di aleurone e germe, espulsi durante le operazioni di macinazione e raffinazione. Queste frazioni contengono fibre (es. β -glucani), proteine, peptidi bioattivi, composti fenolici, lipidi e fitosteroli (Luithui et al. 2019). Il grano esausto del birraio (BSG), sottoprodotto principale della produzione di birra, rappresenta circa il 20% della massa trasformata (Lopez-Linares et al. 2020). Ricco di fibre, proteine e carboidrati (fino al 50%), il BSG è stato oggetto di studi per l'estrazione di arabinoxilani e oligosaccaridi prebiotici. Un recente approccio integrato basato su pretrattamento con ammoniaca, idrolisi enzimatica e fermentazione ha permesso di ottenere, da 1 kg di BSG, circa 310 g di proteine monocellulari e 80 g di prebiotici (Sun et al. 2024).

Altri sottoprodotti cerealicoli, come le crusche di riso, frumento e mais, sono stati studiati per il loro contenuto proteico e la capacità di generare peptidi bioattivi con funzioni antiossidanti, ipotensive e antimicrobiche (Gobbetti et al. 2018). Inoltre, rappresentano fonti rilevanti di micronutrienti, incluse vitamine del gruppo B (niacina, acido pantotenico, tiamina) e minerali essenziali (zinco, ferro, magnesio) (Jin et al. 2022; Verni et al. 2019).

1.3 Sostanze naturali

1.3.1 Etnobotanica

Durante il XIX secolo emerse una nuova disciplina a cavallo tra botanica ed etnografia: l'etnobotanica. Essa si occupa delle conoscenze delle popolazioni tradizionali riguardo alle piante. I primi segnali di questo campo risalgono agli inizi dell'Ottocento, in un periodo di intensa espansione delle scienze botaniche ed etnografiche (Samorini, 2019).

Nel tempo, le definizioni si sono moltiplicate e variano a seconda dell'autore, con approcci orientati all'uso pratico delle piante (botanica economica) o alla comprensione culturale (etnoscienza). Per Lipp (1995), è lo studio delle relazioni tra società non industriali e il loro ambiente floristico, includendo temi come tassonomia folclorica e ruolo simbolico delle piante. Toledo (1995) distingue una botanica economica orientata alla scoperta di nuove risorse industriali da un'etnoscienza con focus culturale. Wickens (2012) considera l'etnobotanica una branca della botanica economica, sottolineandone l'approccio utilitaristico. Altri, come Jacques Barrau, la inseriscono nell'etnologia.

Anche le sue origini sono interpretate diversamente: Lipp (1995) fa risalire il primo studio etnobotanico a un testo cinese del III sec. d.C.; Davis (1995) attribuisce questo ruolo a Dioscoride; Schultes & Reis (1995) indicano Aristotele. Tuttavia, nessuno menziona Teofrasto, considerato oggi uno dei primi autori di botanica occidentale.

È importante distinguere tra la disciplina scientifica moderna e le conoscenze che ne costituiscono l'oggetto. Alcuni parlano di conoscenza etnobotanica per riferirsi al sapere tradizionale (Albuquerque & Hurrell, 2010). Da ciò emergono due approcci: uno centrato sulle conoscenze "altre", l'altro sulle "nostre", entrambi conviventi nell'etnobotanica contemporanea.

L'etnobotanica ha un ruolo fondamentale nella conservazione della biodiversità. Le tassonomie indigene, seppur diverse da quelle scientifiche, sono complesse e biologicamente fondate (Davis, 1995). Pieroni & Quave (2014) affermano che essa non riguarda solo l'uso delle piante, ma la comprensione dei microsistemi socio-ecologici e della diversità culturale.

L'etnobotanica trova riscontro anche nelle pratiche agricole native. I Kayapó del Brasile, ad esempio, gestiscono consapevolmente i campi abbandonati, sfruttandone la riforestazione per fini alimentari e medicinali (Posey, 2002). Sanno anche che la presenza di formiche migliora la resa del guaraná, conoscenza ignorata dall'agricoltura industriale (Prance, 1995).

Oggi l'etnobotanica si configura come una disciplina profondamente interdisciplinare, che integra concetti e metodi provenienti da ambiti diversi come l'antropologia, la botanica, l'agricoltura, l'archeologia, la biochimica, la genetica, l'ecologia, la medicina, le scienze economiche e la farmacologia. Questa complessità riflette la natura stessa dell'etnobotanica, che indaga il rapporto tra l'essere umano e il mondo vegetale, sia nei suoi aspetti pratici che simbolici.

All'interno di questo vasto campo si colloca l'etnofarmacologia, branca specifica che si concentra sullo studio scientifico dei rimedi tradizionali utilizzati da diverse culture. Sebbene si occupi principalmente di piante medicinali, l'etnofarmacologia include anche sostanze di origine minerale e animale. Essa unisce le osservazioni antropologiche con analisi biochimiche, al fine di identificare, comprendere e validare i principi attivi contenuti nei preparati tradizionali.

Il legame tra etnobotanica ed etnofarmacologia è profondo e complementare: mentre la prima offre una visione ampia del ruolo delle piante nelle culture umane, la seconda ne approfondisce gli aspetti terapeutici, aprendo la strada alla scoperta di nuovi farmaci. Entrambe, inoltre, contribuiscono alla valorizzazione e alla conservazione delle conoscenze tradizionali, promuovendo la collaborazione con le comunità locali e rafforzando la tutela della biodiversità culturale e naturale.

In un mondo sempre più interessato allo sviluppo sostenibile e alla medicina integrativa, etnobotanica ed etnofarmacologia si rivelano strumenti fondamentali per riscoprire e proteggere saperi antichi, coniugando tradizione e scienza in un dialogo proficuo tra passato e futuro.

1.3.2 Studio delle sostanze naturali

Il metabolismo è l'insieme dei processi biochimici che avvengono all'interno degli organismi viventi per mantenere la vita. Il metabolismo vegetale comprende le reazioni chimiche e i processi che avvengono nelle cellule delle piante per supportare la vita, la crescita e la riproduzione. Questi processi includono la trasformazione di energia e sostanze, come acqua, anidride carbonica e sali minerali, in componenti della pianta, come amido e altri prodotti di riserva, cellulosa, zuccheri e vari metaboliti come oli essenziali e allelochimici. Questa rete complessa comprende la fotosintesi, la respirazione, la traspirazione e le vie biosintetiche che generano intermedi metabolici necessari, componenti strutturali e vari metaboliti secondari (Kisiel, 2023).

La grande varietà di composti organici presenti nelle piante, con stime che variano da 100.000 fino a 1 milione di composti, rappresenta il prodotto del metabolismo primario e secondario delle piante.

I metaboliti primari, come carboidrati, amminoacidi, acidi grassi e acidi organici, sono direttamente coinvolti nei processi di crescita e sviluppo, respirazione e fotosintesi, nonché nella sintesi di ormoni e proteine. I metaboliti primari sono comuni a tutti gli organismi viventi, sono fondamentali per la crescita, lo sviluppo e la riproduzione e comprendono solo circa 8.000 composti.

Tra questi si annoverano anche i prodotti della fermentazione, come etanolo, acido acetico, acido citrico e acido lattico, oltre a componenti essenziali delle cellule, come lipidi, vitamine e polisaccaridi. Questi metaboliti sono presenti in tutte le specie appartenenti a gruppi filogenetici ampi e vengono prodotti attraverso le stesse (o quasi le stesse) vie biochimiche (Hounscome, 2023).

I metaboliti secondari (detti anche metaboliti specializzati o prodotti naturali) sono molecole organiche aventi diverse funzioni: determinano il colore delle verdure, proteggono le piante da erbivori e microrganismi, attraggono impollinatori e animali dispersori di semi, e agiscono come molecole segnale in condizioni di stress (Crozier et al. 2006). Diversamente dai metaboliti primari, quelli secondari non partecipano direttamente a questi processi fondamentali, ma svolgono comunque funzioni specifiche e importanti.

Fattori ambientali quali luce, acqua, minerali, temperatura e altri organismi influenzano la crescita e lo sviluppo delle piante e conseguentemente la produzione dei metaboliti secondari. A differenza degli animali, le piante non possono sfuggire a stress biotici e abiotici sfavorevoli. Pertanto, hanno sviluppato la capacità di biosintetizzare sostanze chimiche specifiche denominate metaboliti secondari delle piante, al fine di facilitare interazioni efficaci con l'ambiente circostante, nonché con altri organismi quali piante, insetti, microrganismi e animali.

Flavonoidi, carotenoidi, steroli, acidi fenolici, alcaloidi e glucosinolati sono solo alcune delle classi di metaboliti secondari esistenti, e sebbene il numero esatto di questi composti organici sia attualmente sconosciuto, è stato stimato che sia compreso tra 200.000 e 1.000.000 di composti. La biosintesi e lo stoccaggio di questi composti specializzati delle piante sono regolati dal punto di vista dello sviluppo e temporale e dipendono da fattori biotici e abiotici. Tipi di cellule specifici, organelli subcellulari, microcompartimenti e/o strutture anatomiche sono spesso dedicati alla produzione e allo stoccaggio di questi composti. Le funzioni di molti metaboliti secondari non sono ancora del tutto comprese, ma sono generalmente considerate essenziali per la salute e la sopravvivenza delle piante, in parte grazie all'interazione con altri organismi sia in modo mutualistico (ad esempio, attirando gli impollinatori) che antagonistico come la difesa contro erbivori e agenti patogeni (Huang & Dudareva, 2023).

La sintesi di questi metaboliti è il risultato di vie biosintetiche accessorie, spesso strettamente regolamentate da fattori ambientali e genetici. Tra le principali funzioni ecologiche attribuite ai metaboliti secondari vi sono la fotoprotezione, la segnalazione chimica, l'attrazione di impollinatori e la deterrenza nei confronti di erbivori (Crozier et al. 2006). Tali composti, se ingeriti da organismi animali o umani, possono esercitare attività farmacologiche benefiche o effetti tossici, spesso dose-dipendenti.

Nonostante nutrienti come vitamine e minerali possano anch'essi influenzare processi fisiologici, la definizione corrente di "composto bioattivo vegetale" si riferisce principalmente a quei metaboliti secondari capaci di modulare specifici bersagli molecolari, sia a livello enzimatico che recettoriale (Williamson, 1996).

Dal punto di vista chimico, i metaboliti secondari vengono classificati sulla base della loro struttura e delle vie biosintetiche di origine.

La rilevante variabilità nella produzione di metaboliti secondari, anche all'interno della stessa specie, rappresenta un aspetto di grande interesse nello studio delle sostanze naturali. Tale variabilità, fortemente influenzata dalle condizioni ambientali del sito di crescita, può determinare modificazioni sia qualitative sia quantitative del profilo metabolico. Studi recenti hanno evidenziato che l'ampiezza di queste variazioni metaboliche è significativamente superiore a quanto precedentemente ipotizzato, rendendo il metabolismo secondario un ambito di crescente interesse scientifico. In questo contesto, il metaboloma viene sempre più spesso considerato un indicatore sensibile dello stato fisiologico della pianta, nonché un ponte funzionale tra genotipo e fenotipo (Fang, 2019).

Il primo passo nella ricerca di sostanze naturali consiste nel reperire questi composti dalle piante, partendo necessariamente da una corretta identificazione della specie botanica.

A questo proposito, l'utilizzo di sistemi di posizionamento globale (GPS) per mappare con precisione i siti di raccolta, soprattutto per le piante selvatiche, e l'approfondimento degli studi tassonomici e dell'ecologia chimica per confrontare specie coltivate in ambienti differenti rappresentano due strategie fondamentali.

Un altro aspetto cruciale riguarda la scelta della parte della pianta da cui estrarre i composti, che può essere rappresentata da fiori, frutti, bacche, corteccia, semi o fusti. I metaboliti non sono infatti distribuiti uniformemente all'interno della pianta e variano anche tra materiale fresco e essiccato, oltre che tra radici e parti aeree. Per questo motivo, gli estratti botanici sono in genere miscele complesse di numerosi composti. Inoltre la quantità di principi attivi presenti in una pianta cambia durante il suo ciclo vitale ed è influenzata sia dallo stadio di sviluppo sia dal periodo vegetativo (Li et al. 2020). Per questo motivo, il momento della raccolta riveste un'importanza fondamentale per ottenere la massima concentrazione del principio attivo desiderato (Tlhapi et al. 2024). Ad esempio, in *Ephedra*, la quantità di efedrina raggiunge il massimo in autunno, mentre in *Duboisia myoporoides* il contenuto di iosciamina può trasformarsi in scopolamina a seconda della stagione (Ma et al. 2021). È quindi essenziale individuare il cosiddetto "tempo balsamico", ovvero il periodo in cui i principi attivi sono presenti nella loro massima concentrazione, tenendo presente che questo può variare in base all'organo della pianta, alla fase del ciclo vitale e all'età dell'esemplare (Hazrati et al. 2024).

Questa complessità delle matrici vegetali rappresenta una sfida per l'analisi chimica. Sebbene oggi la precisione delle analisi e dei test sui materiali vegetali sia notevolmente migliorata, l'identificazione accurata dei composti rimane complicata, spesso a causa delle difficoltà nel produrre o reperire standard di riferimento adeguati e nel garantire la stabilità chimica degli estratti. Infatti Dopo la raccolta, è fondamentale conservare adeguatamente il materiale vegetale per mantenere intatti i principi attivi, soprattutto quando non è possibile lavorarlo immediatamente (Nurshalina et al. 2022). Durante il degrado delle cellule, si attivano processi indesiderati come l'ossidazione e l'idrolisi, che possono compromettere l'efficacia dei principi attivi (Belwal et al. 2022). L'essiccazione è la tecnica più utilizzata per prevenire questi danni, poiché elimina l'umidità, diminuendo il rischio di degradazione enzimatica e l'attacco di muffe e batteri (Benjamin et al. 2022). Tuttavia, è necessario bilanciare la rapidità dell'essiccazione con la sensibilità termica dei principi attivi, come accade nella digitale, dove temperature troppo elevate possono ridurre l'efficacia farmacologica (Shonte et al. 2020; Belwal et al. 2022). Per materiali molto delicati, come antibiotici e vaccini, si impiega la liofilizzazione, che consente di rimuovere l'acqua mantenendo il materiale a temperature molto basse (Elnaker et al. 2021).

Per una conservazione ottimale, a volte si rende necessaria una stabilizzazione enzimatica prima dell'essiccazione, ad esempio attraverso l'esposizione a vapori di etanolo sotto pressione, per proteggere i principi attivi da eventuali

danni. Questo procedimento è fondamentale per assicurare che i principi attivi rimangano integri fino alla fase di estrazione e produzione farmaceutica (Nurshalina et al. 2022).

La fase iniziale nel trattamento del materiale vegetale, chiamato anche droga vegetale, consiste nella sua macinazione, un passaggio di fondamentale importanza per assicurare un'estrazione efficace e omogenea dei principi attivi (Alsaud & Farid, 2020). Tale processo mira a ridurre il materiale in una polvere fine e con granulometria uniforme, condizione essenziale per garantire un'estrazione completa e per prevenire che particelle di dimensioni maggiori restino parzialmente non sfruttate (Giao et al. 2009). Infatti, particelle di dimensioni maggiori possono rallentare il rilascio dei composti bioattivi, compromettendo l'efficienza complessiva del procedimento. L'aumento della superficie esposta facilita, inoltre, una più rapida estrazione, migliorando significativamente il recupero dei principi attivi.

Il continuo interesse verso lo studio dei metaboliti delle piante è volto ad aumentare la comprensione della relazione tra biochimica e genetica alla base della straordinaria diversità del metabolismo vegetale, la quale offre una prospettiva anche sulla sua possibile evoluzione (Fang, 2019).

1.3.2.1 Estratti

I composti chimici di origine naturale si trovano in una grande varietà di fonti e sono invariabilmente presenti sotto forma di miscele. Come suddetto, il compito del chimico dei prodotti naturali consiste nell'isolare e purificare componenti specifici, solitamente fino all'ottenimento dell'omogeneità, al fine di determinarne la struttura chimica. A tal fine, è disponibile un'ampia gamma di tecniche di separazione. Generalmente, il primo passo consiste nell'utilizzo di un solvente (acquoso, organico o CO₂ liquido, ecc.) per solubilizzare il materiale organico; successivamente, il soluto viene separato dal residuo vegetale (marc) o dalla biomassa (mycelia, nel caso di fermentazione). Un esito ideale di questa fase sarebbe la cristallizzazione del composto desiderato tramite concentrazione del solvente; tuttavia, ciò si verifica raramente, e in genere sono necessarie ulteriori fasi di separazione.

Gli estratti vegetali rappresentano preparazioni ottenute mediante l'uso di solventi specifici, che permettono la solubilizzazione dei costituenti chimici della droga. A seconda del grado di rimozione del solvente, si distinguono estratti secchi, caratterizzati dall'assenza completa di solvente residuo, ed estratti umidi o fluidi, che presentano un contenuto idrico variabile, generalmente compreso tra il 15% e il 25%. Gli estratti fluidi sono preparati in modo tale da concentrare i componenti solubili della droga in una o due parti dell'estratto (Sasidharan et al. 2011).

Il processo estrattivo è influenzato da molteplici fattori. I principi attivi, localizzati prevalentemente all'interno delle cellule vegetali, richiedono che il solvente penetri efficacemente la parete cellulare, solubilizzi i metaboliti e stabilisca un equilibrio tra il soluto intracellulare e il solvente esterno (Sari & Velioglu, 2011). La velocità con cui tale equilibrio viene raggiunto dipende da variabili quali temperatura, pH, dimensione delle particelle e agitazione del solvente. Temperature elevate e particelle di dimensioni ridotte accelerano il processo estrattivo, mentre il movimento del solvente favorisce la diffusione dei composti attraverso le strutture cellulari. Anche il pH risulta un parametro critico per ottimizzare l'efficienza di estrazione dei costituenti desiderati (Nekkaa et al. 2021).

La scelta del solvente ideale per l'estrazione di principi attivi farmacologici deve tenere conto di diverse proprietà: elevata selettività, capacità estrattiva, inerzia chimica, costo contenuto, sicurezza per l'uomo e per l'ambiente, oltre alla volatilità necessaria per la completa rimozione senza residui. La selettività è importante per estrarre principalmente il composto di interesse, limitando la presenza di sostanze indesiderate, mentre la capacità estrattiva

assicura un adeguato rendimento. L'inerzia chimica previene reazioni indesiderate tra solvente e materiali vegetali, e un costo contenuto garantisce la sostenibilità economica del processo. Tuttavia, in situazioni in cui i principi attivi non sono chiaramente definiti, può essere preferibile un solvente con elevata capacità estrattiva e bassa selettività (Xu et al. 2021; Tusek et al. 2018; Awad et al. 2021).

Le tecniche estrattive più comunemente impiegate includono la macerazione, che prevede l'immersione del materiale vegetale polverizzato in un solvente a temperatura ambiente per un periodo prolungato con agitazioni periodiche; la percolazione, nella quale il solvente fresco attraversa lentamente il materiale contenuto in un percolatore; l'estrazione controcorrente, caratterizzata da un movimento opposto tra solvente e materiale vegetale in un sistema continuo; e l'estrazione con fluidi supercritici, che sfrutta le proprietà di un fluido supercritico, come l'anidride carbonica, per ottenere un'estrazione selettiva e pulita (Uwineza & Waśkiewicz, 2020).

Gli estratti ottenuti contengono spesso residui solidi, che necessitano di essere rimossi tramite tecniche quali decantazione, centrifugazione o filtrazione, prima di ulteriori lavorazioni. Gli estratti fluidi e umidi, in particolare, devono essere essiccati rapidamente mediante essiccatori o evaporatori rotanti per garantirne la conservazione e stabilità (Zhang et al. 2018).

L'isolamento di composti puri da estratti vegetali è un procedimento complesso, data la composizione eterogenea e la bassa concentrazione dei composti attivi di interesse. Quando le caratteristiche chimiche dei composti sono note, è possibile ottimizzare il processo di isolamento attraverso la scelta appropriata dei solventi e l'applicazione di tecniche cromatografiche quali TLC, HPLC e gas-cromatografia (Vij & Pathania, 2023). Materiali come Sephadex possono essere utilizzati per la separazione basata sulle dimensioni molecolari (da Silva et al. 2016), mentre per composti termolabili o facilmente degradabili è necessario adottare condizioni di isolamento delicate per evitare alterazioni (Marston et al. 2002).

Nell'ambito di programmi di ricerca finalizzati all'identificazione di nuovi principi attivi di origine naturale, gli estratti sono sottoposti a test biologici specifici volti a valutarne l'attività farmacologica, in accordo con gli obiettivi del progetto di ricerca (Gao et al. 2022). Solo le frazioni che dimostrano un'attività biologica significativa vengono ulteriormente sottoposte a processi di purificazione e isolamento, secondo una strategia nota come isolamento guidato da saggi biologici. Tale approccio consente di concentrare gli sforzi sui composti effettivamente attivi, ottimizzando l'efficienza del processo e limitando lo spreco di risorse (Barba-Ostria et al. 2022).

1.3.2.2 Oli essenziali

Gli oli essenziali (Fig. 1.6), comunemente noti anche come essenze, rappresentano miscele complesse di composti organici volatili, caratterizzate da una notevole eterogeneità chimica. La loro composizione include una vasta gamma di sostanze quali idrocarburi alifatici e aromatici, terpeni (inclusi mono- e sesquiterpeni), alcoli, acidi, aldeidi, chetoni, esteri, eteri, fenoli, composti eterociclici e molecole contenenti zolfo o azoto (Aziz et al. 2018). Tali composti sono prodotti da numerose specie vegetali e spesso si accumulano in strutture anatomiche specifiche come peli secretori, cellule epidermiche o ghiandole oleifere.



Figura 1.6. Oli essenziali

In base alla loro origine biosintetica, gli oli essenziali possono essere distinti in due categorie principali. Le essenze preformate si trovano in diverse parti della pianta e sono già presenti nella materia vegetale al momento della raccolta. Esse possono localizzarsi, ad esempio, nelle cellule epidermiche di foglie, sepali o petali, come nel caso della rosa o della tuberosa; nei peli ghiandolari, come nel geranio; oppure all'interno di strutture specializzate per la secrezione (Rani et al. 2023). Le essenze non preformate, invece, si generano in seguito alla scissione enzimatica di composti complessi durante processi di estrazione come la distillazione o la macerazione. Un esempio significativo è quello del lauroceraso, in cui la macerazione in acqua attiva l'enzima emulsina, che idrolizza la amigdalina, rilasciando glucosio, aldeide benzoica e acido cianidrico, componenti volatili responsabili dell'aroma caratteristico.

Dal punto di vista chimico-fisico, gli oli essenziali si presentano come liquidi volatili e lipofili a temperatura ambiente, scarsamente solubili in acqua ma altamente solubili in solventi organici. Presentano proprietà ottiche peculiari, quali indice di rifrazione elevato, attività ottica rotatoria e, in alcuni casi, fluorescenza in luce ultravioletta (Aziz et al. 2018).

Le tecniche di estrazione degli oli essenziali variano in base alla natura del materiale vegetale e alla termostabilità dei composti volatili. Tra i metodi più comuni si annoverano la distillazione in corrente di vapore, che sfrutta il passaggio di vapore acqueo attraverso la matrice vegetale per liberare i composti volatili, successivamente condensati e separati; l'idrodistillazione, in cui il materiale viene immerso direttamente in acqua ed è particolarmente adatta per piante legnose o radici; la spremitura a freddo, impiegata soprattutto per gli agrumi, in cui la buccia viene meccanicamente compressa senza l'uso di calore; l'estrazione con solventi organici, che permette il recupero delle essenze da piante delicate tramite la produzione di una concreta, poi purificata; e infine l'enfleurage, un metodo tradizionale, oggi quasi in disuso, utilizzato per estrarre fragranze da fiori delicati mediante l'assorbimento su grassi solidi (Rani et al. 2023).

Dopo l'estrazione, gli oli essenziali possono essere sottoposti a deterpenazione, un processo volto a rimuovere le frazioni terpeniche meno odorose e a bassa attività, al fine di concentrare i componenti aromaticamente più attivi. Questo trattamento non solo intensifica l'aroma, ma migliora anche la solubilità in alcool, aumenta le proprietà antisettiche e prolunga la conservabilità del prodotto (Aziz et al. 2018).

Queste sostanze possono essere estratte, in quantità variabili, da un'ampia gamma di piante superiori, con particolare abbondanza nelle famiglie Asteraceae, Apiaceae, Rutaceae, Lauraceae, Liliaceae, Magnoliaceae, Pinaceae e

Cupressaceae (Rani et al. 2023). Gli oli essenziali ottenuti da queste piante trovano ampie applicazioni in ambito farmaceutico, cosmetico, profumiero e nell'aromaterapia. Tuttavia, la loro efficacia terapeutica e la qualità finale del prodotto dipendono fortemente dalla gestione accurata delle fasi di raccolta, estrazione e conservazione.

Negli ultimi anni, si è osservato un crescente interesse per l'impiego degli oli essenziali anche in ambito nutraceutico, grazie alla loro capacità di esercitare effetti biologici che vanno ben oltre il semplice ruolo di aromi o conservanti. Essi sono stati infatti oggetto di numerose ricerche precliniche e cliniche che ne hanno messo in luce il potenziale come ingredienti attivi per la formulazione di alimenti funzionali e integratori alimentari. La loro efficacia è stata valutata in relazione a varie condizioni patologiche e fisiologiche: per esempio, alcuni oli essenziali hanno dimostrato effetti benefici nella gestione della sindrome dell'intestino irritabile e delle malattie infiammatorie intestinali, contribuendo al contempo alla regolazione del microbiota intestinale e alla protezione della mucosa gastrica. Altri studi hanno evidenziato la loro attività epatoprotettiva, nonché la capacità di favorire la funzionalità delle vie urinarie e di stimolare la diuresi. Inoltre, l'assunzione orale di determinati EO può contribuire alla regolazione del metabolismo, aiutando a controllare parametri come glicemia e lipidi plasmatici, e offrire effetti antinfiammatori e analgesici, nonché proprietà immunomodulanti e protettive contro infezioni virali, come l'influenza stagionale.

Di particolare rilevanza è anche il ruolo emergente degli oli essenziali nella neuroprotezione e nella modulazione dell'umore e delle performance cognitive, indicando un potenziale impiego in ambito psico-nutrizionale. Tra gli oli essenziali più promettenti in questi ambiti si annoverano quelli estratti da menta, salvia, timo, lavanda, melissa, eucalipto, mirto, bergamotto, cumino nero, arancio, zenzero e aglio (Matera et al. 2023). L'ampio spettro di attività biologiche attribuibili a questi composti li rende dunque candidati ideali per una nuova generazione di integratori e strategie nutrizionali personalizzate, in un'ottica di prevenzione attiva e supporto alla salute globale.

1.3.3 Applicazioni industriali e commerciali

Non sorprende che l'essere umano abbia cercato nella natura sostanze utili. Fin dall'antichità, si è compreso che le piante potevano servire sia come alimento sia come medicina. Erano facilmente accessibili, semplici da raccogliere e capaci di fornire semi per future coltivazioni. Le civiltà antiche iniziarono a praticare l'agricoltura organizzata, dando origine a quelle che oggi sono le industrie alimentari e del tabacco. Tra le principali colture commerciali si annoverano il grano, il riso, il mais, il tabacco, la canna da zucchero, il tè e il caffè.

Le piante, essendo diffuse e facilmente ottenibili, rappresentavano una risorsa ideale per avviare ricerche. Nel tempo, numerosi composti sono stati isolati e ne sono state determinate le strutture chimiche. L'uso terapeutico delle piante è documentato lungo tutta la storia dell'umanità, in molte culture e perfino in altre specie animali. Ancora oggi, una buona parte della popolazione mondiale continua a fare affidamento sui rimedi naturali a base di erbe per la propria salute. Negli ultimi decenni, sia la letteratura scientifica che quella divulgativa hanno mostrato un interesse crescente verso i prodotti naturali e nel panorama attuale della produzione industriale, queste sostanze stanno acquisendo un'importanza sempre maggiore. La loro versatilità e compatibilità con i principi della sostenibilità ambientale le rende particolarmente adatte a numerosi ambiti applicativi, tra cui l'agricoltura, l'industria alimentare, la farmaceutica, la chimica verde, le biotecnologie e il settore cosmetico (Fig. 1.7).

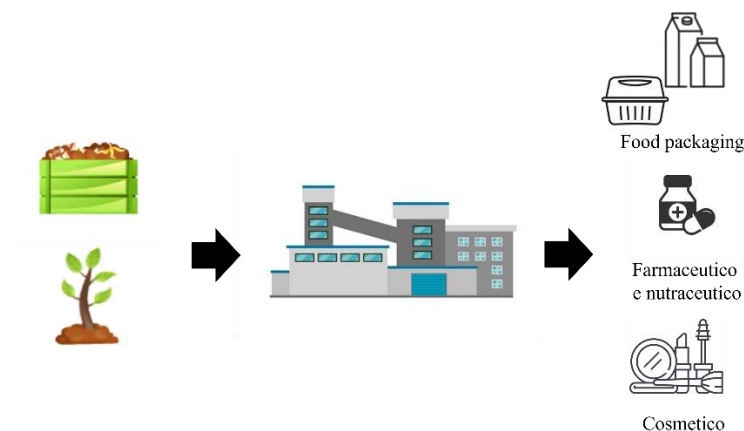


Figura 1.7 Alcuni dei settori industriali in cui le risorse vegetali possono trovare impiego.

L'impiego di queste sostanze consente non solo di sostituire composti chimici di sintesi con alternative più ecologiche, ma anche di innovare i processi produttivi in direzione di un'economia più circolare e responsabile (Cragg & Newman, 2013; Sartal et al. 2014).

1.3.3.1 Agroalimentare

Nell'ambito dell'industria alimentare, le sostanze naturali trovano molteplici applicazioni, sia nella conservazione che nella trasformazione degli alimenti. Conservanti naturali come l'acido citrico o il sorbato di potassio vengono comunemente utilizzati per prolungare la durata di conservazione dei prodotti alimentari senza comprometterne la qualità o la sicurezza (Gyawali & Ibrahim, 2014). I coloranti, gli aromi e gli addensanti naturali rispondono alla crescente domanda dei consumatori per prodotti con etichette trasparenti e ingredienti riconoscibili (Aschemann-Witzel & Peschel, 2019). I composti fenolici rappresentano una delle principali classi di antiossidanti naturali utilizzati nell'industria alimentare. Oltre al loro ruolo antiossidante, è stato dimostrato che tali composti sono in grado di inibire la crescita di microrganismi patogeni come *Salmonella* spp. ed *Escherichia coli* (Cetin-Karaca & Newman, 2015).

Negli ultimi anni, l'impiego di antiossidanti naturali nei prodotti a base di carne ha suscitato un crescente interesse, anche in considerazione delle normative volte alla sostituzione degli antiossidanti sintetici con ingredienti di origine naturale (Oswell et al. 2018). Le componenti lipidiche della carne, in particolare gli acidi grassi insaturi, più abbondanti nella carne di pollame rispetto a quella bovina o suina, risultano particolarmente suscettibili all'ossidazione. I prodotti derivanti da tali processi ossidativi sono responsabili di fenomeni di irrancidimento, riduzione del valore nutrizionale e incremento del rischio sanitario legato all'accumulo di composti tossici.

L'aggiunta di antiossidanti naturali è risultata efficace nel mitigare tali effetti, contribuendo al miglioramento della stabilità nutrizionale, delle caratteristiche sensoriali e della shelf life degli alimenti. L'applicazione di fenoli purificati derivati da acque reflue dell'industria olearia ha dimostrato una significativa riduzione degli indicatori di ossidazione in salsicce crude e cotte, senza comprometterne l'accettabilità sensoriale (Balzan et al. 2017). L'impiego di estratti di pericarpo di litchi in prodotti a base di carne ovina ha evidenziato un'efficacia nel rallentare l'ossidazione lipidica, mantenendo al contempo l'accettabilità del prodotto (Das et al. 2016). Simili risultati sono stati ottenuti mediante l'uso di estratti naturali di chiodi di garofano e cannella applicati a carni precotte di diverse specie, garantendo una protezione dalla rancidità ossidativa senza alterazioni sensoriali percepibili (Jayathilakan et al. 2007).

Anche i carotenoidi, come quelli contenuti negli estratti di pomace di pomodoro, sono stati impiegati con successo per aumentare la stabilità ossidativa di carni confezionate in atmosfera modificata (Andrés et al. 2017). L'utilizzo combinato di composti naturali può offrire vantaggi sinergici: l'integrazione di chitosano con estratti di menta, ad esempio, ha dimostrato di possedere proprietà sia antiossidanti che antimicrobiche, con effetti positivi sulla conservabilità dei prodotti carnei (Kanatt et al. 2008).

L'applicazione degli antiossidanti naturali si estende anche alla stabilizzazione di oli alimentari che non possiedono antiossidanti endogeni. Estratti fenolici derivati da spezie, erbe, semi, frutti e verdure sono stati impiegati in diverse matrici lipidiche, con particolare interesse per rosmarino e origano nei sistemi lipidici. Gli oli essenziali di cannella, chiodi di garofano e rosmarino si sono rivelati efficaci nella prevenzione dell'ossidazione in oli di nocciola e papavero, con l'olio essenziale di cannella che ha mostrato la maggiore efficacia antiossidante (Özcan & Arslan, 2011).

Un ulteriore campo di applicazione è costituito dalle tecnologie alimentare ed in particolare dalla produzione di alimenti fermentati, un processo antico ma ancora attuale che impiega lieviti e batteri per la produzione di alimenti come yogurt, formaggi, vino e birra, valorizzando le proprietà organolettiche e nutrizionali dei prodotti finali (Tamang & Kailasapathy, 2010). L'aggiunta di sostanze estratte da matrici vegetali rappresenta un'innovazione sempre più d'interesse per le industrie alimentari. Recenti studi hanno dimostrato che alcuni oli essenziali mostrano concentrazioni minime inibitorie (MIC) più elevate verso i probiotici rispetto ai patogeni intestinali, aprendo la possibilità di co-somministrazione per trattamenti mirati del tratto intestinale (Cetin-Karaca & Newman, 2015). Questo ha portato allo sviluppo di alimenti fermentati funzionalizzati con oli essenziali, come bevande a base di cagliata aromatizzata e yogurt funzionalizzati. Lo yogurt rappresenta una delle principali fonti alimentari di probiotici, contenendo ceppi come *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, che devono sopravvivere al transito intestinale per mantenere lo status probiotico (Ranadheera et al. 2010).

Il consumo regolare di yogurt non solo modula positivamente la composizione del microbiota intestinale, ma supporta anche la funzione immunitaria e contribuisce alla prevenzione dell'aumento di peso legato all'età (Marco et al. 2017). Inoltre, l'aggiunta di olio essenziale allo yogurt permette di prolungare la shelf-life grazie alle proprietà antibatteriche, antifungine e antiossidanti intrinseche dell'olio (Balzan et al. 2017; Das et al. 2016). In particolare, uno studio che ha visto l'impiego di nanoemulsioni polimeriche caricate con oli essenziali ha dimostrato di migliorare la stabilità ossidativa, la resistenza termica e l'attività biologica degli alimenti, riducendo l'uso di conservanti sintetici (Bodoira et al. 2017). Un esempio di questo tipo di applicazione è anche l'integrazione dell'olio essenziale di *Melissa officinalis* in microcapsule, che ha aumentato l'attività antiossidante nei campioni di yogurt (Massini et al. 2016).

Tuttavia, l'utilizzo degli oli essenziali nell'industria alimentare presenta come principale limite il loro impatto organolettico, dovuto all'intensa aromaticità (Özcan & Arslan, 2011). Nella progettazione di yogurt funzionalizzati con oli essenziali, è pertanto essenziale ottimizzare sia la componente funzionale sia quella sensoriale, affinché il contributo dell'olio essenziale al gusto finale non comprometta l'accettabilità del prodotto da parte dei consumatori. Le sostanze naturali vengono sempre più utilizzate, anche nel campo dell'agricoltura, per migliorare l'efficienza e la sostenibilità delle coltivazioni. Tra le soluzioni più promettenti vi è l'impiego di fitosanitari di origine vegetale, considerati un'alternativa efficace ai pesticidi chimici, con un impatto ambientale decisamente inferiore (Isman, 2006). Inoltre, la pratica del compostaggio e l'uso di fertilizzanti organici permettono di restituire al suolo sostanze nutritive essenziali, migliorandone la struttura e la biodiversità microbiologica (Lal, 2020). Le biotecnologie agricole,

infine, hanno introdotto varietà vegetali geneticamente modificate in grado di resistere a parassiti e patogeni, riducendo così la necessità di trattamenti chimici intensivi (Tester & Langridge, 2010).

1.3.3.2 Farmaceutico e nutraceutico

Anche l'industria farmaceutica trae enormi benefici dall'impiego di sostanze naturali. Le piante, da sempre utilizzate nella medicina tradizionale, rappresentano una risorsa fondamentale per la progettazione di nuovi farmaci e prodotti nutraceutici.

Oltre il 30% dei farmaci deriva direttamente dalle piante, e oltre il 60% dei farmaci introdotti negli ultimi 20 anni è basato su estratti vegetali o su loro derivati stretti (Fang, 2019).

Infatti, le piante possono essere considerate un serbatoio naturale di sostanze fitochimiche quali fenoli, flavonoidi, alcaloidi, tannini, glicosidi e vitamine, distribuite in diverse parti anatomiche come radici, foglie, fiori e semi (Bernardini et al. 2018; Calixto et al. 1998). Questi composti, noti per le loro proprietà antiossidanti, antinfiammatorie e antimicrobiche, si sono dimostrati efficaci nella prevenzione e nel trattamento di patologie croniche, neurodegenerative, cardiovascolari e immunitarie. Molti farmaci attualmente in commercio derivano infatti da principi attivi estratti da piante medicinali, spesso oggetto di studio in etnofarmacologia (Newman & Cragg, 2020). A ciò si affiancano le tecnologie basate sull'uso di enzimi, batteri e cellule, che consentono la produzione su larga scala di farmaci e vaccini attraverso processi biotecnologici avanzati (Yvette, 2017).

La crescente incidenza di fenomeni di resistenza farmacologica, unitamente agli effetti collaterali associati ai trattamenti convenzionali, ha sollevato interrogativi sull'efficacia a lungo termine dei farmaci di sintesi. In tale contesto, la fitoterapia e la nutraceutica emergono come ambiti strategici per l'identificazione di nuove molecole attive, capaci di agire in modo selettivo e meno invasivo sull'organismo umano (Dulger & Gonuz, 2005; Pradubayat et al. 2024).

L'approccio attuale alla scoperta di farmaci di origine vegetale si avvale di un'integrazione tra metodi sperimentali tradizionali e tecnologie avanzate, tra cui analisi fitochimiche, tecniche spettroscopiche, modelli in silico e studi computazionali di drug design. Questi strumenti permettono di individuare, isolare e caratterizzare i composti più promettenti, rendendo più efficiente il processo di sviluppo di nuovi principi attivi a base naturale (Hassoun et al. 2023).

In questo contesto, le piante non solo rappresentano un'importante fonte di molecole bioattive, ma costituiscono anche un modello di riferimento per la progettazione di strategie terapeutiche innovative, sostenibili e sicure, in grado di integrare l'approccio farmacologico tradizionale con nuove prospettive nel campo della salute e della prevenzione. D'altro canto, anche i nutraceutici stanno acquisendo una crescente popolarità a livello globale grazie ai loro straordinari benefici per la salute, conquistando una quota rilevante nell'economia mondiale. Il termine nutraceutico è una creazione moderna, nata dalla fusione delle parole nutriente e farmaceutico. Si riferisce a estratti di alimenti ai quali si attribuiscono effetti medicinali sulla salute umana. Un nutraceutico può essere presentato in forma farmaceutica, come capsule, compresse o polveri in dosaggio definito, oppure essere aggiunto a un alimento (che in tal caso diventa un alimento funzionale). In una definizione più rigorosa, il termine nutraceutico implica che l'estratto o l'alimento sia dimostrato avere un beneficio fisiologico o fornire protezione contro una malattia cronica. Essi rappresentano componenti principali degli alimenti che apportano benefici alla salute dei consumatori ed in generale,

si fa riferimento a sostanze di origine vegetale o fitocostituenti in grado di migliorare o gestire condizioni patologiche quali il cancro, i disturbi neurologici e le disfunzioni metaboliche.

Diversi nutraceutici di origine vegetale hanno acquisito una crescente popolarità negli ultimi anni e sono stati impiegati per la prevenzione e il trattamento di numerose patologie. Tra questi, la curcuma (*Curcuma longa*) si distingue per le sue proprietà antinfiammatorie e antiossidanti, ampiamente documentate in letteratura scientifica. Numerosi studi hanno confermato l'efficacia della curcumina, il suo principale principio attivo, nella modulazione della risposta infiammatoria e nella protezione cellulare dai radicali liberi (Hewlings & Kalman, 2017).

Un altro fitocomposto molto impiegato è la *Boswellia serrata*, una pianta nota per il suo utilizzo nel supporto alla salute articolare e nella riduzione dell'infiammazione cronica. I suoi estratti sono ampiamente utilizzati anche in ambito commerciale, come nel caso dell'azienda Arjuna Naturals, che ne produce derivati standardizzati. Le resine di *Boswellia*, contenenti acidi boswellici, sono oggetto di crescente interesse per le loro potenzialità terapeutiche (Sengupta et al. 2008).

Molto diffuso al giorno d'oggi, in particolare tra gli sportivi, è l'utilizzo di integratori alimentari a base di Ashwagandha (*Withania somnifera*), considerata un adattogeno naturale, è utilizzata da secoli nella medicina ayurvedica per la gestione dello stress e il miglioramento della lucidità mentale. Recenti ricerche hanno evidenziato la sua capacità di ridurre i livelli di cortisolo e migliorare la qualità del sonno e delle funzioni cognitive (Chandrasekhar et al. 2012).

Anche il tè verde (*Camellia sinensis*) è largamente apprezzato per l'elevato contenuto di antiossidanti, in particolare catechine come l'epigallocatechina gallato (EGCG), che contribuiscono a migliorare la salute della pelle e il benessere generale. Numerosi studi hanno collegato il consumo regolare di tè verde a effetti positivi sulla prevenzione di malattie croniche e sull'equilibrio metabolico (Cabrera et al. 2006).

Tra altri, sono degni di nota anche i prodotti a base di Aloe vera (*Aloe barbadensis*), conosciuti soprattutto per le sue proprietà lenitive e idratanti, risultando particolarmente utile nella cura della pelle, ma anche utilizzata in ambito dermatologico ed alimentare grazie alle sue proprietà antinfiammatorie e digestive (Surjushe et al. 2008) e la *Rhodiola rosea*, un altro adattogeno di origine vegetale, caratterizzata da composti attivi quali rosavine e salidroside, che la rendono utile nel migliorare la resistenza alla fatica e i parametri cognitivi (Panossian & Wikman, 2010).

Anche individui sani consumano nutraceutici vegetali al fine di mantenere uno stato di benessere. Si è così costituito un nuovo segmento di mercato composto da consumatori che assumono nutraceutici vegetali per migliorare o preservare la propria salute. Tra questi si annoverano acidi grassi omega-3, antiossidanti, flavonoidi, polifenoli e piante come ginseng, tè verde, aloe vera, alghe e grano verde (Bisht et al. 2024).

Secondo dati riportati in letteratura, circa il 40% della popolazione cinese, il 70% di quella indiana e fino al 90% degli africani utilizza prodotti di origine vegetale come primo approccio terapeutico per diverse malattie (Ekor et al. 2014).

Dopo la pandemia di COVID-19, il segmento dei nutraceutici destinati al rafforzamento del sistema immunitario ha conosciuto una forte espansione. Entro il 2027, si prevede che il mercato asiatico raggiungerà un valore di 140.178,6 milioni di dollari, mentre quello americano arriverà a 118,73 miliardi di dollari (Catalano et al. 2022).

Tuttavia, nonostante il loro potenziale, i nutraceutici non sono ancora pienamente integrati nelle pratiche di consumo comune, anche a causa della mancanza di forme farmaceutiche standardizzate e dosaggi definiti. Attualmente, si

stanno anche utilizzando tecniche di ingegneria genetica per la loro coltivazione, con l'obiettivo di migliorare l'economia dei produttori e garantire ai consumatori un accesso più economico e con benefici aggiuntivi per la salute. Numerosi nutraceutici, sia di origine tradizionale sia non convenzionale, sono stati impiegati fino ad oggi. Una grande varietà di costituenti chimici è stata isolata, identificata e testata per verificarne l'efficacia dichiarata. Tuttavia, il sistema complesso in cui si trovano i composti estratti rende difficile valutarne con precisione l'efficacia, soprattutto quando si tratta di composti isolati o purificati.

Esistono inoltre ulteriori criticità: non vi sono ancora tecniche consolidate per determinare in modo univoco la purezza, la qualità, la biodisponibilità e l'efficacia dei nutraceutici. Sebbene per alcuni di essi l'efficacia sia scientificamente comprovata e siano noti anche eventuali effetti collaterali, per la maggior parte manca ancora un'adeguata conoscenza riguardo le interazioni farmacologiche, i possibili effetti indesiderati e il rapporto rischio-beneficio.

Nonostante queste sfide, la comunità scientifica sta lavorando attivamente per colmare tali lacune. È auspicabile che in un prossimo futuro si possano ottenere risposte più chiare e complete. Accademici e industrie farmaceutiche stanno attualmente esplorando vari nutraceutici di origine vegetale mediante tecnologie avanzate ad alto rendimento, quali la farmacologia di rete, la metabolomica e la nutrigenomica, al fine di comprenderne i meccanismi d'azione e ottimizzare l'efficacia a costi sostenibili.

1.3.3.3 Cosmetico

Nel settore cosmetico, l'impiego di ingredienti naturali quali oli essenziali, estratti vegetali e burri è ormai consolidato. Questi composti sono apprezzati non solo per le proprietà funzionali e sensoriali, ma anche per la loro elevata tollerabilità cutanea e per il ridotto impatto ambientale (Dweck, 2002). La cosmesi naturale si configura oggi come un punto di convergenza tra scienza, benessere e sostenibilità, rispondendo alle esigenze di un consumatore sempre più consapevole riguardo all'origine, alla qualità e alla sicurezza delle materie prime utilizzate.

La domanda globale di cosmetici a base vegetale è in costante crescita, sostenuta dalla maggiore attenzione verso i benefici a lungo termine degli ingredienti naturali sulla salute della pelle (Gamage, 2022). Le piante rappresentano una fonte straordinariamente ricca di composti bioattivi – tra cui polisaccaridi, polifenoli, flavonoidi, vitamine, carotenoidi e acidi idrossilici – che svolgono un ruolo chiave nei meccanismi di adattamento agli stress ambientali. Tali composti, sviluppatasi per la difesa della pianta, mostrano anche effetti benefici sulla cute umana, rendendoli di particolare interesse per applicazioni dermocosmetiche (Tomas et al. 2025; Ferreira et al. 2021).

Questo crescente interesse ha spinto l'industria cosmetica a ridefinire le proprie strategie produttive, orientandosi verso formulazioni più sostenibili e "green". Il Gruppo L'Oréal, ad esempio, ha annunciato l'intenzione di sostituire entro il 2030 il 95% delle materie prime con componenti di origine vegetale rinnovabile o minerale abbondante (L'Oréal, 2021).

Le proprietà funzionali degli estratti vegetali più rilevanti in campo cosmetico comprendono effetti idratanti, riparativi, antiossidanti, fotoprotettivi, schiarenti, lenitivi e antinfiammatori (Davis & Perez, 2009).

Piante come la liquirizia (*Glycyrrhiza glabra*) sono note per le loro proprietà funzionali specifiche. I polisaccaridi idrosolubili estratti dalla liquirizia, ad esempio, favoriscono l'idratazione cutanea incrementando l'espressione delle acquaporine nei cheratinociti epidermici, migliorando così il bilancio idrico della pelle (Wu et al. 2024). Inoltre, la liquirizia è comunemente definita la "regina dello sbiancamento" grazie alla sua capacità di inibire l'enzima

tirosinasi, svolgendo un'azione efficace nel contrastare l'iperpigmentazione e nel proteggere la pelle dai danni indotti dall'esposizione ai raggi ultravioletti (Lee et al. 2016).

Le principali categorie di ingredienti di origine vegetale includono oli essenziali, pigmenti naturali, grassi, cere e oli vegetali. La letteratura etnobotanica evidenzia il vasto impiego tradizionale di numerose piante medicinali in campo cosmetico, molte delle quali oggi rappresentano nuove potenziali fonti di principi attivi per prodotti fitocosmetici (Gupta et al. 2018; Dureja et al. 2005).

Gli oli vegetali, quali quelli estratti da oliva, cocco, jojoba, argan, mandorla, semi d'uva e olivello spinoso, sono ampiamente riconosciuti nell'industria cosmetica per le loro proprietà emollienti, lenitive, antiossidanti e rigeneranti (Lin et al. 2017; Tang & Wang, 2025). Questi oli, ricchi di acidi grassi essenziali, fitosteroli e vitamine liposolubili, in particolare vitamina E, svolgono un ruolo cruciale nel mantenimento e nel ripristino della barriera lipidica epidermica, migliorando l'idratazione cutanea e proteggendo la pelle dagli stress ambientali e dall'invecchiamento precoce (Lin et al. 2017; Reuter et al. 2010). Inoltre, gli oli vegetali sono sempre più considerati attivi multifunzionali piuttosto che semplici agenti emollienti, assumendo un ruolo centrale nella formulazione di cosmetici innovativi, naturali e sicuri (Selwyn & Govindaraj, 2023). Infatti, l'interesse verso ingredienti botanici ha influenzato profondamente le strategie di formulazione cosmetica, spingendo verso l'adozione di principi attivi naturali non solo per le proprietà funzionali, ma anche per l'immagine positiva associata a sicurezza e sostenibilità (Dureja et al. 2005). Tecnologie estrattive moderne, come l'estrazione supercritica o quella a ultrasuoni, permettono oggi di preservare l'integrità dei composti bioattivi, migliorandone la stabilità e l'efficacia nei prodotti topici (Herrero et al. 2010).

Nonostante l'impiego sempre più comune di ingredienti naturali e composti bioattivi nelle formulazioni cosmetiche, la piena valorizzazione delle risorse botaniche è ancora ostacolata da alcune criticità: la scarsità di studi etnobotanici ed etnofarmacologici sistematici, la limitata disponibilità di materie prime di qualità, la mancanza di standardizzazione nelle pratiche agricole e post-raccolta, e la ridotta innovazione tecnologica del settore (Kaur & Kapoor, 2001; Kaur, 2021).

1.3.3.4 Altri settori industriali

L'impiego di sostanze naturali in ambito industriale rappresenta una delle sfide più rilevanti della chimica sostenibile contemporanea. L'obiettivo è quello di ridurre progressivamente la dipendenza da materie prime fossili e sostanze chimiche pericolose, promuovendo l'utilizzo di risorse rinnovabili, rifiuti agroindustriali e processi ecocompatibili. In tale contesto, numerosi settori produttivi stanno esplorando nuove possibilità di valorizzazione della biomassa e dei sottoprodotti organici, favorendo un'economia circolare fondata su criteri di efficienza, sicurezza e basso impatto ambientale.

Nell'ambito della chimica verde, le sostanze naturali emergono come valide alternative ai derivati petroliferi, offrendo soluzioni energetiche, materiali e funzionali più sostenibili. Un esempio rilevante è costituito dai biocarburanti derivati da biomasse come olio di colza o amido di mais, utili per la produzione di energia rinnovabile con impatto ambientale ridotto (Naik et al. 2010). Parallelamente, i materiali biodegradabili ottenuti da materie prime rinnovabili, noti come bioplastiche, costituiscono un fondamentale avanzamento per la sostituzione delle plastiche convenzionali in settori quali l'imballaggio e l'industria (Zhao et al. 2023).

Un ulteriore filone innovativo riguarda la conversione della biomassa in nuovi composti chimici distinti dai tradizionali platform chemicals derivati da fonti fossili. Attraverso processi di deidratazione di esosi in biomassa

lignocellulosica, è possibile ottenere molecole ad alto valore aggiunto come l'acido 2,5-furandicarbossilico e i chetali dell'acido levulinico, aprendo la strada a mercati sostenibili ed economicamente competitivi (Rosatella et al. 2011). Parallelamente, l'estrazione di composti bioattivi ad alto valore aggiunto da biomasse vegetali costituisce un settore di crescente interesse industriale. Il chitosano, ad esempio, trova utilizzo in ambito farmaceutico come veicolo per farmaci, materiali chirali per suture e pelle sintetica; in cosmetica, esso e gli estratti polifenolici sono impiegati in prodotti antiossidanti; nel settore nutraceutico, i derivati biobased sono usati come coloranti naturali, conservanti, modificatori di texture o integratori; in agricoltura, i piretroidi derivati dalle biomasse rappresentano alternative sostenibili ai pesticidi tradizionali (Kumar et al. 2004; Hodoşan et al. 2023). Per una reale applicazione industriale, è cruciale impiegare tecnologie ad alta efficienza energetica e solventi verdi, preferibilmente rinnovabili, minimizzando l'impronta ecologica complessiva (Chemat et al. 2012).

L'integrazione di biomassa per la sintesi di nuovi composti chimici risponde a driver sia di mercato sia normativi. Da un lato, la crescente consapevolezza dei consumatori verso prodotti "green" alimenta la domanda; dall'altro, biomasse come acido furan-dicarbossilico, acido levulinico e acido lattico possiedono caratteristiche intrinseche che li rendono funzionalmente più vicini ai prodotti finali rispetto ai corrispettivi fossili, aumentando la competitività (Bozell & Petersen, 2010). Inoltre, la normativa europea e internazionale che limita l'uso di fonti fossili e promuove la decarbonizzazione rafforza la spinta verso queste tecnologie (Sarkar et al. 2012).

Infine, il settore tessile costituisce un ambito chiave per l'applicazione industriale dei coloranti naturali estratti da residui agroindustriali. Studi recenti sottolineano come scarti di biomassa possano fornire coloranti funzionali in un contesto di economia circolare, riducendo costi e impatti ambientali (Joshi et al. 2025; Singh et al. 2019). L'uso sperimentale della buccia esterna del cece (*Cicer arietinum*) ha fornito un colorante naturale con resa del 14 % e caratteristiche di affinità preferenziale per fibre proteiche, eccellenti proprietà di solidità, protezione UV e attività antimicrobica (Jose et al. 2019; Hossain et al. 2024). Tale tecnologia, priva di mordenti metallici e ausili chimici, è intrinsecamente ecocompatibile e adatta alla produzione industriale su larga scala da parte di piccole e medie imprese tessili (Jose et al. 2019).

1.4 Obiettivo della tesi

L'attuale necessità di sviluppare sistemi alimentari sostenibili, resilienti e capaci di ridurre il consumo di risorse naturali impone una riflessione approfondita sulle modalità con cui le biomasse vegetali vengono gestite, trasformate e valorizzate. In un contesto caratterizzato da un crescente degrado ambientale, dalla perdita di biodiversità e dalla produzione massiva di scarti lungo l'intera filiera agroalimentare, diventa fondamentale individuare strategie innovative che consentano di recuperare e valorizzare risorse vegetali ancora poco esplorate, inserendole in modelli produttivi pienamente coerenti con i principi dell'economia circolare.

L'obiettivo principale di questa tesi è quello di investigare, al fine di valorizzare, risorse vegetali ancora poco sfruttate, quali i vinaccioli derivanti dalla filiera enologica e le piante selvatiche commestibili, attraverso un approccio integrato che combinasse caratterizzazione chimica, analisi biologica e valutazione del loro potenziale applicativo. In particolare, la ricerca ha mirato a isolare e studiare le frazioni proteiche, lipidiche e polifenoliche dei vinaccioli, nonché gli oli essenziali di diverse specie vegetali, al fine di comprenderne la composizione chimica, le proprietà antiossidanti, antimicrobiche e antitumorali e le possibili applicazioni tecnologiche e nutraceutiche.



Un ulteriore obiettivo è stato valutare il trasferimento tecnologico degli estratti ottenuti, esplorando applicazioni pratiche come l'utilizzo dei pellet proteici come chiarificante endogeno nel settore enologico e la formulazione di prodotti cosmetici con oli fissi dotati di attività antiossidante. In tal modo, il lavoro si propone non solo di generare nuove conoscenze scientifiche sulle proprietà dei sottoprodotti agroalimentari e delle piante spontanee, ma anche di promuovere un modello produttivo sostenibile e circolare, capace di trasformare scarti e risorse poco valorizzate in materie prime strategiche per i settori alimentare, cosmetico e farmaceutico.

2. RISULTATI E DISCUSSIONE

2.1 Scarti vegetali

Gli scarti agroalimentari costituiscono una frazione considerevole della produzione alimentare globale e rappresentano una risorsa ancora poco valorizzata. La loro caratterizzazione chimica consente di identificare componenti bioattivi e nutrienti di interesse, aprendo la strada a potenziali applicazioni in ambito nutraceutico, farmaceutico e industriale. Tale approccio non solo permette la valorizzazione di materiali altrimenti destinati allo smaltimento, ma contribuisce anche allo sviluppo di strategie sostenibili per la gestione dei sottoprodotti alimentari, promuovendo l'innovazione e la transizione verso modelli produttivi più responsabili dal punto di vista ambientale.

2.1.1 Vinaccioli

La specie *Vitis vinifera* L., appartenente al genere *Vitis* L., è coltivata sia per la produzione di vino che per il consumo diretto dell'uva come frutto fresco. La famiglia delle Vitaceae comprende circa 16 generi riconosciuti e circa 950 specie, diffuse in aree a clima temperato come l'Europa, gran parte del Nord America, l'Asia occidentale, il Sud America meridionale e le estremità nord e sud dell'Africa (POWO, 2024).

L'uva è uno dei frutti più conosciuti e appartiene alle specie arboree più antiche al mondo (Gao et al., 1981); si tratta inoltre di una coltura ampiamente diffusa in tutto il pianeta (Ajit et al., 2021).

La viticoltura rappresenta una delle attività agricole più riconoscibili a livello globale, con una produzione mondiale di uva pari a 77,3 milioni di tonnellate all'anno, di cui l'8% è prodotto in Italia, che si colloca al secondo posto a livello mondiale con una produzione di 6,4 milioni di tonnellate (OIV, 2022).

Secondo l'Organizzazione Internazionale della Vigna e del Vino (OIV, 2022), nel 2022 circa il 47,8% della produzione di uva è stata destinata esclusivamente alla vinificazione. Tuttavia, i dati riportati includono anche l'uva destinata al consumo diretto: più in dettaglio, la quota restante è rappresentata da uva da tavola (44,2%) e uva passa (8,0%).

L'industria vinicola costituisce uno dei settori agroindustriali più importanti a livello mondiale. La produzione di vino nell'Unione Europea nel 2022 è stata di 161,1 milioni di ettolitri, con un incremento del 4% rispetto al 2021 e in linea con la media degli ultimi cinque anni. L'Italia, primo produttore mondiale di vino nel 2022, ha raggiunto un volume stimato di 49,8 milioni di ettolitri, pari al 19,0% del totale globale (OIV, 2023). Tuttavia, come altri processi industriali di trasformazione di alimenti vegetali (Amoah et al. 2020), anche l'industria del vino produce, in un arco di tempo relativamente breve, una grande quantità di scarti e sottoprodotti, pari a circa il 30% del peso iniziale dell'uva (Bustamante et al. 2008; Bordiga et al. 2015).

La produzione di rifiuti alimentari rappresenta un problema globale a causa del suo impatto sull'ambiente e sull'economia; ridurla è quindi cruciale per raggiungere uno sviluppo sostenibile (Niculescu et al. 2023). Nell'UE, ogni anno vengono generati oltre 58 milioni di tonnellate di rifiuti alimentari (131 kg/abitante), con un valore di mercato stimato di 132 miliardi di euro (SWD (2023)421). Tra questi rifiuti, quelli derivanti dal settore agroindustriale rappresentano uno dei principali flussi sia in termini quantitativi che qualitativi (Perra et al. 2022).

A livello globale, circa un terzo di tutto il cibo prodotto per il consumo umano viene perso o sprecato (FAO, 2011). In tal senso, il Parlamento Europeo ha sostenuto costantemente la riduzione dello spreco alimentare e, con il Green Deal Europeo del 2020, si è impegnato a raggiungere un obiettivo di riduzione del 50% entro il 2030 (Parlamento

Europeo, 2020).

Considerando che entro il 2050 il mondo consumerà tre volte le risorse disponibili del pianeta e tenendo conto dell'impatto globale dei sottoprodotti dell'industria vinicola, è necessario adottare una gestione adeguata degli scarti per evitare questa eventualità e limitare la dispersione delle risorse.

Il sottoprodotto enologico più significativo è la vinaccia, residuo che rimane dopo la pressatura delle uve. Essa rappresenta circa il 20-25% del peso iniziale dell'uva (Hegedüs et al. 2022) ed è composta da bucce (50%), semi (25%) e raspi (25%) (Ma et al. 2017), costituendo il 60% del totale dei sottoprodotti della vinificazione (Oliveira et al. 2016). La vinaccia, così come le fecce di vino, è un materiale ricco di nutrienti di valore e può essere valorizzata tramite tecniche innovative, con approcci diversi che portano a prodotti finali distinti. Pur essendo ancora poco sfruttato, questo sottoprodotto è noto per il suo arricchimento in composti bioattivi, in particolare fenolici, di interesse per i settori farmaceutico e alimentare. Tra i principali composti fenolici presenti in questa matrice si annoverano antociani, flavonoli, flavanoli, isoflavonoli, stilbeni e acidi fenolici (Ilyas et al. 2021; Kandyliis et al. 2021; Chakka & Babu, 2022).

In particolare, i semi d'uva costituiscono la frazione con la maggiore concentrazione di molecole bioattive ad alto potenziale biologico. Essi hanno dimostrato effetti antifungini, antinfiammatori e anti-obesità, oltre a un'azione cicatrizzante anticolinergica. I semi d'uva sono anche ricchi di composti antiossidanti: numerosi studi hanno riportato che, tra le diverse parti dell'acino, i semi presentano il contenuto fenolico più elevato (60-70%), seguiti dalla buccia (28-35%) e dalla polpa (10%) (Ribeiro et al. 2015).

Inoltre, i semi d'uva presentano un'interessante composizione nutrizionale che include lipidi (10,45–16,73 g), proteine (8,7–9,8 g), carboidrati (18,2–19,8 g) e fibre (40,2–43,7 g) per 100 g, oltre a vitamine (Di Pietro Fernandes et al. 2023).

Considerare i semi d'uva come semplice scarto rappresenta quindi una doppia perdita per l'industria alimentare, sia per i costi di smaltimento che per la perdita di profitti derivanti dal loro recupero e valorizzazione (Lucarini et al. 2018).

Attualmente, l'estrazione dell'olio dai semi d'uva è l'applicazione più comune per il recupero di questo sottoprodotto (Alvarez-Ossorio et al. 2022). Infatti, i semi d'uva contengono dal 10 al 20% di olio ad alto contenuto di vitamina E, con effetti rilevanti sulla salute umana. L'olio di semi d'uva è costituito principalmente da acidi grassi insaturi, come acido oleico e acido linoleico. Questi acidi grassi polinsaturi sono essenziali per il metabolismo umano e devono essere assunti attraverso l'alimentazione quotidiana. Grazie alla sua ampia produzione, l'olio di semi d'uva è utilizzato in numerosi prodotti destinati all'uomo e agli animali, come nei settori farmaceutico e cosmetico (Górnaś et al. 2018). L'olio di semi d'uva di alta qualità può offrire benefici per la salute, come attività ipolipemizzante e ipotensiva (Baydar & Murat, 2001).

L'estratto di semi d'uva contiene composti bioattivi di rilevanza farmacologica, la cui efficacia terapeutica è stata confermata da studi in vitro e in vivo, che ne hanno evidenziato proprietà antinfiammatorie, antimicrobiche e antiossidanti utili alla cicatrizzazione delle ferite (Chen et al. 2020; Ajit et al. 2021).

L'olio di semi d'uva è in grado di preservare composti importanti per la prevenzione dello stress ossidativo, come acido ascorbico, beta-carotene, fitosteroli e tocoferoli, grazie alla presenza di procianidine nei fusti e nelle foglie della pianta (Goufo et al. 2020). Per questo motivo, l'estratto di semi d'uva è utilizzato come conservante e additivo alimentare, ma anche nella produzione di imballaggi per alimenti (Chen et al. 2020).

I semi d'uva sono inoltre una fonte di proteine, che rappresentano circa il 10% della loro composizione totale. Come riportato da Ariwaodo & Olaniyan (2024), le proteine derivate da scarti della frutta, grazie alle loro proprietà come assorbenti d'acqua, emulsionanti e agenti gelificanti, trovano numerose applicazioni nei settori farmaceutico e alimentare. Poiché il residuo contiene una buona quantità di proteine, è stato sviluppato un nuovo agente chiarificante a base proteica, costituito esclusivamente da materiali endogeni dell'uva, per evitare l'uso di additivi potenzialmente allergenici nel vino finito (Gazzola et al. 2017).

Il profilo bioattivo dei derivati dei semi d'uva li rende promettenti come conservanti e additivi naturali per alimenti, oltre che per la produzione di imballaggi alimentari (Chen et al. 2020). In questo contesto, il riutilizzo dei semi d'uva rappresenta una soluzione ecologica che consente di evitare i costi di smaltimento e massimizzare il valore di tali sottoprodotti attraverso processi di riciclo e valorizzazione (Lucarini et al. 2018).

La chiarifica è una fase fondamentale della vinificazione e consiste nell'aggiunta di sostanze esogene ad azione adsorbente/reattiva, dette agenti chiarificanti, per migliorare le proprietà organolettiche del vino (Rizzi et al. 2016). Gli obiettivi di questa procedura sono migliorare la qualità sensoriale del vino riducendo astringenza e difetti aromatici (Mira et al. 2006; Gambuti et al. 2012), aumentare la limpidezza (Marchal et al. 2002a,b) e stabilizzare il colore tramite la rimozione di particelle insolubili (Cosme et al. 2012; González-Neves et al. 2014; Granato et al. 2014; Gazzola et al. 2017).

Gli agenti chiarificanti tradizionali sono proteine di origine animale, come albumina d'uovo, gelatina e caseina, ma si utilizzano anche sostanze non proteiche, come polivinilpolipirrolidone (PVPP), bentonite e carbone attivo, a seconda del tipo di vino e dell'effetto desiderato (Tschiersch et al. 2010). Molte proteine animali sono allergeni alimentari noti, quindi il loro impiego comporta un rischio per i consumatori allergici qualora residui di tali sostanze rimanessero nel vino dopo il trattamento (Marangon et al. 2019).

Per gestire questo rischio, l'UE, con la nuova normativa sull'etichettatura del vino (Regolamento (UE) 2021/2117), richiede ai produttori di indicare in etichetta anche gli adiuvanti, inclusi gli agenti chiarificanti, ma solo se potenziali allergeni. Queste problematiche hanno portato a un crescente interesse verso l'esplorazione di alternative vegetali come agenti chiarificanti. Le tendenze recenti includono la valutazione dell'efficacia chiarificante di proteine di origine vegetale, come quelle derivate da cereali, patate, piselli, soia e, più recentemente, semi d'uva (Marangon et al. 2019).

L'obiettivo di questa ricerca è stato quello di caratterizzare la composizione chimica dei semi d'uva appartenenti a quattro cultivar (Inzolia, Catarratto, Pinot Nero e Petit Verdot), attraverso l'analisi delle frazioni proteica, lipidica e fenolica, approfondirne la bioattività e valutare le potenzialità di applicazione in diversi settori industriali di interesse, con particolare attenzione alla valorizzazione sostenibile delle risorse.

2.1.1.1 Estrazione delle proteine dai semi d'uva

L'estrazione alcalina è un metodo comunemente utilizzato per l'estrazione di proteine di origine vegetale (Qiaoyun et al. 2017) noto anche per rese proteiche più elevate in confronto ad altri metodi estrattivi (del Mar Contreras et al. 2019). In questo studio, la frazione proteica, estratta in soluzione a pH 10 per aggiunta di idrossido di sodio, è stata ottenuta per precipitazione isoelettrica (Fig. 2.1).

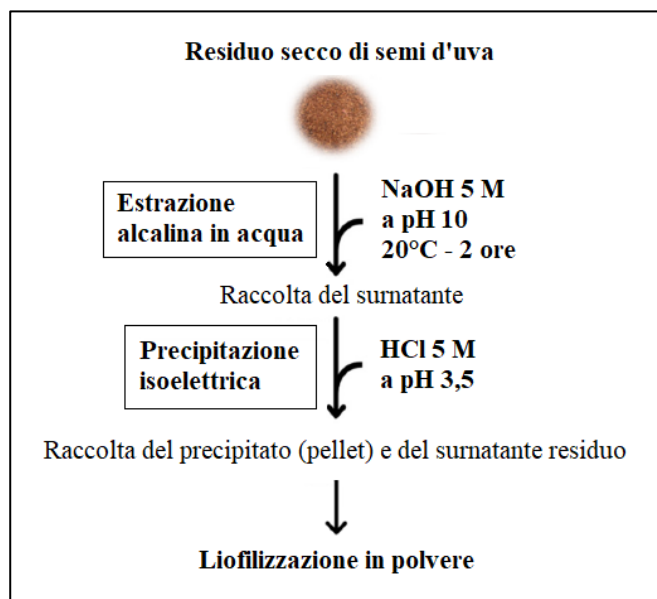


Figura 2.1. Procedura d'estrazione della frazione proteica dai vinaccioli

La resa di recupero dell'estratto proteico, ottenuto sotto forma di pellet, (Tabella 2.1) è risultata compresa tra il 2,9% e il 4,11%, rispettivamente per Petit Verdot e Pinot Nero, dati che risultano essere comparabili ai dati di letteratura (Salem et al. 2022; Felhi et al. 2016).

Tabella 2.1. Resa % (*p/p*) dei pellet proteici da vinaccioli.

Campione	Varietà	Pellet proteico (g)	Resa % (<i>p/p</i>)
pI	Inzolia	15,4440 ± 0,0010	3,90 ± 0,10
pC	Catarratto	12,9280 ± 0,0010	3,20 ± 0,10
pPN	Pinot Nero	17,4675 ± 0,0010	4,11 ± 0,10
pPV	Petit Verdot	11,8530 ± 0,0010	2,93 ± 0,10

Tuttavia, valori più elevati sono stati riportati da Castriotta e Canella (1978) e Fantozzi (1981). La variabilità osservata può essere attribuita alle differenze tra le cultivar studiate, alla loro origine geografica e alle condizioni climatiche, ma anche influenzata da metodi di estrazione differenti, come già riportato.

2.1.1.2 Caratterizzazione delle proteine

Una prima indagine finalizzata alla caratterizzazione dei pellet ottenuti dalle quattro varietà (**pC**, **pI**, **pPN**, **pPV**) è rappresentata dall'analisi elettroforetica. Nello specifico sono stati effettuate due diversi test indipendenti, utilizzando preparati con due differenti percentuali di poliacrilammide, pari all'8% (Fig. 2.2-A) e al 12% (Fig. 2.2-B). In questo modo è stato possibile separare e visualizzare efficacemente le proteine ad alto peso molecolare nel gel all'8% e quelle a basso peso molecolare nel gel al 12%.

L'analisi SDS-PAGE, relativa ai diversi campioni, rivela che nelle regioni con intervallo di massa di 20-25 kDa, 45–60 kDa e 180-245 kDa il profilo elettroforetico delle varietà investigate è molto simile. Invece, è possibile osservare

delle differenze nelle regioni di massa con intervallo di 35-45 kDa e 25-35 kDa.

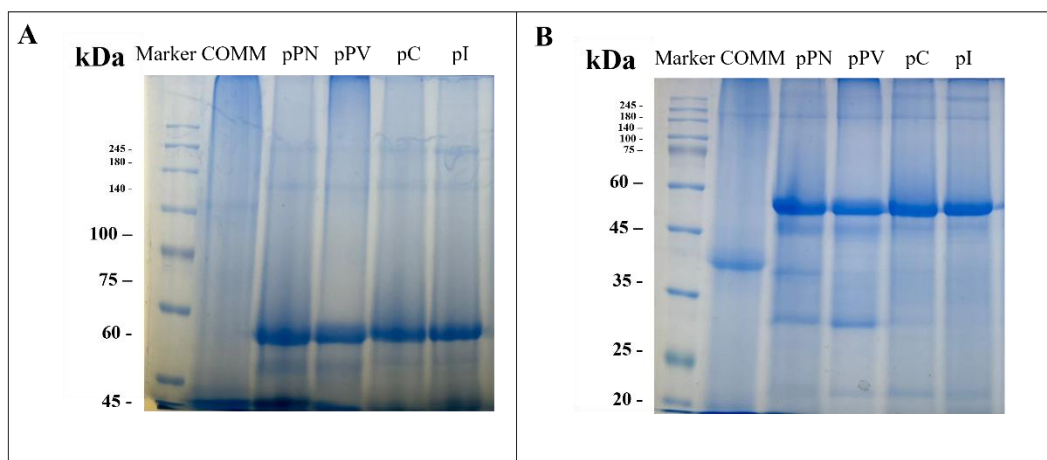


Figura 2.2. Profili proteici ottenuti tramite SDS-PAGE di **pC**, **pI**, **pPN** e **pPV** isolati di quattro varietà di vinaccioli (Catarratto, Inzolia, Pinot Nero e Petit Verdot). Per confronto è riportato anche il profilo di un chiarificante commerciale a base di proteine di patata (COMM). (A) Gel all'8% di poliaccrilammide. (B) Gel al 12% di poliaccrilammide.

Il profilo elettroforetico delle varietà investigate, ottenuto in condizioni non riducenti, risulta coerente con dati già riportati in letteratura (Chamizo-González et al. 2022), infatti in condizioni non riducenti la banda più intensa, compresa tra 45 e 60 KDa, è presumibilmente riconducibile ad una globulina 11S. Le globuline 11S sono proteine esameriche di 275–450 kDa costituite da monomeri di 50–60 kDa, composti a loro volta da una subunità acida (circa 30 kDa) e una subunità basica (circa 20 kDa) legate da un singolo legame disolfuro (Bojórquez-Velázquez et al. 2016, Gianazza et al. 1989; Gazzola et al. 2014; Gazzola et al. 2017; Liu et al. 2017; Song et al. 2016; Abdel-Shafi et al. 2019, Salem et al. 2022). Considerando la struttura di tali proteine, la presenza di bande a circa 20 e 30 kDa, in condizioni non riducenti, può essere attribuita ad un parziale processo di cleavage che porta alla formazione di subunità a più bassa massa molecolare. Quindi, le bande presenti a circa 20 kDa nei profili elettroforetici delle quattro varietà investigate, potrebbero essere riconducibili alle subunità basiche delle globuline 11S. Invece, le bande nella regione di massa con intervallo di 35-45 kDa, presenti esclusivamente nei profili elettroforetici di **pPN** e **pPV** potrebbero essere riconducibili alle subunità acide di tali proteine.

Al fine di indagare ulteriormente il profilo proteico di queste varietà è stata condotta un'analisi proteomica, mediante approccio shotgun, delle loro frazioni proteiche.

L'analisi proteomica delle frazioni proteiche estratte dai vinaccioli è stata condotta mediante il software **PEAKS X**, utilizzando come database di riferimento *Vitis vinifera*. Per garantire l'affidabilità dei risultati, è stato applicato un filtro restrittivo che prevedeva l'identificazione minima di due peptidi per proteina e una coverage pari ad almeno il 5%, valore considerato soglia minima accettabile per questo tipo di analisi.

L'analisi proteomica effettuata tramite approccio bioinformatico con **PEAKS X**, ha permesso la caratterizzazione dei profili proteici delle frazioni di pellet ottenute dai vinaccioli (Tabella A1).

Per il pellet della varietà Catarratto (**pC**) sono state identificate 113 proteine, di cui il 64,6% è rappresentato da proteine di storage e la restante parte da proteine metaboliche. Le proteine A0A438CMZ0, F6HZK2 e F6HI56 rappresentano le principali proteine di storage presenti in **pC**, con un'abbondanza relativa di 20,6%, 18% e 13,9% rispettivamente. Relativamente alle proteine metaboliche, la più abbondante risulta essere la Q9M4H7, la quale

rappresenta il 15,9% della composizione totale.

Il pellet ottenuto dalla varietà Inzolia (**pI**) ha mostrato un profilo proteico caratterizzato da 49 proteine, anche in questo caso classificabili come proteine di storage (79,4%) e metaboliche (20,6%). In termini di composti principali, A5C154 e F6HI56 sono le più abbondanti, rappresentando rispettivamente il 41,4 e il 19,1%, mentre tra le proteine metaboliche la più abbondante è una proteasi (A0A438EDM7), la quale contribuisce alla composizione totale per il 6,0%.

Relativamente ai pellet proteici ottenuti dalle varietà a bacca scura, Pinot Nero (**pPN**) e Petit Verdot (**pPV**), i profili proteici sono caratterizzati da un numero di proteine nettamente inferiore rispetto ai campioni già descritti. Nel campione **pPN** sono state identificate ventitré proteine, di cui il 98,2% rappresentato da proteine di storage. Tra questi, i componenti maggioritari sono risultati essere due proteine di trasferimento lipidico non specifiche, F6H566 e A5C154, le quali rappresentato rispettivamente il 56,0% e il 15,7%. Le proteine metaboliche sono state identificate in piccola quantità in **pPN** (1,8%), con percentuali relative comprese tra 0-0,8% per ciascuna proteina.

Infine, solo sedici proteine sono state identificate nel campione di pellet da varietà Petit Verdot (**pPV**). Analogamente al campione **pPN**, anche in questo caso la quasi totalità delle proteine è rappresentata da proteine di storage, che rappresentano il 99,6% della composizione totale. La proteina più abbondante è una proteina A5AE17 (80,0%), seguita da F6HI56 (8,8%).

L'analisi ha evidenziato differenze significative nel numero di proteine identificate tra i vari campioni (Fig. 2.3).

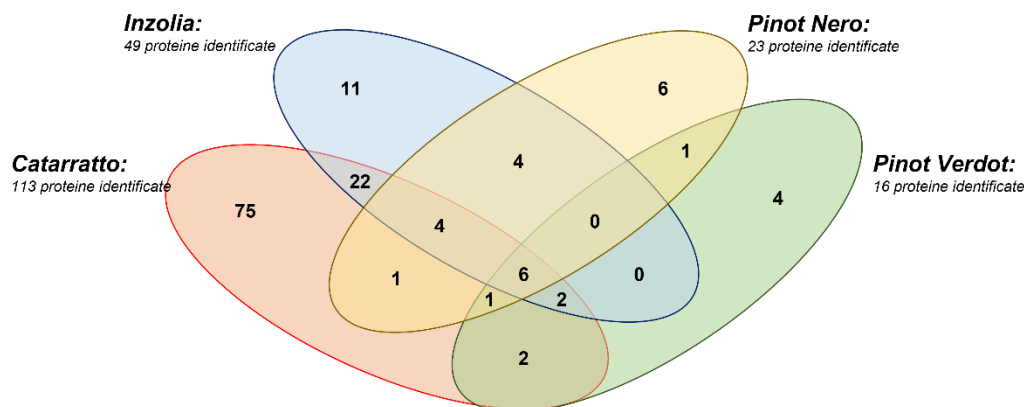


Figura 2.3. Diagramma di Venn che illustra i risultati del confronto qualitativo dei profili proteomici relativi ai pellet proteici dalle quattro varietà di vinaccioli investigate

Nello specifico, i pellet ottenuti dai vinaccioli di varietà bianche contengono un numero di proteine fino a dieci volte maggiore rispetto alle varietà rosse, suggerendo un'importante variabilità che potrebbe essere correlata sia alla cultivar sia ai trattamenti subiti durante la vinificazione.

Va sottolineato che questa differenza risulta meno sorprendente considerando che i campioni analizzati derivano da vinaccioli processati; sarebbe auspicabile condurre un'analoga analisi su vinaccioli freschi, per verificare se anche in quel caso c'è una variazione marcata nel profilo proteico.

L'analisi comparativa ha mostrato che solo sei proteine sono comuni a tutti e quattro i campioni, nel dettaglio si tratta di legumine (acc. no. A0A438CMZ0 e A0A438CMZ9), cupine (acc. no. F6GTY5 e F6HI56) e proteine di trasporto dei lipidi (acc. no. A5C154 e F6H566).

Dal punto di vista qualitativo e semiquantitativo, i pellet di tutti e quattro i campioni analizzati mostrano una prevalenza di proteine di riserva confermando il ruolo dei vinaccioli come fonte proteica significativa e suggerendo analogie con profili proteici precedentemente riportati in altre specie di semi. L'identificazione delle globuline 11S-like (acc. no. A0A438CMZ0 e A0A438CMZ9) è in accordo con i dati elettroforetici, i quali mostrano pattern caratteristici di queste proteine.

2.1.1.3 Prova di chiarifica del vino

Impatto sulla torbidità del vino

Dato che il residuo contiene una buona quantità di proteine, questi estratti potrebbero essere utilizzati per sviluppare un possibile chiarificante a base di proteine, composto esclusivamente da materiali endogeni all'uva, per evitare potenziali additivi allergenici nel vino finito (Gazzola et al. 2017).

Al fine di valutare il possibile effetto chiarificante dei quattro pellet proteici ottenuti sperimentalmente sono stati effettuati dei test su campioni di vino bianco della varietà Chardonnay e rosso della varietà Nero d'Avola (**Fig. 2.4**). Per ogni campione, a partire da una soluzione acquosa 50 mg/L è stata effettuata una valutazione della torbidità misurando l'assorbanza a 600 nm. Come controllo è stato utilizzato un campione di vino non trattato, inoltre come confronto è stato analizzato anche un chiarificante commerciale a base di proteine estratte dalle patate (**COMM**).

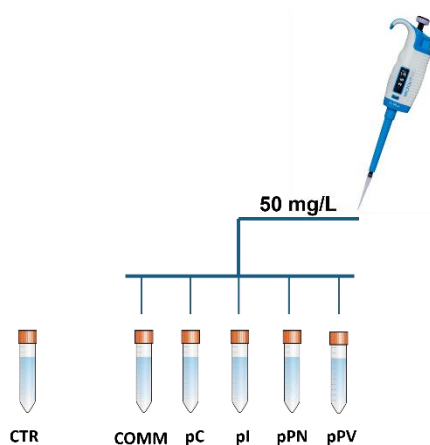


Figura 2.4. Piano sperimentale dei test di chiarifica su campione di vino Chardonnay e Nero d'Avola. In figura sono riportati: vino senza aggiunte (CTR), chiarificante commerciale (COMM), pellet Catarratto (pC), Inzolia (pI), Pinot Nero (pPN), Petit Verdot (pPV).

Come mostrato nel grafico in **Fig. 2.5-A** tutti gli estratti proteici derivati dai vinaccioli, come si evince dalla diminuzione dei valori di assorbanza rispetto al controllo (CTR), comportano una diminuzione della torbidità del vino. Inoltre è possibile notare che l'effetto degli estratti di vinaccioli è comparabile con quello prodotto da **COMM** (**Fig. 2.5-B**). Questo risultato appare interessante almeno per due diversi motivi, il primo è legato proprio allo scopo di ottenere un chiarificante endogeno al processo di vinificazione già sopra menzionato. Infatti sebbene il risultato tra i campioni sperimentali e il controllo commerciale sia pressoché uguale, il poter ottenere un tale risultato dai vinaccioli rappresenta un valore aggiunto, ancora di più se viene tenuto in considerazione che questo materiale di partenza rappresenta anche uno scarto di questo settore produttivo. Inoltre occorre anche tenere in considerazione che gli estratti proteici testati non sono stati sottoposti a nessun processo di purificazione, diversamente dal controllo

commerciale che seppur non puro al 100% in termini di composizione proteica presenta un grado di purezza superiore rispetto ai campioni sperimentali. Anche su quest'ultimo punto vale la pena notare che poter mantenere una buona azione chiarificante con un prodotto che non necessita step di purificazione è da considerare come un aspetto interessante di questo risultato.

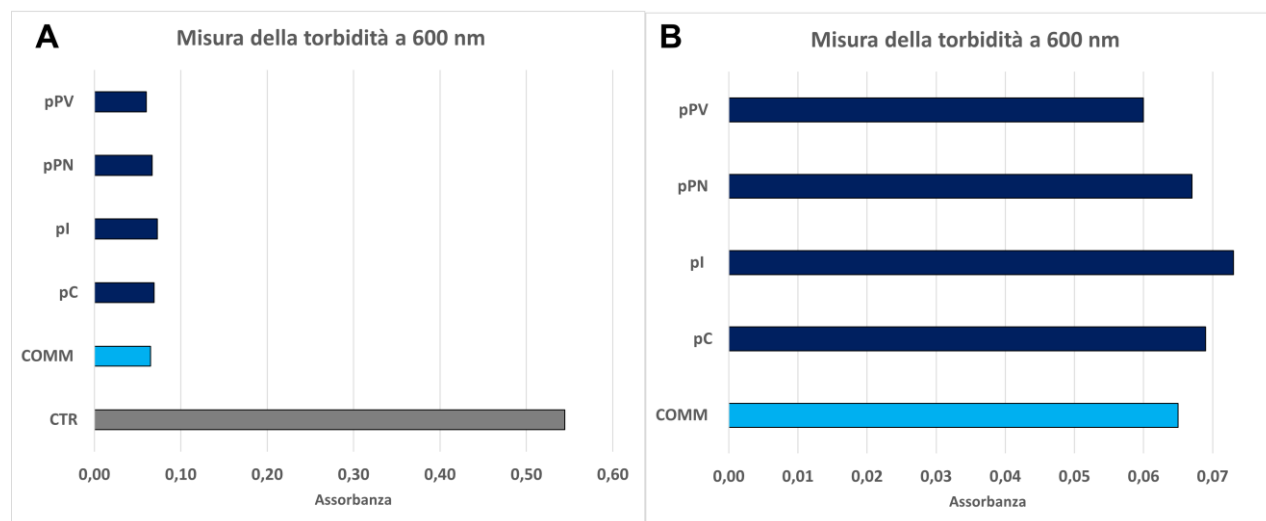


Figura 2.5. Misure di torbidità a 600 nm. A) Confronto tra il controllo (CTR, vino senza aggiunte), gli estratti proteici sperimentali e il chiarificante commerciale (COMM). B) Confronto tra gli estratti proteici sperimentali e il chiarificante commerciale (COMM).

Impatto sul colore del vino e sulla stabilità dei flavonoidi

Al fine di monitorare possibili influenze sulla stabilità del vino dovute all'aggiunta dei 4 pellet (pC, pI, pPN e pPV), è stato valutato l'impatto sul colore e sul profilo fenolici di campioni di vino. Il colore e il profilo flavonoidico del vino sono determinanti fondamentali della sua qualità. L'intensità e la tonalità del colore contribuiscono in modo determinante all'appeal visivo del vino, mentre i composti fenolici influenzano astringenza, amarezza, struttura gustativa e colore (Parish et al. 2016; González-Neves et al. 2014; Kumar et al. 2024).

Per monitorare questi aspetti vengono utilizzate misure di assorbanza a diverse lunghezze d'onda (360, 420 e 520 nm), ciascuna legata a parametri specifici. In particolare, l'assorbimento a 360 nm consente di valutare la presenza di flavonoidi come quercetina, miricetina, kaempferolo e isoramnetina, la cui stabilità riveste un interesse enologico rilevante. Un caso molto noto è quello della quercetina (Gambuti et al. 2020; Vendramin et al. 2022; Picariello et al. 2023). Questa molecola è presente nella vite soprattutto in forme glicosilate, accumulate nella buccia dell'uva durante la maturazione in risposta a luce e temperatura (Lanati et al. 2014). Con la vinificazione queste forme passano nel vino, ma nel corso dell'affinamento subiscono idrolisi acida ed enzimatica che libera la quercetina aglicone. Quest'ultima, scarsamente solubile e instabile, tende a precipitare dopo lunghi periodi (1,5–2 anni), sia in botte che in bottiglia. L'imprevedibilità del fenomeno costituisce una criticità per i produttori, poiché può compromettere limpidezza e qualità percepita del vino. In termini di valutazione del colore, l'assorbimento a 420 nm e 520 nm sono tipicamente utilizzati rispettivamente per il colore giallo nei vini bianchi e del colore rosso nei vini da uva a bacca scura. Relativamente ai test effettuati su vino bianco Chardonnay, i dati spettrofotometrici mostrano che l'aggiunta degli estratti di vinaccioli, così come anche del chiarificante commerciale utilizzato come confronto, non altera

significativamente la quantità di flavonoidi rilevabili a 360 nm e non influenza il colore del vino (Fig. 2.6), mantenendo stabili questi due parametri.

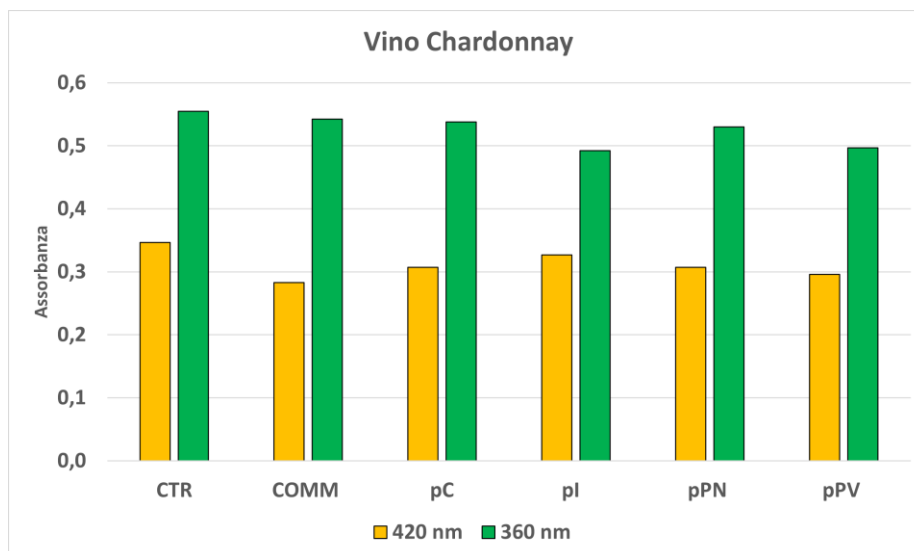


Figura 2.6. Misure di assorbimento a 360 nm (verde) e a 420 nm (giallo) su vino bianco Chardonnay

I test effettuati su vino Nero d'Avola hanno mostrato dati simili per quanto concerne l'impatto sulla quantità dei flavonoidi rilevabili a 360 nm e sulla componente gialla del colore (Fig. 2.7-A). In merito all'impatto sul colore rosso, dai valori di assorbanza rilevati per i diversi campioni testati è possibile affermare che i campioni **pl** e **pC**, così come il chiarificante commerciale (COMM) diminuiscono, seppur in minima parte, la componente rossa del vino testato, contrariamente ai campioni **pPN** e **pPV** che invece la incrementano (Fig. 2.7-B). Dal confronto con il campione di vino Nero d'Avola non trattato (CTR, Fig. 2.7-B), in tutti i casi, i campioni hanno un impatto sul colore rosso minore di COMM.

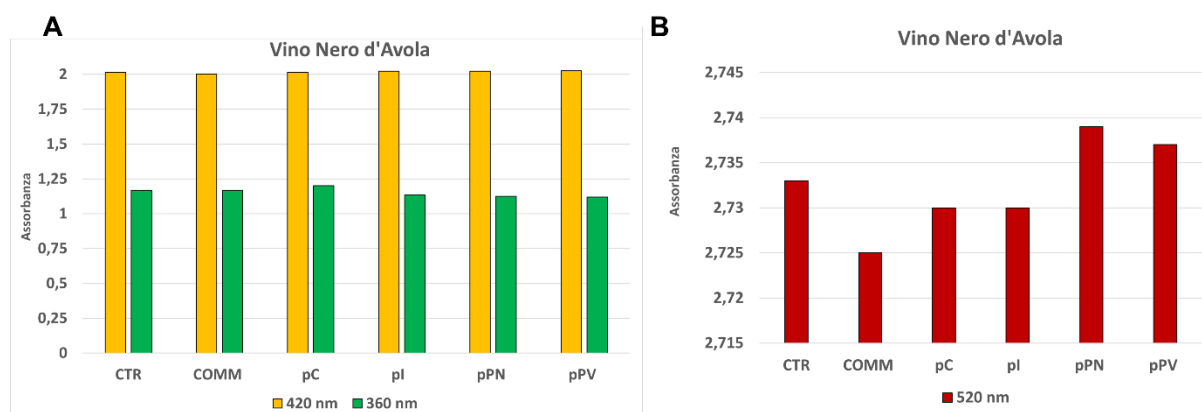


Figura 2.7. Misure di assorbimento a: A) 360 nm (verde), 420 nm (giallo) B) 520 nm (rosso) su vino Nero d'Avola trattato con i pellet proteici.

2.1.1.4 Profili degli acidi grassi totali degli oli di semi d'uva

Le rese degli oli ottenuti dalle quattro varietà, riportate in Tabella 2.2, sono comprese tra l'8,2% e il 10,5%, rispettivamente per i campioni della varietà Catarratto (**foC**) e Petit Verdot (**foPV**). I risultati ottenuti sono in linea

con quanto riportato in letteratura: infatti, i semi d'uva contengono dal 10 al 20% di olio (Juhaimi et al. 2017), tenendo conto che le percentuali di recupero dell'olio possono dipendere da molteplici variabili, tra cui il tipo di vitigno, le condizioni ambientali dell'annata di raccolta, la tipologia di suolo, il solvente, la temperatura, il tempo di estrazione e la granulometria (Duba et al. 2015).

Tabella 2.2. Resa % (*p/p*) degli oli di vinaccioli.

Campione	Varietà	Olio (g)	Resa % (<i>p/p</i>)
foI	Inzolia	50,0032 ± 0,0010	10,0 ± 0,1
foC	Catarratto	40,7402 ± 0,0010	8,2 ± 0,1
foPN	Pinot Nero	45,4798 ± 0,0010	9,1 ± 0,1
foPV	Petit Verdot	52,4649 ± 0,0010	10,5 ± 0,1

Dai dati emerge che gli acidi grassi maggiormente presenti nei semi di tutte le varietà sono l'acido palmitico (22,2–43,4%), l'acido oleico (13,5–34,3%) e l'acido linoleico (9,7–34,2%). In particolare, l'acido palmitico risulta essere il più abbondante nell'olio fisso di Pinot Nero (**foPN**, 24,2%), in quello di Petit Verdot (**foPV**, 24,2%) e in **foC** (43,4%), mentre **foI** presenta come composti principali l'acido oleico (34,3%) e l'acido linoleico (34,2%) (Fig. 2.8). L'elevata percentuale di acidi grassi insaturi nel campione **foI** gli conferisce un valore nutrizionale superiore rispetto agli altri oli analizzati. L'acido linoleico e l'acido oleico, appartenenti rispettivamente agli omega-6 e omega-9, sono acidi grassi essenziali ampiamente impiegati in campo nutraceutico per la formulazione di integratori a supporto della salute cardiovascolare, grazie alle loro proprietà ipocolesterolemizzanti e antinfiammatorie.

Gli oli con un alto contenuto di acido oleico sono inoltre indicati per impieghi in ambito culinario poiché, grazie alla loro composizione, mostrano una buona stabilità alle alte temperature, rendendoli ideali per frittura e cottura (Subramaniam et al. 2016).

La qualità elevata dell'olio di semi d'uva è stata associata a molteplici benefici per la salute, tra cui attività ipolipidemica e ipotensiva. Inoltre, la presenza di composti bioattivi nei semi d'uva è stata ampiamente documentata per il loro potenziale terapeutico, con evidenze in vitro e in vivo che ne confermano la capacità di ridurre processi infiammatori, svolgere attività antimicrobica e favorire la cicatrizzazione delle ferite, evidenziandone così l'importanza farmacologica (Ajiit et al. 2021; Chen et al. 2020).

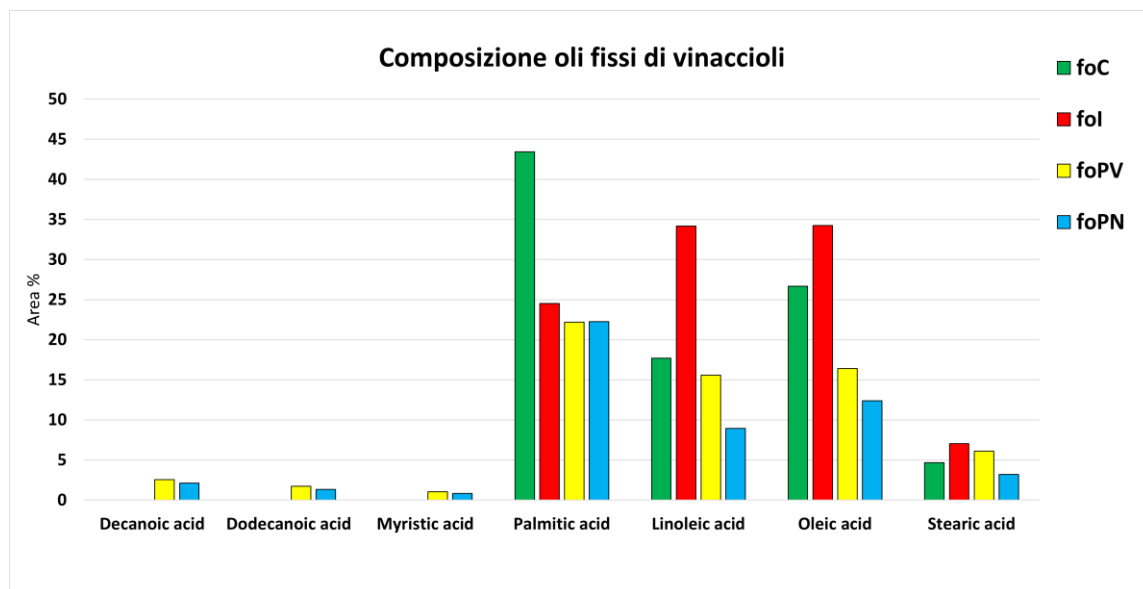


Figura 2.8. Composizione in acidi grassi degli oli di vinaccioli delle quattro varietà: **foC**: catarratto (verde); **foI**: inzolia (rosso); **foPV**: petit verdot (giallo); **foPN**: pinot nero (azzurro).

Tutte le varietà presentano, seppur in quantità minore, acido stearico con valori compresi tra il 3,5% e il 7% (Fig. 2.8). I campioni **foPN** e **foPV** mostrano una composizione più ricca, includendo basse percentuali (0,9–2,6%) di altri acidi grassi, in particolare acido decanoico, acido dodecanoico e acido miristico.

2.1.1.5 Composizione fenolica dei semi d'uva

I semi d'uva preventivamente deframmentati sono stati sottoposti a estrazione per ottenere la frazione fenolica. Studi precedenti hanno dimostrato che l'estrazione di composti fenolici da semi deframmentati è più efficiente rispetto a quella da semi non trattati (Samavardhana et al. 2015). Diversi fattori possono influire sulla resa in estratti fenolici, tra cui varietà d'uva e condizioni di estrazione (solvente, tempo, temperatura, ecc.).

Le quantità di estratto fenolico ottenute variano dal 4,0% per l'estratto ottenuto dal Petit Verdot (**pePV**) al 12,0% per quello ottenuto da Inzolia (**peI**) (Tabella 2.3), valori in linea con il range del 5–15% del peso secco dei semi riportato in letteratura (Spigno et al. 2007).

Tabella 2.3. Resa % (p/p) degli estratti fenolici di vinaccioli.

Campione	Varietà	Estratto fenolico (g)	Resa% (p/p)
peI	Inzolia	54,0000 ± 0,0010	12,00 ± 0,10
peC	Catarratto	52,3260 ± 0,0010	11,40 ± 0,10
pePN	Pinot Nero	30,0300 ± 0,0010	6,60 ± 0,10
pePV	Petit Verdot	20,0950 ± 0,0010	4,00 ± 0,10

I dati evidenziano che le varietà a bacca bianca presentano un contenuto polifenolico superiore rispetto a quelle a bacca nera. Questo risultato sembra in contrasto con quanto riportato da Bozan et al. (2008), secondo cui le varietà a bacca nera, come Pinot Nero e Cabernet Sauvignon, avrebbero un contenuto polifenolico maggiore. Tale discrepanza

può essere spiegata considerando che i semi analizzati in questo studio provengono da sottoprodotti della vinificazione e che, nel caso delle varietà a bacca nera (Pinot Nero e Petit Verdot), le vinacce derivano da processi di macerazione.

Durante la macerazione, bucce e semi restano a contatto con il mosto, favorendo l'estrazione di polifenoli, tannini e altri composti fenolici che contribuiscono al colore, al gusto e alla stabilità del vino. Lo studio di Monagas et al. (2003) ha infatti dimostrato che durante la macerazione una quota significativa di polifenoli, in particolare flavan-3-oli, viene trasferita dai semi al vino, riducendo così la concentrazione residua nei semi stessi. Questo fenomeno è particolarmente evidente nel Pinot Nero, tradizionalmente sottoposto a macerazione prolungata.

L'analisi HPLC/MS ha permesso di caratterizzare il profilo chimico degli estratti idroalcolici di semi d'uva (Tabella 2.4). I composti fenolici più abbondanti rilevati in **peC**, **peI** e **pePN** sono risultati le catechine (catechina, epicatechina, catechina-gallato), seguite dall'acido siringico. In quantità minori sono stati rilevati anche quercetina e derivati (quercetina 3-glucoside, quercetina 3'-O-glucuronide, quercetina 3-metil etere), un derivato del resveratrolo (resveratrolo 3-glucoside), sinapsina e acido caftarico.

Tabella 2.4. Composizione chimica degli estratti fenolici dei semi d'uva. I metaboliti sono stati identificati mediante analisi HPLC-ESI-MS.

	Compounds	Rt (min)	ESI+ [M-H]– (m/z) (Exp.)	ESI– [M-H]– (m/z) (Teor.)	Molecular Formula	Metabolite Classes
1	Gulonic acid ^b	1.666	195.0529	195.0510	C ₆ H ₁₂ O ₇	Carboxylic acid
2	Not identified ^{a,b,d}	1.717	179.0577	179.0557	C ₆ H ₁₂ O ₆	Sugar
3	Malic acid ^{a,b,c,d}	1.767	133.0155	133.0143	C ₄ H ₆ O ₅	Carboxylic acid
4	Caffeic acid ^c	1.872	179.0577	179.0350	C ₉ H ₈ O ₄	Carboxylic acid
5	Succinic acid ^d	2.095	117.021	117.0193	C ₄ H ₆ O ₄	Carboxylic acid
6	Citric acid ^{a,c}	2.099	191.0212	191.0197	C ₆ H ₈ O ₇	Carboxylic acid
7	Caftaric acid ^d	2.261	311.041	311.0409	C ₁₃ H ₁₂ O ₉	Carboxylic acid
8	2-propyl malic acid ^d	2.610	175.030	175.0612	C ₇ H ₁₂ O ₅	Carboxylic acid
9	Catechin ^a	2.664	289.0738	289.0718	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	Phenolic compound
10	Epicatechin ^{a,b,d}	2.863	289.0744	289.0718	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	Phenolic compound
11	Ascorbic acid ^c	2.902	175.0325	175.0248	C ₆ H ₈ O ₆	Carboxylic acid
12	Salicylic acid ^c	3.218	136.9885	137.0244	C ₇ H ₆ O ₃	Carboxylic acid
13	Glutaric acid ^d	3.673	131.073	131.0350	C ₅ H ₈ O ₄	Carboxylic acid
14	Ethyl gallate ^{a,d}	4.325	197.0472	197.0456	C ₉ H ₁₀ O ₅	Phenolic compound
15	Not identified ^c	4.463	206.0588	206.0737	C ₁₅ H ₁₁ O	Anthocyanidins
16	Catechin-gallate ^b	4.905	441.0862	441.0827	C ₂₂ H ₁₈ O ₁₀	Phenolic compound
17	Quercetin 3-glucoside ^c	6.035	463.0914	463.0882	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₂	Phenolic compound
18	Sinapsine ^a	6.036	309.1574	309.1582	C ₁₆ H ₂₄ NO ₅	-

19	Quercetin 3'-O-glucuronide ^d	6.729	477.0710	477.0675	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₃	Phenolic compound
20	Diethyl glutarate ^d	8.656	187.0990	187.0976	C ₉ H ₁₆ O ₄	-
21	Not identified ^d	12.676	605.1700	-	C ₂₈ H ₃₀ O ₁₅	-
22	Abscisic acid ^d	13.240	263.1310	263.1289	C ₁₅ H ₂₀ O ₄	Carboxylic acid
23	Syringic acid ^c	13.765	197.0205	197.0456	C ₉ H ₁₀ O ₅	Carboxylic acid
24	Quercetin ^{c,d}	14.436	301.0380	301.0354	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	Phenolic compound
25	Butein ^d	15.433	271.0630	271.0612	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	Flavonoid
26	Malyngic acid ^{a,b}	16.002	327.2200	327.2177	C ₁₈ H ₃₂ O ₅	Carboxylic acid
27	Xanalteric acid ^c	16.091	363.1765	363.0510	C ₂₀ H ₁₂ O ₇	Carboxylic acid
28	Quercetin 3-methyl ether ^d	16.446	315.0540	315.0510	C ₁₆ H ₁₂ O ₇	Phenolic compound
29	Dehydromalyncid acid ^{a,b,d}	16.816	329.2360	329.2334	C ₁₈ H ₃₄ O ₅	Carboxylic acid
30	Pantheric acid ^a	17.364	213.1147	213.1132	C ₁₁ H ₁₈ O ₄	Carboxylic acid
31	Resveratroddehyde ^d	18.805	255.0667	255.0663	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	Phenolic compound
32	Embelin ^{a,d}	18.892	293.1785	293.1758	C ₁₇ H ₂₆ O ₄	-
33	Kaempferol 3-O-sulfate ^c	19.280	365.1921	364.9973	C ₁₅ H ₁₀ O ₉ S	Phenolic compound
34	Ferrugineic acid ^c	23.516	349.1985	349.1809	C ₂₃ H ₂₆ O ₃	Carboxylic acid
35	Ellagic acid pentoside ^c	26.755	433.207	433.0413	C ₂₇ H ₃₀ O ₅	Tannin
36	Resveratrol-3-O-glucoside ^{b,d}	27.827	389.250	389.1242	C ₂₀ H ₂₂ O ₈	Phenolic compound
37	Gallic acid dimer ^a	28.277	339.2363	-	C ₁₄ H ₁₂ O ₁₀	Carboxylic acid
38	Not identified ^c	28.881	465.2618	-	C ₂₂ H ₂₆ O ₁₁	-
39	Myricetin 3'-glucoside ^c	29.463	479.2732	479.0831	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₃	Phenolic compound
40	Not identified ^c	29.679	393.2553	393.1344	C ₂₃ H ₂₂ O ₆	Isosavone
41	Myricetin 3-xyloside ^c	30.110	449.2704	449.0726	C ₂₀ H ₁₈ O ₁₂	Phenolic compound
42	Not identified ^c	32.685	160.8103	-	C ₅ H ₆ O ₆	-
43	Myricetin 3-sambubioside ^c	36.124	611.3237	611.1254	C ₂₆ H ₂₈ O ₁₇	Phenolic compound

^aCataratto, ^bInzolia, ^cPetit Verdot, ^dPinot Nero

Le varietà a bacca nera hanno mostrato una maggiore diversità di polifenoli rispetto a quelle a bacca bianca, come riportato in letteratura (Popov et al. 2017). Tuttavia, questa differenza va interpretata considerando che tutti i campioni provengono da sottoprodotti della vinificazione, e quindi già sottoposti a processi di trasformazione che, nel caso delle bacche nere, includono una fase fermentativa responsabile della ridotta concentrazione residua di polifenoli osservata.

2.1.1.6 Attività antiossidante

Per tutti i campioni, sia oli che estratti fenolici, l'attività antiossidante è stata valutata mediante saggio DPPH. Gli estratti fenolici sono stati testati a concentrazioni comprese tra 1,78 mg/mL e 0,87 µg/mL (Fig. 2.9), calcolando la concentrazione che determina un'inibizione dell'attività radicalica del 50% (IC₅₀).

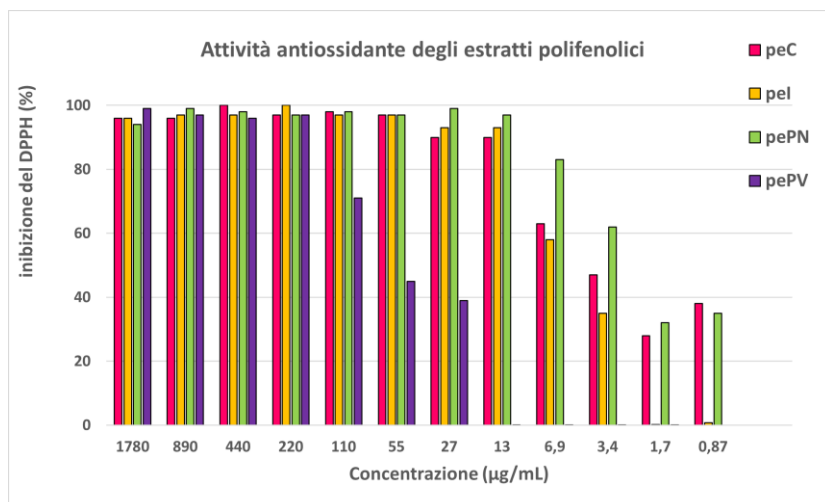


Figura 2.9. Attività antiossidante, espressa come percentuale di inibizione del radicale libero DPPH, di diversi estratti polifenolici (peC, peI, pePN e pePV) a concentrazioni comprese tra 1780 e 0,87 µg/mL.

Il confronto dei valori di IC_{50} (Tabella 2.5) dei diversi estratti polifenolici di vinaccioli ha mostrato che il campione **pePN** possiede la maggiore attività antiossidante, seguito da **peC** e **peI**, mentre il campione **pePV** ha evidenziato una capacità significativamente inferiore.

Tabella 2.5 Concentrazione inibitoria semimassimale (IC_{50}) degli estratti polifenolici da vinaccioli

	peC	peI	pePN	pePV
IC_{50} (µg/mL)	3,45	3,9	2,46	84

Per approfondire il potenziale antiossidante, sono stati anche testati singolarmente alcuni dei principali composti individuati negli estratti: acido malico, quercetina, acido gallico, gallato di etile, acido citrico, catechina e acido succinico. Tra questi, quercetina, catechina, acido gallico e gallato di etile hanno mostrato le attività più elevate, con valori di IC_{50} compresi tra 60,9 e 122 µg/mL. I dati confermano le osservazioni sugli estratti: **pePV**, privo dei composti antiossidanti più attivi, ha mostrato l'attività più debole, mentre **pePN**, con il valore di IC_{50} più basso, presentava la più alta concentrazione di composti bioattivi ed era l'unico campione contenente quercetina.

L'analisi dell'attività antiradicalica è stata condotta anche su quattro campioni di olio fisso di vinaccioli (**foC**, **foI**, **foPN** e **foPV**), i quali sono stati testati a concentrazioni differenti comprese tra 0-450 µg/mL (Fig. 2.10). Il campione **foC** ha mostrato una marcata efficacia alle concentrazioni più elevate, con valori prossimi al 76% di inibizione a 450 µg/mL, e una progressiva diminuzione dell'attività al ridursi della dose, delineando un andamento chiaramente dose-dipendente tipico di matrici in cui la capacità scavenger è legata alla disponibilità quantitativa dei composti bioattivi. Il campione **foI**, al contrario, ha evidenziato una maggiore stabilità di risposta lungo l'intervallo di concentrazioni analizzato, mantenendo percentuali di inibizione comprese tra il 46% e il 38% fino a 0,1 µg/mL. Questo comportamento suggerisce la presenza di molecole particolarmente efficaci anche a basse concentrazioni, verosimilmente riconducibili a una diversa composizione fenolica rispetto a **foC**. Il campione **foPN** è caratterizzato da un'attività antiradicalica apprezzabile alle concentrazioni intermedie, con valori pari al 43% a 56 µg/mL.

Particolarmente interessante è il comportamento del **foPV**, che non ha evidenziato un andamento lineare dose-dipendente, ma ha raggiunto il massimo di attività antiradicalica a una concentrazione intermedia (69% a 6 $\mu\text{g/ml}$), seguita da una riduzione alle dosi inferiori e superiori. Questo profilo a campana suggerisce l'intervento di diverse classi di molecole, attive in modo ottimale solo entro specifici intervalli di concentrazione, con possibili fenomeni di saturazione o di interazioni competitive a dosi più elevate.

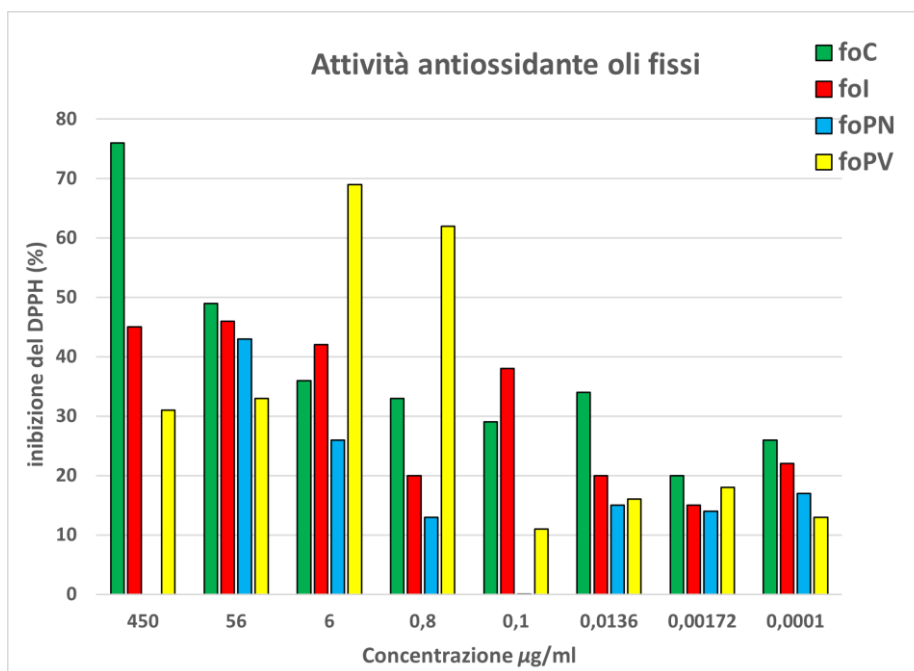


Figura 2.10. Attività antiossidante, espressa come percentuale di inibizione del radicale libero DPPH, di diversi oli fissi (**foC**, **foI**, **foPN** e **foPV**) a concentrazioni comprese tra 450 e 0,0001 $\mu\text{g/mL}$.

Nel complesso, i dati confermano che tutti i campioni di olio di vinaccioli possiedono una capacità di neutralizzare il radicale DPPH, sebbene con modalità e intensità differenti.

2.1.1.7 Burrocacao con olio di vinaccioli: potenziale antiossidante e risultati preliminari

Negli ultimi anni si è osservato un marcato interesse per lo sviluppo di prodotti cosmetici naturali e sostenibili ottenuti da matrici vegetali e da sottoprodotti agroindustriali; in questo ambito i vinaccioli costituiscono un residuo della filiera enologica che, se valorizzato opportunamente, può essere riconvertito in una risorsa funzionale di elevato valore aggiunto.

A questo riguardo, l'olio di vinaccioli ottenuto e caratterizzato da un profilo lipidico che ha mostrato potenzialità antiossidanti, è stato utilizzato per la formulazione di burrocacao (Fig. 2.11). La letteratura sul tema delle formulazioni cosmetiche a base di ingredienti naturali evidenzia come l'impiego di estratti vegetali, ad esempio estratti di carotenoidi, come coloranti naturali e agenti funzionali nelle formulazioni per le labbra possa contribuire non solo all'aspetto estetico ma anche alla protezione della regione labiale (Anisa et al. 2019; Pawar et al. 2021).



Figura 2.11. Burrocacao preparati con l'aggiunta dei campioni **foC**, **foI**, **foPN** e **foPV**.

Tuttavia, i dati finora raccolti derivano dai primi sviluppi sperimentali e dunque devono essere considerati preliminari. La progettualità prevede ulteriori indagini, incluse analisi chimico-fisiche estese, studi di stabilità, valutazioni biologiche di attività e tossicità e test sensoriali al fine di validare e rafforzare le evidenze iniziali.

L'inserimento dell'olio di vinaccioli in formulazioni di burrocacao a base vegetale rappresenterebbe una strategia possibile per coniugare principi di economia circolare e sostenibilità con la produzione di un cosmetico finito che, oltre a svolgere la funzione emolliente e protettiva tipica del prodotto, apporti benefici funzionali aggiuntivi di natura antiossidante, contribuendo così alla protezione dei tessuti labiali dagli stress ossidativi indotti da agenti ambientali.

2.2 Piantе selvatiche edibili

Nonostante l'agricoltura, le piante selvatiche hanno continuato a rappresentare una risorsa alimentare e medicinale importante, soprattutto nelle comunità rurali (Łuczaj & Szymański, 2007; Łuczaj, 2012; Turner et al., 2011). Tuttavia, molte conoscenze tradizionali su queste specie non sono supportate da dati scientifici, limitando il loro impiego e lo sviluppo di potenziali applicazioni nutraceutiche.

Ciò evidenzia la necessità di approfondire la loro composizione chimica. In questo contesto, il progetto di dottorato ha riguardato la caratterizzazione dei profili volatili degli oli essenziali di piante selvatiche edibili mai studiate prima e l'identificazione di molecole di interesse biologico.

2.2.1 Apiaceae

La famiglia delle Apiaceae (o Umbelliferae), che comprende 3780 specie suddivise in 444 generi, rappresenta una delle più rilevanti tra le famiglie botaniche. Queste piante sono diffuse dalle zone temperate dell'emisfero settentrionale fino alle aree montuose e tropicali (POWO, 2025). Al suo interno si trovano numerose specie impiegate in diversi ambiti, tra cui medicina, produzione di bevande, spezie, repellenti, coloranti, cosmetici e profumi. Pur essendo ampiamente distribuite a livello geografico, le piante di questa famiglia condividono tratti strutturali simili: sono erbacee aromatiche, con fusti scanalati, foglie alterne, fiori di piccole dimensioni e infiorescenze a ombrello (Sayed-Ahmad et al. 2017). Il loro aroma e sapore caratteristici derivano dalla presenza di dotti schizogenici contenenti oli essenziali, mucillagini e resine, localizzati sia nelle parti aeree (foglie, steli, frutti) sia nelle radici (Berenbaum, 1990).

Le piante della famiglia delle Apiaceae mostrano proprietà medicinali e sono state utilizzate nella medicina

tradizionale sin dall'antichità. Queste specie sono consigliate per disturbi gastrointestinali e neurologici, vomito e diarrea, e presentano proprietà antispasmodiche, antisetliche, carminative e antiulcerogene, in particolare cumino, carvi e finocchio. Inoltre, grazie alla varietà di metaboliti presenti, tra cui cumarine, flavonoidi, saponine e terpenoidi, queste specie trovano impiego nei settori alimentari, farmaceutico e cosmetico. Dal punto di vista alimentare, uno degli usi più noti delle specie appartenenti a questa famiglia è come spezie. L'anice (*Pimpinella anisum* L.), il coriandolo (*Coriandrum sativum* L.), l'aneto (*Anethum graveolens* L.), il finocchio (*Foeniculum vulgare* Mill.) e il cumino (*Cuminum cyminum* L.) sono solo alcuni esempi di Apiaceae i cui semi sono ampiamente utilizzati come aromatizzanti e integratori alimentari. Questi trovano applicazione negli alimenti come prodotti da forno, carne e latticini, sottaceti e insalate, nonché in miscele di spezie come il curry in polvere, il garam masala e altri. Si tratta di piante ricche in oli essenziali e composti bioattivi, i quali hanno mostrato interessanti attività antiossidanti e antimicrobiche. In virtù di ciò, queste spezie "funzionali" mostrano un grande potenziale anche come conservanti naturali degli alimenti. Inoltre, queste piante presentano attività ipoglicemicizzanti e ipolipidemizzanti, oltre a proprietà antitumorali. Vengono utilizzate come integratori alimentari nella dieta quotidiana e come prodotti naturali per la prevenzione e il trattamento di numerosi disturbi, quali infiammazioni, iperglicemia, iperlipidemia e altri (Acimovic et al. 2015).

Gli oli essenziali estratti dalle Apiaceae, noti per l'elevata resa e l'ampia diversità chimica, hanno dimostrato molteplici proprietà biologiche: antibatteriche (Badalamenti et al. 2022a), antifungine (D'Agostino et al. 2021), antiossidanti (Badalamenti et al. 2020), antinfiammatorie (Badalamenti et al. 2021), insetticide (Vaglica et al. 2022) e, in modo promettente, antitumorali (Lauricella et al. 2022). Anche gli estratti non volatili possiedono notevoli attività biologiche: alcune cumarine isolate hanno mostrato effetti antitumorali tramite la modulazione dell'apoptosi e l'inibizione della proliferazione cellulare (Maurya & Dubey, 2024). I flavonoidi, abbondanti negli estratti ottenuti con metanolo e acetone, hanno evidenziato attività antiossidanti e citotossiche su diverse linee cellulari tumorali, incluse quelle del colon e della mammella (Rajasekar et al. 2023). Altri metaboliti, come polisaccaridi e composti fenolici, contribuiscono con azioni antinfiammatorie, immunomodulanti e antimicrobiche, ampliando le potenzialità farmacologiche della famiglia.

Nonostante i progressi nella comprensione della chimica e farmacologia delle Apiaceae, le conoscenze relative agli studi clinici, al valore nutrizionale e alla sicurezza restano limitate.

2.2.1.1 *Angelica* L.

Il genere *Angelica* L., appartenente alla famiglia delle Apiaceae, è costituito da oltre un centinaio di importanti erbe biennali o perenni (POWO, 2025), ampiamente distribuite in Asia, Europa e Nord America. Crescono abbondantemente in torbiere, lungo le rive dei fiumi, in prati umidi e nei boschi. Le specie di *Angelica* possono raggiungere un'altezza compresa tra 1 e 2 metri e necessitano di un terreno ricco, umido, ben drenato e con esposizione in mezz'ombra. Numerosi taxa del genere sono largamente utilizzati nella medicina tradizionale di diversi Paesi per trattare un ampio spettro di disturbi e malattie, grazie alle loro proprietà antinfiammatorie, diuretiche, espettoranti e diaforetiche. Sono stati impiegati come rimedi per raffreddore, influenza, epatite, artrite, indigestione, tosse, bronchite cronica, pleurite, tifo, cefalea, febbre, coliche, mal d'auto, reumatismi, infezioni batteriche e fungine, nonché malattie degli organi urinari. Inoltre alcune specie sono comunemente impiegate a scopo

alimentare. Ad esempio *Angelica archangelica* (The Epicentre, 2025), nota anche come sedano selvatico, è una pianta commestibile con diversi usi culinari. I fusti, le foglie e le radici sono tutti edibili in differenti stadi di sviluppo; le radici vengono generalmente impiegate a scopo medicinale oppure essiccate e macinate come spezia. I germogli e i fusti possono essere consumati crudi o cotti, in modo analogo al sedano o agli asparagi, mentre le foglie possono essere utilizzate in insalate oppure essiccate per la preparazione di tisane.

Le specie di *Angelica* risultano particolarmente ricche di metaboliti secondari, quali flavonoidi (Shawky & Abou El Kheir 2018), lattone sesquiterpenici (Drew et al. 2009), cumarine (Karakaya et al. 2020; Seigler, 1998), e i loro usi tradizionali, la fitochimica e la bioattività sono stati ampiamente rivisti (Sarker & Nadar 2004).

***Angelica sylvestris* L.**

Angelica sylvestris L. (Fig. 2.12) (*Angelica selvatica*, *Angelica dei boschi*, Spirito Santo, Frassino terrestre) è una pianta perenne che predilige aree ombreggiate, semi-ombreggiate o soleggiate e suoli umidi, distribuita in tutta Europa e nell'Asia settentrionale e centrale (POWO, 2025). Nel Regno Unito (Kumarasamy et al. 2007) e in numerosi Paesi dell'Asia temperata e dell'Europa è stata utilizzata come rimedio tradizionale per trattare ascessi, cefalee, carcinoma della lingua, influenza, reumatismi, asma, raffreddore comune, gotta, tosse, epilessia, spasmi e altro (Sarker & Nahar, 2004).



Figura 2.12 *Angelica sylvestris*

Tra gli esempi presenti in letteratura ad esempio, il decotto delle parti aeree di *A. sylvestris* (detta Angeliki o Arhangeliki) è stato utilizzato in Grecia come stimolante cardiaco e per il trattamento di gonfiore, dispepsia, enterite, disturbi epatici, anemia, obesità, artrite, reumatismi e raffreddore comune (Hanlidou et al. 2004), mentre nella medicina popolare estone il tè ottenuto da fiori e radici, così come i bagni con estratto radicale, erano impiegati nel trattamento del cancro (Sak et al. 2014). *A. sylvestris* è inoltre utilizzata nella medicina tradizionale dei Balcani e dell'Austria come agente antibatterico per la cura di bronchiti, asma, influenza e altre malattie dell'apparato respiratorio, vascolare e digerente (Stanković et al. 2016; Vogl et al. 2013). In Svizzera è stata riportata la preparazione di caramelle e bevande alcoliche a base di *A. sylvestris* (Abbet et al. 2014) e gli steli della pianta sono anche utilizzati in alcuni paesi tal quali come alimento oppure per la preparazione di marmellate (Doğan et al. 2014). Sebbene siano riportati questi usi alimentare e la specie siano nota per essere commestibile, occorre anche evidenziare

che alcuni studi riportano la presenza di furanocumarine lineari in grado di provocare fotosensibilizzazione e problemi di cancerogenicità (Diawara et al. 1995). Infatti, precedenti indagini fitochimiche sui metaboliti non volatili di questa specie hanno evidenziato la presenza di diverse furanocumarine e cumarine (Carbonnier & Molho, 1982; Cisowski, 1982; Lemmich et al. 1983; Muckensturm et al. 1981; Murphy et al. 2004; Sarker et al. 2005; et al. 2016), nonché di sesquiterpeni (Vinokurova et al. 1999; Novotný et al. 1966). Inoltre, gli estratti di *A. sylvestris* sono stati studiati per la loro attività inibitoria su NF- κ B (Vogl et al. 2013), attività antiossidante (Stanković et al. 2016; Kumarasamy et al. 2007; Aktaş Karaçelik et al. 2022), effetti anticancro (Raal et al. 2022; Akgun et al. 2022), proprietà antimicrobiche (Stanković et al. 2020; Aćimović et al. 2018; Canli et al. 2016) e inibizione della colinesterasi (Orhan et al. 2016), mostrando in diversi casi eccellenti potenzialità.

La composizione in oli essenziali di diversi taxa di *Angelica* è stata riportata in letteratura da numerosi ricercatori, evidenziando che gli OE di queste specie presentano diverse attività biologiche, tra cui antiossidante, antimicrobica, antifungina, antibatterica e insetticida. Tali risultati sono stati recentemente rivisti (Sowndhararajan et al. 2017), sebbene in quella revisione *A. sylvestris* non sia stata affatto considerata. D'altra parte, nonostante l'ampio utilizzo di *A. sylvestris* nella medicina tradizionale scozzese, non è stato pubblicato alcuno studio sulla composizione delle parti aeree degli esemplari scozzesi di questa specie. Gli studi sulla chemotassonomia di queste piante potrebbero rivelarsi fondamentali per facilitare una chiara classificazione del genere e delle specie, fornendo al contempo informazioni rilevanti sugli effetti dell'isolamento geografico delle popolazioni, legati ai processi di speciazione e differenziazione, nonché sulle variabilità specifiche delle aree geografiche con diverse condizioni edafiche e climatiche.

I dati riportati di seguito riguardano campioni vegetali raccolti sulle scogliere di Trumpan, Isola di Skye, Scozia. L'idrodistillazione delle parti aeree di *A. sylvestris* L. ha fornito un olio di colore giallo pallido (**As**). In totale, sono stati identificati sessantasette composti, rappresentanti il 90,1 % dei componenti totali, elencati nella Tabella A2 in base ai loro indici di ritenzione su colonna apolare DB-5MS e classificati in cinque classi secondo le loro strutture chimiche. Gli idrocarburi monoterpenici hanno costituito la classe principale, rappresentando il 61,7% dell'olio, con il limonene (51,9%) come componente di gran lunga più abbondante. Nella stessa classe, anche β -pinene (4,6%) e α -pinene (3,5%) erano presenti in quantità rilevanti. Gli idrocarburi sesquiterpenici hanno rappresentato la seconda classe più abbondante (15,1%), con germacrene D (3,2%) e germacrene B (1,9%) come principali componenti. I monoterpeni ossigenati e i sesquiterpeni ossigenati sono risultati presenti in quantità simili (rispettivamente 4,3% e 5,9%), con timolo (3,3%) e cubenolo (2,7%) come costituenti principali delle due classi.

Solo altri due accessioni sono state precedentemente studiate per la composizione degli oli essenziali delle parti aeree (Tabella A3). Le piante raccolte in Serbia (Stanković et al. 2020) hanno mostrato un profilo molto simile a quello di **As**, con un alto contenuto di limonene (75,3%) e α -pinene (9,6%); una composizione molto vicina è stata riscontrata anche nei semi, sempre raccolti in Serbia (Aćimović et al. 2018). Al contrario, le piante raccolte in Estonia (Raal et al. 2022), sebbene anch'esse molto ricche in idrocarburi monoterpenici (66,5%), erano completamente prive di limonene, presentando come metaboliti principali α -pinene (45,4%), *p*-cimene (15,5%) e β -mircene (13,3%). La Tabella A3 riporta la composizione di tutti gli oli essenziali ottenuti da diverse parti aeree delle piante appartenenti al gruppo di *A. sylvestris*, mentre la Tabella A4 mostra la composizione delle radici. Solo i frutti di *Angelica sylvestris* L. var. *vulgaris*, raccolti in Francia, hanno indicato un profilo simile [limonene (56,1%), α -pinene (11,3%)] (Bernard, 2001) rispetto ad **As**.

2.2.1.2 *Cachrys* L.

Il genere *Cachrys* L., descritto inizialmente da Linneo, è un genere monotipico appartenente alla famiglia delle Apiaceae. La storia della sua nomenclatura è piuttosto complessa, poiché è condivisa con altri due generi: *Hippomarathrum* Link non P.G. Gaertn., B. Mey. & Scherb., e *Prangos* Lindl., con delimitazioni vaghe e spesso contraddittorie a seconda degli autori. Alcuni studiosi, come Boissier nel 1872, Drude nel 1898, Fiori nel 1925, e più recentemente Fedchenko nel 1950 e Mouterde nel 1970 (Gruenberg-Fertig et al. 1973), hanno identificato e separato i tre generi come entità distinte.

Il genere *Cachrys* è distribuito in Nord Africa (ad eccezione dell'Egitto), Europa meridionale, Balcani, Turchia, Iran e Caucaso. Attualmente, secondo WFO (2025), solo undici specie sono riconosciute come accettate.

Nel "De Materia Medica", uno dei testi storici più influenti sull'uso dei farmaci a base di erbe, si riportano diverse proprietà farmacologiche per *Cachrys libanotis* L. (Cachri).

Infatti, l'erba, i semi e le radici di questa specie erano utilizzati per problemi gastrici, ginecologici, urologici, respiratori, muscolari, e per malattie dermatologiche e oftalmologiche (Staub, 2017). Nel nord del Marocco, dove è conosciuta come "Chebchaba", le radici fresche di *C. libanotis*, tritate e mescolate con olio, venivano usate per preparare un unguento, applicato con massaggi nel trattamento dei reumatismi (Bellakhdar, 1997; Zahrae Redouan et al. 2020). Nell'Anatolia orientale, invece, *Cachrys microcarpus* (sin. *H. microcarpum*), conosciuta come "Çakşır otu", è una delle piante utilizzate nella preparazione del famoso formaggio erborinato di Van (Tunçtürk et al. 2011; Tunçtürk & Özgökçe, 2015).

Gli estratti delle parti aeree e delle radici delle specie di *Cachrys* hanno mostrato la presenza di diversi metaboliti non volatili come cumarine, flavonoidi, acidi carbossilici e altri metaboliti, la cui presenza e le proprietà biologiche sono state recentemente oggetto di revisione (Musolino et al. 2023). Inoltre, sono noti anche diversi usi alimentari delle specie appartenenti a questo genere. Ad esempio, in Turchia la *Cachrys cristata* viene utilizzata come condimento in prodotti alimentari ed è tradizionalmente aggiunta alla zuppa di tarhana (Matejić et al. 2012). In generale, le foglie possono essere consumate sia crude che cotte (Vilmorin-Andrieux, 1981; Thompson, 1878). Il loro aroma ricorda vagamente quello del finocchio, ma con un retrogusto più amaro e salmastoso (Bianchini, 1976). Il sapore è piuttosto intenso e salato, tanto che è stato descritto da alcuni come simile a "una miscela di sedano e cherosene" (Bown, 1995). Tradizionalmente, le foglie vengono utilizzate come condimento in insalate (Bianchini, 1976); raccolte in primavera, quelle più giovani, una volta cosparse di sale e bollite, possono essere trasformate in un ottimo sottaceto (Grieve, 1984). Inoltre, sono una preziosa fonte di vitamina C (Bown, 1995). Anche i baccelli dei semi (Chiej, 1984; Loewenfeld et al. 1980) trovano impiego nella preparazione di sottaceti aromatici dal gusto caldo (Hedrick, 1972).

Sono stati pubblicati diversi studi sulla composizione degli oli essenziali di alcuni taxa, ma solo un numero limitato di ricerche riguarda la composizione degli oli essenziali delle parti aeree ottenute per idrodistillazione (Başer et al. 2000a; Özer et al. 2007; Khalilzadeh et al. 2007; Bouderdara et al. 2011; Matejić et al. 2012; Evergetis et al. 2015; Karakaya et al. 2019; Tahar et al. 2022; Maresca et al. 2023).

***Cachrys pungens* Jan ex Guss. e *Cachrys cristata* DC.**

In Sicilia, sono presenti quattro taxa: *Cachrys libanotis* L., *Cachrys sicula* L., *Cachrys cristata* DC. (Fig. 2.13) e *Cachrys pungens* Jan ex Guss. (Fig. 2.14) (Euro+Med PlantBase, 2025). Le informazioni disponibili in letteratura

su *Cachrys pungens* sono scarse, mentre per quanto riguarda *Cachrys cristata* non vi è nessun report sull'accessione Siciliana, pertanto è stata avviata un'indagine sulle loro composizioni fitochimiche.



Figura 2.13. *Cachrys cristata*.



Figura 2.14. *Cachrys pungens*.

L'idrodistillazione delle parti aeree fresche di *Cachrys pungens* ha prodotto un olio di colore giallo pallido (**Cp**). In totale, sono stati identificati quarantotto composti nell'olio di **Cp**, rappresentando il 98,8% dei componenti totali. I componenti sono elencati in Tabella A5, classificati in base agli indici di ritenzione su una colonna DB-5MS e suddivisi in cinque classi.

Cp è risultato avere principalmente idrocarburi monoterpenici (67,5%), con β -cis-ocimene (13,6%), sabinene (12,6%) e γ -terpinene (10,6%) come metaboliti più abbondanti sia della classe che dell'intero OE. Tra i monoterpeni ossigenati (14,8%), l'isotimolo metil etere è risultato essere il principale componente (9,0%). Per quanto riguarda i sesquiterpeni (7,3%), solo β -eudesmolo (2,0%) e germacrene D (1,8%) meritano menzione.

L'idrodistillazione delle parti aeree fresche di *Cachrys cristata* ha prodotto anch'esso un olio di colore giallo pallido (**Cc**). In totale, sono stati identificati dieci composti in **Cc**, rappresentando il 94,6% dei componenti totali.

Nonostante la composizione percentuale delle classi sia molto simile a quella di **Cp** (vedasi ad esempio gli idrocarburi monoterpenici al 67,5%), la composizione reale è apparsa abbastanza differente avendo come metaboliti principali

di questa classe β -myrcene (45,3%), allo-ocimene (10,9%) e α -pinene (7,3%), assenti o presenti in minor quantità in **Cp**.

Altro metabolita degno di nota nella composizione di **Cc** è stato la mesitaldeide (23,5%), assente in **Cp** e in tutti gli altri oli essenziali del genere *Cachrys*, eleggendo tale metabolita come possibile marker della specie.

In relazione alla composizione degli oli essenziali ottenuti dalle parti aeree di specie di *Cachrys* provenienti da diverse aree geografiche, sono stati pubblicati diversi articoli che riguardano sei taxa differenti. La Tabella A6 riporta le composizioni degli oli essenziali dei taxa studiati fino ad ora. Gli oli essenziali, ottenuti tramite idrodistillazione, hanno mostrato profili piuttosto differenti.

Entrambe le accessioni di *C. sicula*, provenienti da Algeria e Spagna, hanno mostrato un'alta concentrazione di idrocarburi monoterpenici (95,6%-74,8%), simile a **Cp** e **Cc**: i principali costituenti delle piante algerine erano isomeri del pinene (29,3%), sabinene (17,8%) e mircene (12,0%) (Tahar et al. 2022), mentre le piante spagnole si sono dimostrate ricche di

γ -terpinene, *p*-cimene, sabinene e α -pinene (Palá-Paúl et al. 2002). Nei metaboliti principali è dunque apparso più simile a **Cp** piuttosto che **Cc**.

Al contrario, gli oli essenziali di *C. microcarpos* provenienti da Turchia (Özer et al. 2007; Karakaya et al. 2019) e Iran (Sefidkon & Shaabani, 2003; Khalilzadeh et al. 2007) sono stati caratterizzati da elevate quantità di sesquiterpeni, con *trans*- β -cariofillene tra i principali costituenti. Quest'ultimo (25,6%) insieme all'ossido di cariofillene (9,4%) sono emersi come i principali metaboliti dell'OE di *C. boissieri* raccolto in Turchia (Başer et al. 2000a).

I risultati sulla composizione degli oli essenziali di *C. cristata* provenienti da Grecia, Serbia, Turchia e Creta hanno mostrato dati particolari. Infatti, le accessioni cretesi si sono rivelate particolarmente ricche di β -mircene (54,2-45,3%) come **Cp**, ma praticamente privi di terpenoidi ossigenati (Evergetis et al. 2015; Maresca et al. 2023). L'OE delle piante raccolte in Grecia ha mostrato una ricchezza in idrocarburi monoterpenici (oltre l'80%) (Koutsaviti et al. 2015), a discapito però di un contenuto di β -mircene piuttosto basso (3,0%), con β -*cis*- ocimene (44,2%) e δ -3-carene (8,7%) come costituenti principali. Un profilo completamente diverso è stato riportato per l'olio dell'accessione serba di *C. cristata* (Matejić et al. 2012), totalmente privo di idrocarburi monoterpenici e ricco di sesquiterpeni (78,6%).

Dal confronto con la letteratura è stato possibile trovare delle similitudini tra **Cp** e gli oli essenziali di *C. sicula*, e tra **Cc** e l'accessione cretese di *C. cristata*. Sebbene siano emerse alcune differenze nei profili chimici, queste somiglianze suggeriscono la possibilità di un percorso evolutivo comune tra queste specie. Questo percorso potrebbe essere stato influenzato da fattori ambientali e geografici specifici delle regioni di crescita, che hanno contribuito a modellare le caratteristiche chimiche distintive di ciascun olio essenziale. Ulteriori studi filogenetici e biogeografici potrebbero approfondire la comprensione delle relazioni evolutive tra queste specie e chiarire come queste differenze chimiche si siano sviluppate nel tempo.

2.2.1.3 *Crithmum* L.

Il genere *Crithmum*, appartenente alla famiglia delle Apiaceae, è noto soprattutto per la specie *Crithmum maritimum* L. *Crithmum maritimum* L. (Fig. 2.15) è una pianta alofita perenne, commestibile, che cresce prevalentemente in aree costiere rocciose, moli e più e raramente su spiagge sabbiose. Si trova lungo tutta la costa mediterranea ed è particolarmente diffusa in Paesi come Francia, Turchia, Tunisia, Italia, Croazia, Grecia e Spagna, oltre che sulla costa atlantica del Portogallo (Atia et al. 2011; POWO, 2025).

Il finocchio di mare ha un aroma e un sapore simili al finocchio ed è utilizzato in cucina come erba aromatica, oltre ad essere impiegato in medicina tradizionale e cosmetici. Le sue applicazioni medicinali variano in base alla parte utilizzata della pianta: le parti aeree sono impiegate sotto forma di infusi, decotti e succhi per prevenire o alleviare disturbi gastrointestinali, infiammazioni, malattie della pelle, infezioni e problemi epatici e genitourinari (Renna, 2018; Zafeiropoulou et al. 2021).

Le proprietà benefiche del finocchio marino sono riconosciute anche dal Ministero della Salute italiano, il che lo rende un alimento interessante (Piatti et al. 2023). L'uso commestibile della pianta è tipico in molti paesi, dove le foglie fresche e i giovani rami vengono sott'aceto e utilizzati come condimento per insalate, talvolta in sostituzione dei capperi (Alves-Silva et al. 2020); ad esempio, nel Salento (Italia) questo condimento è chiamato "salissia". È un alimento versatile, spesso abbinato al pesce, e può essere consumato sia fresco che essiccato. Le foglie fresche sono impiegate come erba aromatica in zuppe, salse e insalate. Recentemente, è stato identificato un uso innovativo della pianta come spezia-colorante per prodotti gastronomici (Renna et al. 2018). Sono stati condotti diversi studi sugli estratti e sugli oli di *C. maritimum*, dimostrando il loro potenziale culinario e terapeutico. L'olio fisso estratto dai semi di finocchio di mare è composto principalmente da acido oleico, linoleico e palmitico, ed è paragonabile a oli di alta qualità come quello d'oliva. Gli estratti idro-etanolici delle foglie mostrano un ricco profilo fitochimico, con una varietà di polifenoli solubili, tra cui il cirsioliolo, un flavonolo identificato per la prima volta in questa specie. L'olio essenziale, ricco di composti bioattivi, è stato trovato avere diverse proprietà antibatteriche, antiossidanti, insetticide, antitumorali e anti-infiammatorie (Generalić Mekinić et al. 2016; Polatoğlu et al. 2016; Alves-Silva et al. 2020).

Questa pianta, che prospera in condizioni di scarsa disponibilità idrica, bassa fertilità del suolo e alta salinità, rappresenta una risorsa sostenibile nelle condizioni mediterranee, dove tali limitazioni sono esacerbate dalla crisi climatica. La pianta ha fusti carnosi e cavi che possono raggiungere i 50 cm di altezza e piccoli fiori verdi o verde-giallastri che fioriscono in estate (Chen et al. 2019). Esperimenti recenti hanno dimostrato la possibilità di introdurre la specie in coltivazione in piccoli vasi su diversi substrati, permettendo la produzione di materiale vegetativo con composizioni specifiche (Montesano et al. 2018).

Dal punto di vista nutrizionale, il finocchio di mare ha un contenuto d'acqua inferiore e un contenuto totale di lipidi e proteine più elevato rispetto al finocchio comune, mentre il contenuto totale di carboidrati è simile tra le due specie. La pianta contiene inoltre minerali come potassio, sodio, calcio e magnesio (Nabet et al. 2017), oltre a micronutrienti come la vitamina C (Renna et al. 2013; Maoloni et al. 2022). È principalmente composta da acidi idrossicinnamici, con l'acido caffeico e i suoi derivati come principali componenti (Piatti et al. 2023) e il contenuto polifenolico varia in base al periodo vegetativo. Rispetto ad altre specie coltivate, il finocchio di mare ha un alto contenuto di fenoli (Meot-Duros et al. 2009). La caratterizzazione biologica delle popolazioni genetiche di finocchio di mare in diverse aree mediterranee e la definizione delle proprietà alimentari rappresentano un sistema di valorizzazione dei sottoprodotti vegetali e di conservazione del suolo, rafforzando le politiche di sviluppo sostenibile. Questo processo è rilevante anche nelle politiche alimentari legate alla mitigazione dei cambiamenti climatici, attraverso il miglioramento delle risorse genetiche più adattabili. La caratterizzazione delle popolazioni di finocchio di mare diventa quindi uno strumento di resilienza, valorizzando aree geografiche dove l'acqua è un fattore critico.



Figura 2.15. *Crithmum maritimum*.

Sebbene siano già numerosi gli studi che hanno analizzato gli oli essenziali di *C. maritimum*, la conoscenza delle variazioni chimiche legate a specifici habitat rimane incompleta. Per colmare questa lacuna e ampliare il panorama delle informazioni disponibili, sono state analizzate le composizioni chimiche degli oli essenziali di quattro accessioni di *C. maritimum*, mai studiate in precedenza, raccolte in aree geografiche diverse: Isola delle Femmine (Italia, **S43**), Croazia (**S44**), Montenegro (**S45**) e Israele (**S46**).

Questo studio non solo mira a identificare le caratteristiche chimiche uniche delle accessioni analizzate, ma si propone anche di confrontarle con i dati già esistenti, contribuendo così a una comprensione più globale del potenziale biochimico di questa pianta. A tale scopo sono state condotte analisi statistiche, in particolare analisi di Cluster Gerarchico (HCA) e analisi delle Componenti Principali (PCA) per identificare somiglianze tra i nostri campioni e quelli presenti in letteratura. Inoltre, per migliorare la conoscenza sulla sicurezza alimentare della pianta, è stato valutato il contenuto del metabolita potenzialmente pericoloso dillapiolo in tutti i campioni. L'analisi delle specificità chimiche tra le accessioni offre inoltre l'opportunità di esplorare il ruolo dell'ambiente nella determinazione del profilo chimico, fornendo indizi preziosi per futuri utilizzi sostenibili e sicuri della pianta.

L'olio essenziale ottenuto tramite idrodistillazione delle parti aeree di *Crithmum maritimum* raccolto a Isola delle Femmine (**S43**) è risultato di colore giallo acceso. Sono stati identificati complessivamente ventitré composti, che rappresentano il 97,6% dei componenti totali, classificati in cinque classi, in base alla loro struttura (Tabella A7). Gli idrocarburi monoterpenici rappresentano la classe principale (72,0%), con γ -terpinene (49,0%), *p*-cimene (13,6%) e β -fellandrene (4,1%) come composti predominanti. La seconda classe più abbondante è stata quella dei monoterpeni ossigenati (25,4%), in cui il timolo metil etere (24,5%) è stato il principale componente. Le altre classi, come gli idrocarburi sesquiterpenici e sesquiterpeni ossigenati, sono risultati pressoché assenti.

L'olio essenziale della seconda popolazione raccolta in Croazia (**S44**) ha mostrato una composizione simile, con ventotto composti identificati che hanno rappresentato il 97,3% dei componenti totali (Tabella A7). Anche in questo caso, gli idrocarburi monoterpenici sono stati la classe predominante (95,1%), ma la composizione chimica ha evidenziato differenze significative rispetto al campione S43. In particolare, il limonene è emerso come il composto principale (79,0%), seguito dal β -fellandrene (8,0%), mentre il γ -terpinene ha rappresentato solo l'1,4% della composizione totale.

L'olio essenziale di *C. maritimum* proveniente dal Montenegro (**S45**) ha evidenziato la presenza di venticinque composti, rappresentando il 97,2% dei componenti totali (Tabella A7). Sebbene simile al campione S44, le percentuali hanno mostrato lievi variazioni. Nel campione S45, gli idrocarburi monoterpenici hanno costituito l'87,8%, con il limonene (50,0%) e il β -fellandrene (28,3%) come principali costituenti. Inoltre, la quantità di γ -terpinene è risultata leggermente superiore (4,0%) rispetto a quella osservata in S44.

L'olio essenziale ottenuto dalle parti aeree di *C. maritimum* raccolte in Israele (**S46**) ha mostrato ventisei composti, rappresentando il 94,6% del totale (Tabella A7). Come negli altri oli analizzati, gli idrocarburi monoterpenici sono risultati essere la classe dominante (90,6%), con limonene (43,1%), γ -terpinene (27,0%) e α -pinene (15,3%) come principali metaboliti.

Il confronto dei dati analizzati ha evidenziato una buona somiglianza tra i campioni, poiché in tutti i casi gli idrocarburi monoterpenici hanno costituito la classe principale con percentuali piuttosto comparabili. Tuttavia, l'olio di Isola delle Femmine (S43) si è distinto per la predominanza di γ -terpinene, a differenza degli altri campioni in cui il limonene è risultato il composto principale.

Diversi studi hanno riportato la composizione chimica degli oli essenziali di *C. maritimum* (Tabella A8).

In particolare, i campioni **S44** e **S45** hanno mostrato un profilo volatile simile a quello di un campione raccolto in Dalmazia, Croazia (S2), caratterizzato da un elevato contenuto di limonene (58,4%) e γ -terpinene (2,8%), ma con una quantità significativa di sabinene (26,5%), assente nei campioni **S44** e **S45** (Kulišić-Bilušić et al. 2010).

Il campione **S46**, pur avendo il limonene come composto principale, ha mostrato differenze significative per una maggiore percentuale di γ -terpinene (27,0%) e α -pinene (15,3%), valori simili a quelli di un campione proveniente dalla Grecia (S9), che conteneva il 19,2% di γ -terpinene e il 7,5% di α -pinene (Rossi et al. 2007). Anche in questo caso, il sabinene, presente nel campione greco, è risultato assente nel campione **S46**.

Il campione **S43** ha invece mostrato una composizione simile a quella di un campione raccolto a Sorrento, Italia (S15), in cui γ -terpinene è stato il composto principale (49,0% e 36,6%, rispettivamente), seguito dal timolo metil etere (24,5% e 28,8%) e dal *p*-cimene (13,6% e 9,6%) (Pasias et al. 2021).

Analisi PCA e HCA sull'olio essenziale di diverse accessioni di *Crithmum maritimum*

L'analisi PCA (Fig. 2.16) e HCA (Fig. 2.17) ha rivelato un raggruppamento coerente dei campioni.

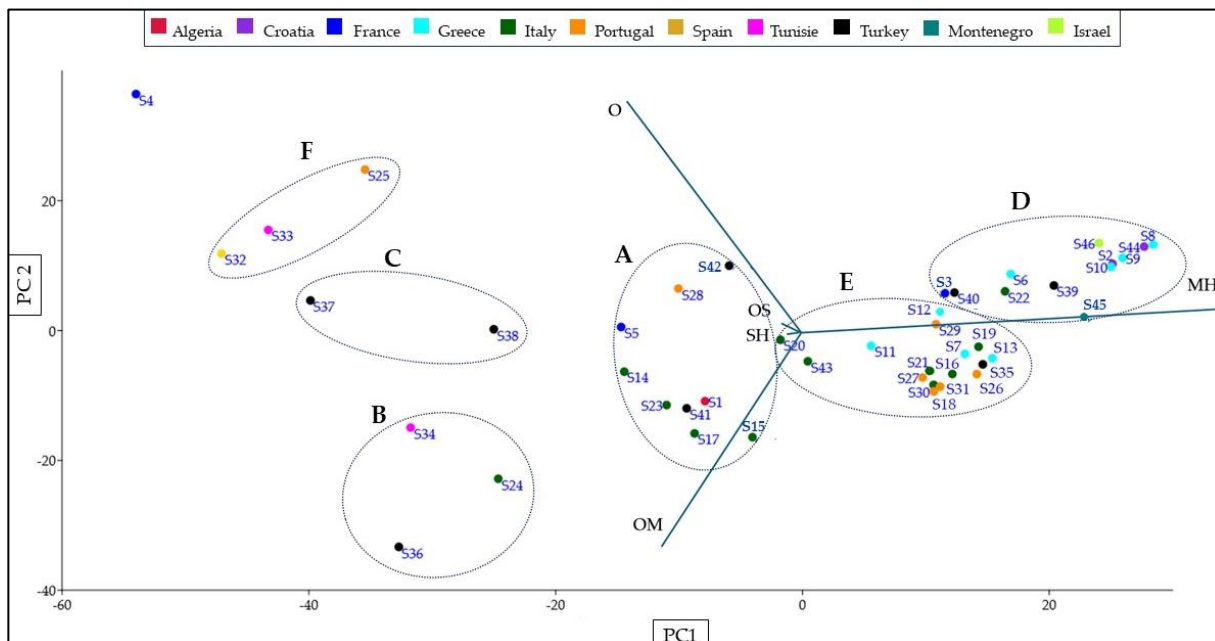


Figura 2.16. Analisi delle componenti principali (PCA) della composizione dell'olio essenziale di diverse accessioni di *Crithmum maritimum*, basata sulle principali classi di composti. I vettori mostrati rappresentano gli autovettori della matrice di covarianza.

Le analisi sono state condotte considerando i composti delle classi con un contributo significativo, secondo il loading plot ottenuto tramite l'analisi delle componenti principali (PCA) per gli idrocarburi monoterpene (MH), i monoterpene ossigenati (OM), gli idrocarburi sesquiterpene (SH), i sesquiterpene ossigenati (OS) e altri composti (O).

Per gli oli essenziali di *C. maritimum*, come mostrato nel grafico (Fig. 2.16), tutte le variabili influenzano PC1 e PC2. Infatti, PC1 (72%) è rappresentata principalmente dagli MH nel punteggio positivo, con un contributo minore di OM, O, SH e OS nei punteggi negativi; mentre PC2 (23%) è rappresentata principalmente da un punteggio positivo di MH, OS e O e da un punteggio negativo di OM e SH.

L'HCA basata sulla distanza euclidea tra i gruppi ha indicato sei cluster (da A a F, Fig. 2.17) identificati dai loro chemotipi di olio essenziale con una somiglianza ≤ 25 .

Il cluster A era composto dai campioni S1, S5, S14, S15, S17, S23, S28, S41 e S42. Per questi campioni, la classe MH è la principale, con valori leggermente superiori al 50% della composizione totale (55,9%-65,3%), mentre la parte residua è caratterizzata dalla classe OM (13,3%-35,2%) e dalla classe O (0%-20,6%). Questo cluster mostra l'assenza completa di OS e una percentuale molto bassa della classe SH (0-2,2%).

Il cluster B, che include i campioni S24, S34 e S36, mostra una composizione caratterizzata da percentuali simili di MH e OM, con valori rispettivamente tra 40,4-45,1% e 40,0-54,3%.

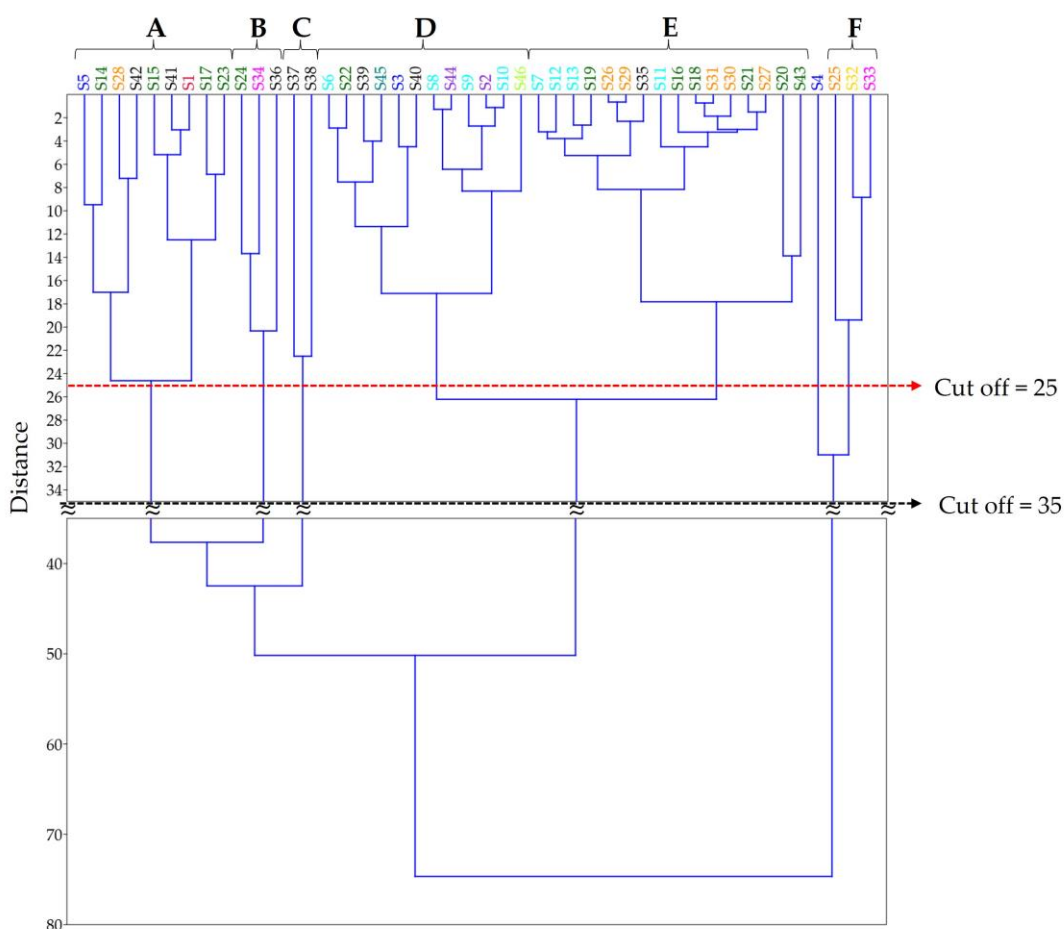


Figura 2.17. Dendrogramma ottenuto mediante HCA basata sulle distanze euclidee tra i gruppi A, B, C, D, E e F. La linea rossa tratteggiata corrisponde al cut-off = 25, mentre la linea nera tratteggiata corrisponde al cut-off = 35.

Un secondo piccolo cluster (cluster C) era rappresentato da soli due campioni, S37 e S38. Esso era caratterizzato da un elevato contenuto di MH (23,1-41,4%), livelli medi di OM (9,5-16,8%), OS (0-15,5%) e O (12,7-13,4%). La classe SH era presente in quantità molto limitata.

Un altro gruppo rappresentativo (cluster D) include dodici campioni (S2, S3, S6, S8, S9, S10, S22, S39, S40, **S44**, **S45**, **S46**) ed è caratterizzato dal contenuto più alto di MH (77,5-95,8%), seguito da percentuali basse-medie di OM (0,6-10,1%).

Il cluster E rappresenta il più grande nel grafico, contenente i campioni S7, S11, S12, S13, S16, S18, S19, S20, S21, S26, S27, S29, S30, S31, S35 e **S43**. Analogamente al cluster D, anche il cluster E mostra una maggiore quantità di composti MH (66,7-81,8%), ma in questo caso il gruppo è caratterizzato da una quantità media-alta di OM (12,9-25,4%). Per entrambi i cluster D ed E, le classi SH, OS e O presentano valori simili. Questa somiglianza tra i due gruppi emerge dal grafico HCA (Fig. 2.17) considerando una somiglianza ≤ 35 .

Infine, il cluster F, rappresentato dai campioni S25, S32 e S33, era caratterizzato dal valore più alto di O (36,2-44%). I campioni appartenenti a questo gruppo mostrano anche valori quasi nulli di SH e OS e quantità mediamente alte di MH (28,1-41,1%) e OM (14,1-23,5%). Il campione S4 non rientra in alcun cluster secondo il grafico HCA con somiglianza ≤ 25 ; tuttavia, considerando una somiglianza ≤ 35 , questo campione si unisce al cluster F. Infatti, la sua

composizione, caratterizzata da 60,4% di O, 26,5% di MH, 13,0% di OM e valori nulli per SH e OS, appare simile agli altri tre campioni che costituiscono il cluster.

Quando presente, il dillapiolo rappresenta il composto principale della “classe altri”. Il dillapiolo è un fenilpropanoide (Fig. 2.18, $C_{12}H_{14}O_4$, peso molecolare 222,23) individuato per la prima volta nell’aneto indiano, *Anethum sowa* Roxb. ex Fleming (Apiaceae). Il dillapiolo è una sostanza vischiosa e incolore che ha mostrato un’azione sinergica sui piretrini (usati negli insetticidi), rendendoli più efficaci rispetto ai sinergici sintetici come il piperonil butossido (Peter, 2001). Il dillapiolo è considerato tossico per il consumo umano se presente in oltre il 5% nell’olio essenziale; pertanto, la qualità dell’olio essenziale è considerata migliore se il contenuto di dillapiolo varia tra 0 e 5% (Vineeta et al. 2008). In uno studio EFSA (Bampidis et al. 2022) sulla tossicità dell’olio di aneto, l’assunzione massima giornaliera di dillapiolo ($\mu\text{g/kg}$ di peso corporeo al giorno) è stata calcolata al livello di utilizzo dell’additivo nei mangimi considerato sicuro per cani e gatti. I valori di assunzione calcolati per questo composto erano 0,0133 $\mu\text{g/kg}$ di peso corporeo al giorno per i cani e 0,0114 $\mu\text{g/kg}$ di peso corporeo al giorno per i gatti.

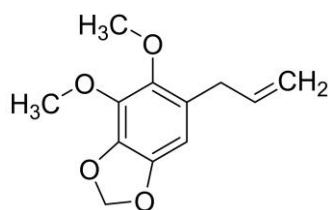


Figura 2.18. Struttura del dillapiolo

A causa di questa tossicità, è stata studiata la distribuzione di questo fenilpropanoide nei diversi campioni.

Il diagramma a matrice (Fig. 2.19) mostra una completa distribuzione geografica di questa molecola ed è stato utilizzato per osservare, attraverso la variazione cromatica (dal rosso al giallo), le percentuali massime di composizione del dillapiolo tra i campioni provenienti dai diversi Paesi.

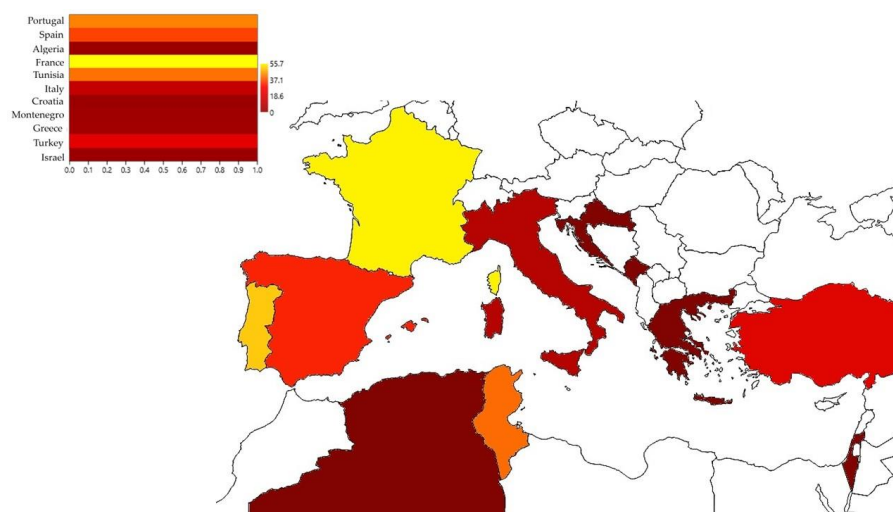


Figura 2.19. Diagramma a matrice relative alla percentuale di dillapiolo mediamente presente negli oli essenziali di *C. maritimum* da differenti località.

Il diagramma a matrice (Fig. 2.19) mostra che la Francia presenta la percentuale più alta di dillapiolo nell'olio essenziale di *C. maritimum* (55,7%), seguita dal Portogallo (42,1%), dalla Tunisia (40,2%) e dalla Spagna (35,1%). Le piante provenienti dagli altri Paesi mostrano valori di dillapiolo significativamente più bassi o nulli. Osservando la distribuzione del dillapiolo nei diversi Paesi, è possibile notare un particolare andamento geografico. Infatti, gli oli essenziali delle specie raccolte nei Paesi dell'Europa più orientale presentano valori di dillapiolo generalmente bassi o assenti, in contrasto con quelli provenienti dai Paesi dell'Europa occidentale, che ne contengono grandi quantità. I campioni **S43**, **S44**, **S45** e **S46**, oggetto di questo articolo, mostrano valori in accordo con questa tendenza geografica, con percentuali di dillapiolo comprese tra 0 e 1,6%. Tuttavia, sono necessari ulteriori dati per confermare questo trend.

Questi dati sottolineano l'importanza di una caratterizzazione dettagliata del profilo chimico degli oli essenziali di *C. maritimum*, non solo al fine di valutarne la sicurezza e la qualità nutrizionale, ma anche per identificare varietà con elevato potenziale applicativo, aprendo prospettive per selezioni mirate e valorizzazioni commerciali delle popolazioni più promettenti.

2.2.1.4 *Daucus* L.

Sáenz Laín (1981), basandosi su dati morfologici e anatomici, aveva classificato il genere *Daucus* comprendente venti specie; tuttavia, secondo Plants of the World Online (POWO, 2025), il numero di taxa riconosciuti a livello di specie accettata è salito a quarantacinque. La regione mediterranea è storicamente considerata il centro di diversità del genere *Daucus* (Sáenz Laín, 1981), sebbene la distribuzione geografica di queste specie si estenda oltre tale area, includendo una specie (*D. glochidiatus* (Labill.) Fisch., C.A.Mey. & Avé-Lall.) in Australia e tre specie nel continente americano (*D. carota* L., *D. montanus* Humb. & Bonpl. ex Schult., *D. pusillus* Michx.). A seguito della revisione tassonomica di Banasiak et al. (2016), che ha incluso il genere *Agrocharis* nel complesso *Daucus*, è stato confermato un ampliamento dell'areale del genere fino all'Africa tropicale (Townsend, 1989).

Diverse specie di questo genere presentano un rilevante interesse economico come fonti alimentari, con particolare riferimento a *D. carota* L., introdotto nelle regioni settentrionali del Mediterraneo dagli invasori arabi. Tale specie è ampiamente studiata per la sua fitochimica e le proprietà farmacologiche, come evidenziato da numerose pubblicazioni (Akhtar et al. 2017; Ahmad et al. 2019; Que et al. 2019; Kartika et al. 2021). Le carote (*D. carota*), rappresentano uno degli alimenti più comuni nella dieta umana e possono essere consumate fresche, cotte in diversi piatti o trasformate in puree, succhi o prodotti disidratati, possono inoltre essere trasformate in forma disidratata mediante essiccazione e successivamente utilizzate commercialmente come ingrediente naturale per la formulazione e lo sviluppo di prodotti funzionali, come integratori alimentari, nutraceutici e cosmetici (Motegaonkar et al. 2024). In Sicilia sono presenti varie sottospecie di *D. carota* e diverse specie del genere *Daucus*, tra cui *D. aureus* Desf., *D. nebrodenis* Strobl. e *D. muricatus* (L.) L. (Euro+Med Plant Base, 2025).

***Daucus aureus* Desf.**

La specie *Daucus aureus* Desf. (Fig. 2.20), comunemente nota come carota dorata, è originaria del bacino del Mediterraneo e delle Isole Canarie. La sua distribuzione geografica comprende diverse regioni di Europa, Africa e Asia, con una presenza particolarmente significativa nelle aree costiere e nelle zone ad esse prossime.



Figura 2.20 *Daucus aureus*

Si tratta di una specie annuale o biennale che cresce prevalentemente all'interno del bioma subtropicale. Per quanto riguarda la sua descrizione botanica, si tratta di piante la cui altezza media mostra una notevole variabilità, superando i 50 cm in alcune aree, ma non oltrepassando i 15 cm in altre. Il fusto si presenta eretto e ramificato, a partire dalla base o in posizione più alta, generalmente in due rami principali. Le foglie, di dimensioni considerevoli, sono oblunghe, pennate e disposte in maniera alterna. Le ombrelle sono terminali, peduncolate e di ampio diametro (circa 7 cm), mentre le brattee risultano divise e più corte rispetto all'ombrella stessa. I frutti sono allungati, ovoidali, con dimensioni comprese tra 5 e 7 mm in lunghezza e circa 2 mm in larghezza, caratterizzati da un rigonfiamento conico alla base. Le coste primarie risultano poco evidenti, mentre quelle secondarie sono costituite da file di 7–8 spine gialle, generalmente della stessa lunghezza della larghezza del frutto. Tuttavia, nei frutti localizzati nella parte centrale dell'ombrella, tali spine tendono a essere più corte.

Analogamente al *D. muricatus*, gli studi esistenti si limitano alle accessioni presenti in Algeria (Tabella A9), mentre non sono riportati dati sulla specie raccolta in Sicilia.

In questo contesto, le diverse parti della pianta (fiori, radici e steli) raccolte in Sicilia, sono state lavorate separatamente e complessivamente sono stati ottenuti tre oli essenziali, tutti estratti mediante idrodistillazione. L'olio essenziale estratto dai fiori di *Daucus aureus* (**Daf**) è stato caratterizzato per il 97,3% dei componenti totali; sono stati identificati 25 composti (Tabella A10), determinati in base agli indici di ritenzione lineare su colonna non polare DB-5MS e raggruppati in sei classi chimiche.

Daf è costituito essenzialmente da idrocarburi monoterpici (58,4%), con sabinene (19,3%), α -pinene (9,7%) e β -pinene (6,8%) come principali costituenti. Gli alcani rappresentano la seconda classe più abbondante in questo campione (26,9%), con eptano (15,3%) e nonano (12,0%) come composti più abbondanti. I sesquiterpeni ossigenati contribuiscono per il 6,9% della composizione, essenzialmente rappresentato da ossido di alloaromadendrene (6,2%). Le altre classi sono presenti in quantità limitate.

Relativamente all'olio essenziale ottenuto dagli steli di *D. aureus* (**Das**), questo è stato caratterizzato per il 91,2%, per un totale di trentasei composti e mostra un profilo simile a **Daf**. Infatti, anche in questo caso la classe predominante risulta essere quella degli idrocarburi monoterpici (42,2%), α -pinene (9,7%) come composto principale della classe. Diversamente dai fiori, **Das** non mostra il sabinene nella sua composizione. Tra le altre classi che caratterizzano in proporzione pressoché identica la composizione del **Das** vi sono nuovamente quella degli alcani (18,1%) e dei sesquiterpeni ossigenati (17,1%). L'ossido di alloaromadendrene è presente in proporzione maggiore

rispetto a **Daf** (11,3%), simile a quella riscontrata anche nel campione di olio essenziale ottenuto dalle radici di *D. aureus* (**Dar**), pari a 10,3%.

Per quanto riguarda quest'ultimo campione di OE, in totale sono stati identificati ventitré metaboliti, i quali rappresentano il 94,0% della composizione totale. La composizione chimica del **Dar** differisce dagli oli essenziali ottenuti dalle altre parti della pianta, in particolare, vi è un'inversione delle due classi predominanti. Infatti, **Dar** mostra gli alcani come classe principale, presente per il 48,6% del totale, seguita dagli idrocarburi monoterpenici (19,9%). Analogamente agli altri campioni, anche **Dar** mostra una quantità media di sesquiterpeni ossigenati, mentre le altre classi contribuiscono in maniera marginale alla composizione totale dell'olio essenziale.

Le composizioni chimiche ricavate per i tre oli essenziali di *D. aureus* sono state confrontate con i dati di letteratura esistenti per oli essenziali della stessa specie e di altri taxa del genere *Daucus* (Tabella A9). I profili volatili ottenuti per i campioni **Daf** e **Das** sono in linea con i dati presenti in letteratura riguardanti la composizione delle parti aeree di *D. aureus*, in particolare, mostrano gli idrocarburi monoterpenici come classe principale con sabinene o α -pinene come composti più abbondanti. Solo un campione (Meliani et. al. 2013) mostra una composizione nettamente differente con germacrene D come composto maggioritario.

***Daucus muricatus* (L.) L.**

D. muricatus (L.) L. [sinonimi: *Artemisia muricata* L., *Ballimom muriculatum* (L.) Raf.; *Caucalis muricata* (L.) Crantz; *Platyspermum muricatum* (L.) Hoffm.] (Fig. 2.21) è originario della regione mediterranea e si ritrova in Nord Africa, Azzorre, Italia, Portogallo e Spagna.

Studi fitochimici precedenti su campioni algerini di questa specie hanno identificato trenta composti fenolici e altri metaboliti polari, tra cui derivati dell'acido idrossicinnamico, flavonoidi e derivati dell'acido idrossibenzoico (Noui et al. 2018).



Figura 2.21 *Daucus muricatus*

Per quanto riguarda i composti volatili, sono stati pubblicati soltanto due studi relativi alla composizione degli oli essenziali (Bendiabdellah et al. 2012; El Amine Dib et al. 2015). Pertanto, la letteratura esistente si limita a piante raccolte in Algeria e non fornisce informazioni riguardo agli esemplari siciliani di *D. muricatus*.

L'olio essenziale estratto dai fiori di *Daucus muricatus* (**Dmf**) è stato ottenuto mediante idrodistillazione. La caratterizzazione chimica ha permesso di identificare il 91,5% dei componenti totali; sono stati riconosciuti 43 composti (Tabella A11), determinati in base agli indici di ritenzione lineare su colonna non polare DB-5MS e raggruppati in sei classi chimiche. La frazione dominante di **Dmf** è costituita da idrocarburi monoterpenici (37,0%), con sabinene (11,6%), α -terpinolene (5,3%), α -pinene (5,0%) e β -myrcene (4,7%) come principali costituenti. Tra gli alcani (27,2%), eptano (15,9%), uno dei componenti principali dell'OE, e nonano (10,8%) risultarono abbondanti. I sesquiterpeni ossigenati rappresentavano il 14,0% del totale, principalmente sotto forma di ossido di alloaromadendrene (11,5%). I monoterpeni ossigenati (3,1%) e gli idrocarburi sesquiterpenici (4,1%) sono presenti in quantità marginali.

Per quanto riguarda l'olio essenziale estratto dalle radici di *D. muricatus* (**Dmr**), questo mostra un profilo qualitativamente affine a **Dmf** ma con differenze quantitative rilevanti. In **Dmr** la classe predominante risultava essere quella degli alcani (60,0%), con nonano (30,4%) ed eptano (28,7%) come composti maggioritari. L'ossido di alloaromadendrene è presente in proporzione maggiore rispetto a **Dmf** (15,2%), mentre gli idrocarburi monoterpenici sono relativamente poco rappresentati (5,5%).

I profili ottenuti per i due oli essenziali di *D. muricatus* sono stati confrontati con le composizioni degli oli essenziali riportati in letteratura per oltre 100 taxa del genere *Daucus* (Tabella A9), ricavando osservazioni pertinenti. Tra le composizioni pubblicate, *D. aureus* Desf. (Algeria; Zaibet et al. 2015) è l'unico caso in cui il nonano è risultato presente in quantità comparabili a quelle osservate in **Dmf** e **Dmr** (7,9–18,3%). L'eptano è stato invece riportato in basse percentuali (0,1–3,3%) unicamente nelle radici di *D. carota* ssp. *sativus* algerina (Zatla et al. 2017a). Il sabinene, principale monoterpene di **Dmf** e assente in **Dmr**, è stato riscontrato in elevata percentuale nelle OE delle parti aeree di numerosi taxa di *Daucus*, inclusi campioni di *D. muricatus* dall'Algeria (Bendiabdellah et al. 2012; El Amine Dib et al. 2015) e diverse altre accessioni geografiche (Zaibet et al. 2015; Ksouri et al. 2015; Chizzola, 2010; Gonny et al. 2004; Gora et al. 2002; Tavares et al. 2008; Jabrane et al. 2009; Flamini et al. 2007; Djarri et al. 2006; Majdoub et al. 2022).

La presenza dell'ossido di alloaromadendrene in entrambe le composizioni analizzate (**Dmf** e **Dmr**) rappresenta un elemento di particolare interesse, poiché tale composto non era stato precedentemente segnalato nei taxa di *Daucus*. In letteratura risultano solo riscontri indiretti, quali la presenza di aromadendrene (precursore biogenetico dell'ossido di alloaromadendrene) nelle OE delle parti aeree di *D. carota* ssp. *hispidus* (Tunisia; Snene et al. 2020) e nelle radici di *D. littoralis* ssp. *hyrcanicus* (Iran; Youssefbeyk et al. 2014). L'ossido di alloaromadendrene, noto per la sua rarità, è stato descritto in poche specie appartenenti a famiglie differenti (es. *Psidium cattleianum* var. *cattleianum*, *Pamburus missionaris*, *Atalantia racemosa*) e sono state riportate attività anticancerogene e pro-apoptotiche in studi su linee cellulari (Pavithra et al. 2018b; Chalannavar et al. 2013; Pavithra et al. 2018a; Das et al. 2015).

Dati filogenetici molecolari indicano che *D. muricatus* è correlato strettamente a *D. tenuisectum* Coss. ex Batt. (non ancora analizzato per contenuto in OE), *D. crinitus* Desf. e *D. setifolius* Desf. (Spoonier et al. 2013; Spoonier, 2019). In particolare, sia *D. crinitus* (El Amine Dib et al. 2010; Lanfranchi et al. 2010; Bouayad Alam et al. 2014) sia l'accessione algerina di *D. muricatus* (Bendiabdellah et al. 2012) sono state caratterizzate dalla presenza di derivati di isochavicol, una classe assente sia in *D. setifolius* (Laouer et al. 2013; Majdoub et al. 2022) sia negli oli essenziali, **Dmf** e **Dmr**, oggetto di questo studio.

***Daucus nebrodensis* Strobl.**

Daucus nebrodensis Strobl. è un'emcriptofita biennale che raggiunge un'altezza massima di circa 30 cm, con numerosi rami sottili (Fig. 2.22a), quasi glabri, emergenti dalla base di un fusto lievemente ispido. Le foglie hanno contorno lanceolato (Fig. 2.22b) e portano brevi foglioline pennate; quelle inferiori sono cuneato-ovate, mentre quelle superiori risultano lineari-lanceolate, con piccioli provvisti di peli patenti. Le brattee sono inizialmente quasi della stessa lunghezza dell'ombrella ma, allo stadio di fruttificazione, raggiungono a malapena la metà della sua lunghezza; raramente si dividono in tre lobi biforcati e sono generalmente intere e lineari-lanceolate (Fig. 2.22c). Le brattee dell'involucello sono lineari e semplici. Le ombrelle sono piccole e corte ma relativamente ben radiate (Fig. 2.22d), portando fiori con stili tre volte più lunghi dello stilopodio e divergenti. I petali sono bianchi, raramente lievemente rosati, e arrotondati. I frutti sono acheni ovoidali (Fig. 2.22d), lunghi circa 3 mm, con numerosi setti bianchi lunghi appena 0,5 mm (Strobl 1884).



Figura 2.22. a) *Daucus nebrodensis*, pianta intera nel suo habitat naturale; b) Dettaglio delle foglie; c) Brattee e bratteole durante la fase di fioritura; d) Ombrelle raggianti, di colore bianco, con alcune leggermente rosate; e) Fase fruttifera con acheni ovoidi; f) Habitat della specie in praterie mesofile.

Specie endemica della Sicilia, *D. nebrodensis* è stata segnalata negli ambienti montani delle Madonie (Lojacono, 1891), nei Nebrodi e sui pendii dell'Etna sopra Nicolosi (Giardina et al. 2007). Nell'ambito del suo areale, la specie cresce in prati mesofili e pascoli (Fig. 2.22f) ad altitudini superiori a 1000 m, nella zona bioclimatica supra-

mediterranea (Bazan et al. 2015), con ombrotipo da subumido inferiore a umido inferiore. Il taxon non è raro nel suo areale ed è classificato come Near Threatened (NT) (Perrino & Wagensommer, 2022).

D. nebrodensis è inclusa nella checklist più recente della flora vascolare italiana (Bartoluci et al. 2024); tuttavia, gli autori osservano che questa specie potrebbe non essere nettamente distinta da *Daucus carota* subsp. *hispanicus* (Gouan) Thell. Inoltre, World Flora Online riporta *D. nebrodensis* come sinonimo di *D. carota* subsp. *hispanicus* (WFO, 2025). Va comunque considerato che quest'ultimo taxon è descritto come un morfotipo costiero (Martínez-Flores et al. 2020) e, nella Flora d'Italia (Pignatti, 2018), viene indicato come *D. gingidium* L. subsp. *fontanesii* (Thell.), comunemente noto come “cliff carrot”, segnalato in Sicilia in habitat costieri (Bazan et al. 2015). Ad oggi non sono disponibili studi specifici su *D. nebrodensis*; considerando tale lacuna, il presente lavoro si propone di caratterizzare il profilo dell'olio essenziale derivato da un'accessione siciliana di *D. nebrodensis* e di valutarne le attività antimicrobica, antibiofilm e antiossidante.

Fornendo i primi dati sulla composizione chimica e sul potenziale biologico di *D. nebrodensis*, questo studio intende accrescere la conoscenza scientifica e la valorizzazione di questa specie endemica siciliana poco esplorata.

L'idrodistillazione delle parti aeree fiorite di *D. nebrodensis* ha fornito un olio essenziale di colore giallo (**Dn**). L'olio essenziale è stato caratterizzato mediante analisi semiquantitativa, basata sull'abbondanza relativa di ciascun composto, espressa come percentuale dell'area nel cromatogramma. La composizione totale è stata identificata per il 95,6% e sono stati rilevati venticinque composti. I componenti, elencati in Tabella A12 secondo i rispettivi indici di ritenzione su colonna DB-5MS, sono stati classificati in quattro classi chimiche.

Il profilo del **Dn** è essenzialmente costituito da idrocarburi monoterpenici (84,8%), rappresentati principalmente da sabinene (33,6%), α -pinene (17,2%), γ -terpinene (9,8%) e α -terpinene (7,6%). Il 4-terpineolo (5,7%) è risultato il composto più abbondante tra i monoterpeni ossigenati, i quali complessivamente costituiscono il 7,9% della composizione totale. Gli idrocarburi sesquiterpenici e i sesquiterpeni ossigenati sono invece presenti in quantità molto limitate, pari rispettivamente a 0,7% e 2,2%.

Come già menzionato nel testo, numerosi studi hanno riportato la composizione chimica degli OE delle parti aeree di specie di *Daucus*. Il confronto del profilo di **Dn** con quelli presenti in letteratura consente alcune osservazioni significative. In particolare, il sabinene, principale metabolita di **Dn**, è risultato essere il composto maggioritario anche negli OE delle parti aeree di *D. setifolius* (Majoub et al. 2022a), *D. aureus* Desf. (Zaibet et al. 2015), *D. muricatus* (Bendiabdellah et al. 2012; El Amine et al. 2015) e in OE ottenuti da altre porzioni vegetative di sottospecie di *D. carota* (ssp. *carota* (Gora et al. 2002; Soković et al. 2009), ssp. *maritimus* (Jabrane et al. 2009), ssp. *halophilus* (Taveres et al. 2008)). Diversamente da molte di queste accessioni, però, il **Dn** è totalmente privo di limonene, presente in buone quantità in numerosi OE di *Daucus*.

Il secondo costituente in ordine di abbondanza è stato l' α -pinene (17,2%); questo composto, insieme al suo isomero β -pinene (presente nel **Dn** al 2,3%), è comunemente riscontrato nella maggior parte delle OE di *Daucus* riportate in letteratura (Tabella A9). Per quanto riguarda α -terpinene e γ -terpinene, la loro presenza in **Dn** è relativamente contenuta: il γ -terpinene è stato frequentemente identificato in diversi OE ed è uno dei principali costituenti dell'OE delle parti aeree di *D. syrticus* (Abd et al. 2013), pur risultando anche nei fiori di *D. carota* ssp. *maritimus* (Jabrane et al. 2009), a conferma della diffusione di questo monoterpene nelle diverse parti di piante del genere *Daucus*. L' α -terpinene, invece, era stato rilevato solo nell'OE delle parti aeree di *D. syrticus* (Abd et al. 2013), dove rappresentava il 4,4% della composizione.

Una parte limitata degli OE di taxa di *Daucus* è caratterizzata dalla presenza di miristicina, composto assente nel campione **Dn** di questo studio. Nell'OE delle parti aeree di *D. carota* ssp. *hispanicus* i livelli di miristicina variano tra 66,9% e 83,8%, mentre nelle radici è stata riportata una percentuale inferiore (16,6%) (Bendiabdellah et al. 2014). La miristicina è stata inoltre riscontrata in buone quantità in *D. sahariensis* (Smaili et al. 2011; Smaili et al. 2024; Flamini et al. 2013), *D. carota* ssp. *gummifer* (Reduron et al. 2019), *D. carota* ssp. *maritimus* (Jabrane et al. 2009; Reduron et al. 2019), *D. carota* ssp. *sativus* (Zatla et al. 2017a), *D. glaber* (Mansour et al. 2004), *D. guttatus* ssp. *zahariadii* (Radulović et al. 2011) e *D. littoralis* ssp. *hyrcanicus* (Yousefbeyk et al. 2014).

In sintesi, sebbene la composizione del **Dn** risulti coerente con il quadro chimico generale degli OE di specie del medesimo genere, caratterizzata da un elevato contenuto di idrocarburi monoterpenici, la contemporanea presenza e abbondanza delle quattro specie principali (sabinene, α -pinene, γ -terpinene e α -terpinene) non è stata riscontrata con questo stesso pattern in altre specie di *Daucus*, evidenziando una peculiare impronta chimica del **Dn**. Studi aggiuntivi su ulteriori popolazioni di *Daucus nebrodensis* sarebbero utili per confermare la variabilità geografica e la riproducibilità di quanto qui riportato.

Proprietà antimicrobiche dell'olio essenziale di *Daucus nebrodensis* (Dn)

Diversi studi hanno infatti evidenziato che gli OE di alcune specie di *Daucus* possiedono un ampio spettro d'azione antimicrobico, efficace sia nei confronti di batteri Gram-positivi sia Gram-negativi. Un esempio del potenziale biologico del genere è lo studio di Dib et al. (2010), nel quale estratti di foglie, fusti e radici di *Daucus crinitus* Desf. hanno mostrato significativa attività antimicrobica contro batteri patogeni quali *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Candida albicans*.

Alcune ricerche hanno anche esplorato il potenziale sinergico degli OE di *Daucus* come adiuvanti nelle terapie antimicrobiche, dimostrando che miscele di OE provenienti da diverse specie possono potenziare l'effetto inibitorio rispetto a singoli componenti isolati. Tale fenomeno è attribuito a interazioni complesse tra metaboliti secondari, in grado di modificare la permeabilità cellulare e facilitare l'assorbimento intracellulare degli agenti attivi, migliorando così l'efficacia terapeutica (Di Lecce et al. 2022).

Sulla base di tali evidenze, è stata valutata l'attività antimicrobica dell'olio essenziale isolato da *Daucus nebrodensis* (**Dn**).

L'analisi dell'attività antibatterica è stata condotta su ceppi Gram-negativi e Gram-positivi mediante saggi di conta delle cellule vitali. La Fig. 2.23 mostra le curve dose-risposta ottenute variando la concentrazione di **Dn** e valutando la sopravvivenza batterica rispetto ai controlli. Sono stati selezionati ceppi Gram-negativi (*Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*), implicati in infezioni intestinali e respiratorie, e ceppi Gram-positivi (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* e *Mycobacterium smegmatis*), associati a infezioni cutanee e sistemiche.

Come evidenziato in Fig. 2.23, si osserva una relazione inversa tra concentrazione di **Dn** e tasso di sopravvivenza batterica. Complessivamente, il **Dn** ha mostrato buona attività su entrambi i gruppi batterici, sebbene i ceppi Gram-positivi risultino più sensibili, indicando una maggiore efficacia antimicrobica a concentrazioni inferiori. Queste osservazioni sono coerenti con precedenti studi in cui vari oli essenziali ricchi in α -pinene e sabinene hanno manifestato maggiore efficacia contro batteri Gram-positivi (Soković et al. 2009; Li et al. 2009).

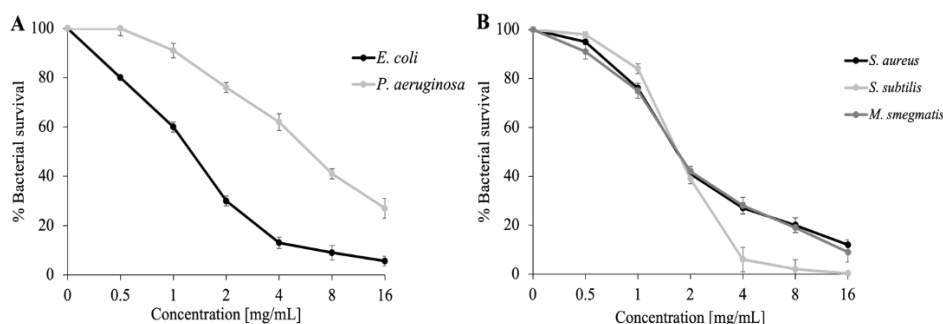


Figura 2.23. Valutazione dell'attività antimicrobica di **Dn** a concentrazioni variabili, analizzata mediante saggi di conteggio delle unità formanti colonia (CFU) contro ceppi Gram-negativi (Pannello A) e Gram-positivi (Pannello B). La sopravvivenza batterica è espressa sull'asse y come percentuale, calcolata confrontando il numero di CFU dei campioni trattati con quello dei controlli non trattati. Tutti gli esperimenti sono stati eseguiti in tre repliche biologiche indipendenti; le deviazioni standard sono rimaste costantemente inferiori al 10%.

Per quantificare l'attività antimicrobica sono stati eseguiti tre esperimenti indipendenti per determinare la MIC mediante microdiluizione in brodo di coltura. I risultati, riportati nella Tabella 2.6, indicano che i valori di MIC più bassi sono stati ottenuti per i ceppi Gram-positivi, compresi tra 18 e 25 mg/mL, mentre per i ceppi Gram-negativi i valori variavano da 25 a 30 mg/mL. Tali risultati, sono in accordo con i precedenti test ed evidenziano un potenziale antibatterico accociato a **Dn** promettente se confrontato per altre specie di *Daucus*.

Tabella 2.6. Determinazione della concentrazione minima inibente (MIC, espressa in mg/mL) di **Dn** contro ceppi batterici Gram-negativi e Gram-positivi. I valori di MIC sono stati ottenuti da almeno 3 repliche biologiche indipendenti.

Ceppi batterici	MIC [mg/mL]
<i>E. coli</i>	25
<i>P. aeruginosa</i>	30
<i>S. aureus</i>	20
<i>B. subtilis</i>	18
<i>M. smegmatis</i>	25

Al fine di investigare maggiormente l'attività microbica, peri composti principali identificati in **Dn**, quali α -pinene, α -terpinene, sabinene e γ -terpinene, sono stati testati. È stato valutato il contributo di ciascun componente testandoli singolarmente alle stesse concentrazioni relative utilizzate per l'olio essenziale. La Fig. 2.24 illustra le curve dose-risposta ottenute testando i singoli composti volatili contro *E. coli* (pannello A) e *S. aureus* (pannello B). Tra i composti analizzati, α -pinene e sabinene hanno mostrato gli effetti antimicrobici più marcati, come dimostrato dalla più rapida diminuzione della sopravvivenza batterica osservata già a concentrazioni di 1 mg/mL rispetto agli altri componenti testati.

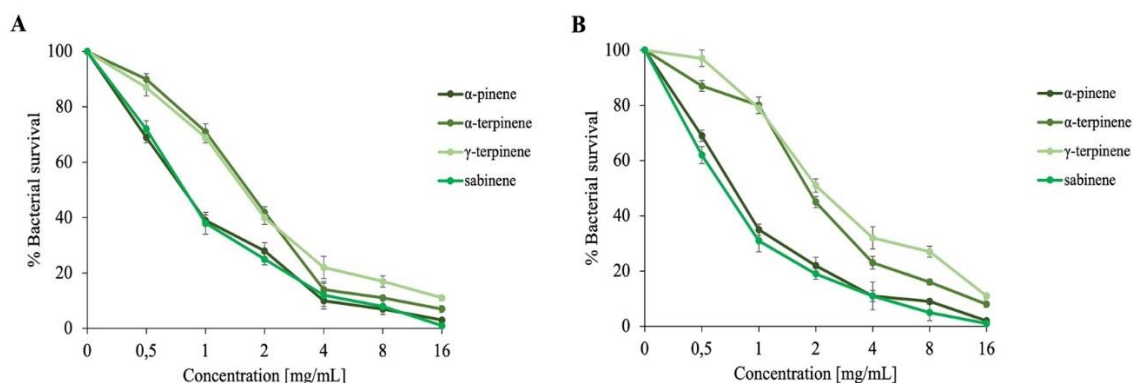


Figura 2.24. Valutazione dell'attività antimicrobica dei singoli componenti di **Dn** (α -pinene, α -terpinene, sabinene e γ -terpinene) a diverse concentrazioni, analizzata mediante saggi di unità formanti colonia (CFU) contro *E. coli* (Pannello A) e *S. aureus* (Pannello B).

Per fornire una valutazione quantitativa della loro attività, è stata successivamente determinata la concentrazione minima inibente (MIC) dei singoli composti presenti nel **Dn**. I valori di MIC hanno confermato l'elevata efficacia di α -pinene e sabinene: rispettivamente 23 mg/mL e 20 mg/mL contro *S. aureus*, e 25 mg/mL e 24 mg/mL contro *E. coli* (Tabella 2.7). Tali risultati concordano con quanto riportato da Bassolé e Juliani (2012), che hanno messo in evidenza l'efficacia antimicrobica di entrambi i composti su un ampio spettro di ceppi microbici. Complessivamente, i dati sono coerenti con quelli ottenuti per altre specie di *Daucus* e supportano l'ipotesi che l'attività antimicrobica degli oli essenziali derivi da interazioni sinergiche o antagoniste tra molteplici costituenti volatili.

Tabella 2.7. Determinazione della concentrazione minima inibente (MIC, espressa in mg/mL) dei singoli componenti α -pinene, α -terpinene, sabinene e γ -terpinene contro *E. coli* e *S. aureus*. I valori di MIC sono stati ottenuti da almeno tre repliche biologiche indipendenti.

MIC [mg/mL]				
	α -pinene	α -terpinene	γ -terpinene	sabinene
<i>E. coli</i>	25	30	> 35	24
<i>S. aureus</i>	23	30	35	20

Valutazione meccanicistica di Dn e dei suoi principali composti sui target batterici

Per indagare il meccanismo d'azione di **Dn** e dei suoi principali componenti sono stati condotti esperimenti di microscopia a fluorescenza volti a valutare l'integrità della membrana batterica mediante cellule di *E. coli* e *S. aureus* colorate con DAPI e PI. Il DAPI è un colorante fluorescente legante il DNA che emette luce blu, mentre il PI emette fluorescenza rossa e penetra solo nelle cellule con membrane compromesse; pertanto, il PI è usato come indicatore

di danno di membrana.

Come mostrato in Fig. 2.25 (Pannelli A-1 e C-3), le cellule di controllo non trattate risultavano integre e fluorescevano in blu per la colorazione con DAPI. Di rilievo, dopo 4 h di trattamento con concentrazioni sub-MIC di **Dn**, le cellule di *E. coli* (Pannello A-2) hanno mostrato fluorescenza rossa, suggerendo una compromissione della membrana. Al contrario, le cellule di *S. aureus* trattate nelle stesse condizioni non hanno evidenziato fluorescenza rossa, il che suggerisce che nei batteri Gram-positivi il bersaglio primario dell'azione antimicrobica potrebbe essere diverso dalla membrana cellulare.

Questi risultati indicano che il **Dn** potrebbe esercitare il suo effetto antimicrobico sui batteri Gram-negativi tramite danno alla membrana, mentre nei ceppi Gram-positivi è verosimile l'intervento di un diverso meccanismo d'azione.

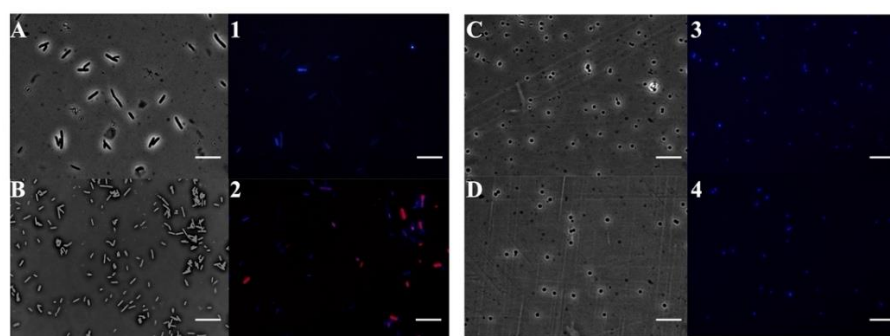


Figura 2.25. Analisi, mediante microscopia a fluorescenza, del meccanismo d'azione antimicrobico di **Dn**. I pannelli mostrano cellule di *E. coli* (A, B, 1, 2) e cellule di *S. aureus* (C, D, 3, 4). I pannelli A, B, C e D mostrano le cellule osservate in microscopia a campo chiaro, mentre i pannelli 1, 2, 3 e 4 riportano le corrispondenti immagini in fluorescenza. Le cellule non trattate sono visibili nei pannelli A, 1, C e 3; le cellule trattate con **Dn** sono visibili nei pannelli B, 2, D e 4. Barra di scala: 5 μ m.

Per approfondire il target cellulare, abbiamo colorato le cellule di *E. coli* e *S. aureus* con DAPI/PI dopo il trattamento con i singoli componenti di **Dn**, applicati a concentrazioni equivalenti a quelle rilevate tramite GC-MS.

Come mostrato in Fig. 2.26, le cellule non trattate (Pannello 1, A-1; Pannello 2, A-1) hanno mostrato solo fluorescenza blu, indicando membrane integre. Lo stesso è stato osservato nelle cellule trattate con α -terpinene e γ -terpinene (Pannello 1: C-3, E-5; Pannello 2: C-3, E-5), suggerendo che questi composti non danneggiano la membrana batterica.

Interessante è il fatto che le cellule trattate con α -pinene e sabinene (Pannello 1: B-2, D-4; Pannello 2: B-2, D-4) hanno mostrato intensa fluorescenza rossa, indicando un danno significativo alla membrana. Ciò suggerisce un possibile ruolo di α -pinene e sabinene nel compromettere l'integrità della membrana, in particolare in *E. coli*, mentre il sabinene sembra essere particolarmente attivo contro *S. aureus*.

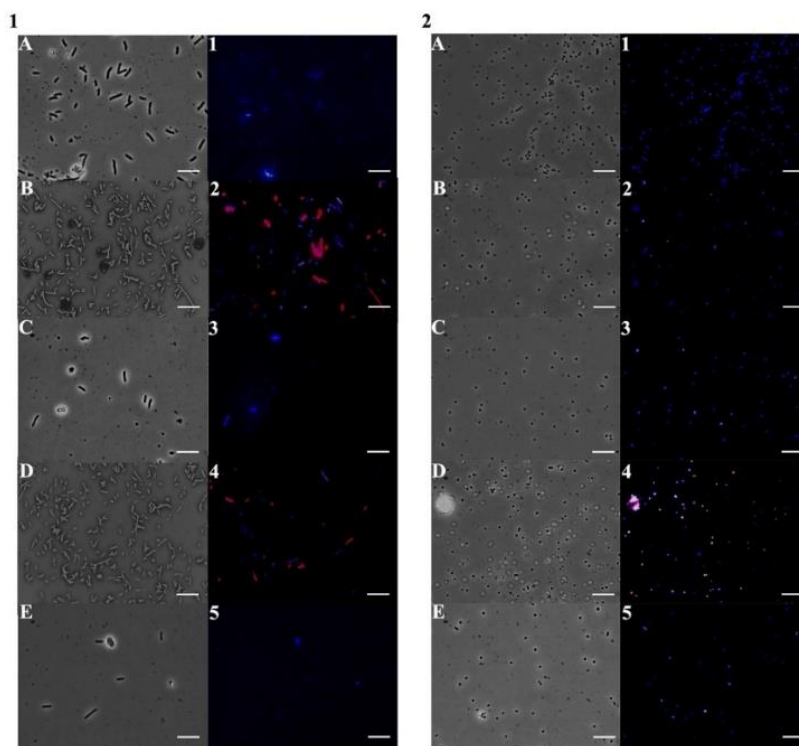


Figura 2.26. Analisi mediante microscopia a fluorescenza del meccanismo d'azione antimicrobico di alcuni componenti selezionati di **Dn** su *E. coli* (Pannello 1) e *S. aureus* (Pannello 2).

Le immagini in campo chiaro (A–E) sono affiancate dalle corrispondenti immagini in fluorescenza (1–5). Le cellule di controllo non trattate sono mostrate in A-1; le cellule trattate con α -pinene in B-2, con α -terpinene in C-3, con sabinene in D-4 e con γ -terpinene in E-5. Barra di scala: 5 μ m.

L'analisi dell'integrità della membrana batterica a seguito del trattamento con **Dn** e i suoi singoli componenti ha fornito evidenze significative della complessa interazione tra i costituenti fitochimici e la loro attività biologica. Mentre concentrazioni sub-MIC dell'intero **Dn** hanno provocato solo una lieve permeabilizzazione della membrana, limitata a *E. coli*, il trattamento con singoli componenti selezionati, in particolare α -pinene e sabinene, ha determinato una marcata compromissione della membrana sia in *E. coli* che in *S. aureus*, come evidenziato dalla forte fluorescenza rossa nel canale del propidio ioduro (PI).

Questo risultato rilevante solleva questioni fondamentali sulle dinamiche di sinergia e antagonismo all'interno delle miscele di oli essenziali. Nonostante l'uso di ciascun composto nella relativa abbondanza presente nell'olio totale, la loro applicazione isolata ha mostrato un potenziale maggiore di danneggiamento delle membrane batteriche. Una possibile spiegazione è la presenza di interazioni antagoniste nell'olio essenziale, in cui componenti meno attivi o inattivi potrebbero interferire con o neutralizzare gli effetti di α -pinene e sabinene (Savelev et al. 2003; Wright et al. 2007). Tale interferenza può avvenire tramite legame competitivo con i componenti della membrana, riduzione della diffusione o solubilità, o addirittura intrappolamento fisico all'interno di strutture micellari, limitando così l'accessibilità dei composti attivi alla superficie batterica (Ingólfsson et al. 2014). Inoltre, alcuni costituenti degli oli essenziali possono esercitare effetti stabilizzanti sulla membrana, contrastando l'azione distruttiva dei terpeni. Questo fenomeno è ben documentato nel contesto di miscele fitochimiche complesse, dove i metaboliti secondari possono

interagire in modi molteplici, generando proprietà emergenti che non possono essere previste dall'attività individuale dei singoli componenti (Bunse et al. 2022). È inoltre possibile che l'intero **Dn**, in quanto matrice chimica complessa, subisca alterazioni nella partizione o nelle dinamiche di adsorbimento quando applicato a colture batteriche, influenzando la concentrazione locale e la biodisponibilità dei composti attivi sulla membrana. La maggiore suscettibilità di *S. aureus* ed *E. coli* al danno della membrana indotto da α -pinene e sabinene isolati supporta ulteriormente studi precedenti che ne hanno evidenziato la potente azione antimicrobica. Tuttavia, la soppressione totale (per i Gram-positivi) e parziale (per i Gram-negativi) di questo effetto nel contesto dell'olio totale evidenzia l'importanza di analizzare sia i singoli componenti sia gli estratti completi per comprendere meglio il loro potenziale bioattivo e i limiti associati.

Indagine sull'attività antibiofilm di Dn

Considerata l'attività ben documentata di diversi oli essenziali contro la formazione di biofilm a basse concentrazioni (Di Napoli et al. 2022) si è ipotizzato che **Dn** potesse mostrare effetti simili. Per testare questa ipotesi, sono stati condotti esperimenti utilizzando *M. smegmatis*, un organismo modello non patogeno frequentemente impiegato nella ricerca sulle micobatteriosi per le sue similitudini genetiche e fisiologiche con *Mycobacterium tuberculosis*. La formazione di biofilm da parte di *M. smegmatis* è di particolare interesse poiché gioca un ruolo cruciale nella persistenza batterica e nella resistenza agli antibiotici, riflettendo problemi simili osservati in specie micobatteriche più patogene. Poiché la concentrazione minima inibente (MIC) di **Dn** contro *M. smegmatis* è stata precedentemente determinata in 25 mg/mL, sono state testate concentrazioni molto inferiori alla MIC (da 0 a 1 mg/mL), a cui non si osserva mortalità batterica, per valutare sia l'inibizione che la distruzione del biofilm. Come mostrato in Fig. 2.27 pannello A, il trattamento con **Dn** a 1 mg/mL ha determinato circa il 55% di inibizione della formazione del biofilm. Questo risultato è rilevante poiché suggerisce che **Dn** possa interferire con le fasi iniziali dello sviluppo del biofilm, processo chiave nella colonizzazione batterica e nella persistenza dell'infezione.

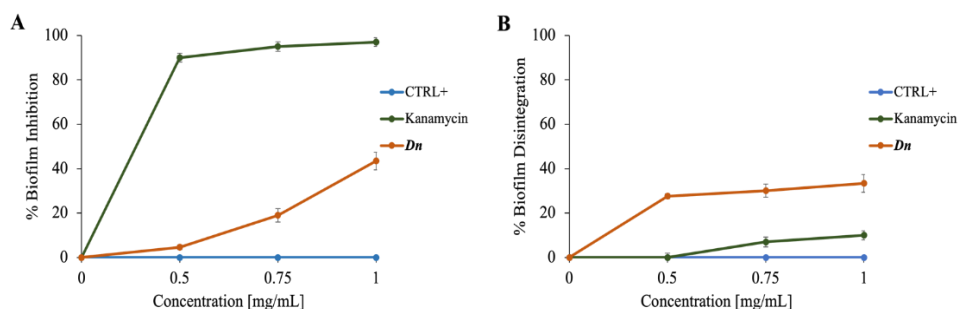


Figura 2.27. Valutazione colorimetrica dell'inibizione e della disgregazione del biofilm di *M. smegmatis* a diverse concentrazioni di **Dn**. Il pannello A illustra la percentuale di inibizione della formazione del biofilm, mentre il pannello B mostra la percentuale di disgregazione del biofilm già formato. Le cellule non trattate sono state utilizzate come controllo positivo, mentre le cellule trattate con kanamicina come controllo negativo. Tutti i saggi sono stati eseguiti in triplicato, con deviazioni standard costantemente inferiori al 10%.

Inoltre, è stata valutata la capacità dell'olio essenziale di disgregare biofilm già formati, un compito più impegnativo a causa della resistenza strutturale e chimica delle matrici di biofilm maturi. Come illustrato in Fig. 2.27, pannello B, **Dn** ha indotto una disgregazione del biofilm di circa il 40%, indicando un'azione duplice promettente: sia preventiva

che curativa. Questa doppia funzionalità è particolarmente preziosa in ambito clinico e ambientale, dove i biofilm consolidati sono spesso resistenti ai trattamenti antimicrobici convenzionali. Questi risultati evidenziano il potenziale di **Dn** come agente naturale antibiofilm, con possibili applicazioni nello sviluppo di nuovi trattamenti mirati alle infezioni croniche in cui i biofilm svolgono un ruolo centrale.

Inoltre, è stato indagato il ruolo dei singoli componenti di **Dn** nell'inibire la formazione del biofilm. Come mostrato in Fig. 2.28, α -pinene e sabinene hanno dimostrato la maggiore capacità di inibire la formazione del biofilm, con percentuali di inibizione comprese tra il 37% e il 46%. Questo risultato è particolarmente interessante perché conferma, come precedentemente riportato negli esperimenti di fluorescenza, l'alto potenziale di questi due componenti, riflettendo il fatto che l'inibizione complessiva del biofilm da parte dell'intero olio **Dn** era circa del 55%. È probabile che l'azione di questi due componenti contribuisca in larga misura all'effetto antibiofilm osservato con il campione.

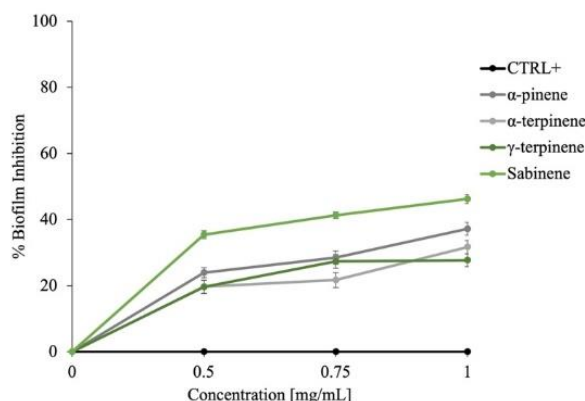


Figura 2.28. Valutazione colorimetrica dell'inibizione del biofilm di *M. smegmatis* a diverse concentrazioni di α -pinene, α -terpinene, γ -terpinene e sabinene. Le cellule non trattate sono state utilizzate come controllo positivo. Tutti i saggi sono stati eseguiti in triplicato, con deviazioni standard costantemente inferiori al 10%.

Studio delle proprietà antiossidanti di **Dn** e dei suoi componenti

L'attività antiossidante degli oli essenziali è oggetto di molti studi scientifici, i quali rivelano la loro capacità di catturare radicali liberi, in particolare contro i radicali DPPH e ABTS. È stato dimostrato che questa dipende fortemente sia dalla concentrazione dell'OE che dalla sua composizione chimica, in particolare dal profilo dei suoi principali costituenti (Lu et al. 2018). Nel caso di **Dn**, i composti dominanti, α -pinene, α -terpinene, sabinene e γ -terpinene, appartengono alla classe dei monoterpeni, un gruppo di idrocarburi naturali ampiamente riconosciuti per il loro ruolo significativo nei meccanismi antiossidanti correlabile alla loro capacità di donare atomi di idrogeno o elettroni per neutralizzare i radicali liberi (Cajka et al. 2010).

Come mostrato in Fig. 2.29, sia i saggi DPPH (pannello A) che ABTS (pannello B) mostrano un aumento dell'attività di cattura dei radicali dose-dipendente da parte di **Dn** nell'intervallo testato (0–16 mg/mL). Il saggio DPPH, metodo comunemente utilizzato per valutare la capacità di una sostanza di donare elettroni e stabilizzare i radicali liberi, indica che **Dn** possiede un buon potenziale antiossidante, raggiungendo circa l'80% di cattura dei radicali alla massima concentrazione testata. Analogamente, il saggio ABTS, che valuta la capacità di un composto di neutralizzare radicali cationici altamente reattivi, ha confermato un sostanziale effetto antiossidante di circa il 50%, suggerendo che l'estratto **Dn** contiene molecole bioattive capaci di attenuare lo stress ossidativo interagendo con le

specie reattive dell'ossigeno (ROS).

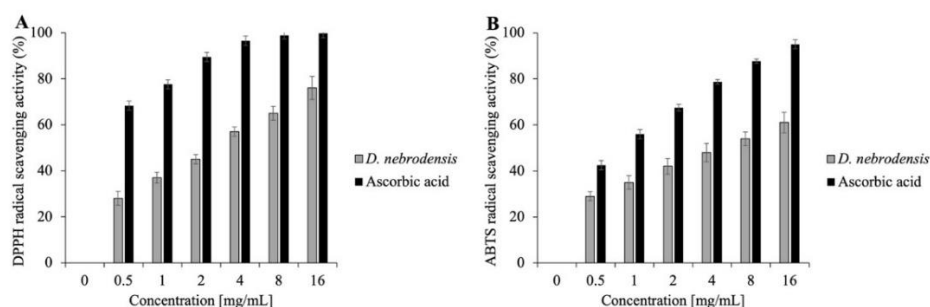


Figura 2.29. Valutazione dell'attività antiossidante di **Dn**. Il pannello A mostra la capacità di cattura del radicale DPPH dopo 30 minuti di incubazione, espressa come percentuale di riduzione del DPPH. Il pannello B mostra l'attività di cattura del radicale ABTS, misurata dopo 10 minuti e espressa come percentuale di riduzione dell'ABTS. Il controllo positivo per entrambi i saggi è l'acido ascorbico, utilizzato alle stesse concentrazioni. I dati rappresentano i valori medi di tre esperimenti indipendenti.

Anche in questo caso è stato studiato il ruolo dei costituenti principali (α -pinene, α -terpinene, sabinene e γ -terpinene). Come illustrato in Fig. 2.30 (DPPH: pannello A; ABTS: pannello B), sabinene e α -pinene hanno mostrato un'attività particolarmente potente a 16 mg/mL, con tassi di cattura dei radicali DPPH rispettivamente del 100% e del 98%, e circa il 70% di cattura nel saggio ABTS. L'acido ascorbico è stato utilizzato come controllo positivo per questo saggio, ma i dati non sono riportati perché identici a quelli mostrati in Fig. 2.28. Questi risultati indicano chiaramente che questi due terpeni sono i principali contributori al potenziale antiossidante osservato nel campione completo di **Dn**.

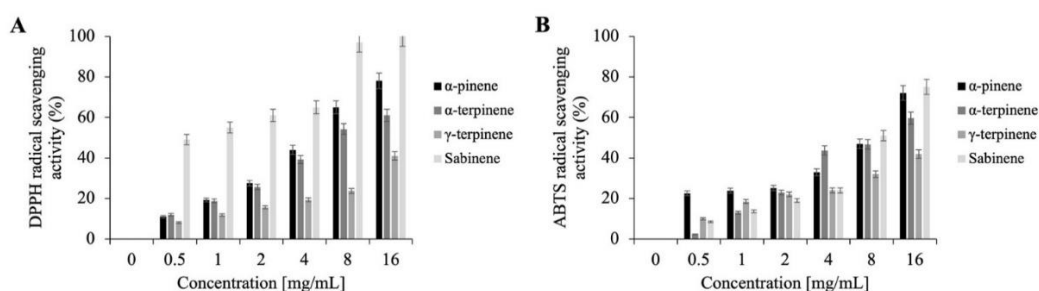


Figura 2.30 Valutazione dell'attività antiossidante dei principali componenti individuali di **Dn**. Il pannello A mostra l'attività di cattura del radicale DPPH di α -pinene, α -terpinene, sabinene e γ -terpinene dopo 30 minuti di incubazione, espressa come percentuale di riduzione del DPPH rispetto al controllo. Il pannello B illustra l'attività di cattura del radicale ABTS degli stessi composti, misurata dopo 10 minuti e riportata come percentuale di riduzione dell'ABTS rispetto al controllo. I risultati sono presentati come valori medi di tre repliche biologiche indipendenti.

È interessante notare che il **Dn** non ha raggiunto lo stesso livello di attività dei suoi singoli componenti, nonostante sia stato testato a concentrazioni corrispondenti alle loro proporzioni naturali nel campione di estratto. Questa discrepanza suggerisce possibili interazioni antagoniste tra i componenti della matrice dell'olio essenziale. Tale antagonismo potrebbe verificarsi quando la presenza di un composto interferisce con l'efficienza di cattura dei radicali di un altro, potenzialmente tramite competizione per siti attivi, ostacoli sterici o modulazione del potenziale redox nella miscela complessa. Questi risultati evidenziano l'importanza di comprendere non solo l'attività individuale dei costituenti degli oli essenziali, ma anche il loro comportamento interattivo all'interno del profilo

fitochimico completo, che può influenzare significativamente l'effetto biologico complessivo.

Valutazione della vitalità cellulare tramite saggio MTT

Per verificare se il **Dn** e i suoi principali composti potessero essere tossici per le cellule eucariotiche, sono stati utilizzati cheratinociti umani in un test basato sul saggio MTT. Dai dati raccolti, risulta che sia il **Dn** che gli altri composti, dopo 4 ore di trattamento a una concentrazione di 16 mg/mL, non risultano citotossici (Fig. 2.31).

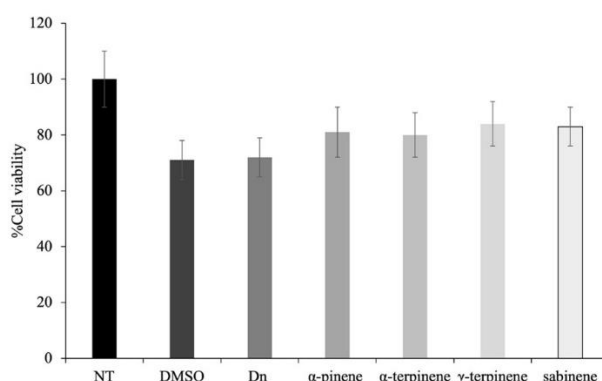


Figura 2.31. Effetto citotossico di **Dn** e dei componenti α -pinene, α -terpinene, γ -terpinene e sabinene sulle cellule eucariotiche. Le cellule HaCat sono state trattate per 4 ore. La citotossicità cellulare è stata determinata mediante saggio MTT. Le cellule non trattate (NT) sono state considerate come riferimento al 100%. La percentuale di sopravvivenza cellulare in ciascuna condizione è stata calcolata confrontandola con le cellule non trattate. I saggi sono stati eseguiti in tre esperimenti indipendenti. Le barre di errore indicano l'errore standard della media (SEM).

Questi risultati suggeriscono che il **Dn** e i suoi principali costituenti non sono citotossici alle concentrazioni e tempi di esposizione testati, indicando un profilo di sicurezza favorevole per potenziali applicazioni topiche o terapeutiche. Questo dato è particolarmente rilevante nel contesto dello sviluppo di agenti antimicrobici, dove una tossicità selettiva verso le cellule microbiche rispetto a quelle dell'ospite rappresenta un requisito fondamentale.

2.2.1.5 *Geocaryum* Coss.

I generi *Geocaryum* Coss., *Conopodium* W.D.J. Koch e *Bunium* L., appartenenti alla famiglia delle Apiaceae, sono difficili e complessi da delimitare, essendo distinti solo per lievi differenze legate alla struttura dei frutti (Pignatti et al. 2018). Secondo POWO (2025), il genere *Geocaryum* comprende dieci taxa originari di Grecia, Italia, Sicilia e Jugoslavia, mentre i tredici taxa di *Conopodium* hanno una distribuzione più ampia, che include Belgio, Corsica, Francia, Gran Bretagna, Irlanda, Italia, Norvegia, Portogallo, Spagna e Nord Africa (POWO, 2025) (Tabella A13 e A14). Il genere *Bunium* L. comprende 53 specie. Il nome del genere deriva al termine greco $\beta\acute{o}\upsilon\nu\iota\omicron\nu$ (bounion), che significa "grumo", a causa della tipica grandezza dei suoi tuberi (Mohammadhosseini et al. 2021).

Gli habitat principali delle specie di *Bunium* includono l'Europa, il Mediterraneo, l'Asia centrale e l'India. Numerosi studi sono stati pubblicati sui metaboliti non volatili delle specie di *Bunium*, riportando diverse classi di composti naturali come acidi grassi, terpenoidi, saponine, cumarine, antrachinoni, tannini, flavonoidi, acidi organici, saccaridi e proteine. La loro presenza, così come l'uso etnobotanico e medicinale delle specie di *Bunium*, sono stati recentemente rivisti (Mohammadhosseini et al. 2021).

Anche se limitate rispetto ad altri generi appartenenti alla famiglia delle Apiaceae, sono noti alcune specie appartenenti ai generi *Conopodium* e *Geocaryum* sono noti. I tuberi di *Geocaryum cynapioides* (Guss.) Engstrand subsp. *macrocarpum* (Boiss. & Spruner) vengono tradizionalmente consumati crudi come spuntino, rappresentando un alimento selvatico apprezzato nella regione di Yeşilli in Turchia (Yeşil et al. 2019). La radice di *Conopodium majus* (comunemente chiamata pignut), pianta tipica dei boschi, è anch'essa commestibile e costituisce una risorsa alimentare per i raccoglitori. La sua popolarità è dovuta non solo al gusto gradevole e al contenuto calorico del tubero, ma anche all'esperienza di localizzazione, identificazione ed estrazione del tubero stesso (Wild Food People, 2025). Per quanto riguarda l'uso popolare delle specie degli altri due generi, solo *Conopodium majus* (Gouan) Loret (Parada et al. 2011) e *Geocaryum cynapioides* (Guss.) Engstrand (Yeşil et al. 2019) sono stati segnalati come alimentari in Spagna e Turchia, rispettivamente. Non esistono studi sui metaboliti non volatili di alcuna specie di questi due generi.

***Geocaryum capillifolium* (Guss.) Coss.**

Geocaryum capillifolium (Guss.) Coss., [Bas. *Myrrhis capillifolia* Guss.; *Conopodium capillifolium* (Guss.) Boiss.; *Bunium capillifolium* (Guss.) Bertol.] (Fig. 2.32) è una pianta erbacea perenne, con una distribuzione legata ai rilievi del Mediterraneo occidentale (W Medit. Mont.), ed è conosciuta nella Penisola Iberica, nelle montagne del nord Algeria, in Grecia e in Italia, dove si trova limitata alle regioni della Toscana, Abruzzo, Molise e Sicilia (Tutin, 1981; Pignatti et al. 2018).



Figura 2.32. *Geocaryum capillifolium*.

Per quanto riguarda la composizione chimica degli oli essenziali, sono stati pubblicati pochi studi su *Geocaryum* e *Conopodium*, mentre le specie del genere *Bunium* sono state oggetto di numerose indagini. Non esiste alcuna ricerca pubblicata sulla composizione dell'olio essenziale dell'accessione siciliana di *G. capillifolium*.

L'idrodistillazione delle parti aeree in fiore di *Geocaryum capillifolium*, raccolte nei Monti delle Madonie, in Sicilia, ha prodotto un olio di colore giallo pallido (**Gc**). Complessivamente, sono stati identificati trentasette composti, rappresentanti il 93,0% del totale, elencati in Tabella A15, in base ai loro indici di ritenzione su una colonna DB-5MS e suddivisi in cinque classi secondo la loro struttura chimica.

Gli idrocarburi sesquiterpenici (78,5%) hanno rappresentato la classe principale, con *cis-β*-farnesene (31,2%), *trans-β*-cariofillene (20,0%) e germacrene D (8,5%) come principali costituenti.

Gli idrocarburi monoterpenici (4,9%) e i sesquiterpeni ossigenati (5,3%) sono apparsi presenti in quantità simili, con *cis-β*-ocimene (3,2%) e ossido di cariofillene (2,2%) come principali delle due classi. I monoterpeni ossigenati (1,0%) sono stati, invece, scarsamente rappresentati.

L'unico altro studio su questa specie ha riguardato una popolazione della Grecia (Evergetis et al. 2009) (Tabella A16). Questo OE, interessante per la sua azione contro gli insetti (Evergetis et al. 2009; Chizzola, 2010; Ebadollahi 2013; Osanloo et al. 2019), ha mostrato un profilo completamente diverso rispetto a **Gc**. L'olio essenziale è risultato ricco di idrocarburi monoterpenici, con *α*-pinene (37,8%), sabinene (29,2%), *p*-cimene (4,6%) e limonene (4,1%) come metaboliti principali, e quasi privo di sesquiterpeni, con solo *trans-β*-cariofillene (3,3%) presente in quantità moderate.

D'altra parte, la composizione di **Gc** è stata simile a quella degli oli essenziali di due accessioni di *Geocaryum cynapioides* (Guss.) Engstrand, raccolte in Serbia, dove è stata riportata una grande quantità di derivati del farnesene, come per **Gc** (Tabella A16).

Anche l'OE di *Conopodium glaberrimum* (Desf.) Engstrand (sin. *Balansaea glaberrima* Desf. e Lange) dall'Algeria ha mostrato una ricca presenza di idrocarburi sesquiterpenici (50,3%), pur presentando un profilo chimico completamente diverso da **Gc**.

Tra tutti gli oli derivati dalle parti aeree delle specie di *Bunium* studiati finora, solo *B. carioides* (Boiss.) Hausskn. ex Bornm. e *B. elegans* (Fenzl) Freyn (Jassbi et al. 2005), entrambi raccolti in Iran, hanno mostrato una grande quantità di idrocarburi sesquiterpenici, (*trans-β*-cariofillene (26,6% e 38,0%, rispettivamente) e germacrene D (22,1% e 24,1%, rispettivamente)], sebbene non siano stati rilevati derivati del farnesene.

Gli altri oli di *Bunium* (Tabella A16) hanno mostrato o una maggiore quantità di sesquiterpeni ossigenati (principalmente ossido di cariofillene), come *B. alpinum* Waldst. & Kit. e *B. ferulaceum* Sm. dall'Algeria (Hayet et al. 2017), e *B. elegans* (Fenzl) Freyn dalla Turchia (Ozturk et al. 2020), oppure una predominanza di idrocarburi monoterpenici, come *B. cylindricum* (Boiss. et hohen.) Drude. (Masoudi et al. 2005), *B. luristanicum* Rech.f. (Sefidkon et al. 2014) e *B. persicum* (Boiss.) B. Fedtsch. (Jahansooz et al. 2014; Khanavi et al. 2017; Zarrinpashne & Gorji Kandi, 2018).

2.2.1.6 Pimpinella L.

Il genere *Pimpinella* L., appartenente alla famiglia delle Apiaceae, comprende circa 150 specie distribuite principalmente nell'emisfero settentrionale (Heywood, 1971). In Turchia, il genere è ben rappresentato, con 23 specie (di cui 5 endemiche), 2 sottospecie e 2 varietà, per un totale di 27 taxa (Mathew, 1972), mentre in Sicilia 4 sono le specie endemiche: *Pimpinella tragi* subsp. *lithophila* (Schischk.), *Pimpinella lutea* Desf., *Pimpinella anisoides* V.Br. e *Pimpinella peregrina* L.

Diverse specie di *Pimpinella*, comunemente note come anice, sono utilizzate come fonte alimentare, con *Pimpinella anisum* (anice) come la più diffusa. Semi, steli e foglie di anice vengono impiegati come aromatizzanti, mentre la pianta fornisce anche un olio essenziale ampiamente utilizzato nell'industria alimentare come aromatizzante, conservante e antiossidante (Rocha, 2016). I semi sono noti per il caratteristico sapore e aroma simile alla liquirizia e trovano impiego in numerose preparazioni, tra cui prodotti da forno, dolci e bevande alcoliche. Le foglie fresche tritate possono essere aggiunte a insalate, salse e spalmabili a base di formaggio, mentre gli steli vengono utilizzati per insaporire zuppe e stufati (Spinozzi, 2023). Altre specie di *Pimpinella* presentano impieghi simili: *P. brachycarpa*, ad esempio, è consumata come verdura in Corea e utilizzata nella medicina tradizionale, grazie all'elevato contenuto di vitamine e minerali (Sathasivam et al. 2025), mentre *P. candolleana* è consumata come verdura selvatica in alcune regioni. Diverse altre specie di *Pimpinella* trovano impiego tradizionale in varie parti del mondo, tra cui Turchia, Iran e India, spesso a scopo medicinale. In ambito culinario, le specie di *Pimpinella*, e in particolare l'anice, vengono impiegate per aromatizzare una vasta gamma di alimenti e bevande, tra cui caramelle, pasticceria, liquori e talvolta prodotti a base di carne, mentre alcune specie vengono consumate direttamente come verdure, dimostrando la loro versatilità sia come alimento che come ingrediente aromatico (Wu et al. 2023). Gli oli essenziali e gli estratti delle specie di *Pimpinella* sono noti per il loro alto contenuto di derivati fenilpropanoidi. Una delle caratteristiche distintive di questi composti è la presenza dello scheletro 2-idrossi-5-metossi- 1-(E)-propenilbenzene, noto come pseudoisoeugenolo, che è unico di questo genere (Kubeczka, 1997).

Un'importante area di studio degli oli essenziali di *Pimpinella* riguarda la presenza di sesquiterpenoidi e fenilpropanoidi C12 con strutture uniche. Questi metaboliti possono essere sfruttati per sviluppare nuovi agenti utili in agricoltura e medicina (Tabanca et al. 2004; 2005a). I fenilpropanoidi presenti in *Pimpinella* hanno dimostrato diverse attività biologiche, tra cui proprietà antigerminative, insetticide, acaricide, nonché deboli attività antitumorali, antimalariche, antimicrobiche e antifungine (Kleiman et al. 1988; Tabanca et al. 2003). Studi precedenti hanno analizzato gli oli essenziali estratti da diverse parti di *Pimpinella aurea* coltivata in Iran (Askari et al. 2005a, Assadian et al. 2005). Inoltre, studi recenti hanno evidenziato la composizione chimica, la diversità genetica e le attività biologiche degli oli essenziali di diverse specie di *Pimpinella* (Tabanca et al. 2005b).

***Pimpinella peregrina* L.**

Tra le specie di maggior interesse, *Pimpinella peregrina* L. (Fig. 2.33) ha trovato un ampio utilizzo nella medicina tradizionale. Le specie di *Pimpinella*, incluse quelle come *P. peregrina*, sono da tempo apprezzate nella medicina tradizionale per le loro proprietà terapeutiche. Oltre a essere ampiamente utilizzate in ambito farmaceutico e nell'industria alimentare, queste piante continuano a mostrare un potenziale significativo nello sviluppo di nuove terapie naturali per una varietà di disturbi psichiatrici e neurodegenerativi (Gülçin et al. 2003; Tepe et al. 2006; Ertan Anli & Bayram, 2010).



Figura 2.33. *Pimpinella peregrina*.

L'olio essenziale di *P. peregrina* viene tutt'ora ampiamente utilizzato per aromatizzare bevande tradizionali come raki, ouzo, pastis e arak. In uno studio condotto da Aydin et al. (2016), è stato esaminato l'effetto dell'inalazione dell'olio essenziale delle parti aeree di *P. peregrina* su deficit di memoria, ansia e depressione indotti da scopolamina in un modello di ratto per il morbo di Alzheimer (AD).

I risultati hanno mostrato che i ratti trattati con l'OE di *P. peregrina* hanno presentato miglioramenti significativi rispetto ai gruppi trattati solo con scopolamina, suggerendo potenziali effetti neuroprotettivi nel trattamento di ansia, depressione e deficit di memoria. Tuttavia, sono necessari ulteriori studi biochimici e istologici per confermare l'efficacia di *P. peregrina* nel contesto del morbo di Alzheimer.

A tal proposito considerando il potenziale biologico delle piante appartenenti al genere *Pimpinella*, e data l'assenza di studi sugli endemismi siciliani, si è ritenuto opportuno investigare il profilo volatile dell'olio essenziale ottenuto dalle diverse parti aeree.

L'idrodistillazione dei fiori e degli steli di *Pimpinella peregrina*, raccolte a Villalba, in Sicilia, ha prodotto due oli di colore giallo, rispettivamente siglati **Ppf** e **Pps**. Complessivamente, sono stati identificati ventiquattro composti per i fiori e ventisette per i fusti, rappresentanti il 90,9% e 91,3% del totale, elencati in Tabella A17, in base ai loro indici di ritenzione su una colonna DB-5MS e suddivisi in cinque classi secondo la loro struttura chimica.

Gli idrocarburi sesquiterpenici sono risultati essere la classe principale in entrambi gli oli essenziali (75,1% per **Ppf**, e 55,4% per **Pps**) avendo in entrambi i casi come composto principale *trans*- α -bergamotene (67,9% per **Ppf**, e 41,9% per **Pps**). In **Ppf** è stata inoltre rilevata una discreta quantità di monoterpeni ossigenati (11,3%), totalmente assenti in **Pps**, con grandlure IV (10,0%) come principale componente di questa classe.

Pps, invece, è risultato più ricco in sesquiterpeni ossigenati (27,8%) totalmente assenti in **Ppf**. Tra questi l' α -bisabolol (15,1%) è risultato essere il più abbondante, tanto da essere il secondo prodotto maggioritario dell'OE degli steli. Gli unici studi su oli essenziali di *P. peregrina*, entrambi raccolti in Turchia, hanno mostrato profili differenti tra di loro. Il primo, di Aydin et al. (2016) presentava come componenti maggioritari dell'OE delle parti aeree di *P. peregrina*, *trans*-pinocarveolo (35,1%), preyeijerene (15,1%), α -cubebene (12,4%), epi-bicyclosquiphellandrene (7,5%), α -terpineolo (6,7%), e allo-ocimene (4,0%), totalmente assenti sia in **Ppf** che **Pps**.

Il secondo, di Tabanca et al. (2006) invece, presentava prevalentemente caryophyllene (4,7-5,1%), assente nei campioni siciliani, e *trans*- β -bergamotene (70,3-40,9%, rispettivamente nei fiori e negli steli), presente in **Pps** e **Ppf** nel suo isomero *trans*- α -bergamotene.

Non esistono altri studi su specie di *P. peregrina*, tuttavia, riferendosi a studi fatti su altre specie appartenenti al genere, è possibile affermare che la composizione degli oli essenziali di *Pimpinella* ha mostrato caratteristiche distintive. Gli oli essenziali di *Pimpinella tragium* Vill. provenienti dall'Iran hanno rivelato una maggiore concentrazione di idrocarburi sesquiterpenici nei fusti (68,5%) e una minore concentrazione nei fiori (34,2%), dove i monoterpeni (38,6%) erano la classe principale di metaboliti. I principali composti identificati erano il germacrene D (34,7%) nei fusti e il β -pinene (23,8%) nei fiori; entrambi i composti sono risultati completamente assenti nelle accessioni siciliane **Pps** e **Ppf** (Askari et al. 2005b).

Anche gli oli essenziali di *Pimpinella tragium* raccolti in Macedonia hanno mostrato idrocarburi sesquiterpenici (59,7%) come classe predominante nei frutti, con β -bisabolene (57,2%) come composto maggioritario (Slavkovska et al. 2022). Questo composto è stato riscontrato anche nell'olio essenziale dei frutti di *Pimpinella tragium* subsp. *lithophila* (29,8%) (Tabanca et al. 2006).

Gli oli essenziali di *P. tragium* subsp. *lithophila* sono stati anche ricchi di nor-sesquiterpeni come il geijerene (32,2%) e il pregeijerene (8,3%), metaboliti comuni in altre sottospecie di *Pimpinella tragium*, tra cui *P. tragium* subsp. *glauca* e *P. tragium* subsp. *polyclada* (Maggio et al. 2013; Tabanca et al. 2004).

Gli oli essenziali di *Pimpinella lutea* Desf. dalla Tunisia si sono dimostrati più simili a **Pps** e **Ppf**, con *trans*- α -bergamotene (1,5-18,0%) come uno dei metaboliti principali. Tuttavia, altri composti dominanti, come l'acora-3,7(14)-dien e il muurola-4,10(14)-dien-1- β -al, sono risultati assenti (Al-Hmadi et al. 2021).

Analizzando gli oli essenziali delle specie del genere *Pimpinella*, è emerso che una delle caratteristiche più distintive delle accessioni siciliane è l'elevata concentrazione di α -bergamotene, potenziale marker della specie. Questo composto è stato identificato in sole cinque specie non endemiche di *Pimpinella*. Le concentrazioni più alte di α -bergamotene, superiori a quelle di **Ppf**, sono state riscontrate in *P. affinis* Ledeb. (90,19%), *P. tragioides* (Boiss.) Benth. & Hook.f. ex Drude (77,1%) e *P. aurea* DC (72,8%) provenienti dall'Iran (Assadian et al. 2005; Askari & Safidon, 2007; Dashtianeh et al. 2013).

Anche se in concentrazioni inferiori rispetto a **Ppf**, l' α -bergamotene, è stato identificato anche in *P. saxifraga* (20,1%) e in un'altra accessione di *P. affinis* (56,2%) (Masoudi et al. 2009; Rahmani et al. 2008).

***Pimpinella peregrina*: Attività Antimicrobica e Antiossidante**

Sono state investigate le proprietà antimicrobiche degli oli essenziali estratti dalle parti aeree di *Pimpinella peregrina*, in particolare dai fiori (**Ppf**) e dagli steli (**Pps**). Entrambi gli oli essenziali sono stati testati mediante metodo della diffusione su disco, conteggio cellulare e determinazione della concentrazione minima inibitoria (MIC) contro batteri Gram-positivi (*Staphylococcus aureus* ATCC6538P, *Bacillus subtilis* PY79) e Gram-negativi (*Escherichia coli* DH5 α , *Pseudomonas aeruginosa* PAO1), con un'ulteriore analisi dei possibili bersagli cellulari.

Pps non ha mostrato attività antimicrobica significativa, come indicato dall'assenza di zone di inibizione. Al contrario, **Ppf** ha inibito efficacemente la crescita di entrambi i tipi di batteri, con zone di inibizione ben visibili (Fig. 2.34, pannello A), evidenziando una maggiore sensibilità su *B. subtilis* rispetto a *E. coli* (Fig. 2.34, pannello B).

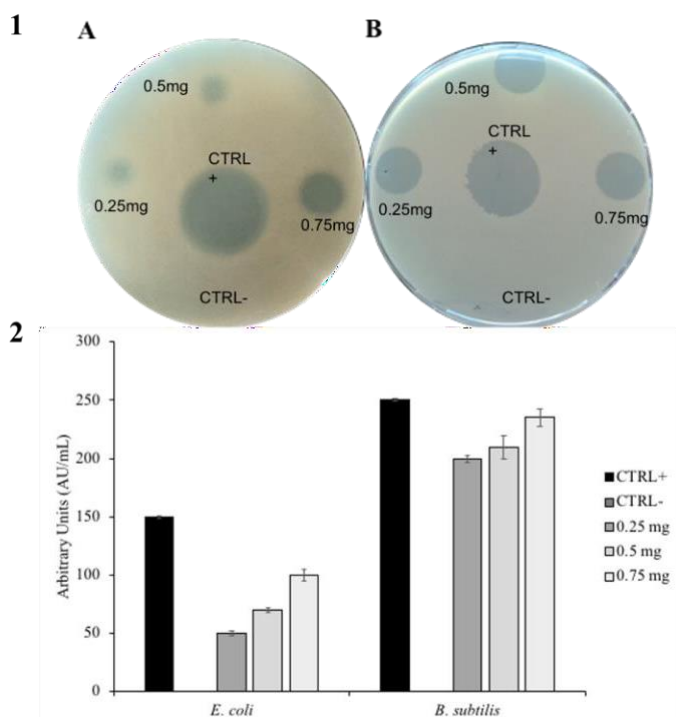


Figura 2.34. Zona di inibizione di **Ppf** contro (A) *E. coli*, (B) *B. subtilis*. Il controllo positivo è Ampicillina, mentre il controllo negativo è dimetilsolfossido (DMSO 80%). 2: La zona di inibizione mostrata nel pannello 1 è espressa in AU/mL. I valori sono espressi come media di tre esperimenti distinti; le deviazioni standard erano sempre inferiori al 10%.

Tale attività ha motivato ulteriori analisi sull'efficacia antimicrobica di **Ppf**. Il conteggio batterico ha confermato una forte attività dose-dipendente, soprattutto contro i batteri Gram-positivi, con massima efficacia contro *B. subtilis*.

Il batterio *Bacillus subtilis*, noto per il suo uso industriale, rappresenta anche un rischio per la salute a causa delle sue spore, che possono causare malattie alimentari e problemi respiratori. Queste spore rappresentano sia un problema sanitario che economico (Bailey & Von Holy, 1993). Le spore possono inoltre causare reazioni respiratorie, incluse risposte allergiche di tipo I e III (Flindt, 1969). La presenza di tali spore sottolinea quindi la necessità di agenti antimicrobici efficaci.

Ulteriori test di microdiluizione su **Ppf** hanno rivelato valori di MIC tra 0,25 e 20 mg/mL sui ceppi testati (Tabella 2.8). Un'attività antimicrobica simile è stata riportata per altre specie di *Pimpinella*; ad esempio, *Pimpinella saxifraga* ha mostrato MIC tra 0,78 e 125 mg/mL contro batteri Gram-positivi e Gram-negativi (Ksouda et al. 2019). Gli estratti di *Pimpinella anisum* hanno inoltre mostrato forti effetti antibatterici contro *S. aureus*, ma non contro *P. aeruginosa* o *E. coli* (Gülçin et al. 2003).

Tabella 2.8. Valori della concentrazione minima inibitoria (MIC, mg/mL) di **Ppf** contro un pannello di batteri Gram-positivi e Gram-negativi. I valori sono stati ottenuti da un minimo di tre esperimenti indipendenti.

Ceppi batterici	MIC [mg/mL]
<i>E. coli</i>	10
<i>P. aeruginosa</i>	20
<i>B. subtilis</i>	0,25
<i>S. aureus</i>	18

In **Ppf**, l'attività antimicrobica potrebbe essere attribuita alla presenza di α -bergamotene e monoterpeni ossigenati. Studi indicano che l' α -bergamotene possiede forti proprietà antibatteriche e antiossidanti, mentre i monoterpeni ossigenati hanno dimostrato un'ampia efficacia antimicrobica su vari ceppi batterici (Kotan et al. 2007).

Per chiarire il meccanismo d'azione di **Ppf**, è stata effettuata una microscopia a fluorescenza. Le cellule di *E. coli* e *B. subtilis* sono state colorate con DAPI e ioduro di propidio per valutare l'integrità della membrana. Le cellule non trattate hanno mostrato membrane intatte, mentre quelle trattate con **Ppf** (Fig. 2.35, pannello 2) emettevano fluorescenza rossa, indicando danni alla membrana in *E. coli*.

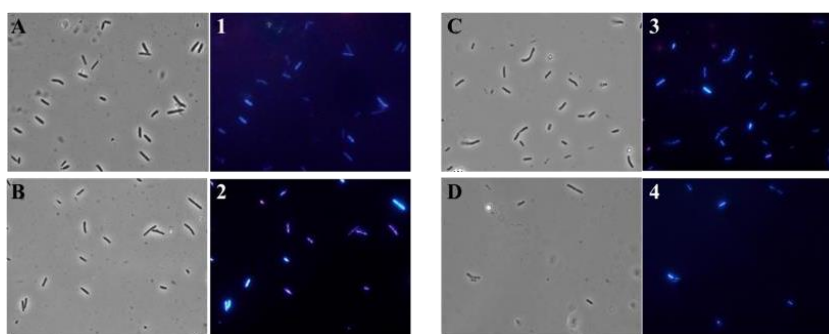


Figura 2.35. I pannelli mostrano immagini al microscopio a fluorescenza di cellule batteriche di *E. coli* (A-B) e *B. subtilis* (C-D) ottenute da immagini al microscopio ottico, e di *E. coli* (1-2) e *B. subtilis* (3-4) ottenute da immagini al microscopio a fluorescenza. Cellule batteriche non trattate (A-C, 1-3); cellule trattate con **Ppf** (B- D, 2-4).

Tuttavia, *B. subtilis* non ha mostrato danni alla membrana (Fig. 2.35, pannello 4), suggerendo diversi bersagli cellulari per **Ppf** nei batteri Gram-positivi e Gram-negativi.

I monoterpeni ossigenati sono noti per danneggiare le membrane batteriche, specialmente nei Gram-negativi, disgregando la capsula polisaccaridica e aumentando la fluidità e permeabilità della membrana (Helander et al. 1998; Aelenei et al. 2016). I monoterpeni come timolo, carvacolo, *p*-cimene e α -terpinene, grazie alla loro natura lipofila, interrompono la frazione lipidica delle membrane plasmatiche microbiche, permettendo loro di penetrare nelle cellule e interagire con strutture intracellulari cruciali per l'attività antibatterica (Baginska et al. 2023). L'azione antimicrobica di **Ppf** è probabilmente dovuta alla sinergia tra monoterpeni ossigenati e altri componenti minori, agendo sia sulle membrane microbiche sia su possibili bersagli intracellulari aggiuntivi.

Gli oli essenziali del genere *Pimpinella* sono stati indicati anche come promettenti antiossidanti naturali, utili per applicazioni mediche, incluso il trattamento anti-età (Nasir & Yabalak, 2021). Studi precedenti hanno mostrato che *P. tragiun* presenta un'attività antiossidante superiore rispetto ad acido gallico in alcuni test (Maggio et al. 2013). Per tale motivo è stato valutato il potere antiossidante di **Ppf** (Fig. 2.36).

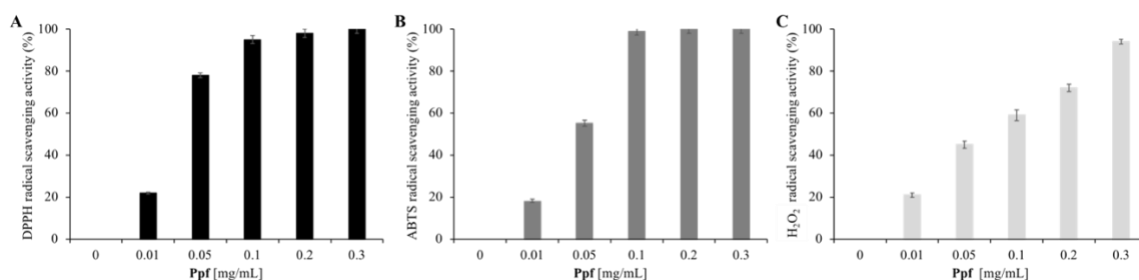


Figura 2.36. Attività antiossidante di **Ppf**.

Nel pannello A di Fig. 2.36, la soluzione DPPH appare viola in assenza di **Ppf**; all'aumentare della concentrazione di OE (0,01-10,3 mg/mL), è aumentata la percentuale di eliminazione dei radicali. Il radicale DPPH viene neutralizzato dalla molecola antiossidante, che dona un atomo di idrogeno, formando un prodotto incolore. Nel pannello B, la soluzione ABTS è verde senza **Ppf** e, in presenza di antiossidanti, diventa incolore. Nel pannello C viene mostrata la percentuale di attività di eliminazione del perossido di idrogeno (H₂O₂); a differenza degli altri due test, la soluzione H₂O₂ rimane incolore. **Ppf** ha dimostrato una forte attività anti-DPPH e anti-ABTS, eliminando quasi il 100% dei radicali a una concentrazione di 0,3 mg/mL, mentre l'attività anti-H₂O₂, alla stessa concentrazione, è risultata leggermente inferiore (circa 96%).

Anche altre specie, come *P. anisum*, hanno mostrato un potenziale antiossidante significativo attribuito alla presenza di monoterpeni ossigenati (Gülçin et al. 2003).

Al fine di valutare gli effetti del **Ppf** sulla vitalità cellulare e sullo stress ossidativo in cellule eucariotiche, sono stati condotti saggi MTT e ROS su cheratinociti umani. I risultati hanno evidenziato che il trattamento con **Ppf**, alla concentrazione di 0,1 mg/ml per 4 ore, non determina variazioni significative nella vitalità cellulare (Fig. 2.37, pannello A).

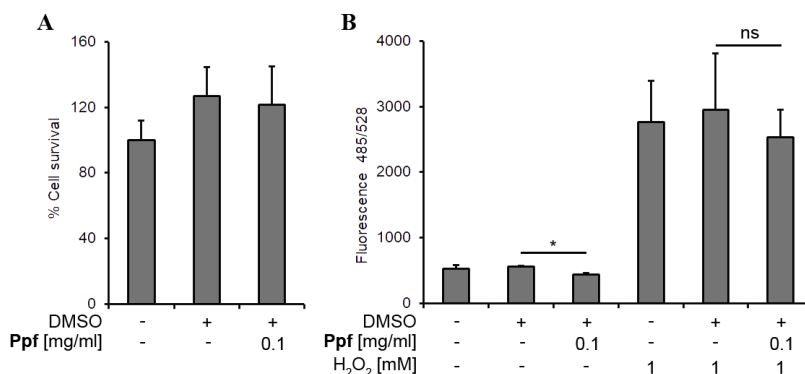


Figura 2.37. Effetti del **Ppf** sulla vitalità cellulare e sullo stress ossidativo in cellule HaCat. (A) La citotossicità cellulare è stata valutata mediante saggio MTT. Le cellule sono state trattate per 4 ore con **Ppf** (1 mg/mL). La percentuale di sopravvivenza cellulare è stata calcolata rispetto alle cellule non trattate. I dati rappresentano la media di tre repliche $\pm$ DS. (B) Saggio di rilevamento dei ROS dopo 4 ore di trattamento con **Ppf** (1 mg/mL), in presenza o assenza di H_2O_2 (1 mM).

Parallelamente, l'analisi dei ROS ha mostrato un effetto ridotto ma statisticamente significativo del **Ppf** in condizioni basali, ovvero in assenza di stress ossidativo indotto da perossido di idrogeno (Fig. 2.37, pannello B). Tuttavia, il pre-trattamento con **Ppf** seguito dall'esposizione a stress ossidativo indotto da perossido di idrogeno non ha evidenziato effetti protettivi rilevanti nei cheratinociti (Fig. 2.37, pannello B).

2.2.1.7 *Torilis* L.

Il genere *Torilis* L., comprende quindici specie accettate, originarie dell'Eurasia e del Nord Africa, ma che sono state introdotte anche in altri continenti (POWO, 2025).

Le piante di questo genere sono ampiamente note per i loro usi etnofarmacologici. In particolare, le foglie di *Torilis leptophylla* (L.) Rchb.f. sono state utilizzate per trattare disturbi gastrointestinali sia in Iran (Seyyednejad & Motamedi, 2010) sia in Pakistan (Abbasi et al. 2015). In Pakistan, anche il succo delle radici e le foglie di *Torilis nodosa* (L.) Gaertn. (sin. *Tordylium nodosum* L.), localmente nota come "Hoso beta", sono impiegati contro i disturbi gastrointestinali (Adnan et al. 2015; Tariq et al. 2015) e problemi epatici. *Torilis japonica* (Houtt.) DC. e *Torilis arvensis* (Huds.) Link, chiamata "Sultany butay", è invece utilizzata per trattare reumatismi, diarrea e come rimedio contro i morsi di serpente (Aziz-Ul-Ikram et al. 2015).

Gli studi etnobotanici su *T. japonica* hanno evidenziato diversi effetti farmacologici. I frutti, tradizionalmente usati in Giappone, hanno proprietà medicinali e vengono impiegati nel trattamento di diverse patologie, tra cui reumatismi, infertilità e problemi dermatologici. In Corea e Cina, la pianta è utilizzata per affrontare problemi come amnesia, prurito, acidosi, malattie femminili e scabbia (Rahimpour et al. 2023). In Pakistan, dove è conosciuta con il nome "Lahndara", il decotto dei semi e delle radici è impiegato per curare malattie della pelle e l'indigestione (Amjad et al. 2020).

Alcune specie di *Torilis* vengono utilizzate anche a scopo alimentare. In Grecia, ad esempio, *Torilis arvensis* viene usata come spezia (Hadjichambis et al. 2008), mentre in Croazia le parti aeree di *T. nodosa*, conosciuta come "svičica", vengono bollite e consumate come verdura (Łuczaj et al. 2013). Nella regione dell'Istria, le foglie giovani e le radici di *T. japonica*, chiamata localmente "lappolina" o "petrosello", vengono raccolte tra aprile e maggio e usate come alimento (Pericin, 2020). Nella regione himalayana, le foglie di *T. leptophylla* sono bollite e consumate come verdura (Abbasi et al. 2016).

Tra i principali costituenti fitoterapici non volatili delle specie di *Torilis* troviamo flavonoidi (Harborne, 1967; Güzel et al. 2011; Youssef et al. 2023), sesquiterpeni ossigenati (Itokawa et al. 1985; Park et al. 2006; Lee et al. 2008; Kim et al. 2010; Song et al. 2018) e cumarine (Saad et al. 1995a; Ezzat et al. 2012). Studi recenti hanno esaminato diverse attività biologiche dei metaboliti ottenuti dalle specie di *Torilis*, tra cui proprietà antibatteriche, anti-epatotossiche, sporicide e antivirali (Nasreen et al. 2023).

***Torilis nodosa* (L.) Gaertn.**

Pochi studi sono stati condotti sulla composizione degli oli essenziali di questo genere (Fujita, 1990; Halim et al. 1990; Saad et al. 1995b; Bigdeli et al. 2004; Masoudi et al. 2012; Chen et al. 2013; Kharkwal et al. 2017; Widelski et al. 2021), che saranno trattati più dettagliatamente in seguito.

In Sicilia (Italia), sono stati identificati sette taxa, tra cui *Torilis africana* Spreng., *Torilis arvensis* (Huds.) Link subsp. *arvensis*, *Torilis elongata* (Hoffmanns. & Link) Samp., *Torilis japonica* (Houtt.) DC., *Torilis nemoralis* (Brullo) Brullo & Giusso, *Torilis pseudonodosa* Bianca e *Torilis nodosa* (L.) Gaertn. (Fig. 2.38) (Euro+Med PlantBase, 2025), il cui olio essenziale non è mai stato precedentemente studiato.



Figura 2.38. *Torilis nodosa*.

L'idrodistillazione delle parti aeree di *Torilis nodosa* ha prodotto un olio essenziale di colore giallo pallido (**Tn**). Complessivamente, nell'olio essenziale sono stati identificati trentacinque composti, rappresentanti il 93,8% del totale dei componenti. Questi composti, elencati nella Tabella A18 secondo i loro indici di ritenzione su una colonna DB-5MS, sono stati suddivisi in sette classi in base alla loro struttura chimica.

L'olio essenziale di *T. nodosa* è risultato particolarmente ricco di alcoli alifatici (37,5%), in cui spiccano l'1-octadecanolo (29,3%) come metabolita più abbondante e l'1-esadecanolo (7,9%). Gli idrocarburi sesquiterpenici sono stati la classe predominante dell'olio, con una percentuale del 49,8%. In questa classe, sono stati rilevati buone quantità di β -elemene (25,9%), β -cariofillene (6,6%) e *cis*- β -farnesene (4,7%). Al contrario, i monoterpeni (1,1%) e i sesquiterpeni ossigenati (1,2%) sono risultati essere presenti in quantità minori.

Il confronto con la composizione di altri oli essenziali estratti da specie del genere *Torilis*, riportati in letteratura (Tabella A19), offre diversi spunti interessanti. Fino ad oggi, sono stati pubblicati solo sei articoli sulla composizione chimica degli oli essenziali ottenuti tramite idrodistillazione delle parti aeree (Tabella A19). Questi riguardano *T. arvensis* (Huds.) Link dall'Iran (Bigdeli et al. 2004), *T. japonica* (Houtt.) DC dalla Cina (Chen et al. 2013), Giappone (Fujita, 1990), India (Kharkwal et al. 2017), e *T. leptophylla* (L.) Reichenb dall'Iran (Masoudi et al. 2012).

Tutti gli oli analizzati hanno mostrato una bassa quantità di monoterpeni e una predominanza di sesquiterpeni. In *T. arvensis* e in *T. japonica* proveniente dal Giappone, la classe principale è stata quella degli idrocarburi sesquiterpenici (62,9% e 81,6%, rispettivamente), mentre in *T. japonica* della Cina e dell'India, e in *T. leptophylla*, si è riscontrata una quantità simile di idrocarburi sesquiterpenici e sesquiterpeni ossigenati. Il β -elemene, principale sesquiterpene in **Tn**, è stato presente in quantità rilevanti solo in *T. japonica* dalla Cina (8,2%) e dalla Polonia (18,1%), mentre il principale metabolita di *T. arvensis*, il *trans*- β -farnesene (27,7%) (Bigdeli et al. 2004), è stato riscontrato in quantità minore (4,7%), simile a quella di *T. leptophylla* (3,2%) (Masoudi et al. 2012). Occorre sottolineare che il 1-octadecanolo, il costituente principale dell'olio di *T. nodosa*, così come il 1-esadecanolo (7,9%), non è mai stato identificato negli oli delle altre specie di *Torilis*.

I dati ottenuti hanno mostrato la grande differenza di questa specie con le altre del genere *Torilis*, ma ulteriori informazioni sono necessarie dal momento in cui nessuna delle accessioni siciliane è stata studiata.

2.2.2 Asteraceae

Le Asteraceae rappresentano una delle più grandi famiglie vegetali, comprendendo oltre 1600 generi e circa 23.000 specie, diffuse prevalentemente nelle regioni temperate (Jeffrey, 2007). Queste piante si caratterizzano per la loro grande adattabilità a differenti habitat o condizioni ambientali e per la varietà delle loro forme di crescita. Sono presenti in tutti i continenti, ad eccezione dell'Antartide (Nikolić & Stevović 2015). Si tratta per lo più di piante erbacee, mentre arbusti e sotto-arbusti sono meno frequenti (Punt & Hoen, 2009). L'impiego alimentare di specie selvatiche appartenenti a questa famiglia è stato storicamente molto diffuso: ad esempio, nella flora iberica sono state identificate 719 specie di Asteraceae, delle quali ben 65 utilizzate come verdure spontanee in Spagna. Un'analisi di regressione ha evidenziato come il numero di specie eduli effettivamente consumate sia molto superiore a quanto prevedibile sulla base della sola ricchezza specifica della famiglia (Tardío, 2010). Questa preferenza sembra legata alle loro proprietà sensoriali particolarmente gradevoli, che hanno favorito anche la successiva domesticazione e coltivazione di numerose specie a scopo alimentare (Guil-Guerrero et al., 1998).

Diversi studi etnobotanici condotti in Spagna (Tardío et al., 2006) e in altri paesi (Hadjichambis et al., 2008; Leonti et al., 2006) confermano che le foglie di molte specie di Asteraceae vengono tradizionalmente consumate, sia crude che cotte, nelle aree di crescita naturale. Alcune ricerche suggeriscono inoltre che queste piante possano rappresentare una fonte significativa di composti bioattivi nella dieta (Leonti et al., 2006). Alcune specie di questa famiglia sono già state impiegate dall'industria alimentare per lo sviluppo di alimenti funzionali (Caleja et al. 2015; Ruiz-Ruiz et al. 2015). Per quanto riguarda la composizione chimica, le Asteraceae sono la famiglia in cui i poliacetileni risultano più diffusi: si tratta di polimeri organici presenti nelle radici delle piante (Medeiros-Neves et al. 2018). Le Asteraceae sono inoltre ricche di sesquiterpeni, una classe molto diversificata di terpeni a 15 atomi di carbonio, che rappresentano i principali costituenti degli oli essenziali e svolgono numerose attività biologiche, conferendo a queste piante un potenziale sia medicinale sia aromatico di grande interesse per l'industria alimentare (Toyang & Verpoorte 2013). Negli ultimi anni l'interesse per gli EO, provenienti da questa e da altre famiglie vegetali, è aumentato grazie all'ampio spettro di componenti bioattivi e alle attività ad essi associate (Abad et al. 2013). Ad esempio, i lattoni sesquiterpenici identificati nelle Asteraceae hanno mostrato proprietà antimicrobiche e antinfiammatorie, tra le altre (Urbanska, 2014). Inoltre, queste piante possiedono spesso un ricco insieme di molecole con attività antiossidante, tra cui i polifenoli, ma anche composti azotati, vitamine e terpenoidi (Bessada et al. 2015). Nonostante ciò, il loro

studio come alimenti è ancora limitato e, a causa della scarsità di dati disponibili in letteratura, esse non sono incluse nelle principali banche dati sulla composizione degli alimenti.

2.2.2.1 *Bellis* L.

Il genere *Bellis* L. (Asteraceae) appartiene alla sotto-tribù Bellidinae Willk. (tribù Asteraceae Cass.) e comprende quattordici specie riconosciute. È originario della Macaronesia, del Nord Africa, dell'Europa fino all'Asia centrale e alle Himalaya occidentali, ma è comune come pianta invasiva in Nord America (POWO, 2025).

Le specie del genere *Bellis* sono piccole erbe annuali o perenni, spesso scapose. Queste piante si caratterizzano per foglie alterne o basali, intere o dentate-crenate, e per capolini solitari e pedunculati. Le brattee involucrali sono disposte su 2 file, subuguali, erbacee. Il ricettacolo della pianta è di forma conica o quasi piatta, e sono assenti le squame. I fiori esterni sono ligulati e femminili, con ligule intere o subintere, patenti, bianche e frequentemente sfumate di porpora cremisi. I fiori interni sono 4- o 5-lobati, di colore giallo, e il tubo della corolla è campanulato. L'achenio è compresso, con un margine ispessito; il pappo è assente, raramente rappresentato da un anello di setole molto corte (Webb, 1976).

L'uso di sottospecie di *Bellis* nella medicina popolare è stato ampiamente riportato. Di gran lunga, *Bellis perennis* L. (margherita comune) è la più utilizzata. È nota nella medicina tradizionale come erba per le ferite (Ai-Douri & Al-Essa 2010) ed era utilizzata anche dai Crociati nel Medioevo per il trattamento di ossa rotte, contusioni e ferite (Mitich, 1997). È stata inoltre impiegata in medicina tradizionale per trattare diverse malattie, tra cui eczema, emorroidi, diarrea, mal di gola (Uysal et al. 2010), raffreddore comune, cicatrizzazione delle ferite, ulcera peptica, gastrite, mal di stomaco, reumatismi, asma, mal di testa, e come vulneraria, espettorante e lassativa (Kavalcioglu et al. 2010a, Karakaş et al. 2012, Melikoğlu 2015). Questa specie come anche la *Bellis sylvestris*, sono anche tradizionalmente utilizzata come pianta alimentare (Redžić, 2006). Le giovani foglie vengono consumate crude in insalate oppure cotte come verdura, mentre i boccioli fiorali e i petali possono essere impiegati crudi in insalate, panini o zuppe (Hedrick, 1972; Facciola, 1990; Grieve, 1984). I boccioli sono talvolta conservati sott'aceto e utilizzati come sostituti dei capperi (Chiej, 1984; Johnson, 1862). Si ritiene che masticare le foglie fresche sia una cura per le ulcere della bocca, e un decotto forte delle radici è raccomandato per il trattamento delle manifestazioni da scorbut e dell'eczema, sebbene debba essere assunto per un certo periodo prima che gli effetti si manifestino (Phillips & Foy, 1990). In Libano le foglie della stessa specie, conosciute come "Zahr-al-lu'lu", *Bellis mu'ammarr*, *Shash-al-qadi*", sono consumate in insalata per il trattamento dell'artrite (El Beyrouthy et al. 2008).

L'uso alimentare ed etnobotanico di *Bellis* è giustificato dalla presenza di diversi composti bioattivi. Infatti, studi hanno evidenziato la presenza di acidi grassi, saponine triterpeniche, polifenoli, flavonoidi e loro glicosidi, fenilpropanoidi come principali metaboliti non volatili delle specie di *Bellis* (Karakaş et al. 2017; Morikawa et al. 2010; Yoshikawa et al. 2008; Nazaruk e Gudej 2001; Schöpke et al. 1994; 1995), noti per aver proprietà antiossidanti e antinfiammatorie che dunque le conferiscono alle specie (Bown, 1995; Motti et al. 2022).

Tali caratteristiche, unite alla sua diffusione e alla tradizione d'uso in diverse aree europee, rendono *le specie appartenenti al genere Bellis* un'interessante risorsa per potenziali applicazioni nutraceutiche.

Bellis annua L.

In Sicilia, secondo Euro+Med PlantBase (2025), il genere è rappresentato da quattro specie: *Bellis perennis* L., *Bellis*

margaritifolia Huter & al., *B. sylvestris* Cirillo e *Bellis annua* L., quest'ultima riportata in questa tesi.

Bellis annua L. (Fig. 2.39) (sinonimi: *Bellis majoricensis* Gand.; *Bellis dentata* (Viv.) DC; *Bellis repens* Lam.; *Bellis vandasii* Velen.; *Bellium dentatum* Viv.) è un'erba annuale, che cresce principalmente nel bioma temperato, il cui areale nativo comprende le Isole Canarie, il Mediterraneo fino all'Iran (POWO, 2025).

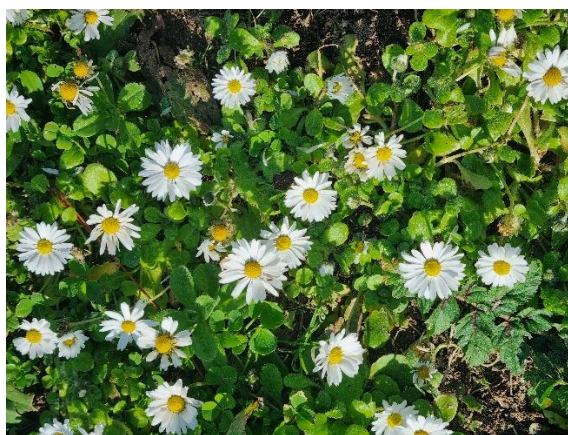


Figure 2.39. *Bellis annua*

Per quanto riguarda la descrizione botanica, *Bellis annua* L. è un'erba annuale con fusti eretti o decumbenti, sparsamente pubescenti, lunghi 3-13 cm. I fiori sono caratterizzati da un capolino che presenta un involucrio cilindrico con fillari sparsi o densamente villosi, lanceolati, verdi, di 2,5-5 × 1-2 mm, con apice acuto o ottuso. Le corolle dei fiori del disco, lunghe 1,5-4 mm, sono di colore giallo. Gli acheni, lunghi 1-1,25 mm e larghi 0,5 mm, sono infine pubescenti, di colore dal marrone chiaro al giallo e privi di pappo. Le radici sono fibrose, lunghe 1,5-7 cm. Le foglie sono per lo più spatolate, talvolta lanceolate o ovate, di 1-3,5 cm × 2-8 mm, con apice acuto o ottuso, attenuate alla base, intere o con 2-3 denti su ciascun lato vicino all'apice, ciliolate vicino alla base, altrimenti glabre (Karahana, 2020).

È riportata nell'erbario delle piante medicinali di Francesc Bolòs (1773–1844), con il nome volgare francese “Paquerette annuelle”, come rinfrescante, vulneraria, anti-disenterica e per la vista (Gras et al. 2017), mentre in Spagna, dove è comune con il nome di “manzanilla”, l'infusione dei fiori è stata utilizzata come lassativo e i fiori macerati come collirio (Vázquez et al. 1997).

È stata condotta una sola indagine fitochimica su questa specie, riguardante l'identificazione e l'elucidazione strutturale di saponine triterpenoidi (Schöpke et al. 1996), mentre nulla è stato pubblicato sulla composizione del suo olio essenziale.

B. annua è stata raccolta su terreno sabbioso e le piante sono state separate in foglie, fusti e fiori, questi ultimi analizzati separatamente.

L'idrodistillazione dei fiori di *B. annua* ha prodotto un olio di colore giallo (**Baf**). In sintesi, sono stati rilevati undici composti, rappresentanti il 98,9% della composizione totale, classificati in due classi in base alla loro struttura chimica e elencati nella Tabella A20 secondo i loro indici di ritenzione su colonna DB-5MS. Gli idrocarburi monoterpeneici (91,3%) sono stati i principali metaboliti, con il β -mircene (75,3%) come composto principale, seguito da β -pinene (12,8%). I monoterpenei ossigenati, presenti in quantità minore (7,6%), hanno mostrato derivati del citrale

come principali costituenti (5,2%), in particolare *trans*-citrale (3,3%) e *cis*-citrale (1,9%). L'olio ottenuto da foglie e fusti (**Bals**) ha mostrato una composizione più complessa rispetto a **Baf**. In totale, sono stati identificati ventisette composti, rappresentanti il 96,5% dei componenti totali (Tabella A20), classificati in sette classi in base alla loro struttura chimica. In questo caso, le aldeidi lineari rappresentano la classe principale (47,6%) con l'esadecanale (45,7%) come costituente principale dell'olio. Tra gli idrocarburi monoterpenici (28,9%), il β -mircene (24,3%) è risultato il metabolita più abbondante. È stata inoltre rilevata una limitata quantità di idrocarburi sesquiterpenici (7,7%), con il β -cariofillene (5,2%) come principale.

Numerosi studi sono stati pubblicati sulla composizione chimica degli oli essenziali di altri membri del genere *Bellis* (Tabella A21) e, al fine di evidenziare somiglianze tra essi, sono state condotte delle analisi statistiche, nello specifico l'analisi delle Componenti Principali (PCA) e quella gerarchica delle Cluster (HCA). Tali analisi sono state effettuate su **Bals** e **Baf** ottenuti da *B. annua* e sui dati di letteratura (Tabella A21), mentre il campione B3 non è stato incluso nell'analisi statistica per mancanza di dati quantitativi sulla sua composizione.

L'HCA basata sulla distanza euclidea tra i gruppi ha indicato soltanto due cluster (A e B, Fig. 2.40), identificati dai loro chemotipi di olio essenziale con una similarità ≤ 30 , mentre gli altri campioni non si sono raggruppati tra loro. Kavalcioglu et al. (2010b) hanno studiato gli oli essenziali di diverse popolazioni di *B. perennis* raccolte in Turchia (B4-B9). Tutti, tranne B4, hanno formato il cluster A (Fig. 2.40 e 2.41). Una caratteristica comune di tutti questi oli è stata la presenza di buone quantità di acido esadecanoico, γ -icomalene e fitolo. Gli oli provenienti da Rize/Sivrikaya (B4, B5, B6), Rize/Dereköy (B7) e Antalya (B9) hanno inoltre mostrato la presenza, come in **Bals**, di buone quantità di aldeidi lineari, una similarità però non ben evidenziata dall'analisi statistica.

Il cluster B (Fig. 2.41) è costituito dai campioni di oli essenziali di foglie e fiori dell'accessione italiana di *B. perennis* L. (B1 e B2). Questi hanno mostrato valori medi di β -mircene (15,4%-28,4%) (Avato & Tava, 1995), un composto presente anche in percentuali medie-alte nei campioni **Baf** e **Bals**, che tuttavia appartengono al cluster A. Questa evidenza è supportata dal fatto che, pur essendo il β -mircene un composto comune nei quattro campioni citati, una forte presenza di esteri, come metil deca-4,6-dinoinato, acetato di nerile, acetato di geranile ed estere di lacnofillo, è stata osservata nei campioni B1 e B2.

Per quanto riguarda i campioni B3 e B10, questi non formano cluster (Fig. 2.40) e, relativamente alla loro composizione, è stato riportato che l'acetato di geranile è il principale metabolita di *B. perennis* dall'Ucraina (B10) (Marchyshyn et al. 2019), mentre i due esteri metil deca-4,6-dinoinato e estere di lacnofillo sono stati rilevati come principali costituenti dell'olio delle piante della stessa specie raccolte in Serbia (B3) (Nikolić & Radulović 2018).

Un profilo completamente diverso è stato riportato per l'olio essenziale di *Bellis sylvestris* (B11) Cirillo, raccolto in Algeria (Maarfia et al. 2018). In questo caso i principali costituenti sono stati azuleno(2,1-b)tiophen-3(2H)-one (27,2%) e fenoxatiina (16,3%).

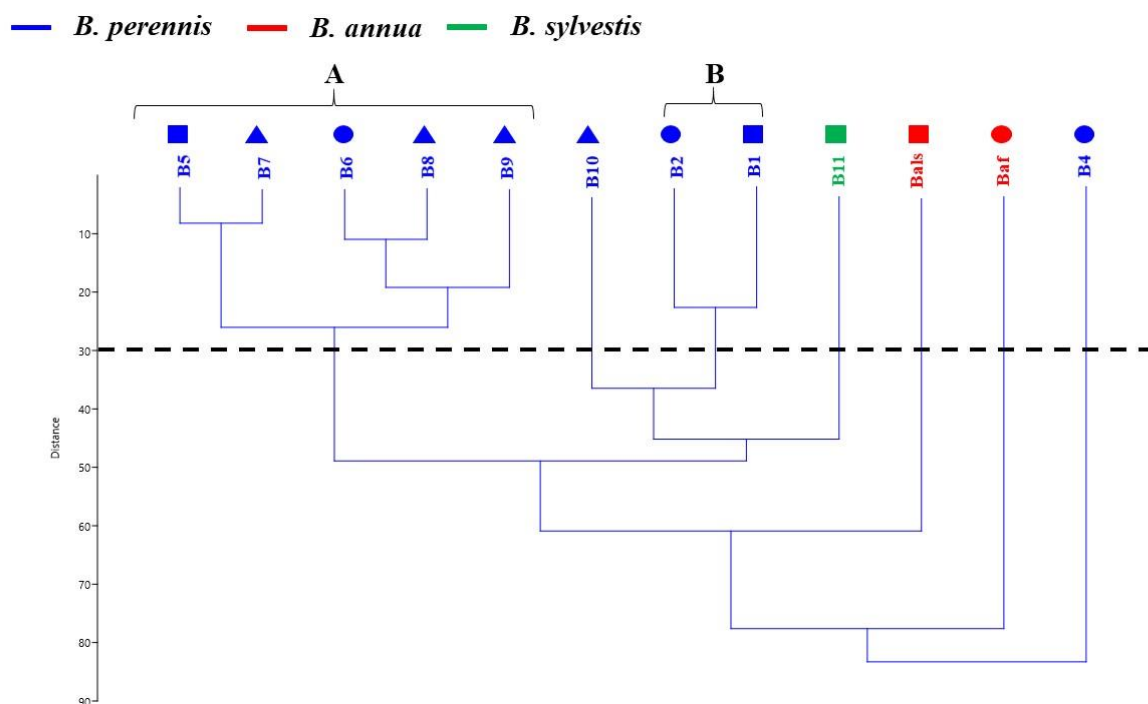


Figura 2.40 Dendrogramma ottenuto mediante HCA basata sulle distanze euclidee. La linea nera tratteggiata corrisponde al cut-off = 30. Punto: fiori; quadrato pieno: foglie e fusti; triangolo pieno: parte aerea.

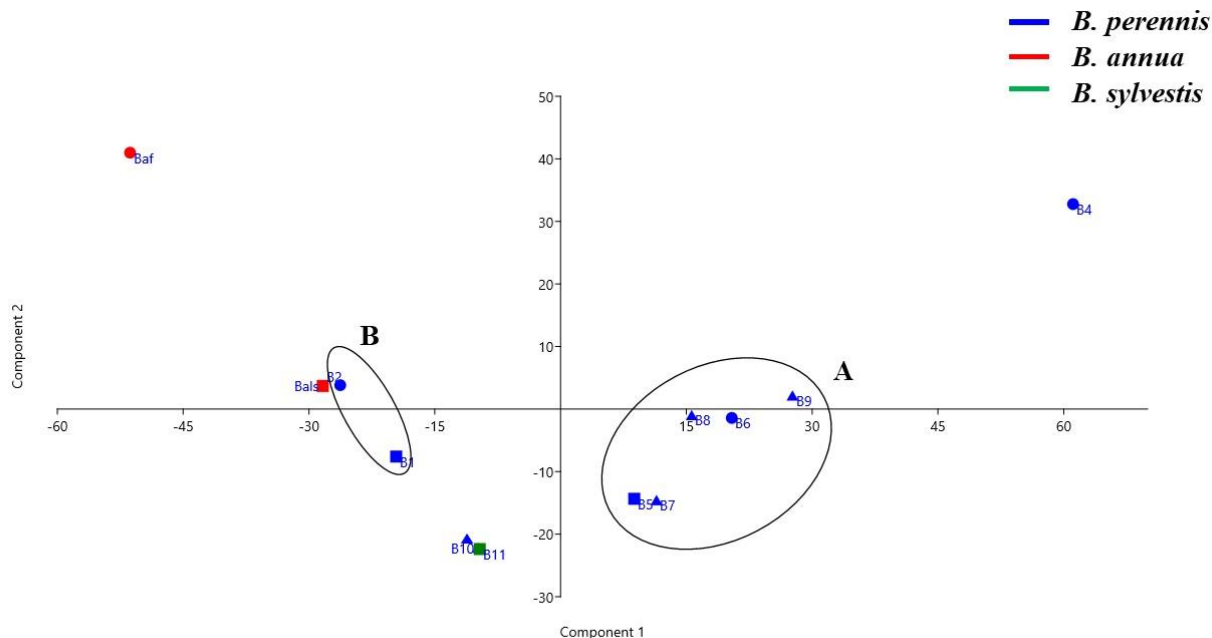


Figura 2.41 Analisi delle componenti principali (PCA) della composizione dell'olio essenziale delle specie di *Bellis* basata sui composti principali (>10%). Punto: fiori; quadrato pieno: foglie e fusti; triangolo pieno: parte aerea.

2.2.2.2 *Calendula L.*

Calendula L. è un piccolo genere di piante appartenente alla famiglia delle Asteraceae, il cui areale nativo si estende dall'Europa all'Himalaya occidentale, Macaronesia, Mediterraneo fino al Sahara e alla Penisola Arabica, e comprende sedici specie riconosciute. Alcune di esse crescono in aree molto ristrette: otto sono endemiche del

Marocco, una del Turkmenistan e una della Palestina, mentre altre, come *Calendula arvensis* (Vaill.) L. e *Calendula tripterocarpa* Rupr., hanno una distribuzione piuttosto ampia (Tabella A22) (POWO, 2025). Sebbene le specie appartenenti a questo genere siano principalmente utilizzate a scopi medicinali, grazie al loro valore nutrizionale trovano impiego anche nell'industria alimentare. I fiori della *Calendula officinalis* sono commestibili e possono essere consumati freschi in insalate o essiccati come colorante per formaggi o come sostituto dello zafferano. De Lima Franzen et al. (2020) hanno analizzato i petali di tre specie, inclusa *C. officinalis*, per possibili applicazioni nella nutrizione umana. L'elevato contenuto di acqua nei fiori di calendula, pari all'89,34%, favorisce l'idratazione e le funzioni intestinali. La sostanza secca e le ceneri erano rispettivamente 10,66% e 0,93%, mentre il contenuto di estratti essenziali era dell'1,32%. I fiori avevano un contenuto calorico del 45,52%, con quantità calcolate di proteine, fibra grezza e carboidrati pari rispettivamente a 1,20%, 1,59% e 5,62% (Zournatzis et al. 2024). Anche per la *Calendula arvensis* sono riportati usi alimentari, nello specifico è noto il consumo delle foglie come verdura cotta (Hadjichambis et al. 2008).

Calendula suffruticosa* subsp. *fulgida

Calendula suffruticosa Vahl, originaria di Italia, Spagna, Portogallo, Turchia e Nord Africa, include ventisette sottospecie infra-specifiche accettate.

In Sicilia (Italia) si trovano sette taxa, cioè *C. arvensis* (Vaill.) L., *C. officinalis* L., *C. stellata* Cav., *C. tripterocarpa* Rupr., *C. suffruticosa* Vahl subsp. *suffruticosa*, *C. suffruticosa* subsp. *maritima* (Guss.) Meikle (sin. *C. maritima* Guss.; *C. incana* subsp. *maritima* (Guss.) Ohle) e *C. suffruticosa* subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno (sin. *C. fulgida* Raf.; *C. cariensis* Boiss.; *C. noëana* Boiss.; *C. suffruticosa* subsp. *gussonei* Lanza) (Bartolucci et al., 2024; The Euro+Med PlantBase, 2025; Galasso et al., 2024).

Calendula suffruticosa subsp. *fulgida* (Fig. 2.42) è un chamaefita suffruticoso, una pianta perenne alta 20–40 cm. I fusti sono ascendenti, contorti e ampiamente ramificati, pubescenti, con assi fioriferi ascendenti. Le foglie sono oblanceolato-spatolate (1-2,5 x 4-9 cm), ondulate o repand-dentate ai margini, talvolta sparse e filiformi sul bordo; l'apice è acuto o acuminato. Le teste floreali sono di 3-5 cm di diametro, di colore arancione, a volte con ligule rosse all'apice, portate da brevi peduncoli con brattee fogliacee e da fusti eretti o espansi. Gli acheni esterni sono solitamente beccuti, leggermente incurvati, glabri o subglabri. Cresce in luoghi asciutti erbosi e pietrosi, generalmente su substrati calcarenitici, ma anche su suoli quarzarenitici in Sicilia e nelle piccole isole della regione mediterranea centrale (Pignatti et al. 2017; Tutin et al. 1976).



Figura 2.42 *Calendula suffruticosa* subsp. *fulgida*

Le specie di questo genere sono state riportate come dotate di diverse proprietà etnofarmacologiche. *C. arvensis* è stata utilizzata nella medicina popolare della Sardegna (Italia) come antinfiammatorio, emmenagogo, diaforetico e sedativo (Dall'Acqua et al. 2008), mentre in Calabria (Italia) la decozione delle teste fiorali ha mostrato buone proprietà per il trattamento delle ustioni (Passalacqua et al. 2007). In Pakistan, le foglie vengono applicate localmente sulle ferite per le sue proprietà cicatrizzanti (Abbasi et al. 2010), e in Iran le sue parti aeree sono utilizzate per il trattamento dei calcoli renali e della cistifellea (Ghorbani, 2005).

C. officinalis (*Calendula officinale*) è stata usata come medicina erboristica sin dal XII secolo ed è stata coltivata da Egiziani, Greci, Indù e Arabi; è riportata nella medicina ayurvedica e unani poiché le sue foglie e fiori hanno mostrato proprietà antipiretiche, antinfiammatorie, antiepilettiche e antimicrobiche (Kasiram et al. 2000).

Nella medicina tradizionale e omeopatica, *C. officinalis* è stata utilizzata per varici, emorroidi, scarsa vista, irregolarità mestruali, tensione mentale, insonnia e ulcere duodenali (Cetkovic et al. 2004; Boericke, 1998). In Egitto è stata storicamente usata per trattare infiammazioni degli organi interni, ulcere gastrointestinali e dismenorrea, come diuretico e diaforetico in convulsioni e per infiammazioni della mucosa orale e faringea, ferite e ustioni (Yoshikawa et al. 2001). Nella medicina popolare italiana, *C. officinalis* è utilizzata come antipiretico e antinfiammatorio. Il tè di calendula è usato come lavaggi oculari, gargarismi o impacchi per trattare congiuntivite, faringite, stomatite aftosa e gengivostomatite, dermatiti da pannolino e altre condizioni infiammatorie della pelle e delle mucose (Mozherenkov & Shubina 1976). In India viene usata per trattare le emorroidi. La crema di calendula è anche un rimedio omeopatico molto apprezzato per trattare abrasioni e piccole ustioni (Grieve, 1931).

Triterpenoidi e i loro glucosidi, flavonoidi, cumarine e chinoni sono i principali metaboliti non volatili delle specie di *Calendula*. La loro presenza, così come tutte le proprietà biologiche del genere *Calendula*, sono state oggetto di revisione (Muley et al. 2009; Arora et al. 2013). Inoltre, sono state valutate le proprietà insetticide e repellenti dei taxa di *Calendula* (Tavassoli et al. 2011; Ullah et al. 2012; El-Seedi et al. 2017; Basile et al. 2022). Numerose ricerche

sono state pubblicate sulla composizione degli oli essenziali di alcune specie e sono state riepilogate in Tabella A23, e saranno discusse più avanti.

A seguito delle ricerche sulle piante siciliane della famiglia delle Asteraceae, è stata caratterizzata la composizione chimica dell'olio essenziale della pianta ancora inesplorata, *C. suffruticosa* subsp. *fulgida*, che cresce spontanea in Sicilia, Italia.

Un totale di quarantatré componenti volatili è stato identificato mediante GC-MS nell'olio essenziale di *C. suffruticosa* subsp. *fulgida* (**Csf**), che rappresentano il 92,2% della composizione totale (Tabella A24), espressi in termini di percentuale dell'area dei picchi. La principale classe dell'olio era rappresentata dagli idrocarburi sesquiterpenici (44,5%) con δ -cadinene (15,9%), viridiflorene (6,3%) e β -cadinene (5,0%) come costituenti principali, mentre i sesquiterpeni ossigenati (tre componenti, 6,6%) fornivano un contributo minore. La presenza di monoterpeni ossigenati era trascurabile (1,0%), mentre gli idrocarburi monoterpenici (39,3%) si trovavano in quantità simile rispetto agli idrocarburi sesquiterpenici. I costituenti principali di questa classe erano α -tuiene (10,0%), sabinene (6,9%) e γ -terpinene (5,0%).

Il confronto dei dati sperimentali con quelli riportati in letteratura per altri oli essenziali dei taxa di *Calendula* (Tabella A23) ha consentito considerazioni interessanti. Per quanto riguarda le uniche altre due sottospecie di *C. suffruticosa* finora studiate, *C. suffruticosa* Vahl subsp. *boissieri* Lanza raccolta in Algeria (Samai et al. 2023) e *C. suffruticosa* subsp. *maritima* (Guss.) Meikle (sin. *C. incana* subsp. *maritima* (Guss.) Ohle) raccolta in Sicilia (Basile et al. 2022), sono stati osservati profili totalmente diversi (Tabella A23). Infatti, *C. suffruticosa* Vahl subsp. *boissieri* si è mostrata abbastanza ricca di idrocarburi monoterpenici con limonene (25,0%) e *o*-cimene (13,2%) come principali prodotti di questa classe, e in metilcicloesano (23,7%), metaboliti totalmente assenti in CSF. Diversamente da **Csf**, *C. suffruticosa* subsp. *maritima* si è mostrata molto ricca di sesquiterpeni ossigenati (87,8%), principalmente con uno scheletro cubebano.

D'altra parte, **Csf** si è mostrato ricco di sesquiterpeni biciclici con il cosiddetto scheletro carbonioso cadalano (4-isopropil-1,6-dimetildecadronaftalene) (30,2%), come β -cadinene, γ -muurolene, α -muurolene, δ -cadinene, cadina-1,4-diene e δ -cadinolo. I sesquiterpeni con scheletro cadalano sono stati ampiamente rappresentati negli oli di *C. officinalis* dall'Algeria (Ourabia et al. 2019), dal Brasile (Gazim et al. 2008), dall'Egitto (El-Seedi et al. 2017; Kahilid e El-Ghora 2006), dall'Estonia (Raal et al. 2016), dalla Francia (Chalchat et al. 1991), dal Sudafrica (Okoh et al. 2008) e dalla Turchia (Sahingil 2019; Ak et al. 2021). Sia sesquiterpenoidi cubebani che cadalani sono stati osservati in *C. arvensis* dalla Turchia (Servi et al. 2020) e dalla Corsica (Francia) (Paolini et al. 2010), mentre due altri accessi di *C. arvensis* L., raccolti in Turchia (Tosun et al. 2012) e in Egitto (Hussein, 2005), non hanno mostrato né derivati sesquiterpenici cubebani né cadalani (Tabella A23).

2.2.2.3 *Echinops* L.

Il genere *Echinops* L. (Asteraceae), appartenente alla tribù Cardueae, comprende più di 200 specie, per lo più perenni, distribuite nell'area mediterranea, nell'Africa settentrionale e tropicale e in Asia (POWO, 2025). Le piante di questo genere sono caratterizzate dalla presenza di capolini uniflore aggregati in capi sferici o ovali di secondo ordine.

Molti taxa del genere *Echinops* sono stati utilizzati nella medicina tradizionale per il trattamento di numerose malattie legate a infiammazioni, dolore e febbre (Bitew & Hymete 2019; Elseragy et al. 2024). In Etiopia, le radici di *Echinops kebericho* Mesfin sono usate per trattare varie malattie, ad esempio sono prescritte per alleviare il mal di stomaco

negli esseri umani, mentre il decotto delle radici è utilizzato per problemi intestinali nel bestiame. Inoltre, sono stati riportati altri usi tradizionali della pianta, tra cui la preparazione di medicine contro emicrania, malattie mentali, dolore cardiaco, tubercolosi polmonare, lebbra, malattie renali, malaria, bilharziosi, sifilide e dissenteria amebica (Tariku et al. 2011).

La radice di *Echinops grijsii* Hance ha una lunga storia di utilizzo nella medicina tradizionale cinese per eliminare il calore, espellere i miasmi e stimolare la lattazione, ed è inclusa nella Farmacopea cinese come una delle fonti per la *Radix Echinopsis* (National Pharmacopoeia Committee, 2005). La radice di *E. latifolius* Tausch (sin. *E. davuricus* Fisch. ex Hornem.) ha una lunga storia ed è registrata nella Farmacopea cinese come una delle fonti per lo Yuzhou Loulu. Ha proprietà antinfiammatorie e galattagoghe, ed è infatti usata nel trattamento degli ascessi mammari con infiammazione, mastite, mancanza di latte nelle madri che allattano e tensione mammaria (Liu et al. 2013). *E. polyceras* Boiss. è stata usata nella medicina popolare di molte culture. Nella regione mediterranea, un decotto preparato con le radici è usato per trattare malattie renali e calcoli renali. In Arabia Saudita, la pianta è usata per dolori allo stomaco, indigestione e problemi spasmolitici. In Algeria, la pianta è descritta come impiegata per trattare dismenorrea e prostatismo (Hasan et al. 2023). L'estratto di *Echinops giganteus* var. *lelyi* C. D. Adams (nomi vernacolari 'Tchamgue'), una specie africana endemica, è usato per alleviare il mal di stomaco, come carminativo e per ridurre gli effetti dell'alcol. Viene anche somministrato per ridurre gli attacchi d'asma (Menut et al. 1997). *E. persicus* Steven ex Fisch. (sin. *E. pungens* Trautv.), noto come "Shakarook" nella botanica persiana locale, è utilizzato fin dai tempi di Avicenna per la tosse e le affezioni del sistema respiratorio come farmaco efficace ed è stato ampiamente prescritto come rimedio per l'influenza, tosse, febbre, secchezza della gola ecc. (Soori et al. 2019).

Come gli altri generi appartenenti alle Asteraceae fino ad adesso discussi, anche per le specie di *Echinops* sono riportati alcuni usi culinari, sebbene non sia ampiamente coltivato per il consumo umano. Le foglie giovani di alcune specie, come *Echinops setifer*, possono essere cotte e consumate. Inoltre, le infiorescenze non aperte di certe specie di *Echinops* possono essere preparate in modo simile ai carciofi. Tra gli altri usi alimentari, si riporta il consumo di bulbi di *Echinops viscidulus* come verdura e in alcune regioni anche l'utilizzo de radici di *Echinops giganteus* e *E. spinosus* sono come spezia (Turgumbayeva et al. 2023; Bitew & Hymete 2019)

***Echinops spinosissimus* Turra**

Echinops spinosissimus Turra è una pianta erbacea perenne originaria del sud-est europeo (Puglia, Grecia, Albania e Balcani occidentali), Africa settentrionale e Asia sud-occidentale.

E. spinosissimus è una specie pioniera che cresce su ghiaia e sabbia, nella parte terminale dei fiumi nell'alleanza *Euphorbion rigidae* Brullo & Spampinato 1990 o in prati secchi appartenenti all'ordine *Hyparrhenietalia hirtae* Rivas-Martínez 1978 (Pignatti et al. 2017). Sono state descritte otto sottospecie: *E. spinosissimus* subsp. *bithynicus* (Boiss.) Greuter (Grecia, Turchia), subsp. *bovei* (Boiss.) Greuter (Africa settentrionale), subsp. *chaetocephalus* (Batt.) Sennen & Mauricio (Marocco), subsp. *fontqueri* (Pau) Greuter (Marocco), subsp. *macrolepis* (Boiss.) Greuter (Siria, Libano, Israele), subsp. *neumayeri* (Vis.) Kožuharov (Italia, Grecia, Balcani), subsp. *spinosus* Greuter (Africa settentrionale, Sicilia), e subsp. *spinosissimus* Turra (Fig. 2.43).



Figura 2.43. *Echinops spinosissimus* subsp. *spinosissimus*

Quest'ultima specie è molto rara in Sicilia, dove si trova solo sulla costa nordorientale dell'isola tra Milazzo, Patti e Tindari (Pignatti et al. 2017; Conti et al. 2005); solo in quest'ultima località, in formazioni più distanti dal mare, su suoli con miscela di sabbie e piccole ghiaie, questa specie costituisce l'associazione *Echinopo spinosissimi-Helichrysetum italici* Brullo, Scelsi & Spampinato 1998 (Brullo et al. 1998; Licandro et al. 2011).

Gli usi tradizionali e le informazioni etnobotaniche in Nord Africa di *E. spinosissimus* subsp. *spinosus* sono stati recentemente rivisti (Bouzabata et al. 2018). La subsp. *spinosus* è frequentemente usata nella medicina popolare come abortiva, diuretica e per la circolazione sanguigna, diabete, dolore gastrico, indigestione e problemi spasmolitici (Kheder et al. 2014). Nella cultura algerina, le radici o i capolini di questa pianta sono stati usati per il trattamento del prostatismo e della dismenorrea. È considerata un farmaco ipertensivo ed è stata impiegata come vasocostrittore periferico per trattare diversi problemi circolatori. Dal punto di vista alimentare, è una specie edibile che viene spesso consumata da cruda, in particolare è riportato il consumo dei gambi, consumati come snack o inseriti nelle insalate, e più raramente delle radici

radici sbucciate o essiccate (Kozuharova et al. 2025).

Sebbene diversi articoli siano stati pubblicati sulle composizioni fitochimiche di diverse sottospecie di *E. spinosissimus* (Dawidar et al. 1990; Dong et al. 2008; El-Moaty 2016; Lam et al. 1991; Ni et al. 2013; Wu et al. 2017; Zitouni-Nourine et al. 2022), solo due ricerche riguardano *E. spinosissimus* subsp. *spinosissimus*. La prima riporta l'isolamento, dalle radici di piante raccolte in Grecia, di due derivati del tiofene, 2,2':5',2''-tertiophene e 5'-(3-buten-1-inil)-2,2'-bitiophene, con effetti antialimentari e tossici contro la termite sotterranea formosana *Coptotermes formosanus* (Fokialakis et al. 2006), mentre l'indagine delle parti aeree di un altro campione greco ha permesso l'identificazione di diversi triterpeni (Tsafantakis et al. 2019). Non è stato riportato nulla né sulla composizione dell'olio essenziale (OE) né sull'accesso siciliano di questa sottospecie.

Di conseguenza, di seguito è riportata la composizione chimica dell'olio essenziale estratto dalle parti aeree di *E. spinosissimus* subsp. *spinosissimus*, raccolte in Sicilia.

L'olio essenziale delle parti aeree (fiori, foglie e steli) di *E. spinosissimus* subsp. *spinosissimus* (Ess) è stato isolato mediante idrodistillazione. In totale sono stati identificati trentasette composti (Fig. 2.44), che rappresentano il 95,4

% del totale dei componenti, elencati nella Tabella A25, in base ai loro indici di ritenzione lineari su colonna non polare DB-5MS e suddivisi in sei classi. L'Ess è principalmente rappresentato da monoterpeni ossigenati (28,1 %). Il linalolo (13,5%) e l' α -terpineolo (8,3%) sono stati i metaboliti più abbondanti di questa classe e dell'olio essenziale. Tra gli idrocarburi monoterpenici (21,8%), i principali sono stati l' α -pinene (8,1%) e il 3-carene (4,8%). Per quanto riguarda gli idrocarburi sesquiterpenici (14,4%), degno di nota è solo l'eremofilene (7,9%), mentre i sesquiterpeni ossigenati sono totalmente assenti. L'olio essenziale è stato inoltre abbastanza ricco di composti carbonilici (21,1%), con acetofenone (3,5%), benzeneacetaleide (3,5%) e nonanale (3,1%) come principali componenti.

In questo studio, un confronto con la composizione degli oli essenziali di altri taxa appartenenti al genere *Echinops* riportati in letteratura (Tabella A26) ha permesso alcune interessanti considerazioni. Tra tutti gli oli essenziali di specie di *Echinops* studiati finora nel mondo, il linalolo, principale costituente dell'Ess, è risultato presente in buona quantità negli oli essenziali estratti dai fiori di *E. graecus* Miller e *E. ritro* L. provenienti dalla Grecia (Papadopoulou et al. 2006) e negli oli essenziali di fiori e foglie di *E. ilicifolius* Bunge (Mohebat & Bidoki 2018). L' α -terpineolo, secondo metabolita più abbondante dell'Ess, è anch'esso presente in *E. ilicifolius* (Mohebat & Bidoki 2018) e nell'accesso cinese di *E. ritro* L. (Jiang et al. 2017). *E. ritro* L. dalla Grecia (Papadopoulou et al. 2006) ha mostrato inoltre, come nell'Ess, una grande quantità di composti carbonilici. Queste osservazioni indicano una stretta affinità di *E. spinosissimus* subsp. *spinosissimus* con *E. graecus*, *E. ritro* e *E. ilicifolius*. D'altra parte, gli oli essenziali delle parti aeree di altri taxa quali *E. adenocaulos* L. (Al-Ghoul & Al-Qataisheh 2023), *E. ellenbeckii* O. Hoffm. (Hymete et al. 2004), *E. latifolius* Tausch (Liu et al. 2013), *E. persicus* Steven ex Fisch. (Soori et al. 2019) e *E. polyceras* Boiss. (Hasan et al. 2023) hanno mostrato profili piuttosto differenti rispetto all'Ess.

Come evidenziato in Tabella A26, gli oli essenziali dalle radici di alcuni membri del genere *Echinops* contengono un elevato contenuto di composti poliacetilenici contenenti zolfo [5-(3-buten-1-inil)-2,2'-bitiophene, α -tertienile, ecc.], come in *E. bannaticus* Rochel ex Schrad. e *E. sphaerocephalus* L. dalla Serbia (Radulović et al. 2013), *E. grijisii* Hance dalla Cina (Guo et al. 1994; Zhao et al. 2017) e *E. spinosissimus* subsp. *spinosus* L. dal Nord Africa (Belabbes et al. 2020; Yahyaoui et al. 2018). Solo *E. latifolius* Tausch ha mostrato la presenza di questi composti, e in piccola quantità, nell'olio essenziale delle parti aeree (Liu et al. 2013). Questa classe di composti, che potrebbe essere considerata un marcatore chimico del genere *Echinops*, ha mostrato interessanti attività biologiche, come antimicrobiche, antiossidanti, antifungine e insetticide (Yahyaoui et al. 2018; Li et al. 2019; Belabbes et al. 2020; Fokialakis et al. 2006; Zhao et al. 2017), suggerendo che gli oli essenziali ottenuti dalle radici dei taxa di *Echinops* possano essere impiegati come biopesticidi, offrendo un'alternativa ai pesticidi chimici.

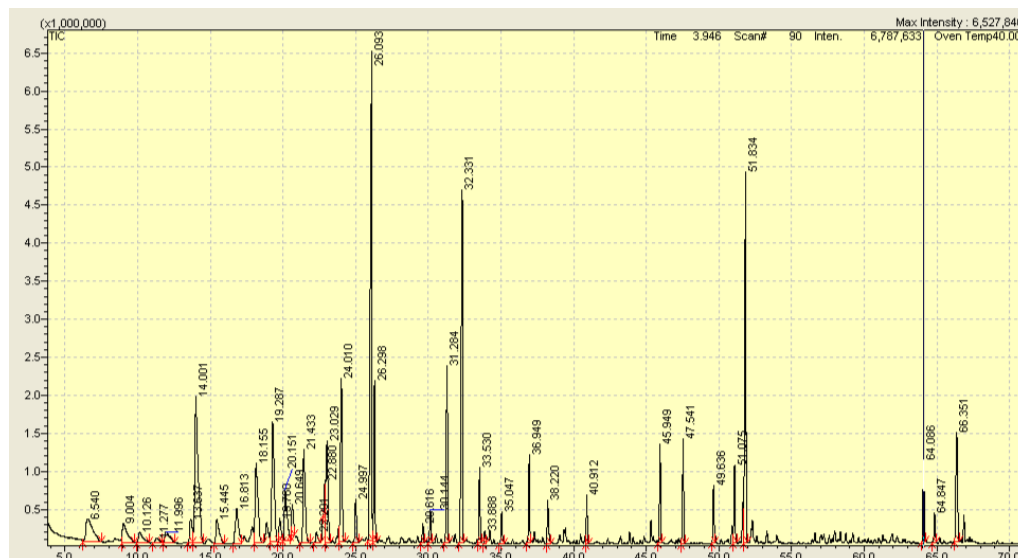


Figura 2.44. Cromatogramma dell'olio essenziale di *Echinops spinosissimus* Turra subsp. *spinosissimus*

2.2.2.4 *Pulicaria* Gaertn.

Il genere *Pulicaria* Gaertn. è una pianta erbacea della famiglia delle Asteraceae che comprende ottantadue specie accettate. È ampiamente distribuito in Africa, Europa e Asia, e si concentra principalmente nella regione mediterranea (POWO, 2025).

Sono state riportate diverse proprietà biologiche per molte specie di *Pulicaria*, come attività antifungina, antibatterica, citotossica (Liu et al. 2010), antinfiammatoria (Alghaithy et al. 2011), insetticida (Khani & Asghari 2012) e leishmanicida (Asghari et al. 2014).

Le specie di questo genere sono note nella medicina popolare per le loro capacità curative. In particolare, a seconda dei diversi paesi, alcune specie appartenenti al genere *Pulicaria* sono state utilizzate per trattamenti medici. *Pulicaria arabica* (L.) Cass, chiamata anche *Inula arabica* L., è un'erba profumata tradizionalmente usata per trattare gonfiori e foruncoli dolorosi (Djermane et al. 2016). In Iran, le specie di *Pulicaria* sono conosciute come “kak kosht” e “shebang” e sono comunemente usate come tisana, agente aromatizzante e pianta medicinale, grazie alle loro proprietà antinfiammatorie e antidiarroeiche (Shariatifar et al. 2012). *Pulicaria stephanocarpa* Balf.f., nota come “Derbebe” nell'isola di Socotra, è un'erba aromatica usata nella medicina popolare per trattare mal di testa, ascessi, foruncoli e piaghe (Bakthir et al. 2011). *Pulicaria crispa* (Forssk.) Oliv. è utilizzata in Sudan per il trattamento di raffreddori, tosse, coliche, sudorazione eccessiva e come carminativo (Stavri et al. 2008).

Diverse specie di *Pulicaria* sono note per le loro potenziali applicazioni alimentari. Ad esempio, *P. incisa* e *P. crispa* vengono utilizzate nella preparazione di bevande toniche (El-Gleel & Hassanien, 2012; El-Sabagh et al., 2021; Qasem, 2015), mentre *P. incisa*, *P. crispa* e *P. arabica* sono impiegate come aromi e agenti aromatici (Qasem, 2015). *P. undulata* viene aggiunta al tè per conferirgli un sapore rinfrescante (Qasem, 2015). Le foglie fresche e secche di *P. jaubertii* E. Gamal-Eldin, localmente conosciuta come anssif, sono utilizzate nello Yemen come aromatizzante per zuppe e vari altri alimenti (Algabr et al., 2012; Yusufoglu et al., 2021). Inoltre, *P. jaubertii* Khooa trova anche impiego come agente cosmetico aromatico per le donne (Wood, 1997).

L'indagine chimica delle specie appartenenti a questo genere ha mostrato la presenza di metaboliti secondari come

derivati fenolici, monoterpeni, sesquiterpeni con scheletri cariofillano, germacrano, xantano, guaiano, eudesmano, ecc., diterpenoidi, triterpenoidi e flavonoidi, la cui presenza è stata oggetto di revisione (Liu et al. 2010). Le specie di *Pulicaria* sono anche una ricca fonte di oli essenziali e sono state utilizzate per il trattamento di diverse malattie quali cancro, febbre, ipoglicemia, infezioni microbiche, infiammazioni e malattie spastiche. La loro composizione e proprietà biologiche sono state recentemente revisionate (Salleh et al. 2021).

***Pulicaria incisa* (Lam.) DC.**

Pulicaria incisa (Lam.) DC. (Fig. 2.45) (sinonimo *Pulicaria desertorum* DC. ex Decne.) cresce principalmente nel bioma del deserto o delle macchie aride e la sua distribuzione naturale va dal Sahara e Sahel fino alla Penisola Arabica (POWO, 2025). La sua presenza è stata inoltre segnalata nella parte meridionale di Israele (Danin & Fragman-Sapir, 2016). È una pianta erbacea prostrata, densamente ramificata e lanosa, che occasionalmente si comporta come una perenne di breve durata, raggiungendo i 50 cm di altezza. Le foglie sono numerose, alterne, pelose, sessili, lunghe 3-4 cm, con margini ondulati. L'infiorescenza, all'estremità di ogni fusto, è un capolino discoide con fiori tubolari gialli sul ricettacolo e ligule gialle sul bordo esterno. Il capolino ha un diametro massimo di 3 cm. I frutti sono piccoli acheni sormontati da una o due file di peli. L'intera pianta ha un profumo molto gradevole (Benhouhou, 2005).



Figura 2.45. *Pulicaria incisa*

Tra i beduini in Giordania, Sinai, Egitto e Israele, un decotto di questa pianta, dolcificato con zucchero, viene utilizzato come sostituto del tè (Nabiel, 2003; Amer et al., 2007). L'uso come tè è stato segnalato anche in Sudan, dove viene impiegata nella medicina popolare come tonico, antispasmodico, ipoglicemizzante e, grazie al suo aroma gradevole, come ingrediente di un profumo locale (Abd El-Gleel & Hassanien, 2012). *P. incisa* è stata tradizionalmente utilizzata anche in Egitto, dove è nota con il nome vernacolare Par'oshit gallonit, come decotto per abbassare i livelli di glucosio nel sangue, trattare alcuni problemi cardiaci e gastrointestinali e per alleviare i seni nasali, il mal di testa e l'influenza (Benhouhou, 2005; Elmann et al. 2013).

L'indagine chimica sui metaboliti non volatili di *P. incisa* ha mostrato la presenza di acido clorogenico (Wang et al. 2015; Bakr et al. 2021), diversi flavonoidi (Wang et al. 2015; Mansour et al. 1990; Samba et al. 2016), acidi grassi insaturi (Abd El-Gleel & Hassanien, 2012), calconi (Elmann et al. 2013), composti fenolici (Samba et al. 2016; Bakr et al. 2021), sesquiterpeni e diterpenoidi (El-Sabagh et al. 2021; Liu et al. 2010). Anche gli oli essenziali (OE) di alcune accessioni di questa specie sono stati indagati e la loro composizione sarà discussa successivamente.

Gli studi chemiotassonomici dovrebbero essere incoraggiati per aiutare a distinguere e suddividere con certezza generi e specie, oltre che a chiarire le relazioni tra i processi di speciazione e il loro contesto geografico e climatico. Al fine di fornire ulteriori informazioni e dati per questa ricerca sulle specie mediterranee di *Pulicaria* (Maggio et al. 2015; Casiglia et al. 2016; Ammar et al. 2020), e sulle loro proprietà biologiche (Rosselli et al. 2020; Sut et al. 2020), è stato studiato l'olio essenziale delle parti aeree fiorite di *P. incisa*, raccolta in Israele, un'accessione finora non investigata.

La letteratura precedente ha focalizzato l'attenzione sugli estratti alcolici, metanolici e non polari di *P. incisa* e di altre specie dello stesso genere, che sono stati testati per valutarne le attività biologiche. Sono state studiate proprietà antinfiammatorie, antidiabetiche, ma anche antiossidanti e citotossiche. L'attività antitumorale delle specie di *Pulicaria* ha mostrato buoni risultati contro molte linee cellulari tumorali, come le cellule HepG-2, carcinoma mammario (MCF-7), carcinoma prostatico (PC-3) e leucemia promielocitica (Shahat et al. 2017; Zekry et al. 2021; Mohammed et al. 2021).

Gli estratti di *P. incisa* hanno anche dimostrato una potente attività di induzione della NQO1 (NAD(P)H:chinone ossidoreduttasi 1), un enzima marcatore per la chemoprevenzione. Questi risultati definiscono *P. incisa* come un promettente bersaglio per future caratterizzazioni fitochimiche di componenti per la prevenzione del cancro (Hamed et al. 2016).

Gli estratti mediamente polari e gli oli essenziali delle specie di *Pulicaria* mostrano anche un elevato effetto antiossidante e un'attività totale di cattura dei radicali, come dimostrato da tutti i test utilizzati, inclusi DPPH, FRAP e ABTS (Alreshidi et al. 2023; Al-Qudah et al. 2022; Elmann, 2024).

Tuttavia, pochi studi hanno valutato la correlazione tra l'attività biologica degli oli essenziali e i loro componenti. Sarebbe infatti interessante approfondire come i singoli componenti possano contribuire ad attivare la risposta enzimatica antiossidante nelle cellule sottoposte a fattori di stress.

In questo lavoro, la composizione chimica dell'olio essenziale di *P. incisa* è stata studiata e le attività biologiche sono state indagate con particolare attenzione al suo componente isolato, lo xantossilina. Tutti i campioni sono stati testati per valutare il loro ruolo in: i) attivazione delle risposte e effetti antiproliferativi in linee cellulari tumorali solide ed ematologiche (MCF-7, MDA-MB231, HT 29, HCT-116, U937); ii) livelli di ROS e attività degli enzimi antiossidanti. L'idrodistillazione delle parti aeree fiorite di *P. incisa* ha fornito **Pi1**. Complessivamente, sono stati identificati quarantaquattro composti, rappresentanti il 95,6% della composizione totale, elencati nella Tabella A27 secondo i loro indici di ritenzione lineari su colonna DB-5MS e suddivisi in cinque classi. I monoterpeni ossigenati costituiscono di gran lunga la classe principale, rappresentando il 70,2 % dell'olio essenziale, con il *cis*-crisanteneolo (55,7%) come componente di gran lunga più abbondante e una minore quantità di carvotanacetone (11,7%). Altri metaboliti rappresentano la seconda classe (20,3%), con la xantossilina (15,4%) come principale metabolita. D'altra parte, gli idrocarburi monoterpenici, gli idrocarburi sesquiterpenici e i sesquiterpeni ossigenati si trovano in quantità molto limitate.

Dopo il raffreddamento a -28°C , una buona quantità di **Xan** (12 mg) si è cristallizzata, dando origine a **Pi2**, la cui composizione è riportata anch'essa nella Tabella A27. Naturalmente, in **Pi2**, ad eccezione di **Xan** (2,7%), la quantità relativa di tutti gli altri componenti è aumentata, con *cis*-crisanteneolo e carvotanacetone che rappresentano ora rispettivamente il 58,9% e il 12,9% dell'olio essenziale. I dati spettroscopici (Fig. 2.46) di **Xan** sono in perfetto accordo con quelli riportati in letteratura (Samba et al. 2016). La xantossilina è una chetone fenolica ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_4$)

presente in piante come la brasiliana *Sebastiania schottiana*, l'asiatica *Blumea balsamifera* e la giapponese *Zanthoxylum piperitum* (Molecephan, 2012; Wang et al. 2014).

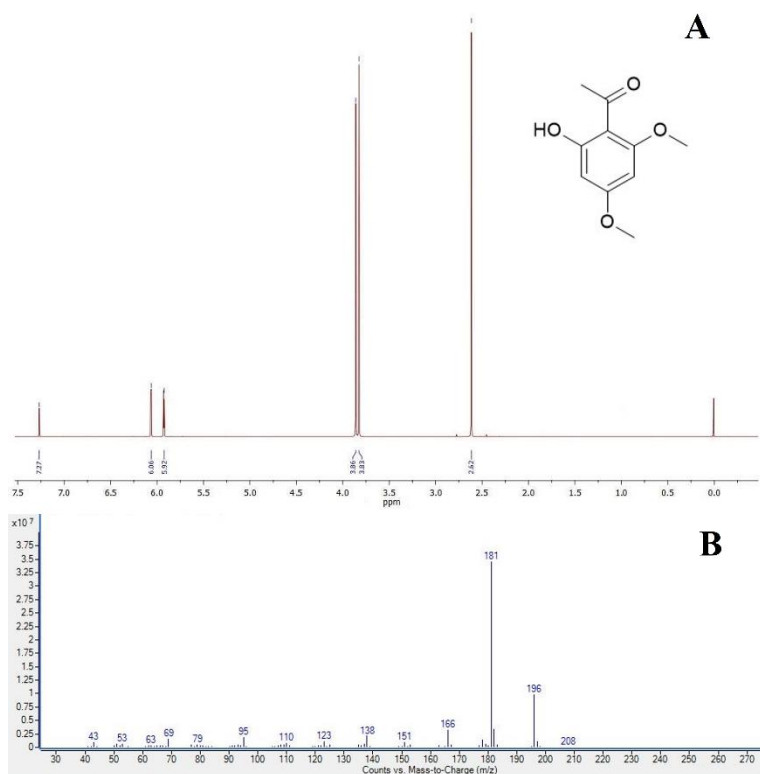


Figura 2.46. Spettro ^1H -NMR, spettro di massa e struttura della xantossilina

La Tabella A28 riporta le composizioni degli oli essenziali di tutte le altre accessioni di *P. incisa* finora studiate e riportate in letteratura. Nell'olio essenziale ottenuto da piante raccolte in Algeria (Chaib et al. 2017) il crisantenone (45,3%) era il principale componente, presente anche in buona quantità nelle parti aeree di *P. incisa* ssp. *candolleana* E.Gamal-Eldin dall'Arabia Saudita (10,3%) (El-Said et al. 2021) e nelle foglie (13,3%) e nei fiori (24,3%) della stessa sottospecie raccolta in Egitto (Shahat et al. 2017); in quest'ultimo caso il principale costituente era carvotanacetone (rispettivamente 66,0% e 50,9%), il secondo metabolita più abbondante di **Pi1**. Profili molto diversi sono stati mostrati dagli oli essenziali delle accessioni di *P. incisa* dalla Giordania (Al-Qudah et al. 2022) e dal Marocco (Lougraimzi et al. 2020; 2022), totalmente privi dei tre principali metaboliti di **Pi1**. Il *cis*-crisanteneolo, principale prodotto di **Pi1**, è stato rilevato in quantità moderata (8,0%) solo in *P. incisa* ssp. *candolleana* dall'Arabia Saudita (El-Said et al. 2021).

Tra gli oli essenziali di tutte le altre specie di *Pulicaria* finora studiate, il *cis*-crisanteneolo è stato rilevato solo in *P. undulata* (L.) C.A.Mey. (15,4%) (Damyeh & Niakousari, 2017) e in *P. gnaphalodes* (Vent.) Boiss. (2,3%) (Weyerstahl et al. 1993), entrambe provenienti dall'Iran, e la xantossilina solo nell'accessione egiziana di *P. undulata* (18,1%) (Mustafa et al. 2020).

D'altra parte, il carvotanacetone è stato identificato in diverse specie, spesso come costituente principale del campione, come in *P. crispa* (Forssk.) (82,0%) (Dekinash et al. 2019), *P. jaubertii* E.Gamal-Eldin dall'Arabia Saudita (98,6%) (Fawzy et al. 2013) e Yemen (63,9%) (Algabr et al. 2012), *P. mauritanica* Coss. dall'Algeria (89,2%) (Gherib et al. 2016) e dal Marocco (87,3%) (Lboumhamdi et al. 2020), *P. undulata* dall'Egitto (37,4%-80,1%) (Ali et al.

1987; Issa et al. 2020), Sudan (55,9%) (El-Kamali et al. 2009) e Yemen (91,4%) (Ali et al. 2012).

Attività antiproliferativa

Per valutare l'attività biologica di **Pi1**, è stato testato il suo effetto antiproliferativo su due linee cellulari di carcinoma mammario, MCF-7 e MDA-MB-231, e su due linee di carcinoma coloretale, HT-29 e HCT-116, tramite saggio MTT. Tutte le linee cellulari sono state trattate con **Pi1** a tre diverse concentrazioni (0,2; 0,5 e 1 mg/mL) per 24, 48 e 72 ore. I risultati ottenuti hanno mostrato che il trattamento con **Pi1** ha indotto una maggiore riduzione della vitalità cellulare alla dose di 1 mg/mL già dopo 24 h nelle cellule HT-29 e HCT-116 (~60%). Il trattamento sulle cellule MDA-MB-231 ha indotto una riduzione della vitalità cellulare dopo 24 h (~40%), mentre un effetto minore è stato osservato in MCF-7 (~25%). Inoltre, l'effetto antiproliferativo osservato è risultato essere dipendente da tempo e dose.

I dati confermano l'attività antiproliferativa di **Pi1**, indicando un effetto maggiore nelle cellule tumorali del colon alle condizioni indicate.

Per approfondire il potenziale effetto antiproliferativo di **Pi1**, sono stati valutati i suoi effetti sull'induzione della morte cellulare e sulla variazione delle diverse fasi del ciclo cellulare. In accordo con i risultati del saggio di vitalità cellulare (Fig. 2.47), gli esperimenti confermano l'effetto antiproliferativo in tutte le linee cellulari. In particolare, il trattamento ha indotto un aumento della percentuale di morte cellulare (~61%) nelle cellule HT-29 alla concentrazione di 1 mg/mL dopo 24 h.

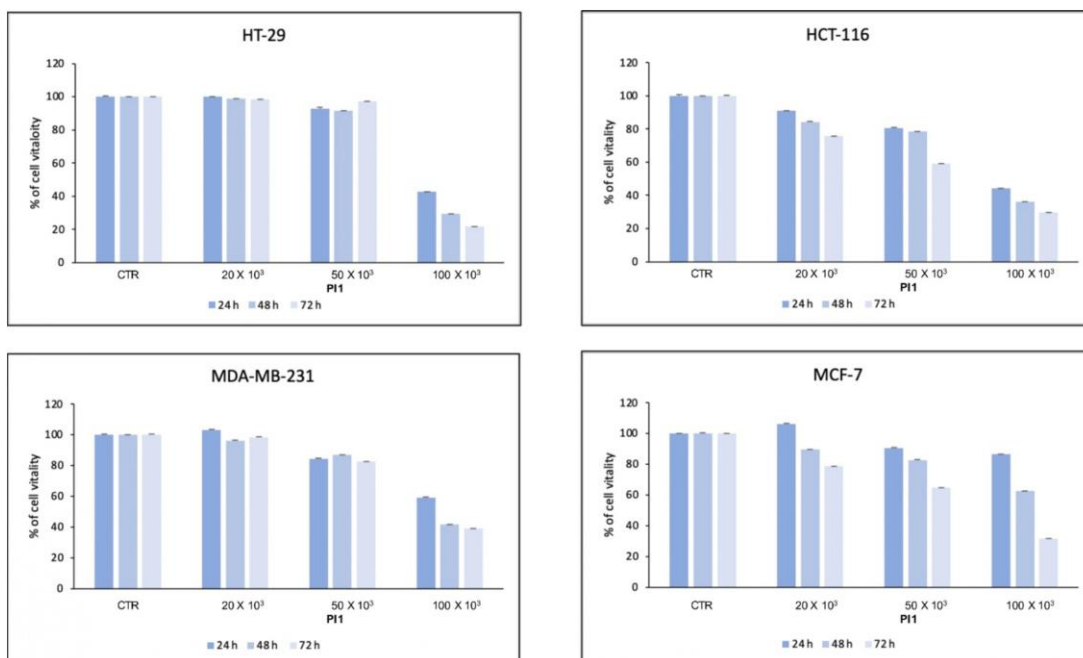


Figura 1.47. Tassi di vitalità cellulare determinati mediante saggio MTT di cellule HT-29, HCT-116, MDA-MB-231 e MCF-7 dopo trattamento con Pi1 alle concentrazioni e ai tempi indicati. I valori, espressi in ppm, rappresentano la media $\pm$ deviazione standard (SD) di triplicati biologici.

Nelle stesse condizioni, un aumento della morte cellulare (~50%) è stato osservato nella linea HCT-116. Una minore sensibilità è stata osservata nelle linee tumorali mammarie, con una morte cellulare di circa il 35% in MDA-MB-231 e una percentuale ancora inferiore in MCF-7, dove l'aumento della morte cellulare è risultato più evidente con tempi

di trattamento più lunghi (Fig. 2.48).

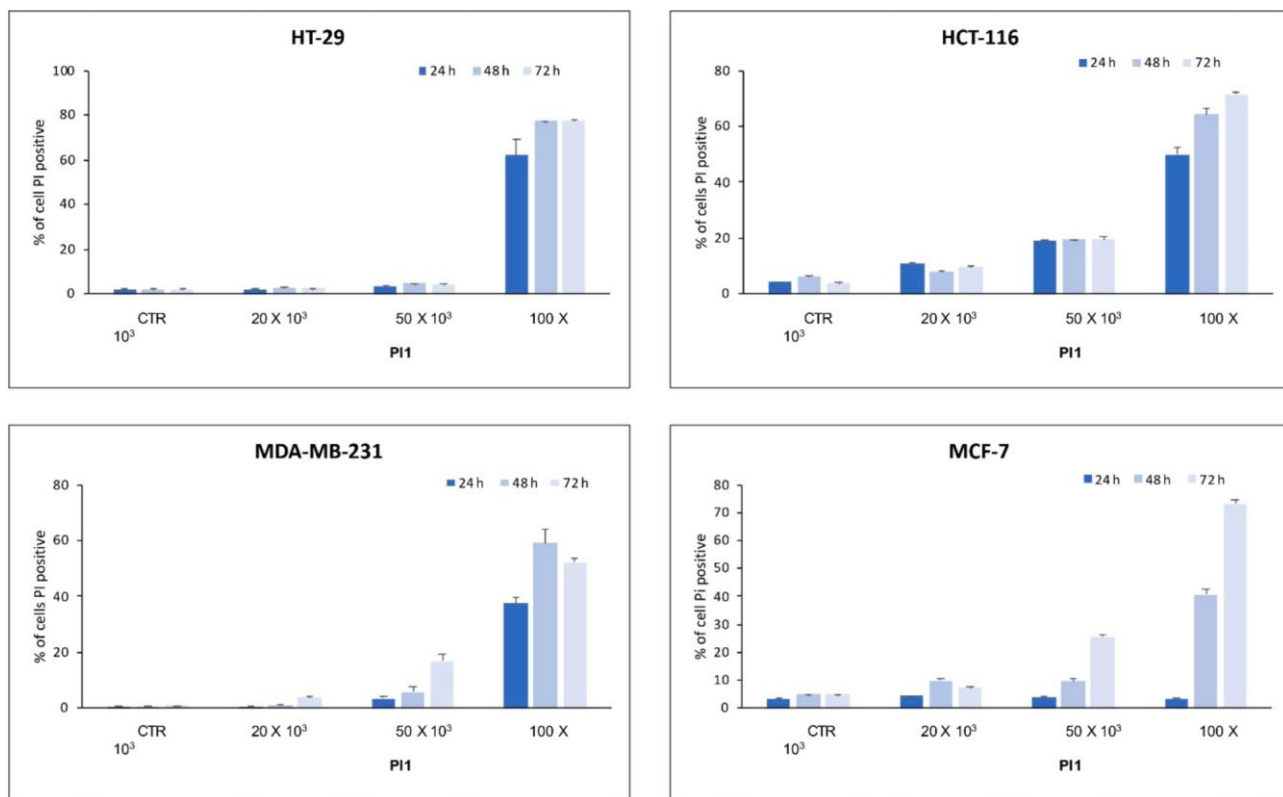


Figura 2.48. Analisi della morte cellulare determinata mediante analisi FACS di cellule HT-29, HCT-116, MDA-MB-231 e MCF-7 dopo trattamento con **PI1** alle concentrazioni e ai tempi indicati. I valori, espressi in ppm, rappresentano la media $\pm$ deviazione standard (SD) di duplicati biologici.

L'analisi del ciclo cellulare non ha mostrato cambiamenti significativi nella redistribuzione delle cellule nelle varie fasi del ciclo in HT-29 (Fig. 2.49-A). Invece, nelle cellule HCT-116, il trattamento con **PI1** a 24 h e 0,5 mg/mL ha determinato un aumento della percentuale di cellule in fase G2/M (~40%) rispetto alle cellule non trattate (~30%) (Fig. 2.49-B).

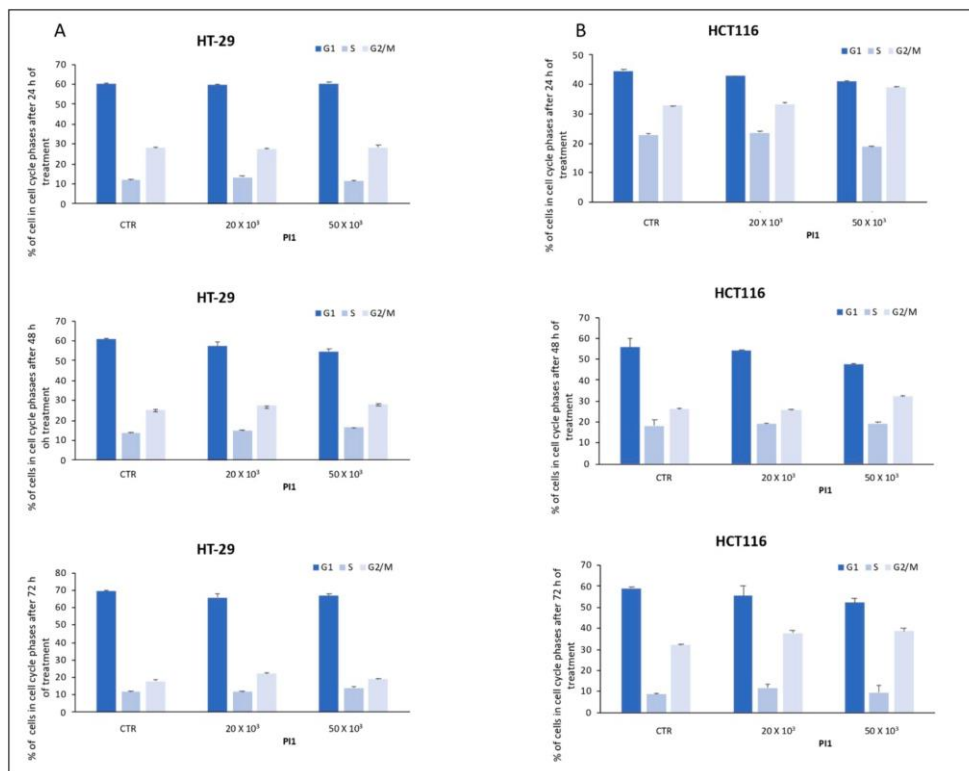


Figura 2.49. Analisi del ciclo cellulare determinata mediante analisi FACS di (A) cellule HT-29 e (B) cellule HCT-116 dopo trattamento con **Pi1** alle concentrazioni e ai tempi indicati. I valori, espressi in ppm, rappresentano la media $\pm$ deviazione standard (SD) di duplicati biologici.

Cambiamenti significativi nella percentuale di cellule in fase G2/M sono stati osservati in MDA-MB-231, con un aumento già dopo 24 h di trattamento a 0,2 mg/mL (~44%) rispetto al controllo (~29%) (Fig. 2.50-A). Non sono stati osservati cambiamenti rilevanti in MCF-7 (Fig. 2.5-B).

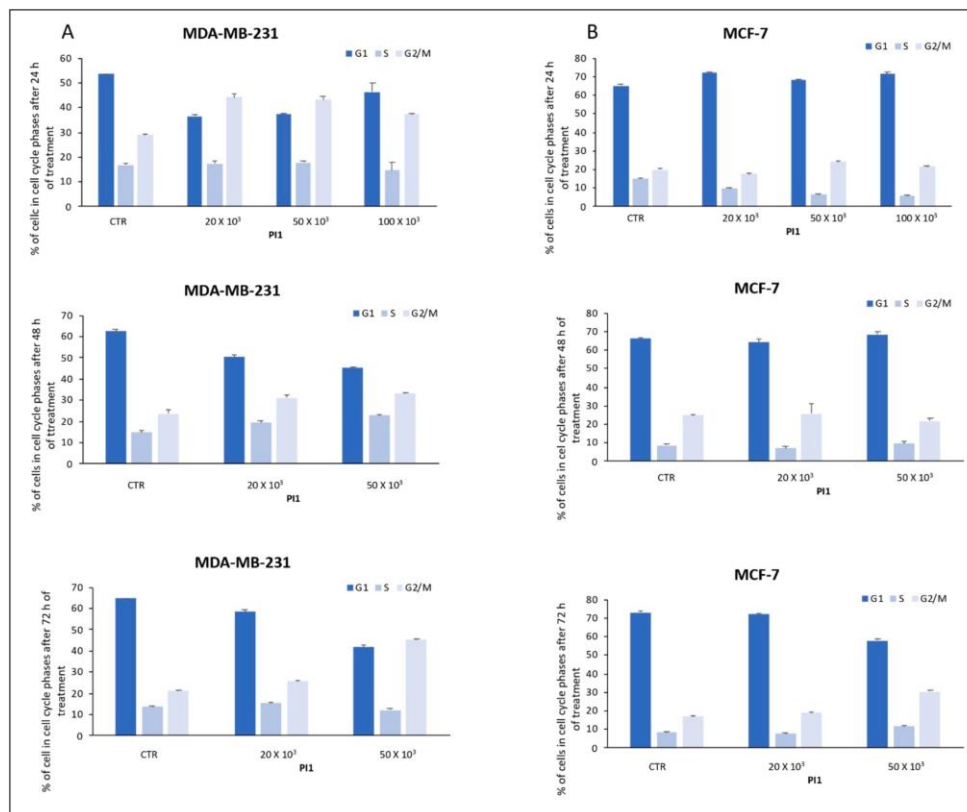


Figura 2.20. Analisi del ciclo cellulare determinata mediante analisi FACS di (A) cellule MDA-MB-231 e (B) cellule MCF-7 dopo trattamento con **Pi1** alle concentrazioni e ai tempi indicati. I valori, espressi in ppm, rappresentano la media $\pm$ deviazione standard (SD) di duplicati biologici.

I risultati ottenuti sulle linee epiteliali testate in merito all'effetto antiproliferativo sono in accordo con quelli descritti da Al-Qudah et al. (2022). Tuttavia, considerando che diverse sensibilità possono dipendere da contesti intrinseci differenti che caratterizzano le singole linee cellulari, è stato valutato se a concentrazioni più basse fosse ancora presente un effetto antiproliferativo su un modello cellulare differente. È stata usata la linea ematologica U937, e l'effetto antiproliferativo di **Pi1** è stato valutato a concentrazioni più basse, 20, 40 e 60 $\mu\text{g/mL}$ per 24 ore (Fig. 2.51), analogamente a quanto fatto da Nasr et al. (2023) per l'olio essenziale di *P. arabica*. L'effetto antiproliferativo di **Pi1** su U937 alle tre concentrazioni testate ha mostrato una forte riduzione della vitalità già a 20 $\mu\text{g/mL}$ (~50%), con un effetto maggiore alle concentrazioni superiori, come da saggio MTT (Fig. 2.51), indicando che l'effetto antiproliferativo è dipendente da tempo e dose (Fig. 2.51).

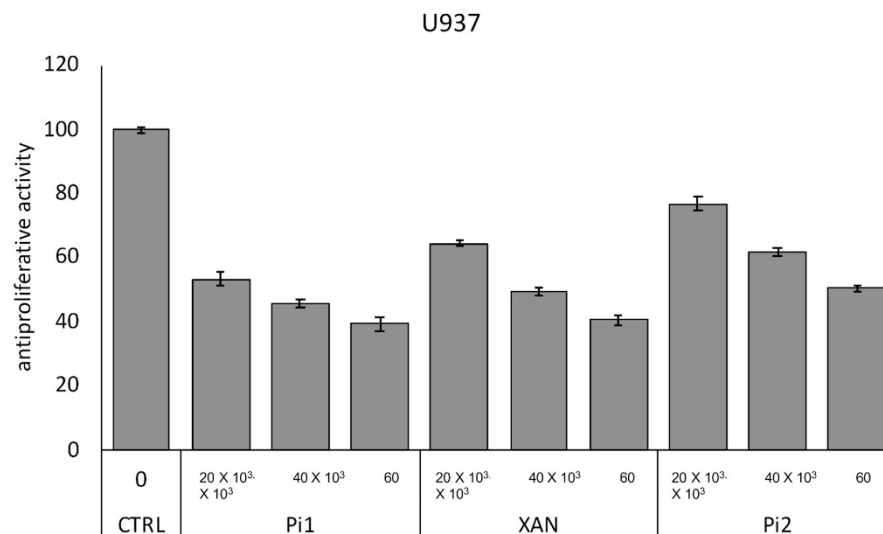


Figura 2.51. Tassi di vitalità cellulare determinati mediante saggio MTT di cellule U937 dopo trattamento con **Pi1**, **Xan** e **Pi2** per 24 ore alle concentrazioni indicate. I valori, espressi in ppm, rappresentano la media $\pm$ deviazione standard (SD) di triplicati biologici.

Successivamente, l'attività antiproliferativa di **Xan** e **Pi2** è stata valutata sulla stessa linea cellulare. I risultati hanno mostrato che il trattamento con **Xan** ha determinato una riduzione della vitalità simile a quella indotta da **Pi1** a tutte le concentrazioni testate per 24 h (~40%). Il trattamento con **Pi2** ha invece determinato un effetto antiproliferativo significativamente minore.

Gli effetti antiproliferativi dei tre campioni sono stati valutati in relazione alla loro capacità di indurre morte cellulare e di determinare una possibile redistribuzione delle cellule nelle diverse fasi del ciclo cellulare. In particolare, a 20 $\mu\text{g/mL}$, il trattamento con **Pi1** ha determinato un'induzione della morte cellulare di circa il 35%, con un aumento fino al 75% alla concentrazione più alta (60 $\mu\text{g/mL}$) (Fig. 2.52-A). Il trattamento con **Xan** ha mostrato un effetto paragonabile a quello di **Pi1**, inducendo circa il 50% di morte cellulare a 20 $\mu\text{g/mL}$ e circa l'85% a 60 $\mu\text{g/mL}$ (Fig. 2.52-B). Un effetto minore rispetto a **Pi1** e **Xan** è stato osservato con **Pi2**, che anche a concentrazioni elevate (60 $\mu\text{g/mL}$) ha causato circa il 40% di morte cellulare, dati in linea con il saggio MTT (Fig. 2.52-A).

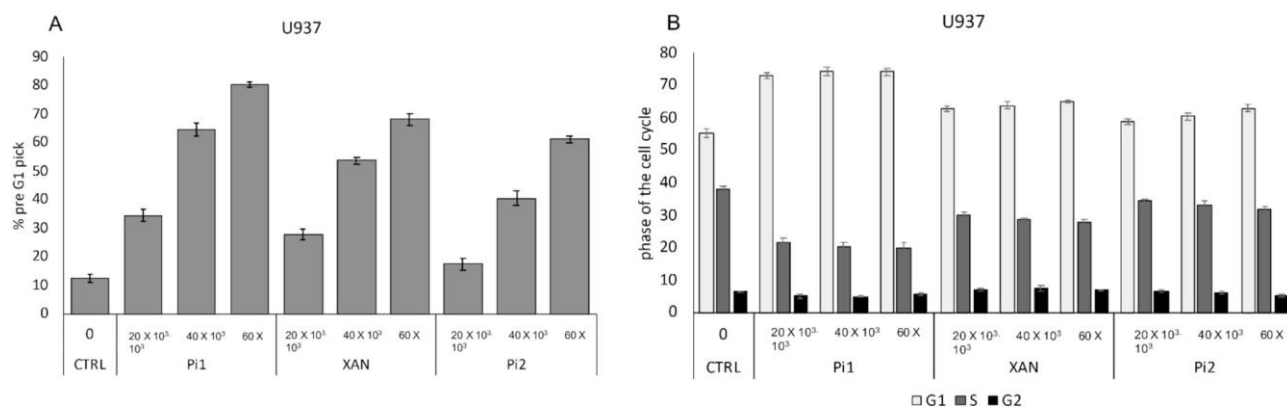


Figura 2.52. Apoptosi e ciclo cellulare in cellule U937 dopo trattamento con **Pi1**, **Xan** e **Pi2** per 24 ore alle concentrazioni indicate. I valori, espressi in ppm, rappresentano la media $\pm$ deviazione standard (SD) di triplicati biologici.

L'analisi dell'effetto dei tre campioni sulla redistribuzione delle cellule U937 nelle diverse fasi del ciclo ha mostrato che il trattamento con **Pi1** ha determinato un aumento della percentuale di cellule in fase G1 (~80%) rispetto al controllo (~58%) già a 20 $\mu\text{g/mL}$, con una riduzione delle cellule in fase S e G2/M (Fig. 2.52-B). Dopo trattamento con **Xan** è stato osservato un effetto simile a quello di **Pi1**, soprattutto a concentrazioni più elevate (Fig. 2.52-B). Il trattamento con **Pi2** a tutte le tre concentrazioni (20, 40 e 60 $\mu\text{g/mL}$) non ha determinato variazioni significative nel ciclo cellulare rispetto al controllo (Fig. 2.52-B).

Studi precedenti hanno dimostrato che la xantossilina possiede diversi aspetti farmacologici e potenziali applicazioni (Zoghbi et al. 2011). Sono state provate proprietà anticancerogene, tra cui l'inibizione della proliferazione delle cellule di carcinoma squamoso orale, l'induzione di apoptosi, autofagia e arresto del ciclo cellulare (Wen et al. 2009; Ito et al. 1996).

Ad oggi, la xantossilina è stata molto utile nell'attività di complessi di ruthenio, una classe potenziale di agenti antineoplastici. Tra questi, i complessi di ruthenio sono attualmente in sviluppo preclinico con risultati promettenti (Baliza et al. 2019). I complessi di ruthenio e xantossilina hanno mostrato una potente citotossicità nelle linee cellulari tumorali e nelle cellule tumorali primarie, causando apoptosi nelle cellule CRC HCT116 (Santos et al. 2023). La xantossilina è stata inoltre testata su cellule neuronali per aumentare la produzione di melanina, il numero di dendriti, la tirosinasi e l'espressione del fattore di trascrizione associato alla microftalmia (MITF) in cellule B16F10 coltivate (Molecephan, 2012).

Contenuto di ROS e attività antiossidante

I livelli di ROS sono stati misurati sia nei PMN (CTRL+) sia nei PMN stimolati con zymosan opsonizzato(??) (CTRL-). Come mostrato in Fig. 2.53, i livelli di ROS nei PMN stimolati con zymosan sono aumentati rispetto a CTRL+.

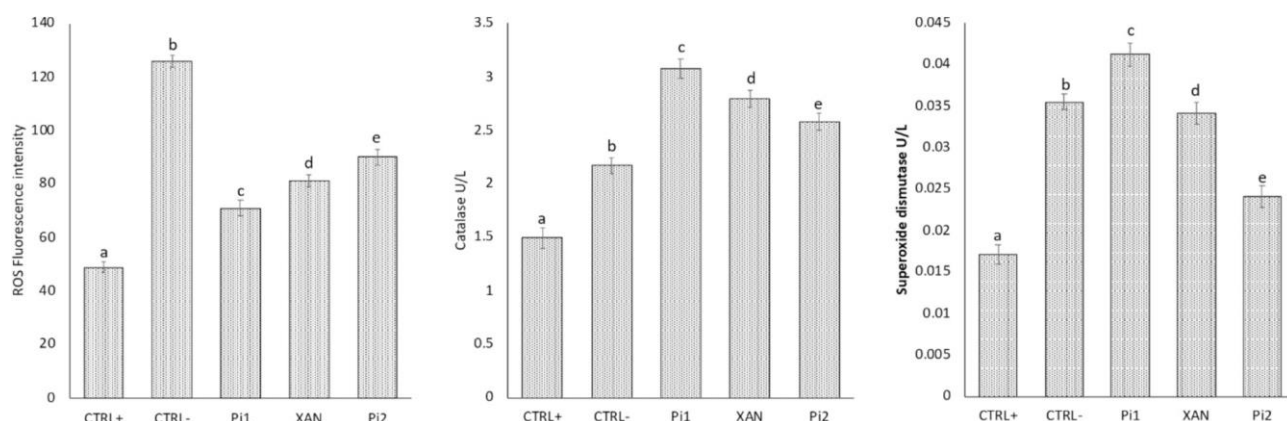


Figura 2.53. Contenuto di ROS (A) e attività di CAT (B) e SOD (C) in PMN (CTRL+), PMN con zimosano opsonizzato (CTRL-), e PMN con zimosano opsonizzato trattati con 50 $\mu\text{g/mL}$ degli oli essenziali **Pi1**, **Xan** e **Pi2**.

Il trattamento con **Pi1**, **Xan** e **Pi2** ha determinato una diminuzione statisticamente significativa rispetto a CTRL-, con l'attività più elevata attribuita a **Pi1**, seguita da **Xan** e **Pi2**. I livelli elevati di ROS in CTRL- hanno provocato un aumento dell'attività degli enzimi antiossidanti; infatti, sia la catalasi (CAT) sia la superossido dismutasi (SOD) hanno mostrato un incremento significativo rispetto a CTRL+. Un ulteriore aumento dell'attività enzimatica è stato osservato nei campioni trattati con **Pi1**, **Xan** e **Pi2**. In particolare, **Pi1** ha determinato un aumento maggiore rispetto

a **Xan**, mentre **Pi2** ha mostrato l'attività più bassa.

***Pulicaria odora* (L.) Rchb.**

Pulicaria odora (L.) Rchb. (Fig. 2.54) è una pianta perenne con un corto fusto e fiori gialli. Gli steli (20-70 cm) sono villosi o lanosi, semplici o poco ramificati. Le foglie basali sono ovate o ovato-lanceolate, brevemente picciolate, verdi all'antesi; le foglie cauline sono oblungho-lanceolate, semiamplessicauli, le inferiori auricolate, ghiandolose-denticolate, verdi e scabre sopra, grigio-lanose sotto. I capolini (2-3 cm di diametro) sono emisferici con peduncoli di 3-15 cm, ispessiti in alto, solitamente con diverse brattee. Le brattee involucrali sono lineari, acuminate, più o meno lanose e ghiandolose. L'areale nativo di questa specie comprende le Isole Canarie (Gran Canaria), il Portogallo e tutta la regione mediterranea, eccetto la Libia (Tutin et al. 1976).



Figura 2.54. *Pulicaria odora*

Pulicaria odora è conosciuta localmente in Marocco come “Ouden El hallouf”. Tradizionalmente, le radici di questa pianta sono ancora utilizzate per le loro proprietà antinfiammatorie (Bellakhdar, 1997). In Marocco, *Pulicaria odora* è anche usata nella medicina tradizionale per trattare dolori alla schiena, disturbi intestinali e crampi mestruali. La pianta è inoltre un componente del rimedio tradizionale chiamato “Mssakhen”, somministrato alle donne dopo il parto (Touati et al. 2018). In Algeria, le foglie di questa pianta (“Silmeksa”) sono usate esternamente come antisettico (Meddour & Meddour-Sahar, 2015), mentre in Portogallo, dove è conosciuta come “Erva-montã, erva-montana, monirão”, il cataplasma delle foglie è usato per curare ferite (Camejo-Rodrigues et al. 2003) e l'infusione dell'infiorescenza secca per dolori addominali (Novais et al. 2004). Precedenti studi hanno portato alla caratterizzazione e all'isolamento di flavonoidi di superficie e vascolari (Williams et al. 2003) e i suoi estratti hanno mostrato attività antibatterica contro batteri Gram-positivi (*B. subtilis* e *S. aureus*) (Touati et al. 2018). Non sono state pubblicate indagini sull'olio essenziale delle parti aeree di questa specie.

Di conseguenza, nell'ambito delle nostre ricerche in corso sulle specie di *Pulicaria* (Maggio et al. 2015; Casiglia et al. 2016; Ammar et al. 2020), abbiamo deciso di studiare la composizione dell'olio essenziale di *P. odora*, raccolta in Sicilia.

La idrodistillazione delle parti aeree fiorite di *P. odora* ha prodotto un olio di colore giallo pallido (**Po**). In totale,

sono stati identificati quarantadue composti, rappresentanti il 90,9% dei componenti totali, elencati nella Tabella A29 in base ai loro indici di ritenzione su colonna DB-5MS e classificati in sei classi in base alla loro struttura chimica. I composti carbonilici sono risultati la classe più abbondante (25,3%), con il trans-2-esenale (14,8%) come principale costituente sia della classe che dell'olio. I sesquiterpeni ossigenati sono presenti in quantità simile (23,3%), con α -cadinolo (5,7%) e τ -muurololo (3,9%) come principali costituenti. I monoterpeni ossigenati (18,9%) sono praticamente tutti costituiti da derivati del timolo, come timolo isobutirrato (11,4%), timolo pentanoato (3,2%), timolo 3'-metilbutanoato (1,9%) e timolo metiletere (0,3%). Gli idrocarburi monoterpenici (6,5%) e gli idrocarburi sesquiterpenici (8,1%) si presentano in quantità simili, con β -pinene (3,5%) e δ -cadinene (3,4%) come principali metaboliti delle due classi, rispettivamente.

Gli unici altri due articoli sugli oli essenziali di questa specie riguardano la composizione dell'olio essenziale delle radici delle piante raccolte in Marocco (Hanbali et al. 2005; Ezoubeiri et al. 2005). I principali metaboliti rilevati da Hanbali et al. (2005) erano il timolo (47,8%), completamente assente in **Po**, e il timolo isobutirrato (30,05%), mentre Ezoubeiri et al. (2005) hanno isolato due isomeri derivati dal timolo: 2-isopropil-4-metilfenolo (isotimolo) e l'estere isobutirrico dell'acido 2-isopropil-4-metilfenilico.

Il timolo e alcuni suoi derivati sono stati precedentemente segnalati in altre specie di *Pulicaria*, come *P. undulata* (L.) C.A.Mey. (Metwally et al. 1986; Mossa et al. 1987), *P. arabica* (Hafez et al. 1987; Abed et al. 2010), *P. sicula* (L.) Morris (Zdero et al. 1988), *P. gnaphalodes* (Vent.) Boiss (Weyerstahl et al. 1999), *P. dysenterica* (L.) Bernh. (Marco et al. 1992) e nell'accessione iraniana di *P. vulgaris* Gaertn. (Sharifi-Rad et al. 2014), mentre l'isotimolo isobutirrato è stato rilevato nell'olio essenziale delle parti aeree di *P. sicula* raccolta in Sicilia (Maggio et al. 2015). D'altra parte, il trans-2-esenale, principale costituente di **Po**, è stato rilevato solo in piccola quantità in *P. gnaphalodes* raccolta a Qom, Iran (Kazemi et al. 2013).

2.2.3 Fabaceae

Le Fabaceae sono una famiglia di piante globalmente distribuita, con circa 730 generi e 19.400 specie, e si colloca al terzo posto dopo Asteraceae e Orchidaceae per ricchezza di specie a livello globale (Judd et al. 2002). Questa elevata ricchezza specifica si riflette in una grande diversità morfologica e chimica, dalla quale derivano molteplici usi (Waterman, 1994). In termini socioeconomici, spicca la loro importanza per la salute e l'alimentazione umana, sebbene forniscano anche risorse legnose, coloranti, resine, insetticidi, fibre, foraggio e così via (Parodi, 1978; Isely, 1982).

Infatti i legumi sono colture alimentari fondamentali e molto comuni. A testimonianza della loro importanza nell'alimentazione umana, va ricordato che esse sono, insieme ai cereali, tra le prime piante ad essere state domestiche (Simpson et al. 1986). In America la coltivazione delle Fabaceae risale a epoche preistoriche (Zarate, 2000; Rodríguez et al. 2006). Per esempio, almeno cinque specie del genere *Phaseolus* (fagioli) si ritrovano in un'ampia gamma di zone geografiche, dalle Ande meridionali alla Mesoamerica e ai Caraibi (Debouck, 1994), molto spesso insieme a *Zea mays* ("mais") (Isely, 1982).

Il ruolo di queste specie nell'alimentazione è senza dubbio legato al loro valore nutrizionale. In sono alimenti ricchi di fibre, energia, proteine e forniscono circa un terzo degli oli vegetali trasformati ed un terzo delle proteine alimentari totali destinati al consumo umano, rappresentando un'alternativa molto valida e sostenibile alle proteine animali (Zotikov et al. 2016).

Infatti, la composizione proteica dei legumi comprende tutti gli amminoacidi essenziali per l'uomo: lisina, triptofano, metionina, fenilalanina, leucina, isoleucina, arginina, acido aspartico. I legumi contengono inoltre vitamine A, B1, B2, C, D, E, PP, così come oligoelementi e sali minerali di fosforo, potassio, calcio, ecc. (Helmut et al. 2017).

Il valore nutrizionale delle Fabaceae è in gran parte dovuto alla loro capacità di fissare biologicamente l'azoto libero dell'atmosfera per la sintesi proteica. Questo vantaggio ha portato a concentrazioni proteiche nelle foglie e nei semi variabili tra il 20% e il 40% del peso secco, a seconda della specie (Zotikov et al. 2016). La fissazione biologica rappresenta una fonte importante di azoto perché è l'unico modo ecologicamente sostenibile di fornire azoto alle piante.

Dunque l'impiego della Fabaceae come fonte di produzione di azoto utili alla fertilizzazione del suolo potrebbe anche rappresentare uno strumento valido nei sistemi di agricoltura biologica, i quali aumentano l'efficienza nella produzione agricola (Rascio & La Rocca 2013).

Per quanto riguarda gli usi medicinali, è stato evidenziato che le Fabaceae figurano tra le cinque famiglie botaniche più ricche di proprietà terapeutiche nella farmacopea delle popolazioni indigene e rurali delle regioni olartiche (Moerman et al. 1999), neotropiche (Leonti et al. 2003) e subantartiche (Molares & Ladio 2009). In particolare, Barboza et al. (2009) hanno rilevato che in Argentina le Fabaceae occupano il secondo posto, dopo le Asteraceae, in termini di ricchezza di taxa medicinali.

La varietà di costituenti fitochimici attivi, come tannini, flavonoidi, alcaloidi e terpeni presenti in membri di questa famiglia è alla base delle proprietà medicinali riscontrate.

A seconda della presenza o meno di alcuni particolari composti, specie appartenenti alla famiglia delle Fabaceae vengono utilizzati più comunemente a scopi medicinali o alimentari. Questo è correlato alla percezione organolettica attribuita alle diverse specie. Infatti composti come alcaloidi, isoflavoni, cumarine, saponine e tannini presenti in molti generi delle Fabaceae, percepiti come amari, come *Astragalus*, *Lupinus* e *Melilotus*, orientano il consumo di queste specie verso un uso medicinale (Smolenski et al. 1981). Inoltre, alcuni di questi composti vengono considerati antinutrienti, come ad esempio gli inibitori della tripsina e le emoagglutinine, che sono termolabili, l'acido fitico e gli oligosaccaridi della famiglia della raffinosa. Gli antinutrienti sono composti che riducono la biodisponibilità dei nutrienti, influenzando così la qualità nutrizionale dei legumi e che, in alcuni casi, possono esercitare effetti tossici sugli organismi viventi quando vengono consumati in dosi elevate, limitando in alcuni casi l'utilizzo di alcune specie appartenenti alle Fabaceae nell'alimentazione umana.

Pertanto, lo studio della composizione chimica delle Fabaceae rappresenta un aspetto fondamentale sia per poter valutare il valore medicinale e nutrizionale di queste piante che per stabilire l'eventuale presenza di composti antinutritivi potenzialmente dannosi.

2.2.3.1 *Astragalus* L.

Astragalus L., il più grande genere della famiglia Fabaceae (sottofamiglia Papilionideae, tribù Galegeae), comprende, secondo POWO (2025), oltre tremila specie accettate. L'areale naturale di questo genere si estende dalle regioni temperate e subtropicali del Vecchio Mondo fino alle montagne tropicali africane, dal Nord America all'Honduras, e dall'Ecuador al Sud America meridionale.

Le specie appartenenti al genere *Astragalus* possono essere suddivise in due principali gruppi: specie velenose e specie medicinali. Il primo gruppo include piante responsabili dell'avvelenamento da locoweed (contenenti

l'alcaloide indolizidinico swainsonina), specie in grado di sintetizzare composti nitro-alifatici e i loro glicosidi, come il miserotossina, e specie che accumulano livelli tossici di metaboliti del selenio. Poiché uno degli usi più comuni dell'*Astragalus* è come foraggio per il bestiame e gli animali selvatici, sono stati osservati diversi casi di tossicità trasmessa all'uomo attraverso carne e latte (Pistelli, 2002).

Tuttavia, alcune specie di *Astragalus*, in particolare *Astragalus boeticus*, hanno parti commestibili, con i baccelli giovani e i semi tostati che vengono consumati. I baccelli possono essere mangiati crudi, cotti o sott'aceto, offrendo un sapore dolce simile a quello del pisello, mentre i semi tostati vengono utilizzati come sostituto del caffè (PFAF, 2025). Alcune specie originarie dell'Asia occidentale, come *A. gummifer* Lab., sono la fonte della "gomma adragante", un essudato gommoso ottenuto da radici o fusti, con proprietà idrofile e colloidali, utilizzato come emulsionante, stabilizzante e addensante in campo farmaceutico e alimentare (Amiri et al. 2020). Altre specie sono state impiegate come alimento, ad esempio *A. canadensis* L. (radici crude o cotte), *A. caryocarpus* Torr. (legumi), *A. edulis* Durand ex Bunge (semi) e *A. glycyphyllos* L. (foglie per infusi) (Motta, 1962).

È fondamentale distinguere le specie commestibili da quelle che contengono tossine nervine e che quindi risultano velenose, rendendo essenziale la conoscenza della composizione chimica delle singole specie al fine di accertarsi dell'identificazione prima di consumare qualsiasi parte della pianta.

Per quanto riguarda l'uso medicinale, la letteratura riporta un numero considerevole di testimonianze. La "*Astragali radix*" (radici essiccate di *A. membranaceus* Bunge e altre specie di *Astragalus*) vanta una lunga tradizione nella medicina cinese, è ufficialmente inclusa nella Farmacopea Cinese ed è prescritta principalmente come antipersistente, diuretico e tonico, ma anche per le sue proprietà epatoprotettive, antiossidanti, immunostimolanti e antivirali (Tang & Eisenbrand, 1992). Diverse specie sono state utilizzate anche nella medicina popolare dei paesi mediterranei. In Libano, le radici di *A. angustifolius* Lam., note come "Kotad Haramon", sono impiegate come astringenti; quelle di *A. coluteoides* Willd. ("Kitad" e "Kansouri") e *A. cruentiflorus* Boiss. ("Kotad Ahmar") vengono assunte per via orale contro diabete e itterizia, mentre il decotto delle radici di *A. oleifolius* DC. ("Kotad Jareh") è utilizzato come emolliente e per trattare diabete e itterizia (Arnold et al. 2015). In Turchia, il decotto delle radici di *A. brachycalyx* Fisch. ex Boiss. e *A. gummifer* Labill. è usato contro il diabete (Polat et al. 2013; Mükemre et al. 2015); l'infuso delle radici di *A. lamarckii* Boiss. è segnalato per le proprietà anti-ulcera (Polat et al. 2013), mentre quello di *A. longifolius* Lam. ("Girguni") è utilizzato per disturbi cardiaci e diabete (Mükemre et al. 2015). Le parti aeree di *A. glycyphyllos* L. ("Orlovi nokti") in Montenegro sono impiegate per aumentare la potenza sessuale maschile (Menković et al. 2011), mentre in Italia radici e foglie sono note per proprietà rinfrescanti, depurative e diuretiche, e venivano usate anche contro disturbi renali, gotta e reumatismi (Guarino et al. 2008). Le radici di *A. mongholicus* Bunge, in Grecia, sono utilizzate contro ipertensione, dispepsia e raffreddore (Hanlidou et al., 2004), mentre quelle di *A. monspessulanus* L., in Italia, sono impiegate come diuretico (Guarino et al. 2008). Tuttavia, il maggiore utilizzo delle specie di *Astragalus* è stato riportato nell'etnomedicina asiatica ed è stato recentemente oggetto di revisione (Lysiuk & Darmohray, 2016; Amiri et al. 2020).

***Astragalus nebrodensis* (Guss.) Strobl**

A. nebrodensis (Fig. 2.55) è una specie orofita a portamento a cuscino, distribuita in diverse aree delle Madonie (Portella Colla, Monte Quacella, Monte Mufara, Piano Battaglia, Monte San Salvatore, Piano Zucchi, Pizzo Carbonara) (Peruzzi et al. 2015). La pianta può raggiungere i 60 cm di altezza, con fusti prostrati o ascendenti. Le

foglie, lunghe 0,7–5 cm, sono erette obliquamente, disposte in 5–8 paia, di colore grigiastro, strette, oblunghie, ottuse e mucronate, ricoperte su entrambe le pagine da corti peli ricci.

I fiori sono riuniti in sinflorescenze globose di 1,5–2,5 cm di diametro. Il calice è sottilmente membranoso, di colore bianco-giallastro, densamente peloso e glabro alla base. I petali presentano un'unghia bianco-giallastra e una lamina marginata di rosa o viola. Gli stami sono lunghi 10–14 mm. I frutti sono legumi ovoidi-ellissoidali, lunghi 4–5 mm, con rostro peloso (Pignatti et al. 1980; Podlech, 1986; Podlech, 2008; Giardina, 2010; Lombardo et al. 2020).



Figura 2.55. *Astragalus nebrodensis*

Si tratta di una specie pioniera che vive tra 1300 e 2000 m s.l.m., nel bioclimate supra-oromediterraneo. Presenta numerosi adattamenti tipici degli echinofiti orofili mediterranei (Guarino et al. 2005; Bonanno & Veneziano, 2016). Vegeta su pendii sassosi esposti a intensa radiazione solare, in radure di faggete o al di sopra del limite della vegetazione forestale, soprattutto su crinali ventosi e suoli erosi, ricchi in scheletro, in particolare carbonati e argille sfaldate (Brullo et al. 2005; Lombardo et al. 2020).

Questa specie è caratteristica dell'alleanza *Cerastio–Astragalion nebrodensis* Pignatti & Nimis ex Brullo 1984 e dell'associazione pioniera *Astragaletum nebrodensis* (Schicchi et al. 2013). Nell'ambito delle nostre ricerche sugli oli essenziali di specie mediterranee abbiamo deciso di studiare la composizione dell'olio essenziale (OE) delle parti aeree di *Astragalus nebrodensis* raccolte in Sicilia, finora mai riportata in letteratura. Con l'obiettivo di confrontare la composizione dell'OE di *A. nebrodensis*, attraverso analisi PCA e HCA, è stata realizzata anche una revisione completa, finora assente in letteratura, di tutti gli oli essenziali di altre specie di *Astragalus*.

L'idrodistillazione delle parti aeree fiorite di *A. nebrodensis* ha fornito un olio essenziale di colore giallo (**An**). Complessivamente sono stati identificati quarantatré composti, pari al 95,2% della composizione totale, elencati nella Tabella A30 in base agli indici di ritenzione lineare su colonna DB-5MS e classificati in nove gruppi sulla base della struttura chimica. Aldeidi e chetoni (52,5%, venti composti) rappresentano la classe principale, con *trans*-2-esenale (16,4%) ed esenale (15,3%) come costituenti predominanti. Tra gli "altri composti" (22,8%), seconda classe in ordine di abbondanza, si evidenzia la presenza di due derivati furfurali: 2-pentilfurano (14,2%) e *trans*-2-(2-pentenil)-furano (5,0%). La classe degli alcoli è rappresentata principalmente da oct-1-en-3-olo (7,1%), mentre idrocarburi terpenici e terpeni ossigenati sono presenti in quantità ridotte (rispettivamente 2,0% e 4,7%), e i diterpeni risultano del tutto assenti.

Sono disponibili in letteratura diversi studi sulla composizione chimica degli oli essenziali di altre specie appartenenti al genere *Astragalus* (Tabella A31). Per evidenziare eventuali analogie compositive, sono state eseguite analisi delle Componenti Principali (PCA) e Analisi Cluster Gerarchica (HCA) sull'OE di *A. nebrodensis* e sui dati reperiti in letteratura (Tabella A32). Le analisi sono state condotte considerando le classi di composti con contributo significativo, come indicato dal loading plot della PCA: monoterpeni idrocarburi (MH), monoterpeni ossigenati (OM), sesquiterpeni idrocarburi (SH), sesquiterpeni ossigenati (OS), diterpeni (DI), alcoli (AL), aldeidi e chetoni (AK), acidi grassi e loro esteri (FE), idrocarburi (HY) e altri composti (O).

Per gli oli essenziali di *Astragalus*, come mostrato in Fig. 2.56, tutte le variabili hanno influenzato le componenti PC1 e PC2. La PC1 (39,6%) è caratterizzata principalmente da MH e OM a punteggio positivo, seguiti in misura minore da HY e AL; a punteggio negativo, la PC1 è associata soprattutto a DI e FE. La PC2 (29,6%) presenta un punteggio positivo correlato principalmente ad AK, O e AL, mentre il punteggio negativo è ancora determinato da DI e FE.

L'HCA, basata sulla distanza euclidea tra gruppi, ha individuato cinque cluster (da 1 a 5, Fig. 2.57) con similarità ≤ 25 , mentre gli altri campioni non si raggruppano tra loro.

Cluster 1 comprende due soli campioni (A16 e A17), caratterizzati da un'elevata percentuale di MH (53,2–65,1%) e basse percentuali di tutte le altre classi. Il campione A14 appare vicino a questo gruppo nel grafico PCA, ma non rientra nel cluster secondo l'HCA (similarità ≤ 25), in quanto, pur presentando MH elevati (46,6%), la sua classe principale è OM (51,0%).

Cluster 2 include i campioni A5 e A9, caratterizzati da un alto contenuto di FE (36,1–41,8%) come classe predominante, seguita da elevate percentuali di DI (32,0–32,6%).

Cluster 3, comprendente A6, A7, A8 e A18, presenta composizioni con alte percentuali di DI (29,4–39,5%). Sebbene i cluster 2 e 3 non risultino uniti con similarità ≤ 25 , la loro affinità è confermata dall'analisi statistica: incrementando la soglia di similarità al 30%, i due cluster si uniscono in un unico gruppo (Fig. 2.56 e 2.57, linea tratteggiata).

Cluster 4 comprende i campioni A1 e An (quest'ultimo oggetto del presente studio), caratterizzati da elevate percentuali di AK (45,2–52,5%) come classe principale e O come seconda classe (22,8–29,4%). Tuttavia, i composti maggioritari differiscono: in An l'aldeide principale è *trans*-2-esenale (16,4%), mentre in A1 è 3-metilbenzaldeide (15,3%); per la classe O, A1 presenta miristicina (29,4%) come costituente principale, mentre An è ricco in composti furfurali (19,2%). Il 2-pentilfurano, appartenente alla classe dei furani, è comune in diversi alimenti e bevande sottoposti a trattamento termico, agisce come metabolita di specie del genere *Aspergillus* e come metabolita urinario umano. Ecologicamente, è anche un metabolita batterico e possiede proprietà insettifughe, in particolare contro *Drosophila suzukii* (Cha et al. 2021). È stato identificato come costituente principale dell'OE di *Cytisus aeolicus* (Sgadari et al. 2023), altra specie della famiglia Fabaceae, e in quantità minori in oli essenziali di specie Asteraceae (Savoca et al. 2025; Sgadari et al. 2025b).

Cluster 5 comprende i campioni A3, A10, A11 e A13, caratterizzati da valori bassi o medi nella maggior parte delle classi. Tra questi, A10, A11 e A13 mostrano maggiore somiglianza tra loro che con A3, avendo AK come classe predominante e basse percentuali di MH e OM, completamente assenti in A3. L'analisi di similarità conferma questa distinzione: applicando una soglia ≤ 20 , A3 non rientra più nel cluster 5 (Figure 2.56 e 2.57, linea puntinata).

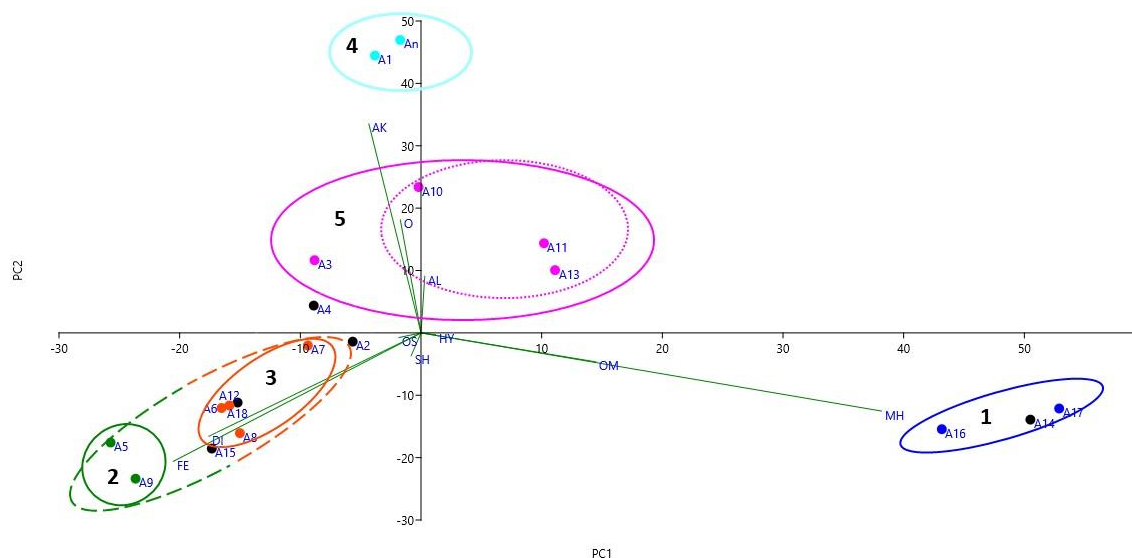


Figura 2.563 Analisi delle Componenti Principali (PCA) della composizione dell'olio essenziale di diverse specie di *Astragalus* basata sulle principali classi di composti. I vettori mostrati rappresentano gli autovettori della matrice di covarianza. La linea continua corrisponde al cut-off HCA = 25; la linea tratteggiata corrisponde al cut-off HCA = 30; la linea punteggiata corrisponde al cut-off HCA = 20.

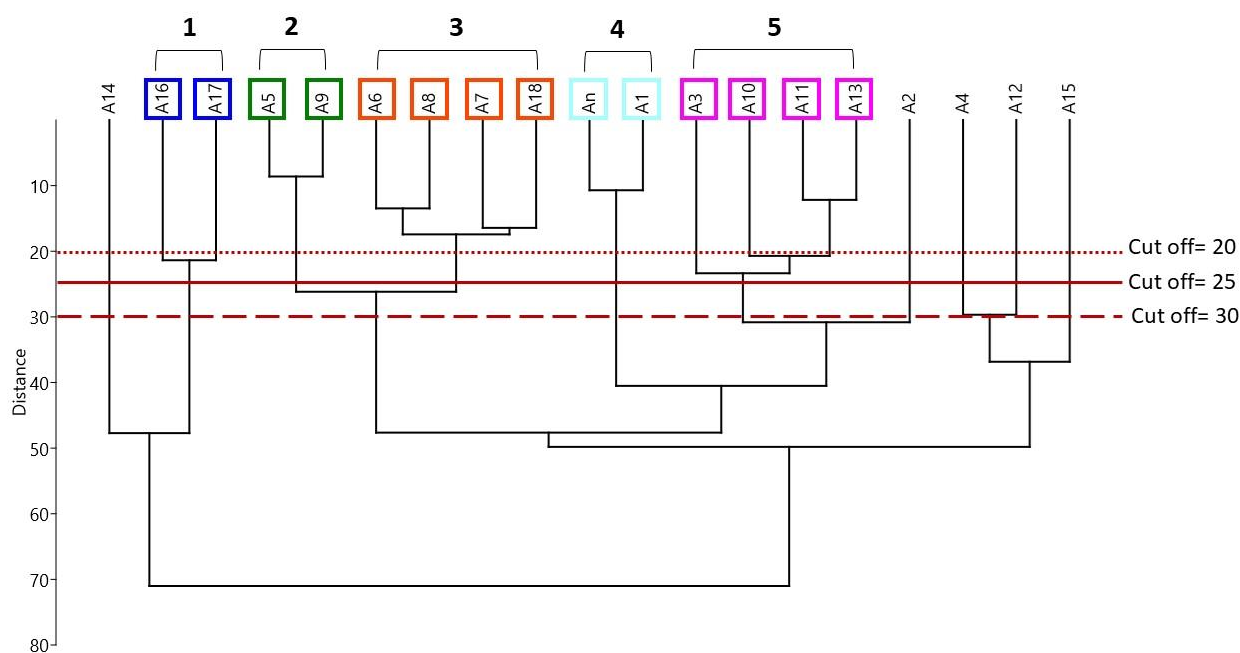


Figura 2.57. Dendrogramma ottenuto mediante HCA basata sulle distanze euclidee tra i gruppi 1, 2, 3, 4 e 5. La linea rossa continua corrisponde al cut-off = 25; la linea rossa tratteggiata corrisponde al cut-off = 30; la linea rossa punteggiata corrisponde al cut-off = 20.

2.2.3.2 *Cytisus* Desf.

La tribù Cytiseae Bercht. & J. Presl [= Genisteae (Adans.) Benth.] della famiglia Fabaceae e il genere *Cytisus* Desf. sono stati oggetto, negli ultimi anni, di numerosi studi tassonomici. Infatti, le specie di *Cytisus* sono state variamente circoscritte, da definizioni molto ampie (Polhill, 1976) a delimitazioni più ristrette (Frodin e Heywood, 1968; Talavera et al. 1999), con il riconoscimento di diversi generi più piccoli aggiuntivi (ad es., *Chamaecytisus* Link, *Calicotome* Link, *Sarothamnus* Wimm., *Coroethamnus* (W.D.J. Koch) C. Presl, *Chronanthus* (DC.) C. Koch, *Spartocytisus* Webb & Berthel., *Lembotropis* Griseb.). Trattamenti tassonomici basati su pochi caratteri e/o poche specie si sono spesso rivelati contraddittori, a causa del complesso e reticolato modello di diversificazione delle Cytiseae (Cristofolini, 1997), probabilmente connesso con l'origine poliploide della maggior parte delle Cytiseae (Cubas et al. 2001).

Solo ventinove taxa di *Cytisus* hanno attualmente rango di specie accettate (POWO, 2025) e l'areale naturale di questo genere comprende le Isole Canarie, l'Europa fino al Mediterraneo, il Marocco, l'Algeria e la Tunisia.

Diverse specie del genere sono utilizzate nella medicina popolare di vari Paesi. *Cytisus multiflorus* (L'Hér.) Sweet, *C. scoparius* (L.) Link e *C. striatus* (Hill) Rothm. sono presenti nella flora spontanea portoghese e utilizzate in fitoterapia per le loro proprietà biologiche, talvolta anche come condimento alimentare. Relativamente al consumo alimentare, sebbene sia riportato che i fiori e i semi di *C. scoparius* siano edibili, le specie appartenenti al genere *Cytisus* sono tendenzialmente considerate velenose per la presenza di composti tossici, come alcuni alcaloidi.

L'utilizzo etnobotanico è il più comune ed anche il maggiormente studiato. Queste specie sono note per le proprietà antinfiammatorie; infusi, decotti e tonici preparati da fiori freschi o essiccati all'ombra vengono impiegati per il trattamento di danni respiratori, gastrointestinali e cutanei. Sono inoltre usati per controllare diabete e colesterolo (Pinela et al. 2011). I fiori di *C. multiflorus* ("*Genista branca*") sono impiegati nella medicina tradizionale portoghese come diuretico, per trattare problemi dell'apparato urinario e contro l'ipertensione (Giao et al. 2007). *Cytisus scoparius*, noto anche come *Sarothamnus scoparius*, è una pianta ben nota in Ayurveda, utilizzata come diuretico, ipnotico e sedativo, antidiabetico e epatoprotettivo (Raja et al. 2007). È inoltre una pianta ampiamente usata nella medicina tradizionale cinese, per nutrire lo Yin e rinvigorire cuore e fegato. È considerata anche un tonico cardiaco stimolante e diuretico, e riportata come rimedio utile nella gestione di insufficienza cardiaca ed edema cardiaco (Bouziane et al. 2018). Sull'isola di Madeira, un'infusione delle parti aeree di *Genista tenera* (Jacq. ex Murray) Kuntze (sin. *Cytisus tener* Jacq. ex Murray) viene utilizzata per il trattamento del diabete (Rauter et al. 2009).

Cytisus triflorus L'Hérit (accettato come *Cytisus villosus* Pourr.) è comunemente noto in Algeria come "Ilougui", "Gikio", "bouharis", "el lougui" o "tellouguet" e le sue foglie sono usate nella medicina tradizionale per trattare dolori addominali, per la cicatrizzazione delle ferite, contro le dermatofitosi e come emostatico. Inoltre, le foglie sono usate come "henné" per trattare e tingere i capelli (Ait-Kaci Aourahoun et al. 2015; 2016). L'uso tradizionale di *C. villosus* è stato riportato anche in Marocco per il controllo dell'ipertensione (Bouziane et al. 2018).

Le indagini fitochimiche sulle specie di questo genere hanno evidenziato la presenza di diversi metaboliti appartenenti a gruppi molto diversificati e dotati di proprietà farmacologiche e tossicologiche, inclusi alcaloidi, carotenoidi, vitamine, zuccheri, acidi grassi, composti fenolici e terpenoidi (Sundararajan & Koduru, 2014; Larit et al. 2018a; Kurihara & Kikuchi, 1980).

In Sicilia (Italia) sono presenti solo tre specie di *Cytisus*: *C. scoparius* (L.) Link subsp. *scoparius*, *C. villosus* e *C. aeolicus* Guss. (Euro+Med PlantBase, 2025; Giardina et al. 2007), oggetto del presente lavoro (Fig. 2.58).

Cytisus scoparius, o ginestrone, è un arbusto perenne deciduo che raggiunge 1-2 metri di altezza e può vivere fino a 15

anni. Ha portamento quasi completamente verticale, con pochi rami a crescita orizzontale. Produce numerosi piccoli fiori gialli che fioriscono tra marzo e maggio nell'emisfero settentrionale, raggruppati vicino alla base delle foglie e al fusto. I pedicelli, che collegano i fiori al fusto, sono lunghi meno di 1,5 cm. Il calice, che sostiene il fiore, è composto da tre sepali. Il fiore appare con quattro petali gialli esterni, con un petalo apparentemente formato dalla fusione di due petali, disposto a formare uno sfondo per gli altri tre. Le foglie compaiono in primavera dopo i fiori e cadono in autunno (Bossard et al. 2000). Il ginestrone è originario dell'Europa e dell'Africa occidentale; in Europa si estende dall'Inghilterra agli Urali, e dalla Svezia al Mediterraneo, su suoli moderatamente lisciviati di brughiere, praterie acide e dune interne (Williams, 1981).

C. villosus è un arbusto alto 1-2 m, con fusti eretti che si diramano in numerosi rametti. I giovani rami sono angolosi e ricoperti da lunghi peli bianchi. Fiorisce in aprile-maggio, con grandi fiori gialli a corolla papilionacea striata. È diffuso in Algeria, Francia, Italia, Spagna, Portogallo e Tunisia (Larit et al. 2018a).

C. aeolicus è una specie sempreverde arborea rarissima, endemica delle Isole Eolie. Per i suoi numerosi caratteri distintivi e la notevole distanza genetica dai parenti più prossimi, Cristofolini e Troia (2006) l'hanno collocata nella sezione monotipo *Dendrocyttus*. La presenza di *C. aeolicus* nelle Isole Eolie è nota da millenni: fu infatti descritta dal botanico greco Teofrasto già nel IV secolo a.C. Più recentemente, la specie fu "riscoperta" sulle isole di Stromboli e Vulcano nella primavera del 1828. Pochi decenni dopo fu osservata anche a Lipari, ma questa popolazione probabilmente si estinse già alla fine del XIX secolo. Antiche mappe indicavano la presenza di *C. aeolicus* anche ad Alicudi, dove effettivamente fu ritrovata nel 2002 con una piccola popolazione stimata in circa 30 individui (Zaia et al. 2020).

Oltre settanta composti, tra cui alcaloidi chinolizidinici, alchenoli, benzenoidi, fenilpropanoidi, flavonoli, carotenoidi, composti aliciclici, alchetoni, steroidi e lipidi, sono stati rilevati in *C. scoparius*. La loro presenza e le numerose proprietà biologiche della pianta sono state oggetto di revisione (Sundararajan & Koduru, 2014). Le ricerche sui metaboliti non volatili di *C. villosus* hanno riguardato l'identificazione di flavonoidi, terpenoidi e composti fenolici, nonché la valutazione delle sue attività antiossidante, antimicrobica, antiproliferativa, antimalarica, antileishmaniale e antitripanosomale (Ait-Kaci Aourahoum et al. 2015; Benabderrahmane et al. 2020; Bouziane et al. 2018; Larit et al. 2018a; 2018b; 2019). Altri lavori riportano ricerche sui suoi oli essenziali (Aourahoum et al. 2013; Daghbouche et al. 2020), di cui si discuterà più avanti. Tuttavia, non esistono studi pubblicati sulle accessioni siciliane di queste specie. Per quanto a nostra conoscenza, *C. aeolicus* non è mai stato oggetto di indagini chimiche.

Nel quadro delle nostre ricerche in corso sulle piante siciliane, sono qui riportate le composizioni chimiche degli oli essenziali ottenuti dalle parti aeree di tutti e tre i taxa di *Cytisus* che crescono spontanei in Sicilia.

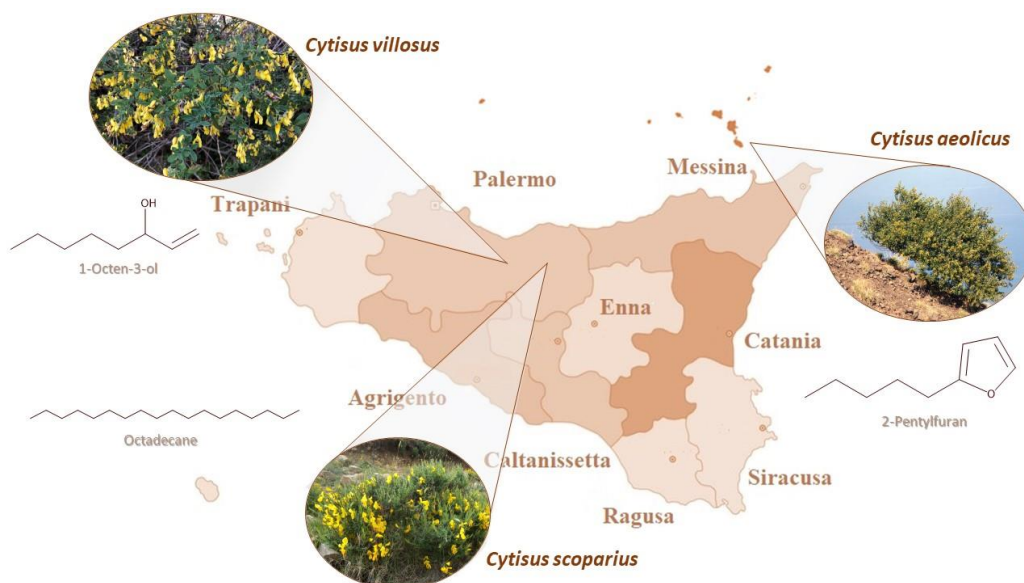


Figura 2.58.4 I tre taxa di *Cytisus* che crescono spontanei in Sicilia.

L'idrodistillazione delle parti aeree fiorite di *C. scoparius* ha prodotto un olio di colore giallo pallido (resa 0,09% p/p) (Cs). Complessivamente, sono stati identificati ventotto composti, che rappresentano il 94,1% dei componenti totali, elencati nella Tabella A33 secondo i rispettivi indici di ritenzione su colonna DB-5MS e classificati in sei classi sulla base della loro struttura chimica. La classe più abbondante è risultata quella degli "altri composti" (59,5%), con 1-octen-3-olo (45,9%) come metabolita principale, seguito da 2-pentilfurano (6,6%). I composti carbonilici hanno rappresentato la seconda classe più abbondante (22,2%), con esanale (10,7%) e 2-esenale (4,3%) come costituenti principali. I monoterpeni ossigenati hanno rappresentato il 9,4%, con eugenolo (5,5%) come componente maggiore.

Il primo studio sui componenti chimici dell'olio essenziale dai fiori di *C. scoparius* L. risale al 1980 (Kurihara & Kikuchi, 1980). Anche in quel caso, 1-octen-3-olo ed eugenolo figuravano tra i principali composti, come in Cs, sebbene altri metaboliti quali (E)-3-esen-1-olo, alcol benzilico, alcol feniletilico, fenolo, cresoli, guaiacolo, acido isovalerico, acido benzoico, acido palmitico, otto acidi grassi e n-paraffine fossero assenti in Cs. Inoltre, dal residuo post-estrazione dell'olio essenziale furono isolati altri composti come orobolo, genisteina, quercetina, kaempferolo, aesculetina, acido p-cumarico e acido caffeico. Uno studio del 1997 si focalizzò invece su un composto aromatico proveniente dai fusti di questa pianta, responsabile di un caratteristico odore (Tominaga & Dubourdieu, 1997). Tale composto aromatico venne identificato come un tiolo, il 4-mercapto-4-metilpentan-2-one, con una concentrazione massima fino a 16 ng/g di fusto fresco.

L'idrodistillazione delle parti aeree fiorite di *C. villosus* ha prodotto un olio giallo pallido (resa 0,09% p/p) (Cv). Complessivamente, sono stati identificati diciotto composti, pari al 96,6% dei componenti totali, elencati nella Tabella A33 secondo i loro indici di ritenzione su colonna DB-5MS e classificati in sei classi chimiche. In questo caso, la classe più abbondante è risultata quella degli idrocarburi (52,0%), con ottadecano (15,8%), docosano (13,3%), eicosano (9,4%) e nonadecano (8,8%) come metaboliti principali. I monoterpeni ossigenati hanno rappresentato il 15,1%, con eugenolo (9,0%) come composto maggiore. Gli acidi e derivati (14,0%) sono rappresentati esclusivamente dall'acido miristico, secondo composto più abbondante dell'olio.

L'olio essenziale delle parti aeree di *C. villosus* raccolto nel Nord dell'Algeria (Aourahoum et al. 2013) ha mostrato un profilo piuttosto diverso rispetto a Cv. In quel caso, i monoterpeni ossigenati rappresentavano la classe principale (39,1%),

con linalolo (20,9%), geraniolo (6,5%) e α -terpineolo (6,4%) come componenti maggiori. Gli idrocarburi erano presenti in quantità limitata (6,8%) e, tra gli acidi e derivati (11,9%), l'acido esadecanoico (5,6%) era il principale costituente. Un altro studio ha riportato la composizione chimica dell'olio essenziale delle parti aeree fiorite di *C. villosus* cresciuto nel sud dell'Algeria (Daghbouche et al. 2020). Anche questa accessione risultava particolarmente ricca di monoterpeni ossigenati (65,9%), con linalolo (28,2%), geraniolo (27,7%) e carvacrolo (3,1%) come principali costituenti. I monoterpeni idrocarburi (5,7%) erano presenti in quantità moderata, con γ -terpinene (4,9%) come metabolita predominante della classe. Al contrario, idrocarburi (2,7%) e acidi e derivati (6,4%) risultavano scarsamente rappresentati. L'idrodistillazione delle parti aeree fiorite di *C. aeolicus* ha prodotto un olio giallo pallido (resa 0,09% *p/p*) (**Ca**). Complessivamente, sono stati identificati quindici composti, che rappresentano il 93,9% dei componenti totali, elencati nella Tabella A33 secondo gli indici di ritenzione su colonna DB-5MS e classificati in cinque classi in base alla struttura chimica. L'olio era caratterizzato da un'elevata presenza di derivati furannici: 2-pentilfurano (39,9%) e (Z)-2-(2-pentenil)furano (10,5%), entrambi appartenenti alla classe degli "altri composti" (52,0%), la principale dell'olio. I composti carbonilici costituivano il 19,6%, con nonanale (18,5%) come componente principale. Il limonene (5,5%) era il monoterpene idrocarburi più abbondante (12,8%), mentre idrocarburi, sesquiterpeni idrocarburi, monoterpeni ossigenati (0,9%) e acidi e derivati (1,3%) erano praticamente assenti. Il 2-pentilfurano, principale costituente di **Ca**, appartiene alla classe dei furani; si trova in molti alimenti e bevande sottoposti a processi termici e svolge ruoli come metabolita di *Aspergillus*, metabolita urinario umano, componente di oli volatili, agente aromatizzante, metabolita batterico e repellente per insetti, ad esempio contro *Drosophila suzukii* (Cha et al. 2021).

Per quanto a nostra conoscenza, solo un altro lavoro è stato pubblicato sulla composizione chimica degli oli essenziali di taxa di *Cytisus*, riguardante *C. sessilifolius* (Senatore et al. 2004), specie oggi trasferita al genere *Cytisophyllum* (*Cytisophyllum sessilifolium* (L.) O. Lang), in cui acidi e derivati (43,1%) e idrocarburi (33,1%) rappresentavano i metaboliti principali.

2.2.3.3 *Onobrychis* Miller

Il genere *Onobrychis* Miller (Hedysareae, Fabaceae), che comprende oltre 200 specie perenni e annuali accettate a livello mondiale (POWO, 2025), è distribuito dall'Europa alla Mongolia e all'Himalaya, nella Penisola Arabica, in Etiopia, con l'area del Mediterraneo orientale e l'Asia occidentale considerate i principali centri di diversità (Lock, 2005). Il genere è stato tradizionalmente suddiviso in due sottogeneri: *Onobrychis*, con quattro sezioni [*Onobrychis*, *Dendrobrychis* D.C., *Lophobrychis* Hand.-Mazz. e *Laxiflorae* (Širj.) Rech.f.], e *Sisyrosema* (Bunge) Grossh., con cinque sezioni [*Heliobrychis* Bunge ex Boiss., *Hymenobrychis* D.C., *Afghanicae* Širj., *Anthyllium* Nábělek e Insignes (Širj.) Rech.f.] (Rechinger, 1984). Tuttavia, sulla base di dati molecolari, uno studio più recente ha modificato tale classificazione (Amirahmadi et al. 2016), suddividendo il sottogenere *Onobrychis* in sole due sezioni (*Onobrychis* e *Hemicyclobrychis* Širj.) e il sottogenere *Sisyrosema* in sette sezioni (*Heliobrychis*, *Hymenobrychis*, *Afghanicae*, *Insignes*, *Lipskyanae* (Širj.) Amirah. & Kaz. Osaloo, *Laxiflorae* (Širj.) Rech.f. e *Litvinovianae* (Širj.) Amirah. & Kaz. Osaloo).

Specie di *Onobrychis* (sainfoin), come *Onobrychis viciifolia* Scop. e *Onobrychis montana* DC., sono state utilizzate per secoli in varie parti del mondo come foraggio per ruminanti, sia al pascolo sia sotto forma di fieno. I semi di sainfoin sono stati inoltre studiati come fonte alimentare per animali monogastrici, risultando un integratore particolarmente ricco di proteine (Craine et al. 2024; Pieroni & Giusti, 2009), mentre non sono riportati usi alimentari per gli umani.

L'uso etnofarmacologico di piante appartenenti a questo genere è documentato in diverse aree geografiche. Nei villaggi

curdi della regione di Choman-Erbil (Iraq), le foglie schiacciate di *O. carduchorum* C.C. Towns. vengono comunemente impiegate per il trattamento di ferite e come antinfiammatorio. Un uso simile è riportato per *O. carduchorum* C.C. Towns. e *O. altissima* Grossh. (nome vernacolare “Koringa”) nella regione di Çatak, in Turchia, dove un decotto dell’intera pianta è utilizzato per pulire ferite infette e per curare emorragie (Mükemre et al. 2015).

Dal punto di vista fitochimico, flavonoidi, isoflavonoidi, glicosidi flavonolici acilati e tannini condensati rappresentano i principali composti non volatili identificati in *O. viciifolia* Scop. (Ingham, 1978; Lu et al. 2000; Veitch et al. 2011), *O. carduchorum* C.C. Towns. (Clericuzio et al. 2020) e *O. argyrea* Boiss. (Yeniçeri et al. 2024).

Diverse proprietà biologiche sono state documentate per differenti specie del genere, tra cui attività antidiabetica (*O. galegifolia* Boiss., *O. albiflora* Hub.-Mor., *O. tournefortii* (Willd.) Desv., *O. argyrea* Boiss. subsp. *argyrea* Boiss.) (Ozbek et al. 2019), antiossidante e antimicrobica (*O. armena* Boiss. & Huet, Karakoca et al. 2015; *O. silvanensis* sp. nov., Körfeci & Hoşgören, 2025; *O. sosnowskyi* Grossh., *O. viciifolia*, *O. melanotricha* Boiss., Karamian et al. 2016). Sono inoltre riportate attività antibatteriche e antitumorali per le parti aeree di *O. oxydonta* Boiss. (Usta et al. 2014), effetti antiossidanti e antiproliferativi degli oli essenziali idrodistillati da *O. carduchorum* (Amin et al. 2023) e attività antidiabetica, anti-Alzheimer e anticancro di *O. argyrea* (Yeniçeri et al. 2024).

Al contrario, pochissimi studi sono stati condotti sugli oli essenziali isolati da specie di *Onobrychis*, e tali risultati saranno discussi più avanti.

In Algeria sono presenti sette taxa: *Onobrychis alba* subsp. *mairei* (Širj.) Maire, *Onobrychis caput-galli* Lam., *Onobrychis conferta* (Desf.) Desv. subsp. *conferta*, *Onobrychis cristagalli* (L.) Lam., *Onobrychis paucidentata* Pomel, *Onobrychis viciifolia* Scop. e *Onobrychis kabylica* (Bornm.) Širj. (The Euro+Med PlantBase, 2025). Quest’ultima, oggetto del presente studio, non era mai stata precedentemente analizzata.

***Onobrychis kabylica* (Bornm.) Širj.**

Onobrychis kabylica (Bornm.) Širj. [sin. *Onobrychis hypargyrea* subsp. *kabylica* Bornm.; *Onobrychis pallasii* subsp. *kabylica* (Bornm.) Maire] (POWO, 2025) (Fig. 2.59) appartiene alla sezione *Hymenobrychis* DC., che comprende generalmente piante perenni con racemi multiflori, vessillo pubescente sul dorso, ovario solitamente ricurvo, margine del legume con due file di denti (raramente inerme). Questa ampia sezione è centrata in Asia e Nord Africa, con pochi rappresentanti marginali in Europa (Tutin et al. 1981). *O. kabylica* cresce principalmente nel bioma temperato e il suo areale naturale comprende Marocco, Algeria e Tunisia (POWO, 2025).



Figure 2.59 Illustrazione di *Onobrychis kabylica* raccolta nella regione di Sétif, nell’aprile 2024

Nell'ambito delle ricerche in corso sulla flora algerina (Derbak et al. 2023; 2024; Lakhdari et al. 2024), il presente lavoro riporta l'analisi della composizione chimica dell'olio essenziale isolato dalle parti aeree di *Onobrychis kabylica* raccolta in Algeria.

L'idrodistillazione delle parti aeree di *Onobrychis kabylica* ha prodotto un olio essenziale (**Ok**) di colore giallo pallido. In totale, sono stati identificati quarantanove composti, che rappresentano il 96,0% della composizione complessiva. Questi costituenti, riportati in dettaglio nella Tabella A34, sono elencati in base ai loro indici di ritenzione su colonna DB-5MS e suddivisi in sei distinte classi chimiche in funzione della loro struttura molecolare.

Il campione **Ok** è risultato particolarmente ricco in monoterpeni ossigenati (44,4%). I composti più abbondanti di questa classe e dell'intero olio sono risultati essere il verbenone (14,0%) e il borneolo (10,4%). Tra gli idrocarburi sesquiterpenici (24,8%), il β -cariofillene (8,4%) è stato identificato come costituente principale, seguito da germacrene D (3,2%), viridiflorene (3,1%) e δ -cadinene (3,0%). Per quanto riguarda le altre classi, si segnala la presenza, in quantità rilevante, di dodecanale (4,6%), appartenente alla classe delle aldeidi (6,7%).

Dall'analisi della letteratura presente ad oggi, solo altri due lavori trattano la composizione chimica degli oli essenziali di taxa del genere *Onobrychis*.

L'olio essenziale ottenuto dalle parti aeree fiorite di *Onobrychis armena* Boiss. & Huet, raccolte nella provincia di Konya (Turchia), ha mostrato una predominanza di acidi grassi, con acido n-esadecanoico (56,6%), acido 9,12-ottadecanoico (9,0%) e acido tetradecanoico (6,8%) come principali rappresentanti. Tra gli altri componenti, solo l'esaidro-farnesil acetone (5,2%) merita menzione (Karataş et al. 2022).

L'olio essenziale delle parti aeree di *Onobrychis carduchorum* C.C. Towns., raccolte in Iraq, ha invece presentato un profilo più interessante (Amin et al. 2023). Infatti, è risultato ricco sia in idrocarburi monoterpenici (29,2%) sia in monoterpenoidi ossigenati (25,3%), analogamente all'olio essenziale di *O. kabylica* (**Ok**), sebbene i profili dei due oli differiscano completamente. I principali costituenti dell'olio di *O. carduchorum* erano α -pinene (23,1%), β -elemene (17,3%), 1,8-cineolo (12,1%), furfurale (7,9%), 4-terpineolo (6,32%) e limonene (4,1%), dei quali soltanto α -pinene e 4-terpineolo sono presenti in **Ok**, e in quantità piuttosto ridotte (0,5% e 1,2%, rispettivamente).

2.2.4 Lamiaceae

La famiglia Lamiaceae (o Labiatae) rappresenta uno dei gruppi di piante più ampi e rilevanti tra le dicotiledoni, sia per la ricchezza di specie sia per la varietà di applicazioni tradizionali e moderne (Venkateshappa & Sreenath, 2013). Questa famiglia, comunemente nota come "famiglia della menta", include oltre 230 generi e tra le 6.900 e le 7.200 specie distribuite a livello globale, con un centro di diversità localizzato nell'area mediterranea (Yuan et al. 2010).

Dal punto di vista morfologico, le Lamiaceae comprendono prevalentemente specie erbacee annuali o perenni e piccoli arbusti, caratterizzate da fusti tipicamente tetragonali e da foglie opposte. Sulle parti aeree sono presenti numerosi tricomi ghiandolari responsabili della produzione di oli essenziali, che conferiscono alle piante il tipico aroma intenso. L'infiorescenza più frequente è il verticillastro, costituito da cime dicasiali compatte, mentre il frutto, raramente drupaceo, è per lo più un achenio, uno schizocarpo o una nucula (Das et al. 2023).

La presenza di oli volatili e composti aromatici è uno degli elementi distintivi della famiglia. Tali metaboliti secondari, oltre a svolgere un ruolo ecologico nella difesa della pianta, sono alla base delle numerose applicazioni fitoterapiche, alimentari, cosmetiche e industriali. Le Lamiaceae sono infatti tra le famiglie vegetali più utilizzate nella produzione di

oli essenziali, aromi e sostanze bioattive.

Generi come *Lavandula*, *Thymus*, *Salvia*, *Rosmarinus* (oggi incluso in *Salvia*), *Mentha*, *Ocimum* e *Origanum* rivestono un ruolo fondamentale sia nella medicina tradizionale sia nell'industria alimentare e cosmetica. In particolare, *Lavandula angustifolia* e *L. stoechas* rappresentano due delle specie più coltivate per la produzione di oli essenziali ad alto valore commerciale (Qureshi et al. 2024). Alcune specie della famiglia Lamiaceae sono utilizzate come erbe culinarie e coltivate per le loro foglie commestibili, ad esempio basilico (*Ocimum* spp.), menta (*Mentha × piperita* L.), rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.), salvia (*Salvia officinalis* L.), santoreggia (*Satureja hortensis* L.), maggiorana (*Origanum majorana* L.), origano (*Origanum vulgare* L.), timo (*Thymus vulgaris* L.), lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) e perilla (*Perilla frutescens* (L.) Britton) (Licina et al. 2013).

Dal punto di vista etnobotanico, le Lamiaceae occupano una posizione centrale nelle pratiche terapeutiche e culinarie di numerose culture, in particolare nel bacino del Mediterraneo, in Asia sud-occidentale e nel Nord Africa (de Elguea-Culebras et al. 2022; Gülçin et al. 2004). Le specie aromatiche di questa famiglia sono spesso utilizzate come spezie, infusi, decotti o oli, e sono apprezzate sia per le loro proprietà salutistiche sia per le caratteristiche organolettiche. Tra queste vi è *Ballota nigra*, originaria dell'Europa e dell'Asia e naturalizzata in Nord America. A questa pianta vengono attribuite proprietà benefiche contro nausea, palpitazioni cardiache, tosse persistente, disturbi del sistema nervoso e agitazione; è inoltre tradizionalmente impiegata, in particolare, come sedativo lieve per l'insonnia sia nei bambini sia negli adulti (Marovi, 2022). Un altro esempio è rappresentato dall' *Origanum vulgare*, diffuso in Grecia, Turchia e più in generale nell'area mediterranea, rappresenta una specie vegetale di notevole interesse per il suo valore medicinale, economico ed ambientale.

Gli oli essenziali delle Lamiaceae sono prevalentemente costituiti da monoterpeni e sesquiterpeni. Nell'origano, i principali componenti, *p*-cimene e γ -terpinene, si trovano in associazione a carvacrolo e timolo, sostanze responsabili delle proprietà biologiche della pianta (Skoufogianni et al. 2019)

Anche il *Rosmarinus officinalis* si distingue per la ricchezza di metaboliti secondari, determinanti per il suo utilizzo terapeutico. Tra questi rientrano i flavonoidi (come omoplantaginina, cirsimarina, genkwanina, galocatechina, nepitrina, esperidina e derivati della luteolina), i derivati degli acidi fenolici (ad esempio l'acido rosmarinico) e diversi oli essenziali, tra cui 1,8-cineolo, α -pinene, canfene, α -terpineolo e borneolo (Karim et al. 2017).

Il connubio tra l'aroma gradevole e le proprietà medicinali rendono molte piante della famiglia delle Lamiaceae alimenti funzionali, in grado di fornire nutrienti essenziali come gli acidi grassi omega-3, benefici per la salute cardiovascolare (Saleem et al. 2024; Campinho et al. 2023; Yasir et al. 2022). L'integrazione di queste erbe nella dieta quotidiana ha il potenziale di migliorare la salute cardiovascolare e ridurre il rischio di insorgenza di malattie (Chakrabartty et al. 2022).

2.2.4.1 *Nepeta* L.

Il genere *Nepeta* L. rappresenta uno dei più ampi all'interno della famiglia delle Lamiaceae, sottotribù Nepetoideae, e comprende circa 300 specie accettate di piante erbacee perenni, raramente annuali (POWO, 2025). La maggior parte di esse è diffusa in gran parte dell'Europa centrale e meridionale, del Vicino Oriente, dell'Asia centrale e meridionale e in alcune aree dell'Africa. Le principali aree di diversità si collocano nell'Asia sud-occidentale, in particolare in Turchia e Iran, e nella regione dell'Himalaya occidentale, incluso l'Hindu Kush. L'Iran, in particolare, è uno dei centri di origine del genere, con 75 specie, note localmente con il nome persiano "Punesa", di cui circa il 53% endemiche (Jamzad et al. 2003).

L'uso delle specie di *Nepeta* nella medicina popolare iraniana è ampiamente documentato e comprende proprietà diuretiche, antitussive, antispasmodiche, antisettiche, astringenti, anti-asmatiche, febbrifughe, emmenagoghe e sedative. *Nepeta crispa* Willd. è impiegata anche come erba culinaria (Zargari, 1990). Le foglie fresche di alcune specie endemiche della Grecia meridionale e di Cipro, come *Nepeta parnassica* Heldr. & Sartori e *Nepeta troodi* Holmboe (sin. *Nepeta italica* subsp. *troodi* (Holmboe) A.L.Budantsev), vengono masticate per alleviare il mal di denti, mentre la macerazione alcolica delle foglie è utilizzata per contusioni e dolori reumatici (Arnold et al. 1993a; 1993b). *Nepeta caesarea* Boiss., endemica della Turchia, è consumata come tisana nella medicina popolare dell'Anatolia meridionale per trattare disturbi gastrici (Zargari, 1990).

La specie più studiata è senza dubbio *Nepeta cataria* L., nota come “Catnip” o “Catmint” per l'effetto attrattivo sui gatti, diffusa nel Mediterraneo orientale, in Asia meridionale e in Cina. Nel XVII secolo veniva impiegata come tonico e disinfettante per la rinite; più recentemente è stata utilizzata come antispasmodico, carminativo, diaforetico, emmenagogo, sedativo leggero, stomachico, stimolante e come rimedio per disturbi gastrointestinali e respiratori quali coliche, diarrea, tosse, asma e bronchite (Duke, 2002). Sebbene questa specie sia nota per il consumo destinato agli animali, le foglie sono commestibili anche per l'uomo e possono essere consumati crude o essiccate come insaporitori (PFAF, 2025).

Tra i metaboliti non volatili principali delle specie di *Nepeta* si annoverano iridoidi e relativi glucosidi (nepetalatttoni), diterpeni, triterpeni e flavonoidi, le cui proprietà biologiche sono state ampiamente revisionate (Formisano et al. 2011a; Süntar et al. 2018; Sharma et al. 2021). Essendo piante aromatiche, le *Nepeta* sono ricche di oli essenziali, prevalentemente monoterpenoidi (Sharma & Singh Cannoo, 2013), impiegati tradizionalmente per il trattamento di dissenteria, problemi dentali, otalgie, patologie renali ed epatiche, nonché disturbi cardiovascolari come trombosi cardiaca, tachicardia, angina pectoris e insufficienza cardiaca. Sono inoltre utilizzati come febbrifughi, sedativi, antisettici, antitosse, diaforetici, anti-asmatici e antiossidanti (Tepe et al. 2007; Sajjadi, 2005; Dabir & Sefidkon, 2003).

***Nepeta apuleii* Ucria**

Nepeta apuleii Ucria (sin. *Glechoma apuleii* (Ucria) Kuntze; *Nepeta acerosa* Webb; *Nepeta rosea* Salzm. ex Benth.; *Nepeta multibracteata* var. *ballii* Batt.) (Fig. 2.60) (The Euro+Med PlantBase, 2025) è una specie perenne piuttosto rara (Dominguez Lozano et al. 2003) con fusti alti 30–80 cm, semplici e puberulenti. Le foglie, lunghe 3–6 cm, sono ovate o ovato-lanceolate, cordate alla base e scarsamente pubescenti; quelle superiori sono sessili. Le infiorescenze, simili a spighe, talvolta ramificate, portano numerosi fiori; le brattee, di 9–12 × 3–5 mm, sono ovate o ovato-lanceolate, acute, rigide e di colore porpora-rossastro. Il calice (8–10 mm) presenta denti profondamente incisi, lunghi quanto o più del tubo; la corolla (12–14 mm) è di colore rosa.



Figura 2.60. *Nepeta apuleii*

La specie cresce principalmente in biomi subtropicali ed è nativa della Spagna meridionale, della Sicilia e dell'Africa nord-occidentale (Tutin et al. 1972).

In Marocco, tra le popolazioni berbere, *N. apuleii*, nota come “questal”, è usata insieme ad altre specie del genere per il trattamento di malattie veneree; nella regione di Rabat-Zaër, le foglie fresche vengono triturate e applicate come cataplasma per la cicatrizzazione delle ferite (Nunes Gomes et al. 2020). In Algeria, nella regione di Mascara, i fiori crudi sono consumati per le loro presunte proprietà afrodisiache (Benarba et al. 2015).

Le conoscenze sui metaboliti non volatili di questa specie sono limitate: un unico studio ha riportato la presenza di acido rosmarinico (Mouhajir et al. 2001), mentre l'estratto metanolico dell'intera pianta ha mostrato significativa attività antivirale contro il virus Sindbis (MIC 100 µg/mL) e HSV (50 µg/mL) (Nunes Gomes et al. 2020). Ad oggi, non esistono pubblicazioni sulla composizione del suo olio essenziale.

Nel contesto delle ricerche in corso sulle Lamiaceae mediterranee è stato quindi deciso di indagare la composizione dell'olio essenziale di due popolazioni siciliane di *N. apuleii*.

L'idrodistillazione delle parti aeree fiorite di *N. apuleii*, raccolte su suoli gessoso-solfiferi (**Na1**), ha fornito un olio essenziale di colore giallo pallido. In totale sono stati identificati quaranta composti, rappresentanti il 96,4% dei componenti totali, elencati nella Tabella A35 secondo i rispettivi indici di ritenzione su colonna DB-5MS e suddivisi in cinque classi sulla base della loro struttura chimica. Gli idrocarburi monoterpenici (55,1%) costituivano la classe principale di metaboliti, con β -pinene (11,6%), γ -terpinene (9,4%), β -mircene (6,6%), α -terpinene (6,3%) e limonene (5,3%) come principali costituenti. La seconda classe più abbondante era rappresentata dagli idrocarburi sesquiterpenici (23,7%), con β -cariofillene (11,9%) quale prodotto principale dell'olio e δ -cadinene (4,4%) come componente di rilievo. Terpinen-4-olo (5,5%) risultava il principale rappresentante dei monoterpeni ossigenati (13,4%), mentre i sesquiterpeni ossigenati erano scarsamente rappresentati.

L'olio dell'altra popolazione, raccolta su suoli calcarei (**Na2**), presentava anch'esso colore giallo pallido. In questo caso, sono stati identificati 44 composti, rappresentanti il 96,6% dei componenti totali (Tabella A35). I metaboliti presenti in questo olio risultavano simili a quelli di **Na1**, sebbene con differenze percentuali. In particolare, in **Na2** la classe principale

era costituita dagli idrocarburi sesquiterpenici (34,5%), con germacrene D (13,1%) quale costituente dominante, in quantità molto superiore rispetto a **Na1** (1,3%). Il contenuto di β -cariofillene era simile nei due oli (9,8% in **Na2**), mentre **Na2** mostrava una minore percentuale di idrocarburi monoterpenici (32,3%) rispetto a **Na1**, con concentrazioni inferiori dei singoli monoterpeni: β -pinene (6,3%), γ -terpinene (5,0%), β -mircene (3,3%), α -terpinene (3,1%) e limonene (4,3%). Numerosi studi sono stati pubblicati sulla composizione chimica degli oli essenziali di specie appartenenti al genere *Nepeta*. In generale, si distinguono due principali chemotipi (Formisano et al. 2011a; Sharma & Singh Cannoo, 2013):

- il chemotipo a nepetalattone, comprendente specie contenenti nepetalattone in forma di diastereoisomeri;
- un gruppo privo di derivati del nepetalattone, ma ricco di altri metaboliti quali 1,8-cineolo, β -cariofillene, ossido di cariofillene, β -farnesene, ecc.

Na1 e **Na2** appartengono chiaramente al secondo chemotipo. Il confronto con gli oli essenziali di altri taxa dello stesso chemotipo (Sharma & Singh Cannoo, 2013) ha consentito di formulare alcune osservazioni interessanti. Ad esempio, sebbene 1,8-cineolo sia presente nella maggior parte di questi oli, esso risulta completamente assente in **Na1** e **Na2**. Inoltre, la co-occorrenza di germacrene D e β -cariofillene è stata osservata, tra le altre specie, solo in *Nepeta daenensis* Boiss. (Sajjadi & Mehregan, 2005) e *Nepeta macrosiphon* Boiss. (Javidnia et al. 2004) in Iran, *Nepeta laevigata* (D. Don) Hand.-Mazz. in India (Hassan et al. 2011) e *Nepeta cilicica* Boiss. ex Benth. in Turchia (Karaman & Comlekcioglu, 2007), quest'ultima ricca anche di limonene e β -pinene, entrambi presenti in **Na1** e **Na2**.

2.2.4.2 *Orthosiphon* Benth

Il genere *Orthosiphon* Benth, appartenente alla famiglia delle Lamiaceae, comprende quarantaquattro specie accettate che crescono nelle regioni tropicali e subtropicali dell'Asia, dell'Africa meridionale e del Madagascar, con una specie disgiunta, *O. americanus* Harley & A. J. Paton, endemica della Colombia. Le specie si trovano solitamente in boschi, praterie o ai margini delle foreste (POWO, 2025). Il termine *Orthosiphon* deriva dalle parole latine *orthos* (retto) e *siphon* (cilindrico), in riferimento alle caratteristiche morfologiche e ai fiori a forma di tubo dritto prodotti dalle specie di *Orthosiphon* (Ameer et al. 2012). Diverse specie di *Orthosiphon* sono utilizzate come piante medicinali grazie alle loro proprietà curative. *O. thymiflorus* (Roth) Sleesen è impiegata in India per le sue proprietà citotossiche, antidiabetiche, antinfiammatorie e antipertensive (Sundarammal et al. 2012; Sini et al. 2012; Kavimani et al. 1997).

Nella regione del Tamil Nadu, le foglie di *Orthosiphon stamineus* sono tradizionalmente impiegate per i loro effetti benefici sulla salute, in particolare nel supporto della circolazione, nella protezione dallo stress ossidativo e nel controllo delle larve di insetti (Sundarammal et al. 2012; Kovendan et al. 2012). In India, un decotto della stessa specie, nota anche come *O. glabratus* Benth., è comunemente usato per trattare disturbi digestivi quali diarrea ed emorroidi, mentre le foglie vengono applicate localmente per favorire la guarigione di tagli e ferite (Singh et al. 1996).

Un'altra specie, *O. pallidus* Royle ex Benth., arbusto erbaceo originario del Sud-Est asiatico e dell'India, è da lungo tempo utilizzata nella medicina tradizionale per alleviare sintomi associati a malattie infettive, disturbi articolari ed epatici, problemi urinari e altri squilibri sistemici (Kiruthika et al. 2011; Watt & Brandwijk-Breyer 1962). Impiegata nelle pratiche ayurvediche e conosciuta come ajagur e naganda-baavari, questa pianta viene somministrata anche per alleviare la minzione dolorosa e i crampi addominali (Khare, 2007). Nella regione di Randa, in Gibuti, le foglie schiacciate di *O.*

pallidus (note come abursaafiqi e ganduwayto) vengono immerse in acqua e bevute come rimedio contro scottature solari, problemi renali, disturbi gastrointestinali, parassiti interni e morsi di serpente (Hassan-Abdallah et al. 2013). In Baluchistan, Arabia e India, i guaritori tradizionali preferiscono invece utilizzare l'intera pianta, preparata come rimedio ricostituente per la fatica mentale, tonico generale per la salute e afrodisiaco (Basu & Sing, 1956). In Burkina Faso, i semi secchi di *O. pallidus* (ninkaansega) sono tradizionalmente impiegati per la pulizia degli occhi, mentre foglie e steli vengono usati contro il dolore al seno, la gotta e per migliorare la qualità del latte nelle donne nel post-partum (Regina et al. 2015).

O. diffusus (Benth.), sinonimo di *Endostemon viscosus* (Roth) M. Ashby, è largamente impiegato nella medicina popolare dei Ghati Occidentali in India, dove è conosciuto con il nome vernacolare senthulasi. Viene utilizzato soprattutto per il trattamento di epatite, infiammazioni e ittero (Ghaffari et al. 2013).

O. aristatus (Blume) Miq. ha una lunga tradizione d'uso in Indonesia, Malesia e in altre aree del Sud-Est asiatico, dove è impiegato contro diabete, calcoli renali e ipertensione (Masauda et al. 1992; Matsubara et al. 1999; Ohashi et al. 2000). Le sue proprietà diuretiche lo rendono utile anche per trattare litiasi urinaria, edema, febbre esantematica, influenza, reumatismi, epatite e ittero (Prajapati et al. 2003). Nelle Mauritius, un decotto preparato con poche foglie di *O. aristatus*, noto localmente come autochiffon, viene somministrato per via orale in piccole dosi durante la giornata per trattare asma, bronchite e altri disturbi respiratori (Suroowan & Mahomoodally, 2016).

O. stamineus Benth., sinonimo *O. aristatus* var. *aristatus*, è largamente utilizzato nella medicina tradizionale di Thailandia, Malesia, Indonesia, Giappone e Myanmar per un'ampia gamma di patologie. In Indonesia le foglie sono impiegate contro reumatismi, diabete mellito, ipertensione, come diuretico e antipiretico, nonché nel trattamento di disturbi mestruali, gonorrea, sifilide, nefrite acuta e cronica e gotta. In Vietnam e Malesia, le parti aeree sono utilizzate per influenza, epatite, ittero, calcoli urinari e biliari. Le proprietà diuretiche, tonico-renali e antidiabetiche sono state riportate anche in Myanmar e Thailandia (Adnyana et al. 2013).

Infine, il cataplasma o il decotto delle foglie di *O. hildebrandtii* Vatke (Ekebunga baiseke) è tradizionalmente usato in Kenya per il trattamento di infezioni dello stomaco e della cavità orale (Omwenga et al. 2015).

Sebbene non siano riportati usi edibili per il genere *Orthosiphon*, la vasta gamma di applicazioni medicinali descritte nelle tradizioni popolari suggerisce un potenziale utilizzo nutraceutico per queste piante. Le proprietà benefiche riportate, che spaziano dal supporto della funzionalità renale alla regolazione del metabolismo e alla protezione dai processi ossidativi, le rendono interessanti candidati per futuri studi orientati alla valorizzazione nutraceutica.

I composti organici non volatili identificati negli estratti delle specie di *Orthosiphon* includono flavonoidi, acidi fenolici, lignani, alcaloidi, sesquiterpeni, triterpenoidi e numerosi diterpenoidi con vari scheletri, principalmente isopimarano, staminano, secoisopimarano, secostaminano e norstaminano (Singh et al. 2015; Abirami et al. 2023; Wang et al. 2025).

Diversi studi farmacologici hanno dimostrato che gli estratti possiedono numerose proprietà sia in vitro che in vivo, tra cui attività antivirale, anti-Alzheimer, antinfiammatoria, antitumorale, antiproliferativa e antiangiogenica, attività antibatterica, antidiabetica, antinfiammatoria, antiossidante, epatoprotettiva, analgesica, nefroprotettiva e altro ancora (Singh et al. 2015; Kalusalingam et al. 2024).

***Orthosiphon schimperi* Benth.**

In questo contesto, è stata avviata l'indagine di *Orthosiphon schimperi* Benth. [sin.: *Ocimum buchananii* Baker; *Ocimum coloratum* Hochst.; *O. buchananii* (Baker) M.R.Ashby, *O. dissimilis* N.E.Br., *O. shirensis* Baker], non precedentemente

studiato, con l'obiettivo ampliare le conoscenze sul potenziale farmacologico delle specie di *Orthosiphon*.

Orthosiphon schimperi Benth. (Fig. 2.61) prende il nome da Wilhelm Schimper, esploratore e collezionista, soprattutto in Etiopia. Dal punto di vista botanico, è una pianta erbacea perenne, alta fino a 60 cm, con foglie ovato-lanceolate a margini dentati.



Figure 2.61. *Orthosiphon schimperi* raccolta presso il Nakuru Lake Park in Kenya.

Le infiorescenze terminali sono in gran parte viola e ricoperte da peli bianchi. I fiori sono bianchi o malva, con un labbro distinto e segni circolari scuri nella gola. È diffusa nell'Africa tropicale fino al Limpopo in Sudafrica e cresce in aree erbose in boschi aperti tra i 450 e 1650 m s.l.m. (<https://www.zimbabweflora.co.zw>).

Analisi mediante Gas Cromatografia e Spettrometria di Massa (GC-MS) dell'Olio Essenziale

La composizione dell'olio essenziale di *O. schimperi* (**Os**) è stata analizzata mediante GC-MS (Tabella A36, Fig. 2.62). Sono stati identificati ventuno composti, suddivisi in quattro classi e classificati secondo gli indici di ritenzione lineari. Per quanto riguarda le classi di composti, gli monoterpeni ossigenati dominano ampiamente **Os** con l'83,7%, con l'eugenolo metiletere come composto più abbondante (79,5%). Tra i sesquiterpeni ossigenati (8,5%), è presente in quantità significativa solo l'ossido di cariofillene (8,2%). Al contrario, gli idrocarburi, sia monoterpenici che sesquiterpenici, sono presenti in quantità molto moderate (3,0% e 1,5%, rispettivamente). Come mostrato nella Tabella A37, tutte le specie studiate finora hanno origine geografica asiatica e finora nessun taxon africano è stato investigato per la composizione chimica del suo olio essenziale. La composizione di **Os** differisce totalmente da quelle delle altre specie precedentemente studiate. Infatti, il principale costituente di **Os**, l'eugenolo metiletere, è stato identificato solo in tracce (0,2%-0,3%) negli oli essenziali ottenuti da foglie e steli di *O. stamineus* Benth. (sin. *O. aristatus* var. *aristatus*), raccolti in Malesia (Hossain et al. 2008), e in una diversa accessione malese della stessa specie (7,4%) (Azizan et al. 2017).

L'olio essenziale di *O. pallidus* Royle ex Benth., raccolto in India, si è rivelato molto ricco di idrocarburi sesquiterpenici con il β -cariofillene (17,4%) come principale costituente (Joshi, 2020). Questo composto è stato riportato anche tra i principali metaboliti degli oli essenziali di due accessioni di *O. stamineus* dalla Malesia (35,1%-24,0%) (Azizan et al. 2017; Hossain et al. 2008) e di *O. diffusus* (Benth.) Benth. [sin. *Endostemon viscosus* (Roth) M. R. Ashby] (18,6%) (Sadashiva et al. 2013), ma è totalmente assente in **Os**. L'ossido di cariofillene, secondo composto più abbondante in **Os**, è stato identificato solo nell'olio essenziale di una pianta commerciale di *O. aristatus* var. *aristatus* (Schut & Zwaving 1986).

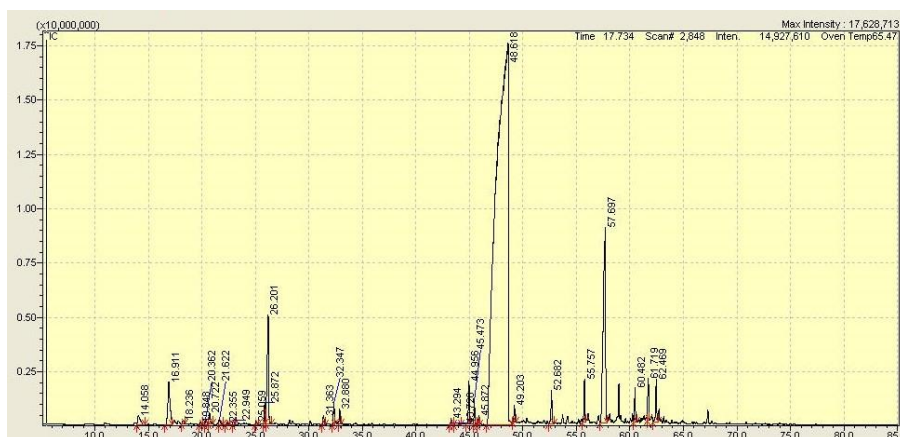


Figura 2.62. Cromatogramma dell'olio essenziale estratto dalle parti aeree di *Orthosiphon schimperi*

Citotossicità di Os

Os, come mostrato in Fig. 2.63, ha dimostrato una notevole e consistente attività citotossica applicata a cellule di carcinoma cervicale umano (HeLa), mentre ha mostrato livelli di tossicità minimi verso cheratinociti umani non tumorali (HaCaT). Questa risposta citotossica differenziale osservata tra le due linee cellulari suggerisce fortemente un meccanismo di citotossicità selettiva, proprietà riconosciuta come fondamentale per qualsiasi composto candidato a terapia antitumorale. La capacità di un composto di mirare specificamente ed eliminare le cellule maligne, preservando la vitalità e l'integrità delle cellule sane non cancerose, è un requisito essenziale per ridurre gli effetti collaterali negativi tipici della chemioterapia convenzionale e migliorare l'indice terapeutico di nuove terapie.

I risultati dei saggi di citotossicità hanno rivelato un chiaro e riproducibile schema di riduzione dose- e tempo-dipendente della vitalità delle cellule HeLa dopo esposizione a **Os**. Dopo 24 ore di trattamento, è stata osservata una diminuzione graduale ma misurabile della vitalità delle cellule tumorali nell'intervallo di concentrazioni da 1 a 100 $\mu\text{g/mL}$. Tuttavia, alla massima concentrazione testata di 500 $\mu\text{g/mL}$, si è verificata una forte e quasi completa perdita di vitalità, con una sopravvivenza residua delle cellule inferiore al 2%. Questo effetto è diventato ancora più pronunciato e severo dopo 48 ore, con una marcata diminuzione della vitalità cellulare evidente anche a concentrazioni più basse, scendendo sotto il 15% già a 100 $\mu\text{g/mL}$. Questi risultati indicano un effetto cumulativo o sostenuto dell'olio essenziale nel tempo, suggerendo che l'esposizione prolungata ne potenzia l'attività biologica, forse tramite accumulo intracellulare progressivo o amplificazione delle vie di segnalazione citotossica.

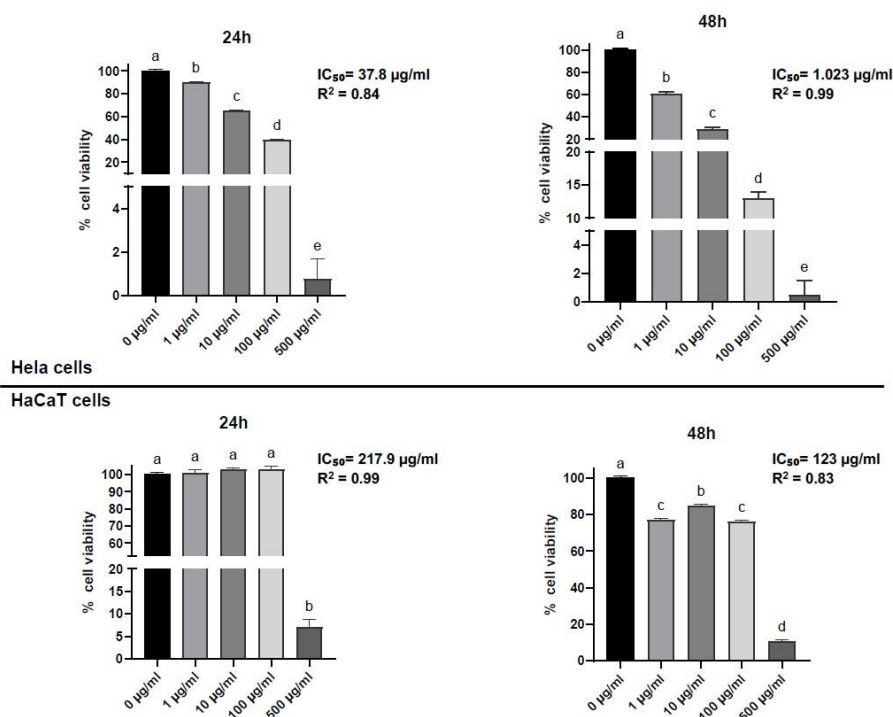


Figure 2.63. Effetto di **Os** sulla vitalità cellulare delle cellule HeLa e HaCaT a diverse concentrazioni (0, 1, 10, 100 e 500 µg/mL) dopo 24 e 48 ore di trattamento. I dati sono presentati come media ± DS (n=3). La significatività statistica è stata determinata mediante ANOVA seguita da test post-hoc; lettere diverse indicano differenze statisticamente significative tra i gruppi ($p < 0,05$).

Al contrario, la risposta delle cellule HaCaT a **Os** è stata molto diversa. Dopo 24 ore di esposizione, le cellule HaCaT hanno mantenuto una vitalità superiore all'80% a tutte le concentrazioni testate, eccetto 500 µg/mL; dopo 48 ore, la vitalità è rimasta superiore al 70%, eccetto al dosaggio più alto. Questa osservazione indica una robusta resistenza dei cheratinociti normali agli effetti citotossici di OS, sostenendo ulteriormente l'idea che l'olio essenziale eserciti un'attività mirata prevalentemente contro cellule trasformate o cancerose. Questi risultati concordano con diversi studi in letteratura che riportano come gli oli essenziali derivati da piante aromatiche e medicinali mostrino frequentemente tossicità selettiva verso cellule tumorali, mediata spesso dall'induzione di stress ossidativo, frammentazione del DNA e meccanismi di morte cellulare apoptotica (Edris, 2007; Russo et al. 2015); Cragg et al. 2016)

Per identificare i costituenti specifici responsabili della bioattività osservata di **Os**, i due componenti principali, eugenolo metiletere e ossido di cariofillene, sono stati isolati e testati individualmente su cellule HeLa. Ogni composto è stato diluito in proporzione alla sua abbondanza relativa nell'olio essenziale e valutato tramite saggi di citotossicità. L'eugenolo metiletere, principale composto in **Os**, ha mostrato una forte e dose-dipendente riduzione della vitalità delle cellule HeLa. Già dopo 24 ore di esposizione, si è osservata una significativa diminuzione della vitalità a concentrazioni basse come 0,8 µg/mL. A 400 µg/mL, la vitalità è scesa sotto il 20%, con un andamento analogo dopo 48 ore di trattamento. Questo effetto incrementato nel tempo, osservato anche a concentrazioni inferiori, suggerisce che l'eugenolo metiletere eserciti un impatto citotossico sostenuto, probabilmente grazie alla sua capacità di penetrare efficacemente le membrane cellulari e indurre apoptosi tramite accumulo di specie reattive intracellulari (Fig. 2.64).

Il potenziale anticancro dell'eugenolo e di diversi suoi derivati è ben documentato nella letteratura. Questi composti agiscono tramite molteplici meccanismi, inclusa la depolarizzazione della membrana mitocondriale, la produzione eccessiva di specie reattive dell'ossigeno (ROS) e l'attivazione di vie apoptotiche dipendenti da caspasi (Pramod et al. 2010). L'elevata lipofilia dei derivati dell'eugenolo facilita inoltre la loro rapida ed efficace diffusione attraverso i doppi strati lipidici, permettendo loro di accumularsi negli organelli bersaglio ed esercitare una bioattività marcata (Marchese et al. 2017).

Al contrario, l'ossido di cariofillene ha mostrato attività citotossica nulla o solo moderata contro le cellule HeLa nelle stesse condizioni. Una riduzione limitata della vitalità è stata osservata solo alla concentrazione più alta testata (40 $\mu\text{g/mL}$), senza effetti significativi a dosi inferiori. Sebbene l'ossido di cariofillene sia stato precedentemente segnalato come induttore di apoptosi tramite stress del reticolo endoplasmatico e vie di segnalazione mediate da ROS (Legault et al. 2007) la sua abbondanza significativamente minore nell'olio essenziale e la ridotta potenza in questo contesto suggeriscono che probabilmente svolga un ruolo secondario o di supporto nel profilo citotossico complessivo di **Os**.

L'osservazione che l'olio essenziale mostri un'efficacia citotossica superiore rispetto ai singoli componenti isolati supporta fortemente l'ipotesi che interazioni sinergiche o additive tra i vari fitochimici possano contribuire agli effetti biologici. Gli oli essenziali sono miscele complesse che spesso dipendono dall'interazione tra costituenti maggiori e minori per esercitare il pieno potenziale terapeutico. Queste interazioni possono aumentare la fluidità della membrana, stabilizzare specie radicaliche o modulare vie di segnalazione intracellulari in modi che superano la capacità dei singoli composti agendo isolatamente (Bakkali et al. 2008). Effetti sinergici simili sono stati descritti in altri membri della famiglia delle Lamiaceae, dove gli estratti delle piante intere spesso mostrano risultati migliori rispetto ai costituenti purificati sia in modelli in vitro che in vivo di malattia (Sharifi-Rad et al. 2017). Ciò rafforza il concetto che gli estratti integrali possano offrire risultati terapeutici più ampi ed efficaci rispetto alle molecole isolate, soprattutto nel contesto di malattie complesse come il cancro.

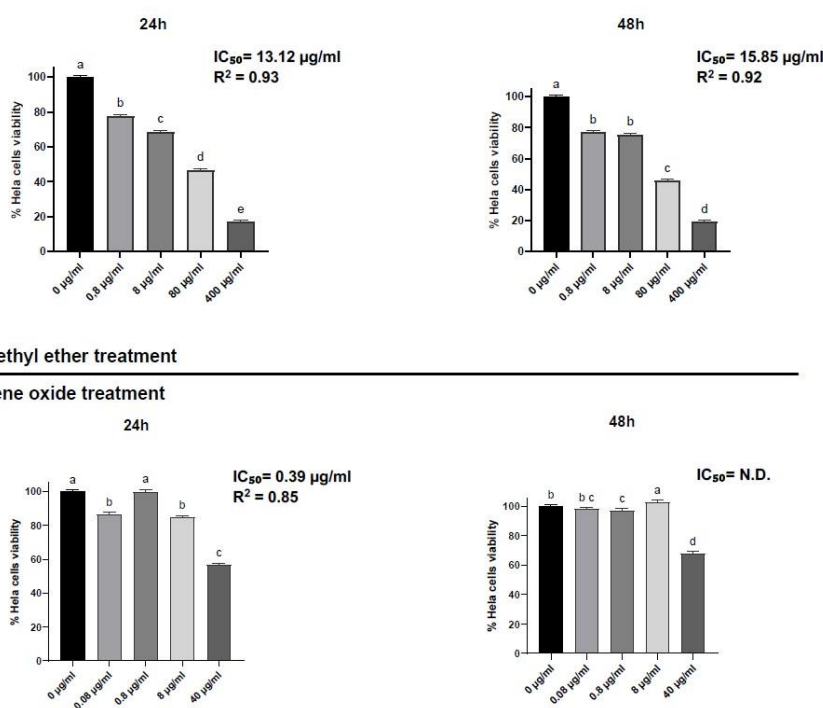


Figure 2.64. Effetti citotossici dell'etere metilico dell'eugenolo e dell'ossido di cariofillene sulle cellule HeLa dopo 24 e 48 ore di trattamento. Le cellule HeLa sono state trattate con concentrazioni crescenti di etere metilico dell'eugenolo (0, 0,8, 8, 80 e 400 $\mu\text{g/mL}$) e di ossido di cariofillene (0, 0,08, 0,8, 8 e 40 $\mu\text{g/mL}$). I dati sono espressi come media $\pm$ DS ($n = 3$). Lettere diverse sopra le barre indicano differenze statisticamente significative tra i gruppi ($p < 0,05$, ANOVA a una via con test post hoc).

2.2.4.3 *Plectranthus* L'Hér.

Il genere *Plectranthus* L'Hér. (Lamiaceae), noto anche come "spearflowers", appartiene alla sottofamiglia Nepetoideae, tribù Ocimeae, sottotribù Plectranthinae, e comprende circa 300 specie distribuite nelle regioni tropicali e calde del Vecchio Mondo (Retief, 2000), tra cui Africa (dall'Etiopia alla Tanzania), Asia e Australia. A causa della mancanza di chiari criteri morfologici discriminanti, non solo tra specie all'interno del genere ma anche rispetto a generi affini, alcune specie di *Plectranthus* risultano di difficile identificazione. In effetti, sono emersi numerosi problemi tassonomici nella nomenclatura delle specie, con il risultato che esse sono state spesso collocate in generi strettamente correlati quali *Coleus*, *Solenostemon* ed *Englerastrum*. Inoltre, alcune specie precedentemente assegnate a *Plectranthus* sono oggi riconosciute come appartenenti al genere più distante *Isodon* (Paton et al. 2004).

Diverse specie sono commestibili, come i tuberi di patata di Livingstone (*P. esculentus* e *P. floribundus*), coltivati in Africa tropicale per i loro tuberi eduli, o coltivate come ornamentali (*P. tenuiflorus* in Arabia Saudita) (Abdel-Mogib et al. 2002), ma trovano anche impiego come piante medicinali ed alimentari.

Dal punto di vista medicale, ad esempio, in Polinesia l'olio dei semi di *P. amboinicus* è utilizzato per il trattamento dell'otite acuta edematosa (Zepernick, 1972). L'estratto fogliare di *P. tenuiflorus* viene impiegato in Arabia Saudita contro le infezioni auricolari (Abulfatih, 1987), mentre le foglie di *P. asirensis* sono usate come antisettico per le ferite nello stesso Paese (Abulfatih, 1987). In Africa, le foglie di *P. caninus* sono masticate per alleviare il mal di denti, e quelle di *P. elegans* sono impiegate come vermifugo in Africa orientale (Kokwaro, 1976). *P. vettiverioides* è prescritto nella medicina ayurvedica indiana come rimedio contro vomito e nausea (Dash & Kashyap, 1987). La specie medicinale dell'Africa orientale *P. barbatus* è usata contro il mal di stomaco e come purgante; essa mostra inoltre resistenza agli attacchi di insetti, e da essa è stato isolato un diterpene con attività antialimentare contro gli afidi (Kubo et al. 1984). Gli usi etnobotanici del genere *Plectranthus* sono stati ampiamente revisionati (Lukhoba et al. 2006).

Sono diversi gli usi edibili riportati per le specie di *Plectranthus*. Ad esempio i tuberi di *P. rotundifolius*, detto comunemente patata di campagna o patata cinese, sono consumati bolliti o arrosto in diversi paesi dell'Africa occidentale e dell'Asia. Si tratta essenzialmente di una coltura di sussistenza, sebbene è riportato un recente uso di questo tubero per la produzione di farina (CNR, 2006), dunque in futuro potrebbe assumere anche un valore commerciale in paese in via di sviluppo. Un'altra specie dal valore edule è rappresentata dal *Plectranthus amboinicus* (comunemente noto come menta messicana o origano cubano). Si tratta una specie aromatica le cui foglie, caratterizzate da un intenso profumo, vengono impiegate come agente aromatizzante in diverse preparazioni culinarie: possono essere consumate crude in insalate e salse fresche, utilizzate nella panificazione a base di erbe o in sostituzione di salvia e origano nei ripieni di carne. Le foglie presentano un sapore inizialmente pungente e pepato, che tende a trasformarsi in note più dolci in seguito alla cottura. In alcune tradizioni gastronomiche locali, come in India, vengono inoltre preparate mediante frittura dopo immersione in pastella, costituendo così un alimento tipico dal gusto aromatico e dalla consistenza croccante (Arumugam et al. 2016).

Le indagini fitochimiche sulle specie del genere hanno evidenziato principalmente la presenza di diterpenoidi, per lo più abietanoidi altamente modificati, oltre a fillocladani, ent-kaureni e un seco-kaurene. La distribuzione dei metaboliti secondari in *Plectranthus* è stata oggetto di rassegna (Abdel-Mogib et al. 2002).

***Plectranthus ornatus* Codd.**

Plectranthus ornatus Codd. (sin. *Coleus comosus* Hochst. ex Gürke) (Fig. 2.65) è una pianta invasiva, ornamentale e medicinale tradizionale, conosciuta in Brasile come “Boldinho” (Lukhoba et al. 2006). Originaria dell’Africa (Eritrea, Etiopia, Kenya, Tanzania, Uganda) (POWO, 2025), fu introdotta nelle Americhe dai portoghesi.



Figura 2.65.5 *Plectranthus ornatus* raccolta ad Israele

Storicamente, è stata utilizzata per trattare disturbi digestivi; in alcune regioni del Brasile, l’estratto fogliare è impiegato contro infezioni cutanee. Inoltre, alcuni allevatori brasiliani ne riportano l’uso per il trattamento della mastite bovina, caratterizzata da alterazioni fisiche, chimiche e batteriologiche del latte causate da *Staphylococcus aureus* (Nascimento et al. 2017). Analisi fitochimiche hanno evidenziato la presenza di metaboliti secondari quali diterpenoidi di tipo labdano, alimane e clerodano (Oliveira et al. 2005; Silva et al. 2017; Ávila et al. 2017; Mesquita et al. 2021). Inoltre, sono stati isolati tre ulteriori diterpeni labdani: 6-O-acetilforskolina, 1,6-di-O-acetilforskolina e 1,6-di-O-acetil-9-deossiforskolina o acido rinocerotnico (Rijo et al. 2005; 2007). Alcuni di questi composti puri hanno mostrato interessanti proprietà anticancro: l’alimane (11R*,13E)-11-acetossialima-5,13-dien-15-oico e il labdano 1,6-diacetossi-8,13R*-epossi-14-labden-11-one (Plectrornatina C) hanno indotto apoptosi mitocondriale in linee cellulari di carcinoma mammario (MCF7) e di carcinoma squamoso del faringe umano (FaDu); tale effetto non è stato invece osservato per la miscela 1:1 tipo forskolina di 1,6-di-O-acetilforskolina e 1,6-di-O-acetil-9-deossiforskolina (MRC) (Sitarek et al. 2022).

Alcuni studi hanno riguardato la composizione dell’olio essenziale di *P. ornatus*, ma esclusivamente per accessioni brasiliane (de Albuquerque et al. 2007; Galvão Rodrigues et al. 2013; Alves et al. 2018) e portoghesi (Mota et al. 2014) (Tabella A38), la cui composizione sarà discussa più avanti. Nessuno studio è stato finora pubblicato sulla composizione dell’olio essenziale di accessioni africane o asiatiche di questa specie.

Nell’ambito delle ricerche in corso sugli oli essenziali di piante e sulle differenze chemiotassonomiche, la composizione dell’olio essenziale di *Plectranthus ornatus* Codd., raccolta lungo la costa settentrionale di Israele e fino ad oggi non investigata.

L’idrodistillazione delle parti aeree di *P. ornatus* ha prodotto un olio giallo (**Plo**). In totale, sono stati identificati trentanove

composti, che rappresentano il 92,0% dei componenti totali, elencati nella Tabella A39 secondo i loro indici di ritenzione su colonna apolare DB-5MS. Gli ossigenati monoterpenici (28,8%) costituiscono la classe più abbondante, con l'acetato di α -terpineolo (16,0%), principale costituente dell'olio, e il *cis*-verbenolo (8,9%) come metaboliti predominanti. Gli idrocarburi sesquiterpenici sono stati rilevati in quantità simile (26,9%), con il β -cariofillene (10,7%) e il cubenene (4,0%) come prodotti principali. Tra i metaboliti principali, tra gli idrocarburi monoterpenici (19,2%), si annoverano α -pinene (3,9%), limonene (3,9%) e β -tujene (2,8%). Tra i sei sesquiterpeni ossigenati identificati (15,7%), epicedrolo (3,3%) e β -bisabololo (3,1%) risultano i più abbondanti.

La Tabella A38 riporta le composizioni degli oli essenziali di tutte le altre accessioni di *P. ornatus* finora studiate e pubblicate in letteratura, caratterizzate da profili piuttosto diversi. Infatti, sebbene le tre precedenti indagini sulle foglie di *P. ornatus* raccolte in Brasile (Alves et al. 2018; de Albuquerque et al. 2007; Galvão Rodrigues et al. 2013) abbiano mostrato la presenza di elevate quantità di β -cariofillene (10,6%, 9,6-62,4% e 18,2%, rispettivamente), queste hanno riportato un'alta presenza di composti fenolici (de Albuquerque et al. 2007; Galvão Rodrigues et al. 2013), totalmente assenti in **Plo**. D'altra parte, l'acetato di α -terpineolo e il *cis*-verbenolo (8,9%), tra i principali costituenti di **Plo**, risultano completamente assenti. Mota et al. (2014) hanno studiato gli oli essenziali di un'accessione portoghese di questa specie. In questo caso, in piante raccolte in fase di fioritura, l'acetato di α -terpineolo è stato rilevato in quantità moderate. Il principale costituente di questi oli era l'*oct-1-en-3-olo* (29,3%-14,7%) e il β -pinene (23,9%-11,3%), anch'essi presenti in **Plo**, ma in quantità inferiori (0,61% e 3,89%, rispettivamente).

2.2.4.4 *Scutellaria* L.

Scutellaria L. è un ampio genere di piante da fiore appartenente alla famiglia delle Lamiaceae, sottofamiglia Scutellarioideae, comunemente noto con il nome di "skullcaps" (elmi). Questo nome deriva dal latino "scutella", che significa "piccolo piatto, vassoio o piattino", riferendosi alla forma del calice (Joshee et al. 2002). Il genere ha una distribuzione cosmopolita, con circa 480 specie accettate che crescono principalmente nelle regioni temperate (POWO, 2025).

La maggior parte delle specie di *Scutellaria* sono piante erbacee annuali o perenni alte da 5 a 100 cm; alcune però sono suffrutici e alcune specie sono acquatiche. *Scutellaria* presenta fusti quadrangolari e foglie opposte, e fiori con labbro superiore e inferiore; il genere è facilmente riconoscibile per lo scudo tipico sul calice (Joshee et al. 2002).

Molti taxa del genere *Scutellaria* sono stati utilizzati nella medicina tradizionale per migliaia di anni, principalmente in Cina, India, Nepal, Turchia, Uzbekistan e Nord America, per trattare diverse malattie umane (Duke, 1968), tra cui dissenteria, emorroidi, dolori gastrici, stitichezza, ittero, epatite, malattie neurologiche, malattie respiratorie (raffreddori, infezioni respiratorie, scarlattina), malattie infettive e traumi; queste proprietà sono state ampiamente recensite (Shang et al. 2010; Sripathi & Ravi 2017; Shen et al. 2021).

Per quanto riguarda l'Europa, è interessante menzionare l'uso di diversi taxa nella medicina popolare. *S. albida* L. subsp. *albida*, pianta diffusa dal Nord Italia alla Penisola balcanica e Crimea, mostra proprietà antispasmodiche, diaforetiche e antifebbrili (Duke, 1986). Le parti aeree di *S. altissima* L. sono utilizzate in tutta l'Europa centrale e orientale per il trattamento di allergie, iperlipidemia, arteriosclerosi, ipertensione ed epatite (Shen et al. 2021), mentre diverse sottospecie di *S. orientalis* L. sono impiegate soprattutto in Turchia, sia esternamente che internamente, per stitichezza, emostasi, analgesia, azione anticancro, tonico, cicatrizzazione delle ferite e malattie cardiovascolari (Baytop, 2000; Cakilcioglu & Turkoglu 2010). Sempre in Turchia, *S. salviifolia* Benth. e *S. pinnatifida* A. Ham. sono utilizzate rispettivamente per

disturbi gastrici e come antiossidanti e antimicrobici (Shen et al. 2021). *S. galericulata* L., diffusa in tutta Europa e Asia occidentale, è nota per le sue proprietà antinfiammatorie, antispasmodiche, leggermente astringenti, antifebbrili, nervine e fortemente toniche. Un'infusione è talvolta impiegata nel trattamento delle infezioni alla gola (Launert, 1981).

Relativamente al consumo alimentare del genere *Scutellaria*, gli studi sono limitati e non sufficienti per poter stabilire se si tratta di specie edibili e in che termini. Questa evidenza sottolinea l'interesse nell'approfondire la ricerca sul genere.

Data però la potenziale valenza medicinale di *Scutellaria*, è stato condotto un vastissimo numero di indagini fitochimiche e farmacologiche. Le ricerche sui metaboliti non volatili di oltre settanta specie di *Scutellaria* hanno permesso di identificare più di seicento cinquanta composti, principalmente flavonoidi (Shang et al. 2010; Karimov e Botirov 2017; Shen et al. 2021) e diterpenoidi con scheletro clerodano (Bruno et al. 2002a; Shang et al. 2010; Shen et al. 2021). Alcuni di questi diterpeni hanno mostrato effetti potenti come anticancro (Dai et al. 2011) e antifeeding (Bruno et al. 1999; 2002b; Rosselli et al. 2004; Bozov & Georgieva 2017).

***Scutellaria altissima* L.**

Scutellaria altissima L. (sin. *Cassida altissima* (L.) Moench; *Scutellaria commutata* Guss.) (Fig. 2.66) è una pianta erbacea perenne, originaria dell'Europa centro-orientale fino al Caucaso (POWO, 2025).

Scutellaria altissima L. ha steli fino a 100 cm, eretti, semplici o ramificati. Le foglie (5-15 x 2-5 cm) sono ovate, seghettate, glabre o pelose sotto sulle nervature. Gli internodi dell'infiorescenza sono di circa 10-12 mm. Le brattee (6-10 mm) sono più corte dei fiori, da ovate a ovato-lanceolate, intere, acute, di colore verde. La corolla è di colore azzurro pallido con il labbro inferiore biancastro; il tubo è subglabro o pubescente all'esterno (Tutin et al. 1972).



Figura 2.66. *Scutellaria altissima*

Sono stati pubblicati alcuni lavori sulle composizioni fitochimiche dei costituenti non volatili di *Scutellaria altissima*, che

hanno permesso di identificare diversi diterpenoidi neo-clerodani (Bruno et al. 1996; Malakov et al. 1996; Penchev et al. 2014; Georgieva et al. 2014; Bozov & Coll 2015; Bozov & Georgieva 2017), flavonoidi (Marsh, 1959; Beshko et al. 1975; Grzegorzczak-Karolak et al. 2015; Georgieva et al. 2019; 2021; 2022) e iridoidi (Weinges et al. 1975).

Solo due studi sono stati pubblicati sulla composizione dell'olio essenziale di *S. altissima*, riguardanti piante raccolte in Turchia e nel Nord Italia, rispettivamente (Kurkcuglu et al. 2019; Giuliani et al. 2020). Non è stato riportato nulla sulla composizione degli oli essenziali dell'accessione balcanica di *S. altissima*.

In questo studio, come prosecuzione delle ricerche sulle specie di Lamiaceae, viene riportata la composizione chimica dell'olio essenziale dalle parti aeree di *Scutellaria altissima*, che cresce spontaneamente in Macedonia del Nord (Fig. 2.67).

L'olio essenziale delle parti aeree fresche di *S. altissima* (fiori, foglie e fusti) (**Sa**, resa 0,01%) è stato isolato mediante idrodistillazione. In totale sono stati identificati ventisette composti, che rappresentano il 98,4% dei componenti totali, elencati nella Tabella A40, secondo i loro indici di ritenzione lineari su colonna non polare DB-5MS, suddivisi in sette classi. **Sa** era principalmente rappresentato da fenilpropanoidi (54,2%) con miristicina (47,8%), il metabolita più abbondante dell'olio, e apiolo (6,4%) come principali costituenti di questa classe. Il linalolo (13,1%) è stato il composto più abbondante della classe dei monoterpeni ossigenati (16,4%). **Sa** era praticamente privo di sesquiterpeni (1,5%) e idrocarburi monoterpenici (2,3%), mentre si è osservata una grande quantità di composti carbonilici (16,9%), con etil cinnamato (4,6%) e acido palmitico (4,1%) come principali metaboliti. Per quanto riguarda gli alcoli (7,1%), degno di nota è solo l'1-octen-3-olo (4,9%).

Sono stati riportati solo altri due studi sull'olio essenziale di diverse accessioni di *S. altissima*. Il primo riguarda le parti aeree di piante raccolte in Turchia (Kurkcuglu et al. 2019). A eccezione del linalolo, presente in quantità simile (14,3%) rispetto a **Sa**, il profilo chimico dell'olio dell'accessione turca è completamente diverso rispetto a **Sa**. Infatti, era molto ricco di sesquiterpeni con β -cariofillene (34,7%), cariofill-5-en-12-al (14,4%) e α -umulene (4,3%) tra i principali costituenti dell'olio. Anche l'olio essenziale ottenuto da piante coltivate nel Nord Italia (Giuliani et al. 2020) ha mostrato la presenza di quantità simili di linalolo (17,6%), ma la presenza di una grande quantità di sesquiterpeni [β -cariofillene (19,6%), ossido di cariofillene (10,5%)] indica una forte somiglianza con l'olio della Turchia e una totale differenza rispetto a **Sa**.

In questo studio, un confronto con la composizione di altri oli essenziali di tutti gli altri taxa appartenenti al genere *Scutellaria* riportati in letteratura ha permesso alcune considerazioni interessanti. Tra tutti gli oli essenziali di specie di *Scutellaria* finora studiati nel mondo, il linalolo, secondo costituente più abbondante di **Sa**, è risultato presente in buona quantità negli oli essenziali delle parti aeree di *S. alba* ssp. *alba* provenienti da Grecia e Turchia (Skaltsa et al. 2000; Cicek et al. 2010), *S. brevibracteata* ssp. *subvelutina* Burdet dalla Turchia (Yilmaz et al. 2019), *S. condensata* ssp. *pyncotricha* dall'Iran (Ismail Ahmadi et al. 2020), *S. comosa* Juz. dall'Uzbekistan (Karimov et al. 2021), *S. grossa* Wall. dall'India (Pant et al. 2012), *S. pinnatifida* ssp. *viridis* (Bornm.) Rech.f. dall'Iran (Hamedani et al. 2022), *S. rupestris* ssp. *adenotricha* (Boiss. & Heldr.) Greuter & Burdet e *S. sieberi* Benth. dalla Grecia (Skaltsa et al. 2005), *S. schachristanica* Juz. dall'Uzbekistan (Mamadalieva et al. 2017) e *S. utriculata* Labill. dal Libano (Formisano et al. 2011b). D'altra parte, la presenza di fenilpropanoidi negli oli essenziali di *Scutellaria* spp. è molto limitata. La miristicina, principale metabolita di **Sa**, è stata rilevata, e in quantità moderata (4,7%), solo nell'olio essenziale di *S. baicalensis* Georgi dalla Cina (Wang et al. 2022), mentre l'apiolo sembra essere totalmente assente.



Figura 2.67. Località di raccolta della *S. altissima*: Canyon Matka, Macedonia del Nord

3. CONCLUSIONI

Gli studi condotti hanno permesso di ottenere informazioni sul potenziale chimico e applicativo di estratti di diversa natura ottenuti da vinaccioli, scarto agroalimentare, e oli essenziali di piante selvatiche edibili caratterizzandone la composizione chimica e testandone le proprietà biologiche.

Nello specifico sono stati isolati gli estratti proteici, lipidici e polifenolici da quattro varietà di vinaccioli (Inzolia, Catarratto, Pinot Nero e Petit Verdot), scarto della produzione enologica. Ciascuna frazione estratta è stata caratterizzata mediante l'utilizzo di diverse tecniche strumentali tra cui gascromatografia e cromatografia liquida accoppiate a spettrometria di massa (GC-MS e HPLC-MS).

La frazione proteica, estratta per via alcalina e caratterizzata mediante SDS-PAGE e analisi proteomica, ha evidenziato differenze significative tra le varietà a bacca bianca e quelle a bacca rossa. Nello specifico, i pellet ottenuti dai vinaccioli di varietà bianche contengono un numero di proteine fino a dieci volte maggiore rispetto alle varietà rosse, suggerendo un'importante variabilità che potrebbe essere correlata sia alla cultivar sia ai trattamenti subiti durante la vinificazione. Tutti i campioni hanno mostrato una composizione caratterizzata prevalentemente da proteine di riserva, quali globuline 11S-like, cupine e le legumine.

Per quanto riguarda la frazione lipidica, le rese in olio sono risultate comprese tra l'8,2% e il 10,5%. L'analisi del profilo in acidi grassi ha evidenziato la predominanza di acido palmitico, oleico e linoleico, con la varietà Inzolia che si distingue per il contenuto più elevato di acidi grassi insaturi, rendendo il suo olio particolarmente pregiato dal punto di vista nutrizionale.

La frazione fenolica (**peI**, **peC**, **pePN**, **pePV**), infine, ha mostrato rese variabili tra il 4% della Petit Verdot e il 12% della Inzolia. Le cultivar a bacca bianca hanno evidenziato un contenuto fenolico complessivamente superiore, probabilmente a causa della minore perdita di polifenoli durante la fase di macerazione. Le analisi HPLC/MS hanno permesso di identificare come principali composti fenolici la catechina, l'epicatechina, l'acido siringico, la quercetina e i loro derivati.

Le frazioni lipidica e polifenolica ottenute da ciascuna cultivar sono state oggetto di indagini biologiche al fine di valutarne le proprietà antiossidanti. L'attività antiossidante è stata valutata mediante il saggio DPPH, determinando la concentrazione inibitoria semimassimale (IC_{50}). Tra gli estratti polifenolici, **pePN** ha mostrato la maggiore attività ($IC_{50} = 2,46 \mu\text{g/mL}$), seguito da **peC** ($3,45 \mu\text{g/mL}$) e **peI** ($3,9 \mu\text{g/mL}$), mentre **pePV** ha evidenziato un'attività significativamente inferiore ($IC_{50} = 84 \mu\text{g/mL}$). L'analisi dei singoli composti ha confermato che quercetina, catechina, acido gallico e gallato di etile sono i principali responsabili dell'attività antiossidante, spiegando l'elevata efficacia di **pePN**, unico campione contenente quercetina.

Gli oli fissi di vinaccioli (**foC**, **foI**, **foPN**, **foPV**) hanno mostrato tutti capacità di neutralizzare il radicale DPPH, ma con comportamenti differenti. **foC** ha presentato un'alta attività alle concentrazioni elevate (~76% a $450 \mu\text{g/mL}$), mentre **foI** ha mantenuto una risposta stabile anche a basse concentrazioni (46–38% fino a $0,1 \mu\text{g/mL}$), suggerendo la presenza di molecole attive anche in dosi minime. **foPN** ha mostrato attività apprezzabile a concentrazioni intermedie (43% a $56 \mu\text{g/mL}$), mentre **foPV** ha evidenziato un profilo "a campana", con massimo di attività a concentrazione intermedia (69% a $6 \mu\text{g/mL}$), indicativo di diverse classi di composti attivi in modo ottimale entro specifici intervalli di dose.

Con l'obiettivo di valutare sbocchi applicativi per questi estratti, i pellet proteici ottenuti (**pI**, **pC**, **pPN**, **pPV**) sono stati impiegati in prove di chiarifica, mostrando un'efficacia nel ridurre la torbidità del vino paragonabile a quella di un chiarificante commerciale vegetale, senza provocare alterazioni significative del colore o della stabilità dei flavonoidi. Tali risultati suggeriscono la possibilità di ottenere un chiarificante "endogeno", sostenibile e privo di allergeni, a partire da sottoprodotti della stessa filiera vitivinicola. Sempre puntando l'attenzione sul trasferimento tecnologico degli estratti di vinaccioli, gli oli fissi sono stati utilizzati per la formulazione di burrocacao con potenziale azione antiossidante; tuttavia, essendo questa applicazione ancora in fase preliminare, sono previste ulteriori indagini per svilupparla pienamente.

Nel complesso, i risultati ottenuti confermano che i vinaccioli rappresentano una risorsa di elevato valore nutraceutico e tecnologico. Il loro recupero consente di trasformare un sottoprodotto della vinificazione in una materia prima di interesse per i settori alimentare, cosmetico e farmaceutico, contribuendo così alla valorizzazione dei residui agroindustriali e alla promozione di un modello produttivo più sostenibile basato sui principi dell'economia circolare. Una seconda parte del progetto è stata rivolta allo studio di oli essenziali ottenuti da piante selvatiche, con focus sulle piante selvatiche edibili. Infatti sebbene la caratterizzazione del profilo nutrizionale in termini di metaboliti primari e minerali sia d'interesse primario nello studio di piante commestibili, l'esplorazione dei profili volatili degli oli essenziali di quest'ultime rappresenta un aspetto da non trascurare. Sono state caratterizzate, mediante analisi GC-MS, le composizioni chimiche di trentatré oli essenziali estratti da ventiquattro specie botaniche, mai precedentemente investigate, provenienti da diverse località (Europa, Africa, Asia) e appartenenti a quattro diverse famiglie botaniche (Apiaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Fabaceae). Gli studi condotti sugli oli essenziali delle diverse specie vegetali hanno evidenziato una significativa variabilità chimica e biologica legata sia alla specie e al genere botanico, sia a fattori ambientali e geografici. Relativamente agli oli essenziali di *Crithmum maritimum* (**S43-S46**), *Bellis annua* (**Baf** e **Bals**) e *Astragalus nebrodensis* (**As**), l'analisi comparativa tramite indagini statistiche PCA e HCA ha permesso di mettere in luce similitudini e differenze tra accessioni, confermando come la composizione chimica sia fortemente influenzata dalla località di raccolta oltre che dalla classificazione tassonomica.

Gli oli essenziali di *Pimpinella peregrina* si sono distinti per il profilo chimico unico dell'accessione siciliana, caratterizzata da elevata concentrazione di α -bergamotene nei fiori (**Ppf**) (67,85%) e nei fusti (**Pps**) (41,9%), e dalla presenza significativa di monoterpeni e sesquiterpeni ossigenati. Queste peculiarità chimiche differiscono dai profili riportati in studi su accessioni turche, sottolineando l'unicità della flora endemica. L'olio dei fiori (**Ppf**) ha mostrato una notevole attività antimicrobica, soprattutto contro *Bacillus subtilis*, e un promettente potenziale antiossidante, suggerendo possibili applicazioni terapeutiche e alimentari.

L'olio essenziale di *Daucus nebrodensis* (**Dn**) ha evidenziato marcata attività antimicrobica e antibiofilm, in particolare contro batteri Gram-positivi e *Mycobacterium smegmatis*, attribuibile principalmente a α -pinene e sabinene, oltre a un significativo potenziale antiossidante.

Inoltre, gli oli essenziali di *Pulicaria incisa* (**Pi1**) e *Orthosiphon schimperi* (**Os**) hanno mostrato promettenti proprietà antitumorali e antiossidanti, grazie a composti chiave come xantossilina ed eugenolo metiletere, confermando il loro potenziale per applicazioni terapeutiche mirate.

Complessivamente, l'indagine sugli oli essenziali ha evidenziato come la variabilità chimica intra-specifica delle specie studiate e fino ad ora inesplorate sia di grande importanza per lo sviluppo di possibili utilizzi di queste piante.



Il potenziale applicativo emerso dalle indagini biologiche rafforza le prospettive di valorizzazione di risorse vegetali poco utilizzate, inserendole in un quadro più ampio di sostenibilità alimentare e non solo.

Il lavoro di ricerca svolto ha consentito di esplorare in profondità il potenziale di risorse vegetali ancora poco valorizzate, quali i vinaccioli derivanti dalla filiera enologica e le piante selvatiche commestibili, con un approccio volto a integrare sostenibilità ambientale, economia circolare e innovazione tecnologica.

Nel complesso, i risultati ottenuti confermano che sia i sottoprodotti agroalimentari che le piante spontanee edibili possono costituire risorse strategiche per lo sviluppo di nuovi prodotti e processi sostenibili. Le evidenze sperimentali raccolte pongono le basi per ulteriori approfondimenti, mirati a ottimizzare i processi estrattivi, validare le attività biologiche in modelli più complessi e valutare l'applicabilità industriale delle matrici studiate.

Questo lavoro si inserisce quindi in un percorso di ricerca che, oltre a produrre nuove conoscenze scientifiche, contribuisce concretamente alla definizione di strategie innovative per la valorizzazione delle risorse vegetali e alla costruzione di un futuro agroalimentare ed economico più sostenibile.

4. PARTE SPERIMENTALE

4.1 Materiale vegetale

4.1.1 Vinaccioli

I semi d'uva utilizzati sono stati raccolti e separati dalle vinacce prodotte dalla lavorazione di quattro varietà di uva: Inzolia (I), Catarratto (C), Pinot Nero (PN) e Petit Verdot (PV), le prime due appartenenti a varietà di uva a bacca bianca e le restanti due a varietà di uva a bacca nera. I semi d'uva sono stati gentilmente forniti da Feudi del Pisciotto s.r.l., situata nel territorio di Niscemi (Italia, 37°06'52" N; 14°24'50" E) a 229 m s.l.m. Dopo la raccolta, i semi d'uva sono stati essiccati all'aria.

4.1.2 Apiaceae

Angelica sylvestris

Le parti aeree (foglie e fiori) di diversi individui, coprendo circa 200 m², di *A. sylvestris*, allo stadio di piena fioritura, sono state raccolte sulle scogliere di Trumpan, Isola di Skye, Scozia (GB) (57°33'30" N, 6°38'16" O, 49 m s.l.m.) nel luglio 2022. I campioni, identificati da Vincenzo Ilardi, sono stati conservati nell'Erbario dell'Università di Palermo (Voucher No. PAL 109799).

Cachrys pungens

Le parti aeree (fiori, foglie e fusti) in piena fioritura di *C. pungens* sono state raccolte nei pressi della strada provinciale 50 bis di Dinnammare, nella provincia di Messina, Sicilia, Italia (38°12'21" N, 15°29'54" E), su suolo siliceo a circa 580 m s.l.m., nel gennaio 2024. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Alessandro Crisafulli e dal Prof. Rosario Schicchi, è stato conservato nell'Erbario *Mediterraneum Panormitanum* (PAL) del Giardino Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N. 109763).

Cachrys cristata

Le parti aeree di *C. cristata* sono state raccolte a Monte Castelluccio, Messina, Sicilia (Italia) (38°06'53" N, 14°53'27" E, 400 m s.l.m.) all'inizio di Maggio 2022. L'autenticazione è stata effettuata dal Prof. Vincenzo Ilardi, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche, Chimiche e Farmaceutiche, Università degli Studi di Palermo, Italia. L'esemplare del voucher (PAL 109757) è stato depositato presso il Dipartimento STEBICEF, Università degli Studi di Palermo.

Crithmum maritimum

Le parti aeree di *C. maritimum* (**S43**) sono state raccolte a Isola delle Femmine, Palermo (Italia), sulla spiaggia (38°11'01" N, 13°14'06" E, 3 m s.l.m.) nell'agosto 2023. Le parti aeree di *C. maritimum* (**S44**) sono state raccolte sulla spiaggia di Sakarum, Dugi Otok, Croazia (44°08'03" N, 14°52'24" E, 1 m s.l.m.) nel luglio 2023. Le parti aeree di *C. maritimum* (**S45**) sono state raccolte a Drobni Pijerak, vicino a Budva, Montenegro, sulla spiaggia (44°08'03" N, 14°52'24" E, 3 m s.l.m.) nel luglio 2023. Le parti aeree di *C. maritimum* (**S46**) sono state raccolte a Cesarea (Israele), sulla spiaggia (32°29'58" N, 34°53'27" E, 7 m s.l.m.) nel giugno 2023. Tutti i campioni, identificati dal

Prof. Vincenzo Ilardi, sono stati conservati nell'Erbario dell'Università di Palermo (Voucher N. 109780-109781-109782-109783, rispettivamente per **S43**, **S44**, **S45** e **S46**).

Daucus aureus

Le parti aeree fiorite e le radici di *D. aureus* sono state raccolte alle Maccalube di Aragona (Agrigento, Sicilia, Italia (37°24'02.0"N 13°37'46.6"E), nella primavera 2025. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Giuseppe Bazan, è stato conservato nell'Erbario *Mediterraneum Panormitanum* (PAL) del Giardino Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N.109877).

Daucus muricatus

Fiori in piena fioritura e radici di *D. muricatus* sono stati raccolti nei pressi del Lago Poma, a 5 km a sud di Partinico, Sicilia, Italia (37°59'23" N 13°04'53" E), a circa 210 m s.l.m., nel giugno 2024. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Giuseppe Bazan, è stato conservato nell'Erbario *Mediterraneum Panormitanum* (PAL) del Giardino Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N.109769).

Daucus nebrodensis

Le parti aeree fiorite di *D. nebrodensis* sono state raccolte sul Monte Soro (Messina, Sicilia, Italia (37°55'48,432" N; 14°40'29,058" E), nella primavera 2025. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Giuseppe Bazan, è stato conservato nell'Erbario *Mediterraneum Panormitanum* (PAL) del Giardino Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N.109876).

Geocaryum capillifolium

Le parti aeree fiorite di *G. capillifolium* (Guss.) Coss. sono state raccolte sulle Madonie, al margine di un cespuglio su un rilevato stradale vicino a Mandra del Conte, Sicilia, Italia (37°52'39" N, 14°00'08" E, 1280 m s.l.m.), nel giugno 2023. Un campione, identificato dal Prof. Vincenzo Ilardi, è stato conservato nell'Erbario dell'Università di Palermo (Voucher N. 109780).

Pimpinella peregrina

Le diverse parti aeree (fiori e fusti) di *P. peregrina* sono state raccolte nel Bosco Ficuzza, Sicilia, Italia, l'11 maggio 2023, a un'altitudine di 689 m s.l.m. (37°53'07" N; 13°23'20" E), e un campione di riferimento è stato depositato presso il Dipartimento STEBICEF, Università di Palermo (PAL113557).

Torilis nodosa

Le parti aeree (fiori, foglie e fusti) in piena fioritura di *T. nodosa* sono state raccolte a Rocca Busambra (Palermo), Sicilia, Italia (37°51'08" N; 13°25'15" E), nell'aprile 2024. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Vincenzo Ilardi, è stato conservato nell'Erbario *Mediterraneum Panormitanum* (PAL) del Giardino Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N. 109781).

4.1.3 Asteraceae

Bellis annua

Le piante intere di *B. annua* sono state raccolte, allo stadio di piena fioritura, all'Addaura, nei pressi di Mondello, Palermo, Sicilia, Italia, a circa 10 m s.l.m. (38°11'29" N, 13°20'38" E), nel gennaio 2025. Un campione, identificato dal Prof. Vincenzo Ilardi, è stato conservato nell'Erbario dell'Università di Palermo (Voucher N. 109901).

Calendula suffruticosa subsp. *fulgida*

Le parti aeree (fiori, foglie e fusti) in piena fioritura di *C. suffruticosa* subsp. *fulgida* sono state raccolte sulla collina della chiesa del Palostrico, nei pressi della strada provinciale 56 di Rometta, Messina, Sicilia (38°10'16" N, 15°24'7" E), su suolo siliceo a circa 530 m s.l.m., nel gennaio 2024. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Alessandro Crisafulli e dal Prof. Rosario Schicchi, è stato conservato nell'Erbario *Mediterraneum Panormitanum* (PAL) del Giardino Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N. 109764).

Echinops spinosissimus subsp. *spinosissimus*

Le parti aeree (fiori, foglie e fusti) in piena fioritura di *E. spinosissimus* Turra subsp. *spinosissimus* sono state raccolte nei pressi di Capo Milazzo (ME), Sicilia, Italia (38°10'38" N, 15°28'30" E), a circa 10 m s.l.m., nel luglio 2024. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Alessandro Crisafulli e dal Prof. Rosario Schicchi, è stato conservato nell'Erbario *Mediterraneum Panormitanum* (PAL) del Giardino Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N. 109770).

Pulicaria incisa

Le parti aeree fiorite di *P. incisa* sono state raccolte a Neve Zonar, sulla costa del Mar Morto (Israele) (31°09'15" N, 35°21'43" E, -291 m s.l.m.), nel marzo 2023. I campioni, identificati dal Prof. Vincenzo Ilardi, sono stati conservati nell'Erbario dell'Università di Palermo (Voucher N. PAL 109922).

Pulicaria odora

Le parti aeree fiorite di *P. odora* sono state raccolte sulle pareti carbonatiche delle Gole di Tardara tra Menfi e Sambuca di Sicilia (provincia di Agrigento), Sicilia, Italia, a circa 240 m s.l.m. (37°36'55" N; 13°03'17" E), nel maggio 2023. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Rosario Schicchi, è stato conservato nell'Erbario dell'Università di Palermo (Voucher N. 109849).

4.1.4 Fabaceae

Astragalus nebrodensis

Le parti aeree (fiori, foglie e fusti) di *A. nebrodensis* sono state raccolte alla base di Monte Quacella, nei pressi della strada provinciale 119, nel comune di Polizzi Generosa, provincia di Palermo, Sicilia, Italia (37°51'49" N 14°0'37" E), su suolo calcareo-dolomitico a circa 1410 m s.l.m., nel giugno 2023. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Rosario Schicchi, è stato conservato presso l'*Herbarium Mediterraneum Panormitanum* (PAL) dell'Orto Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N. 109785).

Cytisus

Le parti aeree (fiori, foglie e rami) in piena fioritura di *C. scoparius*, *C. villosus* e *C. aeolicus* sono state raccolte da marzo a giugno 2023 in tre diverse località della Sicilia: nel Vallone Madonna degli Angeli, comune di Polizzi Generosa (1550 m s.l.m., 37°50'26" N 14°1'20" E, su suolo quarzítico); in Contrada Tre Denari, comune di Alia (730 m s.l.m., 37°47'27" N 13°43'56" E, su suolo arenaceo); nei pressi della strada provinciale 179 sull'isola di Vulcano, comune di Lipari (380 m s.l.m., 38°23'08" N 14°58'14" E, su suolo vulcanico). Gli esemplari di *C. scoparius*, *C. villosus* e *C. aeolicus*, identificati dal Prof. Rosario Schicchi, sono stati conservati presso l'*Herbarium Mediterraneum* dell'Orto Botanico dell'Università di Palermo (PAL): N. 109757, N. 109758, N. 109759, rispettivamente.

Onobriks kabylica

Le parti aeree di *O. kabylica* sono state raccolte allo stadio di piena fioritura, nell'aprile 2024, nella regione di Sétif, nel nord-est dell'Algeria (36.1898° N, 5.4108° E, 1096 m s.l.m.). Un esemplare di riferimento (voucher KR0146) è stato depositato e identificato dal Prof. K. Rebbas presso l'Università di M'sila, Algeria.

4.1.5 Lamiaceae

Nepeta apuleii

Le parti aeree fiorite di *N. apuleii* (Na1) sono state raccolte su suoli gessoso-solfiferi alle Serre di Villalba, nei pressi di Marianopoli, Sicilia, Italia, a circa 270 m s.l.m. (37°38'11" N, 13°50'26" E), nel giugno 2023. Le parti aeree fiorite di *N. apuleii* (Na2) sono state raccolte su suoli calcarei nei pressi di Piana degli Albanesi, Sicilia, Italia, a circa 670 m s.l.m. (37°56'03" N, 13°20'36" E), nel giugno 2023. Entrambi i campioni, identificati dal Prof. Vincenzo Ilardi, sono stati conservati presso l'Erbario dell'Università di Palermo (Voucher N. 109824a e 109824b, rispettivamente).

Orthosiphon schimperii

Le parti aeree post-fioritura di *O. schimperii* sono state raccolte nel Nakuru Lake Park, Makalia Falls View Point, Kenya (0°29'30" S, 36°04'51" E, 1830 m s.l.m.), il 13 agosto 2024. Uno dei campioni, identificato dal Prof. Vincenzo Ilardi, è stato conservato presso l'*Herbarium Mediterraneum Panormitanum* (PAL) dell'Orto Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N. 109966).

Plectranthus ornatus

Le parti aeree di *P. ornatus*, allo stadio di piena fioritura, sono state raccolte ad Acri (Akko), Israele (32°55'16" N, 35°04'00" E, 5 m s.l.m.), nel marzo 2023. I campioni, identificati dal Prof. Vincenzo Ilardi, sono stati conservati presso l'Erbario dell'Università di Palermo (Voucher N. PAL 109922).

Scutellaria altissima

Le parti aeree (fiori, foglie e fusti) in piena fioritura di *S. altissima* sono state raccolte nel Canyon Matka, 15 km a sud-ovest di Skopje, Macedonia del Nord (41°57'37" N, 21°17'30" E), a circa 434 m s.l.m., nel maggio 2025. Uno

dei campioni, identificato dal Prof. Vincenzo Ilardi, è stato conservato presso l'*Herbarium Mediterraneum Panormitanum* (PAL) dell'Orto Botanico dell'Università di Palermo, Italia (Voucher N. 109794).

4.2 Procedure generali per i composti volatili

4.2.1 Estrazione

I materiali vegetali freschi sono stati tagliati manualmente in piccoli frammenti e successivamente sottoposti a idrodistillazione mediante apparato di Clevenger per 3 ore, secondo la procedura standard descritta nella Farmacopea Europea (2020). Gli oli essenziali ottenuti sono stati anidrificati con solfato di sodio anidro, filtrati e posti in freezer a -20°C, fino al momento dell'analisi. Le rese degli oli essenziali sono riportate in Tabella 4.1.

Tabella 4.1. Rese % (p/p) oli essenziali.

Sigla OE	Materiale vegetale	Parte vegetale	Resa (%) (p/p)
As	<i>Angelica sylvestris</i>	Parti aeree	0,15
An	<i>Astragalus nebrodensis</i>	Parti aeree	0,05
Baf	<i>Bellis annua</i>	Fiori	0,01
Bals		Foglie e fusti	0,01
Cp	<i>Cachrys pungens</i>	Parti aeree	0,08
Cc	<i>Cachrys cristata</i>	Parti aeree	0,04
Csf	<i>Calendula suffruticosa</i> subsp. <i>fulgida</i>	Parti aeree	0,10
S43	<i>Crithmum maritimum</i> (Italia)	Parti aeree	0,85
S44	<i>Crithmum maritimum</i> (Croazia)	Parti aeree	0,14
S45	<i>Crithmum maritimum</i> (Montenegro)	Parti aeree	0,24
S46	<i>Crithmum maritimum</i> (Israele)	Parti aeree	0,10
Ca	<i>Cytisus aeolicus</i>	Parti aeree	0,01
Cs	<i>Cytisus scoparius</i>	Parti aeree	0,01
Cv	<i>Cytisus villosus</i>	Parti aeree	0,01
Daf	<i>Daucus aureus</i>	Fiori	0,04
Das		Fusti	0,01
Dar		Radici	0,01
Dmf	<i>Daucus muricatus</i>	Fiori	0,01
Dmr		Radici	0,008
Dn	<i>Daucus nebrodensis</i>	Parti aeree	0,15
Ess	<i>Echinops spinosissimus</i> subsp. <i>spinossissimus</i>	Parti aeree	0,01

Gc	<i>Geocaryum capillifolium</i>	Parti aeree	0,04
Na1	<i>Nepeta apuleii</i> (Serre di Villalba)	Parti aeree	0,01
Na2	<i>Nepeta apuleii</i> (Piana degli albanesi)	Parti aeree	0,01
Ok	<i>Onobrychis kabylica</i>	Parti aeree	0,10
Os	<i>Ortosiphon schimperii</i>	Parti aeree	0,15
Ppf	<i>Pimpinella peregrina</i>	Fiori	0,16
Pps		Fusti	0,05
Plo	<i>Plectranthus ornatus</i>	Parti aeree	0,014
Pi1	<i>Pulicaria incisa</i>	Parti aeree	0,10
Po	<i>Pulicaria odora</i>	Parti aeree	0,09
Sa	<i>Scutellaria altissima</i>	Parti aeree	0,01
Tn	<i>Torilis nodosa</i>	Parti aeree	0,06

4.2.2 Isolamento dei composti puri

4.2.2.1 Isolamento dello xantossilina (Xan)

La refrigerazione a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dell'olio essenziale di *P. incisa* (**Pi1**) ha consentito la cristallizzazione di 12 mg di **Xan**. $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_4$: MS: 196 (M^+ , 28,6%), 181 ($\text{M}^+ - \text{CH}_3$, 100%), 166 ($\text{M}^+ - 2 \times \text{CH}_3$, 10%), 151, 138, 123, 110, 95, 79, 69, 63, 53, 43 (Fig. S1). ^1H NMR (CDCl_3 , 400 MHz): 6,06 (1H, d, $J = 2,2\text{ Hz}$, H-5), 5,92 (1H, d, $J = 2,2\text{ Hz}$, H-3), 3,86 (3H, s, 4-OCH₃), 3,83 (3H, s, 6-OCH₃), 2,62 [3H, s, CH₃(CO)Ar] (Fig. 2.46).

4.2.3 Gascromatografia-spettrometria di massa (GC-MS) degli oli essenziali

Per ciascun campione, l'analisi dell'olio essenziale è stata eseguita secondo la procedura riportata da Badalamenti et al. (2022). L'analisi GC-MS è stata effettuata utilizzando uno Shimadzu QP 2010 plus dotato di autoiniettore AOC-20i (Shimadzu, Kyoto, Giappone), cromatografo a gas equipaggiato con FID, colonna capillare (DB-5-MS) 30 m $\times$ 0,25 mm i.d., spessore del film 0,25 μm e processore dati. Il programma del forno era il seguente: aumento della temperatura a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 5 min, a una velocità di $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ fino a $260\text{ }^{\circ}\text{C}$, quindi isoterma per 20 min. L'elio è stato utilizzato come gas vettore (1 mL/min). Le temperature dell'iniettore e del rivelatore erano impostate rispettivamente a $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $290\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sono stati iniettati 1 μL di soluzione di olio (3% EO/esano v/v) in modalità split 1.0; gamma MS 40-600. Le percentuali riportate nelle Tabelle in appendice (A2, A5, A7, A10, A11, A12, A15, A17, A18, A20, A24, A25, A27, A29, A30, A33, A34, A35, A36, A39, A40) sono calcolate con il TIC dal MS. Le impostazioni erano le seguenti: tensione di ionizzazione, 70 eV; energia del moltiplicatore elettronico, 2000 V; temperatura della linea di trasferimento, $295\text{ }^{\circ}\text{C}$; ritardo del solvente, 4 min. Gli indici di ritenzione lineari (LRI) sono stati determinati utilizzando i tempi di ritenzione degli n-alcane (C8-C40) e i picchi sono stati identificati confrontando gli spettri di massa e i loro indici di ritenzione relativi con le librerie WILEY275, NIST 17, ADAMS e FFNSC2.

4.2.4 Risonanza magnetica nucleare (NMR)

Gli spettri NMR sono stati registrati con un apparecchio Bruker Avance II 400 a 400,15 MHz per l' ^1H alla temperatura di 300 K. Lo strumento era equipaggiato con una sonda inversa a banda larga (BBI). Per l'acquisizione degli spettri ^1H sono stati utilizzati un impulso di 90° della durata di 11,87 ms, un tempo di ritardo di 5 s e 16 scansioni (Badalamenti et al. 2021a).

4.2.5 Analisi statistiche: PCA (Principal Components Analysis) e HCA (Hierarchical Cluster Analysis)

L'analisi delle Componenti Principali (PCA) e quella del Cluster Gerarchico (HCA) sono state effettuate, sulla base della matrice varianza/covarianza, per gli oli essenziali di *C. maritimum*, *B. annua* e *A. nebrodensis* su dataset differenti, in particolare così formati:

- Per gli oli essenziali di *C. maritimum* il dataset era formato da quarantasei campioni, quattro sperimentali (**S43**, **S44**, **S45**, **S46**) (Tabella A7) ed i restanti dalla letteratura (Tabella A8), e cinque variabili: idrocarburi monoterpenici (MH), monoterpeni ossigenati (MO), idrocarburi sesquiterpenici (SH), sesquiterpeni ossigenati (OS) e altri (O). Quando venivano forniti intervalli per l'analisi statistica, è stata utilizzata la media tra essi.
- Per gli oli essenziali di *B. annua* il dataset era formato da dodici campioni totali di cui i due sperimentali (**Baf** e **Bals**) (Tabella A20) e dieci dalla letteratura (Tabella A21) e undici variabili: *cis*-3-esanolo, β -mircene, metil deca-4,6-diinoato, acetato di geranile, β -pinene, acido esadecanoico, γ -imachalano, fitolo, azuleno(2,1-b)tionfen-3(2H)-one, fenossatiina ed esadecanale, che rappresentano i principali composti (>10%) dei campioni del dataset.
- Per gli oli essenziali di *A. nebrodensis* il dataset era formato da 19 campioni contenente dieci variabili: idrocarburi monoterpenici (MH), monoterpeni ossigenati (OM), idrocarburi sesquiterpenici (SH), sesquiterpeni ossigenati (OS), diterpeni (DI), alcoli (AL), aldeidi e chetoni (AK), acidi grassi e loro esteri (FE), idrocarburi (HY) e altri composti (O).

L'HCA è stata eseguita utilizzando l'algoritmo UPGMA (unweighted pair-group average) e l'indice di similarità euclidea. L'HCA è stata scelta per visualizzare le somiglianze o le differenze tra i campioni e per riassumere la natura multivariata dei dati.

Tutte le analisi statistiche e i grafici sono stati realizzati con il software PAST 4.04 (Hammer & Harper, 2001).

4.3 Procedure generali per i composti non volatili

4.3.1 Procedura di estrazione multi-step della frazione proteica dai vinaccioli

I semi d'uva (500 g per ciascuna varietà) sono stati congelati a -18°C e successivamente macinati in polvere (Kotsy – High-speed Multifunction Grinder). I semi sono stati privati della componente lipidica mediante estrazione Soxhlet con etere di petrolio per 6 ore e successivamente estratti con una miscela etanolo/acqua 8:2 per il recupero della frazione fenolica. La procedura di estrazione fenolica è stata ripetuta per tre volte.

Gli estratti sono stati evaporati tramite Rotavapor® R-300 (Buchi) fino, per gli estratti fenolici è stato anche necessario uno step di liofilizzazione al fine di rimuovere la porzione acquosa.

L'isolamento delle proteine è stato effettuato secondo la procedura descritta da Vincenzi et al. (2013), con alcune modifiche. L'estrazione è stata condotta ponendo i residui in soluzione acquosa alcalina, seguita da precipitazione isoelettrica. In dettaglio, la farina di semi d'uva defattata e defenolizzata è stata estratta in acqua (rapporto 1:3 p/v),

regolando il pH a 10 con idrossido di sodio (5 M). Il pH è stato mantenuto costante durante l'intera procedura di estrazione.

Dopo 2 ore di estrazione, la fase liquida è stata separata per sedimentazione, centrifugando a 4000×g a temperatura ambiente per 10 minuti (ScanSpeed 416, LaboGene ApS Industrivej 6–8, Vassingerød, DK-3540 Lynge, Denmark) e il surnatante è stato raccolto. Successivamente, le proteine presenti nel surnatante sono state rese insolubili mediante acidificazione a pH 3,5 con acido cloridrico (5 M), e il materiale precipitato (pellet) è stato recuperato per centrifugazione alle stesse condizioni sopra descritte.

Il pellet è stato sciolto in soluzione acquosa a pH 10 con idrossido di sodio (5 M). I pellet sono stati solubilizzati in acqua distillata a pH 10 e successivamente liofilizzati in polvere. L'estratto proteico è stato conservato al buio a temperatura ambiente.

4.3.2 Elettroforesi su gel di poliacrilammide con sodio dodecil solfato (SDS-PAGE)

Per ciascun campione, aliquote contenenti 5 mg di pellet proteico sono state risospese in 200 µl di sample buffer (Novex Bolt) contenente 0.5M Tris/HCl pH 6.8, 10% SDS, 100% glicerolo e 0.05% blu di bromofenolo e sample reducing agent (Novex Bolt). I campioni sono stati ulteriormente diluiti in sample buffer (1:5) e bolliti a 95° per 5 minuti, al fine di favorire la corretta denaturazione e riduzione dei ponti disolfuro delle proteine.

I gel di poliacrilamide sono stati preparati secondo la procedura descritta da Laemmli (1970), che consiste nella preparazione di due diversi tipi di gel: gel di impaccamento, o stacking gel, con una bassa percentuale di acrilamide-bis acrilamide (3-5%), che permette di allineare le proteine a livello del fronte di migrazione, e gel di separazione, o resolving gel, con percentuali di acrilamide-bis acrilamide più alte (5-25%), che ne consente la separazione in base al loro peso molecolare. Nel sistema discontinuo di Laemmli, la separazione elettroforetica, in particolare, si basa sulla differente mobilità elettroforetica degli ioni Cl⁻ e ioni glicinato in base al differente pH trasportati dal running buffer, ossia il tampone di corsa (0.25M Tris, 1.92M glicina, 1% SDS). La percentuale di acrilamide-bis acrilamide per la preparazione del gel di separazione è stata scelta in base al peso molecolare delle proteine da analizzare. Nello specifico, sono stati scelti resolving gel alla concentrazione di 8% e 12% con 30%-acrilamide-0.8% bis-acrilamide, 1.5M Tris/HCl pH 8.8, 10% SDS, 10% APS e TEMED. Per lo stacking gel sono state usate le medesime concentrazioni fatta eccezione per la concentrazione di acrilamide (4%) e per la presenza di 1M Tris/HCl pH 6.8.

La corsa elettroforetica è stata condotta in modalità a tensione costante (150 V) a temperatura ambiente per 60 minuti, in una soluzione di running buffer monitorando la migrazione attraverso il blue di bromofenolo presente nel sample buffer e la separazione delle proteine precolorate presenti nel marker dei pesi molecolari. È stato utilizzato uno standard proteico con intervallo di peso molecolare compreso tra 10 e 245 kDa (ExcelBand™, PM2610, SMOBIO Technology, Inc.). Dopo l'elettroforesi, i gel sono stati colorati con Coomassie Brilliant Blue G 250 e decolorati con acqua milliQ.

4.3.3 Analisi proteomica sui campioni di pellet proteici da vinaccioli

Materiali

Tutte le sostanze chimiche sono state utilizzate senza ulteriori purificazioni poiché sono state acquistate quelle con la massima purezza disponibile in commercio per gli studi proteomici.

La tripsina suina è stata acquistata da Promega (Madison, WI, USA), l'acido formico (FA), il bicarbonato di ammonio

(AMBIC), il tris(2-carbossietil) fosfina (TCEP) e la cloroacetammide (CAA) sono stati ottenuti da Aldrich (St. Louis, Missouri, USA). L'acqua e l'acetonitrile (ACN) (grado OPTIMA® LC/MS) per le analisi LC/MS sono stati acquistati da Fisher Scientific (Milano, Italia).

Preparazione del campione

Circa 30 mg dei pellet ottenuti dalle quattro varietà (**pC**, **pI**, **pPN**, **pPV**) sono stati trattati con 600 μ L di AMBIC 0.1 M. La soluzione è stata posta per 2 ore sotto agitazione continua a 20° C e successivamente centrifugata a 5000 g per 5 minuti a 4 °C. Il surnatante ottenuto, contenente le è stato quindi prelevato e separato dal materiale insolubile. Gli estratti sono stati portati a secco mediante un concentratore speed vacuum. La concentrazione di ciascun estratto è stata infine determinata mediante saggio fluorimetrico (Invitrogen Qubit™ Protein Assay Kit, ThermoFisher Scientific, Milano).

Riduzione, alchilazione e digestione delle proteine

Una quantità pari a 50 μ g di contenuto proteico, per ciascuna varietà, è stata sottoposta a trattamento con TCEP per la riduzione dei ponti disolfuro e con cloroacetammide per l'alchilazione e quindi il blocco dei residui SH-liberi. La reazione di riduzione e alchilazione è stata condotta al buio, per 10 minuti, a 95° C. Dopo l'incubazione, i campioni proteici sono stati direttamente sottoposti a digestione in soluzione con tripsina. La reazione è stata condotta alla temperatura controllata di 37°C overnight, sotto leggera agitazione, utilizzando un rapporto enzima: substrato di 1:50. Al termine della reazione i peptidi ottenuti sono stati portati a secco mediante un concentratore speed vacuum e poi risospesi in 100 μ L di una soluzione acquosa contenente acido formico al 5%.

Analisi tramite spettrometria di massa

I dati di spettrometria di massa sono stati acquisiti mediante un ThermoFisher Scientific Orbitrap Lumos Tribrid® (Q-OT-qIT) mass spectrometer (ThermoFisher Scientific, Bremen, Germany) dotato di un sistema ThermoFisher Scientific EASY-nLC 1000 system (Sunnyvale, CA). In particolare, 1 μ L del digerito proteico in acido formico al 5% è stato caricato su una pre-colonna Acclaim® Nano Trap C18 column (100 μ m i.d. $\times$ 2 cm, dimensione delle particelle 5 μ m, 100 Å). Dopo il lavaggio della pre-colonna con il solvente A (H₂O + 0,1% FA) per 3 minuti a 7 μ L/min, i peptidi sono stati eluiti dalla pre-colonna su una colonna PepMap® RSLC C18 Easy-spray (75 μ m di diametro interno $\times$ 50 cm, dimensione delle particelle 2 μ m, 100 Å). I peptidi sono stati separati facendo eluire la colonna con il 95% del solvente A (H₂O + 0,1% FA) per 3 minuti e poi con un gradiente lineare del solvente B (CH₃CN + 0,1% FA) in A dal 5% al 65% in 82 minuti, in seguito dal 65% al 95% in 10 minuti ed infine dal 95% al 5% in 25 minuti a 40°C con un flusso di 250 nL/min. I peptidi così eluiti sono stati ionizzati in una sorgente nano spray (Easy-spray Ion Source, Thermo Scientific) utilizzando un voltaggio dello spray di 1.7 kV e una temperatura del capillare di 275°C. Le scansioni dei peptidi precursori, rilevati nel range m/z 400-1600, sono state effettuate ad una risoluzione di 120.000 (@ 200 m/z), AGC per l'Orbitrap di 4,0 $\times$ 10⁵ e con un tempo massimo di iniezione (maximum injection time) di 50 ms. Le analisi MS/MS sono state ottenute isolando nel quadrupolo gli ioni precursori con una "finestra" di isolamento di 1.6 Th e successivamente sottoponendoli a dissociazione mediante collisioni ad alta energia (HCD) Ion Routing Multipole (IRM), utilizzando un'energia di collisione normalizzata pari a 35 e separando i frammenti ottenuti nella trappola ionica (analisi MS/MS in bassa risoluzione). Solo i precursori con stato di carica 2, 3 o 4 e

un'intensità superiore alla soglia di 5×10^3 sono stati campionati per le analisi MS/MS. L'analisi MS/MS è stata ottenuta in modalità Dynamic exclusion. L'esclusione dinamica consente allo spettrometro di massa di caratterizzare in modo più efficiente i peptidi presenti in un campione. La prima scansione permette di registrare gli ioni che producono i segnali con intensità maggiore e lo strumento li sottopone ad analisi MS/MS. Le masse di questi ioni vengono aggiunte ad un elenco temporaneo di "esclusione" per un periodo generalmente compreso tra 30 e 90 secondi. In tal modo, lo spettrometro di massa può sottoporre ad analisi MS/MS i peptidi che producono i segnali a minore intensità, rilevando in tal modo peptidi meno abbondanti. La durata dell'esclusione dinamica è stata impostata a 60 s con una tolleranza di 10 ppm per il precursore e i suoi isotopi. Lo strumento è stato impostato per lavorare in modalità full scan con cicli di 3 s, il che vuol dire che esegue continuamente analisi MS/MS fino a quando l'elenco dei precursori non esclusi si è ridotto a zero o comunque in un arco temporale di 3 s. La calibrazione dello spettrometro di massa è stata eseguita utilizzando il kit Pierce® LTQ Velos ESI Positive Ion Calibration Solution (ThermoFisher Scientific). L'acquisizione dei dati MS è stata effettuata utilizzando il software Xcalibur v. 3.0.63 (Thermo Fisher Scientific).

Ricerca bioinformatica

I dati sperimentali ottenuti attraverso l'analisi LC-MS/MS sono stati processati utilizzando il software PEAKS de novo sequencing (v.10.0, Bioinformatics Solutions Inc., Waterloo, ON Canada). È stato utilizzato un database contenente tutte le sequenze reviewed ed unreviewed di Vitis vinifera (164080 entries, aggiornato maggio 2025). Inoltre, è stato utilizzato il common Repository of Adventitious Proteins (c-RAP) come database dei contaminanti. I parametri utilizzati per eseguire le ricerche nel database sono stati i seguenti:

- Enzima: Trypsina;
- Numero massimo di missed cleavage: 3;
- Modifica fissa: carbamidometilazione delle cisteine;
- Modifiche variabili: trasformazione dei residui N-terminali glutammina e acido glutammico ad acido piroglutammico e ossidazione della metionina;
- Tolleranza del peptide precursore: 10 ppm;
- Tolleranza ioni frammento: 0.6 Da.

Al fine di escludere i falsi positivi è stato stabilito un valore di FDR (False Discovery Rate) minore dell'1%.

Inoltre, per compilare la lista finale di proteine identificate per ciascuna varietà sono state considerate solamente le proteine identificate con almeno due peptidi di cui uno unico. Per soddisfare il "principio della parsimonia", le proteine identificate dagli stessi peptidi e che non è stato possibile distinguere mediante l'analisi MS/MS sono state raggruppate in un unico risultato.

4.3.4 Derivatizzazione degli acidi grassi e analisi GC-MS

Per ciascun campione, 500 mg di olio di semi d'uva sono stati solubilizzati in 2 mL di pentano e a questa soluzione è stata aggiunta goccia a goccia, a 0 °C, una soluzione eterea di CH_2N_2 fino allo sviluppo di una colorazione giallo pallido persistente. La soluzione risultante è stata agitata per 2 ore. L'eccesso di CH_2N_2 è stato rimosso mediante lieve riscaldamento sotto cappa, e il solvente è stato eliminato per evaporazione sotto flusso di N_2 .

L'analisi degli esteri metilici degli acidi grassi (FAMES) è stata effettuata secondo la procedura descritta da Porrello

et al. (2023). L'analisi GC-MS è stata condotta utilizzando un sistema Agilent 7000C GC, equipaggiato con colonna capillare in silice fusa Agilent DB-5MS (30 m × 0,25 mm i.d.; spessore film 0,25 µm), accoppiato a un rivelatore di massa a triplo quadrupolo Agilent MSD 5973 (tensione di ionizzazione 70 eV; energia del moltiplicatore di elettroni 2000 V; temperatura della linea di trasferimento 295 °C; solvent delay: 4 min).

Il programma del forno è stato il seguente: mantenimento a 40 °C per 5 min, incremento di 2 °C/min fino a 260 °C, seguito da un plateau isoterma di 20 min. L'elio è stato utilizzato come gas di trasporto (1 mL/min). Le temperature di iniettore e rivelatore sono state fissate rispettivamente a 250 °C e 290 °C. È stato iniettato 1 µL di soluzione oleosa (3% FAME/esano v/v) in modalità splitless; intervallo MS 40–600 m/z.

Le percentuali riportate in Fig. 2.8 sono state calcolate a partire dal cromatogramma a ioni totali (TIC) ottenuto dal rivelatore MS. I picchi sono stati identificati mediante confronto con spettri di massa e confronto degli indici di ritenzione relativi con le librerie WILEY275, NIST 17, ADAMS e FFNSC2.

4.3.5 Analisi HPLC/MS/ESI/Q-ToF della frazione fenolica

Secondo quanto riportato da Tamburini et al. (2025), è stata preparata una soluzione del campione di estratto fenolico in etanolo/acqua 1:1 (1 mg/mL v/v). La soluzione è stata iniettata direttamente senza ulteriori trattamenti. Come fase mobile sono stati impiegati acqua e acetonitrile di grado HPLC/MS e acido formico di qualità analitica.

L'analisi è stata condotta su una colonna a fase inversa Phenomenex Luna Omega Polar C18 (150 mm × 4,6 mm; dimensione particelle 5 µm), dotata di precolonna di sicurezza Phenomenex C18 (4 × 3 mm). Il volume di iniezione è stato di 25 µL. L'eluato è stato monitorato sia con rivelatore di massa a conteggio totale degli ioni (MS TIC) sia con rivelatore UV a 530 nm.

Gli spettri di massa sono stati acquisiti con uno spettrometro Agilent 6540 UHD (Santa Clara, CA, USA) a tempo di volo (Q-ToF) ad alta precisione, dotato di sorgente di ionizzazione elettrospray (AJS ESI) in modalità negativa. L'azoto (N₂) è stato utilizzato come gas di desolvatazione a 300 °C e flusso di 8 L/min; il nebulizzatore è stato impostato a 45 psig. La temperatura del gas di guaina è stata fissata a 400 °C, con flusso di 12 L/min. Alla capillare è stato applicato un potenziale di 2,6 kV; il frammentatore è stato impostato a 75 V. Gli spettri MS sono stati registrati nell'intervallo 100–1500 m/z.

Il controllo di qualità è stato effettuato prima dell'analisi mediante calibrazione di massa nell'intervallo 100–3000 Dalton (Q-ToF calibration mix) e calibrazione del retention time con solvent delay. Durante il batch analitico è stato iniettato un mix di controllo interno contenente composti noti (fenilalanina, saccarosio, acido benzoico e rutina). I dati di spettrometria di massa sono stati elaborati per l'annotazione metabolomica utilizzando il software MassHunter Qualitative Analysis B.06.00 e il database Metabolomics Workbench (<https://www.metabolomicsworkbench.org/>).

4.4 Attività biologica

4.4.1 Attività Antimicrobica

4.4.1.1 Selezione dei ceppi batterici

Per la valutazione dell'attività antimicrobica sono stati impiegati ceppi rappresentativi sia Gram-positivi sia Gram-negativi: *Staphylococcus aureus* ATCC6538P, *Bacillus subtilis* (PY79 o AZ54 a seconda dell'esperimento), *Escherichia coli* DH5α e *Pseudomonas aeruginosa* PAO1; inoltre, per le analisi sull'attività antibiofilm e antibatterica di *Dn* è stato incluso *Mycobacterium smegmatis* MC2155 tra i ceppi Gram-positivi.

4.4.1.2 Saggi di diffusione su agar

La presenza di composti dotati di attività antimicrobica negli oli essenziali è stata inizialmente valutata mediante un test di diffusione su agar basato su un metodo Kirby–Bauer modificato (Bauer et al. 1966). In sintesi, su piastre contenenti circa 10 mL di agar morbido (0,7% agar Luria–Bertani) premiscelato con 5×10^5 CFU/mL del ceppo in esame sono state depositate tre diverse quantità di olio essenziale (0,25; 0,5; 0,75 mg). Il controllo negativo era costituito da DMSO (utilizzato come solvente; per **Ppf** al 80% nei volumi corrispondenti, per **Dn** il solvente è stato indicato in base al protocollo specifico), mentre il controllo positivo era rappresentato da ampicillina (0,1 mg/mL). Dopo incubazione notturna a 37 °C, l'attività antimicrobica è stata quantificata e riportata in unità arbitrarie per mL (AU/mL) secondo la formula adottata in precedenti lavori (Badalamenti et al. 2023).

4.4.1.3 Saggio di sopravvivenza batterica (conteggio CFU)

Per valutare l'effetto battericida/batteriostatico è stato impiegato un saggio di vitalità basato sul conteggio delle unità formanti colonia (CFU). Colonie singole sono state inoculate in terreno LB e incubate overnight a 37 °C; la coltura in fase stazionaria è stata quindi diluita 1:100 in tampone fosfato. I campioni sono stati preparati in volumi finali di 500 μ L contenenti cellule batteriche (1/25 del volume finale) ed oli essenziali a diverse concentrazioni. Per **Ppf** sono state testate concentrazioni comprese tra 0,1 e 16 mg/mL (0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 16 mg/mL); per **Dn** sono state impiegate concentrazioni comprese tra 0,5 e 16 mg/mL. I campioni senza olio costituivano il controllo positivo (colture non trattate), mentre il controllo negativo era rappresentato da colture trattate con DMSO (80% per **Ppf**; 50% per **Dn**), in volumi corrispondenti. Dopo 4 h di incubazione a 37 °C con agitazione sono state eseguite diluizioni seriali e semine su piastre di LB-agar; il giorno successivo sono stati conteggiati i CFU per calcolare i tassi di sopravvivenza. Tutti gli esperimenti sono stati condotti in triplicato e i risultati riportati come medie di tre esperimenti indipendenti.

4.4.1.4 Determinazione della concentrazione minima inibente (MIC)

Le MIC sono state determinate mediante microdiluizione secondo le linee guida CLSI. Sospensioni batteriche ($\sim 5 \times 10^5$ CFU/mL) sono state aggiunte a 95 μ L di brodo Mueller–Hinton (CAM-HB) contenente diverse concentrazioni dell'olio essenziale. Per **Ppf** il range testato era 0,1–30 mg/mL; per **Dn** il range utilizzato era 1–35 mg/mL. Dopo incubazione overnight a 37 °C, la MIC è stata definita come la minima concentrazione in grado di impedire crescita batterica visibile (lettura a 600 nm). Tutti i saggi sono stati eseguiti in triplice copia.

4.4.1.5 Saggio di vitalità basato su fluorescenza con DAPI e PI e microscopia a fluorescenza

L'integrità della membrana cellulare e la vitalità batterica sono state investigate mediante doppia colorazione con DAPI e ioduro di propidio (PI) e osservazione al microscopio a fluorescenza (Olympus BX51) con fotocamera Olympus DP70. Per **Ppf**, aliquote di 100 μ L di colture in fase stazionaria di *E. coli* e *B. subtilis* sono state incubate al buio per 4 h a 37 °C con agitazione in presenza o assenza di **Ppf** a concentrazioni rispettivamente di 4 mg/mL (*E. coli*) e 0,1 mg/mL (*B. subtilis*). Per **Dn**, colture di *E. coli* e *S. aureus* sono state incubate al buio per 4 h a 37 °C in presenza o assenza di **Dn** o dei suoi principali costituenti (α -pinene, α -terpinene, sabinene, γ -terpinene) a concentrazioni sub-MIC. Dopo incubazione, 10 μ L di coltura sono stati mescolati con miscela contenente DAPI (1–

3 µg/mL, a seconda del protocollo) e PI (20 µg/mL) e immediatamente analizzati; i tempi di acquisizione standard sono stati impostati a 1000 ms per la doppia colorazione (Castagliuolo et al. 2023; Di Napoli et al. 2024a).

4.4.1.6 Saggi di inibizione e disaggregazione del biofilm (solo per Dn)

L'attività antibiofilm del **Dn** è stata valutata contro biofilm di *M. smegmatis* mediante un saggio colorimetrico. Le cellule microbiche non trattate hanno rappresentato i controlli positivi, mentre colture trattate con kanamicina (2 µg/mL) sono state usate come controlli negativi. Una piastra a 24 pozzetti è stata preparata e incubata a 37 °C per 72 ore in presenza di **Dn** e dei singoli componenti, a concentrazioni comprese tra 0 e 1 mg/mL, per valutarne la capacità di inibire la formazione del biofilm.

Una seconda piastra, preparata in modo identico, è stata incubata senza **Dn** per consentire lo sviluppo del biofilm; dopo 72 ore è stato aggiunto **Dn** per valutarne la capacità di disaggregare biofilm già formati, seguita da un'ulteriore incubazione di 24 ore. Al termine di ciascun periodo di incubazione è stata eseguita la colorazione con violetto di cristallo per quantificare la biomassa del biofilm. Le misurazioni della densità ottica (OD) sono state effettuate a 570 nm mediante un lettore di micropiastre Multiskan (Thermo Electron Corporation, Waltham, MA, USA), secondo protocolli consolidati (Badalamenti et al. 2023).

La percentuale di inibizione o disaggregazione del biofilm è stata calcolata confrontando i valori di OD dei campioni trattati con quelli dei controlli non trattati. Per compensare eventuali differenze nella crescita delle cellule planctoniche, i valori di OD a 570 nm sono stati normalizzati calcolando il rapporto tra l'assorbanza a 570 nm e la corrispondente OD a 600 nm, consentendo un confronto più accurato della formazione del biofilm in diverse condizioni.

4.4.2 Attività antiossidante

4.4.2.1 Attività antiradicalica degli oli essenziali

Saggio di capacità di scavenging del DPPH

L'attività di scavenging del radicale DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazile) è stata misurata seguendo il metodo descritto da Kedare e Singh (2011). Per entrambi i campioni il volume finale della reazione era di 1 mL contenente una soluzione fresca di DPPH 0,1 mM in metanolo (assorbanza iniziale $\leq 1,0$).

Per i campioni **Ppf** e **Pps** sono state testate diverse concentrazioni di estratto nell'intervallo 0–0,3 mg/mL. Le miscele di reazione sono state incubate per 30 min a 25 °C e l'assorbanza misurata a 517 nm.

Per **Dn** e i suoi singoli costituenti (α -pinene, α -terpinene, sabinene, γ -terpinene) è stato preparato un intervallo di concentrazioni 0–16 mg/mL in un volume finale di 1 mL; la miscela è stata incubata per 30 min a temperatura ambiente prima della lettura a 517 nm (Napolitano et al. 2022).

In entrambi i casi, l'acido ascorbico è stato utilizzato come controllo positivo. L'attività di scavenging è stata espressa come percentuale di inibizione calcolata con la formula:

$$\text{DPPH (\%)} = (1 - A_S/A_C) \times 100$$

dove A_S è l'assorbanza della soluzione di DPPH trattata con il campione e A_C è l'assorbanza della soluzione di DPPH libera da campione (Mazzoli et al. 2019).

Saggio di capacità di scavenging dell'ABTS

Il test ABTS è stato condotto secondo Re et al. (1999) con adattamenti operativi concordanti fra i due campioni. Una soluzione stock è stata preparata miscelando 7 mM di ABTS con 2,45 mM di persolfato di potassio e incubata al buio a temperatura ambiente per 16 h per generare i cationi radicalici ABTS⁺; la soluzione concentrata è stata poi diluita in tampone fosfato salino (PBS) fino a ottenere un'assorbanza di circa 0,72 (±0,02) a 734 nm.

Per entrambi i campioni, **Dn** e **Ppf**, ad 1 mL della soluzione ABTS diluita è stato aggiunto 100 µL di campione a diverse concentrazioni; le miscele sono state incubate al buio per 10 min prima della lettura a 734 nm (spettrofotometro PharmaSpec 1700 UV/Vis, Shimadzu).

Gli oli essenziali sono stati testati ad intervalli di concentrazione differenti tra loro, in particolare per **Ppf** sono state testate concentrazioni comprese tra 0 e 0,3 mg/mL, mentre per **Dn** e i suoi costituenti è stato impiegato un intervallo più esteso (0–16 mg/mL). L'acido ascorbico è stato utilizzato come controllo positivo.

La percentuale di inibizione è stata calcolata come:

$$\text{ABTS (\%)} = (1 - A_S/A_C) \times 100$$

dove A_S è l'assorbanza del campione a 734 nm e A_C è l'assorbanza della soluzione di ABTS senza campione.

Saggio di capacità di scavenging dell'H₂O₂ (solo Ppf)

La stabilità del perossido di idrogeno è stata misurata monitorando l'assorbanza a 240 nm di 1 mL di soluzione fresca di H₂O₂ (50 mM tampone fosfato di potassio, pH 7,0; 0,036% *p/p* H₂O₂). La determinazione quantitativa dell'attività di scavenging dell'H₂O₂ è stata valutata sulla base della riduzione dell'assorbanza a 240 nm (Beers & Sizer, 1952; Petruk et al. 2018). In breve, diverse concentrazioni di estratto **Ppf** (0–0,3 mg/mL) sono state incubate a 20 °C in 1 mL di soluzione di H₂O₂, con resveratrolo come controllo positivo. Dopo 30 minuti, aliquote sono state centrifugate per 1 minuto a 13.000 giri, e la concentrazione di H₂O₂ nel surnatante è stata determinata misurando l'assorbanza a 240 nm. La percentuale di perossido di idrogeno rimosso è stata calcolata come segue:

$$\text{H}_2\text{O}_2 (\%) = (1 - AS/AC) \times 100$$

dove AC è l'assorbanza di 1 mL di soluzione di H₂O₂ e AS è l'assorbanza del campione a 240 nm.

4.4.2.2 Attività antiossidante su cellule

Valutazione degli effetti di Ppf su cheratinociti umani HaCaT

Le cellule HaCat (cheratinociti umani) sono state coltivate in Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) (Euroclone, Milano, Italia), integrato con il 10% di siero fetale bovino (Euroclone, Milano, Italia), 2 mM di L-glutammina (Euroclone, Milano, Italia) e 1% di penicillina-streptomicina (Euroclone, Milano, Italia). Le cellule sono state mantenute a 37 °C con il 5% di CO₂.

Preliminarmente è stato effettuato un saggio di citotossicità di **Ppf** su cellule HaCat, le quali sono state seminate in piastre da 96 pozzetti e incubate overnight a 37 °C con il 5% di CO₂. Successivamente, il terreno è stato sostituito

con terreno fresco contenente **Ppf** (0,1 mg/mL) o DMSO (Merk Life Science, Darmstadt, Germania) come controllo. Dopo 4 ore di incubazione a 37 °C, il terreno è stato sostituito con DMEM privo di rosso fenolo (Euroclone, Milano, Italia) contenente MTT (20 mM) e incubato per altre 4 ore a 37 °C. I sali insolubili di formazano ottenuti sono stati poi disciolti in DMSO e quantificati misurando l'assorbanza a $\lambda = 570$ nm mediante un lettore di micropiastre Synergy H4 Hybrid (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA).

Relativamente al saggio di rilevazione delle specie reattive dell'ossigeno (ROS) in cellule HaCat, quest'ultime sono state seminate in piastre da 96 pozzetti e incubate overnight a 37 °C con il 5% di CO₂. Le cellule sono state trattate con **Ppf** (0,1 mg/mL) o DMSO (Merk Life Science, Darmstadt, Germania) come controllo. Dopo 4 ore, le cellule sono state pretrattate per 45 minuti con 2',7'-diclorofluorescina diacetato (30 μ M) (Merk Life Science, Darmstadt, Germania) risospesa in DMEM privo di rosso fenolo (Euroclone, Milano, Italia), integrato con 2% di siero fetale bovino (Euroclone, Milano, Italia). Successivamente, le cellule sono state esposte a H₂O₂ (1 mM) per 1,5 ore prima della rilevazione intracellulare delle ROS. L'intensità di fluorescenza (485/528 nm) è stata misurata con un lettore di micropiastre Synergy H4 Hybrid (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA).

Contenuto di ROS e attività antiossidante di Pi1, Xan e Pi2 su PMN (polimorfonucleati)

I leucociti polimorfonucleati sono stati isolati seguendo il protocollo descritto da Badalamenti et al. (2021b). Oltre alle cellule di controllo (CTRL+), i PMN isolati sono stati opsonizzati con Zimosan (OZ) (CTRL-) e trattati con **Pi1**, **Xan** e **Pi2**. Sono stati valutati i livelli di Specie Reattive dell'Ossigeno (ROS) e l'attività enzimatica antiossidante.

La quantificazione dei ROS è stata eseguita leggendo la fluorescenza della sonda fluorescente 2',7'-diclorofluorescina diacetato (DCFH-DA). La lunghezza d'onda di eccitazione è stata impostata a 350 nm e quella di emissione a 600 nm con lettore di micropiastre. La formazione di DCF è stata quantificata utilizzando una curva standard (0,05–1,0 μ M).

Kit commerciali (BioAssay System, San Diego, CA, USA) sono stati utilizzati per determinare l'attività enzimatica della superossido dismutasi (SOD) e della catalasi (CAT) nei PMN secondo le istruzioni del produttore. L'attività enzimatica è stata espressa in U/L.

4.4.2.3 Attività antiradicalica degli estratti di vinaccioli

La capacità antiossidante dei campioni analizzati è stata determinata mediante l'uso del saggio colorimetrico basato sull'impiego del 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH, (Sigma, Merck KGaA, Darmstadt, Germany), un radicale organico azotato (Locatelli et al. 2009).

I radicali DPPH sono molecole stabili, caratterizzate da un colore viola intenso con un massimo di assorbimento a 517 nm, che viene ridotto dall'aggiunta di composti antiossidanti. In presenza di composti antiossidanti presenti nel campione il radicale DPPH* riceve un atomo di idrogeno generando la forma molecolare ridotta e causando una decolorazione della soluzione dovuta alla scomparsa del radicale.

Diverse quantità di estratti polifenolici di vinaccioli o dei singoli composti sono state aggiunte a 150 μ l di soluzione di DPPH (60 μ M) preparata in metanolo al 100% e i campioni sono stati incubati al buio per 30 min a temperatura ambiente.

Il bianco è stato preparato in etanolo 100%, mentre il controllo è stato preparato con 25 μ l di etanolo e 150 μ l di DPPH.

L'attività di cattura dei radicali (% di inibizione del radicale DPPH) è stata calcolata utilizzando la seguente equazione:

$$\% \text{ Inibizione DPPH} = \frac{Ab_{\text{SbiancoDPPH}} [Ab_{\text{ScampioneDPPH}} - Ab_{\text{ScampioneMetOH}}]}{Ab_{\text{SbiancoDPPH}}}$$

L'assorbanza è stata determinata spettrofotometricamente come densità ottica in un lettore per piastre (OPSY MR, Dynex Technologies, Chantilly, VA, USA).

L'IC₅₀, la concentrazione necessaria per neutralizzare il 50% del DPPH, è stata determinata mediante il software GraphPad Prism, version 9.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA).

4.4.3 Attività Citotossica

Tabella 4.2. Schema riassuntivo dei parametri utilizzati per i test di citotossicità degli oli essenziali e dei loro metaboliti principali.

Campione	Linea cellulare	Saggio	Semina	Concentrazioni testate	Solvente controllo (-)	Tempo trattamento	λ (nm) rilevazione
<i>Dn</i> α-terpinene γ-terpinene sabinene	HaCaT	MTT	96-pozzetti	18 mg/mL	DMSO	4 h	570
<i>Pi1</i> <i>Xan</i> <i>Pi2</i>	MCF-7, MDA-MB-231, HT-29, HCT-116, U937	MTT	5×10 ³ cell/pozzetto	0,2–1 mg/mL (24,48,72 h)	DMSO	24, 48 e 72 h	570
<i>Os</i>	HeLa, HaCaT	CCK-8	3×10 ³ cell/pozzetto	1, 10, 100, 500 μg/mL	DMSO	24 e 48 h	450

4.4.3.1 Saggio di vitalità cellulare su cellule HaCaT trattate con *Dn*

L'attività citotossica del *Dn* e dei suoi componenti (α-pinene, α-terpinene, γ-terpinene e sabinene) su cellule HaCaT (cheratinociti umani immortalizzati) è stata valutata mediante saggio MTT. Le cellule sono state seminate in micropiastre a 96 pozzetti e incubate per 24 ore a 37 °C. Successivamente, le piastre sono state incubate per 4 ore con DMSO (controllo negativo), *Dn* oppure α-terpinene, γ-terpinene e sabinene alla concentrazione di 18 mg/mL. Per valutare la sopravvivenza cellulare, sono stati aggiunti 10 μL di MTT in 90 μL di soluzione DMEM in ciascun pozzetto, e le piastre incubate a 37 °C per 4 ore. Successivamente i terreni sono stati rimossi e a ciascun pozzetto sono stati aggiunti 100 μL di DMSO, seguiti da incubazione per 10 minuti. L'assorbanza è stata misurata a 570 nm mediante un lettore di micropiastre Synergy H4 Hybrid (Agilent, Santa Clara, CA, USA).

Ogni concentrazione è stata testata in quattro pozzetti e ripetuta tre volte. La vitalità cellulare è stata calcolata in base alle cellule non trattate, considerate come 100%.

4.4.3.2 Linee cellulari, condizioni di coltura e saggi per la valutazione della citotossicità di *Pi1*, *Xan* e *Pi2*

La linea cellulare U937 (U937 = linea cellulare di linfoma istiocitico) è stata ottenuta dall'ATCC e coltivata giornalmente a 37 °C in atmosfera al 5% di CO₂ in terreno RPMI-1640 (Gibco, NY, USA), addizionato con il 10%

di siero fetale bovino (FBS) inattivato al calore, 1% L-glutamina, 1% ampicillina/streptomicina e 0,1% gentamicina. Le linee cellulari MCF-7, MDA-MB-231, HT-29 e HCT-116 sono state ottenute dall'American Type Culture Collection (ATCC, Rockville, MD, USA). Tutte le cellule sono state coltivate in terreno Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) e incubate a 37 °C in ambiente al 5% di CO₂. I terreni di coltura erano addizionati con il 10% di siero fetale bovino inattivato al calore (FBS), 1% L-glutamina, 1% antibiotici (ampicillina o streptomicina) e 0,1% gentamicina. Le cellule sono state trattate con campioni a concentrazioni comprese tra 0,2 mg/mL e 1 mg/mL per 24, 48 e 72 ore.

La vitalità cellulare è stata valutata mediante saggio MTT. Un totale di 5000 cellule per pozzetto è stato seminato in una piastra da 96 pozzetti, nelle stesse condizioni, in triplicato. L'MTT (Thiazolyl Blue Tetrazolium Bromide; Sigma-Aldrich) è stato aggiunto ai pozzetti a una concentrazione finale di 0,5 mg/mL. Dopo 4 ore di incubazione, per le linee cellulari aderenti (MCF-7, MDA-MB-231, HT-29 e HCT-116), il surnatante è stato rimosso. I cristalli viola di formazano risultanti sono stati disciolti in isopropanolo (Carlo Erba Reagents, Cornaredo, Italia) e l'assorbanza è stata misurata a 570 nm utilizzando un lettore di micropiastre TECAN M-200 (Tecan, Männedorf, Svizzera).

L'analisi citofluorimetrica è stata condotta utilizzando il citofluorimetro BD FACS Celesta (BD Biosciences) per determinare la percentuale di morte cellulare e analizzare la distribuzione delle cellule nelle diverse fasi del ciclo cellulare. Dopo il trattamento con gli estratti, le cellule sono state raccolte e lavate con tampone fosfato salino (1× PBS). Per valutare la morte cellulare, le cellule sono state incubate con tampone contenente ioduro di propidio (PI) (1× PBS con 2 mg/mL di PI). Dopo un ulteriore lavaggio con PBS, le cellule sono state incubate con un Cycle Buffer (1× PBS, 10% NP-40, 10% citrato di sodio e 2 mg/mL di ioduro di propidio) per 15 minuti a temperatura ambiente per misurare la proporzione di cellule nelle varie fasi del ciclo cellulare.

4.4.3.3 Saggio di vitalità cellulare (CCK-8) su cellule HaCaT trattate con Os

L'attività citotossica dell'olio essenziale estratto da *O. schimperi* (**Os**) è stata valutata utilizzando il kit-8 Cell Counting Kit-(CCK-8; Dojindo Molecular Technologies, Giappone), seguendo le istruzioni del produttore.

Le cellule HeLa (carcinoma cervicale umano) sono state acquistate dall'ATCC (CCL-2), mentre le cellule HaCaT (cheratinociti umani immortalizzati) sono state acquistate da CLS Cell Lines Service, Germania. Entrambe le linee cellulari sono state seminate in piastre da 96 pozzetti alla densità di 3×10^3 cellule/pozzetto in 100 µL di terreno Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) completo e incubate a 37 °C in atmosfera umidificata al 5% di CO₂ per 24 ore, al fine di consentire l'adesione cellulare.

Successivamente, le cellule sono state trattate con concentrazioni crescenti di **Os** (1, 10, 100 e 500 µg/mL, diluito in DMSO con concentrazione finale di DMSO ≤ 0,1%) e incubate per 24 e 48 ore. Le cellule non trattate (DMEM + 0,5% DMSO) sono state utilizzate come controlli negativi. I pozzetti contenenti solo terreno e reagente CCK-8, privi di cellule, sono stati inclusi come bianchi.

Dopo il trattamento, sono stati aggiunti 10 µL di reagente CCK-8 a ciascun pozzetto e le piastre sono state incubate per 2 ore a 37 °C. L'assorbanza è stata misurata a 450 nm utilizzando un lettore di micropiastre (Bio-Rad, Thermo Fisher).

Oltre all'olio essenziale di *Orthosiphon schimperi* **Os**, i suoi due principali costituenti, metileugenolo etere e ossido di cariofillene, sono stati testati individualmente sulle cellule HeLa nelle stesse condizioni sperimentali. Le concentrazioni selezionate per questi composti (80% per il metileugenolo etere e 8% per l'ossido di cariofillene) sono

state scelte per rifletterne l'abbondanza proporzionale nell'olio essenziale completo, come determinato dall'analisi GC-MS.

Per tutti i trattamenti sono state generate curve dose-risposta e i valori di concentrazione inibitoria media (IC₅₀) sono stati calcolati mediante analisi di regressione non lineare utilizzando GraphPad Prism (versione 10).

4.4.3.4 Analisi statistica

Per quanto riguarda le indagini sull'attività citotossica dei campioni di *P. incisa* (**Pi1**, **Xan** e **Pi2**), sono state condotte analisi in triplicato per ciascuna misurazione e per ogni campione. Le differenze tra le medie sono state valutate con ANOVA, utilizzando il programma statistico Graf Pad InStat 3 (Microsoft Software). La significatività del modello è stata valutata con ANOVA. La significatività dei coefficienti di regressione è stata valutata con il test t di Student. Il livello di significatività è stato fissato a 0,05 per tutte le analisi statistiche. I coefficienti di correlazione (R), per determinare la relazione tra attività antiossidante e contenuto di olio essenziale o xantossilina, sono stati calcolati utilizzando l'applicazione Microsoft Office Excel.

Relativamente ai dati ottenuti per il campione **Os**, l'attività è stata esaminata mediante analisi della varianza a una via (ANOVA), seguita dal test post-hoc di confronto multiplo di Tukey. In tutte le figure, i valori sono riportati come media $\pm$ errore standard; valori non accompagnati dalla stessa lettera sono significativamente differenti per $P < 0,05$. I dati sono stati analizzati utilizzando il software Statistica, versione 7.0 (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

4.5 Applicazioni tecnologiche

4.5.1 Test di chiarifica

Per ciascun pellet proteico ottenuto dai vinaccioli delle diverse varietà è stata preparata una soluzione acquosa 50 mg/L. Dopo un periodo di 24 ore, necessario per garantire una completa reidratazione delle proteine liofilizzate, aliquote della soluzione (50 μ L e 25 μ L) sono state aggiunte a 50 mL di vino, al fine di simulare dosaggi rispettivamente equivalenti a 10 e 5 g/hL (ovvero 100 ppm e 50 ppm). I campioni così ottenuti sono stati agitati mediante vortex per 10 secondi e successivamente lasciati a decantare per 7 giorni. Al termine di questo periodo, i campioni sono stati centrifugati a 10.000 rpm per 12 minuti e successivamente analizzati mediante spettrofotometria. Un campione di vino non addizionato viene utilizzato come controllo.

4.5.2 Analisi della torbidità

La torbidità dei vini è stata misurata utilizzando uno spettrofotometro Shimadzu UV-1800 e registrando l'assorbanza a 630 nm. Le analisi vengono fatte in triplicato. Ciascun campione è stato trattato.

4.5.3 Determinazione della stabilità del colore

La stabilità del colore del vino viene determinata mediante analisi spettrofotometrica, misurando l'assorbanza a 420 nm e 520 nm, rispettivamente per la valutazione della componente gialla e rossa del vino. Le analisi vengono effettuate in triplicato.

4.5.4 Preparazione burrocacao

Materiali



Cera d'api bianca neutra, burro di karité (*Butyrospermum parkii* butter), vitamina E, olio essenziale di arancia. Tutti i materiali sono stati acquistati presso Aroma-Zone FR-84220 Cabrières-d'Avignon.

Procedimento

In un becher, 5 g di cera d'api bianca neutra e 2 g di burro di karité sono stati miscelati e riscaldati a circa 70°C bagnomaria fino a completo scioglimento. Vengono successivamente aggiunti 2 g di olio di vinaccioli, XX μ l di vitamina E e 250 μ l di olio essenziale.

Il burrocacao fuso viene trasferito in contenitori di alluminio (3,7 x 2,0 cm, 10 ml, Aroma-Zone FR-84220 Cabrières-d'Avignon) e lasciati raffreddare fino a completa solidificazione del prodotto. I campioni così preparati vengono conservati chiusi e al buio.

5. APPENDICE

Tabella A1. Composizione (%) profilo proteico dei pellet estratti dai vinaccioli di Catarratto (**pC**), Inzolia (**pI**), Pinot Nero (**pPN**) e Petit Verdot (**pPV**).

UniProt Acc. No.	Classificazione	pC*	pI*	pPN*	pPV*	Massa media
A0A438CMZ0	Storage	20,6	4,7	3,0	0,4	57448
F6HZK2	Storage	18,0	9,4	-	5,2	57421
Q9M4H7	Metabolic	15,9	3,7	0,8	-	18416
F6HI56	Storage	13,9	19,1	5,7	8,8	63961
F6GTY5	Storage	3,7	0,4	0,1	0,1	51636
F6H566	Storage	3,5	1,5	56,0	3,4	11704
A5C154	Storage	2,2	41,4	15,7	1,3	11614
A0A438ET72	Metabolic	1,5	-	-	-	23552
A0A438BNX6	Storage	1,0	0,8	0,1	-	54101
A0A438D8P5	Metabolic	1,0	0,3	-	-	35426
A0A438JSE9	Metabolic	1,0	-	-	-	80101
D7U302	Storage	1,0	0,1	-	0,1	52102
A0A438H0Q5	Metabolic	1,0	-	-	-	41726
A0A438KLY6	Metabolic	0,9	0,2	-	-	26350
A0A438EKK5	Metabolic	0,7	0,5	-	-	41309
A3REN2	Metabolic	0,6	0,5	-	-	13959
A0A438FML7	Metabolic	0,5	-	-	-	20838
D7TS57	Metabolic	0,5	0,2	-	-	61370
A0A438BRE9	Metabolic	0,5	-	-	-	36111
A0A438DY82	Metabolic	0,5	tr	-	-	51429
A0A438D489	Metabolic	0,4	0,1	0,1	-	15649
A0A438KRJ6	Metabolic	0,4	-	-	-	38623
F6HI57	Storage	0,4	0,5	-	-	59078
sp Q1PSI9	Metabolic	0,4	0,1	-	-	39466
A0A438FCD4	Metabolic	0,4	-	-	-	34201
A0A438F672	Metabolic	0,4	-	-	-	14427
F6HE42	Metabolic	0,3	-	-	-	26889
sp P51117	Metabolic	0,3	-	-	-	25140
E0CRL1	Metabolic	0,3	-	-	-	28739
B6VJY3	Metabolic	0,3	-	-	-	55143
A5C9F1	Metabolic	0,3	-	0,3	-	23881
A5B118	Metabolic	0,3	tr	-	-	38630
F6HCB5	Metabolic	0,2	0,1	-	-	10127
F6I0H8	Metabolic	0,2	-	-	-	53652
D7T227	Metabolic	0,2	-	-	-	48110
A0A438JUR7	Metabolic	0,2	-	-	-	60364
A0A438GBY4	Metabolic	0,2	-	-	-	20920
A0A438JBL9	Metabolic	0,2	-	-	-	29540
A0A438F7F1	Metabolic	0,2	-	-	-	24475
A0A438C3L8	Metabolic	0,2	0,2	-	-	29344
A5BBY8	Metabolic	0,2	-	-	-	37236
A0A438EXF2	Metabolic	0,2	-	-	-	17340
A5BYS9	Metabolic	0,2	-	-	-	25978
A0A438G6N0	Metabolic	0,2	-	-	-	32765
D7T4M7	Metabolic	0,2	-	-	-	9943
F6I1P0	Metabolic	0,2	-	-	-	39489
A0A438DIR9	Metabolic	0,2	tr	-	-	36759
A0A438EMI9	Metabolic	0,1	-	-	-	16689
D7T9I6	Metabolic	0,1	-	-	-	25584
A0A438KLY1	Metabolic	0,1	0,3	-	-	13837



A0A438D3A5	Metabolic	0,1	-	-	-	9648
A0A438E487	Metabolic	0,1	-	-	-	17938
F6H8X0	Storage	0,1	-	-	-	38554
Q6XGX9	Metabolic	0,1	-	-	-	17325
D7T8C3	Metabolic	0,1	-	-	0,1	19951
D7TBK8	Metabolic	0,1	-	-	-	17263
F6HHR8	Metabolic	0,1	-	-	-	44317
A5BGB7	Metabolic	0,1	-	-	-	17561
A0A438HAC6	Metabolic	0,1	-	-	-	20870
A0A438DRQ9	Metabolic	0,1	tr	-	-	71414
A0A438J5L3	Metabolic	0,1	-	-	-	49897
A0A438IEV0	Metabolic	0,1	-	-	-	15887
A0A438BY61	Metabolic	0,1	-	-	-	19901
A0A438KIG0	Metabolic	0,1	0,1	-	-	45106
D7TLU7	Metabolic	0,1	-	-	-	27128
A2ICC9	Metabolic	0,1	-	-	-	40193
A0A438JAU0	Metabolic	0,1	-	-	-	49310
sp F6HDT7	Metabolic	0,1	-	-	-	23430
A0A438FNA6	Metabolic	0,1	tr	-	-	52017
A0A438F6N4	Metabolic	0,1	-	-	-	43404
D7SME9	Metabolic	0,1	-	-	-	40290
D7U3Z9	Metabolic	0,1	0,8	tr	-	10241
A0A438H7G9	Metabolic	0,1	0,3	-	-	16166
F6GWY5	Storage	0,1	-	-	-	70478
A5BLR3	Metabolic	0,1	0,5	-	-	14888
A0A438E3L9	Metabolic	0,1	tr	-	-	30128
A0A438EYG4	Metabolic	0,1	-	-	-	17426
A0A438J2X8	Metabolic	0,1	-	-	-	90269
F6I327	Metabolic	0,1	-	-	-	42909
D7T0M7	Metabolic	0,1	-	-	-	24997
A0A438EKJ2	Metabolic	0,1	-	-	-	46410
A0A438DAN4	Metabolic	0,1	-	-	-	14108
A0A438EFX6	Metabolic	tr	-	-	-	19663
F6I2B8	Metabolic	tr	-	-	-	5473
A0A438EFK8	Metabolic	tr	-	-	-	41145
A0A438I4N4	Metabolic	tr	-	-	-	73595
A5AFU2	Metabolic	tr	tr	-	-	25353
A0A438JAG9	Metabolic	tr	-	-	-	43289
F6HKR7	Metabolic	tr	-	-	-	23169
A0A438JXY0	Metabolic	tr	-	-	-	22459
A0A438JUV5	Metabolic	tr	-	-	-	54946
F6HNX5	Metabolic	tr	tr	-	-	71171
A0A438H0Q8	Metabolic	tr	-	-	-	86669
F6H3Q4	Metabolic	tr	-	-	-	53156
D7T159	Metabolic	tr	-	-	-	15749
A0A438D9V7	Metabolic	tr	-	-	0,1	26329
A0A438E048	Metabolic	tr	-	-	-	26750
A0A438BVA6	Metabolic	tr	-	-	-	11408
D7SIN7	Metabolic	tr	-	-	-	33886
A0A438J6L0	Storage	tr	-	-	-	38613
A0A438GY25	Metabolic	tr	-	-	-	47365
A0A438IHE0	Metabolic	tr	-	-	-	60743
A0A438EGB5	Metabolic	tr	-	-	-	41016
A0A438F8P6	Metabolic	tr	-	-	-	55671
E0CQ80	Metabolic	tr	-	-	-	93220
A0A438KC41	Storage	tr	-	0,3	0,1	54937
A0A438BUI6	Metabolic	tr	-	-	-	42284
A0A438EXI9	Metabolic	tr	-	-	-	17331



A0A438K871	Metabolic	tr	-	-	-	15325
F6HKH3	Metabolic	tr	-	-	-	47060
A0A438CMZ9	Storage	tr	0,9	6,7	0,2	54196
A0A438BUG6	Metabolic	tr	-	-	-	73606
A0A438HX56	Metabolic	tr	-	-	-	56029
A0A438EDM7	Metabolic	-	6,0	-	-	55662
A0A438FHE7	Metabolic	-	tr	-	-	18201
A0A438GWK3	Metabolic	-	tr	-	-	22027
A0A438HB37	Metabolic	-	tr	-	-	16336
A0A438IAY8	Metabolic	-	2,5	-	-	48094
A0A438IRM5	Storage	-	0,6	tr	-	21087
A0A438J9Q0	Metabolic	-	3,3	-	-	60282
A0A438KGR7	Metabolic	-	0,1	-	-	17439
A5C2G0	Metabolic	-	0,3	-	-	18165
D7TJ45	Metabolic	-	tr	-	-	11504
D7U0W9	Metabolic	-	tr	-	-	16380
F6H6P8	Metabolic	-	0,1	-	-	47342
F6HUH1	Metabolic	-	0,1	0,1	-	24003
F6HW68	Metabolic	-	tr	0,1	-	22456
O81228	Metabolic	-	0,1	0,2	-	15228
A0A438CN00	Metabolic	-	-	2,4	-	54978
A0A438DX12	Storage	-	-	tr	-	20160
A0A438J7W6	Metabolic	-	-	0,1	-	60205
A0A438JJ75	Metabolic	-	-	-	-	23958
A0A438K4K5	Metabolic	-	-	-	0,1	93355
A5AEI7	Storage	-	-	8,2	80,0	19783
A5BNP0	Metabolic	-	-	0,1	-	16945
D7U1Z4	Metabolic	-	-	tr	-	21252
F6H9A4	Storage	-	-	-	0,1	16105
F6HAU0	Metabolic	-	-	-	tr	59996
F6HZK3	Storage	-	-	-	0,1	56889
Totale storage		64,6	79,4	98,2	99,6	
Totale metabolic		35,4	20,6	1,8	0,4	
Totale		100	100	100	100	

*% abbondanza relativa interna

APIACEAE

Tabella A2. Composizione (%) dell'olio essenziale delle parti aeree di *A. sylvestris* (As), raccolto nell'Isola di Skye.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	Hexanal	802	802	tr
2	Heptanal	896	905	tr
3	β -Thujene	920	928	0.2
4	α -Pinene	931	936	3.5
5	Camphene	953	949	0.3
6	Benzaldehyde	964	963	tr
7	α -Phellandrene	971	973	0.2
8	β -Pinene	982	995	4.6
9	3-Carene	1010	1007	0.1
10	Limonene	1032	1045	51.9
11	β -Ocimene	1041	1054	0.9
12	γ -Terpinene	1059	1061	Tr
13	<i>m</i> -Cresole	1063	1086	2.2
14	<i>p</i> -Cymenene	1090	1089	Tr
15	α -Undecene	1092	1094	0.2
16	3-(4-methyl-3-pentenyl)furan	1099	1098	Tr
17	Linalool	1102	1103	0.1
18	2-methylbutyl-2-methylbutanoate	1106	1107	0.3
19	2-methylbutyl-3-methylbutanoate	1110	1113	0.1
20	<i>trans-p</i> -Mentha-2,8-dienol	1118	1123	0.1
21	Limonene oxide	1138	1132	Tr
22	<i>cis-p</i> -Mentha-2,8-dienol	1141	1138	0.2
23	<i>p</i> -menth-2-en-1-ol	1142	1144	Tr
24	<i>cis</i> -Verbenol	1143	1147	Tr
25	2-Nonenal	1145	1164	Tr
26	Lavandulol	1162	1168	Tr
27	Terpinen-4-ol	1180	1179	0.1
28	α -Terpineol	1187	1193	Tr
29	<i>cis</i> -Carveol	1188	1198	0.1
30	Caprylyl acetate	1211	1213	Tr
31	<i>trans</i> -Carveol	1220	1220	0.2
32	Methyl thymyl ether	1235	1230	Tr
33	D-Carvone	1254	1243	Tr
34	Thymol	1284	1277	3.3
35	Bornyl acetate	1289	1282	0.1
36	Isocarveol	1295	1296	Tr
37	δ -Elemene	1330	1330	Tr
38	Carvyl acetate	1334	1333	Tr
39	Ylangene	1361	1362	0.2
40	α -Copaene	1367	1368	Tr
41	β -Bourbonene	1380	1375	0.1
42	Cedrene	1381	1381	Tr
43	β -Elemene	1392	1384	0.3
44	Methyleugenol	1401	1400	Tr
45	β -Caryophyllene	1411	1409	0.7
46	β -Copaene	1428	1419	0.1
47	γ -Elemene	1433	1424	0.4
48	α -Gurjunene	1434	1441	0.1
49	α -Caryophyllene	1454	1446	1.9
50	β -Farnesene	1455	1455	0.9
51	γ -Muurolene	1477	1471	1.7
52	Germacrene D	1482	1475	3.2
53	α -Curcumene	1487	1478	0.6



54	2-Phenylethyl 2-methylbutanoate	1491	1482	0.4
55	α -Farnesene	1505	1492	1.6
56	γ -Cadinene	1514	1505	0.9
57	δ -Cadinene	1524	1512	0.5
58	α -Cadinene	1535	1529	Tr
59	α -Calacorene	1542	1533	0.2
60	Germacrene B	1558	1549	1.9
61	Spathulenol	1575	1568	0.3
62	Caryophyllene oxide	1581	1571	0.3
63	Humulene epoxide	1596	1597	0.6
64	Cubenol	1613	1608	2.7
65	Dillapiol	1622	1619	0.3
66	α -Cadinol	1653	1651	0.4
67	α -Bisabolol	1683	1686	1.7
Monoterpene Hydrocarbons				61.7
Oxygenated Monoterpenes				4.3
Sesquiterpene Hydrocarbons				15.1
Oxygenated Sesquiterpenes				5.9
Other				3.1
Total				90.1

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Linear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>), ^c Linear retention indices on a DB-5MS apolar column.

Tabella A3. Componenti principali (>3%) degli oli essenziali di *A. sylvestris* s.l. provenienti da diverse parti aeree.

Taxa	p	Origin	Compounds	Ref.
<i>Angelica sylvestris</i> L.	ap	Estonia	α -pinene (45.4), <i>p</i> -cymene (15.5), β -myrcene (13.3), camphene (4.6), palmitic acid (3.3), germacrene D (3.2)	Raal et al. 2022
<i>Angelica sylvestris</i> L.	s	Serbia	limonene (66.6), α -pinene (19.0)	Aćimović et al. 2018
<i>Angelica sylvestris</i> L.	ap	Serbia	limonene (75.3), α -pinene (9.6)	Stanković et al. 2020
<i>Angelica sylvestris</i> L. var. <i>fr</i>	fr	Turkey	α -pinene (25.6), β -phellandrene (9.1), bornyl acetate (7.3), limonene (5.6), carvacrol (5.6), myrcene (4.4), camphene (3.9), α -chamigrene (3.4)	Özek et al. 2008
<i>Angelica sylvestris</i> L. var. <i>l</i>	l	Turkey	spathulenol (12.4), germacrene D (10.6), α -humulene (7.6), hexadecanoic acid (4.3), 4-hydroxy-2-methyl acetophenone (3.6), phytol (3.6), bicyclogermacrene (3.5)	Ağalar et al. 2020
<i>Angelica sylvestris</i> L. var. <i>fr</i>	fr	Turkey	β -phellandrene (34.5), α -pinene (23.2), geranyl acetate (8.4), sabinene (6.9), limonene (3.4)	Ağalar et al. 2020
<i>Angelica sylvestris</i> L. var. <i>fl</i>	fl	Turkey	α -pinene (42.0), β -phellandrene (25.5), camphene (4.8), myrcene (4.4), limonene (4.2), bornyl acetate (4.1), 4-hydroxy-2-methyl acetophenone (3.6),	Ağalar et al. 2020
<i>Angelica sylvestris</i> L. var. <i>fr</i>	fr	France	limonene (56.1), α -pinene (11.3), farnesol (5.1)	Bernard 2001
<i>Angelica vulgaris</i>				

p = parts; ap = aerial parts; s = seeds; fr = fruits; l = leaves; fl = flowers

A4. Componenti principali (>3%) degli oli essenziali delle radici di *A. sylvestris*.

Taxa	Origin	Compounds	Ref.
<i>Angelica sylvestris</i> L.	Russia	globulol (46.3), α -bisabolol (6.5), β -bisabotene (3.9), germacrene D (3.1), nerolidol (3.0)	Vinokurova et al. 1999
<i>Angelica sylvestris</i> L.	Estonia	isocaryophyllene oxide (31.9), α -bisabolol (17.5), α -pinene (12.4), <i>p</i> -cymene (8.2), α -muurolene (12.4),	Raal et al. 2022
<i>Angelica sylvestris</i> L. var. <i>elator</i>	France	nonane (18.7), α -pinene (16.2), β -phellandrene (12.0)	Bernard and Clair 1997
<i>Angelica sylvestris</i> L. var. <i>stenoptera</i>	Turkey	globulol (70.7), δ -cadinene (5.2), α -selinene (3.7)	Aktaş Karaçelik et al. 2022
<i>Angelica sylvestris</i> L. var. <i>stenoptera</i>	Turkey	10- <i>epi</i> - γ -eudesmol (5.4), elemol (5.4), spathulenol (4.8), guaiol (4.1), bulsenol (4.1), myrcene (3.7), α -cadinol (3.6), valerianol (3.5), 2-methylbutyl-3-methylbutyrate (3.0), α -eudesmol (3.0), β -eudesmol (3.0)	Ağalar et al. 2020

Tabella A5. Composizioni oli essenziali *Cachrys pungens* (Cp) e *Cachrys cristata* (Cc).

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%) Cp	Area (%) Cc
1	β -Thujene	921	929	0.7	-
2	α -Pinene	930	930	3.6	7.3
3	Camphene	953	953	0.2	-
4	Sabinene	974	975	12.6	0.2
5	β -Pinene	981	981	1.2	-
6	β -Myrcene	990	991	2.0	45.3
7	α -Phellandrene	1005	1005	0.5	-
8	3-Carene	1010	1011	-	0.3
9	α -Terpinene	1012	1016	2.2	-
10	<i>p</i> -Cymene	1024	1026	7.2	-
11	Sylvestrene	1029	1029	3.3	-
12	β -cis-Ocimene	1040	1040	13.6	-
13	β -trans-Ocimene	1048	1050	8.0	3.4
14	γ -Terpinene	1062	1062	10.6	-
15	<i>trans</i> -Menth-2-en-1-ol	1077	1083	0.2	-
16	Terpinolene	1086	1088	6.5	-
17	Linalool	1097	1098	0.5	-
18	<i>p</i> -Mentha-1,3,8-triene	1115	1118	0.1	-
19	Cosmene	1129	1130	0.1	-
20	Allo-Ocimene	1130	1131	-	10.9
21	3,4-dimethyl-2,4,6-octatriene	1131	1132	2.5	-
22	<i>trans-p</i> -Menth-2-en-1-ol	1146	1146	0.2	-
23	endo-Borneol	1177	1178	0.1	-
24	Terpinen-4-ol	1184	1184	2.6	-
25	α -Terpineol	1196	1197	0.4	-
26	<i>trans</i> -Piperitol	1212	1216	0.1	-
27	Thymol methyl ether	1225	1235	0.7	-
28	Isothymol methyl ether	1240	1244	9.0	-
29	1-Decanol	1272	1276	0.1	-
30	Bornyl acetate	1284	1185	0.8	-
31	<i>trans</i> -Pinocarvyl acetate	1293	1297	0.1	-
32	Carvacrol	1299	1300	0.2	-
33	Mesitaldehyde	1335	1338	-	23.5
34	δ -Elemene	1330	1339	0.1	2.1
35	α -Copaene	1374	1377	0.1	-
36	β -Bourbonene	1383	1386	0.6	-
37	β -Cubebene	1385	1387	0.2	-
38	Benzyl valerate	1393	1396	1.9	-
39	1,4-Dimethoxy-2-tert-butylbenzene	1408	1408	0.1	-
40	Caryophyllene	1417	1418	0.4	1.4
41	β -Copaene	1427	1427	0.1	-
42	Alloaromadendrene	1442	1442	0.1	0.1
43	β -Himachalene	1474	1477	0.2	-
44	Germacrene D	1479	1480	1.8	-
45	Elixene	1492	1492	0.8	-
46	<i>trans</i> -nerolidol	1555	1558	0.2	-
47	Spathulenol	1573	1576	0.2	-
48	Caryophyllene oxide	1580	1583	0.1	-
49	Isoaromadendrene oxide	1581	1590	0.1	-
50	τ -Muurolol	1647	1650	0.5	-
51	β -Eudesmol	1651	1651	2.0	-
Monoterpene Hydrocarbons				67.5	67.5
Oxygenated Monoterpenes				14.8	23.5
Sesquiterpene Hydrocarbons				4.3	3.6
Oxygenated Sesquiterpenes				3.0	-



Other	9.2	-
Total	98.8	94.6

^a Components listed in order of elution on an DB-5MS column; ^bLinear retention indices on a DB-5MS apolar column; ^c Linear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

Tabella A6. Componenti principali (>3%) degli oli essenziali dei taxa del genere *Cachrys*

Taxa	Origin	p.	Compounds	MH	OM	SH	OS	O	Ref.
<i>C. alpina</i>	Turkey	fr	α -humulene (33.1), p -cymene (9.3), α -phellandrene (9.1), germacrene D (8.2), α -pinene (6.3)	34.2	1.6	55.9	6.0	0.3	Başer et al. 2004
<i>C. boissieri</i>	Turkey	ap	β -caryophyllene (25.6), caryophyllene oxide (9.4), α -pinene (8.8), α -humulene (5.6), germacrene D (5.2), bomyl acetate (4.7), caryophylladienol-II (3.6)	16.7	7.5	44.8	10.1	1.5	Başer et al. 2000
<i>C. cristata</i>	Crete	ap	myrcene (54.2), bicyclogermacrene (15.7), germacrene D (14.8), β -caryophyllene (4.9), β -phellandrene (3.8)	60.8	-	36.0	-	0.7	Evergetis et al. 2015
	Crete	ap	β -myrcene (45.3), 2,4,6-trimethylbenzaldehyde (23.5), <i>allo</i> -ocimene (10.9), α -pinene (7.3), γ -muurolene (3.6), (<i>Z</i>)- β -ocimene (3.4)	67.6		6.0		23.9	Maresca et al. 2023
	Greece	l	(<i>Z</i>)- β -ocimene (44.2), δ -3-carene (8.7), γ -terpinene (6.0), terpinolene (5.2), α -pinene (3.7), sabinene (3.7), myrcene (3.0)	80.7	t	14.1	4.4	t	Koutsaviti et al. 2015
	Greece	s	(<i>Z</i>)- β -ocimene (30.5), p -cymene (10.7), δ -3-carene (8.8), α -pinene (7.2), γ -terpinene (6.9), terpinolene (6.7), β -caryophyllene (4.8), myrcene (3.8), sabinene (3.5), β -vetivone (3.2)	82.2	1.0	11.7	4.9	t	Koutsaviti et al. 2015
	Greece	r	p -tolualdehyde (39.6), (<i>Z</i>)- β -ocimene (15.2), α -phellandrene (11.7), (<i>E</i>)- β -ocimene (7.9)	47.4	3.1	1.3	2.4	40.5	Koutsaviti et al. 2015
	Serbia	ap	phytol (13.1), germacrene D (12.9), β -caryophyllene (9.7), β -bourbonene (8.5), caryophyllene oxide (7.3), germacrene-4(15),5,10(14)-trien-1 α -ol (5.6), α -cadinol (3.5), β -bisabolene (3.1),	0	2.5	45.7	32.9	19.0	Matejić et al. 2012
	Serbia	fr	suberosin (19.7), germacrene D (12.3), germacrene B (10.0), octacosane (4.2), β -caryophyllene (4.1), α -cadinol (3.0),	0	0.7	48.3	36.7	14.3	Matejić et al. 2012
	Turkey	fr	hexadecanoic acid (11.6), nonacosane (8.0), germacrene D (6.1), myristicin (4.4), α -pinene (3.4)	13.7	1.1	23.1	14.6	39.1	Özek et al. 2007
<i>C. libanotis</i>	Algeria	ap	germacrene-D (18.0), γ -terpinene (6.4), p -cymene (5.5),	28.5	3.4	34.5	10.9	3.8	Bouderdara et al. 2011

			caryophyllene oxide (5.1), limonene (5.1), spathulenol (4.1), β -pinene (4.0), α -copaene (4.0), neophytadiene (3.8), myrvene (3.2), sabinene (3.1)						
<i>C. microcarpos</i>	Turkey	ap	β -caryophyllene (31.4) caryophyllene oxide (23.1), fenchyl alcohol (9.1), α - humulene (4.9), β -phellandrene (4.6), germacrene D (4.2), α - pinene (3.0), caryophyllenol-II (3.0)	19.4	9.1	41.7	28.5	-	Karakaya et al. 2019
	Turkey	ap	bornyl acetate (19.9), caryophyllene oxide (7.7), β - caryophyllene (6.3), <i>trans</i> - verbenol (5.5), pinocarvone (4.2), β -elemene (3.6), germacrene D (3.4)	3.2	50.2	21.2	10.3	-	Özer et al. 2007
	Iran	ap	α -pinene (15.9), β -caryophyllene (15.7), β -phellandrene (7.8), germacrene-D (6.8), bornyl acetate (5.6), zingiberene (5.3), sabinene (4.8), β - sesquiphellandrene (4.1), α - humulene (3.2)	42.0	8.4	39.2	4.2	1.4	Khalilzadeh et al. 2007
	Iran	l	β -caryophyllene (26.4), γ - muurolene (19.0%), linalool (6.1), camphene (4.3), zingiberene (4.1), β -bourbonene (3.9), thymol (3.6), geraniol (3.2), β -sesquiphellandrene (3.1)	14.1	19.0	64.9	0.8	-	Sefidkon and Shaabani 2003
	Iran	fl	γ -muurolene (19.2%), β - caryophyllene (18.5), thymol (6.9), camphene (6.4), linalool (5.9), bornyl acetate (5.4), α - copaene (3.3), β -bourbonene (3.3), β -pinene (3.1)	14.2	18.9	54.4	2.0	-	Sefidkon and Shaabani 2003
<i>C. sicula</i>	Algeria	ap	β -pinene (17.9), sabinene (17.8), myrcene (12), α -pinene (11.4), germacrene D (9.3), β - caryophyllene (4.0), 4-terpineol (3.8)	74.8	6.4	15.9	1.5	-	Tahar et al. 2023
	Spain	fl	γ -terpinene (17.5–27.2), <i>p</i> - cymene (21.0–24.0), myrcene (6.0–17.7), α -pinene (3.9–17.5), (<i>Z</i>)- β ocimene (6.2–12.9), <i>trans</i> - limonene oxide (0.4–9.7), sabinene (3.1–3.9), limonene (t- 3.9), tricyclene (0.7–3.1)	91.4- 80.9	10.9- 1.7	4.0- 2.4	0.8- 0.5	3.1- 0.8	Pala-Paul et al. 2002
	Spain	fr	α -pinene (19.1–21.8), γ -terpinene (1.8–21.6), myrcene (15.0–18.8), (<i>E</i>)- β -ocimene (1.8–17.2), sabinene (4.0–13.1), <i>p</i> -cymene (7.3–7.5), (<i>Z</i>)- β ocimene (2.7– 7.0), α -thujene (5.9–6.7),	91.8- 91.3	7.7- 7.6	0.7- 0.3	-	3.1- 0.7	Pala-Paul et al. 2002



		terpinen-4-ol (0.6–5.6), <i>p</i> -mentha-1,5-dien-8-ol (0.2–5.3)						
Spain	s+l	<i>p</i> -cymene (17.8–36.7), myrcene (6.1–18.8), sabinene (4.4–18.5), α -pinene (8.1–16.3), γ -terpinene (6.2–15.7), (<i>Z</i>)- β ocimene (3.8–10.5)	95.2-87.7	4.0-2.7	3.1-0.4	0.3-0.1	5.3-0.7	Pala-Paul et al. 2002
Spain	um	sabinene (10.3–21.3), γ -terpinene (18.0–19.6), myrcene (15.2–17.9), <i>p</i> -cymene (12.2–15.7), α -pinene (12.9–15.5), (<i>Z</i>)- β -ocimene (3.2–8.6), α -thujene (3.7–4.7), limonene (2.5–3.4)	95.6-94.5	3.8-2.5	0.9-05	-	1.1-0.6	Pala-Paul et al. 2002

MH = Monoterpene Hydrocarbons; **OM** = Oxygenated Monoterpenes; **SH** = Sesquiterpene Hydrocarbons; **OS** = Oxygenated Sesquiterpenes; **O** = others; p. = parts; ap = aerial parts; fl = flowers; fr = fruits; l = leaves; ; r = roots; s = stems; um = umbels.

Tabella A7. Composizione (%) degli oli essenziali di *Crithmum maritimum* raccolti a Isola delle Femmine (S43), Croazia (S44), Montenegro (S45), Israele (S46).

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	S43 ^d	S44 ^d	S45 ^d	S46 ^d
1	β -Thujene	920	929	0.5	0.2	0.4	0.4
2	α -Pinene	931	936	3.6	4.9	0.5	15.3
3	Camphene	953	950	tr	0.1	tr	0.2
4	β -Phellandrene	971	977	4.1	8.0	28.3	0.6
5	β -Myrcene	981	986	-	-	-	0.8
6	β -Pinene	982	996	0.9	0.9	1.8	0.8
7	Octanal	1005	1007	-	0.2	-	0.3
8	α -Phellandrene	1010	1011	-	-	0.3	-
9	α -Terpinene	1017	1022	0.3	0.1	1.6	0.2
10	<i>p</i> -Cymene	1029	1037	13.6	-	-	-
11	Limonene	1032	1049	-	79.0	50.0	43.1
12	<i>cis</i> - β -Ocimene	1041	1056	-	tr	-	1.6
13	γ -Terpinene	1059	1064	49.0	1.4	4.0	27.0
14	Terpinolene	1089	1085	tr	0.2	0.9	0.2
15	<i>cis</i> -Sabinene hydrate	1101	1099	tr	tr	0.4	-
16	<i>cis-p</i> -Menth-2-en-1-ol	1122	1124	tr	tr	0.5	-
17	<i>trans</i> -allocimene	1131	1131	tr	0.2	-	0.2
18	<i>cis</i> -Limonene oxide	1134	1137	-	0.2	0.1	Tr
19	<i>trans-p</i> -Menth-2-en-1-ol	1145	1143	-	tr	0.2	-
20	Terpinen-4-ol	1180	1180	0.6	1.2	5.7	0.1
21	α -Terpineol	1187	1193	0.2	0.2	0.4	Tr
22	<i>cis</i> -Dihydrocarvone	1195	1195	-	0.1	-	-
23	<i>cis</i> -Piperitol	1211	1207	-	tr	0.2	-
24	<i>trans</i> -Carveol	1217	1219	-	0.1	tr	-
25	Thymol methyl ether	1235	1250	24.5	-	-	0.5
26	Carvacrol	1298	1294	0.1	-	-	-
27	β -Bourbenene	1382	1373	-	-	-	0.1
28	Damascenone	1384	1374	-	-	0.1	-
29	β -Elemene	1392	1403	-	-	-	0.1
30	β -Caryophyllene	1415	1431	tr	tr	-	0.2
31	γ -Elemene	1425	1446	tr	tr	-	0.7
32	Germacrene D	1480	1496	tr	-	-	1.3
33	Cuparene	1502	1498	-	tr	tr	0.2
34	β -Bisabolene	1506	1502	tr	0.1	0.1	-
35	β -Sesquiphellandrene	1519	1518	0.1	0.1	0.1	-
36	β -Himachalene	1527	1524	-	-	tr	0.3
37	Spathulenol	1574	1567	tr	0.2	tr	tr
38	Dillapiole	1622	1618	tr	tr	1.6	tr
Monoterpene Hydrocarbons				72.0	95.1	87.8	90.6
Oxygenated Monoterpenes				25.4	1.9	7.5	0.6
Sesquiterpene Hydrocarbons				0.1	0.3	0.2	2.8
Oxygenated Sesquiterpenes				-	0.2	-	-
Other				-	-	1.8	-
Total				97.6	97.3	97.2	94.0

^a Components listed in order of elution on an DB-5MS column; ^bLinear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>); ^c Linear retention indices based on DB-5MS apolar column; ^d valori di Area (%) (tr < 0,01 %).

Tabella A8. Principali componenti oli essenziali *Crithmum maritimum*.

No	Origin	v.p.	Compounds	MH	OM	SH	OS	O
S1	Algeria, Bejaia	July	γ -terpinene (50.5), thymol methyl ether (33.6), <i>p</i> -cymene (12.6)	65.3	33.7	-	-	-
S2	Croatia, Dalmatia	June	limonene (58.4), sabinene (26.5), terpinen-4-ol (5.6), γ -terpinene (2.8)	93.4	5.6	-	-	-
S3	France, Corsica, Mandriolu		γ -terpinene (42.2), β -phellandrene (20.3), dillapiole (7.9), thymol methyl ether (7.3), <i>p</i> -cymene (6.4), sabinene (5.2), α -pinene (2.2)	77.5	7.3	-	-	7.9
S4	France, Brittany, Finistere	Sept	dillapiole (55.7), γ -terpinene (14.0), thymol methyl ether (11.8), sabinene (4.7), myristicin (4.4), <i>p</i> -cymene (3.5), α -pinene (2.3)	26.5	13.0	-	-	60.4
S5	France, Brittany, Finistere	Sept	γ -terpinene (33.0), thymol methyl ether (22.0), dillapiole (17.5), <i>p</i> -cymene (8.7), α -pinene (6.4), sabinene (6.0)	57.3	23.7	-	-	18.1
S6	Greece, Chios	June- Aug	γ -terpinene (22.8), limonene (20.4), sabinene (15.1), β -phellandrene (8.6), <i>cis</i> - β -ocimene (8.1), carvacrol methyl ether (6.2), β -pinene (2.8), terpinen-4-ol (2.5)	84.5	6.9	1.8	0.1	-
S7	Greece, Larissa	April -May	β -phellandrene (15.5-30.9), γ -terpinene (17.5-19.6), sabinene (15.8-17.6), <i>p</i> -cymene (16.7), thymol methyl ether (7.6-9.3), terpinen-4-ol (4.8), α -terpinene (3.9), α -phellandrene (2.6), myrcene (2.2-2.3)	79.0 - 81.7	14.0 - 16.1	0.2- - 3.0	0.2- - 0.3	0.3- - 2.0
S8	Greece, Magnesia		sabinene (49.4), γ -terpinene (31.4), α,β -pinene (9.6), limonene (2.7)	95.8	1.5	-	-	-
S9	Greece, N. Euboea, Artemisio	Aug	limonene (43.5), sabinene (21.7), γ -terpinene (19.2), α -pinene (7.5), terpinen-4-ol (3.0)	93.9	4.3	0.3	-	-
S10	Greece, Crete, Agia Marina	June- Aug	sabinene (38.0), limonene (12.8), β -phellandrene (18.5), γ -terpinene (17.1), terpinen-4-ol (3.9)	93.5	6.3	-	-	-
S11	Greece, Crete	June- Aug	γ -terpinene (35.4), sabinene (21.8), thymol methyl ether (19.7), limonene (6.4)	76.8	22.4	-	-	-
S12	Greece, Kos Island		sabinene (35.6), β -phellandrene (22.5), γ -terpinene (18.7), thymol methyl ether (10.9), terpinen-4-ol (3.1)	81.8	14.2	0.51	-	-
S13	Greece, Melos	June- Aug	γ -terpinene (33.3), limonene (28.5), thymol methyl ether (13.7), α -pinene (7.7), <i>cis</i> - β -ocimene (6.5), sabinene (3.3), bicyclogermacrene (2.8)	80.8	14.0	3.1	0.2	0.2
S14	Italy, Campania, Naples	June- Aug	γ -terpinene (39.4), carvacrol methyl ether (25.8), dillapiole (11.5), isoterpinolene (6.5), <i>p</i> -cymene (6.2)	55.9	26.6	-	-	11.5
S15	Italy, Campania, Sorrento	Apr	γ -terpinene (36.6), thymol methyl ether (28.8), <i>p</i> -cymene (9.6), β -pinene (7.5), α -pinene (4.7), dillapiole (0.2)	64.7	30.9	1.6	-	0.8
S16	Italy, Liguria	May	γ -terpinene (66.2), thymol methyl ether (13.5), α -pinene (7.4), <i>p</i> -cymene (5.2), 1,8-cineole (4.8), dillapiole (1.0)	78.9	18.3	-	-	1.0



S17	Italy, Liguria	June	γ -terpinene (47.1), 1,8-cineole (15.6), thymol methyl ether (14.2), <i>p</i> -cymene (4.8), sabinene (4.4), dillapiole (1.1)	59.2	29.8	-	-	1.1
S18	Italy, Liguria	July	γ -terpinene (68.0), thymol methyl ether (17.7), <i>p</i> -cymene (5.7), 1,8-cineole (2.4), dillapiole (0.5)	77.6	20.1	-	-	0.5
S19	Italy, Liguria	Sept	γ -terpinene (41.1), sabinene (30.0), thymol methyl ether (12.0), <i>p</i> -cymene (5.7), dillapiole (1.6)	79.8	12.9	-	-	1.6
S20	Italy, Liguria	Dec	γ -terpinene (48.8), thymol methyl ether (16.2), dillapiole (9.5), <i>p</i> -cymene (8.8), sabinene (5.1), α -pinene (4.0), 1,8-cineole (2.2)	66.7	18.4	-	-	9.5
S21	Italy, Marche, Camerano	April	γ -terpinene (50.0), thymol methyl ether (18.2), <i>p</i> -cymene (8.9), limonene (8.9), sabinene (5.0), α -pinene (2.6), dillapiole (2.5)	77.7	19.1	-	-	2.5
S22	Italy, Marche, Senigallia	Aug	limonene (38.4), γ -terpinene (19.9), sabinene (12.4), dillapiole (8.1), <i>cis</i> - β -ocimene (4.8), carvacrol methyl ether (4.2), terpinen-4-ol (3.1), <i>p</i> -cymene (2.6)	83.3	7.9	0.2	-	8.3
S23	Italy, Sicily, Catania	May	thymol methyl ether (25.5), γ -terpinene (22.9), limonene (22.3), <i>p</i> -cymene (4.3), α -pinene (3.2)	56.7	26.1	2.2	-	3.9
S24	Italy, Sicily, Palermo, Addaura	June	thymol acetate (14.4), β -myrcene (13.7), <i>p</i> -cymene (11.7), β -phellandrene (6.6), α -pinene (5.5), 2,3,4-trimethylacetophenone (5.3), camphene (5.2), terpinen-4-ol (3.5), 2-methyl-6-(2-propenyl)phenol (3.3), bornyl acetate (2.7), thymol (2.6)	45.1	40.0	1.9	0.5	2.5
S25	Portugal, Viana do Castelo	May- Oct	dillapiole (14.5-46.6), γ -terpinene (16.8-32.9), sabinene (7.0-21.2), thymol methyl ether (10.1-14.4), <i>p</i> -cymene (3.4-7.7), α -pinene (2.2-5.9), <i>cis</i> - β -ocimene (2.4-3.1), terpinen-4-ol (2.0-2.9)	36.0 - 64.9	13.- 20.9	-	-	14.- 45.4
S26	Portugal, S. Martinho do Porto	May- Oct	γ -terpinene (29.5-44.1), sabinene (17.4-31.5), thymol methyl ether (13.7-18.5), <i>p</i> -cymene (4.1-8.3), <i>cis</i> - β -ocimene (2.5-7.5), terpinen-4-ol (3.6-6.0), α -pinene (2.0-4.7), dillapiole (2.0-2.3), α -terpinene (2.0)	70.4 - 80.3	18.7 - 26.3	-	-	0- 2.3
S27	Portugal, Boca do Inferno	May- Oct	γ -terpinene (24.9-38.1), sabinene (22.8-34.4), thymol methyl ether (12.4-17.5), terpinen-4-ol (3.1-7.8), <i>p</i> -cymene (3.8-7.2), dillapiole (2.5-5.8), <i>cis</i> - β -ocimene (2.2-5.4), α -terpinene (2.0-2.5)	67.8 - 77.7	19.2 - 25.5	-	-	1.7- 5.8
S28	Portugal, Praia da Ilha do Pessegueir o	May- Oct	dillapiole (20.2-41.5), γ -terpinene (20.4-35.2), sabinene (8.6-22.0), thymol methyl ether (11.7-15.1), <i>p</i> -cymene (3.9-5.6), terpinen-4-ol (2.0-5.2), <i>cis</i> - β -ocimene (2.0-4.7), α -pinene (2.2-3.4)	40.3 - 60.5	15.9 - 19.1	-	-	20.3 - 41.5
S29	Portugal, Almograve	May- Oct	γ -terpinene (36.0-43.0), sabinene (18.5-25.7), thymol methyl ether (13.1-16.6), <i>p</i> -cymene (5.0-7.5), <i>cis</i> - β -ocimene (2.8-	76.9 - 81.9	18.7 - 22.3	-	-	0.1- 1.6

			6.7), terpinen-4-ol (3.4-5.6), α -pinene (2.5-4.6), dillapiole (0.1-1.5) sabinene (35.3), γ -terpinene (29.9), thymol methyl ether (18.9), <i>p</i> -cymene (5.2), <i>cis</i> - β -ocimene (4.0) γ -terpinene (33.6), sabinene (32.0), thymol methyl ether (15.7), <i>p</i> -cymene (3.9), terpinen-4-ol (3.4), <i>cis</i> - β -ocimene (2.7), dillapiole (0.1) dillapiole (35.1), thymol methyl ether (20.4), γ -terpinene (14.9), sabinene (8.1), <i>p</i> -cymene (2.2) dillapiole (40.2), thymol methyl ether (20.6), γ -terpinene (19.3), β -phellandrene (6.6), <i>p</i> -cymene (5.7), terpinen-4-ol (2.3), thymol methyl ether (40.4), γ -terpinene (30.6), dillapiole (14.3), <i>p</i> -cymene (9.9), sabinene (2.2), sabinene (26.9), limonene (24.2), γ -terpinene (19.3), <i>p</i> -cymene (5.3), terpinen-4-ol (9.0), methyl chavicol (3.4), dillapiole (0.1) thymol methyl ether (8.1-29.8), γ -terpinene (8.2-25.5), terpinen-4-ol (2.7-21.2), dillapiole (1.9-21.0), sabinene (13.0-20.5), β -phellandrene (6.3-12.8), α -terpineol (3.3), <i>p</i> -cymene (4.4-5.8), <i>cis</i> - β -ocimene (4.6-5.3), limonene (2.2-2.7) γ -terpinene (8.8-35.2), thymol methyl ether (7.7-17.2), limonene (15.4-15.9), <i>cis</i> - β -ocimene (2.2-12.7), spathulenol (0-8.4), <i>p</i> -cymene (4.5-7.2), β -phellandrene (4.9-6.4), phytol (0-6.0), nonacosane (0-5.4), dillapiole (0-0.7) <i>p</i> -cymene (27.1), thymol methyl ether (9.2), γ -terpinene (8.3), cryptone (4.0), limonene (3.9) γ -terpinene (35.5), β -phellandrene (21.4), sabinene (12.6), thymol methyl ether (8.4) <i>p</i> -cymene (8.3), limonene (4.6), <i>cis</i> - β -ocimene (2.5) γ -terpinene (32.4), β -phellandrene (22.3), dillapiole (9.7), sabinene (9.1), thymol methyl ether (8.6), <i>p</i> -cymene (7.6), <i>cis</i> - β -ocimene (3.2) β -phellandrene (30.0), thymol methyl ether (24.6), <i>cis</i> - β -ocimene (14.3), <i>p</i> -cymene (12.8), estragole (3.1), fenchone (2.5), limonene (2.1) γ -terpinene (24.3), dillapiole (20.6), β -phellandrene (13.7), sabinene (11.7), thymol methyl ether (8.7) <i>p</i> -cymene (7.0), α -terpineol (3.5), <i>cis</i> - β -ocimene (3.1)					
S30	Portugal, Setubal			78.0	21.5	-	-	0.4
S31	Portugal, Nazaré			78.0	20.1	0.1	-	0.1
S32	Spain, San Sebastian	June-Aug		28.1	23.5	0.2	-	36.3
S33	Tunisia, Kelibia	Aug		33.7	22.9	-	-	40.2
S34	Tunisia, Monastir	Aug		42.1	40.8	1.0	-	14.3
S35	Turkey, Bolu	Aug		81.1	16.5	-	0.3	1.2
S36	Turkey, Silifke	June-July		40.4 - 68.3	12.4 - 54.3	0- 1.3	0.1- 1.8	1.9- 21.1
S37	Turkey, Bodrum	June-July		22.5 - 78.8	10.9 - 19.6	0.9- 4.1	0.1- 13.8	0.1- 14.9
S38	Turkey, Gazipasa	April		41.4	16.8	0.1	-	12.7
S39	Turkey, Sipahili	June		89.5	20.1	0.2	-	-
S40	Turkey, Yesilovacık	June		79.7	9.3	0.3	-	9.7
S41	Turkey, Antalya	June		64.1	35.2	0.4	-	-
S42	Turkey, Mersin	June		64.8	13.3	-	-	20.6

MH = Monoterpene Hydrocarbons; **OM** = Oxygenated Monoterpenes; **SH** = Sesquiterpene Hydrocarbons; **OS** = Oxygenated Sesquiterpenes; **O** = others; v.p.= vegetative period.



**Università
degli Studi
di Palermo**

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO
SETTORE DOTTORATI E CONTRATTI PER LA RICERCA
U. O. DOTTORATI DI RICERCA

Tabella A9. Componenti principali (>3%) degli oli essenziali dei taxa di *Daucus* di diverse provenienze, riportati in precedenza in letteratura.

Taxa	Organs	Origins	Main components (%)	References
<i>D. aristidis</i> Coss. = <i>D. aureus</i> Desf.	aerial parts	Algeria, Ghoufi	α -pinene (20.1), cedrol (20.1), <i>E</i> -asarone (18.5), eudesm-7(11)-en-4-ol (7.5), geranyl acetate (7.1), β -bisabolene (4.8), β -pinene (3.8), caryophyllene oxide (3.5)	Lamamra et al. 2016
	aerial parts	Algeria, Ghoufi	α -pinene (74.1), β -pinene (11.9), myrcene (3.9)	Lamamra et al. 2017
<i>D. aureus</i> Desf.	aerial parts	Algeria, Bousaada	α -pinene (49.0), β -pinene (19.2), limonene (7.3), myrcene (6.7), sabinene (4.3), β -phellandrene (3.3)	Lamamra et al. 2017
	Roots	Algeria	(<i>Z</i>)- α -santalol (14.1), caryophyllene oxide (10.6), spathulenol (9.8), τ -cadinol (4.2), viridiflorol (3.5), cadin-4-en-7-ol (3.5), germacrene D (3.4)	Meliani et al. 2013
	aerial parts	Algeria	germacrene D (42.8), spathulenol (4.2), viridiflorol (3.6), cadin-4-en-7-ol (3.5), (<i>Z</i>)- α -santalol (3.2)	Meliani et al. 2013
	aerial parts	Algeria, Constatine	sabinene (36.2), <i>n</i> -nonane (7.9), α -pinene (6.3), 4-terpineol (6.0), γ -terpinene (4.2), geranyl acetate (3.9), 1,10- <i>diepi</i> -cubenol (3.4), <i>p</i> -cymene (3.1)	Zaibet et al. 2015
	aerial parts	Algeria, Setif	sabinene (30.6), <i>n</i> -nonane (8.0), α -pinene (5.5), 4-terpineol (4.4)	Zaibet et al. 2015
	aerial parts	Algeria, Oum Elb.	α -pinene (19.4), <i>n</i> -nonane (18.3), <i>p</i> -cymene (12.2), β -pinene (12.0), limonene (3.5), α -phellandrene (3.4), sabinene (3.1)	Zaibet et al. 2015
<i>D. carota</i> ssp. <i>Carota</i>	flowers	Algeria	α -pinene (10.9), <i>α</i> -asarone (9.8), β -bisabolene (7.6), β -caryophyllene (7.1), sabinene (7.0), daucol (3.2), limonene (3.0)	Mohammed et al. 2015
	leaves and stems	Algeria	α -pinene (10.6), <i>α</i> -asarone (9.4), β -bisabolene (9.3), sabinene (7.2), carotol (6.8), <i>E</i> - α -bisabolene (6.3), daucol (5.3), β -caryophyllene (4.3), limonene (4.0)	Mohammed et al. 2015
	aerial flowering parts	Algeria	α -pinene (21.3), <i>α</i> -asarone (18.4), β -bisabolene (7.3), sabinene (6.5), limonene (6.4), terpinen-4-ol (3.5), carotol (3.5), β -caryophyllene (3.3), <i>E</i> - α -bisabolene (3.2)	Mohammed et al. 2015
	aerial flowering parts before flowering	Algeria	linalool (11.2), limonene (9.3), β -caryophyllene (7.9), geranyl acetate (7.3), carotol (6.4), β -pinene (5.4), 2-undecanone (4.5)	Mohammed et al. 2015
	aerial flowering parts after flowering	Algeria	<i>α</i> -asarone (20.8), α -pinene (6.8), <i>E</i> -methyloisoeugenol (5.7), β -bisabolene (5.5), geranyl acetate (3.8), limonene (3.1)	Mohammed et al. 2015
	flowers	Algeria	limonene (13.5), geranyl acetate (12.3), carotol (10.4), germacrene D (9.0), α -pinene (6.0), <i>Z</i> - α -bisabolene (5.4), <i>α</i> -cedrene (5.3), sabinene (4.3), β -myrcene (3.2), <i>α</i> -asarone (3.1)	Dahmane et al. 2017
	leaves	Algeria	α -pinene (27.4), sabinene (25.3), germacrene (16.3)	Ksouri et al. 2015
	Roots	Austria	α -terpinolene (26.2-56.3), β -pinene (4.1-8.2), <i>p</i> -cymene (2.7-7.4), sabinene (5.6-5.9), γ -terpinene (3.3-5.6), limonene (5.5), α -pinene (2.7-5.3), myristicin (4.9-5.1), myrcene (2.2-3.0),	Chizzola 2010
	leaves	Austria	α -pinene (20.9-44.8), sabinene (11.3-19.5), germacrene D (4.9-14.0), limonene (3.9-12.7), myrcene (4.0-11.2), β -pinene (1.3-5.9)	Chizzola 2010



seedling roots	Corsica	dodecanal (48.5-78.4), (<i>E</i>)- γ -bisabolene (1.1-63.6), tetradecanal (0.8-21.6), 1-dodecanol (2.9-11.9), limonene (1.0-11.2), (<i>E</i>)- α -bisabolene (3.0-7.9), β -bisabolene (2.7-5.8), myristicin (3.4)	Reduron et al. 2019
aerial parts prior flowering	Corsica	α -pinene (29.6), sabinene (19.9), limonene (5.7), myrcene (5.5), terpinen-4-ol (4.6)	Gonny et al. 2004
aerial parts full flowering	Corsica	α -pinene (39.5), sabinene (15.1), myrcene (6.9), limonene (4.5), (<i>E</i>)-methylisoeugenol (3.5)	Gonny et al. 2004
aerial parts end of flowering, umbels in nest	Corsica	(<i>E</i>)-methylisoeugenol (41.6), α -pinene (18.9), sabinene (10.4), myrcene (4.2)	Gonny et al. 2004
leaf stems full flowering	Corsica	α -pinene (34.8), sabinene (15.1), myrcene (8.6), limonene (7.0)	Gonny et al. 2004
leaf stems end of flowering	Corsica	α -pinene (38.0), sabinene (19.6), myrcene (6.9), limonene (6.6), terpinen-4-ol (4.2)	Gonny et al. 2004
flowering umbels	Corsica	α -pinene (27.7), methylisoeugenol (9.4), sabinene (7.3), myrcene (6.6), limonene (4.7), elemicin (4.0)	Gonny et al. 2004
ripe umbels	Corsica	methylisoeugenol (34.0), α -pinene (16.0), elemicin (10.9), sabinene (7.7), β -bisabolene (5.5), carotol (4.2), 11- α -H-himachal-4-en-1- β -ol (3.2), myrcene (3.0)	Gonny et al. 2004
umbels	Illinois, Usa	α -pinene (33.0), β -pinene (26.0), borneol (10.4), myrcene (6.4), limonene (5.3), γ -terpinene (5.0)	Muturi et al. 2019
umbels	Italy	β -bisabolene (17.6-51.0), carotol (2.4-25.1), 11 α -(H)-himachal-4-en-1- β -ol (9.0-21.6), (<i>E</i>)-methylisoeugenol (1.3-10.0)	Maxia et al. 2009
umbels	Montenegro	β -bisabolene (32.3-41.0), 11- α -(H)-himachal-4-en-1- β -ol (21.0-27.9), elemicin (10.1-14.8), α -longipipene (5.7-7.7), (<i>E</i>)-asarone (3.3-3.9), α -pinene (2.0-3.7), (<i>E</i>)-anethole (0-3.2)	Stanojević et al. 2023
flowers	Morocco	β -asarone (46.5), 10S,11S-himachala-3(12)4-diene (29.9), β -cubebene (4.5), longifolène (3.1)	Elhourri et al. 2013
aerial parts	Morocco	α -pinene (23.5), β -asarone (16.7), pseudolimonene (7.2), β -bisabolene (4.0)	Ihmdane et al. 2023
herbs, flowering and mature umbels	Poland	α -pinene (17.2-42.0), sabinene (19.5-40.5), geranyl acetate (0.2-16.5), terpinen-4-ol (2.9-6.1), limonene (2.3-5.3), myrcene (2.5-5.2)	Staniszewska et al. 2005
umbels	Poland	α -pinene (40.7), sabinene (18.3), myrcene (7.0), limonene (5.3), terpinen-4-ol (4.8), (<i>Z</i>)- β -ocimene (3.2)	Staniszewska and Kula 2001
herbs, umbels	Poland	sabinene (21.3-45.3), α -pinene (16.1-42.7), myrcene (4.0-12.9), limonene (3.6-6.8)	Gora et al. 2002
Herb	Poland	sabinene (37.7), α -pinene (16.0), myrcene (12.9), limonene (6.7), <i>cis</i> -verbenol (3.6), terpinen-4-ol (3.6)	Gora et al. 2002
blooming umbels	Poland	α -pinene (42.8), sabinene (21.4), myrcene (6.6), limonene (3.6)	Gora et al. 2002
umbels	Portugal	geranyl acetate (15.0-65.0), α -pinene (13.0-37.9), (<i>E</i>)-caryophyllene (1.3-4.9), β -pinene (2.3-3.5)	Maxia et al. 2009
flowers	Serbia	α -pinene (51.2), limonene (9.6), sabinene (8.6), β -myrcene (7.2), terpinen-4-ol (3.5), β -pinene (3.3)	Soković et al. 2009

	Roots	Serbia	sabinene (36.4), α -pinene (24.6), limonene (6.5), β -pinene (5.4), β -myrcene (3.04)	Soković et al. 2009
	leaves	Serbia	α -pinene (30.8), limonene (8.6), <i>trans</i> -phytol (7.0) β -myrcene (5.6), germacrene D (4.6)	Soković et al. 2009
	Stems	Serbia	α -pinene (18.5), α -bisabolol (6.0), limonene (5.7), <i>trans</i> -phytol (3.7), β -myrcene (3.4), sabinene (3.2)	Soković et al. 2009
	aerial parts	Serbia	α -pinene (29.3), terpinen-4-ol (7.9), limonene (6.3), β -myrcene (4.0), germacrene D (3.4), γ -terpinene (3.2)	Radulović et al. 2011
	umbels	Tunisia	carotol (3.5-48.0), elemicin (1.4-31.5), sabinene (1.7-14.5), 11- α -(H)-himachal-4-en-1- β -ol (12.7), eudesm-7(11)-en-4-ol (8.2), α -selinene (7.4), β -bisabolene (5.5), (Z)- β -farnesene (2.6-4.5), <i>trans</i> - α -bergamotene (0.2-3.8)	Marzouki et al. 2010
	aerial parts	Turkey	carotol (27.7), elemicine (18.1), limonene (16.0), sabinene (5.8), β -bisabolene (5.4)	Servi et al. 2021
<i>D. carota</i> ssp. <i>Commutatus</i>	seedling roots	Corsica	limonene (36.1), sabinene (19.8), caryophyllene (4.8)	Reduron et al. 2019
<i>D. carota</i> ssp. <i>Drepanensis</i>	seedling roots	Corsica	(E)- α -bisabolene (19.7), γ -elemene (18.7), β -bisabolene (14.2), dodecanal (8.9), 10- <i>epi</i> - β -acoradiene (7.3), (E)- γ -bisabolene (6.2), tetradecanal (5.1), n-octanal (4.6), limonene (4.3)	Reduron et al. 2019
	aerial parts	Tunisia	(E)-methyl isoeugenol (58.7), elemicin (24.3), premnaspirodien (4.4)	Snene et al. 2020
<i>D. carota</i> ssp. <i>Gedacaei</i>	seedling roots	Corsica	(E)- γ -bisabolene (22.8), 10- <i>epi</i> - β -acoradiene (20.8), β -bisabolene (20.5), γ -elemene (17.0)	Reduron et al. 2019
<i>D. carota</i> ssp. <i>Gummifer</i>	seedling roots	Corsica	limonene (0.8-42.5), myristicin (36.5), (E)- γ -bisabolene (15.5-32.2), γ -elemene (18.3), 10- <i>epi</i> - β -acoradiene (1.0-9.1), β -bisabolene (3.2-4.0)	Reduron et al. 2019
	ripe umbels	Portugal	geranyl acetate (37.0), α -pinene (30.9), carotol (11.0), limonene (5.8), β -pinene (3.8)	Valente et al. 2015a
<i>D. carota</i> ssp. <i>Halophilus</i>	flowering umbels	Portugal	sabinene (28.3-33.8), α -pinene (12.6-16.0), limonene (11.0-11.8), E-methylisoeugenol (0.7-7.4), elemicin (5.9-6.2), β -bisabolene (0.4-5.3), β -pinene (2.3-5.1), terpinene-4-ol (4.1-4.8), myrcene (3.2-4.7) apiole (80.3), myristicin (16.6)	Tavares et al. 2008
<i>D. carota</i> ssp. <i>Hispanicus</i>	Roots	Algeria		Bendiabdellah et al. 2014
	aerial parts	Algeria	myristicin (73.2), epiglobulol (5.1), germacrene D (3.1)	Bendiabdellah et al. 2014
	Stems	Algeria	myristicin (66.9), α -thujene (4.3), germacrene D (3.0)	Bendiabdellah et al. 2014
	leaves	Algeria	myristicin (80.2), epiglobulol (3.1)	Bendiabdellah et al. 2014
	flowers	Algeria	myristicin (83.8)	Bendiabdellah et al. 2014
<i>D. carota</i> ssp. <i>Hispidus</i>	aerial parts	Tunisia	α -cadinol (13.6), (E)-methyl isoeugenol (11.4), premnaspirodien (11.4), carotol (9.8), aromadendrene (5.4), sabinene (5.9), α - <i>trans</i> -bergamotene (3.8), longiborneol acetate (3.7), γ -muurolene (3.6), elemicin (3.6), terpin-4-ol (3.3), α -copaene (3.2), α -duprezianene (3.2), α -pinene (3.2), sabinene (51.6), 4-terpineol (11.0), p-cymene (4.2), eudesm-6-en-4a-ol (3.6), γ -terpinene (3.0)	Snene et al. 2020
<i>D. carota</i> ssp. <i>Maritimus</i>	flowers	Tunisia	dillapiole (46.6), myristicin (29.7), limonene (3.6)	Jabrane et al. 2009
	Roots	Tunisia		Jabrane et al. 2009
	seedling roots	Corsica	(E)- γ -bisabolene (31.5), myristicin (13.6), β -bisabolene (12.5), bornyl acetate (9.0), α -farnesene (5.6), γ -elemene (5.4), 10- <i>epi</i> - β -acoradiene (3.3)	Reduron et al. 2019

	aerial parts	Tunisia	elemicin (31.4), geranyl acetate (29.0), α -pinene (9.4), β -pinene (4.4), cubenol (4.8), myrcene (4.9)	Majdoub et al. 2019
<i>D. carota</i> ssp. <i>Maximus</i>	seedling roots	Corsica	limonene (81.8), (E)- γ -bisabolene (4.4), dodecanal	Reduron et al. 2019
	Roots	Pantelleria, Italy	γ -terpinene (35.9), β -phellandrene (16.3), <i>p</i> -cymene (15.3), terpinolene (14.2), α -pinene (11.3), β -terpinene (3.3)	Badalamenti et al 2022
	Stems	Pantelleria, Italy	β -phellandrene (70.1), γ -terpinene (4.6), <i>p</i> -cymene (3.8), 4-terpineol (3.6)	Badalamenti et al 2022
	flowers	Pantelleria, Italy	β -phellandrene (19.8), β -asarone (15.8), carotol (10.0), 4-terpineol (5.7), 6-epi-shyobunone (4.1), β -cubebene (3.9), eudesma-7(11)-en-4-ol (3.7), γ -terpinene (3.7), β -caryophyllene (3.2), α -phellandrene (3.1)	Badalamenti et al 2022
	ripe umbels	Portugal	α -pinene (22.2), geranyl acetate (16.0), β -bisabolene (11.5), α -asarone (9.8), (E)-methyloisoeugenol (8.0), elemicin (6.0), β -pinene (5.8), myrcene (3.0)	Valente et al. 2015b
	leaves	Lebanon	preisocalamendiol (17.9), shyobunone (16.8), β -cubebene (12.7), shyobunone isomer (3.8), tridecane (3.4), linalool (3.3), <i>trans</i> -2-nonenal (3.2)	Saad et al. 1995
	Stems	Lebanon	preisocalamendiol (32.7), shyobunone (24.3), shyobunone isomer (7.6), α -pinene (4.37), β -cubebene (3.6)	Saad et al. 1995
	flowers	Lebanon	α -pinene (27.4), carotol (26.3), α -humulene (9.8), germacrene D (7.0), myrcene (5.3), β -pinene (3.1), limonene (3.1)	Khoury et al. 2018
<i>D. carota</i> ssp. <i>maximus</i> var. <i>mauritanicus</i>	seedling roots	Corsica	limonene (8.3), eugenol methyl ether (5.2), 10- <i>epi</i> - β -acoradiene (4.0), β -bisabolene (3.7), α -farnesene (3.7)	Reduron et al. 2019
<i>D. carota</i> ssp. <i>Sativus</i>	Roots	Algeria	geranyl linalool (50.3), nonanal (3.8), bornyl acetate (3.1)	Zatla et al. 2017b
	aerial parts	Algeria	alismol (15.2), humulene (9.5), β -ionone (8.2), (E)- β -caryophyllene (5.5), α -spathulenol (4.9), neophytadiene (4.3), caryophyllene oxide (4.1), δ -elemene (3.5), octadecanoic acid (3.3)	Zatla et al. 2017b
	Roots	Algeria	geranyl linalool (13.5-50.3), myristicine (1.3-18.3), pentacosane (1.1-12.8), 4-terpineol (0.8-8.6), myrcene (1.2-7.9), bornyl acetate (2.5-7.1), spathulenol (1.2-6.8), (2.1-5.5), nonanal, (E,Z)-farnesyl acetone (0.5-5.5), geranyl acetone (0.1-4.9), (E)- γ -bisabolene (1.1-4.8), nonene (1.1-3.8), (E)-methyloisoeugenol (0.9-3.8), perialene (0.1-3.6), (E,E)-2,2-decadienal (0.1-3.4), heptane (0.1-3.3), alismol (1.0-3.2), 3-(E)- α -bisabolene (0.4-3.0)	Zatla et al. 2017°
	aerial parts	Algeria	alismol (11.9-19.6), spathulenol (2.1-14.3), α -humulene (3.4-13.4), myrcene (2.1-13.3), (E)- β -caryophyllene (2.5-12.1), β -ionone (1.4-9.1), neophytadiene (1.1-8.4), δ -elemene (0.4-6.6), octadecanoic acid (2.5-6.1), caryophyllene oxide (1.3-4.5), pentacosane (0.3-4.4), (E)-2-nonenal (1.2-3.9), <i>p</i> -cymene (1.1-3.7)	Zatla et al. 2017a
	flowers	China	carotol (16.4) α -pinene (12.6), caryophyllene (9.6), 3-carene (3.7), β -myrcene (9.1), 3,7-dimethyl-1,3,7-octatriene (7.1), (+)- <i>epi</i> -bicyclosesquiphellandrene (6.2), limonene (5.1)	Wu et al. 2006
	stems and leaves	China	caryophyllene (17.2), β -myrcene (14.1), (+)- <i>epi</i> -bicyclo-sesquiphellandrene (10.1), phytol (6.3), <i>R</i> - α -pinene (5.7), D-limonene (5.0), 3,7-dimethyl-1,3,7-	Wu et al. 2006

			octatriene (4.8), 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-cyclohexene (3.6), 3,7-Dimethyl-(Z)-1.3,6-octatriene (3.2)	
	Roots	China	1,2,4-methano-1H-cyclobuta [β] cyclo (32.3), α-farnesene (17.1), caryophyllene (10.9), 2-formylmethyl-4,6,6-trimethyl-bicyclo[3.3.1]hept-3-ene (4.1)	Wu et al. 2006
	leaves	Iran	trans-anethol (23.5), myrcene (14.5), germacrene D (4.1), limonene (3.2)	Mojab et al. 2008
	umbels	India	carotol (10.2-58.5), α-pinene (21.2-41.2), myrcene (6.4-14.1), limonene (4.4-12.7), sabinene (0.2-5.3)	Ram et al. 2014
	umbels	Poland,	α-pinene (39.6-46.2), myrcene (12.3-23.7), β-caryophyllene (4.6-13.2), sabinene (1.5-7.5), limonene (0.4-6.9), carotol (1.2-6.1), (Z)-β-farnesene (1.0-3.0)	Kula et al. 2006
<i>D. crinitus</i>	Roots	Algeria	docecyl acetate (30.3-48.2), undecane (14.4-34.1), dodecanal (16.7-26.3)	El Amine Dib et al. 2010
	leaves	Algeria	isochavicol isobutyrate (25.2-44.9), isochavicol 2-methyl butyrate (8.9-17.8), undecane (4.1-14.2), dodecanoic acid (1.1-12.3), dodecyl acetate (2.5-8.9), dodecanal (2.1-6.7), heptadecane (2.1-6.2)	El Amine Dib et al. 2010
	Stems	Algeria	isochavicol isobutyrate (36.5-84.1), pentadecane (3.0-14.5), isochavicol 2-methyl butyrate (4.2-13.2), heptadecane (0.4-6.5), dodecanal (0.5-6.1), p-cymene (0.1-6.0),	El Amine Dib et al. 2010
	flowers	Algeria	isochavicol isobutyrate (55.3-65.3), isochavicol 2-methyl butyrate (4.8-12.5), pentadecane (4.1-10.1),	El Amine Dib et al. 2010
	aerial parts	Algeria	isochavicol isobutyrate (39.0), octyl acetate (12.3), α-pinene (9.9), isochavicol 2-methyl butyrate (6.5), β-caryophyllene (5.4), myrcene (3.4), β-farnesene (3.4)	Lanfranchi et al. 2010
	aerial parts	Algeria	isochavicol isobutyrate (44.9), isochavicol 2-methyl butyrate (9.7), pentadecane (5.1), heptadecane (3.4), tetradecanoic acid (3.1)	Bouayad Alam et al. 2014
<i>D. gingidium gingidium</i>	leaves	Italy	sabinene (26.8), α-pinene (10.8), germacrene D (6.9), limonene (5.7), (Z)-ocimene (5.0), 4-terpineol (4.8), terpinolene (4.7), germacrene B (4.1), γ-terpinene (3.8),	Flamini et al. 2007
<i>D. glaber = D. littoralis Sm.</i>	leaves	Egypt	γ-terpinene (21.8), elemicin (18.2), limonene (21.7), sylvestrene (5.3), 4-terpineol (5.3), mentha-2,8-diene (3.6)	Mansour et al. 2004
	Stems	Egypt	4-terpineol (22.1), γ-terpinene (19.5), β-phellandrene (6.3), ocimene (6.2), elemicin (6.0), myristicin (5.0), allo-ocimene (4.6)	Mansour et al. 2004
<i>D. gracilis</i>	aerial parts	Algeria	elemicin (35.3), geranyl acetate (26.8), cedr-8(15)-en-9-a-ol (8.3), geraniol (4.7), β-bisabolene (3.2)	El Kolli et al. 2016
	aerial parts	Algeria	linalool (17.8), 2-methylbutyl 2-methylbutyrate (13.9), ammimajane (8.3), 2-methylbutyl isobutyrate (8.2), 3-methylbutyl isovalerate (6.7), (E)-β-ocimene (6.7), 2-methylbutyl isovalerate (5.4), isobutyl valerate (3.8), isopentyl-2-methylbutyrate (3.7)	Benyelles et al. 2017
	flowers	Algeria	geranyl acetate (18.3), lavandulyl acetate (15.2), lavandulyl isobutyrate (13.6), citronellyl isobutyrate (6.8)	Nadia et al. 2021
<i>D. guttatus ssp. zahariadii</i>	aerial parts	Balkan	apiol (45.3), β-bisabolene (34.2), myristicin (15.4)	Radulović et al. 2011

<i>D. littoralis</i>	aerial parts	Turkey	<i>cis</i> -chrysanthenyl acetate (46.8), myrcene (18.7), <i>cis</i> -chrysanthenol (5.6), dodecanal (4.4), (<i>Z</i>)- β -farnesene (4.0)	Başer et al. 2009
<i>D. littoralis</i> ssp. <i>Hyrceanicus</i>	leaves/stems	Iran	germacrene D (28.7), acorenone B (19.7), miristicin (8.6), β -cubebene (5.6), longiborneol (3.1)	Yousefbeyk et al. 2014
	flowers	Iran	acorenone B (29.6), germacrene D (22.1), caryophyllene (6.6), α -cadinol (5.8), miristicin (4.5), elemicin (3.6)	Yousefbeyk et al. 2014
	Roots	Iran	germacrene D (36.1), acorenone B (19.7), miristicin (9.5), α -cadinol (6.7), aromadendrene (3.3)	Yousefbeyk et al. 2014
<i>D. muricatus</i>	aerial parts	Algeria	sabinene (18.9), α -pinene (16.7), limonene (14.2), isochavicol isobutyrate (5.3)	Bendiabdellah et al. 2012; El Amine Dib et al. 2015
	Roots	Algeria	eicosane (18.6), undecan-2-one (10.2), tridecanol (6.4), dodecanol (3.7), 1,5-epoxy-salvial-4(14)-ene (3.6), <i>trans</i> -sabinyl acetate (3.1), (<i>E,Z</i>)-farnesol (3.1), hexadecanoic acid (3.1)	Bendiabdellah et al. 2012; El Amine Dib et al. 2015
<i>D. reboudii</i>	aerial parts	Algeria, El Kala	α -pinene (37.9), sabinene (21.2), β -cymene (5.9), <i>cis</i> -verbenol (4.7)	Djarri et al. 2006
	aerial parts	Algeria, Gouraya	(<i>E</i>)-anethole (59.4), estragole (21.2), dodecanal (4.4), limonene (3.6)	Smaili et al. 2021
	aerial parts	Tunisia	α -pinene (36.6-40.6), methyl eugenol (1.4-21.1), carotol (0-13.9), limonene (5.1-9.1), α -eudesmol (0-8.4), methyl β -pinene (3.2-4.4), bornyl acetate (3.4-4.3), camphene (3.4-3.6)	Majdoub et al. 2022b
<i>D. sahariensis</i>	leaves	Algeria	myristicin (34.3), α -pinene (5.4), <i>cis</i> -chrysanthenyl acetate (5.3), <i>epi</i> - α -bisabolol (4.8), myrcene (4.5), isobornyl acetate (4.2), limonene (3.9)	Smaili et al. 2011
	aerial parts	Algeria	myristicin (29.8-51.7), myrcene (6.7-31.1), α -pinene (11.6-14.8), limonene (5.3-11.5)	Flamini et al. 2013
	Stems	Algeria	α -pinene (18.6), myrcene (16.7), limonene (13.7), myristicin (8.0)	Smaili et al. 2024
	Roots	Algeria	myristicin (29.2), (<i>E</i>)-anethole (14.2), <i>cis</i> -chrysanthenyl acetate (8.0), estragol (7.5)	Smaili et al. 2024
<i>D. setifolius</i>	aerial parts	Algeria	β -pinene (28.6-41.1), sabinene (37.6-38.4), estragole (9.6), α -pinene (4.6-5.4), α -terpineol (3.5-3.6),	Laouer et al. 2013
	aerial parts	Tunisia	sabinene (33.1), β -selinene (14.4), 4-terpineol (8.6), germacrene D (7.0), α -bisabolol (4.6)	Majdoub et al. 2022a
<i>D. syrticus</i>	aerial parts	Libya	limonene (28.8), γ -terpinene (22.6), 4-terpineol (12.4), isoterpinene (5.5), γ -elemene (4.7), α -terpinene (4.4), δ -cadinene (3.1)	Abd Alla et al. 2013
<i>D. syrticus</i>	Roots	Libya	myristicin (13.1), nonacosane (8.0), octacosane (7.9), hexacosane (6.4), heptacosane (6.4), <i>n</i> -hexadecanoic acid (4.9), pentacosane (4.4), tetracosane (3.9)	Abd Alla et al. 2013
<i>D. virgatus</i>	aerial parts	Algeria	β -pinene (77.9), α -pinene (7.6), myrcene (3.9)	Azi et al. 2021
<i>D. virgatus</i>	aerial parts	Tunisia	methyl eugenol (33.0), β -bisabolene (13.2), δ -cadinene (5.7), <i>epi</i> - α -cadinol (3.0)	Snene et al. 2017

Tabella A10. Composizione (%) degli oli essenziali di *Daucus aureus* raccolti in Sicilia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Daf (%)	Dar (%)	Das (%)
1	Heptane	704	700	15.3	17.5	-
2	Nonane	900	900	12.0	31.2	8.2
3	α -Thujene	924	924	1.5	-	0.8
4	α-Pinene	932	931	9.7	2.1	12.0
5	Sabinene	971	969	19.3	3.7	-
6	<i>p</i> -Menthane	981	970	-	-	0.1
7	β -Pinene	991	982	6.8	3.7	-
8	β -Myrcene	989	991	-	1.6	5.1
9	α -Phellandrene	1000	994	1.2	-	-
10	Octanal	1000	995	-	2.5	-
11	Decane	1002	1000	-	-	3.3
12	α -Terpinene	1013	1016	2.3	-	-
13	<i>p</i> -cymene	1020	1023	1.7	1.5	1.3
14	Limonene	1025	1028	4.4	7.2	3.5
15	β -cis-Ocimene	1037	1031	0.2	-	-
16	β -trans-ocimene	1047	1044	1	-	-
17	γ -Terpinene	1056	1056	5.2	0.9	5.1
18	3-Methyldecane	1072	1069	-	-	1.0
19	Terpinolene	1085	1083	5.3	1.1	5.1
20	Linalool	1098	1098	1.0	-	-
21	Undecane	1102	1100	-	-	5.0
22	Pentyl-Cyclohexane	1131	1136	-	-	0.2
23	<i>cis</i> -2-Nonenal	1156	1161	-	2.0	-
24	4-Terpineol	1171	1180	1.0	-	0.6
25	Dodecane	1200	1200	-	-	0.4
26	δ -Elemene	1332	1334	-	-	0.2
27	α -Copaene	1371	1372	0.2	0.5	0.4
28	α -Cubebene	1386	1382	0.2	-	0.5
29	β -Elemene	1388	1391	0.2	0.6	0.7
30	β -Caryophyllene	1413	1415	0.3	0.3	-
31	Aromadendrene	1413	1419	-	-	0.9
32	2,6-di- <i>t</i> -Butylphenol	1433	1444	-	-	0.5
33	γ -Muurolene	1439	1449	-	-	0.2
34	Chamigrene	1471	1468	-	0.3	-
35	α -Amorphene	1473	1475	-	-	0.3
36	Germacrene D	1476	1477	0.8	-	1.6
37	Humulene	1478	1478	-	4.5	-
38	γ -Gurjunene	1489	1479	-	-	0.7
39	α -Muurolene	1496	1497	0.2	-	0.4
40	δ -Cadinene	1518	1518	-	1.1	0.2
41	β -Cadinene	1519	1520	1.2	-	2.4
42	α -Calacorene	1537	1538	-	-	0.5
43	Spathulenol	1563	1578	-	1.0	1.1
44	Alloaromadendrene oxide	1632	1641	6.2	10.0	11.3
45	δ -Cadinol	1637	1644	-	1.0	1.0
46	α -Cadinol	1650	1654	0.7	1.0	1.5
47	α -Bisabolol	1679	1680	-	-	0.2
48	Hexahydrofamesyl acetone	1842	1846	-	0.2	-
49	1-Hexadecanol	1878	1883	-	-	1.0
50	Hexadecanoic acid	1961	1964	-	-	0.4
Monoterpene Hydrocarbons				58.4	19.9	42.2
Oxygenated Monoterpenes				2.0	-	0.5
Sesquiterpene Hydrocarbons				3.1	7.3	8.3
Oxygenated Sesquiterpenes				6.9	13.0	17.1
Alkanes				26.9	48.6	18.1



Other compounds	-	5.1	5.0
Total	97.3	94.0	91.2

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Experimental LRIs on a DB-5MS apolar column.

^c LRIs based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

Tabella A11. Composizione (%) dell'olio essenziale dei fiori (**Dmf**) e delle radici (**Dmr**) di *Daucus muricatus*, raccolto in Sicilia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Dmf Area (%)	Dmr Area (%)
1	Heptane	702	700	15.9	28.7
2	Nonane	901	900	10.8	30.4
3	α -Thujene	924	924	1.2	-
4	α -Pinene	929	934	5.0	-
5	Sabinene	971	971	11.6	-
6	β -Pinene	976	976	0.7	0.7
7	2-Pentyl furan	988	988	-	0.5
8	β -Myrcene	993	991	4.7	-
9	Octanal	1000	1000	0.8	1.7
10	α -Terpinene	1013	1016	1.2	-
11	<i>p</i> -Cymene	1020	1026	1.2	-
12	Limonene	1026	1029	3.4	4.1
13	γ -Terpinene	1056	1056	2.7	-
14	<i>cis</i> -Sabinene hydrate	1063	1065	1.0	-
15	Octanol	1071	1070	0.3	-
16	Terpinolene	1087	1088	5.3	0.8
17	2-Nonanone	1089	1091	-	0.1
18	Linalool	1097	1098	0.1	0.1
19	Undecane	1100	1100	-	0.9
20	Nonanal	1101	1104	0.5	-
21	α -Thujone	1110	1115	0.1	-
22	<i>trans</i> -2-Nonenal	1159	1156	3.8	1.2
23	Lavandulol	1166	1162	0.1	-
24	<i>trans</i> -2-Nonenol	1168	1171	0.1	-
25	Terpinen-4-ol	1173	1172	1.5	0.1
26	<i>p</i> -Cymen-8-ol	1180	1183	0.1	-
27	α -Terpineol	1185	1189	0.1	-
28	Myrtenal	1188	1192	0.1	-
29	Decanal	1203	1206	0.1	0.2
30	<i>trans</i> -2-Decenal	1256	1263	-	0.3
31	Isobornyl acetate	1281	1288	0.1	-
32	Tridecane	1300	1300	0.5	-
33	Undecanal	1304	1308	0.1	-
34	<i>trans, trans</i> -2,4-Decadienal	1310	1314	0.1	0.2
35	α -Cubebene	1346	1349	0.2	0.1
36	α -Copaene	1371	1376	0.4	0.2
37	α -Bourbonene	1379	1384	0.2	-
38	<i>Neryl acetate</i>	1381	1385	-	1.2
39	β -Elemene	1389	1389	0.4	0.4
40	Caryophyllene	1413	1414	0.9	0.3
41	Humulene	1448	1442	0.3	0.2
42	Germacrene D	1476	1480	1.4	0.5
43	Cuparene	1497	1504	-	0.7
44	<i>trans</i> - γ -Cadinene	1509	1509	0.4	-
45	Myristicin	1514	1520	-	0.8
46	δ -Cadinene	1518	1519	-	1.5
47	α -Calacorene	1536	1546	-	1.2
48	Spathulenol	1565	1565	1.5	1.3
49	Alloaromadendrene oxide	1632	1631	11.5	15.2
50	τ -Cadinol	1641	1640	0.4	0.4
51	τ -Muurool	1653	1648	0.6	0.8
52	Manoyl oxide	2000	2002	0.5	-
Monoterpene Hydrocarbons				37.0	5.5



Oxygenated Monoterpenes	3.1	1.4
Sesquiterpene Hydrocarbons	4.1	4.9
Oxygenated Sesquiterpenes	14.0	17.7
Alkanes	27.2	60.0
Other compounds	6.2	4.8
Total	91.5	94.3

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Experimental LRIs on a DB-5MS apolar column.

^c LRIs based on literature (<https://webbook.nist.gov/>)

Tabella A12. Composizione (%) dell'olio essenziale di *Daucus nebrodensis* (**Dn**) raccolto in Sicilia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	α -Thujene	925	924	2.6
2	α-Pinene	930	936	17.2
3	Camphene	942	947	1
4	Sabinene	972	969	33.6
5	β -Pinene	990	990	2.3
6	α -Phellandrene	1000	1006	1.7
7	α-Terpinene	1013	1021	7.6
8	Dolcymene	1020	1023	1.0
9	Sylvestrene	1025	1029	5.0
10	β -trans-Ocimene	1037	1040	0.3
11	β -cis-Ocimene	1047	1050	0.2
12	γ-Terpinene	1057	1056	9.8
13	Terpinolene	1085	1087	2.5
14	Linalool	1097	1101	0.3
15	4-Thujanol	1115	1114	0.4
16	Allo-Ocimene	1127	1134	1.0
17	4-Terpineol	1173	1180	5.7
18	α -Terpineol	1185	1189	0.2
19	Isobornyl acetate	1279	1290	0.2
20	Eugenol methyl ether	1399	1401	0.1
21	β -Eudesmene	1479	1476	0.5
22	Shyobunone	1487	1491	1.4
23	Isohomogenol	1492	1495	0.4
24	β -Bisabolene	1505	1503	0.2
25	α -Bisabolol	1680	1680	0.4
Monoterpene Hydrocarbons				84.8
Oxygenated Monoterpenes				7.9
Sesquiterpene Hydrocarbons				0.7
Oxygenated Sesquiterpenes				2.2
Total				95.6

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Experimental LRIs on a DB-5MS apolar column.

^c LRIs based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).



Tabella A13. Taxa di *Geocaryum* in accordo con quanto riportato da POWO (2025).

Species	Synonymous	Distribution	Status
<i>G. capillifolium</i> (Guss.) Coss.		Greece, Italy, Sicily, Yugoslavia	acc.
<i>G. creticum</i> (Boiss. & Heldr.) Engstrand		Kriti	unpl.
<i>G. cynapioides</i> (Guss.) Engstrand	<i>G. bornmuelleri</i> (H. Wolff) Engstrand; <i>G. tenuifolium</i> (Salzm. ex DC.) Coss.; <i>G.</i> <i>tuberosum</i> (W.D.J.Koch) Engstrand	Albania, Bulgaria, Greece, Italy, Yugoslavia	unpl.
<i>G. divaricatum</i> (Boiss. & Orph.) Engstrand		Greece	acc.
<i>G. euboicum</i> (Rech. f.) Engstrand		Greece	unpl.
<i>G. macrocarpum</i> (Boiss. & Spruner) Engstrand	<i>G. cynapioides</i> subsp. <i>macrocarpum</i> (Boiss. & Spruner) Menemen; <i>G.</i> <i>stylosum</i> (Boiss.) Engstrand	Albania, East Aegean Is., Greece, Turkey	unpl.
<i>G. parnassicum</i> (Boiss. & Heldr.) Engstrand		Greece	unpl.
<i>G. peloponesiacum</i> Engstrand		Greece	unpl.
<i>G. pindicola</i> (Hausskn.) Engstrand		Greece	unpl.
<i>G. pumilum</i> (Sm.) Nyman		Greece	acc.

acc. = accepted species; unpl. = unpleased species.

Tabella A14. Taxa di *Conopodium* in accord con quanto riportato da POWO (2025).

Species	Synonymous	Distribution	Status
<u><i>C. arvense</i> (Coss.) Calest.</u>	<i>C. denudatum</i> var. <i>ramosum</i> (Costa) Willk. ex Costa; <i>C. majus</i> subsp. <i>ramosum</i> (Costa) Silvestre; <i>C. marcetii</i> M. Hiroe; <i>C. marianum</i> Marcet; <i>C. ramosum</i> Costa	Portugal, Spain	acc.
<i>C. baetica</i> Boiss.		Spain	unpl.
<u><i>C. bunioides</i> (Boiss.) Calest.</u>		Morocco, Spain	acc.
<i>C. bunioides</i> subsp. <i>aranii</i> (López Udias & Mateo) Rivas Mart.		Spain	acc.
<i>C. bunioides</i> subsp. <i>atlantis</i> (Humbert & Maire) Molero		Morocco	acc.
<i>C. bunioides</i> var. <i>gredensis</i> (Pau) López Udias & Mateo	<i>C. butinioides</i> Boiss. & Reut.	Spain	acc.
<u><i>C. glaberrimum</i> (Desf.) Engstrand</u>		Algeria, Morocco, Tunisia	acc.
<u><i>C. majus</i> (Gouan) Loret</u>	<i>C. daucifolium</i> Rouy & E.G.Camus; <i>C. denudatum</i> (DC.) W.D.J.Koch; <i>C. semipubens</i> Sennen; <i>C. silaifolium</i> Rouy & E.G.Camus	Belgium, Corse, France, Great Britain, Ireland, Italy, Norway, Portugal, Spain	acc.
<i>C. majus</i> subsp. <i>marizianum</i> (Samp.) López Udias & Mateo	<i>C. marizianum</i> Samp.	Portugal, Spain	acc.
<u><i>C. marianum</i> Lange</u>	<i>C. elatum</i> Willk.; <i>C. flexuosum</i> M.Hiroe; <i>C. jahandiezii</i> Sennen & Mauricio	Algeria, Morocco, Portugal, Spain	acc.
<u><i>C. pyrenaicum</i> (Loisel.) Miégev.</u>	<i>C. bourgaei</i> Coss.; <i>C. denudatum</i> var. <i>tremedale</i> Pau; <i>C. denudatum</i> var. <i>vaginatum</i> Rouy & E.G.Camus; <i>C. majus</i> subsp. <i>bourgaei</i> (Coss.) Rivas Goday & Borja; <i>C. majus</i> subsp. <i>mutabile</i> (Miégev.) P. Fourn.; <i>C. majus</i> subsp. <i>richteri</i> (Rouy) P.Fourn.; <i>C. mutabile</i> Miégev.; <i>C. pumilum</i> Nyman; <i>C. richteri</i> Rouy; <i>C. subcarneum</i> Bourg.	France, Morocco, Portugal, Spain	acc.
<u><i>C. subcarneum</i> (Boiss. & Reut.) Boiss. & Reut.</u>	<i>C. brachycarpum</i> Boiss. ex Lange	Portugal, Spain	acc.
<u><i>C. thalictrifolium</i> (Boiss.) Calest.</u>		Spain	acc.

acc. = accepted species; unpl. = unpleased species.

Tabella A15. Composizione (area %) dell'olio essenziale di *G. capillifolium* (Gc) raccolto in Sicilia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	Heptanal	897	877	0.5
2	α -Pinene	928	931	0.2
3	Sabinene	969	972	0.2
4	β -Myrcene	989	988	0.4
5	Octanal	1000	999	1.6
6	<i>trans</i> - β -Ocimene	1037	1035	0.5
7	<i>cis</i> - β -Ocimene	1048	1040	3.2
8	γ -Terpinene	1055	1058	0.1
9	Linalool	1097	1095	0.4
10	Nonanal	1101	1101	0.4
11	<i>allo</i> -Ocimene	1127	1132	0.3
12	<i>trans</i> -2-Nonenal	1155	1161	0.2
13	α -Terpineol	1185	1189	0.2
14	Bornyl formate	1221	1220	0.4
15	<i>trans</i> -2-Decenal	1258	1254	0.4
16	α -Cubebene	1346	1351	0.2
17	α -Copaene	1372	1371	0.2
18	β -Elemene	1392	1393	5.9
19	<i>trans</i>-β-Caryophyllene	1426	1417	20.0
20	Alloaromandrene	1441	1450	0.4
21	α -Caryophyllene	1452	1452	4.2
22	<i>cis</i>-β-Farnesene	1473	1458	31.2
23	Germacrene D	1487	1477	8.5
24	Eudesma-4(14),11-diene	1489	1488	0.3
25	α -Muurolene	1493	1498	0.5
26	α -Farnesene	1510	1509	1.5
27	δ -Cadinene	1513	1523	0.8
28	β -Sesquiphellandrene	1526	1524	4.2
29	Cadina-1,4-diene	1531	1533	0.3
30	α -Cadinene	1536	1534	0.4
31	Spathulenol	1567	1561	0.3
32	Caryophyllene oxide	1579	1576	2.2
33	Ethyl chrysanthemate	1588	-	0.5
34	<i>trans</i> -Longipinocarveol	1631	1634	1.0
35	δ -Cadinol	1637	1633	0.5
36	τ -Muurool	1650	1655	0.8
37	<i>cis</i> - α -Santalol	1711	1688	0.5
Monoterpene Hydrocarbons				4.9
Oxygenated Monoterpenes				1.0
Sesquiterpene Hydrocarbons				78.5
Oxygenated Sesquiterpenes				5.3
Other				3.6
Total				93.0

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Experimental LRIs on a DB-5 MS apolar column; ^c LRIs based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

Tabella A16. Costituenti principali (>3%) degli oli essenziali (EO), ottenuti per idrodistillazione, dalle parti aeree dei taxa di *Bunium*, *Conopodium* e *Geocaryum*, riportati in letteratura.

Species	Origin	Compounds (Area, %)	Ref.
<i>Conopodium glaberrimum</i> (Desf.) Engstrand	Algeria	valencene (36.6), apiole (34.8); muurolene (9.8), guaiacol (9.4)	Rahmouni et al. 2016
<i>Geocaryum capillifolium</i> (Guss.) Coss.	Greece	α -pinene (37.8), sabinene (29.2), <i>p</i> -cymene (4.6), limonene (4.1), <i>trans</i> - β -caryophyllene (3.3)	Evergetis et al. 2009
<i>G. cynapioides</i> (Guss.) Engstrand	lake Vlasina, Serbia	<i>trans</i> - β -farnesene (73.3), <i>trans</i> -sesquisabinene (12.2), (<i>trans,trans</i>)- α -farnesene (4.8)	Radulović et al. 2008
	mountain Stara planina, Serbia	<i>trans</i> - β -farnesene (57.7), (<i>trans,trans</i>)- α -farnesene (14.6), <i>trans</i> -sesquisabinene (3.0)	Radulović et al. 2008
<i>Bunium alpinum</i> Waldst. & Kit.	Algeria	caryophyllene oxide (33.8), humulene epoxide I (8.4), <i>n</i> -pentacosane (6.4), ledenoxide I (4.7), 14-hydroxy-9- <i>epi-trans</i> -caryophyllene (4.6), 2 α -hydroxy-amorpha-4,7(11)-diene (4.4)	Hayet et al. 2017
<i>B. carioides</i> (Boiss.) Hausskn. ex Bornm.	Iran	<i>trans</i> - β -caryophyllene (26.6), germacrene-D (22.1), dillapiole (10.2), asaricin (7.5)	Jassbi et al. 2005
<i>B. cylindricum</i> (Boiss. et Hohen.) Drude.	Iran	myristicin (43.1), β -phellandrene (20.0), β -pinene (15.6) α -pinene (10.7)	Masoudi et al. 2005
<i>B. elegans</i> (Fenzl) Freyn	Turkey	caryophyllene oxide (28.7), myristicin (7.4), caryophyllenol-II (4.1), α -selinene (4.0), hexadecanoic acid (3.7), <i>trans</i> - β -caryophyllene (3.0), <i>iso</i> -caryophyllene oxide (3.0)	Ozturk et al. 2020
	Iran	<i>trans</i> -caryophyllene (38.0), germacrene-D (24.1), (<i>cis</i>)- β -ocimene (5.9), α -pinene (4.1)	Jassbi et al. 2005
<i>B. ferulaceum</i> Sm.	Algeria	palmitic acid (18.4), caryophyllene oxide (17.4), β -eudesmol (14.0), <i>n</i> -pentacosane (5.1), 10- <i>epi</i> - α -muurolol (4.4), hedycaryol (4.1), spatuleneol (4.0)	Hayet et al. 2017
<i>B. luristanicum</i> Rech.f.	Iran	<i>trans</i> -anethole (60.9), limonene (9.2), α -fenchyl acetate (5.2), <i>p</i> -allylanisole (4.5)	Meshkatsadat, and Zarei 2011
	Iran	α -pinene (16.2), 1.8-cineole (13.7), myrcene (12.7), camphor (8.2), camphene (6.8), α -terpinene (6.4), borneol (5.5), linalool (4.0), 3-octanone (3.2)	Sefidkon et al. 2014
<i>B. persicum</i> (Boiss.) B. Fedtsch.	Iran	γ -terpinene (39.7)	Jahansooz et al. 2014
	India	cuminaldehyde (37.1)	Jahansooz et al. 2014
	Pakistan	γ -terpinene (37.2)	Jahansooz et al. 2014
	Iran	γ -terpinene (45.0), cuminaldehyde (18.0), <i>p</i> -cymene (15.0), limonene (11.0)	Khanavi et al. 2017
	Iran	γ -terpinene (28.3), cuminaldehyde (24.4), γ -terpinen-7-al (13.8), α -terpinen-7-al (10.4), <i>p</i> -cymene (9.5)	Zarrinpashne and Gorji Kandi 2018

Tabella A17. Composizione (%) degli oli essenziali dei fiori (**Ppf**) e dei fusti (**Pps**) di *Pimpinella peregrina*, raccolti in Sicilia, Italia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Ppf (%)	Pps (%)
1	Isobutyl isobutyrate	913	916	0.1	-
2	Sabinene	968	970	0.3	-
3	β -Myrcene	989	991	0.1	-
4	Eucalyptol	1024	1030	0.2	-
5	Phenylethanal	1034	1038	Tr	-
6	β -trans-Ocimene	1044	1046	0.1	-
7	γ -Terpinene	1054	1058	Tr	-
8	α -Cyclocitral	1094	1095	Tr	-
9	Linalool	1097	1098	Tr	-
10	Nonanal	1101	1102	Tr	0.3
11	1,3,4-trimethyl-3-cyclohexene-1-carbaldehyde	1136	1136	0.8	-
12	trans-3-Hexenyl butyrate	1143	1145	0.1	-
13	β -Cyclocitral	1188	1193	0.3	-
14	Decanal	1202	1205	-	0.2
15	Grandlure IV	1227	-	10.0	-
16	5-Methoxysalicylaldehyde	1315	1318	0.2	0.1
17	δ -Elemene	1334	1338	0.1	0.1
18	6-Methoxy-3-methylbenzofuran	1359	-	3.5	0.2
19	α -Copaene	1372	1375	-	0.5
20	Isolodene	1377	1377	-	0.1
21	β -Damascenone	1379	1380	-	0.1
22	β -Elemene	1388	1391	-	0.2
23	Aristolene	1416	1420	1.2	2.4
24	α-Bergamotene	1437	1439	67.9	41.9
25	β -cis-Farnesene	1454	1454	0.3	-
26	β -Himachalene	1477	1478	0.4	0.8
27	β -Cadinene	1480	1481	0.3	0.8
28	α -Curcumene	1482	1487	-	1.2
29	α -cis-Bisabolene	1502	1504	-	0.6
30	β -Bisabolene	1507	1508	3.8	3.2
31	β -Sesquiphellandrene	1521	1522	1.2	1.2
32	γ -Bisabolene	1532	1534	-	2.4
33	trans-Farnesene epoxide	1574	-	-	0.7
34	Caryophyllene oxide	1577	1580	-	1.2
35	Spathulenol	1612	1619	-	3.5
36	δ -Cadinol	1637	1640	-	1.3
37	τ -Cadinol	1651	1654	-	2.1
38	α -Cadinol	1652	1654	-	1.2
39	α-Bisabolol	1685	1685	-	15.1
40	α -cis-Bergamotol	1693	1694	-	2.7
41	Hexadecanoic acid	1975	1977	-	7.4
Monoterpene Hydrocarbons				0.5	-
Oxygenated Monoterpenes				11.3	-
Sesquiterpene Hydrocarbons				75.1	55.4
Oxygenated Sesquiterpenes				-	27.8
Other				4.0	8.1
Total				90.9	91.3

^a Components listed in order of elution on an DB-5MS non-polar column; ^b Linear retention index on a DB-5MS non-polar column; ^c Linear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

Tabella A18. Composizione (%) dell'olio essenziale di *Torilis nodosa* (Tn), raccolto in Sicilia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	3-Hexen-1-ol	857	848	0.2
2	Heptanal	877	897	0.3
3	1-Octen-3-ol	978	977	0.1
4	2-Pentyl-furan	994	989	0.4
5	Octanal	999	999	0.8
6	Limonene	1028	1023	0.2
7	β -cis-Ocimene	1040	1046	0.1
8	γ -Terpinene	1058	1054	0.1
9	Terpinolene	1084	1084	0.2
10	Linalool	1095	1097	0.1
11	Nonanal	1101	1101	1.2
12	<i>trans</i> -2-Nonenal	1157	1155	1.1
13	4-Terpineol	1173	1170	0.1
14	α -Terpineol	1189	1183	tr
15	Decanal	1202	1202	0.1
16	β -Citronellol	1226	1225	0.1
17	Thymol methyl ether	1231	1230	0.1
18	<i>trans</i> -2-Decenal	1254	1257	0.2
19	2-Undecanone	1292	1290	0.1
20	δ -Elemene	1338	1333	1.7
21	α -Copaene	1375	1371	0.3
22	β -Elemene	1398	1393	25.9
23	β -Caryophyllene	1417	1415	6.6
24	γ -Elemene	1425	1430	3.1
25	α -Caryophyllene	1452	1448	2.6
26	<i>cis</i> - β -Farnesene	1458	1456	4.7
27	α -Amorphene	1475	1472	0.6
28	Germacrene D	1477	1475	1.9
29	α -Farnesene	1503	1506	1.6
30	β -Sesquiphellandrene	1522	1520	0.8
31	Spathulenol	1572	1570	0.4
32	Caryophyllene oxide	1576	1574	0.6
33	Globulol	1590	1606	0.2
34	1-Hexadecanol	1878	1879	7.9
35	1-Octadecanol	2084	2084	29.3
Monoterpene Hydrocarbons				0.6
Oxygenated Monoterpenes				0.5
Sesquiterpene Hydrocarbons				49.8
Oxygenated Sesquiterpenes				1.2
Carbonyl compounds				3.8
Alcohols				37.5
Other				0.4
Total				93.8

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b LRIs based on literature (<https://webbook.nist.gov/>). ^c Experimental on a DB-5MS apolar column.

Tabella A19. Costituenti principali (>3%) degli oli essenziali, ottenuti per idrodistillazione (HD), dei taxa di *Torilis*, riportati in letteratura.

Taxa	P.	Origin	Compounds	MH	OM	SH	OS	O	Ref.
<i>T. arvensis</i> (Huds.) Link.	ap	Iran	(<i>E</i>)- β -farnesene (27.7), <i>ar</i> -curcumene (19.5), himachalol (9.4), β -cedrene (5.9)	-	-	62.9	17.1	-	Bigdeli et al. 2004
<i>T. arvensis</i> (Huds.) Link.	lv	Egypt	(<i>E</i>)- β -farnesene (32.5), (<i>Z</i>)- α -farnesene (13.6), β -cubebene (12.8), β -caryophyllene (8.4), nuciferyl acetate (6.6)	0.7	0.4	75.8	11.9	2.1	Saad et al. 1995
<i>T. arvensis</i> (Huds.) Link.	st	Egypt	(<i>E</i>)- β -farnesene (42.3), β -cubebene (13.3), β -caryophyllene (4.9), (<i>Z</i>)- α -farnesene (3.4)	0.1	-	71.1	18.0	3.1	Saad et al. 1995
<i>T. arvensis</i> (Huds.) Link.	fr	Egypt	unknown (52.9), β -bisabolene (6.8), β -caryophyllene (5.5), thymol (3.6) β -eudesmene (22.9), α -selinene (12.9), eudesm-7(11)-en-4-ol (10.4), β -elemene (8.2), caryophyllene oxide (3.9), β -cubebene (3.8), β -caryophyllene (3.6)	4.7	6.1	19.9	64.2	-	Halim et al. 1990
<i>T. japonica</i> (Houtt.) DC	ap	China,	germacrene D (71.8-62.3), α -humulene (13.2-2.4), bicyclogermacrene (5.2-3.2), β -caryophyllene (4.6-1.6)	-	-	58.8	35.0	2.6	Chen et al. 2003
<i>T. japonica</i> (Houtt.) DC	ap	Japan	germacrene D (57.0), α -humulene (8.7), bicyclogermacrene (5.3), β -caryophyllene (3.5), β -elemene (3.5)	4.4	0.3	84.5	4.8	1.8	Fujita 1990
<i>T. japonica</i> (Houtt.) DC	lv st	Japan	germacrene D (60.3), α -humulene (13.2), β -caryophyllene (3.7)	2.3	0.6	81.9	6.4	6.7	Fujita 1990
<i>T. japonica</i> (Houtt.) DC	fr	Japan	germacrene D (25.9), α -humulene (14.6), β -caryophyllene (11.3), nootkatone (10.8), caryophyllene oxide (5.1), (<i>E,E</i>)- α -farnesene (4.1)	1.5	0.4	81.6	7.9	4.4	Fujita 1990
<i>T. japonica</i> (Houtt.) DC	ap	India	1,6-germacradien-5-ol (38.5), β -elemene (18.1), β -caryophyllene (11.0), germacrene D (9.3), α -germacrene (8.3)	0.4	0.4	59.5	32.3	1.7	Kharkwal et al. 2017
<i>T. japonica</i> (Houtt.) DC	ap	Poland	spathulenol (15.7), <i>trans</i> - α -bergamotene (10.4), germacrene D (8.9), <i>trans</i> - α -ambrinol (4.7), β -caryophyllene (4.7), hexadecanoic acid (3.5), (<i>E</i>)- β -farnesene (3.2), 14-hydroxy-9- <i>epi</i> - β -caryophyllene (3.2), β -pinene (3.0)	-	-	48.8	38.5	-	Widelski et al. 2021
<i>T. leptophylla</i> (L.) Reichenb	ap	Iran		5.8	4.4	36.6	30.3	14.2	Masoudi et al. 2012

ap = aerial parts ; fl = flowers; lv = leaves; st. = stems; fr = fruits.

ASTERACEAE

Tabella A20. Composizione (%) degli oli essenziali di *Bellis annua* raccolti in Sicilia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Baf Area (%)	Bals Area (%)
1	α -Pinene	929	934	0.8	0.2
2	β -Pinene	970	975	12.8	3.7
3	β -Myrcene	991	990	75.3	24.3
4	Limonene	1024	1032	1.9	0.7
5	Benzeneacetaldehyde	1035	1049	-	0.6
6	<i>cis</i> - β -Ocimene	1047	1047	0.5	-
7	1-Octanol	1070	1070	-	0.2
8	Linalool	1097	1097	1.3	3.5
9	Nonanal	1101	1102	-	0.6
10	4-Terpineol	1170	1177	0.2	1.4
11	α -Terpineol	1184	1189	0.8	3.1
12	Decanal	1202	1207	-	0.3
13	<i>trans</i> -Carveol	1212	1217	-	0.1
14	<i>cis</i> -Geraniol	1224	1228	0.1	0.4
15	<i>cis</i> -Citral	1235	1240	1.9	0.7
16	<i>trans</i> -Geraniol	1251	1255	-	0.4
17	<i>trans</i> -2-Decenal	1256	1259	-	0.2
18	Carvone	1262	1250	-	0.2
19	<i>trans</i> -Citral	1265	1270	3.3	1.2
20	<i>trans, trans</i> -2,4-Decadienal	1309	1312	-	0.2
21	β -Caryophyllene	1412	1413	-	5.2
22	α -Caryophyllene	1446	1444	-	0.3
23	γ -Murolene	1474	1477	-	1.4
24	Germacrene D	1489	1480	-	0.1
25	α -Farnesene	1505	1508	-	0.8
26	Caryophyllene oxide	1573	1580	-	0.2
27	2-Ethylhexyl salicylate	1798	1807	-	1.0
28	Hexadecanal	1839	1830	-	45.7
Monoterpene Hydrocarbons				91.3	28.9
Oxygenated Monoterpenes				7.6	11.0
Sesquiterpene Hydrocarbons				-	7.7
Oxygenated Sesquiterpenes				-	0.2
Other compounds				-	0.2
Aldehydes				-	47.6
Esters				-	1.0
Total				98.9	96.5

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Experimental LRIs on a DB-5MS apolar column,

^c LRIs based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

Tabella A21. Costituenti principali (>2%) degli oli essenziali dei taxa di *Bellis*, riportati in letteratura.

Taxa		Origin, Parts	Compounds	Ref.
B1	<i>Bellis perennis</i> L.	Italy, lv	<i>cis</i> -3-hexenol (15.1), β -myrcene (15.1), methyl deca-4,6-diynoate (13.9), geranyl acetate (12.0), β -pinene (4.1), lachnophyllum ester (2.8)	Avato and Tava 1995
B2	<i>Bellis perennis</i> L.	Italy, fl	β -myrcene (28.4), methyl deca-4,6-diynoate (15.4), neryl acetate (7.3), geranyl acetate (6.1), β -pinene (4.1), lachnophyllum ester (3.5), <i>cis</i> -pinenehydrate (2.2)	Avato and Tava 1995
B3	<i>Bellis perennis</i> L.	Serbia, ap	methyl deca-4,6-diynoate, lachnophyllum ester	Nikolić and Radulović 2018
B4	<i>Bellis perennis</i> L.	Rize/Sivrikaya, Turkey, fl, st	hexadecanoic acid (87.6), γ -himachalene (5.2), phytol (3.5)	Kavalcioğlu et al. 2010b
B5	<i>Bellis perennis</i> L.	Rize/Sivrikaya, Turkey, lv	phytol (22.8), γ -himachalene (16.2), hexadecanoic acid (14.0), tetradecanal (8.6), pentadecanal (4.4), germacrene D (2.7)	Kavalcioğlu et al. 2010b
B6	<i>Bellis perennis</i> L.	Rize/Sivrikaya, Turkey, fl	hexadecanoic acid (32.2), phytol (13.4), γ -himachalene (11.0), germacrene D (6.4)	Kavalcioğlu et al. 2010b
B7	<i>Bellis perennis</i> L.	Rize/Dereköy, Turkey, ap	phytol (30.4), γ -himachalene (17.4), hexadecanoic acid (15.6), tetradecanal (6.4), pentadecanal (3.7), germacrene D (2.2)	Kavalcioğlu et al. 2010b
B8	<i>Bellis perennis</i> L.	Rize/Köhçer, Turkey, ap	hexadecanoic acid (28.6), γ -himachalene (16.6), phytol (8.9), myrcene (3.2), hexahydrofarnesylacetone (2.2)	Kavalcioğlu et al. 2010b
B9	<i>Bellis perennis</i> L.	Antalya, Turkey, ap	hexadecanoic acid (40.1), phytol (22.2), tetradecanal (7.3), γ -himachalene (5.8), geraniol acetate (27.5), geraniol (7.3), α -terpinyl acetate (5.0), γ -himachalene (5.7), hexahydrofarnesyl acetone (2.2)	Kavalcioğlu et al. 2010b
B10	<i>Bellis perennis</i> L.	Ukraine, ap	azuleno(2,1-b)thiophen-3(2H)-one (27.2), phenoxathiin (16.3), pentacosane (5.7), α -naphthoquinone (4.8), octadecanal (4.1), valencene (2.1)	Marchyshyn et al. 2019
B11	<i>Bellis Cirillo</i> <i>sylvestris</i>	Algeria, st		Maarfia et al. 2018

ap = aerial parts; st = stems; fl = flowers; lv = leaves



Tabella A22. Specie accettate del genere *Calendula* e la loro distribuzione.

Species	Distribution
<i>Calendula arvensis</i> L.	Europe, North Africa, Arabian Peninsula, Middle East
<i>Calendula davisii</i> A.C.Gonç. & P.Silveira	Morocco
<i>Calendula eckerleinii</i> Ohle	Morocco
<i>Calendula karakalensis</i> Vassilcz.	Turkmenistan
<i>Calendula lanzae</i> Maire	Morocco
<i>Calendula maroccana</i> (Ball) B.D.Jacks.	Morocco
<i>Calendula meuselii</i> Ohle	Morocco
<i>Calendula murbeckii</i> Lanza ex Murb.	Morocco
<i>Calendula officinalis</i> L.	Spain, introduced everywhere
<i>Calendula oualidii</i> A.C.Gonç. & P.Silveira	Morocco
<i>Calendula pachysperma</i> Zohary	Palestine
<i>Calendula palaestina</i> Boiss.	Iran, Iraq, Lebanon-Syria, Palestine
<i>Calendula pinnatiloba</i> (Coss. ex Maire) A.C.Gonç. & P.Silveira	Morocco
<i>Calendula stellata</i> Cav.	Algeria, Morocco, Sicilia, Tunisia
<i>Calendula suffruticosa</i> Vahl	Italy, Spain, Portugal, Turkey, North Africa,
<i>Calendula tripterocarpa</i> Rupr.	North Africa, Spain, Middle East, Saudi Arabia

Tabella A23. Componenti principali (>3%) degli oli essenziali dei taxa di *Calendula*, isolati mediante idrodistillazione, riportati in letteratura.

Taxa	Origin	Parts	Yield %	Components	Ref.
<i>C. arvensis</i> (Vaill.) L.	Turkey	a.p.	0.16	α -selinene (16.0), α -pinene (11.9), (Z)- α -santalol (8.2), (Z)-sesquilandulol (4.8)	Tosun et al. 2012
<i>C. arvensis</i> (Vaill.) L.	Turkey	a.p.	0.38	δ -cadinene (14.8), <i>epi</i> -cubebol (10.7), α -cadinol (8.5), cubenol (7.7), cubebol (7.2), 1- <i>epi</i> -cubenol (5.4), ledene (5.1), 1,10-di- <i>epi</i> -cubenol (3.1), viridiflorol (3.1), ledol (3.0)	Servi et al. 2020
<i>C. arvensis</i> (Vaill.) L.	Corsica (France)	a.p.	0.02–0.06	α -cadinol (38.3-0.1), α -bisabolol (30.1-0.2), germacadien-11-ol (24.9-0.1), δ -cadinene (18.1-6.0), 1- <i>epi</i> -cubenol (16.3-0.5), 4- <i>epi</i> -cubebol (15.2-1.1), cubeban-11-ol (12.1-0), τ -cadinol (9.7-0), cubebol (9.2-0), cubenol (9.2-0.3), guaiol (8.2-0), calamarene (7.8-0), ledene (7.7-0), eremophila-1(10),7-diene (7.7-0), ledol (7.3-0), presilphiperfolane-9 α -ol (6.9-0), τ -muurolol (6.5-0), zingiberenol (6.5-0), α -pinene (6.2-0), 11,10-diepi-cubenol (5.8-0.1), globulol (5.1-0)	Paolini et al. 2010
<i>C. micrantha</i> Tineo & Guss. (syn. <i>C. arvensis</i> (Vaill.) L.)	Egypt		nr	aromadendrene, α -gurjunene, α -pinene, benzyl formate, (E)- β -caryophyllene, guaiol	Hussein 2005
<i>C. officinalis</i> L.	Algeria	a.p.	0.045	α -cadinol (32.3), <i>epi</i> - α -cadinol (16.0), δ -cadinene (13.1)	Ourabia et al. 2019
<i>C. officinalis</i> L.	Brazil	flowers	0.1	δ -cadinene (22.5), α -cadinol (20.4), <i>epi</i> - α -muurolol (12.9), γ -cadinene (8.9), α -muurolene (5.6)	Gazim et al. 2008
<i>C. officinalis</i> L.	Egypt	a.p.	0.11	α -cadinol (21.1), carvone (18.2), δ -cadinene (9.1), τ -muurol (5.3), guaiol (3.8), τ -cadinol (3.7)	El-Seedi et al. 2017
<i>C. officinalis</i> L.	Egypt	flowers	0.19-0.25	α -cadinol (32.0), δ -cadinene (23.8), α -eudesmol (9.8), γ -cadinene (8.2)	Kahilid and El-Ghora 2006
<i>C. officinalis</i> L.	Estonia	flowers	0.10-0.43	α -cadinol (24.2), δ -cadinene (10.2), γ -cadinol (7.9), τ -muurolol (5.8), γ -cadinene (5.7), germacrene D-4-ol (5.1)	Raal et al. 2016
<i>C. officinalis</i> L.	France	a.p.	0.3	α -cadinol (29.2-14.0), δ -cadinene (17.4-2.9), β -fenchene (8.5-0), nerolidol (7.3-2.5), α -muurolol (7.1-4.9), aromadendrene (6.3-0.2), α -patchoulene (6.0-1.2), α -muurolene (5.8-1.7), <i>epi</i> -cubenol (5.4-1.1), τ -cadinol (5.2-2.9), (E)- β -caryophyllene (4.9-0.2)	Chalchat et al. 1991
<i>C. officinalis</i> L.	France	flowers	0.3	α -cadinol (26.4-6.4), δ -cadinene (10.5-5.1), aromadendrene (9.4-1.6), nerolidol (8.1-1.8), <i>epi</i> -cubenol (8.0-4.8), α -muurolol (5.7-2.2), τ -cadinol (4.8-1.7), α -muurolene (4.5-1.5), α -patchoulene (4.3-0.8)	Chalchat et al. 1991
<i>C. officinalis</i> L.	South Africa	fresh leaves	0.09	τ -muurolol (40.9), α -thujene (19.2), δ -cadinene (11.4)	Okoh et al. 2008
<i>C. officinalis</i> L.	South Africa	dry leaves	0.06	1,8-cineole (29.4), α -thujene (17.8), τ -muurol (13.1), δ -cadinene (9.0), β -pinene (6.9)	Okoh et al. 2008
<i>C. officinalis</i> L.	South Africa	fresh flowers	0.03	α -thujene (26.9), τ -muurol (24.9), δ -cadinene (13.1)	Okoh et al. 2008
<i>C. officinalis</i> L.	Turkey	flowers	0.1	α -cadinol (20.6), <i>trans</i> - β -ocimene (19.6), carvenone (17.9), carvacrol (16.8), cadinene	Sahingil 2019



<i>C. officinalis</i> L.	Turkey	flowers	Nr	(10.1), 1,8 cineole (7.6), limonene (4.2), camphene (3.5)	Ak et al. 2021
<i>C. officinalis</i> L.	Turkey	leaves	Nr	α -cadinol (31.3), τ -muurolol (9.1), γ -himachalene (4.2), tricosane (4.1), τ -cadinol (4.0), α -pinene (3.8)	Ak et al. 2021
<i>C. suffruticosa</i> Vahl subsp. <i>boissieri</i> Lanza	Algeria	a.p.	0.45	α -cadinol (32.3), δ -cadinene (11.8), τ -muurolol (8.5), γ -himachalene (5.3), τ -cadinol (4.5), phytol (4.5)	Samai et al. 2023
<i>C. suffruticosa</i> subsp. <i>maritima</i> (Guss.) Meikle (syn. <i>C. incana</i> subsp. <i>maritima</i> (Guss.) Ohle	Sicily, Italy	a.p.	0.09	limonene (25.0), methyl-cyclohexane (23.7), <i>o</i> -cymene (13.2), (<i>E</i>)-2-hexenal (7.8), methyl-cyclopentane (3.2)	Basile et al. 2022
				cubebol (35.8), 4- <i>epi</i> -cubebol (23.1), τ -muurolol (13.1), cubenol (12.6)	

Tabella A24. Composizione (%) dell'olio essenziale di *Calendula suffruticosa* subsp. *fulgida* (Csf), raccolto in Sicilia, Italia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	2-Hexenal	841	864	0.6
2	α -Thujene	922	930	10.0
3	α -Pinene	929	931	1.4
4	Dehydrosabinene	939	939	0.7
5	Sabinene	969	972	6.9
6	β -Myrcene	989	992	2.7
7	α -Phellandrene	999	1004	3.6
8	3-Carene	1005	1010	0.2
9	α -Terpinen	1012	1013	3.2
10	<i>p</i> -Cymene	1019	1021	1.4
11	Sylvestrene	1024	1027	2.4
12	β -cis-Ocimene	1036	1037	0.2
13	β -trans-Ocimene	1046	1046	0.2
14	γ -Terpinene	1055	1062	5.0
15	α -Terpinolene	1074	1079	1.4
16	Nonanal	1100	1102	0.1
17	<i>cis</i> -allo-Ocimene	1126	1126	0.1
18	Terpinen-4-ol	1170	1179	0.4
19	Decanal	1201	1202	0.1
20	Thymol methyl ether	1230	1231	0.1
21	Thymol	1290	1290	0.4
22	Carvacrol	1298	1298	0.1
23	α -Cubebene	1346	1351	1.1
24	Cycloisosativene	1361	1366	0.1
25	α -Copaene	1371	1371	0.5
26	Isoledene	1385	1377	0.9
27	β -Elemene	1388	1389	0.6
28	α -Gurjunene	1404	1409	1.4
29	Caryophyllene	1413	1418	0.7
30	α -Guaiane	1435	1439	1.3
31	Humulene	1447	1452	0.5
32	Alloaromadendrene	1454	1458	0.5
33	β -Cadinene	1470	1475	5.0
34	γ -Muurolene	1472	1477	0.4
35	β -Selinene	1480	1481	0.5
36	α -Bulnesene	1483	1486	0.5
37	<i>epi</i> -Bicyclosesquiphellandrene	1486	1490	2.8
38	Viridiflorene	1492	1497	6.3
39	α -Muurolene	1496	1498	1.8
40	δ -Cadinene	1524	1526	15.9
41	Cadina-1,4-diene	1530	1533	3.8
42	Guaiol	1588	1589	2.6
43	Ledol	1595	1595	0.7
44	δ -Cadinol	1637	1640	3.3
Monoterpene Hydrocarbons				39.3
Oxygenated Monoterpenes				1.0
Sesquiterpene Hydrocarbons				44.5
Oxygenated Sesquiterpenes				6.6
Other				0.8
Total				92.2

^a Components listed in order of elution on an DB-5MS column; ^b LRI on a DB-5MS apolar column; ^c LRI based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

Tabella A25. Composizione (%) dell'olio essenziale di *Echinops spinosissimus* Turra subsp. *spinosissimus* (Ess) raccolto in Sicilia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area(%) ^d
1	Hexanal	792	805	2.7
2	2-Hexenal	842	854	1.6
3	1-Hexanol	864	865	0.8
4	2-Heptanone	885	889	0.3
5	Heptanal	898	899	0.9
6	α -Thujene	923	931	1.0
7	α -Pinene	929	935	8.1
8	Benzaldehyde	949	955	1.3
9	β -Pinene	969	978	1.9
10	2-Pentyl furan	989	993	3.7
11	3-Carene	1006	1011	4.8
12	α -Terpinene	1012	1016	0.8
13	<i>p</i> -Cymene	1017	1024	2.2
14	Limonene	1024	1030	1.0
15	Benzeneacetaldehyde	1034	1040	3.3
16	γ -Terpinene	1054	1059	0.7
17	Acetophenone	1056	1067	3.5
18	1-Octanol	1070	1068	4.5
19	Terpinolene	1083	1089	1.2
20	Linalool	1098	1097	13.5
21	Nonanal	1101	1103	3.1
22	<i>trans,cis</i> -2,6-Nonadienal	1147	1150	0.4
23	<i>trans</i> -2-Nonenal	1154	1156	0.7
24	4-Terpineol	1169	1179	4.0
25	α -Terpineol	1183	1189	8.3
26	Decanal	1200	1203	1.3
27	<i>trans,trans</i> -2,4-Nonadienal	1205	1211	0.3
28	<i>cis</i> -Geraniol	1222	1228	0.7
29	<i>trans</i> -Geraniol	1249	1247	1.6
30	1-Decanol	1267	1272	1.0
31	<i>trans,trans</i> -2,4-Decadienal	1306	1315	0.9
32	β -Elemene	1384	1388	1.8
33	β -Caryophyllene	1409	1413	2.0
34	α -Caryophyllene	1444	1449	1.1
35	γ -Selinene	1467	1474	1.6
36	Eremophyllene	1479	1482	7.9
37	Pentadecanal	1709	1713	0.6
Monoterpene Hydrocarbons				21.8
Oxygenated Monoterpenes				28.1
Sesquiterpene Hydrocarbons				14.4
Carbonylic Compounds				21.1
Alcohols				6.3
Other compounds				3.7
Total				95.4

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Experimental LRIs on a DB-5MS apolar column, ^c LRIs based on literature (<https://webbook.nist.gov/>); ^dpercentage amounts of the separated compounds calculated from integration of the peaks;

Tabella A26. Componenti principali (>3%) e classi degli oli essenziali dei taxa di *Echinops*.

Taxa	Origin, parts	M	Compounds	Ref.
<i>adenocaulos</i> L.	Jordan ap	a	heyderiol (21.6), (Z)-ternine (8.8)	Al-Ghoul and Al-Qataisheh 2023
<i>bannaticus</i> Rochel ex Schrad.	Serbia r	a	5-(3-buten-1-yn-1-yl)-2,2'-bithiophene (47.3), α -terthienyl (15.5), modheph-2-ene (4.5), α -isocomene (3.5)	Radulović et al. 2013
<i>ellenbeckii</i> O. Hoffm.	Ethiopia r	b	hexadecanoic acid (7.1), caryophyllene oxide (3.1)	Hymete et al. 2004
<i>ellenbeckii</i> O. Hoffm.	Ethiopia st	b	alkanes (15.0)	Hymete et al. 2004
<i>ellenbeckii</i> O. Hoffm.	Ethiopia lv	b	alkanes (30.8), pentadecanal (4.1)	Hymete et al. 2004
<i>ellenbeckii</i> O. Hoffm.	Ethiopia fl	b	alkanes (62.3), elemicine (9.3), β -bisabolene (4.4)	Hymete et al. 2004
<i>giganteus</i> A. Rich	Cameroon r	a	silphiperfol-6-ene (23.0), presilphiperfolan-8-ol (22.7), presilphiperfol-7-ene (7.8), cameroonan-7- α -ol (7.1), β -caryophyllene (6.3), 7- <i>epi</i> -silphiperfol-5-ene (3.5), modheph-2-ene (3.0)	Pavela et al. 2016
<i>giganteus</i> var. <i>lelyi</i> C. D. Adams.	Cameroon r	a	silphiperfol-6-ene (26.9), presilphiperfol-7-ene (9.4), β -caryophyllene (8.3), presilphiperfolan-8-ol (7.1), 7- <i>epi</i> -silphiperfol-5-ene (6.5), cameroonan-7 β -ol (6.4), modheph-2-ene (4.9)	Menut et al. 1997; Weyerstahl et al. 1998
<i>graecus</i> Miller	Greece fl	a	methyl chavicol (42.5), pentacosane (9.5), cyclopentadecanolide (7.9), camphor (6.5), benzyl benzoate (6.3), heptacosane (6.1), linalool (5.6), (3Z)-hex-3-enyl-benzoate (5.3), tetradecane (4.6)	Papadopoulou et al. 2006
<i>grijisii</i> Hance	China r	a	(Z)- β -farnesene (25.2), 5-(3-buten-1-yn-1-yl)-2,2'-bithiophene (19.7), β -bisabolene (12.1), α -terthienyl (8.4), <i>trans</i> - α -bergamotene (4.6)	Guo et al. 1994
<i>grijisii</i> Hance	China r	a	5-(3-buten-1-yn-1-yl)-2,2'-bithiophene (27.6), α -terthienyl (14.9), 1,8-cineole (5.6), <i>cis</i> - β -ocimene (5.1) <i>cis</i> - β -farnesene (4.7), β -pinene (3.9), β -caryophyllene (3.8), caryophyllene oxide (3.5)	Zhao et al. 2017
<i>ilicifolius</i> Bunge	Iran fl	a	linalool (56.8), geraniol (17.4), dodecane (10.9), nerol (5.4), hexadecanoic acid (3.3)	Mohebat and Bidoki 2018
<i>ilicifolius</i> Bunge	Iran lv	a	hexadecanoic acid (36.2), linalool (16.4), geraniol (8.3), α -terpineol (6.1), 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (4.3)	Mohebat and Bidoki 2018
<i>ilicifolius</i> Bunge	Iran r	a	decane (23.1), dodecane (14.5), silphiperfol-4,7(14)-diene (11.1), selin-11-en-4-a-ol (9.5), hexadecanoic acid (7.8), tetradecane (5.3), α -guaiane (3.3)	Mohebat and Bidoki 2018
<i>kebericho</i> Mesfin	Ethiopia r	a	isoshyobunone (12.6), modephene (10.4), isocomene (8.4), α -pinene (7.0), β -phellandrene (7.0), dehydrocostuslactone (6.2), β -isocomene (6.1), β -pinene (6.3), germacrene-D-4-ol (5.2), α -guaiane (3.3), β -caryophyllene (3.1)	Deyno et al. 2021
<i>kebericho</i> Mesfin	Ethiopia tubers	a	dehydrocostus lactone (41.8), β -phellandrene (10.8), germacrene B (5.4), α -selinene (4.1), β -pinene (3.6), α -pinene (3.6), bornyl acetate (3.1)	Tariku et al. 2011



<i>kebericho</i> Mesfin	Ethiopia r	a	eudesm-7(11)-en-4-ol (14.3%), caryophyllene oxide (9.7), <i>t</i> -cadinol (8.3), (<i>E</i>)-nerolidol (7.2), <i>t</i> -muurolol (3.8), α -cadinol (3.8)	Hymete et al. 2007
<i>latifolius</i> Tausch	China ap	a	1,8-cineole (19.6), (<i>Z</i>)- β -ocimene (18.4), β -pinene (15.6) β -myrcene (4.7), carvone (4.4), β -caryophyllene (3.6), β -eudesmol (3.1), α -terthienyl (1.2), 5-(3-buten-1-yn-1-yl)-2,2'-bithiophene (0.8)	Liu et al. 2013
<i>persicus</i> Steven ex Fisch.	Iran ap	a	γ -eudesmol (16.7), valerianol (9.5), pogostol (8.6), fenchyl acetate (7.0), hexadecane (6.0), hinesol (5.7), isobornyl formate (5.6), dodecane (4.0)	Soori et al. 2019
<i>polyceras</i> Boiss.	Jordan fl	a	(6 <i>E</i> ,10 <i>E</i>)-pseudo phytol (7.8), β -bisabolene (7.5), dolabradene (5.5), tricosanal (3.8)	Hasam et al. 2023
<i>ritro</i> L.	China ap	a	machilol (9.0), nerolidol (7.6), α -terpineol (4.1), β -cadinene (4.1), α -pinocarvone (3.9), linalool (3.0)	Jiang et al. 2017
<i>ritro</i> L.	Greece fl	a	(<i>E</i>)-hex-2-enal (21.4), 1,8-cineole (16.3), <i>p</i> -cymene (12.1), linalool (9.8), nonal (3.6), 2-amyfuran (3.5), α -thujone (3.2)	Papadopoulou et al. 2006
<i>sphaerocephalus</i> L.	Serbia r	a	5-(3-buten-1-yn-1-yl)-2,2'-bithiophene (48.9), α -terthienyl (13.7), modheph-2-ene (4.6), 7-episilphiperfol-5-ene (4.4), β -isocomene (3.3)	Radulović et al. 2013
<i>spinosissimus</i> ssp. <i>spinosus</i> L.	Algeria r	a	5-(3-buten-1-yn-1-yl)-2,2'-bithiophene (54.4), α -terthienyle (26.3)	Belabbes et al. 2020
<i>spinosissimus</i> ssp. <i>spinosus</i> L.	Tunisia r	a	γ -cadinene (27.2), 5-(3-buten-1-yn-1-yl)-2,2'-bithiophene (21.3), 2,2',5',2''-terthiophene, (18.0), caryophyllene oxide (5.2)	Yahyaoui et al. 2018

ap = aerial parts; fl = flowers; lv = leaves; st = stems; r = roots. M = mehod; a = Hydrodistillation; b = Stem distillation.

Tabella A27. Composizione chimica dell'olio essenziale di *Pulicaria incisa* prima (**Pi1**) e dopo (**Pi2**) l'isolamento della xantossilina (**Xan**).

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Pi1 Area (%)	Pi2 Area(%)
1	1-Hexanal	802	806	tr	Tr
2	1,2,5,5-Tetramethyl-1,3-cyclopentadiene	840	838	tr	Tr
3	2-Hexenal	860	861	0.2	0.2
4	Tricyclene	926	924	tr	Tr
5	β -Thujene	930	931	0.1	0.1
6	α -Pinene	931	937	1.0	1.0
7	Camphene	953	952	0.1	0.1
8	β -Phellandrene	971	976	0.1	0.2
9	β -Pinene	982	979	0.1	0.1
10	Dehydrocineole	982	992	0.1	0.4
11	1,6-Dimethylhepta-1,3,5-triene	-	995	0.5	0.6
12	α -Phellandrene	1010	1007	0.1	0.1
13	α -Terpinene	1017	1019	0.1	0.1
14	1,2,3-Trimethylbenzene	1020	1022	0.1	0.1
15	<i>p</i> -Cymene	1025	1029	0.2	0.5
16	Limonene	1032	1032	0.4	0.5
17	Eucalyptol	1034	1038	0.6	0.7
18	γ -Terpinene	1059	1062	0.1	0.2
19	Linalool oxide	1088	1077	0.4	0.4
20	<i>p</i> -Cymen-8-ol	1172	1160	0.4	0.6
21	<i>cis</i> -Chrysanthanol	1182	1192	52.7	58.9
22	Isobornyl formate	1199	1200	0.6	1.7
23	α -Terpineol	1201	1205	0.2	0.5
24	Verbenone	1209	1217	0.2	0.4
25	Carvotanacetone	1250	1263	11.7	12.9
26	Thymol	1306	1310	0.2	0.2
27	(<i>E</i>)-Hex-3-enyl-(<i>E</i>)-2-methylbut-2-enoate	-	1329	0.2	0.3
28	α -Terpineol acetate	1364	1350	0.7	0.8
29	Duraldehyde	1367	1354	0.2	0.2
30	Jasmone	1396	1393	1.3	1.5
31	β -Caryophyllene	1418	1413	0.2	0.7
32	1,4-Dimethoxy-2-tert-butylbenzene	1425	1417	0.8	0.9
33	α -Caryophyllene	1456	1449	0.1	0.1
34	Thymyl isobutyrate	1466	1480	2.7	3.6
35	3-Tert-butyl-4-methoxyphenol	1490	1488	1.4	1.5
36	β -Curcumene	1517	1508	0.1	0.2
37	δ -Cadinene	1524	1514	0.1	0.2
38	Epiglobulol	1564	1520	0.1	0.1
39	Caryophyllene oxide	1594	1575	1.4	1.4
40	Cedrol	1596	1598	0.2	0.2
41	τ -Cadinol	1640	1638	0.3	0.4
42	β -Selinol	1649	1648	0.3	0.3
43	Xanthoxylin	1675	1668	15.4	2.7
44	Camphorsulfonic acid	-	1958	0.3	0.3
Monoterpene Hydrocarbons				2.3	2.8
Oxygenated Monoterpenes				70.2	81.0
Sesquiterpene Hydrocarbons				0.5	0.9



Oxygenated Sesquiterpenes	2.3	2.5
Others	20.3	8.1
Total	95.6	95.3

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Linear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>); ^c Linear retention indices based on a DB-5MS apolar column; tr: traces (<0.05%).

Tabella A28. Componenti principali (>3%) identificati negli oli essenziali dei taxa di *P. incisa*

Taxa	Place	Components	MH	OM	SH	OS	O	Ref.
<i>P. incisa</i> (Lam.) DC.	Algeria a.p.	chrysanthenone (45.3), 2,6-dimethylphenol (12.6), α -cadinol (5.6), τ -cadinol (3.6), eudesma-4(15),7-dien-1-ol (3.5)	1.4	55.2	4.8	18.8	17.1	Chaib et al., 2017
<i>P. incisa</i> (Lam.) DC.	Jordan, l.	butylated hydroxy anisole (41.4), 7- <i>epi</i> - α -eudesmol (21.3), methyl- γ -ionone (19.7), β -thujaplicinol (7.7)	-	9.7	2.1	44.5	41.6	Al-Qudah et al., 2022
<i>P. incisa</i> (Lam.) DC.	Jordan, fl.	butylated hydroxy anisole (43.7), β -thujaplicinol (22.3), 7- <i>epi</i> - α -eudesmol (14.3), thymoquinone (6.5)	0.3	34.5	1.8	16.8	45.5	Al-Qudah et al., 2022
<i>P. incisa</i> (Lam.) DC.	Morocco a.p.	β -gurjunene (13.1), β -bourbonene (11.5), camphor (8.8), γ -muurolene (7.9), 1,8-cineole (6.1), ledol (4.9), α -terpineol (4.2), borneol (3.8), γ -cadinene (3.3)	-	27.7	38.2	7.6	6.8	Lougraimzi et al., 2020
<i>P. incisa</i> (Lam.) DC.	Morocco a.p.	α -ocimene (15.2), τ -cadinol (6.8), α -cadinol (4.5), alloaromadendrene (4.4), δ -cadinene (4.1), germacrene D 4-ol (3.3)	15.2	6.7	19.6	16.3	31.5	Lougraimzi et al., 2022
<i>P. incisa</i> ssp. <i>candolleana</i> E.Gamal-Eldin	Egypt l.	carvotanacetone (66.0), chrysanthenone (13.3)	0.5	84.1	1.3	0.2	0.6	Shahat et al., 2017
<i>P. incisa</i> ssp. <i>candolleana</i> E.Gamal-Eldin	Egypt fl.	carvotanacetone (50.9), chrysanthenone (24.3)	0.5	78.5	1.8	0.3	3.1	Shahat et al., 2017
<i>P. incisa</i> ssp. <i>candolleana</i> E.Gamal-Eldin	Saudi Arabia, a.p.	linalool (33.0), chrysanthenone (10.3), eugenol (8.9), <i>cis</i> -chrysanthenol (8.0), (<i>Z</i>)-jasmone (5.7)	2.2	64.2	3.8	4.7	18.6	El-Said et al., 2021

MH = monoterpene hydrocarbons; OM = oxygenated monoterpenes; SH = sesquiterpene hydrocarbons; OS = oxygenated sesquiterpenes; O = other compounds. a.p. = aerial parts; l. = leaves; fl. = flowers.

Tabella A29. Composizione (%) dell'olio essenziale di *Pulicaria odora* (Po), raccolto in Sicilia, Italia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	Hexanal	800	801	4.3
2	<i>trans</i> -2-Hexenal	848	849	14.8
3	<i>cis</i> -2-Hexen-1-ol	868	869	0.5
4	1-Hexanol	872	872	2.4
5	α -Pinene	934	935	1.9
6	Sabinene	974	976	0.4
7	β -Pinene	979	980	3.5
8	<i>trans</i> -2,2-Pentylfuran	997	1002	0.7
9	Octanal	1002	1006	1.4
10	<i>p</i> -Cymene	1021	1022	0.6
11	Limonene	1028	1029	0.4
12	β - <i>cis</i> -Ocimene	1036	1040	0.2
13	Phenylethenal	1047	1041	1.5
14	Nonanal	1102	1102	1.7
15	Santolina epoxide	1162	-	0.4
16	α -Terpineol	1196	1199	0.4
17	Decanal	1203	1207	1.2
18	β -Cyclocitral	1220	1224	0.4
19	Thymol methyl ether	1228	1235	0.3
20	<i>trans</i> -2-Decenal	1252	1255	0.3
21	Bornyl acetate	1282	1286	1.0
22	β -Damascenone	1374	1375	0.6
23	Caryophyllene	1417	1420	1.6
24	β - <i>cis</i> -Farnesene	1447	1451	0.7
25	α -Himachalene	1453	1455	0.7
26	Thymol isobutyrate	1460	1472	11.4
27	β -Ionone	1474	1474	1.4
28	δ -Cadinene	1512	1524	3.4
29	β -Guaiene	1516	1533	1.2
30	α -Calacorene	1537	1540	0.5
31	Nerolidol	1552	1553	0.6
32	Thymol pentanoate	1563	-	3.2
33	Caryophyllene oxide	1577	1578	1.0
34	Thymol 3'-methylbutanoate	1591	-	1.9
35	Cubebol	1604	1613	2.3
36	γ -Eudesmol	1618	1619	2.2
37	α -Acorenol	1624	1630	2.5
38	τ -Muurolol	1638	1647	3.9
39	α -Cadinol	1649	1650	5.7
40	Aromadendrene oxide II	1680	1680	3.3
41	Palmitic acid	1956	1962	2.4
42	Phytol	2094	2105	2.2
Monoterpene Hydrocarbons				6.5
Oxygenated Monoterpenes				18.9
Sesquiterpene Hydrocarbons				8.1
Oxygenated Sesquiterpenes				23.3
Carbonyl Compounds				25.3
Other				8.8
Total				90.9

^a Components listed in order of elution on an DB-5MS column; ^b Linear retention indices on a DB-5MS apolar column; ^c Linear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

FABACEAE

Tabella A30. Composizione (%) dell'olio essenziale delle parti aeree di *Astragalus nebrodensis* (**An**), raccolto in Sicilia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	Hexanal	795	795	15.3
2	<i>trans</i> -2-Hexenal	842	846	16.4
3	1-Hexanol	863	865	1.2
4	Heptanal	896	903	4.0
5	1-Octen-3-ol	977	978	7.1
6	3-Octanone	983	980	0.7
7	2-Pentyl furan	989	989	14.2
8	<i>trans</i> -2-(2-Pentenyl)-furan	998	1003	5.0
9	<i>trans,trans</i> -2,4-Heptadienal	1004	1008	1.2
10	Limonene	1024	1029	1.3
11	Benzacetaldehyde	1034	1044	0.6
12	<i>trans</i> -2-Octenal	1052	1052	0.7
13	2-Nonel-1-ol	1065	1051	0.8
14	1-Octanol	1069	1070	0.1
15	α -Terpinolene	1083	1084	0.3
16	Linalool	1097	1098	0.2
17	Nonanal	1101	1102	3.7
18	2-Nonenal	1155	1161	0.7
19	Estragole	1192	1188	3.3
20	Decanal	1202	1206	1.7
21	<i>trans,trans</i> -2,4-nonadienal	1207	1211	0.1
22	β -Cyclocitral	1212	1220	0.4
23	2,6,6-Trimethyl-1-cyclohexene-1-acetaldehyde	1250	1253	0.2
24	<i>trans</i> -2-Decenal	1257	1259	0.2
25	<i>trans,trans</i> -2,4-Dodecadialenal	1288	1295	0.1
26	tridecane	1300	1300	0.8
27	Undecanal	1304	1308	0.4
28	2-Undecenal	1359	1369	0.2
29	1-Undecanol	1371	1374	0.2
30	Methyl eugenol	1399	1401	1.6
31	Dodecanal	1405	1412	2.3
32	β -Caryophyllene	1413	1413	0.4
33	Geranyl acetone	1449	1453	0.3
34	β -Ionone	1480	1470	1.7
35	Methyl isoeugenol	1491	1480	0.8
36	Pentadecane	1500	1500	0.1
37	Tridecanal	1507	1513	0.7
38	Elemicin	1552	1554	0.3
39	<i>trans</i> -Nerolidol	1560	1564	0.1
40	Tetradecanal	1608	1611	1.4
41	Pentadecanal	1710	1713	1.4
42	Benzyl benzoate	1753	1760	0.3
43	Hexadecanal	1813	1830	0.1
Monoterpene Hydrocarbons				1.6
Oxygenated Monoterpenes				2.9
Sesquiterpene Hydrocarbons				0.4
Oxygenated Sesquiterpenes				1.8
Alcohols				9.4
Aldehydes and Ketones				52.5
Fatty acids and their esters				0.3
Hydrocarbons				0.9
Other				22.8
Total				92.6



^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Linear retention indices on a DB-5MS apolar column. ^c Linear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

Tabella A31. Componenti principali (>3%) degli oli essenziali delle parti aeree di *Astragalus* riportati in letteratura.

Taxa	Origin	Method	Compounds	Ref.
<i>A. alopecurus</i> Pall.	Iran, fr	HD	α -pinene (18.4%), humulene epoxide II (12.8%), α -humulene (11.8%), caryophyllene oxide (6.3%), selina-3,11-dien-6- α -ol (6.0%), β -caryophyllene (4.4%), <i>trans</i> -nerolidol (4.3%), (<i>E</i>)-cinnamaldehyde (3.1%)	Ghahiri et al. 2018
<i>A. alopecurus</i> Pall. (syn. <i>A. maximus</i> Willd.)	Iran, ap	HD	myristcin (29.4%), benzaldehyde, 3-methyl (15.3%), 1-tridecanol (10.9%), acetophenone (10.7%), 2-pentadecanone, 6,10,14-trimethyl (7.9%)	Ghasemian-Yadegari et al. 2015
<i>A. brachycalyx</i> Fish. (syn. <i>A. adscendens</i> Boiss. & Hausskn.)	Iran, ap	HD	phytol (13.8%)	Ghorbani et al. 2023
<i>A. campylotrichus</i> Bunge	Uzbekistan, ap	HD	tetradecanoic acid (9.9%), <i>n</i> -triacontane (8.6%), phytol (7.5%), benzene acetaldehyde (5.8%), 1-octen-3-ol (6.9%), nonanal (3.3%), <i>trans</i> - β -ionone (3.3%)	Gad et al. 2021
<i>A. chiwensis</i> Bunge	Uzbekistan, ap	HD	(<i>E</i>)-2-hexenal (10.1%), butyl hexadecanoate (7.2%), butyl hexanoate (6.8%), <i>trans</i> -linalool oxide (6.8%), 1-hexanol (5.3%), <i>n</i> -octacosane (5.3%), <i>n</i> -pentacosane (4.9%), <i>n</i> -hexacosane (4.7%), tetradecanoic acid (4.5%), <i>n</i> -tetracosane (3.8%), <i>n</i> -hexadecanoic acid (3.6%), benzaldehyde (3.1%), <i>n</i> -triacontane (3.1%)	Gad et al. 2021
<i>A. corniculatus</i> M. Bieb	Bulgaria, ap, lv stage	LN	phytol (13.2%), squalene (4.8%)	Krasteva et al. 2008
<i>A. corniculatus</i> M. Bieb	Bulgaria, ap, fl stage	LN	phytol (9.5%) squalene (8.6%), docodane (4.2%)	Krasteva et al. 2008
<i>A. corniculatus</i> M. Bieb	Bulgaria, ap, fr stage	LN	1,3-butanediol (4.8%)	Krasteva et al. 2008
<i>A. gombo</i> Coss. & Durieu ex Bunge	Tunisia, Sbitla	HD	phytol (32.0%), 9,12-octadecadienoic acid (10.0%), hexadecanoic acid (8.8%), ethyl linoleolate (6.6%), hexadecanoic acid methyl ester (5.6%), 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (4.8%), <i>trans</i> - β -ionone (3.8%),	Tayeb et al. 2012
	Tunisia, Sidi Bouzid	HD	phytol (31.1%), hexadecanoic acid (14.6%), ethyl linoleolate (7.1%), 4-terpineol (4.1%), 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (3.2%)	Tayeb et al. 2012
<i>A. gomboeformis</i> Pomel	Tunisia, lv, fl stage	HD	phytol (19.6%), 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (11.0%), camphor (10.5%), <i>trans</i> - β -ionone (6.5%), borneol ((3.7%), α -eudesmol (3.7%), hexadecanoic acid (3.2%), 1,8-cineole (3.0%)	Tayeb et al. 2010
	Tunisia, fl, fl stage	HD	dillapiol (30.0%), butylated hydroxytoluene (10.9%), 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (10.5%), hexadecanoic acid (3.4%), phytol (3.4%)	Tayeb et al. 2010
	Tunisia, lv, fr stage	HD	phytol (17.6%), camphor (8.2%), 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (7.0%), <i>trans</i> - β -ionone (6.1%), α -eudesmol (4.2%), hexadecanoic acid (4.0%), borneol ((3.9%),	Tayeb et al. 2010
	Tunisia, fr, fr stage	HD	hexadecanoic acid (32.8%), 9,12-octadecadienoic acid (8.1%), 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (7.5%), phytol (4.6%), hexadecanoic acid methyl ester (4.4%), α -eudesmol (3.5%),	Tayeb et al. 2010
	Tunisia, ap, ve stage	HD	phytol (28.0%), ethyl linoleolate (6.5%), 2,5-diformyl thiophene (5.5%), 4-terpineol (3.9%), pentadecanal (3.2%)	Tayeb et al. 2011
	Tunisia, ap, fl stage	HD	phytol (35.8%), ethyl linoleolate (7.8%), hexadecanoic acid (7.6%), 4-terpineol (6.2%), 6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone (3.7%)	Tayeb et al. 2011



	Tunisia, ap, HD	phytol (32.0%), hexadecanoic acid (27.0%), 9,12-octadecadienoic acid (10.0%)	Tayeb et al. 2011
<i>A. hamzaoglu</i> Ketenoglu & Menemen	Turkey, fl HD	eugenol (29.4%), 1-octen-3-ol (11.3%), hexadecanoic acid (7.1%), pentadecanal (5.5%), hexahydrofarnesyl acetone (4.0%), nonanal (3.3%), eugeno acetate (3.3%)	Iskender et al. 2013
	Turkey, lv HD	1-octen-3-ol (45.5%), 3-octanol (4.7%), <i>cis</i> -phytol (4.6%), 3-octanone (3.6%), limonene (3.5%), linalool (3.2%), nonanal (3.0%)	Iskender et al. 2013
	Turkey, st HD	1-octen-3-ol (32.6%), hexadecanoic acid (6.1%), limonene (5.8%), <i>cis</i> -phytol (5.4%), pentadecanal (5.1%), ethyl linoleolate (4.8%), geraniol (3.9%), linalool (3.4%)	Iskender et al. 2013
	Turkey, fl MD	hexahydrofarnesyl acetone (12.2%), hexadecanoic acid (12.1%), pentadecanal (11.7%), 1-octen-3-ol (8.8%), limonene (5.8%), ethyl linoleolate (5.0%), nonanal (4.4%), octanal (3.8%), farnesene (3.3%), <i>cis</i> -phytol (3.0%)	Iskender et al. 2013
	Turkey, lv MD	<i>cis</i> -phytol (21.7%), hexahydrofarnesyl acetone (19.1%), ethyl linoleolate (7.8%), pentadecanal (6.8%), tricosane (5.3%), 1-octen-3-ol (3.3%)	Iskender et al. 2013
	Turkey, st MD	<i>cis</i> -phytol (14.5%), hexahydrofarnesyl acetone (12.3%), ethyl linoleolate (9.1%), pentadecanal (8.8%), 1-octen-3-ol (6.9%), nonanal (3.9%)	Iskender et al. 2013
<i>A. lehmannianus</i> Bunge	Uzbekistan, ap HD	(<i>E</i>)-2-hexenal (10.0%), sylvestrene (5.6%), benzaldehyde (5.5%), β -linalool (3.5%), pentadecanal (3.4%), butyl hexadecanoate (3.3%), 1-hexanol (3.1%)	Gad et al. 2021
<i>A. macronyx</i> Bunge	Uzbekistan, ap HD	sylvestrene (10.6%), 1-octadecanol (7.9%), nonanal (4.7%), (<i>E</i>)-2-hexenal (4.6%), <i>n</i> -triacontane (4.3%), benzene acetaldehyde (3.5%), 1-hexadecanol (3.5%), 1,8-cineole (3.2%), phytol (3.1%)	Gad et al. 2021
<i>A. microcephalus</i> Willd.	Iran, ap HD	hexadecanoic acid (31.9%), heneicosane (9.1%), α -cadinene (7.7%), tridecanol (6.1%), benzyl benzoate (6.1%), (<i>Z,E</i>)-farnesyl acetate (6.0%), undecanol (3.5%)	Rezaee et al. 2006
<i>A. mucidus</i> Bunge	Uzbekistan, ap HD	sylvestrene (14.1%), (<i>E</i>)-2-hexenal (4.4%), 1-hexadecanol (3.5%), 1,8-cineole (3.1%)	Gad et al. 2021
<i>A. oocephalus</i> Boiss ssp. <i>stachyophorus</i> Hub.-Mor. & Chamb.	Turkey, ap HD	camphor (18.2%), γ -terpineol (16.7%), 1,8-cineole (16.3%), α -pinene (12.8%), bornyl acetate (5.8%), borneol (5.3%), <i>iso</i> -sylvestrene (4.2%), camphene (3.9%), <i>cis</i> -sabinol (3.4%)	Gecibesler et al. 2017
<i>A. saheni</i> Buhse ex Fisch.	Iran fl HD	α -terpinolene (19.6%), 2-pentadecanone, 6,10,14-trimethyl (10.8%), α -terpineol (4.4%), <i>trans</i> -geraniol (4.3%)	Movafeghi et al. 2010
<i>A. schahrudensis</i> Bge.	Iran, fl HD	germacrene D (47.6%), germacrene B (17.8%), γ -elemene (9.0%), myrcene (6.8%)	Akhlaghi et al. 2007
	Iran, st HD	β -selinene (29.4%), δ -guaiene (21.7%), α -guaiene (13.4%), α -selinene (10.9%), germacrene D (5.4%)	Akhlaghi et al. 2007
	Iran, lv HD	α -pinene (33.8%), bornyl acetate (14.2%), limonene (12.2%), α -fenchyl acetate (10.0%), β -caryophyllene (8.9%), camphene (4.5%), sabinene (3.4%)	Akhlaghi et al. 2007
	N. Iran, ap HD	benzyl benzoate (54.4 %), δ -cadinene (7.4 %), α -humulene (5.0%), α -cadinol (5.0%), 2-pentadecanone (4.6%), β -pinene (3.4%), 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (3.1%)	Akhlaghi 2009
<i>A. sericans</i> Freyn & Sint.	Turkey, ap HD	α -pinene (19.2%), 1,5,5-trimethyl-6-methylene-cyclohexene (16.3%), 2,5,5-trimethyl-1,3,6-heptatriene (9.6%), 1,8-cineole (8.7%), camphor (8.0%), 1,6-dimethylhepta-1,3,5-triene (6.5%), <i>p</i> -cymene (4.1%), butanoic acid (3.5%), camphene (3.4%), pentanoic acid (3.1%)	Gecibesler et al. 2017
<i>A. sieversianus</i> Pall.	Uzbekistan, ap HD	sylvestrene (64.6%), β -linalool (3.8%),	Gad et al. 2021



<i>A. sinicus</i> L.	Japan, fl	HD	o-benzyl toluene (20.0%), geraniol (7.0%)	Kameoka et al. 1975
<i>A. verus</i> Olivier	Iran, ap	HD	phytol (38.0%), linolenic acid, ethyl ester (8.6%)	Ghorbani et al. 2023

ap = aerial parts; fl = flowers; st = stems; lv = leaves; fr = fruits; ve = vegetative; HD= hydrodistillation; MD = microwave distillation; LN = distillation-extraction in a Licken–Nickerson apparatus

Tabella A32. Classi di composti degli oli essenziali delle parti aeree dei sottogeneri di *Astragalus* ottenuti mediante idrodistillazione (HD).

	Taxa	Origin	MH	OM	SH	OS	DI	AL	AK	FE	HY	O	Ref.
A1	<i>A. alopecurus</i> . (syn. <i>A. maximus</i>)	Iran	-	1.6	-	-	2.3	11.3	45.2	0.6	-	29.4	Ghasemian-Yadegari et al. 2015
A2	<i>A. brachycalyx</i> (syn. <i>A. adscendens</i>)	Iran	-	0.2	1.1	1.8	13.8	0.6	5.0	5.0	5.6	-	Ghorbani et al. 2023
A3	<i>A. campylotrichus</i>	Uzbekistan	-	-	-	7.2	9.9	15.6	15.3	12.5	8.6	13.8	Gad et al. 2021
A4	<i>A. chiwensis</i>	Uzbekistan	-	9.3	-	0.4	-	5.3	16.3	29.3	26.4	9.9	Gad et al. 2021
A5	<i>A. gombo</i>	Tunisia, Sbitla	-	-	-	3.8	32.0	-	8.6	36.1	-	1.5	Tayeb et al. 2012
A6	<i>A. gombo</i>	Tunisia, Sidi Bouزيد	2.7	8.4	-	0.8	31.1	1.6	9.6	25.6	0.7	5.0	Tayeb et al. 2012
A7	<i>A. gomboeformis</i>	Tunisia, ve	2.2	10.0	-	4.6	29.4	3.4	12.6	9.1	4.5	5.8	Tayeb et al. 2011
A8	<i>A. gomboeformis</i>	Tunisia, fl	2.3	11.6	-	2.6	39.5	1.3	4.4	17.5	1.4	2.9	Tayeb et al. 2011
A9	<i>A. gomboeformis</i>	Tunisia, fr	4.5	2.9	-	1.4	32.6	-	5.8	41.8	0.3	1.5	Tayeb et al. 2011
A10	<i>A. lehmannianus</i>	Uzbekistan	6.1	5.8	-	2.7	-	9.3	33.3	12.1	4.5	11.5	Gad et al. 2021
A11	<i>A. macronyx</i>	Uzbekistan	11.8	15.1	-	4.7	4.1	16.5	20.8	3.9	5.8	7.4	Gad et al. 2021
A12	<i>A. microcephalus</i>	Iran	-	1.3	9.5	12.2	-	15.4	2.0	40.6	16.9	2.0	Rezaee et al. 2006
A13	<i>A. mucidus</i>	Uzbekistan	16.1	9.4	-	4.4	1.5	11.0	18.0	8.6	11.1	8.2	Gad et al. 2021
An	<i>A. nebrodensis</i>	Sicily	1.6	2.9	0.4	1.8	-	9.4	52.5	0.3	0.9	22.8	Present paper
A14	<i>A. oocephalus</i> ssp. <i>stachyophorus</i>	Turkey	43.6	51.0	0.1	0.1	-	0.1	-	-	0.2	-	Gecibesler et al. 2017
A15	<i>A. schahrudensis</i>	N. Iran	4.8	3.7	18.3	5.0	-	-	7.7	54.4	0.4	-	Akhlaghi 2009
A16	<i>A. sericans</i>	Turkey	53.2	9.2	7.6	0.2	-	1.3	-	6.5	16.5	0.4	Gecibesler et al. 2017
A17	<i>A. sieversianus</i>	Uzbekistan	65.1	8.4	-	2.6	0.8	5.2	4.2	2.4	2.4	2.0	Gad et al. 2021
A18	<i>A. verus</i>	Iran	0.7	0.4	2.1	2.8	38.0	-	5.6	10.0	5.6	-	Ghorbani et al. 2023

MH = Monoterpene hydrocarbons; OM = Oxygenated monoterpene; SH = Sesquiterpene hydrocarbons; OS = Oxygenated sesquiterpene; DI = Diterpenes; AL = Alcohols; AK = Aldehydes and ketones; FE = Fatty acids and their esters; HY = Hydrocarbons; O = Other; ve = vegetative stage; fl = flowering stage; fr = fructification stage

Tabella A33. Composizione (%) degli oli essenziali dei *Cytisus* endemici siciliani, raccolti in Sicilia, Italia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Cs Area (%)	Cv Area (%)	Ca Area (%)
1	Hexanal	800	800	10.7	-	-
2	2-hexenal	842	847	4.3	-	-
3	α -Pinene	934	935	-	-	1.4
4	Sabinene	972	975	-	-	1.1
5	β -Pinene	973	979	-	0.9	-
6	3-octanone	983	984	0.6	-	-
7	2-Pentylfuran	991	996	6.6	-	39.9
8	1-Octen-3-ol	992	998	45.9	3.7	-
9	(Z)-2-(2-Pentenyl)furan	999	1004	-	-	10.5
10	<i>p</i> -Cymene	1025	1026	-	-	1.6
11	Limonene	1023	1029	0.4	1.6	5.5
12	Phenylethanal	1036	1041	-	-	1.1
13	β -trans-Ocimene	1047	1050	0.8	0.7	3.4
14	γ -Terpinene	1056	1058	-	-	1.4
15	2-Octenal	1058	1059	0.3	-	-
16	Acetophenone	1059	1060	0.7	-	-
17	2-octen-1-ol	1066	1066	3.8	-	-
18	1-octanol	1070	1071	0.5	-	-
19	Linalol	1095	1100	2.9	1.5	-
20	Nonanal	1100	1102	3.7	-	18.5
21	Pinocarveol	1138	1141	-	-	0.9
22	(E,Z)-2,6-Nonadienal	1148	1153	0.3	-	-
23	2-nonenal	1155	1160	0.4	-	-
24	α -Terpineol	1184	1184	0.2	-	-
25	Methyl salicylate	1185	1192	0.2	-	-
26	Verbenone	1200	1204	-	0.4	-
27	Decanal	1202	1205	0.3	-	-
28	β -Cyclocitral	1212	1224	0.5	-	-
29	<i>cis</i> -Verbenol	1239	1244	-	0.9	-
30	Ionene	1248	1255	0.1	-	-
31	<i>cis</i> -Geraniol	1252	1260	0.3	-	-
32	<i>trans</i> -2-Decenal	1257	1261	0.4	-	-
33	<i>trans</i> -Chrysanthenyl acetate	1277	1284	-	3.3	-
34	Theaspirane	1292	1298	2.7	-	-
35	Eugenol	1341	1348	5.5	9.0	-
36	3,4-Dimethoxystyrene	1349	1354	-	2.4	-
37	β -Damascenone	1376	1384	1.0	5.3	5.7
38	Jasmone	1391	1395	0.5	-	-
39	α -Ionone	1414	1416	-	-	1.1
40	Dihydropseudoionone	1449	1451	0.3	-	-
41	β -Copaene	1453	1460	-	0.9	-
42	β -Ionone	1468	1470	0.2	-	0.5
43	Heptadecane	1692	1700	-	4.7	-
44	Myristic acid	1757	1762	-	14.0	-
45	Octadecane	1794	1800	-	15.8	-
46	Nonadecane	1897	1900	-	8.8	-
47	<i>n</i> -Hexadecanoic acid	1972	1974	-	-	1.3
48	Eicosane	1993	2000	-	9.4	-
49	Docosane	2199	2200	-	13.3	-
Monoterpene Hydrocarbons				1.2	3.2	12.8
Oxygenated Monoterpenes				9.4	15.1	0.9
Sesquiterpene Hydrocarbons				0.1	0.9	-
Oxygenated Sesquiterpenes				1.5	5.3	7.3
Hydrocarbons				-	52.0	-



Carbonyl Compounds	22.2	-	19.6
Acids and derivatives	0.2	14.0	1.3
Other	59.5	6.1	52.0
Total	94.1	96.6	93.9

^a Components listed in order of elution on an DB-5MS column; ^b Linear retention indices on a DB-5MS apolar column; ^c Linear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

Tabella A34. Composizione (%) degli oli essenziali di *Onobrychis kabylica* (Ok), raccolti in Algeria.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	α -Pinene	928	931	0.5
2	β -Pinene	969	964	0.3
3	β -Myrcene	988	988	0.3
4	<i>p</i> -Cymene	1018	1020	0.8
5	Eucalyptol	1024	1031	3.8
6	Benzeneacetaldehyde	1034	1039	0.6
7	γ -Terpinene	1054	1056	0.5
8	α -Terpinolene	1083	1088	0.8
9	β -Linalool	1097	1098	3.0
10	2-Nonen-1-ol	1100	1102	1.4
11	Camphor	1134	1141	3.9
12	<i>cis</i> -Verbenol	1137	1141	0.5
13	Borneol	1160	1160	10.4
14	3-Pinanone	1164	1163	0.7
15	4-Terpineol	1169	1170	1.2
16	<i>p</i> -Cymen-8-ol	1180	1183	0.1
17	α -Terpineol	1185	1189	3.0
18	Mytenol	1192	1191	0.4
19	Verbenone	1202	1206	14.0
20	<i>cis</i> -Carveol	1210	1216	0.2
21	α -Citronellol	1224	1214	0.2
22	Piperitone	1243	1248	1.0
23	<i>cis</i> -Myrtanol	1249	1252	0.4
24	Capric alcohol	1267	1259	0.3
25	Isobornyl acetate	1277	1275	1.0
26	Undecanal	1300	1310	1.5
27	Eugenol	1347	1348	0.1
28	α -Pinene epoxide	1354	1353	0.5
29	Ylangene	1363	1361	0.2
30	α -Copaene	1367	1372	1.9
31	β -Damascenone	1375	1385	0.4
32	Dodecanal	1403	1408	4.6
33	β -Caryophyllene	1411	1415	8.4
34	α -Caryophyllene	1444	1447	2.3
35	Geranyl acetone	1446	1456	2.0
36	β -Copaene	1468	1460	2.1
37	Germacrene D	1504	1495	3.2
38	δ -Cadinene	1515	1519	3.0
39	α -Calacorene	1532	1538	0.6
40	Viridiflorol	1571	1581	3.0
41	Caryophyllene oxide	1596	1596	0.8
42	τ -Cadinol	1631	1632	1.0
43	Viridiflorene	1649	1656	3.1
44	α -Bisabolol	1676	1674	1.3
45	Hexahydrofarnesyl acetone	1837	1833	0.6
46	Farnesyl acetone	1904	1914	1.4
47	Linoleic acid,methyl ester	2080	2078	2.1
48	Oleic acid,methyl ester	2088	2086	2.1
49	Phytol	2103	2105	0.5
Monoterpene Hydrocarbons				3.2
Oxygenated Monoterpenes				44.4
Sesquiterpene Hydrocarbons				24.8
Oxygenated Sesquiterpenes				6.1
Aldehydes				6.7
Other				10.8
Total				96.0



^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b LRIs based on literature (<https://webbook.nist.gov/>). ^c Experimental on a DB-5MS apolar column.

LAMIACEAE

Tabella A35. Composizione (%) delle popolazioni di oli essenziali di *Nepeta apuleii*, raccolte in Sicilia.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Na1* Area (%)	Na2* Area (%)
1	β -Thujene	920	929	0.2	0.2
2	α -Pinene	931	937	3.0	2.1
3	Camphene	954	953	0.4	0.3
4	Sabinene	976	976	3.2	3.7
5	β -Pinene	980	981	11.6	6.3
6	1-Octen-3-ol	985	984	-	0.4
7	3-Octanone	988	987	0.5	0.6
8	β -Myrcene	991	991	6.6	3.3
9	3-Octanol	994	997	0.2	0.2
10	α -Phellandrene	1005	1007	0.2	0.1
11	α -Terpinene	1017	1019	6.3	3.1
12	<i>p</i> -Cymene	1024	1026	0.6	0.2
13	Limonene	1031	1032	5.3	4.3
14	β -cis-Ocimene	1040	1037	1.4	0.4
15	β -trans-Ocimene	1050	1048	4.1	1.3
16	γ -Terpinene	1062	1062	9.4	5.0
17	<i>trans</i> -Sabinene hydrate	1070	1073	0.3	1.7
18	Terpinolene	1088	1086	2.7	1.9
19	<i>p</i> -Cymenene	1090	1091	0.1	0.1
20	Linalool	1098	1099	2.2	5.6
21	<i>trans</i> - <i>p</i> -Menth-2-en-1-ol	1135	1127	0.4	0.3
22	Terpinen-4-ol	1184	1184	5.5	6.2
23	α -Terpineol	1197	1196	1.5	2.5
24	Citronellol	1228	1227	3.0	5.2
25	Geraniol	1260	1255	-	0.1
26	Carvacrol	1309	1299	-	1.3
27	Citronellol acetate	1354	1344	0.5	-
28	α -Copaene	1377	1374	1.8	1.3
29	β -Bourbonene	1391	1385	-	0.3
30	β -Elemene	1389	1385	0.5	1.6
31	Jasmone	1401	1391	-	0.1
32	β -Caryophyllene	1418	1419	11.9	9.8
33	β -Copaene	1432	1427	0.1	0.5
34	α -Caryophyllene	1455	1453	1.2	1.4
35	2-Dodecenal	1464	1462	0.6	-
36	γ -Muurolene	1470	1474	-	0.3
37	Germacrene D	1480	1477	1.9	13.1
38	(<i>trans</i> , <i>cis</i>)- α -Farnesene	1483	1497	1.9	1.7
39	Cubedol	1503	1513	-	0.6
40	δ -Cadinene	1515	1512	4.4	4.4
41	<i>trans</i> -Nerolidol	1560	1554	0.4	1.6
42	3-Hexen-1-ol benzoate	1568	1566	0.2	-
43	β -Caryophyllene oxide	1578	1577	1.0	2.1
44	Cubenol	1613	1622	0.1	0.3
45	τ -Muurolol	1634	1638	0.3	0.4
46	α -Cadinol	1650	1650	0.4	0.6
47	Phytol	2097	2095	0.5	0.1
Monoterpene Hydrocarbons				55.1	32.3
Oxygenated Monoterpenes				13.4	22.9
Sesquiterpene Hydrocarbons				23.7	34.5
Oxygenated Sesquiterpenes				2.2	5.6
Other				2.0	1.3



Total	96.4	96.6
^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Linear retention indices based on literature (https://webbook.nist.gov/). ^c Linear retention indices on a DB-5MS apolar column. [*] Na1= <i>Nepeta apuleii</i> collected in Serre di Villalba; Na2= <i>Nepeta apuleii</i> collected in Piana degli Albanesi		

Tabella A36. Composizione chimica dell'olio essenziale di *Orthosiphon schimperi* (Os) raccolto in Kenya.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	α -Pinene	929	931	0.4
2	β -Pinene	970	975	1.6
3	β -Myrcene	989	990	0.1
4	α -Terpinene	1012	1017	0.1
5	<i>p</i> -Cymene	1019	1018	0.1
6	Limonene	1024	1030	0.3
7	<i>cis</i> - β -Ocimene	1037	1035	0.2
8	<i>trans</i> - β -Ocimene	1047	1046	0.1
9	γ -Terpinene	1055	1053	0.1
10	Linalool	1099	1097	2.8
11	Isoborneol	1172	1160	0.2
12	α -Terpineol	1185	1190	0.4
13	Estragole	1193	1195	0.2
14	α -Cubebene	1345	1346	0.1
15	α -Copaene	1371	1373	0.7
16	α -Bourbonene	1379	1376	0.4
17	Eugenol methyl ether	1413	1401	79.5
18	α -Bergamotene	1439	1435	0.3
19	Isoeugenol methyl ether	1495	1492	0.6
20	Caryophyllene oxide	1578	1578	8.2
21	<i>Allo</i> -aromadendrene oxide	1630	1631	0.5
Monoterpene Hydrocarbons				3.0
Oxygenated Monoterpenes				83.7
Sesquiterpene Hydrocarbons				1.5
Oxygenated Sesquiterpenes				8.8
Total				96.9

^a Components listed in order of elution on an DB-5-MS column; ^b Linear retention index on a DB-5-MS polar column; ^c Linear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

Tabella A37. Componenti principali (>3%) degli oli essenziali dei taxa di *Orthosiphon* di diverse provenienze, riportati in precedenza in letteratura.

Taxa	Parts	Origins	Main components (%)	Ref.
<i>O. aristatus</i> var. <i>aristatus</i>	lv	commercial	palmitic acid (9.51%), β -selinene (7.84%), β -caryophyllene (6.45%), δ -cadinene (6.33%), caryophyllene oxide (6.05%), 6, 10, 14-trimethylpentadecan-2-one (5.76%), β -elemene (4.92%), α -humulene (3.37%)	(Schut & Zwawing 1986)
<i>O. diffusus</i> (Benth) Benth.*	lv	India	<i>n</i> -eicosane (19.5%), β -caryophyllene (18.6%), octocosane (12.2%), limonene (11.6%), β -ocimene (4.2)	(Sadashiva et al. 2013)
<i>O. pallidus</i> Royle, ex Benth	ap	India	β -caryophyllene (17.4%), 7- <i>epi</i> - α -selinene (15.2%), terpinolene (6.9%), β -pinene (6.8%), β -elemene (5.1%), α -humulene (4.9%), α -copaene (4.8%), <i>epi</i> -cubebol (4.5%), zonarene (3.9%)	(Joshi 2020)
<i>O. stamineus</i> Benth.**	ap	Malaysia	β -caryophyllene (26.31%), bicyclogermacrene (7.7%), eugenol methyl ether (7.4%), α -humulene (5.06%), α -copaene (2.26%)	(Azizan et al. 2017)
	lv	Malaysia	β -caryophyllene (24.0%), α -humulene (14.2%), β -elemene (11.1%), 1-octen-3-ol (8.2%), β -bourbonene (3.4%)	(Hossain et al. 2008)
	st	Malaysia	β -caryophyllene (35.1%), α -humulene (18.4%), β -elemene (8.5%), 1-octen-3-ol (7.0%), β -bourbonene (3.0%)	(Sundaram et al. 2012)
<i>O. thymiflorus</i> (Roth) Sleesen	lv	India	2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-bicyclo-1-decene (4.4.0) (42.62%), carotol (16.48%), α -cadinol (6.14%), δ -3-carene (5.15%), α -humulene (3.61%), γ -cadinene (3.34%)	(Yogesh et al. 2014)
	ap, r	India	isobornyl acetate (55.36%), nerolidol (7.19%), camphene (5.52%), eugenol (4.15%), α -pinene (4.07%),	(Edris 2007)

P. = parts; ap = aerial parts; lv = leaves; st = stems; r = roots; * synonymous of *Endostemon viscosus* (Roth) M.R.Ashby; ** syn. of *Orthosiphon aristatus* var. *aristatus*

Tabella A38. Componenti principali (>3%) e classi degli oli essenziali di *Plectranthus ornatus*, ottenuti mediante idrodissillazione (HD), riportati in letteratura.

Origin	Components	MH	OM	SH	OS	O	Ref.
Brazil Lv	caryophyllene oxide (61.7), β -caryophyllene (10.6), terpinen-4-ol (6.2), β -bourbunene (4.5), β - duprezianene (4.3), terpinen-4-ol acetate (3.6), globulol (3.4)	1.79	9.77	21.4	67.04	-	Alves et al. 2018
Brazil Lv	β -caryophyllene (62.4-9.6), eugenol (38.0), thymol (14.1), germacrene D (11.5-3.6), carvacrol (7.5), caryophyllene oxide (6.4-4.2), β - terpinen-4-ol (5.2), neral (3.4)	8.5- 12.2	61.8	27- 90.9	6.3- 9.1	-	de Albuquerque et al. 2007
Brazil Lv	eugenol (22.9), β -caryophyllene (18.2), thymol (16.6), carvacrol (13.9)	7.2	55.9	22.6	1.1	-	Galvão Rodrigues et al. 2013
Portugal, veg. phase, lv + s	oct-1-en-3-ol (26.1-11.9), β -pinene (22.5-15.2), α - pinene (18.6-16.0), sabinene (15.3-2.2), α -terpenyl acetate (14.4-2.2), α -thujene (5.3-3.9), β -curcumene (5.2-0.4)	60.0- 53.8	21.0- 3.3	10.6- 4.2	5.1- 3.4	23.3- 12.6	Mota et al. 2014
Portugal, flow. phase, lv + s	oct-1-en-3-ol (29.1-14.7), β -pinene (23.9-11.3), α - pinene (16.7-11.9), sabinene (13.6-1.8), bicyclogermacrene (8.5), β -curcumene (7.4-5.3), α - terpenyl acetate (7.2-1.3), α -thujene (5.6-4.1), spathulenol (4.3-2.1), β -caryophyllene (4.1-3.4)	52.4- 43.5	11.0- 3.4	16.5- 11.8	8.0- 4.4	29.2- 15.1	Mota et al. 2014
Portugal, flow. phase, fl	oct-1-en-3-ol (17.5), β -pinene (13.0), β - caryophyllene (11.4), α -pinene (10.9), spathulenol (8.2), caryophyllene oxide (4.8), bicyclogermacrene (4.3), α -thujene (3.8)	35.5	7.7	18.5	16.0	20.5	Mota et al. 2014

lv = leaves; s = stems; fl = flowers; veg. = vegetative; flow. = flowering; MH = monoterpene hydrocarbons; OM = oxygenated monoterpenes; SH = sesquiterpene hydrocarbons; OS = oxygenated sesquiterpenes; O = other compounds.

Tabella A39. Composizione (%) dell'olio essenziale di *Plectranthus ornatus* (Plo) raccolto in Israele.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	β -Thujene	920	936	2.8
2	α -Pinene	931	942	3.9
3	Camphene	953	958	0.6
4	β -Phellandrene	971	981	1.7
5	β -Pinene	982	983	1.9
6	1-Octen-3-ol	986	994	0.6
7	α -Phellandrene	1010	1013	0.8
8	α -Terpinene	1017	1026	0.5
9	<i>p</i> -Cymene	1020	1034	1.1
10	Limonene	1032	1039	3.9
1	γ -Terpinene	1059	1069	0.7
12	1,5-Heptadien-4-one, 3,3,6-trimethyl-	1061	1072	0.8
13	Terpinolene	1093	1093	0.6
14	α -Thujone	1117	1115	0.9
15	<i>cis</i> -Verbenol	1140	1177	8.9
16	Terpinen-4-ol	1180	1190	1.0
17	α -Terpineol	1199	1206	0.6
18	Carvotanacetone	1250	1262	1.5
19	Bornyl acetate	1285	1295	0.8
20	α -Copaene	1364	1360	0.4
21	α -Terpineol acetate	1367	1363	16.0
22	β -Bourbonene	1385	1392	0.9
23	β -Cubebene	1391	1399	0.4
24	β -Caryophyllene	1418	1429	10.7
25	β -Copaene	1421	1441	0.3
26	α -Bergamotene	1428	1448	0.7
27	β -Sesquiphellandrene	1449	1456	0.4
28	α -Caryophyllene	1456	1466	1.4
29	Germacrene D	1480	1492	3.5
30	Germacrene B	1506	1506	0.5
31	β -Curcumene	1517	1527	1.8
32	δ -Cadinene	1524	1534	1.9
33	Cubenene	1533	1541	4.0
34	<i>trans</i> -Sesquisabinene hydrate	1571	1564	2.6
35	<i>trans</i> -Nerolidol	1573	1584	1.4
36	Caryophyllene oxide	1594	1594	3.0
37	Epicedrol	1626	1622	3.3
38	τ -Cadinol	1640	1662	2.5
39	β -Bisabolol	1672	1693	3.1
Monoterpene Hydrocarbons				19.2
Oxygenated Monoterpenes				28.8
Sesquiterpene Hydrocarbons				26.9
Oxygenated Sesquiterpenes				15.7
Others				1.4
Total				92.0

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Linear retention indices based on literature (<https://webbook.nist.gov/>), ^c Linear retention indices on a DB-5MS apolar column.

Tabella A40. Composizione (%) dell'olio essenziale di *Scutellaria altissima* (Sa) raccolto in Macedonia del Nord.

No.	Compounds ^a	LRI ^b	LRI ^c	Area (%)
1	<i>trans</i> -2-Hexenal	845	850	1.0
2	α -Pinene	927	927	0.9
3	Benzaldehyde	956	95	0.6
4	Sabinene	969	968	0.5
5	1-Octen-3-ol	982	978	4.9
6	3-Octanol	999	994	2.2
7	<i>p</i> -Cymene	1020	1023	0.6
8	Limonene	1023	1027	0.2
9	Eucalyptol	1027	1030	0.3
10	Benzeneacetaldehyde	1040	1041	0.8
11	γ -Terpinene	1052	1057	0.1
12	Acetophenone	1061	1062	0.5
13	Linalool	1102	1098	13.1
14	α -Terpineol	1192	1183	1.7
15	<i>cis</i> -Geraniol	1223	1228	0.4
16	<i>trans</i> -Geraniol	1250	1256	1.0
17	Methyl cinnamate	1378	1373	0.9
18	Ethyl cinnamate	1463	1464	4.6
19	δ -Cadinene	1509	1508	0.7
20	Myristicin	1537	1529	47.8
21	Nerolidol	1561	1565	0.8
22	Apiol	1670	1679	6.4
23	Palmitic acid	1972	1971	4.1
24	Ethyl palmitate	1986	1992	0.5
25	Linolenic acid	2134	2143	2.1
26	Ethyl linolenate	2151	2178	1.8
Monoterpene Hydrocarbons				2.3
Oxygenated Monoterpenes				16.4
Sesquiterpene Hydrocarbons				0.7
Oxygenated Sesquiterpenes				0.8
Alcohols				7.1
Carbonylic compounds				16.9
Phenylpropanoids				54.2
Total				98.4

^a Components listed in order of elution on a DB-5MS apolar column; ^b Experimental LRIs on a DB-5MS apolar column.

^c LRIs based on literature (<https://webbook.nist.gov/>).

6. BIBLIOGRAFIA

- Abad, M. J., Bedoya, L. M., & Bermejo, P. (2013). Essential oils from the Asteraceae family active against multidrug-resistant bacteria. In A. M. Viljoen & A. van Vuuren (Eds.), *Fighting multidrug resistance with herbal extracts, essential oils and their components* (pp. 205–221). Academic Press.
- Abbasi, A. M., Khan, M. A., Ahmad, M., Zafar, M., Jahan, S., & Sultana, S. (2010). Ethnopharmacological application of medicinal plants to cure skin diseases and in folk cosmetics among the tribal communities of North-West Frontier Province, Pakistan. *J Ethnopharmacol*, 128, 322–335.
- Abbasi, A. M., Shah, M. H., & Khan, M. A. (2016). Wild edible vegetables of lesser Himalayas: Ethnobotanical and nutraceutical aspects. Springer, Cham, Switzerland.
- Abbasi, A. M., Shah, M. H., Li, T., Fu, X., Guo, X., & Liu, R. H. (2015). Ethnomedicinal values, phenolic contents and antioxidant properties of wild culinary vegetables. *J Ethnopharmacol*, 162, 333–345.
- Abbet, C., Mayor, R., Roguet, D., Spichiger, R., Hamburger, M., & Potterat, O. (2014). Ethnobotanical survey on wild alpine food plants in Lower and Central Valais (Switzerland). *J Ethnopharmacol*, 151, 624–634.
- Abd Alla, F. M., Abdelshafeek, K. A., El-Soll, A. M., & Elsayed, W. M. (2013). Volatile oils, lipid constituents and the antimicrobial activity of *Daucus syrticus* growing in Libya. *J. Arab Soc. Med. Res.*, 8, 96–103.
- Abd El-Gleel, W., & Hassanien, M. (2012). Antioxidant properties and lipid profile of *Diplotaxis harra*, *Pulicaria incisa* and *Avicennia marina*. *Acta Alimentaria*, 41, 143–151.
- Abdel-Mogib, M., Albar, H. A., & Batterjee, S. M. (2002). Chemistry of the genus *Plectranthus*. *Molecules*, 7, 271–301.
- Abdel-Shafi, S., Al-Mohammadi, A.-R., Osman, A., Enan, G., Abdel-Hameid, S., & Sitohy, M. (2019). Characterization and antibacterial activity of 7S and 11S globulins isolated from cowpea seed protein. *Molecules*, 24(6), 1082.
- Abed, N. E., Harzallah-Skhiri, F., & Boughalleb, N. (2010). Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of *Pulicaria arabica* (L.) Cass. from Tunisia. *Agric Segment*, 11, 530–534.
- Abirami, K., Revathi, P., Thenmozhi, K., & Sowndhararajan, K. (2023). Comprehensive review on wild basil genus *Orthosiphon* of Lamiaceae. In K. Arunachalam, X. Yang, & S. P. Sasidharan (Eds.), *Bioprospecting of Tropical Medicinal Plants* (pp. 409–426). Springer, Cham, Switzerland.
- Abulfatih, H. A. (1987). Medicinal plants in Southwestern Saudi Arabia. Al Thaghr Press: Khamis, p. 162.
- Aćimović, M. G., Kostadinović, L. M., Popović, S. J., & Dojčinović, N. S. (2015). Apiaceae seeds as functional food. *Journal of Agricultural Sciences*, Belgrade, 60(3), 237–246.
- Aćimović, M., Varga, A., Cvetković, M., Stanković, J., & Čabarkapa, I. (2018). Chemical characterisation and antibacterial activity of the essential oil of wild *Angelica* seeds. *Botanica Serbica*, 42, 217–221.
- Adlercreutz, H. (2007). Lignans and human health. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 44(5–6), 483–525.
- Adnan, M., Bibi, R., Azizullah, A., Andaleeb, R., Mussarat, S., Tariq, A., Ullah, R., AbdElsalam, N. M., Khan, A. L., & Begum, S. (2015). Ethnomedicinal plants used against common digestive problems. *Afr J Tradit Complement Altern Med*, 12, 99–117.

- Adnyana, I. K., Setiawan, F., & Insanu, M. (2013). From ethnopharmacology to clinical study of *Orthosiphon stamineus* Benth. Int. J. Pharm. Pharm. Sci., 5, 66–73.
- Aelenei, P., Miron, A., Trifan, A., Bujor, A., Gille, E., & Aprotosoiaie, A. C. (2016). Essential oils and their components as modulators of antibiotic activity against Gram-negative bacteria. Molecules, 3, 19.
- Ahmad, T., Cawood, M., Iqbal, Q., Ariño, A., Batool, A., Tariq, R. M. S., Azam, M., & Akhtar, S. (2019). Phytochemicals in *Daucus carota* and their health benefits — review article. Foods, 8, 424.
- Ai-Douri, N. A., & Al-Essa, L. Y. (2010). A survey of plants used in Iraqi traditional medicine. Jordan J Pharm Sci, 3, 100–108.
- Ait-Kaci Aourahoum, K., Fazouane, F., & Benayache, S. (2015). Pharmacological potential of *Cytisus triflorus* L'Hérit. extracts as antioxidant and anti-inflammatory agent. Pharm. Lett., 7, 104–110.
- Ait-Kaci Aourahoum, K., Fazouane, F., Benayache, S., & Souici, F. (2016). Glandular hairs and essential oils of stem and leave from the promising medicinal legume *Cytisus triflorus* L'Hérit. using ultrasounds: comparison with conventional hydrodistillation. Ind J Nat Sci, 6, 10911–10922.
- Ait-Kaddour, A., Hassoun, A., Tarchi, I., Loudiyi, M., Boukria, O., Cahyana, Y., Özoğul, F., & Khwaldia, K. (2024). Transforming plant-based waste and by-products into valuable products using various “Food Industry 4.0” enabling technologies: A literature review. Science of the Total Environment, 955, Article 176872.
- Ajit, A., Vishnu, A. G., & Varkey, P. (2021). Incorporation of grape seed extract towards wound care product development. 3 Biotech, 11(6), 261.
- Ak, G., Zengin, G., Ceylan, R., Fawzi Mahomoodally, M., Jugreet, S., Mollica, A., & Stefanucci, A. (2021). Chemical composition and biological activities of essential oils from *Calendula officinalis* L. flowers and leaves. Flavour Fragr J, 36, 554–563.
- Akgun, O., Akgun, H., Sahin, C., Celikler, S., & Ari, F. (2022). Angelica sylvestris and Delphinium staphisagria extracts induce antiproliferation through caspase-mediated apoptosis on human cancer cells. Braz Arch Biol Technol, 65, e22210065.
- Akhlaghi, H. (2009). Chemical composition of the essential oil from aerial parts of *Astragalus schahrudensis* Bge. from Northeast of Iran. J Essent Oil-Bear Plants, 12, 59–63.
- Akhlaghi, H., Rustaiyan, A., Larijani, K., Shafaghat, A., Masnabadi, N., & Masoudi, S. (2007). Chemical composition of the essential oil from flower, stem and leaves of *Astragalus schahrudensis* Bge. from Iran. J Essent Oil Res, 19, 269–270.
- Akhtar, S., Rauf, A., Imran, M., Qamar, M., Riaz, M., & Mubarak, M. S. (2017). Black carrot (*Daucus carota* L.), dietary and health promoting perspectives of its polyphenols: a review. Trends Food Sci Technol, 66, 36–47.
- Aktaş Karaçelik, A., Türkuçar, S. A., & Karaköse, M. (2022). Phytochemical composition and biological activities of *Angelica sylvestris* L. var. *stenoptera* Avé-Lall ex Boiss.: An endangered medicinal plant of North East Turkey. Chem Biodiv, 2022, e202200552.
- Albuquerque, U. P., & Hurrell, J. A. (2010). Ethnobotany: One concept and many interpretations. In U. P. Albuquerque & M. A. Ramos (Eds.), Recent developments and case studies in ethnobotany.

- Algabr, M. N., Ameddah, S., Menad, A., Mekkiou, R., Chalchat, J. C., Benayache, S., & Benayache, F. (2012). Essential oil composition of *Pulicaria jaubertii* from Yemen. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 2(8), 688–690.
- Algabr, M. N., Ameddah, S., Menad, A., Mekkiou, R., Chalchat, J. C., Benayache, S., & Benayache, F. (2012). Essential oil composition of *Pulicaria jaubertii* from Yemen. *Int. J. Med. Arom. Pl.*, 2, 688–690.
- Alghaithy, A. A., El-Beshbishy, H. A., Abdel-Naim, A. B., Nagy, A. A., & Abdel-Sattar, E. M. (2011). Anti-inflammatory effects of the chloroform extract of *Pulicaria guestii* ameliorated the neutrophil infiltration and nitric oxide generation in rats. *Toxicol Ind Health*, 27, 899–910.
- Al-Ghoul, A. M., & Al-Qataisheh, B. K. (2023). Chemical composition and antioxidant activity of essential oil from fresh and dried leaves of *Echinops adenocaulos* Boiss. from Jordan. *Jordan J Chem*, 18, 163–169.
- Al-Hmadi, H., Mokni, R. E. I., Joshi, R. K., Ashour, M. L., & Hammami, S. (2021). The impact of geographical location on the chemical compositions of *Pimpinella lutea* Desf. growing in Tunisia. *Appl Sci (Switzerland)*, 11, 7739.
- Ali, A. A., Makboul, M. A., Assaf, M. H., & Anton, R. (1987). Essential oil of *Pulicaria undulata* L. growing in Egypt and its effect on animal behaviour. *Bull. Pharma. Sci. Assiut Univ.*, 10, 37–49.
- Ali, N. A. A., Sharopov, F. S., Alhaj, M., Hill, G. M., Porzel, A., Arnold, N., Setzer, W. N., Schmidt, J., & Wessjohann, L. (2012). Chemical composition and biological activity of essential oil from *Pulicaria undulata* from Yemen. *Nat. Prod. Commun.*, 7, 257–260.
- Al-Qudah, M. A., Migdadi, R. S., Mayyas, A. S., Al-Zereini, W. A., Al-Dalahmeh, Y., Abu Orabi, F. M., Bataineh, T. T., & Abu-Orabi, S. T. (2022). Chemical composition, cytotoxicity and antioxidant activity of the essential oil from flower buds and leaves of the *Pulicaria incisa* (Lam.) DC and *Pulicaria crispa* (Forskel) Oliver. *J. Essent. Oil-Bearing Plants*, 25, 758–772.
- Alreshidi, M., Abdulhakeem, M. A., Badraoui, R., Amato, G., Caputo, L., De Martino, L., Nazzaro, F., Fratianni, F., Formisano, C., De Feo, V., & Snoussi, M. (2023). *Pulicaria incisa* (Lam.) DC. as a potential source of antioxidant, antibacterial, and anti-enzymatic bioactive molecules: Phytochemical constituents, in vitro and in silico pharmacological analysis. *Molecules*, 28, 7439.
- Alsaud, N., & Farid, M. (2020). Insight into the influence of grinding on the extraction efficiency of selected bioactive compounds from various plant leaves. *Applied Sciences*, 10(18), 6362.
- Alvarez-Ossorio, C., Orive, M., Sanmartín, E., Alvarez-Sabatel, S., Labidi, J., Zufia, J., & Bald, C. (2022). Composition and techno-functional properties of grape seed flour protein extracts. *ACS Food Science & Technology*, 2, 125–135.
- Alves, F. A. R., de Moraes, S. M., Sobrinho, A. C. N., da Silva, I. N. G., Martins, C. G., Silva, A. A. S., & Fontenelle, R. O. S. (2018). Chemical composition, antioxidant and antifungal activities of essential oils and extracts from *Plectranthus* spp. against dermatophytes fungi. *Rev Bras Saude Prod Anim*, 19, 105–115.
- Alves-Silva, J., Guerra, I., Gonçalves, M., Cavaleiro, C., Cruz, M., Figueirinha, A., & Salgueiro, L. (2020). Chemical composition of *Crithmum maritimum* L. essential oil and hydrodistillation residual water by GC-MS and HPLC-DAD MS/MS, and their biological activities. *Ind Crops Prod*, 149, 112329.
- Ameer, O. Z., Salman, I. M., Asmawi, M. Z., Ibraheem, Z. O., & Yam, M. F. (2012). *Orthosiphon stamineus*: Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology. *J. Med. Food*, 15, 678–690.

- Amer, M. M. A., Ramadan, M. F., & Abd El-Gleel, W. (2007). Impact of *Pulicaria incisa*, *Diploaxis harra* and *Avicennia marina* as hypocholesterolemic agent. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 103, 320–327.
- Amin, H. I. M., Abdoulrahman, K., Sadraddin, A. S., Smail, H. A., Jawhar, Z. H., Dilawer Issa, K., Armijos, C., & Vidari, G. (2023). Chemical composition and in vitro evaluation of antioxidant and antiproliferative effects of volatile oils hydrodistilled from *Onobrychis carduchorum* C.C. Towns., a Kurdish traditional plant. *Plants*, 12, 3013.
- Amirahmadi, A., Kazempour-Osaloo, S., Kaveh, A., Maassoumi, A. A., & Naderi, R. (2016). The phylogeny and new classification of the genus *Onobrychis* (Fabaceae-Hedysareae): Evidence from molecular data. *Plant Syst Evol*, 302, 1445–1456.
- Amiri, M. S., Joharchi, M. R., Nadaf, M., & Nasseh, Y. (2020). Ethnobotanical knowledge of *Astragalus* spp.: The world's largest genus of vascular plants. *Avicenna J Phytomed*, 10, 128–142.
- Amjad, M. S., Zahoor, U., Bussmann, R. W., Altaf, M., Gardazi, S. M. H., & Abbasi, A. M. (2020). Ethnobotanical survey of the medicinal flora of Harigal, Azad Jammu & Kashmir, Pakistan. *J Ethnobiol Ethnomed*, 16, 65.
- Ammar, S., Noui, H., Djamel, S., Madani, S., Maggi, F., Bruno, M., Romano, D., Canale, A., Pavela, R., & Benelli, G. (2020). Essential oils from three Algerian medicinal plants (*Artemisia campestris*, *Pulicaria arabica* and *Saccocalyx satureioides*) as new botanical insecticides? *Environ Sci Poll Res*, 27, 26594–26604.
- Amoah, I., Taarji, N., Johnson, P.-N. T., Barrett, J., Cairncross, C., & Rush, E. (2020). Plant-based food by-products: Prospects for valorisation in functional bread development. *Sustainability*, 12(18), 7785.
- Anastas, P. T., & Eghbali, N. (2010). Green chemistry: Principles and practice. *Chemical Society Reviews*, 39(1), 301–312.
- Andersen, O.M. and Jordheim, M. (2006) The Anthocyanins. In: Andersen, O.M. and Markham, K.R., Eds., *Flavonoids Chemistry, Biochemistry and Applications*, CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton, 471-551.
- Andrés, A. I., Petron, M. J., Delgado Adámez, J., Lopez, M., & Timon, M. (2017). Effect of tomato pomace extracts on the shelf life of modified atmosphere packaged lamb meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13018.
- Anisa, H., Sukmawardani, Y., & Windayani, N. (2019). A simple formulation of lip balm using carrot extract as a natural coloring agent. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402, 055070.
- Aourahoum, K., Aissaoui, M., Fazouane, F., Larit, F., Chalard, P., Chalchat, J. C., Figueredo, G., Benayache, F., & Benayache, S. (2013). Essential oil of *Cytisus triflorus* L'Hér. *Der Pharm Let*, 5, 276–279.
- Ariwaodo, C. A., & Olaniyan, O. F. (2024). Fleshy fruit waste and the green chemistry of its conversion to valuable products for humans and animals. *Food Chemistry Advances*, 4, 100634.
- Arnold, A., Bellomaria, B., Valentini, G., Yanniou, C., & Arnold, H. J. (1993b). Etude anatomique et phytochimique de *Nepeta troodi* Holmboe (Labiées) endémique de Chypre. *Plant Med Phytother*, 24, 52–63.
- Arnold, A., Valentini, G., Bellomaria, B., & Arnold, H. J. (1993a). Contribution à l'étude chimique de l'huile essentielle de *Nepeta parnassica* Heldr. & Sart. ex Boiss. *Plant Med Phytother*, 24, 149–157.
- Arnold, N., Baydoun, S., Chalak, L., & Raus, T. (2015). A contribution to the flora and ethnobotanical knowledge of Mount Hermon, Lebanon. *Fl Medit*, 25, 13–55.

- Arora, D., Rani, A., & Sharma, A. (2013). A review on phytochemistry and ethnopharmacological aspects of genus *Calendula*. *Pharmacognosy Rev.*, 7, 179–187.
- Arumugam, G., Swamy, M. K., & Sinniah, U. R. (2016). *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: Botanical, phytochemical, pharmacological and nutritional significance. *Molecules* (Basel, Switzerland), 21(4), 369.
- Aschemann-Witzel, J., & Peschel, A. O. (2019). How circular will you eat? The sustainability challenge in food and consumer reaction to either waste-to-value or yet underused novel ingredients in food. *Food Quality and Preference*, 77, 15–20.
- Asghari, G., Zahabi, F., Eskandarian, A., Yousefi, H., & Asghari, M. (2014). Chemical composition and leishmanicidal activity of *Pulicaria gnaphalodes* essential oil. *Res J Pharmacogn.*, 1, 27–33.
- Askari, F., Sefidkon, F., & Mozafarian, V. (2005a). Essential oil composition of *Pimpinella aurea* D.C. from Iran. *Flavour Fragr J.*, 20, 115–117.
- Askari, F., & Sefidkon, F. (2005b). Volatile components of *Pimpinella tragiium* Vill. from Iran. *Iran J Pharm Res.*, 4, 117–120.
- Askari, F., & Sefidkon, F. (2007). Essential oil composition of *Pimpinella tragioides* (Boiss.) Benth. et Hook. from Iran. *J Essent Oil Res.*, 19, 54–56.
- Assadian, F., Masoudi, S., Nematollahi, F., Rustaiyan, A., Larijani, K., & Mazloomifar, H. (2005). Volatile constituents of *Xanthogalum purpurascens* Ave-Lall., *Eryngium caeruleum* M.B., and *Pimpinella aurea* DC.: Three Umbelliferae herbs growing in Iran. *J Essent Oil Res.*, 17(3), 243–245.
- Assadian, F., Masoudi, S., Nematollahi, F., Rustaiyan, A., Larijani, K., & Mazloomifar, H. (2005). Volatile constituents of *Xanthogalum purpurascens* Ave-Lall., *Eryngium caeruleum* M.B., and *Pimpinella aurea* DC.: Three Umbelliferae herbs growing in Iran. *J Essent Oil Res.*, 17(3), 243–245.
- Atia, A., Barhoumi, Z., Mokded, R., Abdelly, C., & Smaoui, A. (2011). Environmental ecophysiology and economical potential of the halophyte *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae). *J Med Plants Res.*, 5, 3564–3571.
- Avato, P., & Tava, A. (1995). Acetylenes and terpenoids of *Bellis perennis*. *Phytochemistry*, 40, 141–147.
- Ávila, F. N., Pinto, F. C. L., Sousa, T. S., Torres, M. C. M., Costa-Lotufo, L. V., Rocha, D. D., De Vasconcelos, M. A., Cardoso-Sá, N., Teixeira, E. H., Albuquerque, M. R. J. R., & Silveira, E. R., Pessoa, O. D. L. (2017). Miscellaneous diterpenes from the aerial parts of *Plectranthus ornatus* Codd. *J Braz Chem Soc.*, 28, 1014–1022.
- Awad, A. M., Kumar, P., Ismail Fitry, M. R., Jusoh, S., Ab Aziz, M. F., & Sazili, A. Q. (2021). Green extraction of bioactive compounds from plant biomass and their application in meat as natural antioxidant. *Antioxidants* (Basel), 10(9), 1465.
- Aydin, E., Hritcu, L., Dogan, G., Hayta, S., & Bagci, E. (2016). The effects of inhaled *Pimpinella peregrina* essential oil on scopolamine-induced memory impairment, anxiety, and depression in laboratory rats. *Mol Neurobiol.*, 53, 6557–6567.
- Aziz, Z. A. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Karakucuk, A., Azim, M. M., Lokhat, D., & Ashraf, G. M. (2018). Essential oils: Extraction techniques, pharmaceutical and therapeutic potential – a review. *Current Drug Metabolism*, 19(13), 1100–1110.

- Azizan, N., Mohd Said, S., Abidin, Z. Z., & Jantan, I. (2017). Composition and antibacterial activity of the essential oils of *Orthosiphon stamineus* Benth and *Ficus deltoidea* Jack against pathogenic oral bacteria. *Molecules*, 22, 2135.
- Badalamenti, N., Ilardi, V., Rosselli, S., Bruno, M., Maggi, F., Leporini, M., Falco, T., Loizzo, M. R., & Tundis, R. (2020). *Ferulago nodosa* subsp. *geniculata* (Guss.) Troia & Raimondo: Isolation of essential oil and evaluation of its bioactivity. *Molecules*, 25(15), 3249.
- Badalamenti, N., Rosselli, S., Zito, P., & Bruno, M. (2021a). Phytochemical profile and insecticidal activity of *Drimys panchratium* (Asparagaceae) against adults of *Stegobium paniceum* (Anobiidae). *Natural Product Research*, 35(26), 4468–4478.
- Badalamenti, N., Russi, S., Bruno, M., Maresca, V., Vaglica, A., Ilardi, V., Zanfardino, A., Di Napoli, M., Varcamonti, M., & Cianciullo, P. (2021b). Dihydrophenanthrenes from a Sicilian accession of *Himantoglossum robertianum* (Loisel.) P. Delforge showed antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activities. *Plants*, 10(12), 2776.
- Badalamenti, N., Ilardi, V., Rosselli, S., & Bruno, M. (2021c). The ethnobotany, phytochemistry and biological properties of genus *Ferulago* – A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 274, 114050.
- Badalamenti, N., Modica, A., Ilardi, V., Bruno, M., Maresca, V., Zanfardino, A., Di Napoli, M., Castagliuolo, G., Varcamonti, M., & Basile, A. (2022). *Daucus carota* subsp. *maximus* (Desf.) Ball from Pantelleria, Sicily (Italy): Isolation of essential oils and evaluation of their bioactivity. *Natural Product Research*, 36(23), 5842–5847.
- Badalamenti, N., Di Napoli, M., Castagliuolo, G., Varcamonti, M., Bruno, M., & Zanfardino, A. (2023). The biological properties of the essential oil from the Jordan accession of *Phagnalon sinaicum* Bornm. & Kneuck. *Plants*, 12, 4007.
- Baginska, S., Golonko, A., Swislocka, R., & Lewandowski, W. (2023). Monoterpenes as medicinal agents: Exploring the pharmaceutical potential of p-cymene, p-cymenene, and γ -terpinene. *Acta Pol Pharm.*, 80, 879–892.
- Bailey, C. P., & von Holy, A. (1993). *Bacillus* spore contamination associated with commercial bread manufacture. *Food Microb.*, 10, 287–294.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils — a review. *Food Chem. Toxicol.*, 46, 446–475.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.
- Bakr, R. O., Shahat, E. A., Elissawy, A. E., Fayez, A. M., & Eldahshan, O. A. (2021). Evaluation of the hepatoprotective activity of *Pulicaria incisa* subspecies *candolleana* and in silico screening of its isolated phenolics. *J. Ethnopharmacol.*, 271, 113767.
- Bakthir, H., Ali, N. A. A., Arnold, N., Teichert, A., & Wessjohann, L. (2011). Anticholinesterase activity of endemic plant extracts from Soqotra. *Afr J Trad Complement Altern Med.*, 8, 296–299.
- Baliza, I. R. S., Silva, S. L. R., Santos, L. S., Neto, J. H. A., Dias, R. B., Sales, C. B. S., Rocha, C. A. G., Soares, M. B. P., Batista, A. A., & Bezerra, D. P. (2019). Ruthenium complexes with piplartine cause apoptosis through MAPK signaling by a p53-dependent pathway in human colon carcinoma cells and inhibit tumor development in a xenograft model. *Frontiers in Oncology*, 9, 582.

- Balzan, S., Taticchi, A., Cardazzo, B., Urbani, S., Servili, M., Di Lecce, G., Zabalza, I. B., Rodriguez Estrada, M. T., Novelli, E., & Fasolato, L. (2017). Effect of phenols extracted from a by product of the oil mill on the shelf life of raw and cooked fresh pork sausages in the absence of chemical additives. *LWT – Food Science and Technology*, 85, 89–95.
- Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M. L., Christensen, H., Fašmon Durjava, M., Kouba, M., López-Alonso, M., López Puente, S., Marcon, F., Mayo, B., Pechová, A., Petkova, M., Ramos, F., Sanz, Y., Villa, R. E., Woutersen, R., Brantom, P., Chesson, A., Westendorf, J., Manini, P., Pizzo, F., & Dusemund, B. (2022). Scientific opinion on the safety and efficacy of a feed additive consisting of an essential oil from the aerial parts of *Anethum graveolens* L. (dill herb oil) for use in dogs and cats (FEFANA asbl). *EFSA J*, 20, 7689.
- Banasiak, Ł., Wojewódzka, A., Baczyński, J., Reduron, J.-P., Piwczyński, M., Kurzyńska-Młynik, R., Gutaker, R., Czarnocka-Cieciura, A., Kosmala-Grzechnik, S., & Spalik, K. (2016). Phylogeny of Apiaceae subtribe Daucinae and the taxonomic delineation of its genera. *Taxon*, 65, 563–585.
- Barba-Ostria, C., Carrera Pacheco, S. E., Gonzalez Pastor, R., Heredia Moya, J., Mayorga Ramos, A., Rodríguez Pólit, C., Zúñiga Miranda, J., Arias Almeida, B., & Guamán, L. P. (2022). Evaluation of biological activity of natural compounds: Current trends and methods. *Molecules*, 27(14), 4490.
- Barboza, G. E., Cantero, J. J., Nuñez, C., Pacciaroni, A., & Ariza Espinar, L. (2009). Medicinal plants: A general review and a phytochemical and ethnopharmacological screening of the native Argentine flora. *Kurtziana*, 34(1–2), 7–365.
- Bartolucci, F., Peruzzi, L., Galasso, G., Albano, A., Alessandrini, A., Ardenghi, N. M. G., Astuti, G., Bacchetta, G., et al. (2018). An updated checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosystems*, 152, 179–303.
- Bartolucci, F., Peruzzi, L., Galasso, G., Alessandrini, A., Ardenghi, N. M. G., Bacchetta, G., Banfi, E., Barberis, G., Bernardo, L., Bouvet, D., et al. (2024). A second update to the checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosyst.*, 158, 219–296.
- Başer, K. H. C., Özek, T., & Aytaç, Z. (2000a). Essential oil of *Hippomarathrum boissieri* Reuter et Hausskn. *J Essent Oil Res.*, 12(2), 231–232.
- Basile, S., Badalamenti, N., Riccobono, O., Guarino, S., Ilardi, V., Bruno, M., & Peri, E. (2022). Chemical composition and evaluation of insecticidal activity of *Calendula incana* subsp. *maritima* and *Laserpitium siler* subsp. *siculum* essential oils against stored products pests. *Molecules*, 27, 588.
- Bassolé, I. H. N., & Juliani, H. R. (2012). Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, 17, 3989–4006.
- Basu, N. K., & Sing, H. (1956). Investigation of *Orthosiphon pallidus* Royle I. Preliminary chemical study and isolation of Orthosiphonol. *J. Am. Pharm. Assoc.*, 9, 595–598.
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45, 493–496.
- Baydar, N. G., & Murat, A. (2001). Oil content and oil quality properties of some grape seeds. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25(3), Article 3. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol25/iss3/3>
- Baytop, T. (2000). Therapy with medicinal plants in Turkey, past and present (Vol. 1). Istanbul University Publication, p. 312.

- Bazan, G., Marino, P., Guarino, R., Domina, G., & Schicchi, R. (2015). Bioclimatology and vegetation series in Sicily: A geostatistical approach. In *Proceedings of the Annales Botanici Fennici* (Vol. 52, pp. 1–18).
- Beers, R. F., & Sizer, I. W. (1952). A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. *Journal of Biological Chemistry*, 195, 133–140.
- Belabbes, R., Mami, I. R., Dib, M. E. A., Mejdoub, K., Tabti, B., Costa, J., & Muselli, A. (2020). Chemical composition and biological activities of essential oils of *Echinops spinosus* and *Carlina vulgaris* rich in polyacetylene compounds. *Curr Nutr Food Sci*, 16, 563–570.
- Bellakhdar, J. (1997). Contribution à l'étude de la pharmacopée traditionnelle au Maroc: la situation actuelle, les produits, les sources du savoir (Doctoral thesis). University of Metz, France.
- Bellakhdar, J. (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Editions Le Fennec, Casablanca / Ibis Press, Paris.
- Belwal, T., Cravotto, G., Prieto, M. A., Venskutonis, P. R., Daglia, M., Devkota, H. P., Baldi, A., Ezzat, S. M., Gómez Gómez, L., Salama, S. S., Campone, L., Rastrelli, L., Echave, J., Jafari, S. M., & Cravotto, G. (2022). Effects of different drying techniques on the quality and bioactive compounds of plant based products: A critical review on current trends. *Drying Technology*, 40(8), 1539–1561.
- Ben Ismail, H. (2013). Edible wild vegetables used in North West of Tunisia. *Indian J Res*, 2, 9-11.
- Benabderrahmane, W., Amrani, A., Benaissa, O., Lores, M., Lamas, J. P., de Miguel, T., Benayache, F., & Benayache, S. (2020). Chemical constituents, in vitro antioxidant and antimicrobial properties of ethyl acetate extract obtained from *Cytisus triflorus* L'Her. *Nat Prod Res.*, 34, 1586–1590.
- Benarba, B., Belabid, L., Righi, K., Amine Bekkar, A., Elouissi, M., Khaldi, A., & Hamimed, A. (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants used by traditional healers in Mascara (North West of Algeria). *J Ethnopharmacol.*, 175, 626–637.
- Bendiabdellah, A., El Amine Dib, M., Djabou, N., Allali, H., Tabti, B., Muselli, A., & Costa, J. (2012). Biological activities and volatile constituents of *Daucus muricatus* L. from Algeria. *Chem Central J.*, 6, 48.
- Bendiabdellah, A., El Amine Dib, M., Djabou, N., Hassani, F., Paolini, J., Tabti, B., Costa, J., & Muselli, A. (2014). *Daucus carota* ssp. *hispanicus* Gouan. essential oils: Chemical variability and fungitoxic activity. *J Essent. Oil Res.*, 26, 427–440.
- Benhouhou, S. (2005). *Pulicaria incisa*. In *A Guide to Medicinal Plants in North Africa*. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga, Spain. (dati originali: 2005).
- Benjamin, M. A. Z., Ng, S. Y., Saikim, F. H., & Rusdi, N. A. (2022). The effects of drying techniques on phytochemical contents and biological activities on selected bamboo leaves. *Molecules*, 27(19), 6458.
- Berenbaum, M. R. (1990). Evolution of specialization in insect–umbellifer associations. *Annual Review of Entomology*, 35, 319–343.
- Berihun, T., & Molla, E. (2017). Study on the diversity and use of wild edible plants in Bullen District Northwest Ethiopia. *Journal of Botany*, 2017, 8383468.
- Bernard, C. (2001). Essential oils of three *Angelica* L. species growing in France. Part II: Fruit oils. *J Essent Oil Res.*, 13, 260–263.
- Bernardini, S., Tiezzi, A., Laghezza Masci, V., & Ovidi, E. (2018). Natural products for human health: An historical overview of the drug discovery approaches. *Natural Product Research*, 32(16), 1926–1950.

- Beshko, N. P., Gella, E. V., Litvinenko, V. I., & Kovalev, I. P., Gordienko, V. G. (1975). Flavonoids of the roots of *Scutellaria altissima*. *Chem Nat Comp.*, 11, 533–534.
- Bessada, S. M. F., Barreira, J. C. M., & Oliveira, M. B. P. P. (2015). Asteraceae species with most prominent bioactivity and their potential applications: A review. *Industrial Crops and Products*, 76, 604–615.
- Bianchini, F., Corbetta, F., & Pistoia, M. (1976). *The fruits of the earth*. Littlehampton Book Services Ltd. ISBN 0304294829.
- Bigdeli, M., Rustaiyan, A., & Masoudi, S. (2004). Composition of the essential oil of *Torilis arvensis* (Huds.) Link. from Iran. *J Essent Oil Res.*, 16, 526–527.
- Bisht, D., Bhatt, V., Arya, R.K.K., Yadav, S., Kumar, D., Singh, S.P. and Upadhyay, S.K. (2024). Plants Based Nutraceuticals. In *Herbal Nutraceuticals* (eds S.K. Upadhyay and S.P. Singh).
- Bitew, H., & Hymete, A. (2019). The Genus *Echinops*: Phytochemistry and Biological Activities: A Review. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 1234.
- Bodoira, R. M., Penci, M. C., Ribotta, P. D., & Martinez, M. L. (2017). Chia (*Salvia hispanica* L.) oil stability: Study of the effect of natural antioxidants. *LWT*, 75, 107–113.
- Boericke, W. (1998). *Pocket Manual of Homoeopathic Material Medica*. B. New Delhi: Jain Publishers Pvt. Ltd., p. 156–183.
- Bonanno, G., & Veneziano, V. (2016). New insights into the distribution patterns of Mediterranean insular endemic plants: the Sicilian islands group. *Flora*, 224, 230–24.
- Bordiga, M., Travaglia, F., Locatelli, M., Arlorio, M., & Coisson, J. D. (2015). Spent grape pomace as a still potential by-product. *International Journal of Food Science & Technology*, 50, 2022–2031.
- Bossard, C., Randall, M., & Hoshovsky, M. (2000). *Invasive Plants of California's Wildlands*. Los Angeles: University of California Press Ltd., 145–149.
- Bouayad Alam, S., Gaouar Benyelles, N., El Amine Dib, M., Djabou, N., Tabti, L., Paolini, J., Muselli, A., & Costa, J. (2014). Antifungal activity of essential oils of three aromatic plants from western Algeria against five fungal pathogens of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *J Appl Bot Food Qual.*, 87, 56–61.
- Bouderdara, N., Elomri, A., Djarri, L., Medjroubi, K., Seguin, E., & Vérité, P. (2011). Chemical composition of the essential oil of *Cachrys libanotis* from Algeria. *Nat Prod Commun.*, 6(1), 115–117.
- Bouzabata, A., Mahomoodally, F., & Tuberoso, C. (2018). Ethnopharmacognosy of *Echinops spinosus* L. in North Africa: a mini review. *J Compl Med Res.*, 8, 40–52.
- Bouziane, A., Bakchiche, B., Dias, M. I., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R., AlSalamat, H. A., & Bardaweel, S. K. (2018). Phenolic compounds and bioactivity of *Cytisus villosus* Pourr. *Molecules*, 23, 1994.
- Bown, D. (1995). *Encyclopaedia of herbs and their uses*. Dorling Kindersley. ISBN 0-7513-0203-1
- Bown, D. (1995). *Encyclopedia of herbs and their uses*. Dorling Kindersley.
- Bozan, et al. (2008). Study of polyphenol content in the seeds of red grape (*Vitis vinifera* L.) varieties cultivated in Turkey and their antiradical activity. *Food Chem.*, 109, 426–430.
- Bozell, J. J., & Petersen, G. R. (2010). Technology development for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates—The US Department of Energy's "Top 10" revisited. *Green Chemistry*, 12(4), 539–554.

- Bozov, P. I., & Coll, J. (2015). Neo-clerodane diterpenoids from *Scutellaria altissima*. *Nat Prod Commun.*, 10, 13–16.
- Bozov, P. I., & Georgieva, Y. P. (2017). Antifeedant activity of neo-clerodane diterpenoids from *Scutellaria altissima* against Colorado potato beetle larvae. *Nat Prod Commun.*, 12, 327–328.
- Brullo, S., & Scelsi, F., & Spampinato, G. (1998). Considerazioni sintassonomiche sulla vegetazione perenne pioniera dei substrati incoerenti dell'Italia meridionale e Sicilia. *Itinera Geobotanica*, 11, 403–424.
- Brullo, S., Cormaci, A., Giusso del Galdo, G., Guarino, R., Minissale, P., Siracusa, G., & Spampinato, G. (2005). A syntaxonomical survey of the Sicilian dwarf shrub vegetation belonging to the class Rumiciastragaletea siculi. *Ann Bot.*, 5, 57–104.
- Brundtland, G.H. (1987) Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Geneva
- Bruno, M., Piozzi, F., & Rosselli, S. (2002a). Natural and hemisynthetic neoclerodane diterpenoids from *Scutellaria* and their antifeedant activity. *Nat Prod Rep.*, 19, 357–378.
- Bruno, M., Piozzi, F., Maggio, A., & Simmonds, M. S. J. (2002b). Antifeedant activity of neoclerodane diterpenoids from two Sicilian species of *Scutellaria*. *Biochem Syst Ecol.*, 30, 793–799.
- Bruno, M., Piozzi, F., Rodríguez, B., De La Torre, M. C., Vassallo, N., & Servettaz, O. (1996). Neo-clerodane diterpenoids from *Scutellaria altissima* and *S. albidula*. *Phytochemistry*, 42, 1059–1064.
- Bruno, M., Vassallo, N., & Simmonds, M. S. J. (1999). A diterpenoid with antifeedant activity from *Scutellaria rubicunda*. *Phytochemistry*, 50, 973–976.
- Brunori, G., Malandrin, V., & Rossi, A. (2016). Trade off or convergence? The role of food security in the evolution of food discourse in Italy. *Journal of Rural Studies*, 44, 93–101.
- Bunse, M., Daniels, R., Gründemann, C., Heilmann, J., Kammerer, D. R., Keusgen, M., Lindequist, U., Melzig, M. F., Morlock, G. E., Schulz, H., et al. (2022). Essential oils as multicomponent mixtures and their potential for human health and well-being. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 956541.
- Bustamante, M. A., Moral, R., Paredes, C., Pérez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., & Pérez-Murcia, M. D. (2008). Agrochemical characterisation of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry. *Waste Management*, 28, 372–380.
- Cabrera, C., Artacho, R., & Giménez, R. (2006). Beneficial effects of green tea—a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(2), 79–99.
- Cajka, T., Riddellova, K., Klimankova, E., Cerna, M., Pudil, F., & Hajslova, J. (2010). Traceability of olive oil based on volatiles pattern and multivariate analysis. *Food Chem.*, 121, 282–289.
- Cakilcioglu, U., & Turkoglu, I. (2010). An ethnobotanical survey of medicinal plants in Sivrice (Elazığ-Turkey). *J Ethnopharmacol.*, 132, 165–175.
- Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Ciric, A., Barreira, J. C. M., Soković, M., Oliveira, M. B. P. P., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Development of a functional dairy food: Exploring bioactive and preservation effects of chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Journal of Functional Foods*, 16, 114–124.
- Calixto, J. B., Santos, A. R., Cechinel Filho, V., & Yunes, R. A. (1998). A review of the plants of the genus *Phyllanthus*: Their chemistry, pharmacology, and therapeutic potential. *Medicinal Research Reviews*, 18(4), 225–258.

- Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M., & Nicoli, M. C. (2016). Shelf-life Assessment of Food Undergoing Oxidation-A Review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(11), 1903–1912.
- Camejo-Rodrigues, J., Ascensão, L., Bonet, M. À., & Vallès, J. (2003). An ethnobotanical study of medicinal and aromatic plants in the Natural Park of "Serra de São Mamede" (Portugal). *J Ethnopharmacol.*, 89, 199–209.
- Campinho, A., Alves, J., Martins, R., Vieira, M., Grosso, C., & Delerue-Matos, C. (2023). Exploring the antiradical potential of species from Lamiaceae family: Implications for functional food development in the context of neurodegenerative and neuropsychiatric diseases. *Biological Life Sciences Forum*, 26, 33.
- Canli, K., Yetgin, A., Akata, I., & Altuner, E. M. (2016). In vitro antimicrobial activity of *Angelica sylvestris* roots. *Int J Biol Sci.*, 1, 1–7.
- Carbonnier, J., & Molho, D. (1982). Furocoumarins in *Archangelica officinalis* and *Angelica silvestris*. Distribution of 5- β -cyclohexandulyloxy-5 psoralene. *Planta Med.*, 44, 162–165.
- Casiglia, S., Riccobono, L., Bruno, M., & Senatore, F. (2016). Chemical composition of the essential oil from *Pulicaria vulgaris* var. *graeca* (Sch.-Bip.) Fiori (Asteraceae) grown wild in Sicily and its antimicrobial activity. *Nat Prod Res.*, 30, 259–267.
- Castagliuolo, G., Di Napoli, M., Vaglica, A., Badalamenti, N., Antonini, D., Varcamonti, M., Bruno, M., & Zanfardino, A. (2023). *Thymus richardii* subsp. *nitidus* (Guss.) Jals essential oil: An ally against oral pathogens and mouth health. *Molecules*, 28, 4803.
- Castriotta, G., & Canella, M. (1978). Protein classification and nitrogen extractability of grape seed meal. *J Agric Food Chem.*, 26, 763–765.
- Catalano, A., Iacopetta, D., Ceramella, J., Maio, A. C., Basile, G., Giuzio, F., Bonomo, M. G., Aquaro, S., Walsh, T. J., Sinicropi, M. S., Saturnino, C., Geronikaki, A., & Salzano, G. (2022). Are Nutraceuticals Effective in COVID-19 and Post-COVID Prevention and Treatment? *Foods* (Basel, Switzerland), 11(18), 2884.
- CBD. (1992). Convention on Biological Diversity. United Nations. <https://www.cbd.int>
- Cetin-Karaca, H., & Newman, M. C. (2015). Antimicrobial efficacy of plant phenolic compounds against *Salmonella* and *Escherichia coli*. *Food Bioscience*, 11, 8–16.
- Cetkovic, G. S., Djilas, S. M., Canadanovic-Brunet, J. M., & Tumbas, V. T. (2004). Antioxidant properties of marigold extracts. *Food Res Int.*, 37, 643–650.
- Cha, H. D., Roh, G. H., Helser, S. P., Wallingford, A., Stockton, D. G., Park, S. K., & Loeb, G. M. (2021). 2-Pentylfuran: a novel repellent of *Drosophila suzukii*. *Pest Manag Sci.*, 77, 1757–1764.
- Chaib, F., Allali, H., Bennaceur, M., & Flamini, G. (2017). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from the aerial parts of *Asteriscus graveolens* (Forssk.) Less. and *Pulicaria incisa* (Lam.) DC.: two Asteraceae herbs growing wild in the Hoggar. *Chem Biodiv.*, 14, e1700092.
- Chakka, A. K., & Babu, A. S. (2022). Bioactive compounds of winery by-products: Extraction techniques and their potential health benefits. *Applied Food Research*, 2(1), 100058.
- Chakrabartty, I., Mohanta, Y. K., Nongbet, A., Mohanta, T. K., Mahanta, S., Das, N., Saravanan, M., & Sharma, N. (2022). Exploration of Lamiaceae in cardiovascular diseases and functional foods: Medicine as food and food as medicine. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 894814.
- Chalannavar, R. K., Narayanaswamy, V. K., Baijnath, H., & Odhav, B. (2013). Chemical constituents of the essential oil from leaves of *Psidium cattleianum* var. *cattleianum*. *J Med Plants Res.*, 7, 783–789.



- Chalchat, J. C., Garry, R. P., & Michet, A. (1991). Chemical composition of essential oil of *Calendula officinalis* L. Flavour Fragr J., 6, 189–192.
- Chamizo-González, F., et al. (2022). Proteomic and computational characterisation of 11S globulins from grape seed flour by-product and its interaction with malvidin 3-glucoside by molecular docking. Food Chem., 386, 132842.
- Chandrasekhar, K., Kapoor, J., & Anishetty, S. (2012). A prospective, randomized double-blind, placebo-controlled study of safety and efficacy of a high-concentration full-spectrum extract of *Ashwagandha* root in reducing stress and anxiety. Indian Journal of Psychological Medicine, 34(3), 255–262.
- Chaudhury, G., Basumatari, M., Darji, C. B., Ahmed, A. F., Borah, D., Sah, R. K., Devi, A., Hazarika, N., & Dutta, G. (2021). Economic significance of wild bioresources to rural communities in the Eastern Himalayan state of Assam, Northeast India. Trees, Forests and People, 5, 100102.
- Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: Concept and principles. International Journal of Molecular Sciences, 13(7), 8615–8627.
- Chen, B., & Qiu, Z. (2012). Consumers' attitudes towards edible wild plants: A case study of Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture, Japan. International Journal of Forestry Research, 2012, 872413.
- Chen, J., Xu, X. J., Fang, Y. H., Li, S., & Zhang, Y. L. (2013). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil from the aerial parts of *Torilis japonica*. J Essent Oil-Bear Plants., 16, 499–505.
- Chen, Y., Wen, J., Deng, Z., Pan, X., Xie, X., & Peng, C. (2020). Effective utilization of food wastes: Bioactivity of grape seed extraction and its application in food industry. Journal of Functional Foods, 73, 104113.
- Chen, Y., Yang, L., Lee, T. J., & Wu, T. S. (2019). The pharmacological activities and phytochemical profiles of *Crithmum maritimum* L.: a comprehensive review. Biomed Pharmacother., 109, 595–609.
- Chiej, R. (1984). Encyclopaedia of medicinal plants. MacDonald. ISBN 0-356-10541-5
- Chizzola, R. (2010). Composition of the essential oil from *Daucus carota* ssp. *carota* growing wild in Vienna. J Essent Oil Res., 13(1), 12–19.
- Chizzola, R. (2010). Essential oil composition of wild growing Apiaceae from Europe and the Mediterranean. Nat Prod Commun., 5, 1477–1492.
- Cicek, M., Demirci, B., Yilmaz, G., Ketenoglu, O., & Baser, K. H. C. (2010). Composition of the essential oils of subspecies of *Scutellaria albida* L. from Turkey. J Essent Oil Res., 22, 55–58.
- Cisowski, W. (1985). Furanocoumarins of *Angelica silvestris* L. roots. Pol J Chem., 59, 1149–1152.
- Clemente-Villalba, J., Burló, F., Hernández, F., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2023). Valorization of wild edible plants as food ingredients and their economic value. Foods, 12(5), 1012.
- Clericuzio, M., Hussain, F. H. S., Amin, H. I. M., Bona, E., Gamalero, E., Novello, G., Lappano, R., Talia, M., Maggiolini, M., Bazzicalupo, M., & Cornara, L. (2020). Cytotoxic, anti-bacterial, and wound-healing activity of prenylated phenols from the Kurdish traditional medicinal plant *Onobrychis carduchorum* (Fabaceae). Planta Med Int Open, 07, e106–e113.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche. (2006). Raccolti perduti dell'Africa: Volume II: Verdure (pp. 269–285). Washington, DC: National Academies Press. ISBN 0-309-66582-5
- Conti, F., Abbate, G., Alessandrini, A., & Blasi, C. (2005). An annotated checklist of the Italian vascular flora. Palombi, pp. 1–420.

- Cosme, F., Capão, I., Filipe-Ribeiro, L., Bennett, R., & Mendes-Faia, A. (2012). Evaluating potential alternatives to potassium caseinate for white wine fining: effects on physicochemical and sensory characteristics. *Food Science and Technology*, 46, 382–387.
- Cragg, G. M., & Newman, D. J. (2013). Natural products: A continuing source of novel drug leads. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1830(6), 3670–3695.
- Cragg, G. M., & Pezzuto, J. M. (2016). Natural products as a vital source for the discovery of cancer chemotherapeutic and chemopreventive agents. *Medical Principles and Practice*, 25(Suppl. 2), 41–59.
- Craine, E. B., Makav, M., Dağ, S., Yıldız, A., Eroğlu, H. A., Kuru, B. B., Bektaşoğlu, F., Barriball, S., Schlautman, B., & Şakiroğlu, M. (2024). Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) seed-based diet on rats: A comprehensive evaluation of hemogram, biochemistry, and histopathology. *Food Sci Nutr.*, 12, 4692–4701.
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., & Monforti-Ferrario, F. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 2(3), 198–209.
- Cristofolini, G. (1997). The biodiversity of Leguminosae- Genisteae and its genesis. *Lagascalia*, 19, 121–128.
- Cristofolini, G., & Troia, A. (2006). A reassessment of the sections of the genus *Cytisus* Desf. (Cytiseae, Leguminosae). *Taxon*, 55, 733–746.
- Cubas, P., Tahiri, H., & Pardo, C. (2001). Karyological and taxonomic notes on *Cytisus* Desf. Sect. *Spartopsis* Dumort. and Sect. *Alburnoides* DC. (Genisteae, Leguminosae) from the Iberian Peninsula and Morocco. *Bot J Linn Soc.*, 135, 43–50.
- D'Agostino, G., Giambra, B., Palla, F., Bruno, M., & Badalamenti, N. (2021). The application of the essential oils of *Thymus vulgaris* L. and *Crithmum maritimum* L. as biocidal on two Tholu Bommalu Indian leather puppets. *Plants*, 10(7), 1508.
- da Silva, R. P. F. F., Rocha-Santos, T. A. P., & Duarte, A. C. (2016). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds. *Trends in Analytical Chemistry*, 76, 40–51.
- Dabir, M., & Sefidkon, F. (2003). Chemical composition of the essential oil of *Nepeta racemosa* Lam. from Iran. *Flav Fragr J.*, 18, 157–158.
- Daghbouche, S., Ammar, I., Moalla Rekik, D., Djazouli, Z. E., & Zebib, B., Merah, O. (2020). Effect of phenological stages on essential oil composition of *Cytisus triflorus* L'Her. *J King Saud Univ Sci.*, 32, 2383–2387.
- Dai, S. J., Peng, W. B., Shen, L., Zhang, D. W., & Ren, Y. (2011). New nor-diterpenoid alkaloids from *Scutellaria barbata* with cytotoxic activities. *Nat Prod Res.*, 25, 1019–1024.
- Dall'Acqua, S., Cervellati, R., Loi, M. C., & Innocenti, G. (2008). Evaluation of in vitro antioxidant properties of some traditional Sardinian medicinal plants: Investigation of the high antioxidant capacity of *Rubus ulmifolius*. *Food Chem.*, 106, 745–749.
- Damyeh, M. S., & Niakousari, M. (2017). Ohmic hydrodistillation, an accelerated energy-saver green process in the extraction of *Pulicaria undulata* essential oil. *Ind. Crops Prod.*, 98, 100–107.
- Danin, A., & Fragman-Sapir, O. (2016). Flora of Israel and adjacent areas. <https://flora.org.il/en/plants> Accessed on August 2025.
- Das, A. K., Suresh Kumar, J., & Swamy, P. S. (2015). Larvicidal activity and leaf essential oil composition of three species of genus *Atalantia* from south India. *Int J Mosquito Res.*, 2(3), 25–29.

- Das, A. K., Rajkumar, V., Nanda, P. K., Chauhan, P., Pradhan, S. R., & Biswas, S. (2016). Antioxidant efficacy of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp extract in sheep meat nuggets. *Antioxidants*, 5(2), 16.
- Das, S., Sultana, K. W., & Chandra, I. (2023). In vitro propagation, phytochemistry and pharmacological properties of *Basilicum polystachyon* (L.) Moench (Lamiaceae): A short review. *South African Journal of Botany*, 155, 178–186.
- Dash, V. B., & Kashyap, V. L. (1987). *Materia Medica of Ayurveda based on Ayurveda Saukhyam of Toderananda*. Concept Publishing Company: New Delhi, p. 711.
- Dashtianeh, M., Vatanara, A., Fatemi, S., & Sefidkon, F. (2013). Optimization of supercritical extraction of *Pimpinella affinis* Ledeb. using response surface methodology. *J CO2 Util.*, 3–4, 1–6.
- Davis, E. W. (1995). Ethnobotany: an old practice, a new discipline. In Schultes RE; Reis S von, eds. *Ethnobotany: evolution of a discipline*. Dioscorides Press.
- Davis, S. C., & Perez, R. (2009). Cosmeceuticals and natural products: wound healing. *Clinics in dermatology*, 27(5), 502–506.
- Dawidar, A., Metwally, M., Abou-Elzahab, M., & Abdel-Mogib, M. (1990). Sesquiterpene lactones from *Echinops spinosissimus*. *Pharmazie*, 45, 70–71.
- de Albuquerque, R. L., Silva, M. G. de V., Machado, M. I. L., Matos, F. J. de A., de Moraes, S. M., & Neto, J. S. (2007). Chemical composition and antioxidant activity of *Plectranthus grandis* and *P. ornatus* essential oils from north-eastern Brazil. *Flav Fragr J.*, 22, 24–26.
- de Elguea-Culebras, G. O., Bravo, E. M., & Sánchez-Vioque, R. (2022). Potential sources and methodologies for the recovery of phenolic compounds from distillation residues of Mediterranean aromatic plants: An approach to the valuation of by-products of the essential oil market—A review. *Industrial Crops and Products*, 175, 114261.
- De Lima Franzen, F., Silva, C. S., Pereira, R. F., & dos Santos, R. C. (2020). Potential uses of marigold (*Calendula officinalis*) petals in human nutrition. *Journal of Food Science and Nutrition*, 5(3), 45–53.
- Debouck, D. G. (1994). Beans (*Phaseolus* spp.). In J. E. Hernando Bermejo & J. León (Eds.), *Neglected crops: 1492 from a different perspective* (Vol. 26, *Plants production and protection*, pp. 47–62). Rome: FAO.
- Dekinash, M. F., Abou-Hashem, M. M., Beltagy, A. M., & El-Fiky, F. K. (2019). GC/MS profiling, in-vitro cytotoxic and antioxidant potential of the essential oil of *Pulicaria crispa* (Forssk) growing in Egypt. *Int. J. Pharmacogn. Chinese Med.*, 3, 1–7.
- del Mar Contreras, M., Lama-Munoz, Á., Gutiérrez-Pérez, J. M., Espínola, F., Moya, M., & Castro, E. (2019). Protein extraction from agri-food residues for integration in biorefinery: Potential techniques and current status. *Bioresource Technology*, 280, 459–477.
- Deliza, R., & MacFie, H. J. H. (1996). The generation of sensory expectation by external cues and its effect on sensory perception and hedonic ratings: A review. *Journal of Sensory Studies*, 11(2), 103–128.
- Derbak, L., Badalamenti, N., Rebbas, K., Bendif, H., & Bruno, M. (2024). The chemical composition of the aerial parts' essential oil of *Limonium lobatum* (L.f.) Chaz. growing wild in Algeria. *Nat Prod Res.*
- Derbak, L., Vaglica, A., Badalamenti, N., Porrello, A., Ilardi, V., Rebbas, K., Bendif, H., & Bruno, M. (2023). The chemical composition of the essential oils of two Mediterranean species of Convolvulaceae: *Convolvulus*

- althaeoides* subsp. *tenuissimus* collected in Sicily (Italy) and *Calystegia silvatica* collected in Algeria. Nat Prod Res. Advance online publication.
- Dewanjee, S., Dua, T. K., & Sahu, R. (2013). Potential anti-inflammatory effect of *Leea macrophylla* Roxb. leaves: A wild edible plant. Food and Chemical Toxicology, 59, 514–520.
- Di Lecce, R., Mérindol, N., Pérez, M. G., Karimzadegan, V., Berthou, L., Boari, A., Zidorn, C., Vurro, M., Surico, G., Desgagné-Penix, I., et al. (2022). Biochemical analyses of bioactive extracts from plants native to Lampedusa, Sicily Minor Island. Plants, 11, 3447.
- Di Napoli, M., Badalamenti, N., Castagliuolo, G., Merra, R., Varcamonti, M., Zanfardino, A., Bruno, M., & Sottile, F. (2024a). Chemical composition, antimicrobial, and antioxidant activities of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. mucilage collected in Sicily, Italy. Natural Product Research, 38(23), 4077–4085.
- Di Napoli, M., Castagliuolo, G., Badalamenti, N., Maresca, V., Basile, A., Bruno, M., Varcamonti, M., & Zanfardino, A. (2022). Antimicrobial, antibiofilm, and antioxidant properties of essential oil of *Foeniculum vulgare* Mill. leaves. Plants, 11, 3573.
- Di Napoli, M., Castagliuolo, G., Pio, S., Di Nardo, I., Russo, T., Antonini, D., Notomista, E., Varcamonti, M., & Zanfardino, A. (2024b). Study of the antimicrobial activity of the human peptide SQQ30 against pathogenic bacteria. Antibiotics, 13, 45.
- Di Pietro Fernandes, C., Santana, L. F., dos Santos, J. R., Fernandes, D. S., Hiane, P. A., Pott, A., Freitas, K. d. C., Bogo, D., do Nascimento, V. A., Filiú, W. F. d. O., et al. (2023). Nutraceutical potential of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil in oxidative stress, inflammation, obesity and metabolic alterations. Molecules, 28, 7811.
- Diawara, M. M., Trumble, J. T., Quiros, C. F., & Hansen, R. (1995). Implications of distribution of linear furanocoumarins within celery. J Agric Food Chem., 43, 723–727.
- Dib, M. A., Bendahou, M., Bendiabdellah, A., Djabou, N., Allali, H., Tabti, B., & Paolini, J. (2010). Partial chemical composition and antimicrobial activity of *Daucus crinitus* Desf. extracts. Grasas Aceites, 61, 271–278.
- Djarri, L., Medjroubi, K., Akkal, S., Elomri, A., Seguin, E., & Vérité, P. (2006). Composition of the essential oil of aerial parts of an endemic species of the Apiaceae of Algeria, *Daucus reboudii* Coss. Flavour Fragr J., 21, 647–649.
- Djermane, N., Gherraf, N., Arhab, R., Zellagui, A., & Rebbas, K. (2016). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of *Pulicaria arabica* (L.) Cass. Der Pharm Lett., 8, 1–6.
- Doğan, A., Bulut, G., Tuzlacı, E., & Şenkardes, İ. (2014). A review of edible plants on the Turkish Apiaceae species. İstanbul Ecz. Fak. Derg. / Journal of the Faculty of Pharmacy, Istanbul, 44(2), 251–262.
- Domínguez Lozano, F., Moreno Saiz, J. C., & Sainz Ollero, H. (2003). Rarity and threat relationships in the conservation planning of Iberian flora. Biodiversity and Conservation, 12(9), 1861–1882.
- Dong, M., Cong, B., Yu, S. H., Sauriol, F., Huo, C. H., Shi, Q. W., Gu, Y. C., Zamir, L. O., & Kiyota, H. (2008). Echinopines A and B: sesquiterpenoids possessing an unprecedented skeleton from *Echinops spinosus*. Org Lett., 10, 701–704.
- Drew, D. P., Krichau, N., Reichwald, K., & Simonsen, H. T. (2009). Guaianolides in Apiaceae: perspectives on pharmacology and biosynthesis. Phytochem. Rev., 8, 581–599.

- Duba, K. S., et al. (2015). Supercritical CO extraction of grape seed oil: effect of process parameters on the extraction kinetics. *The Journal of Supercritical Fluids*, 21, 75–86.
- Duke, A. D. (1986). *Handbook of medicinal herb*. CRC Press: Boca Raton, FL, p. 440.
- Duke, J. A. (2002). *Handbook of Medicinal Herbs* (2nd ed.). CRC Press: Boca Raton.
- Dulger, B., & Gonuz, A. (2005). Antimicrobial activity of certain plants used in Turkish traditional medicine. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3: 104-107.
- Dureja, H., Kaushik, D., Gupta, M., Kumar, V., & Lather, V. (2005). Cosmeceuticals: An emerging concept. *Indian Journal of Pharmacology*, 37(3), 155–159.
- Dweck A. C. (2002). Natural ingredients for colouring and styling. *International journal of cosmetic science*, 24(5), 287–302.
- Ebadollahi, A. (2013). Plant essential oils from Apiaceae family as alternatives to conventional insecticides. *Ecologia Balkanica*, 5, 149–172.
- Edris, A. E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytother. Res.*, 21, 308–323.
- Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: Issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in Pharmacology*, 4, 177.
- El Amine Dib, M., Djabou, N., Allali, H., Paolini, J., Tabti, B., Costa, J., & Muselli, A. (2015). Chemical composition of essential oils and hydrosol extracts of *Daucus muricatus* and assessment of its antioxidant activity. *J Herbs, Spices Med Plants*, 21, 23–37.
- El Amine Dib, M., Djabou, N., Desjobert, J. M., Allali, H., Tabti, B., Muselli, A., & Costa, J. (2010). Characterization of volatile compounds of *Daucus crinitus* Desf. Headspace solid phase microextraction as alternative technique to hydrodistillation. *Chem Central J.*, 4, 16–31.
- El Beyrouthy, M., Arnold, N., Delelis-Dusollier, A., & Dupont, F. (2008). Plants used as remedies antirheumatic and antineuralgic in the traditional medicine of Lebanon. *J Ethnopharmacol.*, 120, 315–334.
- El-Kamali, H. H., Yousif, M. O., Ahmed, O. I., & Sabir, S. S. (2009). Phytochemical analysis of the essential oil from the aerial parts of *Pulicaria undulata* (L.) Kostel from Sudan. *Ethnobotanical Leaflet*, 13, 467–471.
- Elmann, A. (2024). *Pulicaria incisa*: A review of its food applications, traditional uses, chemical constituents and biological activities. *Food Bioscience*, 59, 104172.
- Elmann, A., El-Said, H., & El-Gleel, A. (2012). Antioxidant and neuroprotective effects of *Pulicaria incisa* infusion on astrocytes. *Neurochemical Research*, 37(10), 2151–2159.
- Elmann, A., Telerman, A., Erlank, H., Mordechay, S., Rindner, M., Ofir, R., & Kashman, Y. (2013). Protective and antioxidant effects of a chalconoid from *Pulicaria incisa* on brain astrocytes. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2013, 694398.
- El-Moaty, H. I. A. (2016). Chemical constituents of *Echinops spinosissimus* Turra. *Int J Adv Res.*, 4, 1129–1136.
- ElNaker, N. A., Daou, M., Ochsenkühn, M. A., Amin, S. A., Yousef, A. F., & Yousef, L. F. (2021). A metabolomics approach to evaluate the effect of lyophilization versus oven drying on the chemical composition of plant extracts. *Scientific Reports*, 11(1), 22679.
- El-Sabagh, A. O., El-Toumy, S. A., Mounir, R., Farag, M. A., & Mahrous, E. A. (2021). Metabolite profiles of *Pulicaria crispa* and *P. incisa* in relation to their in-vitro/in-vivo antioxidant activity and hepatoprotective

- effect: A comparative mass spectrometry-based metabolomics. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 194, 113804.
- El-Said, H., Ashgar, S. S., Bader, A., Alqathama, A., Halwani, M., Ascrizzi, R., & Flamini, G. (2021). Essential oil analysis and antimicrobial evaluation of three aromatic plant species growing in Saudi Arabia. *Molecules*, 26, 959.
- El-Seedi, H. R., Azeem, M., Khalil, N. S., Sakr, H. H., Khalifa, S. A. M., Awang, K., Saeed, A., Farag, M. A., Al Ajmi, M. F., Pålsson, K., & Borg-Karlson, A. K. (2017). Essential oils of aromatic Egyptian plants repel nymphs of the tick *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). *Exp Appl Acarol.*, 73, 139–157.
- Elseragy, M. A., El-Fishawy, A. M., Fayed, M. A. A., & Younis, I. Y. (2024). An updated review of the ethnopharmacological uses, phytochemistry, and selected biological activities of Genus *Echinops* L. *Egypt J Chem.*, 67, 205–233.
- Ertan Anli, R., & Bayram, M. (2010). Traditional aniseed-flavoured spirit drinks. *Food Rev Int.*, 26, 246–269.
- Euro+Med Plantbase. (n.d.). <https://www.emplantbase.org/home.html>. Accessed on: 10 August 2025.
- European Commission. (2019). The European Green Deal. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>
- European Commission. (2020). A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0381>
- European Commission. (2021). Fit for 55: delivering the EU's 2030 Climate Target. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/fit-55_en
- European Pharmacopoeia. (2020). Determination of essential oils in herbal drugs (10.3; 2.8.12, p. 307).
- Evergetis, E., Koulocheri, S. D., & Haroutounian, S. A. (2015). Exploitation of Apiaceae family plants as valuable renewable source of essential oils containing crops for the production of fine chemicals: Part II. *Ind. Crops Prod.*, 64, 59–67.
- Evergetis, E., Michaelakis, A., & Haroutounian, S. A. (2012). Essential oils of Umbelliferae (Apiaceae) family taxa as emerging potent agents for mosquito control. In M. L. Larramendy & S. Soloneski (Eds.), *Integrated Pest Management and Pest Control – Current and Future Tactics*. InTech.
- Evergetis, E., Michaelakis, A., Kioulos, E., Koliopoulos, G., & Haroutounian, S. A. (2009). Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from six Apiaceae family taxa against the West Nile virus vector *Culex pipiens*. *Parasitol Res.*, 105, 117–124.
- Ezoubeiri, A., Gadhi, C. A., Fdil, N., Benharref, A., Jana, M., & Vanhaelen, M. (2005). Isolation and antimicrobial activity of two phenolic compounds from *Pulicaria odora* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(2), 287–292.
- Ezzat, S. M., Abdallah, H. M., Fawzy, G. A., & El-Maraghy, S. A. (2012). Hepatoprotective constituents of *Torilis radiata* Moench (Apiaceae). *Nat Prod Res.*, 26, 282–285.
- Facciola, S. (1990). *Cornucopia: A source book of edible plants*. Kampong Publications.
- Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., & Talalay, P. (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56(1), 5–51.
- Fang, C., Fernie, A. R., & Luo, J. (2019). Exploring the diversity of plant metabolism. *Trends in Plant Science*, 24(1), 83–98.

- Fantozzi, P. (1981). Grape seed: A potential source of protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 58, 1027–1031.
- FAO. (1999). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org>
- FAO. (2010). Sustainable diets and biodiversity: Directions and solutions for policy, research and action. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2011). Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2013). Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources. <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>
- FAO. (2016). Wild edible plants: A neglected resource. Rome: FAO.
- FAO. (2017a). Water for sustainable food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2017b). The future of food and agriculture: Trends and challenges. Rome: FAO.
- FAO. (2019). The state of food and agriculture 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2021). The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. 2023. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023. Rome.
- Fawzy, G. A., Al Ati, H. Y., & El Gamal, A. A. (2013). Chemical composition and biological evaluation of essential oils of *Pulicaria jaubertii*. *Pharmacogn. Mag.*, 9, 28–32.
- Felhi, S., Baccouch, N., Ben Salah, H., Smaoui, S., Allouche, N., Gharsallah, N., & Kadri, A. (2016). Nutritional constituents, phytochemical profiles, in vitro antioxidant and antimicrobial properties, and gas chromatography–mass spectrometry analysis of various solvent extracts from grape seeds (*Vitis vinifera* L.). *Food Sci. Biotechnol.*, 25, 1537–1544.
- Ferreira, M. S., Magalhães, M. C., Oliveira, R., Sousa-Lobo, J. M., & Almeida, I. F. (2021). Trends in the Use of Botanicals in Anti-Aging Cosmetics. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(12), 3584.
- Flamini, G., Cioni, P., Maccioni, S., & Baldini, R. (2007). Composition of the essential oil of *Daucus gingidium* L. ssp. *gingidium*. *Food Chem.*, 103, 1237–1240.
- Flamini, G., Smaili, T., Zellagui, A., Gherraf, N., & Cioni, P. L. (2013). Effect of growth stage on essential-oil yield and composition of *Daucus sahariensis*. *Chem. Biodiv.*, 10, 2014–2020.
- Flindt, M. L. (1969). Pulmonary disease due to inhalation of derivatives of *Bacillus subtilis* containing proteolytic enzyme. *Lancet*, 1, 1177–1181.
- Fokialakis, N., Osbrink, W. L. A., Mamonov, L. K., Gemejjeva, N. G., Mims, A. B., Skaltsounis, A. L., Lax, A. R., & Cantrell, C. L. (2006). Antifeedant and toxicity effects of thiophenes from four *Echinops* species against the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus*. *Pest Manag. Sci.*, 62, 832–838.
- Formisano, C., Rigano, D., & Senatore, F. (2011a). Chemical constituents and biological activities of *Nepeta* species. *Chem Biodiv.*, 8, 1783–1818.
- Formisano, C., Rigano, D., Senatore, F., Piozzi, F., & Arnold, N. A. (2011b). Analysis of essential oils from *Scutellaria orientalis* ssp. *alpina* and *S. utriculata* by GC and GC-MS. *Nat Prod Commun.*, 6, 1347–1350.
- Frodin, D. G., & Heywood, V. H. (1968). *Cytisus* L. P. 86 in: T. G. Tutin, V. H. Heywood, N. A. Burges, D. M. Moore, D. H. Valentine, S. M. Walters, & D. A. Webb (Eds.), *Flora Europaea* (Vol. 2). Cambridge Univ. Press, Cambridge.

- Fu, P. P., Xia, Q., Lin, G., & Chou, M. W. (2004). Pyrrolizidine alkaloids—Genotoxicity, metabolism enzymes, and mechanisms. *Drug Metabolism Reviews*, 36(1), 1–55.
- Fujita, S. I. (1990). Miscellaneous contributions to the essential oils of plants from various territories LI. On the component of essential oils of *Torilis japonica* (Houtt. DC). *Yakugaku Zasshi*, 110, 771–775.
- Gad, H. A., Mamadalieva, N. Z., Böhmendorfer, S., Rosenau, T., Zengin, G., Mamadalieva, R. Z., Al Musayeib, N. M., & Ashour, M. L. (2021). GC-MS based identification of the volatile components of six *Astragalus* species from Uzbekistan and their biological activity. *Plants*, 10, 124.
- Galasso, G., Conti, F., Peruzzi, L., Alessandrini, A., Ardenghi, N. M. G., Bacchetta, G., et al. (2024). A second update to the checklist of the vascular flora alien to Italy. *Plant Biosyst.* Advance online publication.
- Galvão Rodrigues, F. F., Costa, J. G. M., Rodrigues, F. F. G., & Campos, A. R. (2013). Study of the interference between *Plectranthus* species essential oils from Brazil and aminoglycosides. *Evid Based Compl Alter Med.*, 2013, 724161.
- Gama, B., De Farias Silva, C., Oliveira Da Silva, L., & Abud, A. (2015). Extraction and Characterization of Pectin from Citric Waste. *Chemical Engineering Transactions*, 44, 259–264.
- Gamage, D. G. N. D., Dharmadasa, R. M., Abeysinghe, D. C., Wijesekara, R. G. S., Prathapasinghe, G. A., & Someya, T. (2022). Global perspective of plant-based cosmetic industry and possible contribution of Sri Lanka to the development of herbal cosmetics. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022, Article 9940548.
- Gambutì, A., Picariello, L., Rinaldi, A., Forino, M., Blaiotta, G., Moine, V., & Moio, L. (2020). New insights into the formation of precipitates of quercetin in Sangiovese wines. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2602–2611.
- Gambutì, A., Rinaldi, A., & Moio, L. (2012). Use of patatin, a protein extracted from potato, as alternative to animal proteins in fining of red wine. *European Food Research and Technology*, 235, 753–765.
- Gao, E. G. (1981). The history of viticulture. *Shanxi. Fruits*, 03, 50–51.
- Gao, L., Gou, N., Amakye, W. K., Wu, J., & Ren, J. (2022). Bioactivity guided isolation and identification of phenolic compounds from *Citrus aurantium* L. with anti-colorectal cancer cells activity by UHPLC-Q-TOF/MS. *Current Research in Food Science*, 5, 2251–2260.
- Gardas, B.B., Raut, R.D., Narkhede, B., 2017. Modeling causal factors of post-harvesting losses in vegetable and fruit supply chain: an Indian perspective. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 80, 1355–1371.
- Gaston, K. J. (1996). *Biodiversity: A biology of numbers and difference*. Blackwell Science.
- Gazim, Z. C., Rezende, C. M., Fraga, S. R., Filho, B. P. D., Nakamura, C. V., & Cortez, D. A. G. (2008). Analysis of the essential oils from *Calendula officinalis* growing in Brazil using three different extraction procedures. *Braz J Pharm Sci.*, 44, 391–395.
- Gazzola, D., Vincenzi, S., Gastaldon, L., Tolin, S., Pasini, G., & Curioni, A. (2014). The proteins of the grape (*Vitis vinifera* L.) seed endosperm: Fractionation and identification of the major components. *Food Chemistry*, 155, 132–139.
- Gazzola, D., Vincenzi, S., Marangon, M., Pasini, G., & Curioni, A. (2017). Grape seed extract: The first protein-based fining agent endogenous to grapes. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 23, 215–225.

- Gecibesler, I. H., Behcet, L., Erdogan, M. K., & Askin, H. (2017). Antioxidant potencies and chemical compositions of essential oils of two endemic species grow in Turkey: *Astragalus ocephalus* subsp. *stachyophorus* and *Astragalus sericans*. *Progress in Nutrition*, 19, 60–67.
- Generalić Mekinić, I., Blažević, I., Mudnić, I., Burčul, F., Grga, M., Skroza, D., Jerčić, I., Ljubenkov, I., Boban, M., Miloš, M., & Katalinić, V. (2016). Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.): Phytochemical profile, antioxidative, cholinesterase inhibitory and vasodilatory activity. *J Food Sci Technol.*, 53, 3104–3112.
- George, N. S., Cheung, L., Luthria, D. L., Santin, M., Dawson, H. D., Bhagwat, A. A., & Smith, A. D. (2019). Pomegranate peel extract alters the microbiome in mice and dysbiosis caused by *Citrobacter rodentium* infection. *Food Science & Nutrition*, 7(8), 2565–2576.
- Georgieva, Y. P., Gardjeva, P. A., Katsarova, M. N., Bozov, P. I., Gercheva, K. P., Murdjeva, M. A., & Dimitrova, S. Z. (2022). A study of flavonoid composition and antimicrobial activity of *Scutellaria altissima* L. from different floristic regions of Bulgaria. *Folia Medica*, 64, 617–623.
- Georgieva, Y. P., Mladenov, R. D., & Bozov, P. I. (2014). Chemical constituents of *Scutellaria altissima*. *Chem Nat Comp.*, 50, 1146–1148.
- Georgieva, Y., Katsarova, M., Gercheva, K., Bozov, P., & Dimitrova, S. (2019). HPLC analysis of flavonoids from *Scutellaria altissima*. *Bulg Chem Commun.*, 51, 119–123.
- Georgieva, Y., Katsarova, M., Stoyanov, P., Mladenov, R., Denev, P., Teneva, D., Plotnikov, E., Bozov, P., & Dimitrova, S. (2021). Metabolite profile and antioxidant activity of some species of genus *Scutellaria* growing in Bulgaria. *Plants*, 10, 45.
- Ghaffari, H., Venkataramana, M., Nayaka, S. C., Ghassam, B. J., Angaswamy, N., Shekar, S., Kumara, K. K. S., & Prakash, H. S. (2013). Hepatoprotective action of *Orthosiphon diffusus* (Benth.) methanol active fraction through antioxidant mechanisms: an in vivo and in vitro evaluation. *J Ethnopharmacol.*, 149, 737–744.
- Ghahiri, S., Alinezhad, H., Nematzadeh, G. A., Tajbakhsh, M., & Baharfar, R. (2018). Phytochemical, antioxidant and biological activities of the essential oil of *Astragalus alopecurus* Pall. fruits from Northern Iran. *J Essent Oil-Bear Plants.*, 21, 103–115.
- Ghasemian-Yadegari, J., Nazemiyeh, H., Asnaashari, S., & Fathiazad, F. (2015). Chemical characterization of the essential oil from aerial parts of *Astragalus maximus* from Northwest of Iran. *Adv Biosci Clin Med.*, 3, 32–39.
- Gherib, M., Bekhechi, C., Bekkara, F. A., Bighelli, A., Casanova, J., & Tomi, F. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from aerial parts of Algerian *Pulicaria mauritanica*. *Nat. Prod. Commun.*, 11, 109–112.
- Ghorbani, A. (2005). Studies on pharmaceutical ethnobotany in the region of Turkmen Sahra, north of Iran (Part 1): General results. *J Ethnopharmacol.*, 102, 58–68.
- Ghorbani, L., Golkar, P., Jafary, R., Ahmadi, M., & Allafchian, A. (2023). Phytochemicals, essential oils composition and antioxidant activity of *Astragalus* spp., *Phlomis olivieri* and *Daphne mucronata* in habitats of Central Iran. *Chem Biodiv.*, 20, e202300811.
- Gianazza, E., Tedesco, G., Villa, P., Scienza, A., Cargnello, G., Righetti, P. G., & Osnaghi, A. (1989). Characterization of the major proteins from *Vitis vinifera* seeds. *Plant Science*, 62(1), 73–81.

- Giao, M. S., González-Sanjosé, M. L., Rivero-Pérez, M. D., Pereira, C. I., Pintado, M. E., & Malcata, F. X. (2007). Infusions of Portuguese medicinal plants: Dependence of final antioxidant capacity and phenol content on extraction features. *J Sci Food Agric.*, 87, 2638–2647.
- Giao, M. S., Pereira, C. I., Fonseca, S. C., Pintado, M. E., & Malcata, F. X. (2009). Effect of particle size upon the extent of extraction of antioxidant power from the plants *Agrimonia eupatoria*, *Salvia* sp. and *Satureja montana*. *Food Chemistry*, 117(3), 412–416.
- Giardina, G., Raimondo, F. M., & Spadaro, V. (2007). A catalogue of plants growing in Sicily. *Bocconea*, 20, 1–573.
- Giuliani, C., Bottoni, M., Ascrizzi, R., Santagostini, L., Papini, A., Flamini, G., & Fico, G. (2020). A novel study approach on *Scutellaria altissima* L. cultivated at the Ghirardi Botanic Garden (Lombardy, Italy). *Plant Biol.*, 22, 1013–1021.
- Gobbetti, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Neviani, E., Fox, P. F., & De Angelis, M. (2018). Drivers that establish and assembly the lactic acid bacteria biota in cheeses. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 244–254.
- Gomes, L. C. A., Medeiros, P. M., & Prata, A. P. D. N. (2023). Patterns of use of wild food plants by Brazilian local communities: systematic review and meta-analysis. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 19(1), 47.
- Gonny, M., Bradesi, P., & Casanova, J. (2004). Identification of the components of the essential oil from wild Corsican *Daucus carota* L. using ¹³C-NMR spectroscopy. *Flavour Fragr J.*, 19, 424–433.
- González-Neves, G., Favre, G., & Gil, G. (2014). Effect of fining on the colour and pigment composition of young red wines. *Food Chemistry*, 157, 385–392.
- Gora, J., Lis, A., Kula, J., Staniszewska, M., & Wołoszyn, A. (2002). Chemical composition variability of essential oils in the ontogenesis of some plants. *Flavour Fragr J.*, 17, 445–451.
- Górnaś, P., Rudzińska, M., Grygier, A., & Lācis, G. (2018). Diversity of oil yield, fatty acids, tocopherols, tocotrienols, and sterols in the seeds of 19 interspecific grapes crosses. *J Sci Food Agric.*, 99, 2078–2087.
- Goufo, P., Singh, R. K., & Cortez, I. (2020). A reference list of phenolic compounds (including stilbens) in the vine (*Vitis vinifera* L.). Roots, woods, reeds, stems and leaves. *Antioxidants*, 9, 398.
- Granato, T. M., Nasi, A., Ferranti, P., Iametti, S., & Bonomi, F. (2014). Fining white wine with plant proteins: effects of fining on proanthocyanidins and aroma components. *European Food Research and Technology*, 238, 265–274.
- Gras, A., Garnatje, T., Ibáñez, N., López-Pujol, J., Nualart, N., & Vallès, J. (2017). Medicinal plant uses and names from the herbarium of Francesc Bolòs (1773–1844). *J Ethnopharmacol.*, 204, 142–168.
- Grieve, M. (1931). *A Modern Herbal: The Medicinal, Culinary, Cosmetic and Economic Properties, Cultivation and Folklore of Herbs, Grasses, Fungi, Shrubs and Trees with All Their Modern Scientific Uses*. Jonathan Cape Limited, London.
- Grieve, M. (1984). *A modern herbal*. Penguin. ISBN 0-14-046-440-95.
- Gruenberg-Fertig, I., Heyn, C. C., & Herrnsstadt, I. (1973). Typification of *Cachrys libanotis* L. (Umbellif). *Taxon*, 22(4), 425–434.
- Grzegorzczak-Karolak, I., Kuźma, Ł., & Wysokińska, H. (2015). Study on the chemical composition and antioxidant activity of extracts from shoot culture and regenerated plants of *Scutellaria altissima* L. *Acta Physiol Plant.*, 37, 1736.

- Guarino, C., De Simone, L., & Santoro, S. (2008). Ethnobotanical study of the Sannio area, Campania, southern Italy. *Ethnobot Res Appl.*, 6, 255–317.
- Guarino, R., Giusso del Galdo, G., & Pignatti, S. (2005). The Mediterranean dwarf shrubs: origin and adaptive radiation. *Ann Bot./Rome*, 5, 48–56.
- Guarrera, P. M., et al. (2006). Food, flavouring and feed plant traditions in Italy. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2, 37.
- Guil-Guerrero, J. L., Giménez-Giménez, A., Rodríguez-García, I., & Torija-Isasa, M. E. (1998). Nutritional composition of *Sonchus* species (*S. asper* L., *S. oleraceus* L. and *S. tenerrimus* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 628–632.
- Gülçin, I., Oktay, M., Kireççi, E., & Kufrevioğlu, O. I. (2003). Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts. *Food Chem.*, 83, 371–382.
- Gülçin, İ., Şat, İ. G., Beydemir, Ş., Elmastaş, M., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2004). Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb.) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.). *Food Chemistry*, 87, 393–400.
- Gülsunoğlu, Z., Karbancıoğlu-Güler, F., Raes, K., & Kılıç-Akyılmaz, M. (2019). Soluble and insoluble-bound phenolics and antioxidant activity of various industrial plant wastes. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1501–1510.
- Guo, D. A., Lou, Z. C., & Liu, Z. A. (1994). Chemical components of volatile oil from *Echinops grijsii* Hance. *China J Chin. Mater. Med.*, 2, 100–101.
- Gupta, R., P. Soni, J. Shrivastava, P. Rajput, and S. Parashar. “Cosmeceutical Role of Medicinal Plants / Herbs: A Review on Commercially Available Cosmetic Ingredients”. *Himalayan Journal of Health Sciences*, Vol. 3, no. 4, Dec. 2018, pp. 70-73.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Güzel, Y., Aktoklu, E., Roumy, V., Alkhatib, R., Hennebelle, T., Bailleul, F., & Aşahpaz, S. (2011). Chemotaxonomy and flavonoid profiling of *Torilis* species by HPLC/ESI/MS2. *Biochem System Ecol.*, 39, 781–786.
- Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2014). Natural products as antimicrobial agents. *Food Control*, 46, 412–429.
- Hadidi, M., Aghababaei, F., Gonzalez-Serrano, D. J., Goksen, G., Trif, M., McClements, D. J., & Moreno, A. (2024). Plant-based proteins from agro-industrial waste and by-products: Towards a more circular economy. *International Journal of Biological Macromolecules*, 261(Part 1), 129576.
- Hadjichambis, A. C., Paraskeva-Hadjichambi, D., Della, A., Giusti, M. E., De Pasquale, C., Lenzarini, C., Censorii, E., González-Tejero, M. R., Sanchez-Rojas, C. P., Ramiro-Gutiérrez, J. M., Skoula, M., Johnson, C., Sarpaki, A., Hmamouchi, M., Jorhi, S., El-Demerdash, M., El-Zayat, M., & Pieroni, A. (2008). Wild and semi-domesticated food plant consumption in seven circum-Mediterranean areas. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 59(5), 383–414.
- Hafez, S., Sarg, T. M., El-Domiaty, M. M., Ahmed, A. A., Melek, F. R., & Bohlmann, F. (1987). Caryophyllene derivatives from *Pulicaria arabica*. *Phytochemistry*, 26, 3356–3358.
- Halim, A. F., Saad, H. E. A., Mashaly, M. M., Lahloub, M. F., & Ahmed, A. F. (1990). Phytochemical study of the fruits of *Torilis arvensis* (Huds.) Link growing in Egypt. *Mans J Pharm Sci.*, 6, 26–37.

- Hamed, A. R., Hegazy, M. E. F., Higgins, M., Mohamed, T. A., Abdel-Azim, N. S., Pare, P. W., & Dinkova-Kostova, A. T. (2016). Potency of extracts from selected Egyptian plants as inducers of the Nrf2-dependent chemopreventive enzyme NQO1. *Journal of Natural Medicines*, 70, 683–688.
- Hamedani, M. P., Yousefi, H., Tajabadi, F., Tofighi, Z., Hadjiakhoondi, A., & Goodarzi, S. (2022). Chemical composition of the essential oils and aromatic waters of some native *Scutellaria* species from Iran. *J Med Plants*, 21, 12–21.
- Hammer, Ø., & Harper, D. A. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron*, 4(1), 1–9.
- Hanbali, F. E., Akssira, M., Ezoubeiri, A., Gadhi, C. E., Mellouki, F., Benherraf, A., Blazquez, A. M., & Boira, H. (2005). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Pulicaria odora* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(3), 399–401.
- Hanlidou, E., Karousou, R., Kleftoyanni, V., & Kokkini, S. (2004). The herbal market of Thessaloniki (N Greece) and its relation to the ethnobotanical tradition. *J Ethnopharmacol*, 91, 281–299.
- Harborne, J. B. (1967). Comparative biochemistry of flavonoids-V.: Luteolin 5-glucoside and its occurrence in the Umbelliferae. *Phytochem*, 6, 1569–1573.
- Harshberger, J. W. (1896). The purposes of ethnobotany. *Botanical Gazette*, 21, 146–154.
- Hasan, H. S., Shakya, A. K., Al-Jaber, H. I., Abu-Sal, H. E., & Barhoumi, L. M. (2023). Exploring *Echinops polyceras* Boiss. from Jordan: essential oil composition, COX, protein denaturation inhibitory power and antimicrobial activity of the alcoholic extract. *Molecules*, 28, 4238.
- Hassan, T., Rather, M. A., Shawl, A. S., Bhat, K. A., Bhat, H. M., Dar, B. A., Dar, G. H., & Qurishi, M. A. (2011). Chemical composition of the essential oils of *Nepeta laevigata* and *Nepeta elliptica* from India. *Chem Nat Comp*, 47, 456–458.
- Hassan-Abdallah, A., Merito, A., Hassan, S., Aboubaker, D., Djama, M., Asfaw, Z., & Kelbessa, E. (2013). Medicinal plants and their uses by the people in the Region of Randa, Djibouti. *J Ethnopharmacol*, 148, 701–713.
- Hassoun, A., Cropotova, J., Trollman, H., Jagtap, S., Garcia-Garcia, G., Parra-López, C., Nirmal, N., Özogul, F., Bhat, Z., Aït-Kaddour, A., & Bono, G. (2023). Use of industry 4.0 technologies to reduce and valorize seafood waste and by-products: A narrative review on current knowledge. *Current research in food science*, 6, 100505.
- Hayet, E. K., Hocine, L., & Meriem, E. K. (2017). Chemical composition and biological activities of the essential oils and the methanolic extracts of *Bunium incrassatum* and *Bunium alpinum* from Algeria. *J Chilean Chem Soc*, 62, 3335–3341.
- Hazrati, S., Mousavi, Z., & Nicola, S. (2024). Harvest time optimization for medicinal and aromatic plant secondary metabolites. *Plant Physiology and Biochemistry*, 212, 108735.
- Hedrick, U. P. (1972). *Sturtevant's edible plants of the world* (E. Sturtevant, Ed.). Dover Publications.
- Hegedüs, I., Andreidesz, K., Szentpéteri, J. L., Kaleta, Z., Szabó, L., Szigeti, K., Gulyás, B., Padmanabhan, P., Budan, F., & Máthé, D. (2022). The utilization of physiologically active molecular components of grape seeds and grape marc. *Int. J. Mol. Sci*, 23, 11165.

- Helander, I. M., Alakomi, H., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E. J., Gorris, L. G. M., & von Wright, A. (1998). Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. *J Agric Food Chem.*, 6, 3590–3595.
- Helmut, F. E., Christian, A. B., & Gerhard, J. (2017). Legumes in human nutrition: Nutrient content and protein quality of pulses. *Nutrition Review International*, 1–6.
- Herrero, M., Mendiola, J. A., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2010). Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications. *Journal of chromatography. A*, 1217(16), 2495–2511.
- Hewlings, S. J., & Kalman, D. S. (2017). Curcumin: A review of its effects on human health. *Foods*, 6(10), 92.
- Heywood, V. H. (1971). *The Biology and Chemistry of the Apiaceae*. Linnean Society of London, p. 232.
- Heywood, V. H. (Vernon Hilton), 1927- & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1999). *Use and potential of wild plants in farm households / by Vernon Heywood*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- HLPE. (2020). *Food security and nutrition: Building a global narrative towards 2030*. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition.
- Hodoșan, C., Gîrd, C. E., Ghica, M. V., Dinu-Pîrvu, C.-E., Nistor, L., Bărbuică, I. S., Marin, Ș.-C., Mihalache, A., & Popa, L. (2023). Pyrethrins and Pyrethroids: A Comprehensive Review of Natural Occurring Compounds and Their Synthetic Derivatives. *Plants*, 12(23), 4022.
- Hossain, M. A., Ismail, Z., Rahman, A., & Kang, S. C. (2008). Chemical composition and anti-fungal properties of the essential oils and crude extracts of *Orthosiphon stamineus* Benth. *Ind. Crops Prod.*, 27, 328–334.
- Hossain, S., Jalil, M. A., Islam, T., Mahmud, R. U., Kader, A., & Islam, M. K. (2024). Enhancement of antibacterial and UV protection properties of blended wool/acrylic and silk fabrics by dyeing with the extract of *Mimusops elengi* leaves and metal salts. *Heliyon*, 10(3), e25273.
- (https://www.zimbabweflora.co.zw/speciesdata/species.php?species_id=150420). (Accessed on 22nd March 2025)
- Huang X.Q., & Dudareva, N. (2023). Plant specialized metabolism. *Current Biology*, 33(11), R473–R478.
- Hunter, D., Borelli, T., Beltrame, D. M. O., Oliveira, C. N. S., Coradin, L., Wasike, V. W., Tartanac, F. (2019). The potential of neglected and underutilized species for improving diets and nutrition. *Planta*, 250(3), 709–729.
- Hussein, K. T. (2005). Suppressive effects of *Calendula micrantha* essential oil and gibberelic acid (PGR) on reproductive potential of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae). *J Egypt Soc Parasitol.*, 35, 365–377.
- Hymete, A., Rohloff, J., & Iversen, T. H. (2004). Chemical constituents of volatile fractions from *Echinops ellenbeckii* O. Hoffm. *J Essent Oil Bear Plant.*, 7, 9–15.
- Ilyas, T., Chowdhary, P., Chaurasia, D., Gnansounou, E., Pandey, A., & Chaturvedi, P. (2021). Sustainable green processing of grape pomace for the production of value added products: an overview. *Environ. Technol. Innov.*, 23, 101592.
- Ingham, J. L. (1978). Flavonoid and isoflavonoid compounds from leaves of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *Z Naturforsch.*, 33c, 146–148.
- Ingólfsson, H. I., Thakur, P., Herold, K. F., Hobart, E. A., Ramsey, N. B., Periole, X., De Jong, D. H., Zwama, M., Yilmaz, D., Hall, K., et al. (2014). Phytochemicals perturb membranes and promiscuously alter protein function. *ACS Chem. Biol.*, 9, 1788–1798.

- IPCC. (2018). Global warming of 1.5°C. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2022). Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPES-Food. (2016). From uniformity to diversity: a paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems. International Panel of Experts on Sustainable Food systems. <https://doi.org/www.ipes-food.org>
- Isely, D. (1982). Leguminosae and Homo sapiens I. Economic Botany, 36(1), 46–70.
- Iskender, N. Y., Kahriman, N., Tosun, G., Terzioğlu, S., Karaoğlu, S. A., & Yayli, N. (2013). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from the aerial parts of *Astragalus hamzaoglui* extracted by hydrodistillation and microwave distillation. Rec Nat Prod., 7, 177–183.
- Ismail Ahmadi, F., Fathollahi, R., & Dastan, D. (2022). Phytochemical constituents and biological properties of *Scutellaria condensata* subsp. *pycnotricha*. Iran Chem Commun., 8, 201–211.
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51, 45–66.
- ISMEA. (2023). Rapporto Qualivita-Ismea sulle produzioni DOP, IGP e STG. ISMEA.
- Issa, M. Y., Ezzat, M. I., Sayed, R. H., Elbaz, E. M., Omar, F. A., & Mohsen, E. (2020). Neuroprotective effects of *Pulicaria undulata* essential oil in rotenone model of Parkinson's disease in rats: Insights into its anti-inflammatory and anti-oxidant effects. S. Afr. J. Bot., 132, 289–298.
- Ito, C. (1996). Pharmacognostical studies on the Sino-Japanese crude drugs, 'Huajiao' and 'Sansho' (Part 2): On the botanical origins of Chinese crude drug, 'Huajiao,' Tibetan crude drug, 'g Yer-ma' and Ayurvedic crude drug, 'Tumburu' derived from Subgenus *Zanthoxylum*. Natural Medicine, 50, 328–343.
- Itokawa, H., Matsumoto, H., Mihashi, S., Iitaka, Y., Kasuya, A., & Ita, A. (1985). Constituents of *Torilis scabra* D.C. II. Chem Pharm Bull., 33, 2204–2212.
- ITPGRFA. (2001). International treaty on plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/plant-treaty>
- IUCN. (1994). Guidelines for protected area management categories. International Union for Conservation of Nature.
- Jabrane, A., Ben Jannet, H., Harzallah-Skhiri, F., Mastouri, M., Casanova, J., & Mighri, Z. (2009). Flower and root oils of the Tunisian *Daucus carota* L. ssp. *maritimus* (Apiaceae): Integrated analyses by GC, GC/MS, and 13C-NMR spectroscopy, and in vitro antibacterial activity. Chem Biodivers., 6, 881–889.
- Jackson, T. (2005). Motivating sustainable consumption. Sustainable Development Research Network.
- Jahansooz, F., Sefidkon, F., Najafi, A., Ebrahimzadeh, H., & Najafi, M. S. (2012). Comparison of essential oils of *Bunium persicum* (Boiss.) populations grown in Iran, Pakistan and India. J Essent Oil-Bear Plants., 15, 761–765.
- Jamzad, Z., Chase, M. W., Ingrouille, M., Simmonds, M. S. L., & Jalili, A. (2003). Phylogenetic relationships in *Nepeta* L. (Lamiaceae) and related genera based on ITS sequence data. Taxon, 52, 21–32.
- Jassbi, A. R., Mehrdad, M., Soleimani, M., Mirzaeian, M., & Sonboli, A. Chemical composition of the essential oils of *Bunium elegans* and *Bunium caroides*. Chem Nat Compd., 2005, 41, 415–417.
- Javidnia, K., Miri, R., Jafari, A., & Rezai, H. (2004). Analysis of the volatile constituents of *Nepeta macrosiphon* Boiss. grown in Iran. Flavour Fragr J., 19, 156–158.

- Jayathilakan, K., Sharma, G., Radhakrishna, K., & Bawa, A. S. (2007). Antioxidant potential of synthetic and natural antioxidants and its effect on warmed-over-flavour in different species of meat. *Food Chemistry*, 105(3), 908–916.
- Jeffrey, C. (2007). *Compositae: introduction with key to tribes*. In J. W. Kadereit & C. Jeffrey (Eds.), *Families and Genera of Vascular Plants*, vol. VIII: Flowering Plants, Eudicots, Asterales (pp. 61–87). Springer-Verlag.
- Jiang, B., Wang, F., Liu, L., Tian, S., Li, W., Yang, X., Wu, Y., Huang, Y., Yi, J., Yu, C., Sun, L., Zhang, Y., & Li, Y. (2017). Antibacterial activity and action mechanism of the *Echinops ritro* L. essential oil against foodborne pathogenic bacteria. *J Essent Oil Bear Plants.*, 20, 1172–1183.
- Jin, Q., Yang, L., Poe, N., & Huang, H. (2018). Integrated processing of plant-derived waste to produce value-added products based on the biorefinery concept. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 119–131.
- Jin, Z., Lan, Y., Ohm, J. B., Gillespie, J., Schwarz, P., & Chen, B. (2022). Physicochemical composition, fermentable sugars, free amino acids, phenolics, and minerals in brewers' spent grains obtained from craft brewing operations. *Journal of Cereal Science*, 104, 103413.
- Johnson, C. P. (1862). *The useful plants of Great Britain*. London.
- Jose, S., Pandit, P., & Pandey, R. (2019). Chickpea husk – A potential agro waste for coloration and functional finishing of textiles. *Industrial Crops and Products*, 142, 111833.
- Joshee, N., Patrick, T. S., Mentreddy, R. S., & Yadav, A. K. (2002). Skullcap: Potential medicinal crop. In J. Janick & A. Whipkey (Eds.), *Trends in New Crops and New Uses* (pp. 580–586). ASHS Press.
- Joshi, R. K. (2020). GC-MS analysis of the volatile constituents of *Orthosiphon pallidus* Royle, ex Benth. *Nat. Prod. Res.*, 34, 441–444.
- Joshi, N., Pransu, G., & Conte-Junior, A. (2022). Critical review and recent advances of 2D materials-based gas sensors for food spoilage detection. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1–24.
- Joshi, S., Kambo, N. and Dubey, S. (2025). Functional Textiles from Agro-Industrial Waste. In *Nanotechnology-Assisted Recycling of Textile Waste* (eds P. Sharma and S.S. Sahay).
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (2002). *Plant systematics: A phylogenetic approach*. Sinauer Associates.
- Juhaimi, F. A., et al. (2017). Fatty acid composition and mineral contents of grape seed and oils. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 38, 103–108.
- Kalusalingam, A., Hasnu, D. N., Khan, A., Tan, C. S., Menon, B., Narayanan, V., Goh, K. W., Ikmal, A. M., Talip, N., Subramanian, P., & Ming, L. C. (2024). An updated review of ethnobotany, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological activities of *Orthosiphon stamineus* Benth. *Malaysian Appl. Biol.*, 53, 1–18.
- Kameoka, H., Nishikawa, K., & Wada, H. (1975). The constituents of the essential oil of the flower from *Astragalus sinicus* L. *Nippon Nageikagaku Kaishi*, 49, 557–559.
- Kanatt, S. R., Chander, R., & Sharma, A. (2008). Chitosan and mint mixture: A new preservative for meat and meat products. *Food Chemistry*, 107(2), 845–852.
- Kandylis, P., Dimitrellou, D., & Moschakis, T. (2021). Recent applications of grapes and their derivatives in dairy products. *Trends Food Sci. Technol.*, 114, 696–711.

- Karahan, F. (2020). Morphology, anatomy, palynology and achene micromorphology of *Bellis* L. (Asteraceae) species from Turkey. *Acta Bot Croat.*, 79, 59–67.
- Karakaş, F. P., Karakaş, A., Boran, Ç., Türker, A. U., Yalçın, F. N., & Bilensoy, E. (2012). The evaluation of topical administration of *Bellis perennis* fraction on circular excision wound healing in Wistar albino rats. *Pharm Biol.*, 50, 1031–1037.
- Karakaş, F. P., Türker, A. U., Karakas, A., Mshvildadze, V., Pichette, A., & Legault, J. (2017). In vitro cytotoxic, antibacterial, anti-inflammatory and antioxidant activities and phenolic content in wild-grown flowers of common daisy—A medicinal plant. *J Herb Med.*, 8, 31–39.
- Karakaya, S., Bingol, Z., Koca, M., Dagoglu, S., Pinar, N. M., Demirci, B., Gulcin, İ., Brestic, M., & Sytar, O. (2020). Identification of non-alkaloid natural compounds of *Angelica purpurascens* (Avé-Lall.) Gilli. (Apiaceae) with cholinesterase and carbonic anhydrase inhibition potential. *Saudi Pharm J.*, 28, 1–14.
- Karakaya, S., Göger, G., Bostanlik, F. D., Demirci, B., Duman, H., & Kiliç, C. S. Comparison of the essential oils of *Ferula orientalis* L., *Ferulago sandrasica* Peşmen and Quézel, and *Hippomarathrum microcarpum* Petrov and their antimicrobial activity. *Turk J Pharm Sci.*, 2019, 16(1), 69–75.
- Karakoca, K., Asan-Ozusaglam, M., Cakmak, Y. S., & Teksen, M. (2015). Phenolic compounds, biological and antioxidant activities of *Onobrychis armena* Boiss. & Huet flower and root extracts. *Chiang Mai J Sci.*, 42, 376–392.
- Karaman, S., & Comlekcioglu, N. (2007). Essential oil composition of *Nepeta cilicia* Boiss. Apud Bentham and *Phlomis viscosa* Poiret from Turkey. *Int J Bot.*, 3, 122–124.
- Karaman, E., Yılmaz, E., & Tuncel, N. B. (2017). Physicochemical, microstructural and functional characterization of dietary fibers extracted from lemon, orange and grapefruit seeds press meals. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 11, 9–17.
- Karamian, R., & Asadbegy, M. (2016). Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of three *Onobrychis* species from Iran. *Pharm Sci.*, 22, 112–119.
- Karatas, S., Aktumsek, A., & Uysal, S. (2022). Investigation of antioxidant properties, essential oil, and fatty acid composition of *Onobrychis armena* Boiss. & Huet. *Istanbul J Pharm.*, 52, 164–172.
- Karim, N., Khan, I., Abdelhalim, A., Abdel-Halim, H., & Hanrahan, J. R. (2017). Molecular docking and antiamnesic effects of nepitrin isolated from *Rosmarinus officinalis* on scopolamine-induced memory impairment in mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 96, 700–709.
- Karimov, A. M., & Botirov, E. K. (2017). Structural diversity and state of knowledge of flavonoids of the *Scutellaria* L. genus. *Russ J Bioorg Chem.*, 43, 691–711.
- Karimov, A. M., Bobakulov, Kh. M., Ostroushko, Yu. V., Botirov, E. Kh., Mamadrahimov, A. A., & Abdullaev, N. D. (2021). Essential oil composition of two species of *Scutellaria* aerial parts. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, (4), 139–144.
- Kartika, E., Zulharmitam, C. B., & Rivai, H. (2021). Phytochemical and pharmacological review of garrot (*Daucus carota* L.). *Int J Pharm Sci Med.*, 6(1), 75–82.
- Kasiram, K., Sakharkar, P., & Patil, A. (2000). Antifungal activity of *Calendula officinalis*. *Indian J Pharm Sci.*, 62, 464–466.

- Kaur, G., & Kapoor, H. C. (2001). Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(2), 157–161.
- Kaur, L., et al. (2021). A review on herbal cosmetics. *International Journal of Pharmaceutics and Drug Analysis*, 9(3), 196–201.
- Kavalcioglu, N., Açık, L., & Pinar, M. (2010a). Comparative RAPD analysis and pollen structure studies of *Bellis perennis* L. *Turkish J Bot.*, 34, 479–484.
- Kavalcioglu, N., Açık, L., Demirci, F., Demirci, B., Demir, H., & Başer, K. H. C. (2010b). Biological activities of *Bellis perennis* volatiles and extracts. *Nat. Prod. Commun.*, 5, 147–150.
- Kavimani, S., Ilango, R., Thangadurai, J., Jaykar, B., Majumdar, U., & Gupta, M. Diuretic activity of aqueous extract of *Orthosiphon thymiflorus* in rats. *Indian J. Pharmaceut. Sci.*, 1997, 59, 96–98.
- Kazemi, M., Nagafi, G. R., & Azad, A. (2013). Constituents, antimicrobial and antioxidant activities of *Pulicaria gnaphalodes* (Vent.) Bioss. volatile oil from Iran. *Asian J Chem.*, 25, 3215–3219.
- Kedare, S. B., & Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48, 412–422.
- Kew, R. B. G. (2016). The state of the world's plants report - 2016. Kew: Royal Botanic Gardens.
- Khalid, K. A., & El-Ghora, A. H. (2006). The effect of presowing low temperature on essential oil content and chemical composition of *Calendula officinalis*. *J Essent Oil Bear Plants.*, 9, 32–41.
- Khalilzadeh, M. A., Tajbakhsh, M., Gholami, F. A., Hosaseinzadeh, M., Dastoorani, P., Norouzi, M., & Dabiri, H. A. Composition of the essential oils of *Hippomarathrum microcarpum* (M. Bieb.) B. Fedtsch. and *Physospermum cornubiense* (L.) DC. from Iran. *J Essent Oil Res.*, 2007, 19(6), 567–568.
- Khanavi, M., Laghaei, P., & Isman, M. B. Essential oil composition of three native Persian plants and their inhibitory effects in the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J Asia-Pac Entomol.*, 2017, 20, 1234–1240.
- Khani, A., & Asghari, J. (2012). Insecticide activity of essential oils of *Mentha longifolia*, *Pulicaria gnaphalodes* and *Achillea wilhelmsii* against two stored product pests, the flour beetle, *Tribolium castaneum*, and the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. *J Insect Sci.*, 12, 1–10.
- Khare, C. P. (2007). *Indian Medicinal Plants. An Illustrated Dictionary*. Springer Science, Springer-Verlag.
- Kharkwal, G. C., Pande, C., Tewari, G., Panwar, A., & Pande, V. Terpenoid composition and antimicrobial activity of essential oil from *Torilis japonica* (Houtt.) DC. *J Ind Chem Soc.*, 2017, 94, 191–194.
- Khatib, M., Cecchi, L., Bellumori, M., Zonfrillo, B., & Mulinacci, N. (2023). Polysaccharides and phenolic compounds recovered from red bell pepper, tomato and basil byproducts using a green extraction by extractor Timatic®. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(23), 16653.
- Kheder, O., Moussaoui, Y., & Bensalem, R. (2014). Solvent effects on phenolic contents and antioxidant activities of the *Echinops spinosus* and the *Limoniastrum monopeltatum*. *Res J Pharm Biol Chem Sci.*, 5, 66–76.
- Khoury, C. K., Bjorkman, A. D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A., Rieseberg, L. H., & Struik, P. C. (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(11), 4001–4006.
- Kim, D. C., Kim, J. A., Min, B. S., Jang, T. S., Na, M., & Lee, S. H. Guaiane sesquiterpenoids isolated from the fruits of *Torilis japonica* and their cytotoxic activity. *Helv Chim Acta.*, 2010, 93, 692–697.

- Kiruthika, A., & Meenakshi, S. M. Anticancer studies on *Orthosiphon pallidus* Royle and *Peristrophe bicalyculata* Nees. J. Pharm. Res., 2011, 4, 2654–2656.
- Kisiel, A., Krzemińska, A., Cembrowska-Lech, D., & Miller, T. (2023). Data science and plant metabolomics. *Metabolites*, 13(3), 454. <https://doi.org/10.3390/metabo13030454>
- Kleiman, R., Plattner, R. D., & Weisleder, D. (1988). Antigermination activity of phenylpropenoids from the genus *Pimpinella*. *J Nat Prod.*, 51(2), 249–256.
- Kokwaro, J. O. (1976). *Medicinal Plants of East Africa*. East African Literature Bureau: Kampala, p. 384.
- Körfeci, E., & Hoşgören, H. (2025). Determination of antimicrobial, antioxidant and phenolic properties of *Onobrychis silvanensis* sp. nov. endemic species. *J Herbal Med.*, 50, 101000.
- Kotan, R., Kordali, S., & Cakir, A. (2007). Screening of antibacterial activities of twenty-one oxygenated monoterpenes. *Z Naturforsch C J Biosci.*, 62, 507–513.
- Koutsaviti, A., Georgiou, C., Milenković, M., & Tzakou, O. Composition and antimicrobial activity of the essential oils from different parts of *Cachrys cristata* DC. from Greece. *Rec Nat Prod.*, 2015, 9(3), 436–440.
- Kovendan, K., Murugan, K., Vincent, S., & Barnard, D. R. Mosquito larvicidal properties of *Orthosiphon thymiflorus* (Roth) Sleesen. (Family: Labiatae) against mosquito vectors, *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, 2012, 5, 299–305.
- Kozuharova, E., Malfa, G. A., Acquaviva, R., Valdés, B., Batovska, D., Stoycheva, C., Rejdali, M., Marino, P., & Spadaro, V. (2025). Wild species from the Asteraceae family, traditionally consumed in some Mediterranean countries. *Plants*, 14, 2006.
- Krasteva, I., Platikanov, S., Momekov, G., Konstantinov, S., & Nikolov, S. (2008). Phytochemical analysis and in vitro cytotoxic activity of volatiles from *Astragalus corniculatus*. *Nat Prod Res.*, 22, 969–974.
- Ksouda, G., Sellimi, S., Merlier, F., Falcimaigne-Cordin, A., Thomasset, B., Nasri, M., & Hajji, M. (2019). Composition, antibacterial and antioxidant activities of *Pimpinella saxifraga* essential oil and application to cheese preservation as coating additive. *Food Chem.*, 288, 47–56.
- Ksouri, A., Dob, T., Belkebir, A., Krinat, S., & Chelghoum, C. (2015). Chemical composition and antioxidant activity of the essential oil and the methanol extract of Algerian wild carrot *Daucus carota* L. ssp. *carota* (L.) Thell. *J Mat Environment Sci.*, 6, 784–791.
- Kubeczka, K. H. (1997). In: Baser KHC, Kirimer N. (Eds.), *Proceedings of the 28th International Symposium on Essential Oils*, Eskisehir, Turkey, 1–3 September. p. 35.
- Kubo, I., Matsumoto, T., Tori, M., & Asakawa, Y. (1984). Structure of plectrin, an aphid antifeedant diterpene from *Plectranthus barbatus*. *Chem Lett.*, 13, 1513–1516.
- Kulišić-Bilušić, T., Blažević, I., Dejanović, B., Miloš, M., & Pifat, G. Evaluation of the antioxidant activity of essential oils from caper (*Capparis spinosa*) and sea fennel (*Crithmum maritimum*) by different methods. *J Food Biochem.*, 2010, 34, 286–302.
- Kumar, K., Kumar, S. R., Dwivedi, V., Rai, A., Shukla, A. K., Shanker, K., & Nagegowda, D. A. (2015). Precursor feeding studies and molecular characterization of geraniol synthase establish the limiting role of geraniol in monoterpene indole alkaloid biosynthesis in *Catharanthus roseus* leaves. *Plant science: an international journal of experimental plant biology*, 239, 56–66.

- Kumar, M. N. V. R., Muzzarelli, R. A. A., Muzzarelli, C., Sashiwa, H., & Domb, A. J. (2004). Chitosan chemistry and pharmaceutical perspectives. *Chemical Reviews*, 104(12), 6017–6084.
- Kumar, Y., Ricci, A., Parpinello, G. P., & Versari, A. (2024). Dealcoholized wine: A scoping review of volatile and non-volatile profiles, consumer perception, and health benefits. *Food Bioprocess Technol.* (in press).
- Kumarasamy, Y., Byres, M., Cox, P. J., Jaspars, M., Nahar, L., & Sarker, S. D. (2007). Screening seeds of some Scottish plants for free radical scavenging activity. *Phytother Res.*, 21, 615–621.
- Kuo, T. M., VanMiddlesworth, J. F., & Wolf, W. J. (1988). Content of raffinose oligosaccharides and sucrose in various plant seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36(1), 32–36.
- Kurihara, T., & Kikuchi, M. (1980). Studies on the constituents of flowers. XIII. On the components of the flower of *Cytisus scoparius* Link. *Yakugaku Zasshi*, 100, 1054–1057.
- Kurkcuoglu, M., Yildiz, G., & Bulent Kose, Y. (2019). Essential oil composition of two *Scutellaria* from Tokat province of Turkey. *J Turk Chem Soc Sect A: Chemistry*, 6, 115–118.
- L'Oréal. (2021). L'Oréal for the future: Our sustainability program. <https://www.loreal.com/en/commitments-and-responsibilities/for-the-planet/loreal-for-the-future>
- Lacivita, V., Lordi, A., Posati, T., Zamboni, R., Del Nobile, M. A., & Conte, A. (2023). Pomegranate peel powder: In vitro efficacy and application to contaminated liquid foods. *Foods*, 12(6), 1173.
- Lakhdari, W., Mounir Bouhenna, M., Bendif, H., Benyahia, I., Bachir, H., Hammi, H., Mouhoubi, D., Bruno, M., Badalamenti, N., & Dehliz, A. (2024). Phytochemical analyses of bioactive compounds from *Pisolithus albus* mushrooms. *Nat Prod Res.* Advance online publication.
- Lal, R. (2020). Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(5), 123A–124A.
- Lam, J., Christensen, L. P., & Thomasen, T. (1991). Thiophene derivatives from *Echinops* species. *Phytochemistry*, 30, 1157–1159.
- Lanati, D., Marchi, D., & Cascio, P. (2014). Precipitati di quercetina nei vini. In *Atti del 37° Congresso Mondiale della Vite e del Vino e della 12ª Assemblea Generale dell'OIV* (articolo 06007).
- Lanfranchi, D. A., Laouer, H., El Kolli, M., Prado, S., Maulay-Bailly, C., & Baldovini, N. (2010). Bioactive phenylpropanoids from *Daucus crinitus* Desf. from Algeria. *J Agric Food Chem.*, 58, 2174–2179.
- Laouer, H., Bouheda, A., Haroutounian, S., Evergetis, E., Bouchekrit, M., Sahli, F., Boulaacheb, N., & Akkal, S. (2013). Chemical and biological study of essential oils of two populations of Algerian *Daucus setifolius* Desf. *Pharmacogn Commun.*, 3(1), 7–11.
- Larit, F., Nael, M. A., Benyahia, S., Radwan, M. M., León, F., Jasicka-Misiak, I., Poliwoda, A., Wieczorek, D., Benayache, F., Benayache, S., Wieczorek, P. P., & Cutler, S. J. (2018a). Secondary metabolites from the aerial parts of *Cytisus villosus* Pourr. *Phytochem Lett.*, 24, 1–5.
- Larit, F., Elokely, K. M., Chaurasiya, N. D., Benyahia, S., Nael, M. A., León, F., Abu-Darwish, M. S., Eerth, T., Wang, Y.-H., Belouahem-Abed, D. (2018b). Inhibition of human monoamine oxidase A and B by flavonoids isolated from two Algerian medicinal plants. *Phytomedicine*, 40, 27–36.
- Larit, F., León, F., Benyahia, S., & Cutler, S. J. (2019). Total phenolic and flavonoid content and biological activities of extracts and isolated compounds of *Cytisus villosus* Pourr. *Biomolecules*, 9, 732.

- Launert, E. (1981). Guide to Edible and Medicinal Plants of Britain and Northern Europe. Littlehampton Book Services Ltd Hamlyn.
- Lauricella, M., Maggio, A., Badalamenti, N., Bruno, M., D'Angelo, G. D., & D'Anneo, A. (2022). Essential oil of *Foeniculum vulgare* subsp. *piperitum* fruits exerts an anti-tumor effect in triple-negative breast cancer cells. *Molecular Medicine Reports*, 26(1), 243.
- Lboumhamdi, A., Znini, M., Paolini, J., Costa, J., & Majidi, L. (2020). Chemical analysis of volatile constituents of *Pulicaria mauritanica* isolated by hydrodistillation and headspace solid-phase micro-extraction techniques. Antimicrobial activity of its essential oil. *Anal. Bioanal. Chem. Res.*, 7, 197–209.
- Lee, I. K., Lee, J. H., Hwang, E. I., & Yun, B. S. (2008). New guaiane sesquiterpenes from the fruits of *Torilis japonica*. *Chem Pharm Bull.*, 56, 1483–1485.
- Lee, S. Y., Baek, N., & Nam, T. G. (2016). Natural, semisynthetic and synthetic tyrosinase inhibitors. *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*, 31(1), 1–13.
- Legault, J., & Pichette, A. (2007). Potentiating effect of β -caryophyllene on anticancer activity of α -humulene, isocaryophyllene and paclitaxel. *J Pharm Pharmacol.*, 59, 1643–1647.
- Lemmich, J., Havelund, S., & Thastrup, O. (1983). Dihydrofurocoumarin glucosides from *Angelica archangelica* and *Angelica silvestris*. *Phytochemistry*, 22, 553–555.
- Leonti, M., Nebel, S., Rivera, D., & Heinrich, M. (2006). Wild gathered food plants in the European Mediterranean: a comparison analysis. *Economic Botany*, 60(2), 130–142.
- Leonti, M., Ramirez, F., Sticher, O., & Heinrich, M. (2003). Medicinal flora of the Popoluca, Mexico: A botanical systematical perspective. *Economic Botany*, 57(2), 218–228.
- Li, H., & d'Anjou, M. (2009). Pharmacological significance of glycosylation in therapeutic proteins. *COBIOT*, 20, 678–684.
- Li, L. B., Xiao, G. D., Xiang, W., Yang, X., Cao, K. X., & Huang, R. S. (2019). Novel substituted thiophenes and sulf-polyacetylene ester from *Echinops ritro* L. *Molecules*, 24, 805.
- Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R., & Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 80–89.
- Licandro, G., Marino, P., & Raimondo, F. M. (2011). Flora e vegetazione della Riserva Naturale Orientata “Laghetti di Marinello” (Sicilia nord-orientale). *Informatore Botanico Italiano*, 43, 333–351.
- Licina, B. Z., Stefanovic, O. D., Vasic, S. M., Radojevic, I. D., Dekic, M. S., & Comic, L. R. (2013). Biological activities of the extracts from wild growing *Origanum vulgare* L. *Food Control*, 33, 498–504.
- Lin, T. K., Zhong, L., & Santiago, J. L. (2017). Anti-Inflammatory and Skin Barrier Repair Effects of Topical Application of Some Plant Oils. *International journal of molecular sciences*, 19(1), 70.
- Lipp, F. J. (1995). The evolution of ethnobotany. In R. E. Schultes & S. von Reis (Eds.), *Ethnobotany: Evolution of a discipline*.
- Liu, B., Xiao, H., Li, J., Geng, S., Ma, H., & Liang, G. (2017). Interaction of phenolic acids with trypsin: Experimental and molecular modeling studies. *Food Chemistry*, 228, 1–6.
- Liu, L. L., Yang, J. L., & Shi, Y. P. (2010). Phytochemicals and biological activities of *Pulicaria* species. *Chem Biodiv.*, 7, 327–349.

- Liu, X. C., Hao, X., Zhou, L., & Liu, Z. L. (2013). GC-MS analysis of insecticidal essential oil of aerial parts of *Echinops latifolius* Tausch. *J Chem.*, 2013, 249182.
- Locatelli, M.; Gindro, R.; Travaglia, F.; Coisson, J.D.; Rinaldi, M.; Arlorio, M. (2009). Study of the DPPH radical dot-scavenging activity: Development of a free software for the correct interpretation of data. *Food Chem.* 114, 889–897.
- Lock, J. M. In: Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B., & Lock, M. (Eds.). (2005). *Legumes of the World*. Kew Royal Botanic Gardens, London, 489–495.
- Loewenfeld, C., Back, P., & Bosanquet, P. (1980). *Britain's wild larder*. David & Charles. ISBN 0-7153-7971-2.
- Lojacono Pojero, M. (1891). *Flora Sicula o Descrizione delle piante vascolari spontanee o indigenate in Sicilia* (Vol. 1). Tipografia dello Statuto: Palermo.
- Lombardo, E., Bancheva, S., Domina, G., & Venturella, G. (2020). Distribution, ecological role and symbioses of selected shrubby species in the Mediterranean Basin: a review. *Plant Biosystems*, 154, 438–454.
- Lopez-Linares, J. C., Lucas, S., García-Cubero, M. T., Jiménez, J. J., & Coca, M. (2020). A biorefinery based on brewer's spent grains: Arabinoxylans recovery by microwave assisted pretreatment integrated with butanol production. *Industrial Crops and Products*, 158, 113044.
- Lord, J. M., Roberts, L. M., & Robertus, J. D. (1994). Ricin: structure, mode of action, and some current applications. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 8(2), 201–208.
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A., Hooper, D. U., Huston, M. A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D., & Wardle, D. A. (2001). Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science (New York, N.Y.)*, 294(5543), 804–808.
- Lougraimzi, H., Benhima, R., Kholssi, R., Fatima, E., Achbani, E. H., & Fadli, M. (2022). Chemical composition and insecticidal potential of *Pulicaria incisa* (Lam) essential oil from Moroccan plant against *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst.). *Biointerface Res. Appl. Chem.*, 12, 2262–2274.
- Lougraimzi, H., M'sou, S., Bouaichi, A., Kotba, I., & Hassan, A. E. (2020). Chemical characterization and in vitro evaluation of the antioxidant and antibacterial activity of *Pulicaria incisa* (Lam.) DC. essential oil. *Nat. Volatiles Essent. Oils*, 7, 35–43.
- Lu, C., Li, H., Li, C., Chen, B., & Shen, Y. (2018). Chemical composition and radical scavenging activity of *Amygdalus pedunculata* Pall leaves' essential oil. *Food Chem. Toxicol.*, 119, 368–374.
- Lu, Y., Sun, Y., Foo, Y. L., McNabb, W. C., & Molan, A. L. (2000). Phenolic glycosides of forage legume *Onobrychis viciifolia*. *Phytochemistry*, 55, 67–75.
- Lucarini, M., Durazzo, A., Romani, A., Campo, M., Lombardi-Boccia, G., & Cecchini, F. (2018). Bio-based compounds from grape seeds: A biorefinery approach. *Molecules*, 23(8), 1888.
- Łuczaj, Ł. J., & Szymański, W. M. (2007). Wild vascular plants gathered for consumption in the Polish countryside: a review. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*.
- Łuczaj, Ł. J. (2012). Ethnobotanical review of wild edible plants of Slovakia. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*.
- Łuczaj, Ł., Fressel, N., & Perković, S. (2013). Wild food plants used in the villages of the lake Vrana Nature Park (Northern Dalmatia, Croatia). *Acta Soc Bot Pol.*, 82, 275–281.

- Luithui, Y., Baghya Nisha, R., & Meera, M. S. (2019). Cereal by-products as an important functional ingredient: effect of processing. *Journal of food science and technology*, 56(1), 1–11.
- Lukhoba, C. W., Simmonds, M. S. J., & Paton, A. J. (2006). *Plectranthus*: A review of ethnobotanical uses. *J Ethnopharmacol.*, 103, 1–24.
- Lysiuk, R., & Darmohray, R. (2016). Pharmacology and Ethnomedicine of the Genus *Astragalus*. *Int J Pharmacol Phytochem Ethnomed.*, 3, 46–53.
- Ma, Z. F., & Zhang, H. (2017). Phytochemical constituents, health benefits, and industrial applications of grape seeds: A mini-review. *Antioxidants*, 6(3), 71.
- Ma, B., Ma, J., Li, B., Tao, Q., Gan, J., & Yan, Z. (2021). Effects of different harvesting times and processing methods on the quality of cultivated *Fritillaria cirrhosa* D. Don. *Food Science & Nutrition*, 9(6), 2853–2861.
- Maarfia, S., Zellagui, A., Alma, M. H., Göçeri, A., Karaoğul, F., & Gherraf, N. (2018). Essential oils of *Bellis sylvestris*, *Asteriscus maritimus* and *Artemisia campestris* stems growing in different areas in Algeria. *World Journal of Environmental Biosciences*, 7, 79–84.
- Maggio, A., Bruno, M., Spadaro, V., Scialaba, A., Senatore, F., & Oliviero, F. (2013). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activity of the essential oils from *Pimpinella tragi* Vill. subsp. *glauca* (C. Presl.) C. Brullo & Brullo (Apiaceae) growing wild in Sicily. *Natural Product Research*, 27, 2338–2346.
- Maggio, A., Riccobono, L., Spadaro, V., Campisi, P., Bruno, M., & Senatore, F. (2015). Volatile constituents of the aerial parts of *Pulicaria sicula* (L.) Moris growing wild in Sicily: Chemotaxonomic volatile markers of the genus *Pulicaria* Gaertn. *Chemistry & Biodiversity*, 12, 781–799.
- Mahadevan, S., & Park, Y. (2008). Multifaceted therapeutic benefits of *Ginkgo biloba* L.: Chemistry, efficacy, safety, and uses. *Journal of Food Science*, 73(1), R14–R19.
- Majdoub, S., Chaabane-Banaoues, R., Mokni, R. E., Chaieb, I., Piras, A., Porcedda, S., & Hammami, S. (2022). Composition, insecticidal and antifungal activities of Tunisian *Daucus setifolius* essential oil. *Waste and Biomass Valorization*, 13(7), 3161–3170.
- Malakov, P. Y., Papanov, G. Y., & Boneva, I. M. (1996). A clerodane diterpene from *Scutellaria altissima*. *Phytochemistry*, 41, 855–857.
- Mamadalieva, N. Z., Sharopov, F., Satyal, P., Azimova, S. S., & Wink, M. (2017). Composition of the essential oils of three Uzbek *Scutellaria* species (Lamiaceae) and their antioxidant activities. *Natural Product Research*, 31, 1172–1176.
- Manning, L., & Soon, J. M. (2016). Food safety, food fraud, and food defense: A fast evolving literature. *Journal of Food Science*, 81(4), R823–R834.
- Mansour, R. M. A., Ahmed, A. A., Melek, F. R., & Saleh, N. A. M. (1990). The flavonoids of *Pulicaria incisa*. *Fitoterapia*, 61, 186–187.
- Mansour, E. S. S., Maatooq, G. T., Khalil, A. T., Marwan, E. S. M., & Sallam, A. A. (2004). Essential oil of *Daucus glaber* Forssk. *Zeitschrift für Naturforschung C Journal of Biosciences*, 59, 373–378.
- Maoloni, A., Cardinali, F., Milanović, V., Osimani, A., Verdenelli, M., Coman, M., & Aquilanti, L. (2022). Exploratory study for probiotic enrichment of a sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) preserve in brine. *Foods*, 11, 2219.

- Marangon, M., Vincenzi, S., & Curioni, A. (2019). Wine fining with plant proteins. *Molecules*, 24, 2186.
- Marchal, R., Marchal-Delahaut, L., Lallement, A., & Jeandet, P. (2002a). Wheat gluten used as a clarifying agent of red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 177–184.
- Marchal, R., Marchal-Delahaut, L., Michels, F., Parmentier, M., Lallement, A., & Jeandet, P. (2002b). Use of wheat gluten as clarifying agent of musts and white wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53, 308–314.
- Marchese, A., Orhan, I. E., Daglia, M., Barbieri, R., Di Lorenzo, A., Nabavi, S. F., Gartzi, O., Izadi, M., & Nabavi, S. M. (2017). Antibacterial and antifungal activities of thymol: A brief review of the literature. *Food Chemistry*, 210, 402–414.
- Marchyshyn, S. M., Dakhym, I. S., & Lukanyuk, M. I. (2019). Volatile oil components of common daisy (*Bellis perennis* L.). *Farmatsevtichnyi Zhurnal*, 3, 61–65.
- Marco, J. A., Sanz, J. F., & Albiach, R. (1992). Caryophyllene derivatives from *Pulicaria dysenterica*. *Phytochemistry*, 31, 2409–2413.
- Marco, M. L., et al. (2017). Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94–102.
- Maresca, V., Badalamenti, N., Ilardi, V., Bruno, M., & Basile, A. (2023). The antioxidant properties and protective capacity of *Prangos trifida* and *Cachrys cristata* essential oils against Cd stress in *Lunularia cruciata* and *Brassica napus*. *Antioxidants*, 12, 793.
- Maroyi, A. (2022). *Pseudodictamnus africanus* (L.) Salmaki & Siadati (Lamiaceae): Ethnomedicinal uses, phytochemistry and pharmacological properties. *Plant Science Today*, 9(1), 1102–1109.
- Marsh, C. A. (1959). Flavone glucosiduronic acids in *Scutellaria* sp.: A correction. *Nature*, 183, 1824.
- Marston, A., Kissling, J., & Hostettmann, K. (2002). A rapid TLC bioautographic method for the detection of acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibitors in plants. *Phytochemical Analysis*, 13(1), 51–54.
- Martínez-Flores, F., Crespo, M. B., Simon, P. W., Ruess, H., Reitsma, K., Geoffriau, E., Allender, C., Mezghani, N., & Spooner, D. M. (2020). Subspecies variation of *Daucus carota* coastal (“gummifer”) morphotypes (Apiaceae) using genotyping-by-sequencing. *Systematic Botany*, 45, 688–702.
- Masoudi, S., & Rustaiyan, A., Mazloomifar, H. (2009). Composition of the essential oils of *Pimpinella anisactis* Rech.f. and *Pimpinella saxifraga* L. from Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 21, 146–148.
- Masoudi, S., Fathollahi, R., Taherkhani, M., Valadkhani, Z., Baradari, T., Cheraghi, M., & Rustaiyan, A. (2012). Volatile constituents of the aerial parts of *Torilis leptophylla* (L.) Reichenb., *Thecocarpus meifolius* Boiss., leaves of *Xanthogalum purpurascens* Ave. Lall. and flowers of *Astrodaucus orientalis* (L.) Drude. four Umbelliferae herbs from Iran. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 15, 934–942.
- Masoudi, S., Monfared, A., Rustaiyan, A., & Chalabian, F. (2005). Composition and antibacterial activity of the essential oils of *Semenovia dichotoma* (Boiss.) Manden., *Johreniopsis seseloides* (C. A. Mey) M. Pimen and *Bunium cylindricum* (Boiss. et Hohen.) Drude., three Umbelliferae herbs growing wild in Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 17, 691–694.
- Massini, L., et al. (2016). Quality markers of functional tomato juice with added apple phenolic antioxidants. *Beverages*, 2(1), 4.

- Masuda, T., Masuda, K., Shiragami, S., Jitoe, A., & Nakatani, N. (1992). Orthosiphon A and B, novel diterpenoid inhibitors of TPA (12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate)-induced inflammation, from *Orthosiphon stamineus*. *Tetrahedron*, 48, 6787–6792.
- Matejić, J. S., Džamić, A. M., Ristić, M. S., Randelović, V. N., & Marin, P. D. (2012). Essential oil composition of *Cachrys cristata* - A rare and endangered species in the flora of Serbia. *Natural Product Communications*, 7(2), 235–236.
- Matera, R., Lucchi, E., & Valgimigli, L. (2023). Plant Essential Oils as Healthy Functional Ingredients of Nutraceuticals and Diet Supplements: A Review. *Molecules* (Basel, Switzerland), 28(2), 901.
- Mathew, V. A. (1972). Pimpinella L. In P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey and East Aegean Islands* (Vol. 4, p. 352). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Matsubara, T., Bohgaki, T., Watarai, M., Suzuki, H., Ohashi, K., & Shibuya, H. (1999). Antihypertensive actions of methylripariochromene A from *Orthosiphon aristatus*, an Indonesian traditional medicinal plant. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 22, 1083–1088.
- Maurya, A., Dubey, B., Pandey, J., & Maurya, A. K. (2024). A comprehensive evaluation of coumarin derivatives and associated biological activities. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 9(2), 1552–1560.
- Mazur-Włodarczyk, K., & Gruszecka-Kosowska, A. (2024). Sustainable consumption and production of edible plants in the context of reaching the EU climate neutrality by 2050: A literature review. *Sustainability*, 16(24), 10822.
- Mazzoli, A., Donadio, G., Lanzilli, M., Saggese, A., Guarino, A. M., Rivetti, M., Crescenzo, R., Ricca, E., Ferrandino, I., Iossa, S., Pollice, A., & Isticato, R. (2019). *Bacillus megaterium* SF185 spores exert protective effects against oxidative stress in vivo and in vitro. *Scientific Reports*, 9, 12082.
- Meddour, R., & Meddour-Sahar, O. (2015). Medicinal plants and their traditional uses in Kabylia (Tizi Ouzou, Algeria). *Arab Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 1, 137–151.
- Medeiros-Neves, B., Teixeira, H. F., & von Poser, G. L. (2018). The genus *Pterocaulon* (Asteraceae): A review on traditional medicinal uses, chemical constituents and biological properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 224, 451–464.
- Meliani, N., El Amine Dib, M., Djabou, N., Costa, J., Allali, H., Tabti, B., & Muselli, A. (2013). Chemical composition and antimicrobial activity of *Daucus aureus* essential oils from Algeria. *Natural Product Communications*, 8(6), 835–840.
- Melikoğlu, G. (2015). The plants traditionally used to treatment of asthma in Turkey. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 19, 1–11.
- Menković, N., Šavikin, K., Tasić, S., Zdunić, G., Stešević, D., Milosavljević, S., & Vincek, D. (2011). Ethnobotanical study on traditional uses of wild medicinal plants in Prokletije Mountains (Montenegro). *Journal of Ethnopharmacology*, 133, 97–107.
- Menut, C., Lamaty, G., Weyerstahl, P., Marschall, H., Seelmann, I., & Zollo, P. H. A. (1997). Aromatic plants of tropical Central Africa. Part I. Tricyclic sesquiterpenes from the root essential oil of *Echinops giganteus* var. *lelyi* C. D. Adams. *Flavour and Fragrance Journal*, 12, 415–421.

- Meot-Duros, L., & Magné, C. (2009). Antioxidant activity and phenol content of *Crithmum maritimum* L. leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47, 37–41.
- Mesquita, L. S. F., Matos, T. S., Ávila, F. D. N., Batista, A. D. S., Moura, A. F., De Moraes, M. O., Da Silva, M. C. M., Ferreira, T. L. A., Nascimento, N. R. F., Monteiro, N. K. V., & Pessoa, O. D. L. (2021). Diterpenoids from leaves of cultivated *Plectranthus ornatus*. *Planta Medica*, 87, 124–135.
- Metwally, M., Dawidar, A., & Metwally, S. (1986). A new thymol derivative from *Pulicaria undulata*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 34, 378–379.
- MiPAAF. (2008). Linee guida per la conservazione e caratterizzazione della biodiversità di interesse agricolo. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.
- MiPAAF. (2013). Linee guida per la caratterizzazione e gestione delle varietà locali. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.
- Mira, H., Leite, P., Ricardo-Da-Silva, J., & Curvelo-Garcia, A. (2006). Plant proteins in wine fining: Influence on chemical and sensory characteristics. *Bulletin de l'OIV*, 79, 277–296.
- Mitich, L. W. (1997). English daisy (*Bellis perennis* L.). *Weed Technology*, 11, 626–628.
- Moerman, D. E., Pemberton, R. W., Kiefer, D., & Berlin, B. (1999). A comparative analysis of five medicinal floras. *Journal of Ethnobiology*, 19(1), 49–67.
- Mohammadhosseini, M., & Mahdavi, B. (2015). Chemical composition of the essential oil from aerial parts of *Scutellaria pinnatifida* A. Hamilt. ssp. *alpina* (Bornm.) Rech. f. (Lamiaceae) by using traditional hydrodistillation and microwave extraction methods: A comparative approach. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 18, 482–494.
- Mohammadhosseini, M., Frezza, C., Venditti, A., & Sarker, S. D. (2021). A systematic review on phytochemistry, ethnobotany and biological activities of the genus *Bunium* L. *Chemistry & Biodiversity*, 18, e2100317.
- Mohammadhosseini, M., Venditti, A., & Sarker, S. D. (2018). The genus *Echinops*: A review on traditional uses, phytochemistry and pharmacological activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 210, 345–368.
- Mokria, M., Gebretsadik, Y., Birhane, E., McMullin, S., Ngethe, E., Hadgu, K. M., Hagazi, N., & Tewolde Berhan, S. (2022). Nutritional and ecoclimatic importance of indigenous and naturalized wild edible plant species in Ethiopia. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 4, 100084.
- Monagas, M., Gómez-Cordovés, C., Bartolomé, B., Laureano, O., & Da Silva, J. M. (2003). Monomeric, oligomeric, and polymeric flavan-3-ol composition of wines and grapes from *Vitis vinifera* L. cv. Graciano, Tempranillo, and Cabernet Sauvignon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6475–6481.
- Morteza-Semnani, K., Saeedi, M., & Akbarzadeh, M. (2014). The essential oil composition of *Scutellaria tournefortii* Benth. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 17, 679–683.
- Mosadegh, M., Naghibi, F., Moazzeni, H., Pirani, A., & Esmaeili, S. (2012). Ethnobotanical survey of herbal remedies traditionally used in Kohghiluyeh va Boyer Ahmad province of Iran. *Journal of Ethnopharmacology*, 141, 80–95.
- Mróz, L., Ceborska, M., Hołderna-Kędzia, E., & Szwajgier, D. (2019). Polyphenolic profile and antioxidant activity of *Bellis perennis* L. herb. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 18(3), 271–278.
- Mubashar, N., Akhtar, J., Javaid, A., & Iqbal, M. F. (2021). Antifungal activity of *Echinops echinatus* essential oil against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Pakistan Journal of Phytopathology*, 33, 183–187.

- Murad, H. A. S., & Abdallah, H. M. I. (2014). Protective effect of *Ammi majus* Linn. and *Ammi visnaga* Linn. methanolic extracts on acetic acid-induced colitis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 156, 228–235.
- Murador, D. C., Salafia, F., Zoccali, M., Martins, P. L. G., Ferreira, A. G., Dugo, P., Mondello, L., de Rosso, V. V., & Giuffrida, D. (2019). Green extraction approaches for carotenoids and esters: Characterization of native composition from orange peel. *Antioxidants*, 8(12), 613.
- Mustafa, B., Hajdari, A., Krasniqi, F., Hoxha, E., Ademi, H., Quave, C. L., & Pieroni, A. (2012). Medical ethnobotany of the Albanian Alps in Kosovo. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8, 6.
- Nabi, B.G., Mukhtar, K., Ansar, S., Hassan, S.A., Hafeez, M.A., Bhat, Z.F., Mousavi Khaneghah, A., Haq, A.U., Aadil, R.M., 2024. Application of ultrasound technology for the effective management of waste from fruit and vegetable. *Ultrason. Sonochem.* 102, 106744.
- Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, S., & Ghorbani, A. (2005). Labiatae family in folk medicine in Iran: From ethnobotany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2, 63–79.
- Naik, S. N., Goud, V. V., Rout, P. K., & Dalai, A. K. (2010). Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 578–597.
- Najafizadeh, P., Dehpour, A. R., Zargari, M., Farsam, H., & Nakhai, L. A. (1999). Antihypertensive effect of aqueous extract of *Pimpinella anisum* L. seed in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 64, 179–184.
- Najar, B., Tomassini, L., Sisto, F., Nicoletti, M., & Giordani, C. (2020). Chemical composition of *Scutellaria rubicunda* Hornem. (Lamiaceae) and evaluation of its biological activity. *Natural Product Research*, 34, 1694–1698.
- Nakatani, N., & Sato, M. (1988). Antioxidative effects of *Rosmarinus officinalis* L. on peroxidation of methyl linoleate. *Agricultural and Biological Chemistry*, 52, 1245–1249.
- Napolitano, A., Di Napoli, M., Castagliuolo, G., Badalamenti, N., Cicio, A., Bruno, M., Piacente, S., Maresca, V., Cianciullo, P., Capasso, L., et al. (2022). The chemical composition of the aerial parts of *Stachys spreitzenhoferi* (Lamiaceae) growing in Kythira Island (Greece), and their antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative properties. *Phytochemistry*, 203, 113373.
- Nascimento, A. M. de, Brandão, M. G. L., Oliveira, G. R. R., & Braga, F. C. (2006). *Plectranthus barbatus* Andr. (Lamiaceae): Ethnobotanical, chemical, pharmacological, and toxicological aspects. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 58, 999–1006.
- Natarajan, K., Balasubramanian, S., & Ramalingam, K. (2014). Essential oil composition of *Echinops echinatus* Roxb. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 17, 1203–1207.
- Nehlig, A. (2016). Interindividual differences in caffeine metabolism and factors driving caffeine consumption. *Pharmacological Reviews*, 68(3), 857–875.
- Nekkaa, A., Benaissa, A., Lalaouna, A. E. D., Mutelet, F., & Canabady-Rochelle, L. (2021). Optimization of the extraction process of bioactive compounds from *Rhamnus alaternus* leaves using Box–Behnken experimental design. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 25, 100345.
- Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2020). Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. *Journal of Natural Products*, 83(3), 770–803.
- Nezhadali, A., Parsa, M., & Nabavi, M. (2014). Chemical composition of essential oil of *Ammi majus* L. fruits from Iran. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 17, 1185–1188.

- Ngezahayo, J., Mugisha, M. K., & Mutwewingabo, A. (2020). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in Rwanda for treatment of reproductive health problems. *Journal of Ethnopharmacology*, 248, 112309.
- Nickavar, B., & Mojab, F. (2003). Antioxidant compounds from *Scutellaria pinnatifida*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2, 59–61.
- Nickavar, B., Mojab, F., Javidnia, K., Amoli, M. A. R., & Amoli, M. R. (2008). Chemical composition of the essential oil of *Scutellaria pinnatifida* A. Hamilt. ssp. *pinnatifida*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 63, 467–470.
- Nigam, V., Singh, P., Shukla, R., Dubey, N. K., & Kumar, A. (2014). Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Echinops echinatus* Roxb. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 17, 881–887.
- Nikolova, M., Petrova, M., Zayova, E., & Geneva, M. (2014). Comparative study of in vitro cultures and intact plants of *Echinops bannaticus* Rochel ex Schrad. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36, 225–232.
- Nirmal, N. P., Khanashyam, A. C., Mundanat, A. S., Shah, K., Babu, K. S., Thorakkattu, P., Al-Asmari, F., & Pandiselvam, R. (2023). Valorization of Fruit Waste for Bioactive Compounds and Their Applications in the Food Industry. *Foods*, 12(3), 556.
- Nitta, A., Numata, A., & Takemura, T. (1993). Antifungal substances from an endophytic fungus *Chaetomium globosum*. *Journal of Antibiotics*, 46, 150–155.
- Niu, X., Chen, J., Yang, R., Chen, H., Li, S., & Li, P. (2012). A new phenolic glycoside from *Scutellaria barbata* D. Don. *Natural Product Research*, 26, 1281–1286.
- Noudogbessi, J. P., Sessou, P., Alitonou, G. A., & Sohounhloué, D. C. K. (2013). Chemical composition and biological activities of the essential oil extracted from leaves of *Echinops giganteus* var. *lelyi* C. D. Adams. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 16, 686–692.
- Nováková, J., & Pospíšilová, M. (2011). Flavonoids of *Scutellaria* genus. *Phytochemistry Reviews*, 10, 199–213.
- Nurshalina, C. R., Bacho, S. A., & Mustapa, A. N. (2022). Review on drying methods for herbal plants. *Materials Today Proceedings* 63(4).
- Obolskiy, D., Pischel, I., Feistel, B., Glotov, N., & Heinrich, M. (2011). *Orthosiphon stamineus* Benth.: A review of phytochemistry, pharmacology, and clinical properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 133, 2–24.
- Oganesyan, G. B., Galstyan, A. M., & Mnatsakanyan, V. A. (1992). Phenolic compounds of *Scutellaria pontica*. *Chemistry of Natural Compounds*, 28, 633–634.
- Oh, H., Kang, D. G., Kwon, J. W., Kwon, T. O., Lee, S. Y., Lee, H. S., & Kim, Y. C. (2002). Isolation of vasorelaxant compounds from *Scutellaria baicalensis*. *Planta Medica*, 68, 1039–1041.
- Okuyama, E., Ebihara, H., Takeuchi, H., & Yamazaki, M. (1987). Studies on the antinociceptive principles of *Scutellaria baicalensis* Georgi. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 35, 428–433.
- Olennikov, D. N., Kashchenko, N. I., Chirikova, N. K., & Nikolaev, V. M. (2017). Phenolic profile of *Scutellaria scordiifolia* Fisch. ex Schrank. *Chemistry of Natural Compounds*, 53, 374–376.
- Olennikov, D. N., Kashchenko, N. I., Chirikova, N. K., & Nikolaev, V. M. (2018). Phenolic compounds of *Scutellaria baicalensis*. *Chemistry of Natural Compounds*, 54, 682–684.
- Olennikov, D. N., Kashchenko, N. I., Chirikova, N. K., & Nikolaev, V. M. (2019). Phenolic profile of *Scutellaria galericulata* L. *Chemistry of Natural Compounds*, 55, 366–368.

- Oliveira, T. B., de Almeida, V. P., do Carmo, M. R., Ferreira, J. L. P., Matias, E. F. F., de Oliveira, M. R., Lemos, T. L. G., & de Moraes, S. M. (2017). Antibacterial activity of *Plectranthus ornatus* essential oil against oral pathogens. *Pharmaceutical Biology*, 55, 1633–1637.
- Omurkamzinova, V. B., & Gorovits, M. B. (1999). Flavonoids of *Scutellaria orientalis*. *Chemistry of Natural Compounds*, 35, 247–248.
- Orhan IE, Tosun F, Skalicka-Woźniak K. (2016). Cholinesterase and tyrosinase inhibitory, and antioxidant potential of randomly selected Umbelliferous plant species and the chromatographic profile of *Heracleum platytaenium* Boiss. and *Angelica sylvestris* L. var. *syvestris*. *J Serb Chem Soc.* 81:357-368.
- Oshima, N., Yamashita, K., Hirasawa, Y., Shiro, M., Morita, H., & Kobayashi, J. (2002). New diterpenes from *Orthosiphon stamineus*. *Tetrahedron*, 58, 9287–9292.
- Oswell, N. J., Thippareddi, H., & Pegg, R. B. (2018). Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. *Meat Science*, 145, 469–479.
- Özcan, M. M., & Arslan, D. (2011). Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils. *Food Chemistry*, 129(1), 171–174. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.055>
- Özçelik, B., Orhan, D. D., Özgen, S., & Ergun, F. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids against 17 clinical isolates of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Phytotherapy Research*, 19, 1037–1040.
- Özçelik, B., Orhan, I. E., & Toker, G. (2012). Antiviral and antimicrobial assessment of some selected flavonoids. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 67, 189–196.
- Özçelik, B., Orhan, I. E., Karaoğlu, T., & Şener, B. (2009). Evaluation of antibacterial, antifungal, antiviral, and antioxidant activities of selected *Umbelliferae* plants. *Turkish Journal of Biology*, 33, 197–204.
- Özçelik, H., Aksakal, O., & Malyer, H. (1997). Flora and ethnobotany of the vicinity of Kadişehri (Yozgat). *Ot Sistemati Botanik Dergisi*, 4(1), 63–72.
- Özdemir, E., Özgen, U., & Coşkun, M. (2003). Essential oil composition of *Pimpinella aurea* DC. *Journal of Essential Oil Research*, 15, 180–181.
- Özkan, A. M. G., & Erdoğan, T. F. (2017). Ethnobotanical features of some plants in the district of Mut (Mersin/Turkey). *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3 Suppl), S240–S243.
- Padulosi, S., Heywood, V., Hunter, D., & Jarvis, A. (2011). Underutilized species and climate change: Current status and outlook. In H. L.-C., A. E. H. Shyam S. Yadav, R. J. Redden, & J. L. Hatfield (Eds.), *Crop adaptation to climate change* (1st ed.). John Wiley & Sons, Ltd.
- Palá-Paúl, J., Pérez-Alonso, M. J., Velasco-Negueruela, A., & Sanz, J. (2001). Analysis by gas chromatography–mass spectrometry of the essential oil from *Crithmum maritimum* L. growing in the Canary Islands. *Journal of Chromatography A*, 936, 91–95.
- Palá-Paúl, J., Pérez-Alonso, M. J., Velasco-Negueruela, A., & Sanz, J. (2004). Essential oil composition of *Crithmum maritimum* L. growing in Madrid, Spain. *Journal of Essential Oil Research*, 16, 18–19.
- Pala-Paul, J., Usano-Aleman, J., & Soria, A. C. (2005). Essential oil composition of *Crithmum maritimum* L. from Spain. *Journal of Essential Oil Research*, 17, 176–178.
- Pallàs, M., Casadesús, G., Smith, M. A., Coto-Montes, A., Pelegri, C., Vilaplana, J., & Camins, A. (2009). Resveratrol and other polyphenols in aging and age-related diseases. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1790(10), 1117–1125.

- Pant, C. C., Melkani, A. B., Mohan, L., & Dev, V. (2011). Composition and antibacterial activity of essential oil from *Scutellaria grossa* Wall ex Benth. *Natural Product Research*, 26(2), 190–192.
- Panossian, A., & Wikman, G. (2010). Effects of adaptogens on the central nervous system and the molecular mechanisms associated with their stress-protective activity. *Pharmaceuticals*, 3(1), 188–224.
- Papargyropoulou, E., Lozano, R. K. M., Steinberger, J. K., Wright, N., & Ujang, Z. (2014). The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *Journal of Cleaner Production*, 76, 106–115.
- Parbuntari, H., Hartati, R., & Mun'im, A. (2020). A review: Phytochemistry and pharmacological activities of *Orthosiphon stamineus* Benth. *Pharmacognosy Journal*, 12(2), 439–445.
- Pardo-de-Santayana, M., Pieroni, A., Macía, M. J., & Vallès, J. (2007). Traditional knowledge of wild edible plants used in the northwest of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal): A comparative study. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3, 27.
- Park, B. Y., Min, B. S., Oh, S. R., Kim, J. H., Bae, K. H., Lee, H. K., & Ahn, K. S. (2001). Isolation of flavonoids from *Scutellaria baicalensis* with cytotoxic activity against human cancer cell lines. *Planta Medica*, 67, 396–398.
- Park, J. H., Lee, H. J., & Cho, J. Y. (2017). Anti-inflammatory effects of *Pimpinella brachycarpa* (Chamnamul) in RAW 264.7 cells and mouse models. *Journal of Ethnopharmacology*, 195, 106–114.
- Park, K. H., Kim, H. S., Lee, Y. J., Lee, S. Y., & Jeong, T. S. (2004). Effects of *Scutellaria baicalensis* extracts on LDL oxidation and atherosclerosis in hypercholesterolemic rabbits. *Journal of Ethnopharmacology*, 93, 123–129.
- Parodi, L. F. (1978). *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardiner*. Buenos Aires: ACME.
- Pasias, I. N., Ntakoulas, D. D., Raptopoulou, K., Gardeli, C., & Proestos, C. (2021). Chemical composition of essential oils of aromatic and medicinal herbs cultivated in Greece—Benefits and drawbacks. *Foods*, 10, 2354.
- Passalacqua, N. G., Guarrera, P. M., & De Fine, G. (2007). Contribution to the knowledge of the folk plant medicine in Calabria region (Southern Italy). *Fitoterapia*, 78, 52–68.
- Pathania, S., & Kaur, N. (2022). Utilization of fruits and vegetable by-products for isolation of dietary fibres and its potential application as functional ingredients. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 27, 100295.
- Paton, A. J., Springate, D., Suddee, S., Otieno, D., Grayer, R. J., Harley, M. M., Willis, F., Simmonds, M. S. J., Powell, M. P., & Savolainen, V. (2004). Phylogeny and evolution of basil and allies (Ocimeae, Labiatae) based on three plastid DNA regions. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 31, 277–299.
- Pavithra, P. S., Mehta, A., & Verma, R. S. (2018a). Induction of apoptosis by essential oil from *P. missionis* in skin epidermoid cancer cells. *Phytomedicine*, 5, 184–195.
- Pavithra, P. S., Mehta, A., & Verma, R. S. (2018b). Aromadendrene oxide 2 induces apoptosis in skin epidermoid cancer cells through ROS mediated mitochondrial pathway. *Life Sciences*, 197, 19–29.
- Pawar, J. C., Kandekar, U. Y., Vichare, V. S., & Ghavane, P. N. (2021). Production and analysis of lip balm using herbal resources. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33(59A), 540–546.
- Penchev, P. N., Nachkova, S. R., Vasileva, T. A., & Bozov, P. I. (2014). ¹H and ¹³C NMR analysis of the neo-clerodane diterpenoid scutecyprin. *Natural Product Communications*, 9, 1065–1068.

- Pericin, C. (2020). Piante selvatiche commestibili dell'Istria (pp. 488–528). Sintesi, Pola.
- Perra, M., Bacchetta, G., Muntoni, A., De Gioannis, G., Castangia, I., Rajha, H. N., Manca, M. L., & Manconi, M. (2022). An outlook on modern and sustainable approaches to the management of grape pomace by integrating green processes, biotechnologies and advanced biomedical approaches. *Journal of Functional Foods*, 98, 105276.
- Perrino, E. V., & Wagensommer, R. P. (2022). Crop wild relatives (CWRs) threatened and endemic to Italy: Urgent actions for protection and use. *Biology*, 11, 193.
- Peruzzi, L., Domina, G., Bartolucci, F., Galasso, G., Peccenini, S., Raimondo, F. M., Albano, A., Alessandrini, A., Banfi, E., & Barberis, G. (2015). An inventory of the names of vascular plants endemic to Italy, their loci classici and types. *Phytotaxa*, 196(1), 1–217.
- Peter, K. V. (Ed.). (2001). *Handbook of herbs and spices: Volume 1* (pp. 173–178). Woodhead Publishing.
- Petruk, G., Donadio, G., Lanzilli, M., Isticato, R., & Monti, D. M. (2018). Alternative use of *Bacillus subtilis* spores: Protection against environmental oxidative stress in human normal keratinocytes. *Scientific Reports*, 8, 1745.
- PFAF. (2025). *Plants for a Future*. <https://pfaf.org>
- Phillips, R., & Foy, N. (1990). *Herbs*. Pan Books Ltd.
- Piatti, D., Angeloni, S., Maggi, F., Caprioli, G., Ricciutelli, M., Arnoldi, L., Bosisio, S., Mombelli, G., Drenaggi, E., & Sagratini, G. (2023). Comprehensive characterization of phytochemicals in edible sea fennel (*Crithmum maritimum* L., Apiaceae) grown in central Italy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104884.
- Picariello, L., Rinaldi, A., Moio, L., Moine, V., & Gambuti, A. (2023). Fining strategies for quercetin deposit prevention in Sangiovese wines. *LWT – Food Science and Technology*, 185, 115218.
- Pieroni, A., & Giusti, M. (2009). Alpine ethnobotany in Italy: Traditional knowledge of gastronomic and medicinal plants among the Occitans of the upper Varaita valley, Piedmont. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5, 1–13.
- Pieroni, A., & Quave, C. L. (Eds.). (2014). *Ethnobotany and biocultural diversities in the Balkans: Perspectives on sustainable rural development and reconciliation* (255 pp.). Springer.
- Pignatti, E., Pignatti, S., Nimis, P., & Avanzini, A. (1980). *La vegetazione ad arbusti spinosi emisferici: contributo alla interpretazione delle fasce di vegetazione delle alte montagne dell'Italia mediterranea*. Rome: Consiglio Nazionale delle Ricerche, AQ/1/79.
- Pignatti, S. (2017). *Flora d'Italia* (Vol. 3). Edagricole, Bologna: New Business Media.
- Pignatti, S., Guarino, R., & La Rosa, M. (2017–2019). *Flora d'Italia* (Edizione II). Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media s.r.l., Bologna.
- Pignatti, S., Guarino, R., & La Rosa, M. (2018). *Flora d'Italia* (2nd ed., pp. 547–548). Edagricole di New Business Media, Bologna.
- Pinela, J., Barros, L., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. (2011). Influence of the drying method in the antioxidant potential and chemical composition of four shrubby flowering plants from the tribe Genisteae (Fabaceae). *Food and Chemical Toxicology*, 49, 2983–2989.
- Pistelli, L. (2002). Secondary metabolites of genus *Astragalus*: Structure and biological activity. In A.-u.-R. Rahman (Ed.), *Studies in Natural Product Chemistry* (Vol. 27, pp. 443–545). Elsevier Science B.V.

- Podlech, D. (1986). Die Europäischen Vertreter der Gattung *Astracantha* Podl. (Leguminosae). *Mitteilungen der Botanischen Staatssammlung München*, 22, 513–569.
- Podlech, D. (2008). *Thesaurus Astragalorum: Index of all taxa described within the genus Astragalus L. and other genera but belonging to the genus Astragalus: taxa of the Old World and related taxa of the New World.* München.
- Polat, R., Çakılcıoğlu, U., & Satıl, F. (2013). Traditional uses of medicinal plants in Solhan (Bingöl—Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 148, 951–963.
- Polatoğlu, K., Karakoç, Ö. C., Yücel, Y., Gücel, S., Demirci, B., Başer, K. H. C., & Demirci, F. (2016). Insecticidal activity of edible *Crithmum maritimum* L. essential oil against Coleopteran and Lepidopteran insects. *Industrial Crops and Products*, 89, 383–389.
- Polhill, R. M. (1976). Genisteae (Adans.) Benth. and related tribes. *Bot. Syst.*, 1, 143–368
- Popov, M., et al. (2017). Content of flavan-3-ol monomers and gallic acid in grape seeds by variety and year. *Vitis: Journal of Grapevine Research*, 56, 45–48.
- Porrello, A., Vaglica, A., Badalamenti, N., Ilardi, V., & Bruno, M. (2023). The chemical composition of the aerial parts' essential oil of *Nepeta apuleji* Ucria (Lamiaceae) growing in Sicily (Italy). *Natural Product Research*.
- Posey, D. A. (Ed.). (2002). *Kayapó ethnoecology and culture* (K. Plenderleith, Ed.; Vol. 6, *Studies in Environmental Anthropology*). Routledge.
- POWO. (2025). Plants of the World Online. Retrieved August 18, 2025, from <https://powo.science.kew.org/>
- Pradubyat, N., Wunnakup, T., Praparatana, R., Wongwiwatthananut, S., Jongrungruangchok, S., Songsak, T., Madaka, F., & Sudsai, T. (2024). Evaluation of antioxidant and anti-inflammatory properties, bioactive compound profiling, and molecular mechanisms of a multicomponent Thailand herbal formulation. *Phytomedicine Plus*, 4(4), 100662.
- Prajapati, N. D., Purohit, S. S., Sharma, A. K., & Kumar, T. (2003). *A hand book of medicinal plants*. Agrobios (India), Jodhpur.
- Pramod, K., Ansari, S. H., & Ali, J. (2010). Eugenol: A natural compound with versatile pharmacological actions. *Natural Product Communications*, 5, 1999–2006.
- Prance, G. T. (1995). What is ethnobotany today? In R. E. Schultes & S. von Reis (Eds.), *Ethnobotany: Evolution of a discipline*.
- Prassas, I., & Diamandis, E. P. (2008). Novel therapeutic applications of cardiac glycosides. *Nature Reviews Drug Discovery*, 7(11), 926–935.
- Punt, W., & Hoen, P. P. (2009). The Northwest European pollen flora. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 157, 22–183.
- Qasem, J. R. (2015). *Prospects of wild medicinal and industrial plants in Qatar*. Qatar University Press.
- Qiaoyun, C., Xinghong, N., Liang, Z., Zheng, T., Jin, L., Kang, S., et al. (2017). Optimization of protein extraction and decoloration conditions for tea residues. *Horticultural Plant Journal*, 3(4), 172–176.
- Que, F., Hou, X. L., Wang, G. L., Xu, Z. S., Tan, G. F., Li, T., Wang, Y. H., Khadr, A., & Xiong, A. S. (2019). Advances in research on the carrot, an important root vegetable in the Apiaceae family. *Horticulture Research*, 6(1), 1–15.

- Qureshi, K. A., Parvez, A., Uzzaman Khan, M. M., Aspatwar, A., Atiya, A., Elhassan, G. O., Khan, R. A., Erattil Ahammed, S. Y., Khan, W. U., & Jaremko, M. (2024). Exploring nature's hidden treasure: Unraveling the untapped phytochemical and pharmacological potentials of *Clinopodium vulgare* L.—A hidden gem in the Lamiaceae family. *Heliyon*, 10, e24781.
- Raal, A., Jaama, M., Utt, M., Püssa, T., Žvikas, V., Jakštas, V., Koshovyi, O., Nguyen, K. V., & Nguyen, H. T. (2022). The phytochemical profile and anticancer activity of *Anthemis tinctoria* and *Angelica sylvestris* used in Estonian ethnomedicine. *Plants*, 11, 994.
- Raal, A., Orav, A., Nesterovitsch, J., & Maidla, K. (2016). Analysis of carotenoids, flavonoids and essential oil of *Calendula officinalis* cultivars growing in Estonia. *Natural Product Communications*, 11, 1157–1160.
- Radulović, N. S., & Denić, M. S. (2013). Essential oils from the roots of *Echinops bannaticus* Rochel ex Schrad. and *Echinops sphaerocephalus* L. (Asteraceae): Chemotaxonomic and biosynthetic aspects. *Chemistry & Biodiversity*, 10, 658–676.
- Radulović, N., Dordevic, N., & Stojanović-Radić, Z. (2011). Volatiles of the Balkan endemic *Daucus guttatus* ssp. *zahariadii* and cultivated and wild-growing *D. carota* — a comparison study. *Food Chemistry*, 125, 35–43.
- Rahimpour, Y., Doorandishan, M., Dehsheikh, A. B., Sourestani, M. M., & Mottaghipisheh, J. (2023). A review on *Torilis japonica*: Ethnomedicinal, phytochemical, and biological features. *Chemistry & Biodiversity*, 20, e202201071.
- Rahmani, B., Shiraz, N. J., Masnabadi, N., Masoudi, S., Monfared, A., Larijani, K., & Rustaiyan, A. (2008). Volatile constituents of *Alococarpum erianthum* (DC) H. Riedl & Kuber, *Ferula ovina* (Boiss.) Boiss. and *Pimpinella affinis* Ledeb.: Three Umbelliferae herbs growing wild in Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 20, 232–235.
- Raja, S., Ahamed, K. F. H. N., Kumar, V., Mukherjee, K., Bandyopadhyay, A., & Mukherjee, P. K. (2007). Antioxidant effect of *Cytisus scoparius* against carbon tetrachloride treated liver injury in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 109, 41–47.
- Rajasekar, M., Bhuvanesh, P., Varada, P., & Selvam, M. (2023). Review on anticancer activity of flavonoid derivatives: Recent developments and future perspectives. *Results in Chemistry*, 6, 101059.
- Ranadheera, C. S., Baines, S. K., & Adams, M. C. (2010). Importance of food in probiotic efficacy. *Food Research International*, 43(1), 1–7.
- Rani, M., Jindal, S., Anand, R., Sharma, N., Ranjan, K.R., Mukherjee, M.D. and Mishra, V. (2023). Plant Essential Oils and Their Constituents for Therapeutic Benefits. In *Essential Oils*, Inamuddin (Ed.).
- Rascio, N., & La Rocca, N. (2013). Biological nitrogen fixation. *Journal of System and Environmental Science*, 412–419.
- Rauter, A. P., Martins, A., Lopes, R., Ferreira, J., Serralheiro, L. M., Araújo, M. E., Borges, C., Justino, J., Silva, F. V., Goulart, M., Ouates, J. T., Rodrigues, J. A., Edwards, E., Noronha, J. P., Pinto, R., & Mota-Filipe, H. (2009). Bioactivity studies and chemical profile of the antidiabetic plant *Genista tenera*. *Journal of Ethnopharmacology*, 122, 384–393.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231–1237.
- Rechinger, K. H. (Ed.). (1984). *Tribus Hedysareae, Papilionoideae II*. Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Graz.

- Reduron, J. P., Boulanger, A., Joyeux, C., Dubois-Laurent, C., Huet, S., & Geoffriau, E. (2019). Phytochemistry of *Daucus carota* wild populations in Corsica (France). *Acta Horticulturae*, 1264, 157–164.
- Redžić, S. (2006). Wild edible plants and their traditional use in human nutrition in Bosnia and Herzegovina. *Ecology of Food and Nutrition*, 45(3), 189–232.
- Regina, K. M. M., Adama, H., Jeanne, M., & Odile, N. (2015). Ethnobotany and ethnopharmacognosy of Lamiaceae species from Central Burkina Faso: *Leucas martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia opposita* Vahl and *Orthosiphon pallidus* Royle ex Benth. *American Journal of Ethnomedicine*, 2, 219–232.
- Regolamento (CE) n. 852/2004 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004 sull'igiene dei prodotti alimentari. (2004). *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea*, L226, 3–31.
- Renna, M. (2018). Reviewing the prospects of sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) as emerging vegetable crop. *Plants*, 7, 92.
- Retief, E. (2000). Lamiaceae (Labiateae). In O. A. Leistner (Ed.), *Seed Plants of Southern Africa: Strelitzia* (Vol. 10, pp. 323–334).
- Reuter, J., Merfort, I., & Schempp, C. M. (2010). Botanicals in dermatology: an evidence-based review. *American journal of clinical dermatology*, 11(4), 247–267.
- Rezaee, M. B., Jaimand, K., & Karimi, M. (2006). Chemical constituents of the essential oil from *Astragalus microcephalus* Willd. *Journal of Essential Oil Research*, 18, 84–85.
- Ribeiro, L. F., Ribani, R. H., Francisco, T. M. G., Soares, A. A., Pontarolo, R., & Haminiuk, C. W. I. (2015). Profile of bioactive compounds from grape pomace (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) by spectrophotometric, chromatographic and spectral analyses. *Journal of Chromatography B*, 1007, 72–80.
- Rijo, P., Simões, M. F., & Rodríguez, B. (2005). Structural and spectral assignment of three forskolin-like diterpenoids isolated from *Plectranthus ornatus*. *Magnetic Resonance in Chemistry*, 43, 595–598.
- Rijo, P., Gaspar-Marques, C., Simões, M. F., Jimeno, M. L., & Rodríguez, B. (2007). Further diterpenoids from *Plectranthus ornatus* and *P. grandidentatus*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35, 215–221.
- Rizzi, C., Mainente, F., Pasini, G., & Simonato, B. (2016). Hidden exogenous proteins in wine: Problems, methods of detection and related legislation – a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 34, 93–104.
- Roberts, M.F. and Wink, M. (1998) *Alkaloids: Biochemistry, Ecology and Medicinal Application*. Plenum Press, New York.
- Rocha, L. (2016). Aniseed (*Pimpinella anisum*, Apiaceae) oils. In V. R. Preedy (Ed.), *Essential oils in food preservation, flavor and safety* (pp. 209–213). Elsevier.
- Rodríguez, M. F., Rugolo de Agrasar, Z. E., & Aschero, C. A. (2006). El uso de las plantas en unidades domésticas del sitio arqueológico Punta de la Peña, Puna meridional argentina. *Chungara*, 38(2), 257–271.
- Rosatella, A. A., Simeonov, S. P., Frade, R. F. M., & Afonso, C. A. M. (2011). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) as a building block platform: Biological properties, synthesis and synthetic applications. *Green Chemistry*, 13(4), 754–793.
- Rosselli, S., Maggio, A., Piozzi, F., Simmonds, M. S. J., & Bruno, M. (n.d.). Extremely potent antifeedant neoclerodane derivatives of scutecyprol A. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 7867–7871.

- Rosselli, S., Tundis, R., Bruno, M., Leporini, M., Falco, T., Gagliano Candela, R., Badalamenti, N., & Loizzo, M. R. (2020). *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) seeds oil: Fatty acids profiling by GC-MS and NMR and bioactivity. *Molecules*, 25, 1037.
- Rossi, P. G., Berti, L., Panighi, J., Luciani, A., Maury, J., Muselli, A., de Rocca Serra, D., Gonny, M., & Bolla, J. M. (2007). Antibacterial action of essential oils from Corsica. *Journal of Essential Oil Research*, 19, 176–182.
- Ruiz-Ruiz, J. C., Moguel-Ordoñez, Y. B., Matus-Basto, A. J., & Segura-Campos, M. R. (2015). Antidiabetic and antioxidant activity of *Stevia rebaudiana* extracts (Var. Morita) and their incorporation into a potential functional bread. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7894–7903.
- Russo, R., Corasaniti, M. T., Bagetta, G., & Morrone, L. A. (2015). Exploitation of cytotoxicity of some essential oils for translation in cancer therapy. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 397821.
- Sá, A. G. A., Silva, D. C. da, Pacheco, M. T. B., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2021). Oilseed by-products as plant-based protein sources: Amino acid profile and digestibility. *Future Foods*, 3, 100023.
- Saad, H. E. A., Ahmed, A. F., Lahloub, M. F., & Halim, A. F. (1995a). Crocatone and coumarins from the roots of *Torilis arvensis*. *Mansoura Journal of Pharmaceutical Sciences*, 11, 35–42.
- Saad, H. E. A., El-Sharkawy, S. H., & Halim, A. F. (1995b). Composition of the essential oils of the leaves and stems of *Torilis arvensis*. *Pharma Acta Helvetiae*, 70, 85–87.
- Sadashiva, C. T., Sharanappa, P., Naidoo, Y., Sulaimon, C. T., & Balachandran, I. (2013). Chemical composition of essential oil from *Orthosiphon diffuses* Benth. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7, 170–172.
- Sáenz Laín, C. (1981). Research on *Daucus* L. (Umbelliferae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 37, 481–534.
- Sahingil, D. (2019). GC/MS-olfactometric characterization of the volatile compounds, determination antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from flowers of *Calendula* (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22, 1–10.
- Saini, R. K., Khan, M. I., Kumar, V., Shang, X., Lee, J. H., & Ko, E. Y. (2025). Bioactive Compounds of Agro-Industrial By-Products: Current Trends, Recovery, and Possible Utilization. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 14(6), 650.
- Sajjadi, S. E. (2005). Analysis of the essential oil of *Nepeta sintenisii* Bornm. from Iran. *Daru*, 13, 61–64.
- Sajjadi, S. E., & Mehregan, I. (2005). Chemical constituents of the essential oil of *Nepeta daenensis* Boiss. *Journal of Essential Oil Research*, 17, 563–564.
- Sak, K., Jürisoo, K., & Raal, A. (2014). Estonian folk traditional experiences on natural anticancer remedies: From past to the future. *Pharmacology & Biology*, 52, 855–866.
- Saleem, H., Yaqub, A., Rafique, R., Ali Chohan, T., Malik, D.-e.-S., Tousif, M. I., Khurshid, U., Ahemad, N., Ramasubburayan, R., & Rengasamy, K. R. R. (2024). Nutritional and medicinal plants as potential sources of enzyme inhibitors toward the bioactive functional foods: An updated review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64, 9805–9828.
- Salem, Y., Rajha, H. N., van den Broek, L. A. M., Safi, C., Togtema, A., Manconi, M., Manca, M. L., Debs, E., Hobaika, Z., Maroun, R. G., & Louka, N. (2022). Multi-step biomass fractionation of grape seeds from pomace, a zero-waste approach. *Plants*, 11(21), 2831.

- Salleh, W. M. N. H. W., Kassim, H., & Tawang, A. (2021). Volatile components and biological activities of *Pulicaria* essential oils: A review. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 98, 49–58.
- Samai, Z., Toudert, N., Djilani, S. E., Dadda, N., Zakkad, F., & Hamel, T. (2023). *Chemistry & Biodiversity*, 20, e202200620.
- Samavardhana, K., et al. (2015). Effects of extracting conditions on phenolic compounds and antioxidant activity from different grape processing byproducts. *International Food Research Journal*, 22(3), 1169–1179.
- Samba, M., Hadou, A., Kaihil, A., Boumediana, A. I., Deida, M. V., Essassi, E. M., & Minnih, M. S. (2016). Phytochemical screening, antioxidant activity and isolation of the compounds of *Pulicaria incisa*. *Der Pharma Chemica*, 8, 240–244.
- Samorini, G. (2019). *Etnobotanica. Gli usi delle piante nel mondo tradizionale*. Società Editrice Fiorentina.
- Santamaria, P., & Ronchi, L. 2016. Varietà da conservazione in Italia: lo stato dell'arte per le specie orficole. *Italus Hortus* 23 (2): 29-44, www.soihs.it.
- Santos, L. d. S., Silva, V. R., de Castro, M. V. L., Dias, R. B., Valverde, L. d. F., Rocha, C. A. G., Soares, M. B. P., Quadros, C. A., Dos Santos, E. R., Oliveira, R. M. M., Carlos, R. M., Nogueira, P. C. L., & Bezerra, D. P. (2023). New ruthenium-xanthoxylin complex eliminates colorectal cancer stem cells by targeting the heat shock protein 90 chaperone. *Cell Death & Disease*, 14, 832.
- Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2011). Effects of particle size, extraction time and temperature, and derivatization time on determination of theanine in tea. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(8), 1130–1135.
- Sarkar, N., Ghosh, S. K., Banerjee, S., & Aikat, K. (2012). Bioethanol production from agricultural wastes: An overview. *Renewable Energy*, 37(1), 19–27.
- Sarker, S. D., & Nahar, L. (2004). Natural medicine: The genus *Angelica*. *Current Medicinal Chemistry*, 11, 1479–1500.
- Sarker, S. D., Nahar, L., Rahman, M. M., Siakalima, M., Middleton, M., Byres, M., & Kumarasamy, Y. (2005). Bioactivity of umbelliprenin, the major component found in the seeds of *Angelica sylvestris*. *Ars Pharmaceutica*, 46, 35–41.
- Sartal, A., Bellas, R., Mejías, A. M., & García-Collado, A. (2014). The sustainable manufacturing concept, evolution and opportunities within Industry 4.0: A literature review. *Advances in Mechanical Engineering*, 12(5).
- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Yoga Latha, L. (2011). Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plant extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(1), 1–10.
- Sathasivam, R., Kim, N. S., Lim, J., Yang, S. H., Kim, B., Park, H. W., Kim, J. K., & Park, S. U. (2025). Comprehensive analysis of primary and secondary metabolites and antioxidant activities provides insights into metabolic profiling of different organs of *Pimpinella brachycarpa* Nakai. *Food Chemistry*, 468, 142394.
- Savelev, S., Okello, E., Perry, N. S. L., Wilkins, R. M., & Perry, E. K. (2003). Synergistic and antagonistic interactions of anticholin-esterase terpenoids in *Salvia lavandulaefolia* essential oil. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 75, 661–668.
- Savoca, D., Sgadari, F., Porrello, A., Vaglica, A., Crisafulli, A., Schicchi, R., & Bruno, M. (2025). The volatile profile of the Sicilian *Centaurea tauromenitana* Guss. (= *Colymbada tauromenitana* (Guss.) Holub) and its comparison with other *Colymbada* species. *Journal of Essential Oil Research*, 1–13.

- Sayed-Ahmad, B., Talou, T., Saad, Z., Hijazi, A., & Merah, O. (2017). The Apiaceae: Ethnomedicinal family as source for industrial uses. *Industrial Crops and Products*, 109, 661–671.
- Schicchi, R., Marino, P., & Raimondo, F. M. (2013). Il dinamismo della vegetazione in un massiccio montuoso rappresentativo della Sicilia: le Madonie. *Colloq Phytosociol*, 29, 627–646.
- Schöpke, T., Hiller, K., Wray, V., Koppel, K. D., Yamasaki, K., & Kasai, R. (1994). Triterpenoid saponins from *Bellis sylvestris*, I. Structures of the major deacylsaponins. *Journal of Natural Products*, 57, 1279–1282.
- Schöpke, T., Hiller, K., Wray, V., Nimtz, M. (1996). Application of MS-MS for the rapid, comparative analysis of saponin mixtures as exemplified by the deacylated and partially deacylated triterpenoid saponins of *Bellis annua*. *Planta Medica*, 62, 336–340.
- Schöpke, T., Thiele, H., Wray, V., Nimtz, M., & Hiller, K. (1995). Structure elucidation of a glycoside of 2 β ,3 β ,23-trihydroxy-16-oxoolean-12-en-28-oic acid from *Bellis bernardii* using mass spectrometry for the sugar sequence determination. *Journal of Natural Products*, 58, 152–155.
- Schulp, C. J. E., Thuiller, W., & Verburg, P. H. (2014). Wild food in Europe: A synthesis of knowledge and data of terrestrial wild food as an ecosystem service. *Ecological Economics*, 105, 292–305.
- Schultes, R. E., & von Reis, S. (Eds.). (1995). *Ethnobotany: Evolution of a discipline*. Chapman & Hall.
- Schut, G. A., & Zwaving, H. (1986). Content and composition of the essential oil of *Orthosiphon aristatus*. *Planta Medica*, 52, 240–241.
- Sefidkon, F., & Shaabani, A. (2003). Analysis of the oil of *Hippomarathrum microcarpum* (M. B.) B. Fedtsch. from Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 15(4), 261–262.
- Sefidkon, F., Gooshegir, S. A., Bahmanzadegan, A., Golipour, M., & Meshkizadeh, S. (2014). Chemical composition of the essential oils of five Iranian *Bunium* species (*B. lurestanicum*, *B. microcarpum*, *B. badghayzi*, *B. wolffi* and *B. carioides*). *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 17, 13–17.
- Seigler, D. S. (1998). In D. S. Seigler (Ed.), *Plant Secondary Metabolism* (pp. 130–138). Springer, Boston.
- Selwyn, A., & Govindaraj, S. (2023). Study of plant-based cosmeceuticals and skin care. *South African Journal of Botany*, 158, 429–442.
- Senatore, F., Di Novella, D., Grassia, A., Liguori, A., & Lariccia, A. (2004). Volatile components of *Cytisus sessilifolius* L. (Fabaceae-Genisteae) growing wild in Southern Italy. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 7, 195–200.
- Sengupta, K., Alluri, K. V., Satish, A. R., Mishra, S., Golakoti, T., Sarma, K. V., & Raychaudhuri, S. P. (2008). A double-blind, randomized, placebo-controlled study of the efficacy and safety of 5-Loxin® for treatment of osteoarthritis of the knee. *Arthritis Research & Therapy*, 10(4), R85.
- Servi, H., Vatansever, C., Doğan, A., & Majeed, V. A. (2020). Antibacterial activity and essential oil composition of *Calendula arvensis* L. *International Journal of Secondary Metabolites*, 7, 229–236.
- Setchell, K. D., & Cassidy, A. (1999). Dietary isoflavones: Biological effects and relevance to human health. *The Journal of Nutrition*, 129(3), 758S–767S.
- Seyyednejad, S. M., & Motamedi, H. (2010). A review on native medicinal plants in Khuzestan, Iran with antibacterial properties. *International Journal of Pharmacology*, 6, 551–560.

- Sgadari, F., Porrello, A., Crisafulli, A., Badalamenti, N., Schicchi, R., & Bruno, M. (2025b). The Sicilian (Italy) accession of *Echinops spinosissimus* Turra subsp. *spinosissimus*: The essential oil chemical composition of its aerial parts. *Natural Product Research*, 1–6.
- Sgadari, F., Vaglica, A., Porrello, A., Schicchi, R., & Bruno, M. (2023). Chemical composition of the essential oils of three taxa of *Cytisus* growing wild in Sicily, Italy. *Natural Product Research*, 39(3), 506–513.
- Shahat, E. A., Bakr, R. O., Eldahshan, O. A., & Ayoub, N. A. (2017). Chemical composition and biological activities of the essential oil from leaves and flowers of *Pulicaria incisa* subsp. *candolleana* (Family Asteraceae). *Chemistry & Biodiversity*, 14, e1600156.
- Shang, X., He, X., He, X., Li, M., Zhang, R., Fan, P., Zhang, Q., & Jia, Z. (2010). The genus *Scutellaria*: An ethnopharmacological and phytochemical review. *Journal of Ethnopharmacology*, 128, 279–313.
- Shariatifar, N., Kamkar, A., Shams Ardekani, M., Misaghi, A., Jamshidi, A. H., & Jahed Khaniki, G. H. (2012). Quantitative and qualitative study of phenolic compounds and antioxidant activity of *Pulicaria gnaphalodes*. *Journal of Gonabad University of Medical Sciences*, 18, 35–41.
- Sharifi-Rad, J., Miri, A., Hoseini-Alfatemi, S. M., Sharifi-Rad, M., & Setzer, W. N. (2014). Chemical composition and biological activity of *Pulicaria vulgaris* essential oil from Iran. *Natural Product Communications*, 9, 1633–1636.
- Sharifi-Rad, J., Salehi, B., Schnitzler, P., Ayatollahi, S. A., Kobarfard, F., Fathi, M., Eisazadeh, M., & Sharifi-Rad, M. (2017). Susceptibility of herpes simplex virus type 1 to monoterpenes thymol, carvacrol and p-cymene. *Plant Cell Reports*, 36, 475–484.
- Sharma, A., & Singh Cannoo, D. (2013). Phytochemical composition of essential oils isolated from different species of genus *Nepeta* of Labiatae family: A review. *Pharmacophore*, 4, 181–211.
- Sharma, A., Cooper, R., Bhardwaj, G., & Singh Cannoo, D. (2021). The genus *Nepeta*: Traditional uses, phytochemicals and pharmacological properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 268, 113679.
- Shawky, E., & Abou El Kheir, R. M. (2018). Rapid discrimination of different Apiaceae species based on HPTLC fingerprints and targeted flavonoids determination using multivariate image analysis. *Phytochemical Analysis*, 29, 452–462.
- Shen, J., Li, P., Liu, S., Liu, Q., Li, Y., Sun, Y., He, C., & Xiao, P. (2021). Traditional uses, ten-years research progress on phytochemistry and pharmacology, and clinical studies of the genus *Scutellaria*. *Journal of Ethnopharmacology*, 265, 113198.
- Shonte, T. T., Duodu, K. G., & de Kock, H. L. (2020). Effect of drying methods on chemical composition and antioxidant activity of underutilized stinging nettle leaves. *Heliyon*, 6(5), e03938.
- Silva, M. G. D. V., Lima, L. B., Oliveira, M. D. C. F. D., Mattos, M. C. D., & Mafezoli, J. (2017). Quantification of barbatusin and 3- β -hydroxy-3-deoxybarbatusin in *Plectranthus* species by HPLC-DAD. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2017, 2397131.
- Simpson, B. B., & Ogorzaly, M. C. (1986). *Economic botany: Plants in our world*. New York: McGraw-Hill.
- Singh, U., Wadhwani, A. M., & Johri, B. M. (1996). *Dictionary of economic plants in India*. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research.

- Singh, M. K., Gidwani, B., Gupta, A., Dhongade, H., Kaur, C. D., Kashyap, P. P., & Tripathi, D. K. (2015). A review of the medicinal plants of genus *Orthosiphon* (Lamiaceae). *International Journal of Biology and Chemistry*, 9, 318–331.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2019). Antimicrobial potential of pomegranate peel: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 959–965.
- Sini, K. R., Haribabu, Y., Sajith, M. S., & Sreekumar, K. S. (2012). In-vitro cytotoxic activity of *Orthosiphon thymiflorus* (Roth) Sleesen leaf extract against Dalton lymphoma ascites cell line. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4, 917–921.
- Sitarek, P., Synowiec, E., Kowalczyk, T., Bangay, G., Śliwiński, T., Picot, L., Princiotta, S., & Rijo, P. (2022). Anticancer properties of *Plectranthus ornatus*-derived phytochemicals inducing apoptosis via mitochondrial pathway. *International Journal of Molecular Sciences*, 23, 11653.
- Skaltsa, H. D., Lazari, D. M., Kyriazopoulos, P., Golegou, S., Triantaphyllidis, S., Soković, M., & Kypriotakis, Z. (2005). Composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Scutellaria sieberia* Benth. and *Scutellaria rupestris* Boiss. et Heldr. ssp. *adenotricha* (Boiss. et Heldr.) Greuter et Burdet from Greece. *Journal of Essential Oil Research*, 17, 232–235.
- Skaltsa, H. D., Lazari, D. M., Mavromati, A. S., Tiligada, E. A., & Constantinidis, T. A. (2000). Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Scutellaria albida* ssp. *albida* from Greece. *Planta Medica*, 66, 672–674.
- Skoufogianni, E., Solomou, A. D., & Danalatos, N. G. (2019). Ecology, cultivation and utilization of the aromatic Greek oregano (*Origanum vulgare* L.): A review. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3), 545–552.
- Slavkovska, V., Zlatković, B., Marcetić, M., Kovačević, N., & Drobac, M. (2022). The anatomy and essential oil composition of the different organs of *Pimpinella tragium* and *P. saxifraga* (Apiaceae). *Botanica Serbica*, 46, 269–284.
- Smaili, T., Sadou, N., Bendif, H., Zellagui, A., Flamini, G., & Peron, G. (2024). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Daucus sahariensis* Murb. roots and stems. *Natural Product Research*, in press.
- Smaili, T., Zellagui, A., Cioni, P. L., & Flamini, G. (2011). A myristicin-rich essential oil from *Daucus sahariensis* growing in Algeria. *Natural Product Communications*, 6, 883–886.
- Smith, J. V., & Luo, Y. (2004). Studies on molecular mechanisms of *Ginkgo biloba* extract. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64(4), 465–472.
- Smolenski, S. J., Kinghorn, A. D., & Balandrin, M. F. (1981). Toxic constituents of legume forage plants. *Economic Botany*, 35(3), 321–355.
- Snene, A., El Mokni, R., Mahdhi, A., Joshi, R. K., & Hammami, S. (2020). Comparative study of essential oils composition and in vitro antibacterial effects of two subspecies of *Daucus carota* growing in Tunisia. *South African Journal of Botany*, 130, 366–370.
- Soković, M., Stojković, D., Glamočlija, J., Ćirić, A., Ristić, M., & Grubišić, D. (2009). Susceptibility of pathogenic bacteria and fungi to essential oils of wild *Daucus carota*. *Pharmaceutical Biology*, 47, 38–43.

- Song, B., Oehrle, N. W., Liu, S., & Krishnan, H. B. (2016). Characterization of seed storage proteins of several perennial Glycine species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(45), 8499–8508.
- Song, D. H., Jo, Y. H., Ahn, J. H., Kim, S. B., Yun, C. Y., Kim, Y., Hwang, B. Y., & Lee, M. K. (2018). Sesquiterpenes from fruits of *Torilis japonica* with inhibitory activity on melanin synthesis in B16 cells. *Journal of Natural Medicines*, 72, 155–160.
- Soori, M., Abbaspour, H., & Hashemi-Moghaddam, H. (2019). Assessment of microwave assisted and hydrodistillation extraction on *Echinops persicus* essential oils chemical composition and evaluation of its biological activity. *Traditional Medicine Research*, 4, 246–256.
- Sowndhararajan, K., Deepa, P., Kim, M., Park, S. J., & Kim, S. (2017). A review of the composition of the essential oils and biological activities of *Angelica* species. *Scientia Pharmaceutica*, 85, 33.
- Spigno, G., et al. (2007). Antioxidants from grape stalks and marc: Influence of extraction procedure on yield, purity and antioxidant power of the extracts. *Journal of Food Engineering*, 78, 793–801.
- Spinozzi, E. (2023). Aniseed, *Pimpinella anisum*, as a source of new perspectives in pest control. *Agricultural Communications*, 3, 100003.
- Spooner, D. M. (2019). *Daucus*: Taxonomy, phylogeny, distribution. In P. Simon, M. Iorizzo, D. Grzebelus, & R. Baranski (Eds.), *The Carrot Genome* (pp. 9–26). Springer Nature Switzerland AG.
- Spooner, D., Rojas, P., Bonierbale, M., Mueller, L. A., Srivastav, M., Senalik, D., & Simon, P. (2013). Molecular phylogeny of *Daucus* (Apiaceae). *Systematic Botany*, 38, 850–857.
- Sripathi, R., & Ravi, S. (2017). Ethnopharmacology, phytoconstituents, essential oil composition and biological activities of the genus *Scutellaria*. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9, 275–287.
- Stanković, N., Mihajilov-Krstev, T., Zlatković, B., Stankov-Jovanović, V., Mitić, V., Jović, J., Čomić, L., Kocić, B., & Bernstein, N. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of traditional medicinal plants from the Balkan Peninsula. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 78, 21–28.
- Stanković, N., Mihajilov-Krstev, T., Zlatković, B., Stankov-Jovanović, V., Kocić, B., & Čomić, L. (2020). Antibacterial and antioxidant activity of wild-growing *Angelica* species (Apiaceae) from Balkan Peninsula against human pathogenic bacteria. *Journal of Essential Oil Research*, 32, 464–473.
- Staub, P. (2017). Doctoral Thesis in Neurosciences: Herbal drugs in European tradition – A phylogenetic, chemosensory and neuropharmacological approach. University of Cagliari, Italy.
- Stavri, M., Mathew, K. T., Gordon, A., Shnyder, S. D., Falconer, R. A., & Gibbons, S. (2008). Guaianolide sesquiterpenes from *Pulicaria crispa* (Forssk.) Oliv. *Phytochemistry*, 69, 1915–1918.
- Strobl, P. G. (1884). Flora des Etna. *Österreichische Botanische Zeitschrift*, 34, 222–224.
- Subramaniam, P. (2016). The stability and shelf life of food. In *The Stability and Shelf Life of Food* (2nd ed., Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp. 545–573).
- Sun, W., Zhang, Z., Li, X., Lu, X., Liu, G., Qin, Y., Zhao, J., & Qu, Y. (2024). Production of single cell protein from brewer's spent grain through enzymatic saccharification and fermentation enhanced by ammoniation pretreatment. *Bioresource Technology*, 394, 130242.
- Sundarammal, S., Thirugnanasampandan, R., & Selvi, M. T. (2012). Chemical composition analysis and antioxidant activity evaluation of essential oil from *Orthosiphon thymiflorus* (Roth) Sleesen. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2, S112–S115.

- Sundararajan, R., & Koduru, R. (2014). *Cytisus scoparius*: A review of ethnomedical, phytochemical and pharmacological information. *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 4, 2151–2169.
- Süntar, I., Nabavi, S. M., Barreca, D., Fischer, N., & Efferth, T. (2018). Pharmacological and chemical features of *Nepeta* L. genus: Its importance as a therapeutic agent. *Phytotherapy Research*, 32, 185–198.
- Surjushe, A., Vasani, R., & Saple, D. G. (2008). Aloe vera: A short review. *Indian Journal of Dermatology*, 53(4), 163–166.
- Suroowan, S., & Mahomoodally, M. F. (2016). A comparative ethnopharmacological analysis of traditional medicine used against respiratory tract diseases in Mauritius. *Journal of Ethnopharmacology*, 177, 61–80.
- Sut, S., Maggi, F., Bruno, S., Badalamenti, N., Quassinti, L., Bramucci, M., Beghelli, D., Lupidi, G., & Dall'Acqua, S. (2020). Hairy garlic (*Allium subhirsutum*) from Sicily (Italy): LC-DAD-MSn analysis of secondary metabolites and in vitro biological properties. *Molecules*, 25, 2837.
- Svanberg, I., & Egişson, S. (2012). Edible wild plant use in the Faroe Islands and Iceland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 81(4), 233–238.
- Szabo, K., Mitrea, L., Călinoiu, L. F., Teleky, B. E., Martău, G. A., Plamada, D., Pascuța, M. S., Nemes, S. A., Varvara, R. A., & Vodnar, D. C. (2022). Natural polyphenol recovery from apple-, cereal-, and tomato-processing by-products and related health-promoting properties. *Molecules*, 27(22), 7977.
- Tabanca, N., Bedir, E., Ferreira, D., Slade, D., Wedge, D. E., Jacob, M. R., Khan, S. I., Kirimer, N., Baser, K. H., & Khan, I. A. (2005a). Bioactive constituents from Turkish *Pimpinella* species. *Chemistry & Biodiversity*, 2(2), 221–232.
- Tabanca, N., Bedir, E., Kirimer, N., Baser, K. H. C., Khan, S. I., Jacob, M. R., Khan, I. A., & Wedge, D. E. (2003). Antimicrobial compounds from *Pimpinella* species growing in Turkey. *Planta Medica*, 69(10), 933–938.
- Tabanca, N., Demirci, B., Kirimer, N., Baser, K. H. C., Bedir, E., Khan, I. A., & Wedge, D. E. (2005b). Gas chromatographic–mass spectrometric analysis of essential oils from *Pimpinella aurea*, *P. corymbosa*, *P. peregrina*, and *P. puberula* gathered from Eastern and Southern Turkey. *Journal of Chromatography A*, 1097, 192–198.
- Tabanca, N., Demirci, B., Ozek, T., Kirimer, N., Baser, K. H. C., Bedir, E., Khan, I. A., & Wedge, D. E. (2006). Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of essential oils from *Pimpinella* species gathered from Central and Northern Turkey. *Journal of Chromatography A*, 1117, 194–205.
- Tabanca, N., Khan, S. I., Bedir, E., Annavarapu, S., Willett, K., Khan, I. A., Kirimer, N., & Baser, K. H. (2004). Estrogenic activity of isolated compounds and essential oils of *Pimpinella* species from Turkey, evaluated using a recombinant yeast screen. *Planta Medica*, 70(8), 728–735.
- Tahar, S., Hamdi, B., Flamini, G., Mehmet, Ö., Duru, M. E., Bruno, M., & Maggi, F. (2022). Chemical composition, antioxidant and anticholinesterase activity of the essential oil of Algerian *Cachrys sicula* L. *Natural Product Research*, 36(16), 4094–4102.
- Tai, Z., Cai, L., Dai, L., Dong, L., Wang, M., Yang, Y., Cao, Q., & Ding, Z. (2011). Antioxidant activity and chemical constituents of edible flower of *Sophora viciifolia*. *Food Chemistry*, 126(5), 1648–1654.
- Talavera, S., Aedo, C., Castroviejo, S., Romero Zarco, C., Sáez, L., Salgueiro, F. J., & Velayos, M. (Eds.). (1999). *Flora Iberica* (Vol. 7). Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Tamang, J.P., & Kailasapathy, K. (Eds.). (2010). *Fermented Foods and Beverages of the World* (1st ed.). CRC Press.

- Tamburini, B., Di Liberto, D., Pratelli, G., Rizzo, C., Barbera, L. L., Lauricella, M., Carlisi, D., Maggio, A., Palumbo Piccionello, A., D'Anneo, A., et al. (2025). Extra virgin olive oil polyphenol-enriched extracts exert antioxidant and anti-inflammatory effects on peripheral blood mononuclear cells from rheumatoid arthritis patients. *Antioxidants*, 14, 171.
- Tang, W., & Eisenbrand, G. (1992). *Chinese Drugs of Plant Origin*. Springer-Verlag: Berlin.
- Tang, Y., & Wang, X. (2025). *Applications of Plant-Based Materials in Cosmetics*. IntechOpen.
- Tardío, J. (2010). Spring is coming: The gathering and consumption of wild vegetables in Spain. In M. Pardo-de-Santayana, A. Pieroni, & R. Puri (Eds.), *Ethnobotany in the New Europe: People, Health and Wild Plant Resources* (pp. 233–276). Berghahn Books.
- Tardío, J., Pardo-de-Santayana, M., & Morales, R. (2006). Ethnobotanical review of wild edible plants in Spain. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152, 27–71.
- Tariku, Y., Hymete, A., Hailu, A., & Rohloff, J. (2011). In vitro evaluation of antileishmanial activity and toxicity of essential oils of *Artemisia absinthium* and *Echinops kebericho*. *Chemistry & Biodiversity*, 8, 614–623.
- Tariq, A., Mussarat, S., Adnan, M., Abd-Allah, E. F., Hashem, A., Alqarawi, A. A., & Ullah, R. (2015). Ethnomedicinal evaluation of medicinal plants used against gastrointestinal complaints. *BioMed Research International*, 2015, 892947.
- Tavares, A. C., Gonçalves, M. J., Cavaleiro, C., Cruz, M. T., Lopes, M. C., Canhoto, J., & Ribeiro Salgueiro, L. (2008). Essential oil of *Daucus carota* subsp. *halophilus*: Composition, antifungal activity and cytotoxicity. *Journal of Ethnopharmacology*, 119, 129–134.
- Tavassoli, M., Shayeghi, M., Abai, M. R., Vatandoost, H., Khoobdel, M., Salari, M., Ghaderi, A., & Rafi, F. (2011). Repellency effects of essential oils of myrtle (*Myrtus communis*), marigold (*Calendula officinalis*) compared with DEET against *Anopheles stephensi* on human volunteers. *Iranian Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 5, 10–22.
- Tepe, B., Akpulat, H. A., Sökmen, M., Daferera, D., Yumrutaş, O., Aydın, E., Polissiou, M., & Sökmen, A. (2006). Screening of the antioxidative and antimicrobial properties of the essential oils of *Pimpinella anisetum* and *Pimpinella flabellifolia* from Turkey. *Food Chemistry*, 97(4), 719–724.
- Tepe, B., Daferera, D., Tepe, A. S., Polissiou, M., & Sökmen, A. (2007). Antioxidant activity of the essential oil and various extracts of *Nepeta flavida* Hub. Mor from Turkey. *Food Chemistry*, 103, 1358–1364.
- Tester, M., & Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science* (New York, N.Y.), 327(5967), 818–822.
- Teyeb, H., Olfa Houta, B., Wahiba Douki, B., & Mohamed Neffati. (2012). Composition chimique et activité antioxydante de l'huile essentielle d'Astragalus gombo collectée a partir de deux sites de la Tunisie. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 14, 63–67.
- Teyeb, H., Zouari, S., Douki, W., Najjar, M. F., & Neffati, M. (2010). Essential oils of leaves, flowers and fruits of *Astragalus gombiformis* Pomel (Fabaceae). *Acta Horticulturae*, 853, 263–268.
- Teyeb, H., Zouari, S., Douki, W., Najjar, M. F., & Neffati, M. (2011). Variation in volatiles of *Astragalus gombiformis* Pomel. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 66C, 1–6.
- The Epicentre. (2025). Culinary uses of *Angelica*. In *The Epicentre – Spice Database*. Retrieved August 19, 2025, from Epicentre: Culinary uses (roots, seeds, stems, leaves, liqueur flavoring)

- Thompson, B. (1878). The gardener's assistant. Blackie and Son.
- Tlais, A. Z. A., Fiorino, G. M., Polo, A., Filannino, P., & Di Cagno, R. (2020). High-value compounds in fruit, vegetable and cereal byproducts: An overview of potential sustainable reuse and exploitation. *Molecules*, 25(13), 2987.
- Tlhapi, D., Ramaite, I., Anokwuru, C., van Ree, T., Madala, N., & Hoppe, H. (2024). Effects of seasonal variation on phytochemicals contributing to the antimalarial and antitrypanosomal activities of *Breonadia salicina* using a metabolomic approach. *Heliyon*, 10(2), e24068.
- Toledo, V. M. (1995). New paradigms for a new ethnobotany: Reflections on the case of Mexico. In R. E. Schultes & S. von Reis (Eds.), *Ethnobotany: Evolution of a discipline*. Chapman & Hall.
- Tomas, M., Günal-Köroğlu, D., Kamiloglu, S., Ozdal, T., & Capanoglu, E. (2025). The state of the art in anti-aging: plant-based phytochemicals for skin care. *Immunity & ageing: I & A*, 22(1), 5.
- Tominaga, T., & Dubourdieu, D. (1997). Identification of 4-mercapto-4-methylpentan-2-one from the box tree (*Buxus sempervirens* L.) and broom (*Sarothamnus scoparius* (L.) Koch.). *Flavour and Fragrance Journal*, 12, 373–376.
- Tosun, G., Yayli, B., Arslan, T., Yasar, A., Alpay Karaoglu, S., & Yayl, N. (2012). Comparative essential oil analysis of *Calendula arvensis* L. extracted by hydrodistillation and microwave distillation and antimicrobial activities. *Asian Journal of Chemistry*, 24, 1955–1958.
- Touati, N., Saidani, K., Boudries, H., Hammiche, H., Ouazene, N., & Bedjou, F. (2018). Antibacterial activity of phenolic compounds of *Pulicaria odora*, wild plant in northern Algeria. *International Food Research Journal*, 25, 2121–2130.
- Townsend, C. C. (1989). *Flora of Tropical East Africa: Umbelliferae*. Balkema, Rotterdam.
- Toyang, N. J., & Verpoorte, R. (2013). A review of the medicinal potentials of plants of the genus *Vernonia* (Asteraceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 146(3), 681–723.
- Trisorio, A. (2015). *Capitale naturale, servizi ecosistemici e contabilità ambientale*. FrancoAngeli.
- Tsafantakis, N., Zelianeos, K., Termentzi, A., Vontzalidou, A., Aligiannis, N., & Fokialakis, N. (2019). Triterpenes from *Echinops spinosissimus* Turra subsp. *spinosissimus*. *Phytochemistry Letters*, 30, 273–277.
- Tschiersch, C., Nikfardjam, M. P., Schmidt, O., & Schwack, W. (2010). Degree of hydrolysis of some vegetable proteins used as fining agents and its influence on polyphenol removal from red wine. *European Food Research and Technology*, 231, 65–74.
- Tucci, M., Martini, D., Marino, M., Del Bo', C., Vinelli, V., Biscotti, P., Parisi, C., De Amicis, R., Battezzati, A., Bertoli, S., et al. (2022). The environmental impact of an Italian-Mediterranean dietary pattern based on the EAT-Lancet reference diet (EAT-IT). *Foods*, 11(3352).
- Tunçtürk, M., & Özgökçe, F. (2015). Chemical composition of some Apiaceae plants commonly used in herby cheese in Eastern Anatolia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(1), 55–62.
- Tunçtürk, M., Tuncturk, R., Sekeroglu, N., Ertus, M., & Özgökçe, F. (2011). Lead concentrations of herbs used in Van Herby Cheese. *Natural Product Communications*, 6(10), 1473–1474.
- Turgumbayeva, A., Zhanat, T., Zhakipbekov, K., Kalykova, A., Kartbayeva, E., Mombekov, S., Tastambek, K., Akhelova, S., Sadykov, N., Omari, A., Dauletova, G., Altynbayeva, G., & Dilbarkhanov, B. (2023). A



- review on the medicinal plant *Echinops ritro* species: Phytochemistry and biological activity. *Farmacia*, 71(3), 455–462.
- Turner, N. J., Łuczaj, Ł. J., Migliorini, P., Pieroni, A., Dreon, A. L., Sacchetti, L. E., & Paoletti, M. G. (2011). Edible and tended wild plants, traditional ecological knowledge and agroecology. *Critical Reviews in Plant Sciences*.
- Turreira-García, N., Theilade, I., Meilby, H., & Sørensen, M. (2015). Wild edible plant knowledge, distribution and transmission: A case study of the Achí Mayans of Guatemala. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11, 52.
- Tusek, A. J., Benković, M., Valinger, D., Jurina, T., Belščak-Cvitanović, A., & Kljusurić, J. G. (2018). Optimizing bioactive compounds extraction from different medicinal plants and prediction through nonlinear and linear models. *Industrial Crops and Products*, 126(4), 449–458.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Webb, D. A. (1972). *Flora Europaea*, Vol. 3, p. 159. Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Webb, D. A. (1976). *Flora Europaea*, Vol. 4, p. 206. Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Webb, D. A. (1981). *Flora Europaea*, Vol. 2. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ullah, R., Ibrar, M., Shah, S., & Hameed, I. (2012). Phytotoxic, cytotoxic and insecticidal activities of *Calendula arvensis* L. *Journal of Biotechnology and Pharmaceutical Research*, 3, 104–111.
- UNI EN ISO 8402. (1995). Gestione per la qualità e assicurazione della qualità – Vocabolario. Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- Unione Europea. (2021). Regolamento (UE) 2021/2117 del Parlamento europeo e del Consiglio del 2 dicembre 2021 che modifica i regolamenti (UE) n. 1308/2013, (UE) 1151/2012, (UE) 251/2014 e (UE) 228/2013 per quanto riguarda il regime di qualità dei prodotti agricoli e l’etichettatura dei prodotti vitivinicoli. *Gazzetta ufficiale dell’Unione europea*, L 430, 1–17.
- United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- United Nations Environment Programme. (2023). Adaptation Gap Report 2023: Underfinanced. Underprepared. Inadequate investment and planning on climate adaptation leaves world exposed. United Nations Environment Programme.
- Urbanska, M. (2014). Detection of pharmacological active compounds of the Asteraceae family and their chemotaxonomical implications. *Journal of Plant Sciences*, 2(5), 187–193.
- Usta, C., Yildirim, A. B., & Turker, A. U. (2014). Antibacterial and antitumour activities of some plants grown in Turkey. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 28, 306–315.
- Uwineza, P. A., & Waśkiewicz, A. (2020). Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials. *Molecules*, 25(17), 3847.
- Uysal, I., Onar, S., Karabacak, E., & Çelik, S. (2010). Ethnobotanical aspects of Kapıdağ Peninsula (Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 3, 15–22.

- Vaglica, A., Peri, E., Badalamenti, N., Ilardi, V., Bruno, M., & Guarino, S. (2022). Chemical composition and evaluation of insecticidal activity of *Seseli bocconeii* essential oils against stored product pests. *Plants*, 11(21), 3047.
- Vázquez, F. M., Suarez, M. A., & Pérez, A. (1997). Medicinal plants used in the Barros Area, Badajoz Province (Spain). *Journal of Ethnopharmacology*, 55, 81–85.
- Veitch, N. C., Regos, I., Kite, G. C., & Treutter, D. (2011). Acylated flavonol glycosides from the forage legume, *Onobrychis viciifolia* (sainfoin). *Phytochemistry*, 72, 423–429.
- Vendramin, V., Pizzinato, D., Sparrow, C., Pagni, D., Cascella, F., Carapelli, C., & Vincenzi, S. (2022). Prevention of quercetin precipitation in red wines: a promising enzymatic solution. *OENO One*, 56(1), 29–40.
- Venkateshappa, S., & Sreenath, K. (2013). Potential medicinal plants of Lamiaceae. *American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences*, 3, 82–87.
- Vermeulen, S. J., Campbell, B. M., & Ingram, J. S. I. (2012). Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 195–222.
- Verni, M., Rizzello, C. G., & Coda, R. (2019). Fermentation biotechnology applied to cereal industry by-products: Nutritional and functional insights. *Frontiers in Nutrition*, 6, 454839.
- Vij, I., & Pathania, A. R. (2023). An overview—Advances in chromatographic techniques in phytochemistry. *E3S Web of Conferences*, 391, 03001.
- Vilmorin-Andrieux, M. (1981). *The vegetable garden*. Ten Speed Press. ISBN 0-89815-041-8.
- Viñas-Ospino, A., Panić, M., Radojčić-Redovniković, I., Blesa, J., & Esteve, M. J. (2023). Using novel hydrophobic deep eutectic solvents to improve a sustainable carotenoid extraction from orange peels. *Food Bioscience*, 53, 102570.
- Vincenzi, S., Dinnella, C., Recchia, A., Monteleone, E., Gazzola, D., Pasini, G., et al. (2013). Grape seed proteins: A new fining agent for astringency reduction in red wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19, 153–160.
- Vineeta, Vishwanath, Kewalanand, & Vandana. (2008). Oil constituents of European dill (*Anethum graveolens* L.) affected by irrigation and FYM levels and storage conditions. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7, 841–844.
- Vinokurova, E. Yu., Shults, E. E., Bagryanskaya, I. Yu., Gatilov, Yu. V., & Tolstikov, G. A. (1999). (+)-Globulol as a new sesquiterpene alcohol from *Angelica sylvestris* L. *Russian Chemical Bulletin*, 48, 600–603.
- Vogl, S., Picker, P., Mihaly-Bison, J., Fakhrudin, N., Atanasov, A. G., Heiss, E. H., Wawrosch, C., Reznicek, G., Dirsch, V. M., Saukel, J., & Kopp, B. (2013). Ethnopharmacological in vitro studies on Austria's folk medicine – Anti-inflammatory activities of 71 Austrian traditional herbal drugs. *Journal of Ethnopharmacology*, 149, 750–771.
- Wang, R., Qiu, L., Zhang, Q. W., & Lin, L. (2025). Ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of the genus *Orthosiphon*: A review. *Phytomedicine Plus*, 5, 100748.
- Wang, X. D., Shi, S. L., & Ma, Y. Z. (2022). Determination of essential oil from *Scutellaria baicalensis* Georgi (Lamiaceae) by GC-MS, and assessment of its insecticidal properties. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 21, 1249–1254.

- Wang, Y., Shi, L., Wang, A., Tian, H., & Wang, H. (2014). Preparation of high-purity (–)-Borneol and Xanthoxylin from leaves of *Blumea balsamifera* (L.) DC. *Separation Science and Technology*, 49, 1535–1540.
- Wang, Y.-H., Al-Rehaily, A. J., Yousaf, M., Ahmad, M. S., & Khan, I. A. (2015). Characterization and discrimination of different *Pulicaria* species using UHPLC-UV-MS QTOF. *Journal of Chemical Society of Pakistan*, 37, 967–973.
- Waterman, P. G. (1994). Costs and benefits of secondary metabolites to the Leguminosae. *Advances in Legume Systematics*, 5, 129–149.
- Watt, J. M., & Brandwijk-Breyer, M. G. (1962). *Medicinal and Poisonous Plants of Southern and Eastern Africa* (2nd ed.). E. & S. Livingstone Ltd., Edinburgh, London.
- Wawrzyniak, D. (2023). Animal husbandry and sustainable agriculture: Is animal welfare (only) an issue of sustainability of agricultural production or a separate issue on its own? *Animal*, 17, Article 100880.
- Webb, D. A. (1976). *Bellis L. and Bellium L.* In Tutin, T. G., Burges, N. A., Charter, A. O., Edmonson, J. R., Heywood, V. H., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Webb, D. A. (Eds.), *Flora Europaea* 4, 111–112. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Wedamulla, N. E., Fan, M., Choi, Y. J., & Kim, E. K. (2022). Citrus peel as a renewable bioresource: Transforming waste to food additives. *Journal of Functional Foods*, 95, 105163.
- Weinges, K., Künstler, K., & Schilling, G. (1975). Naturstoffe aus Arzneipflanzen. XX. Scutellariosid-I und -II, ein 10-Cinnamoyl- und 10-(4-Hydroxycinnamoyl) Catalpol aus *Scutellaria altissima* L. *Justus Liebigs Annalen der Chemie*, 2190–2194.
- Wen, M. G., Tian, J. N., Huang, Y. L., Bian, H. D., Chen, Z. F., & Liang, H. (2009). Interaction between xanthoxylin and bovine serum albumin. *Chinese Journal of Chemistry*, 27, 227–234.
- Weyerstahl, P., Marschall, H., Wahlburg, H. C., Christiansen, C., Rustaiyan, A., & Mirdjalili, F. (1999). Constituents of the essential oil of *Pulicaria gnaphalodes* (Vent) Boiss. from Iran. *Flavour and Fragrance Journal*, 14, 121–130.
- Weyerstahl, P., Wahlburg, H. C., Marschall, H., & Rustaiyan, A. (1993). New cadinane and bisabolane derivatives from the essential oil of *Pulicaria gnaphalodes*. *Liebigs Annalen der Chemie*, 1117–1123.
- WFO. (2025). World Flora Online. <https://www.worldfloraonline.org> (Accesso il 19 agosto 2025).
- Wickens, G. E. (2012). *Economic botany: principles and practices*. Springer Science & Business Media.
- Widelski, J., Graikou, K., Ganos, C., Skalicka-Wozniak, K., & Chinou, I. (2021). Volatiles from selected Apiaceae species cultivated in Poland – Antimicrobial activities. *Processes*, 9, 695.
- Wild Food People. (2025). Pignut (*Conopodium majus*). Wild Food People. <https://wildfoodpeople.co.uk> (Accessed August 2025).
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492.
- Williams, C. A., Harborne, J. B., Greenham, J. R., Grayer, R. J., Kite, G. C., & Eagles, J. (2003). Variations in lipophilic and vacuolar flavonoids among European species. *Phytochemistry*, 64, 275–283.
- Williams, P. A. (1981). Aspects of the ecology of Broom (*Cytisus scoparius*) in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, 21, 237–247.

- Williamson, G. (1996). Protective effects of fruits and vegetables in the diet. *Nutrition & Food Science*, 96(1), 6-10.
- Wilson, E. O. (1986). *Biodiversity*. National Academy Press.
- Wink M. (2003). Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64(1), 3-19.
- Withering, W. (1785). An account of the foxglove and some of its medical uses. G. G. J. and J. Robinson.
- Wood, J. R. I. (1997). *A Handbook of the Yemen Flora*. Whitstable Litho Printers Ltd, Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.
- Wright, B. S., Bansal, A., Moriarity, D. M., Takaku, S., Setzer, W. N. (2007). Cytotoxic leaf essential oils from neotropical Lauraceae: synergistic effects of essential oil components. *Natural Product Communications*, 2, 1241-1244.
- Wu, S., Schalk, M., Clark, A., Miles, R. B., Coates, R., & Chappell, J. (2006). Redirection of cytosolic or plastidic isoprenoid precursors elevates terpene production. *Nature Biotechnology*, 24(11), 1441-1447.
- Wu, Y. B., Li, S. J., Zhang, Z. X., Sauriol, F., Shi, Q. W., & Yang, J. (2017). New thiophene acetylene from *Echinops spinosissimus* subsp. *spinosus*. *Chemistry of Natural Compounds*, 53, 933-934.
- Wu, J., Cao, Z., Hassan, S. S. U., Zhang, H., Ishaq, M., Yu, X., Yan, S., Xiao, X., & Jin, H. Z. (2023). Emerging biopharmaceuticals from *Pimpinella* genus. *Molecules*, 28(4), 1571.
- Wu, Q., Wang, Y., Zhang, Y., Wang, H., Zhang, X., & Liu, Y. (2024). Recent advances on application of polysaccharides in cosmetics. *Journal of Dermatologic Science and Cosmetic Technology*, 3, 100004.
- Xu, Y., Liang, D., Wang, G.-T., Wen, J., & Wang, R.-J. (2020). Nutritional and functional properties of wild food-medicine plants from the coastal region of South China. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*, 25(1), 2515690X20913267.
- Xu, Z., Cai, Y., Ma, Q., Zhao, Z., Yang, D., & Xu, X. (2021). Optimization of extraction of bioactive compounds from *Baphicacanthus cusia* leaves by hydrophobic deep eutectic solvents. *Molecules*, 26(6), 1729.
- Yahyaoui, A., Khedher, O., Rigane, G., Ben Salem, R., & Moussaoui, Y. (2018). Chemical analysis of essential oil from *Echinops spinosus* L. roots: antimicrobial and antioxidant activities. *Revue Roumaine de Chimie*, 63, 199-204.
- Yasir, M., Jamil, N., Nazir, A., Kanwal, Q., Mehru, N., Athir, N., Mustafa, R., Al-Mijalli, S. H., Iqbal, M., & Ahmad, N. (2022). Hemolytic activity and protective potential of Lamiaceae plant seed extracts and their bioactive components profiling having potential for functional foods and nutraceutical formulations. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 46.
- Yeniçeri, E., Altay, A. A., Koksall, E., Altın, S., Taslimi, P., Yılmaz, M. A., Cakir, O., Tarhan, A., & Kandemir, A. (2024). Phytochemical profile by LC-MS/MS analysis and evaluation of antioxidant, antidiabetic, anti-Alzheimer, and anticancer activity of *Onobrychis argyria* leaf extracts. *European Journal of Integrative Medicine*, 66, 102337.
- Yeşil, Y., Çelik, M., & Yılmaz, B. (2019). Wild edible plants in Yeşilli (Mardin-Turkey), a multicultural area. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15, 52.
- Yılmaz, G., Çiçek, M., Demirci, B., & Başer, K. H. C. (2019). Essential oil compositions of subspecies of *Scutellaria brevibracteata* Stapf from Turkey. *Journal of Essential Oil Research*, 31, 255-262. Yogesh, U., Sudarshan,

- S., Rajesh, D., & Bothara Sunil, B. (2014). GC-MS analysis and antibacterial activity of the essential oil from *Orthosiphon thymiflorus* Roth. International Conference on Industrial Pharmacy (ICIP 2014), Kuantan, Pahang, Malaysia, 16–17 August 2014.
- Yoshikawa, M., Murakami, T., Kishi, A., Kageura, T., & Matsuda, H. (2001). Medicinal flowers. III. Marigold. (1): Hypoglycemic, gastric emptying inhibitory, and gastroprotective principles and new oleanane-type triterpene oligoglycosides, calendasaponins A–D, from Egyptian *Calendula officinalis*. Chemical & Pharmaceutical Bulletin (Tokyo), 49, 863–870.
- Yousefbeyk, F., Gohari, A. R., Sourmaghi, M. H. S., Amini, M., Jamalifar, H., Amin, M., Golfakhrabadi, F., Ramezani, N., Amin, G. (2014). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from different parts of *Daucus littoralis* Smith subsp. *hyrcanicus* Rech. Journal of Essential Oil-Bearing Plants, 17(4), 570–576.
- Youssef, D., El-Bakatoushi, R., Elframawy, A., El-Sadek, L., & Badan, G. E. (2023). Molecular phylogenetic study of flavonoids in medicinal plants: a case study family Apiaceae. Journal of Plant Research, 136, 305–322.
- Yuan, Y. W., Mabberley, D. J., Steane, D. A., & Olmstead, R. G. (2010). Further disintegration and redefinition of *Clerodendrum* (Lamiaceae): Implications for the understanding of the evolution of an intriguing breeding strategy. Taxon, 59, 125–133.
- Yusufoglu, H. S., Yildirim, H., & Gokturk, R. (2021). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil from *Pulicaria jaubertii* leaves. Journal of Essential Oil Research, 33(1), 1–7.
- Zafeiropoulou, V., Tomou, E. M., Douros, A., & Skaltsa, H. (2021). The effect of successive harvesting on the volatile constituents of two essential oils of cultivated populations of sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) in Greece. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 24, 1–11.
- Zahrae Redouan, F., Benítez, G., Picone, R. M., Crisafulli, A., Yebouk, C., Bouhbal, M., Ben Driss, A., Kadiri, M., Molero-Mesa, J., Merzouki, A. (2020). Traditional medicinal knowledge of Apiaceae at Talassemtane National Park (Northern Morocco). South African Journal of Botany, 131, 118–130.
- Zaia, R., Pasta, S., Di Rita, F., Laudicina, V. A., Lo Cascio, P., Magri, D., Troia, A., & Guarino, R. (2020). Staying alive on an active volcano: 80 years population dynamics of *Cytisus aeolicus* (Fabaceae) from Stromboli (Aeolian Islands, Italy). Ecological Processes, 9, 64.
- Zaibet, W., Laouer, H., Amira, S., Flamini, G., Ramdani, M., & Akkal, S. (2015). Chemical composition and biological activities of *Daucus aureus* essential oils from Eastern Algeria. Journal of the Chilean Chemical Society, 60(4), 2721–2728.
- Zarate, S. (2000). The archaeological remains of *Leucaena* (Fabaceae) revised. Economic Botany, 54(4), 477–499.
- Zargari, A. (1990). Medicinal Plants, Vol. 4, 4th ed. Tehran University Publications, Tehran.
- Zarrinpashne, S., & Gorji Kandi, S. (2018). A study on the extraction of essential oil of Persian black cumin using static supercritical CO₂ extraction, and comparison with hydrodistillation extraction method. Separation Science and Technology, 54, 1778–1786.
- Zatla, A. T., El Amine Dib, M., Djabou, N., Tabti, B., Meliani, N., Costa, J., Muselli, A. (2017a). Chemical variability of essential oil of *Daucus carota* subsp. *sativus* from Algeria. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, 23, 216–230.

- Zdero, C., Bohlmann, F., & Rizk, A. M. (1988). Sesquiterpene lactones from *Pulicaria sicula*. *Phytochemistry*, 27, 1206–1208.
- Zekry, S. Z., Hassanean, H., Abdelhameed, R. F., Habib, E. S., & Ahmed, S. (2021). Metabolites and biological activities of some *Pulicaria* species (Asteraceae): Mini-review. *Records of Pharmacy and Biomedical Sciences*, 5, 121–132.
- Zepernick, B. (1972). *Arzneipflanzen der Polynesier*. Dietrich Reimer, Berlin, p. 307.
- Zhang, Q. W., Lin, L. G., & Ye, W. C. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese Medicine*, 13, 20.
- Zhao, M. P., Liu, Q. Z., Liu, Q., & Liu, Z. L. (2017). Identification of larvicidal constituents of the essential oil of *Echinops grijsii* roots against the three species of mosquitoes. *Molecules*, 22, 205.
- Zhao, X., Wang, Y., Chen, X., Yu, X., Li, W., Zhang, S., Meng, X., Zhao, Z.-M., Dong, T., Anderson, A., Aiyedun, A., Li, Y., Webb, E., Wu, Z., Kunc, V., Ragauskas, A., Ozcan, S., & Zhu, H. (2023). Sustainable Bioplastics Derived from Renewable Natural Resources for Food Packaging. *Matter*, 6(1), 97-127.
- Zhu, Y., Luan, Y., Zhao, Y., Liu, J., Duan, Z., & Ruan, R. (2023). Current technologies and uses for fruit and vegetable wastes in a sustainable system: a review. *Foods* 2023, Vol. 12, Page 1949, 12(10), 1949.
- Zitouni-Nourine, S. H., Belyagoubi-Benhammou, N., Zitouni-Haouar, F. E., Douahi, O., Chenafi, F., Fetati, H., Sari, S. C., Benmahieddine, A., Zaoui, C., Mekaouche, F. Z. N., Bekkara, F. A., Kambouche, N., Gismondi, A., & Toumi, H. (2022). *Echinops spinosissimus* Turra root methanolic extract: characterization of bioactive components and relative wound healing, antimicrobial and antioxidant properties. *Plants (Basel)*, 11, 3440.
- Zlatić, N., Jakovljević, D., & Stanković, M. (2019). Temporal, plant part, and interpopulation variability of secondary metabolites and antioxidant activity of *Inula helenium* L. *Plants*, 8(6), 179.
- Zoghbi, M. G. B., Guilhon, G. M. S. P., Sarges, F. N., Pereira, R. A., & Oliveira, J. (2011). Chemical variability of the volatiles from the leaves of *Eugenia protenta* McVaugh (Myrtaceae) growing wild in the North of Brazil. *Biochemical Systematics and Ecology*, 39, 660–665.
- Zotikov, V. I., Naumkina, T. C., Gryadunova, N. V., et al. (2016). Legumes – an important factor of sustainably ecologically oriented agriculture. *Journal of Science and Production: Legumes and Cereals*, 1(17), 1–8.
- Zournatzis, I., Liakos, V., Papadopoulos, S., & Wogiatzi, E. (2024). *Calendula officinalis* – A comprehensive review. *Pharmacological Research – Natural Products*, 6(1), 100140.



**Università
degli Studi
di Palermo**

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO
SETTORE DOTTORATI E CONTRATTI PER LA RICERCA
U. O. DOTTORATI DI RICERCA