UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI E AMBIENTE

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari

"Parametri di qualità e attività antiossidante e antimicrobica di piante selvatiche: i casi studio di *Foeniculum vulgare* e *Asparagus acutifolius*"

Relatore
Prof. Paolo Carletti

Laureando
Alessandro Dalla Libera
Matricola n. 2023311

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

ABSTRACT

Le piante selvatiche sono usate nella medicina tradizionale e nella alimentazione umana fin dall'antichità. I loro benefici e le loro caratteristiche sono conosciute da secoli, ma solo negli ultimi anni l'interesse per questi vegetali è cresciuto. Questo elaborato mira a raccogliere le informazioni disponibili in letteratura riguardanti *Foeniculum vulgare* e *Asparagus acutifolius*, due piante selvatiche che possiedono degli attributi ben definiti dal punto di vista qualitativo e funzionale. Studi fitochimici hanno dimostrato la presenza di numerosi composti preziosi, come composti volatili, flavonoidi, composti fenolici, acidi grassi e aminoacidi. Altri studi invece hanno indicato la loro efficacia in diverse proprietà farmacologiche in vitro e in vivo come attività antiossidanti, antimicrobiche, antivirali e antimicotiche. Queste due piante selvatiche sono emerse come una buone fonte per formulazioni che possono generare dei nuovi prodotti dal punto di vista farmaceutico e alimentare.

Wild plants have been used in traditional medicine and in human nutrition since ancient times. Their benefits and characteristics have been known for centuries, but only in recent years the interest in these vegetables has grown. This paper aims to collect the informations available in the literature on *Foeniculum vulgare* and *Asparagus acutifolius*, two wild plants that have well-defined characteristics in terms of quality and functionality. Phytochemical studies have shown the presence of numerous valuable compounds, such as volatile compounds, flavonoids, phenolic compounds, fatty acids and amino acids. Other studies have indicated their efficacy in different pharmacological properties in vitro and in vivo as antioxidant, antimicrobial, antiviral and anti-fungal activities. These two wild plants have emerged as a good source for formulations that can generate new pharmaceutical and food products.

INTRODUZIONE 7
2. FOENICULUM VULGARE 9
2.1 CARATTERI BOTANICI 9
2.2 COLTIVAZIONE 12
2.3 VALORI NURIZIONALI 13
2.4 PARAMETRI DI QUALITÀ 17
2.5 ATTIVITA' ANTIOSSIDANTE 21
2.6 ATTIVITA' ANTIMICROBICA 26
2.7 UTILIZZO NELLA DIETA UMANA 30
3 ASPARAGUS ACUTIFOLIUS 32
3.1 CARATTERI BOTANICI 33
2.3 COLTIVAZIONE 35
3.3 VALORI NUTRIZIONALI 37
3.4 PARAMETRI DI QUALITÀ 41
3.4 ATTIVITA' ANTIOSSIDANTE 44
3.5 ATTIVITA' ANTIMICROBICA 48
3.7 UTILIZZO IN CUCINA 51
CONCLUSIONI 53
BIBLIOGRAFIA 54
SITOGRAFIA 70

INTRODUZIONE

L'attuale diversità delle specie vegetali selvatiche e coltivate è il risultato dell'evoluzione biologica e dell'adattamento alla diversità degli ambienti naturali (Hamdi, 2015). Il mercato di alcune delle colture agricole più convenzionali sta diventando sempre meno redditizio nei paesi sviluppati e molti agricoltori hanno sviluppato colture alternative per i mercati di nicchia. Negli ultimi decenni, un crescente interesse si è concentrato sulle piante commestibili selvatiche per ampliare la diversità della dieta umana e per i loro valori nutrizionali e medicinali (Barucha e Pretty, 2010) e tra queste vi sono le nuove colture che comprendono piante già note e tradizionalmente utilizzate, ma quasi assenti nelle coltivazioni come *Foeniculum vulgare* e *Asparagus acutifolius* (Benincasa et al., 2007).

Gli antiossidanti delle piante medicinali o commestibili stanno emergendo come potenti sostanze terapeutiche per prevenire i danni indotti dai radicali liberi, ovvero specie reattive che si formano continuamente nelle cellule viventi come conseguenza di reazioni metaboliche o fattori esterni. Uno squilibrio nella produzione e rimozione delle specie reattive dell'ossigeno porta al verificarsi di stress ossidativo il quale è distintivo in gran parte delle malattie cardiovascolari e neurodegenerative, nonché del cancro (Schaffer et al., 2005).

Inoltre vi è un'urgente necessità di ricercare nuovi composti antimicrobici con diverse strutture chimiche e nuovi meccanismi d'azione a causa di un allarmante aumento dello sviluppo dell’antibiotico resistenza nell'uso clinico corrente. Negli ultimi anni lo sviluppo e l'uso di queste sostanze sono aumentati a causa della comparsa di ceppi di resistenza e l'attenzione si è rivolta agli agenti antimicrobici naturali (Daferea et al., 2003) e una continua ricerca sugli antimicotici, antibatterici e antivirali preparati e singoli composti isolati da fonti naturali. La maggior parte delle piante utilizzate per scopi medicinali sono state identificate e i loro usi sono ben documentati (Vander e Vietinck, 1991).

Oltre a questo ogni pianta ha i propri parametri di qualità che possono essere legati a diverse caratteristiche del prodotto come la composizione chimica, la carica microbica o le caratteristiche organolettiche. Gli oli essenziali e gli estratti con i loro componenti sono ampiamente utilizzati in medicina come costituenti di diversi prodotti medici e nell'industria alimentare come additivi aromatizzanti e anche nei cosmetici come fragranze (Singh et al., 2002).

In questo elaborato verranno esaminate le potenziali attività antiossidanti e antimicrobiche di *Foeniculum vulgare* e di *Asparagus acutifolius*, ponendo anche l'attenzione sui parametri qualitativi di queste due piante selvatiche.

2. FOENICULUM VULGARE

Il finocchietto o finocchio selvatico è un'antica erba originaria della regione del Mediterraneo meridionale che cresce spontaneamente in tutto l'emisfero settentrionale, in particolare in Asia, Nord America ed Europa. Questa specie era ben nota agli egizi, antichi romani, indiani e cinesi. I romani lo coltivavano per i suoi semi aromatici e i germogli commestibili e l'imperatore Carlo Magno era noto per aver sviluppato la sua coltivazione nell'Europa centrale (Krishnamurthy, 2011). Il *Foeniculm vulgare* (Mill.) è una specie selvatica della famiglia delle Apiaceae (Ombrellifere) ed è formata principalmente da 4 parti: foglie, fiori, semi e grumolo. Questo elaborato farà riferimento alla sezione fogliare, floreale e i semi derivanti da essa, che sono effettivamente il finocchio selvatico sotto esame, così escludendo il grumolo sottostante la pianta, ovvero l'ortaggio che viene chiamato comunemente "finocchio".

2.1 CARATTERI BOTANICI

Foeniculum vulgare è un'erba perenne, eretta e ramificata con fogliame morbido e piumato, quasi simile a un pelo che cresce fino a 2 m di altezza. Questa pianta sembra simile all'aneto che fa sempre parte delle Apiaceae. Viene generalmente coltivato per il suo fogliame e i suoi semi aromatizzati all'anice, entrambi comunemente raccolti per l'uso in cucina (Badgujar et al., 2014).

Il fusto è fine, cilindrico, verde brillante e liscio come se fosse levigato con foglie ramificate multiple. Le foglie crescono fino a 40 cm di lunghezza, sono fittamente sezionati e con i segmenti finali filiformi e larghi circa 0,5 mm (Fig. 1).

Fig.1 - Fusto di *Foeniculum vulgare* (www.agraria.org).

Fig. 2 - Fiori di *Foeniculum vulgare* (www.agraria.org).

Questa pianta è caratterizzata da luminosi fiori dorati, disposti in ampie ombrelle terminali piatte con raggi che possono essere da tredici a venti. Sbocciano in luglio e agosto (Fig. 2).

I frutti, ovvero i semi, sono allungati, leggermente curvi e ottusi alle estremità, sono di colore giallo-verdastro (Fig. 3). Maturano e vengono raccolti da settembre ad ottobre (Krishnamurthy, 2011).

Fig. 3 - Semi di *Foeniculum vulgare* (www.erboristeriasiciliana.it).

2.2 COLTIVAZIONE

Foeniculum vulgare è facile da coltivare e non richiede molte attenzioni, ma ha bisogno di pieno sole e un terreno ben drenato e fertile. Tende a crescere in altezza e in larghezza formando un cespuglio di foglie piumose che dapprima sono color bronzo porpora e poi man mano schiariscono diventando verdi. È una coltura perenne e pertanto non è necessario riseminarla, ma all'arrivo dell'inverno è fondamentale tagliarla alla radice ed essere coperta e protetta con un telo o con della pacciamatura cosicché la primavera seguente darà vita ad una nuova coltivazione.

Foeniculum vulgare è una pianta molto rustica che, pur preferendo un clima temperato-caldo, può essere coltivata anche in zone con inverni rigidi purché si scelga una posizione soleggiata ed un terreno permeabile. Riesce a crescere anche in suoli sabbiosi o ghiaiosi, ma rende di più quando è coltivato in un terreno con una discreta presenza di sostanza organica. Questa pianta aromatica non tollera troppa umidità quindi è necessario moderare le irrigazioni, andando a monitorare sempre che, in caso di zone aride, il suolo non si asciughi completamente. Le annaffiature vanno somministrate la sera o la mattina presto, evitando le ore più soleggiate (Grover et al. 2013).

2.3 VALORI NURIZIONALI

Dato il continuo interesse verso questo vegetale, l'USDA (Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America) ha riassunto nella Tabella 1 i valori nutrizionali medi dell'intera pianta essiccata:

Composizione	ogni 100g	Composizione	ogni 100g
Totale		**Minerali**	
Umidità	90,21 g	Ca	49 mg
Energia	31 kcal	Fe	0,73 mg
Proteine	1,24 g	Mg	17 mg
Lipidi totali	0,2 g	P	50 mg
di cui saturi	0,09 g	K	414 mg
Carboidrati	7,3 g	Na	52 mg
di cui zuccheri	3,93 g	Zn	0,2 mg
Fibre	3,1 g	**Vitamine**	
Aminoacidi		Vitamina C	12 mg
Leucina	63 mg	Vitamina B6	0,047 mg
Isoleucina	73 mg	Vitamina A	48 µg
Fenilalanina	45 mg	Vitamina K	62,8 µg
Triptofano	53 mg	Vitamina E	0,58 mg
Glicina	55 mg	Niacina B3	0,64 mg
Prolina	53 mg	Riboflavina B2	0,032 mg

Tab. 1 - Valori nutrizionali *Foeniculum vulgare* (USDA, USA).

Come si può notare il *Foeniculum vulgare* è ricco di acqua così contribuendo ad un basso apporto energetico con solo 31 kcal/100g e un basso tasso di nutrienti principali con solo 7,3 g/100g di carboidrati e 1,24 g/100g di proteine.

Questa pianta contiene anche 3,1 g/100g di fibre che sono delle sostanze formate principalmente da cellulosa importanti per la dieta umana. Una maggiore assunzione di fibre vegetali svolge un ruolo importante nel ridurre il rischio di malattie cardiovascolari, nella regolazione della gestione del peso, della funzione immunitaria e nel modellare la diversità microbica nel tratto gastrointestinale umano (Slavin, 2013).

Foeniculum vulgare ha piccole quantità di molti altri nutrienti come si può vedere dalla tabella (Tab. 1), ma è da sottolineare la quantità del calcio. I finocchi contengono più calcio (49 mg/100 g) rispetto alle mele (7,14 mg/100 g), banane (3,88 mg/100 g), datteri (25,0 mg/100 g), uva (10,86 mg/100 g), arancia (40,25 mg/100 g), prugne secche (18,0 mg/100 g), uvetta (40,0 mg/100 g) e fragole (14,01 mg/100 g). Un'appropriata assunzione di calcio ha mostrato molti benefici per la salute umana come la riduzione dei disturbi ipertensivi della gravidanza, l'abbassamento della pressione sanguigna, la prevenzione dell'osteoporosi e il mantenimento dei valori di colesterolo più bassi (Cormick e Belizán, 2019).

Nei semi sono stati identificati circa 21 acidi grassi (Barros et al., 2010). Questi sono acido caproico, acido caprilico, acido caprico, acido undecanoico, acido laurico, acido miristico, acido miristoleico, acido pentadecanoico, acido palmitico, acido eptadecanoico, acido stearico, acido oleico, acido linoleico, acido α-linolenico, acido arachidico, acido eicosanoico, acido cis-11,14-eicosadienoico, acido eneicosanoico, acido behenico, acido tricosanoico e acido lignocerico.

Quindi gli acidi grassi polinsaturi sono il principale gruppo di acidi grassi predominando su quelli insaturi e sono compresi tra il 66% e l'80%. È stata riscontata una elevata concentrazione di acidi grassi n-3 nelle foglie e sei semi del finocchio che contribuisce ad un basso rapporto tra acidi grassi ω6 e ω3.

L'equilibrio tra acidi grassi ω3 e ω6 è essenziale per il metabolismo umano, infatti gli acidi grassi n-3 hanno un ruolo importante nella regolazione sia dell'accumulo di grasso che della sua eliminazione da parte del fegato.

Un elevato rapporto ω6:ω3 influisce negativamente sul modello istologico del grasso del fegato attraverso la modulazione della quantità di lipidi intraepatici ed è stata dimostrata l'influenza di questo rapporto sulla microcircolazione epatica e sui rischi di ischemia (El-Brady et al., 2007).

Foeniculum vulgare è anche ricco di polifenoli che sono composti organici prodotti in natura dal metabolismo delle piante, dunque sono definiti metaboliti secondari, e sono responsabili dell'astringenza, dell'odore, della stabilità ossidativa, del sapore e del colore del vegetale. I polifenoli possono essere classificati in diversi gruppi in base alla loro struttura chimica, più precisamente in base al numero di anelli aromatici che sono contenuti in essi e agli elementi strutturali che legano questi anelli tra loro (Abbas et al., 2017). Le classi principali sono i flavonoidi e gli acidi fenolici.

I flavonoidi sono generalmente considerati un'importante categoria di antiossidanti nella dieta umana e sono sostanze abbondanti nelle piante della famiglia delle Apiaceae. È stato riportato che il contenuto totale di flavonoidi negli estratti idroalcolici dell'intera pianta è di circa 12,3 mg/g (Badgujar et al. 2014).

Differenti studi hanno portato alla rilevazione di specifici flavonoidi in diversi estratti. Dall'intera pianta di *Foeniculum vulgare* sono stati isolati flavonidi come eriodictiol-7-rutinoside, quercetina-3-rutinoside (Faudale et al., 2008), ma i più diffusi sono quercetina-3-glucuronide, isoquercitrina, quercetina-3-arabinoside, kaempferol-3-glucuronide e kaempferol-3-arabinoside e isoramnetina glucoside (Kunzemann e Herrmann, 1977).

Dall'estratto acquoso sono stati rivelati anche quercetina-3-O-galattoside, il kaempferol-3-O-rutinoside e il kaempferol-3-O-glucoside (Parejo et al., 2004), e dall'estratto di acetato di etile altri flavonoidi come l'isoramnetina 3-O-α-ramnoside, la quercetina e il kaempferolo. Mentre la quercetina 3-O-rutinoside, il kaempferolo 3-O-rutinoside e la quercetina 3-O-β-glucoside sono stati isolati dall'estratto di metanolo: questi flavonoidi mostrano una notevole attività antinocicettiva e antinfiammatoria (Nassar et al., 2010). Inoltre, è stato riportato che quercetina, rutina e isoquercitrina hanno attività immunomodulatorie (Cherng et al., 2008).

Gli estratti acquosi di *Foeniculum vulgare* sono ricchi anche di composti fenolici. Molti di loro hanno attività antiossidanti e proprietà epatoprotettive. Questi composti fenolici hanno ricevuto un'enorme attenzione tra nutrizionisti, scienziati alimentari e consumatori a causa del loro ruolo nella salute umana perchè sono considerati associati alla prevenzione di malattie eventualmente indotte da stress ossidativo come malattie cardiovascolari, cancro e infiammazioni (Naczk e Shahidi, 2003). È stato riportato che questo vegetale contiene derivati dell'acido idrossicinnamico, glicosidi flavonoidi e agliconi flavonoidi (Parejo et al., 2004). L'estratto metanoico dei semi di finocchio contiene acido rosmarinico (14,9 %) e acidi clorogenici (6,8 %) come principali composti fenolici e quercetina (17,1 %) e apigenina (12,5 %) come principali flavonoidi.

È stato segnalato l'intera pianta di *Foeniculum vulgare* essiccata e polverizzata contiene acidi fenolici come acido 3-O-caffeilchinico, acido 4-O-caffeilchinico, acido 5-O-caffeilchinico, acido 1,3-O-di-caffeilchinico, 1,4-O-di -acido caffeilchinico e acido 1,5-O-di-caffeilchinico (Ghanem et al., 2012).

2.4 PARAMETRI DI QUALITÀ

Foeniculum vulgare è ben noto per il suo olio essenziale ricavato dai suoi semi. Il suo caratteristico odore e gusto di anice lo rende un ottimo aromatizzante nei prodotti da forno, piatti di carne e pesce, gelati e bevande alcoliche. È stato riportato che i componenti principali dell'olio essenziale di semi di *Foeniculum vulgare* sono trans-anetolo, fencone, estragolo, para-anisaldeide e α-fellandrene (Fig. 4).

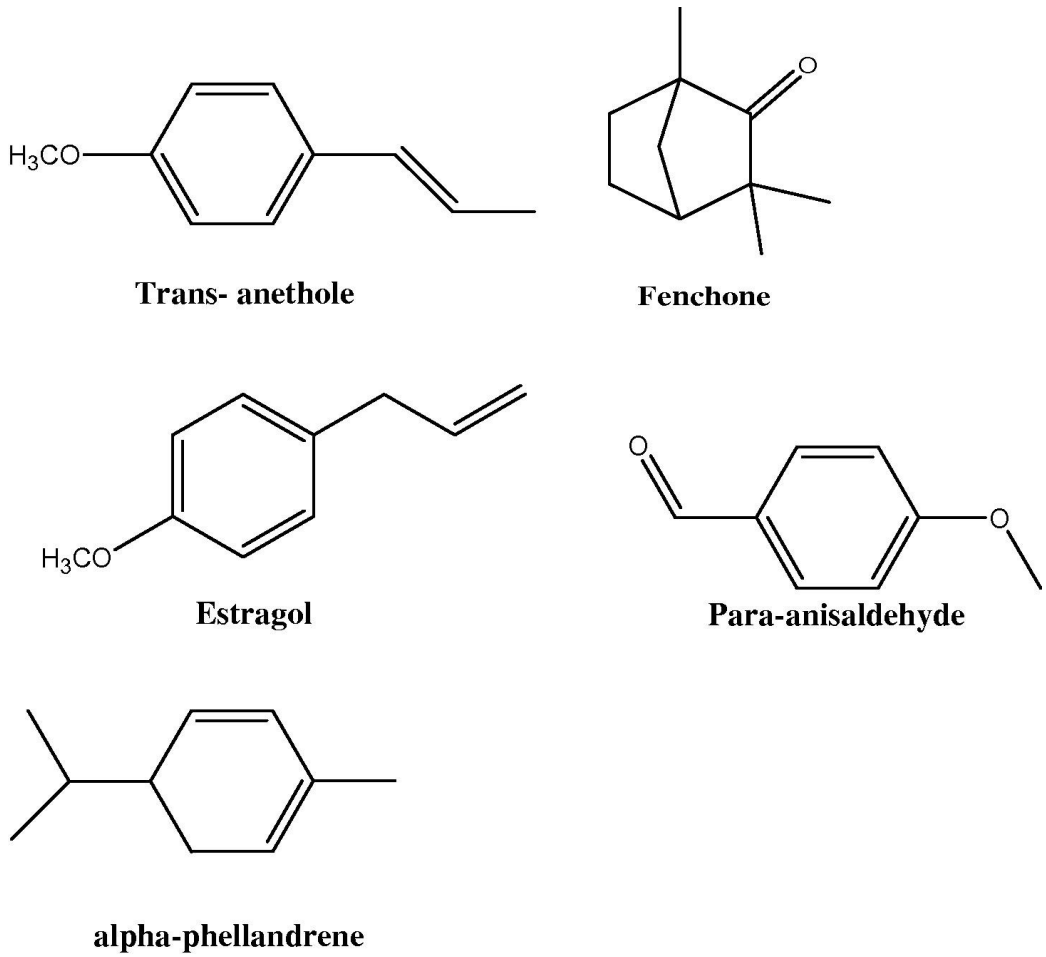

Fig. 4 - Strutture molecolari dei componenti principali dell'olio essenziale di *Foeniculum vulgare* (Rather et al., 2016).

Negli anni sono stati effettuati diversi studi che hanno portato alla conoscenza dei composti volatili presenti nell'olio essenziale dei semi di *Foeniculum vulgare*, il quale viene generalmente estratto per distillazione in corrente di vapore (Telci et al., 2009). Successivamente all'estrazione sono stati utilizzati diversi metodi per identificare i composti volatili dell'olio essenziale dei semi.

Guillén e Manzanos (1996) hanno studiato la resa e la composizione dei componenti volatili presenti utilizzando tecniche di gascromatografia (GC) e gascromatografia-spettrometria di massa (GC-MS) identificando 37 composti volatili. Fang (2006) ha caratterizzato 76 composti volatili nell'olio essenziale di *Foeniculum vulgare* con l'aiuto diverse tecniche avanzate, ovvero la microestrazione del solvente dello spazio di testa seguita da gascromatografia-spettrometria di massa (HSME-GC-MS) e la microestrazione in fase solida (SPME). Nel 2007 Tognolini utilizzando GC-MS dall'olio essenziale oltre ad aver rilevato 18 composti ha rilevato il trans-anetolo come il più abbondante.

Invece Damjanović (2005) utilizzando una estrazione alternativa rispetto alla distillazione per corrente di vapore, ovvero CO2 supercritica (SC-CO2) dai semi, ha identificato un totale di 28 composti.

In conclusione è stato riassunto che l'olio essenziale dai semi di *Foeniculum vulgare* contiene più di 87 composti volatili (Zoubiri et al., 2014) e l'accumulo di questi è variabile tra diverse piante a causa dei fattori pedoclimatici (Gross et al., 2009).

In uno studio di Telci (2009) è stato riportato che il contenuto e la composizione dell'olio essenziale varia durante le diverse fasi di maturazione di *Foeniculum vulgare*. I seguenti grafici (Fig. 5) mettono in relazione le diverse fasi del vegetale con il contenuto in ml di olio essenziale e di trans-anetolo facendo riferimento alla pianta nel suo complesso ("total"), ai fiori principali ("main umbel") e ai fiori secondari ("secondary umbel").

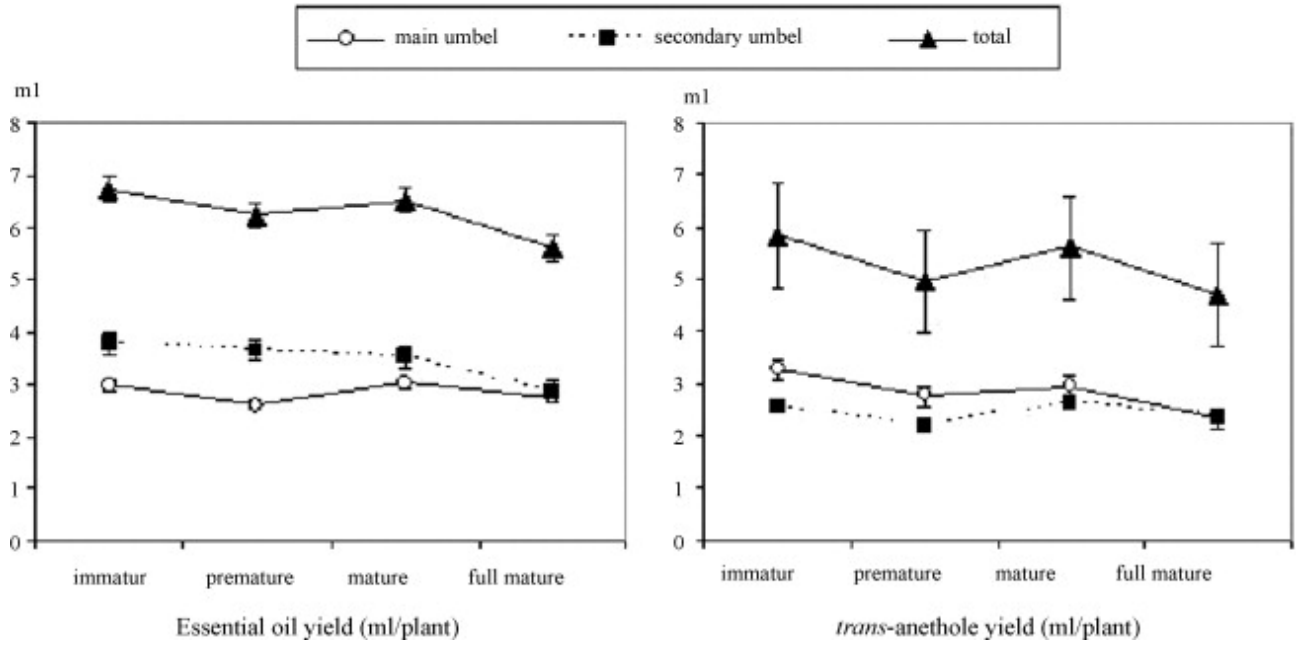

Fig. 5 - Resa di olio essenziale e trans-anetolo durante i periodi di crescita di *Foeniculum vulgare* (Telci et al., 2009).

Si è notato che il contenuto di olio essenziale, e di conseguenza quello del trans-anetolo, diminuisce con l'aumentare della maturità.

La concentrazione relativa dei vari composti volatili, oltre alla sua fase di sviluppo, varia considerevolmente a seconda della provenienza del finocchio (Diaz-Maroto et al., 2006) e la composizione dell'olio essenziale mostra una notevole chemiodiversità a seconda del metodo di estrazione.

Dagli studi riportati in precedenza è possibile ricavare che il composto volatile principale che caratterizza la qualità e le caratteristiche organolettiche di *Foeniculum vulgare* è il trans-anetolo che viene rilevato tra il 59,8% e il 90,4% nell'olio essenziale (Senatore et al., 2013), ma per essere considerato di alta qualità il livello di questo composto deve attestarsi tra l'81,63% e l'87,85% o superiore (Telci et al., 2009).

L’anetolo è un estere insaturo aromatico e possiede due isomeri (cis e trans) rispetto al doppio legame esterno all’anello, ma in natura quello più abbondante e caratteristico è il trans. Grazie ai suoi sentori di anice ha un uso importante come sostanza aromatizzante in prodotti da forno, caramelle, gelati, gomme da masticare e bevande alcoliche (Newberne et al., 1999).

2.5 ATTIVITA' ANTIOSSIDANTE

Lo scavenging è la capacità di una sostanza di trasformare i radicali liberi dell'ossigeno in composti non radicalici privi di reattività, e quindi di tossicità. Le sostanze che hanno questa capacità si chiamano "scavenger" e i principali presenti fisiologicamente in natura come difesa della tossicità dei radicali dell'ossigeno prodotti dal metabolismo cellulare sono: la superossidodismutasi, la catalasi e la glutationeperossidasi (tutti e tre di natura enzimatica), il glutatione ridotto, le vitamine A ed E, l'acido ascorbico, l'acido urico e numerosi flavonoidi (Miliauskas et al., 2004). Gli antiossidanti presenti in natura possono essere usati per proteggere gli esseri umani dai danni da stress ossidativo (Scalbert et al., 2005). Le proprietà antiossidanti dei composti fenolici sono ben note, svolgendo un ruolo vitale nella stabilità dei prodotti alimentari, nonché nei meccanismi di difesa antiossidante dei sistemi biologici. Essi forniscono benefici per la salute associati a un ridotto rischio di malattie croniche che possono essere dovute alla loro capacità di ridurre gli agenti donando idrogeno e completando ossigeno con un solo elettrone (Nijveldt et al., 2001).

Foeniculum vulgare è conosciuto come un'ottima fonte di antiossidanti naturali (Shahat et al., 2011) ed è stato confermato negli anni che il finocchio selvatico mostra un'attività di scavenging grazie al contenuto fenolico e flavonoide più elevato rispetto ad altri vegetali. I composti fenolici dei questa pianta, tra cui acido caffeoilchinonico, acido rosmarinico, eriodictiol-7-rutinoside, quercetina e kaempferolo, hanno mostrato attività antiossidanti rilevanti (Parejo et al., 2004).

L'olio essenziale dei semi ha mostrato una forte attività antiossidante rispetto a due antiossidanti sintetici butilidrossianisolo (E320) e all'idrossitoluene butilato (E321), ma gli estratti di etanolo e acqua hanno mostrato meno attività antiossidante rispetto all'olio essenziale (Díaz-Maroto et al., 2005).

De Marino (2007) ha studiato l'attività antiossidante utilizzando degli estratti grezzi e dei composti puri ricavati da *Foeniculum vulgare* e in generale i composti puri mostravano una maggiore attività antiossidante rispetto agli estratti grezzi perché questi ultimi erano più scarsi nel composto di riferimento, cioè la quercetina.
Secondo Mata (2007) le rese di estrazione e i fenoli totali utilizzando metanolo sono superiori ai valori ottenuti da estratti con acqua (26,5%) ed etanolo (6,9%), ma comunque da questo studio sono stati rilevati i seguenti livelli di fenoli utilizzando tutta la pianta:
- 63,8 mg/g da estratto acquoso;
- 63,1 mg/g da estratto etanoico.

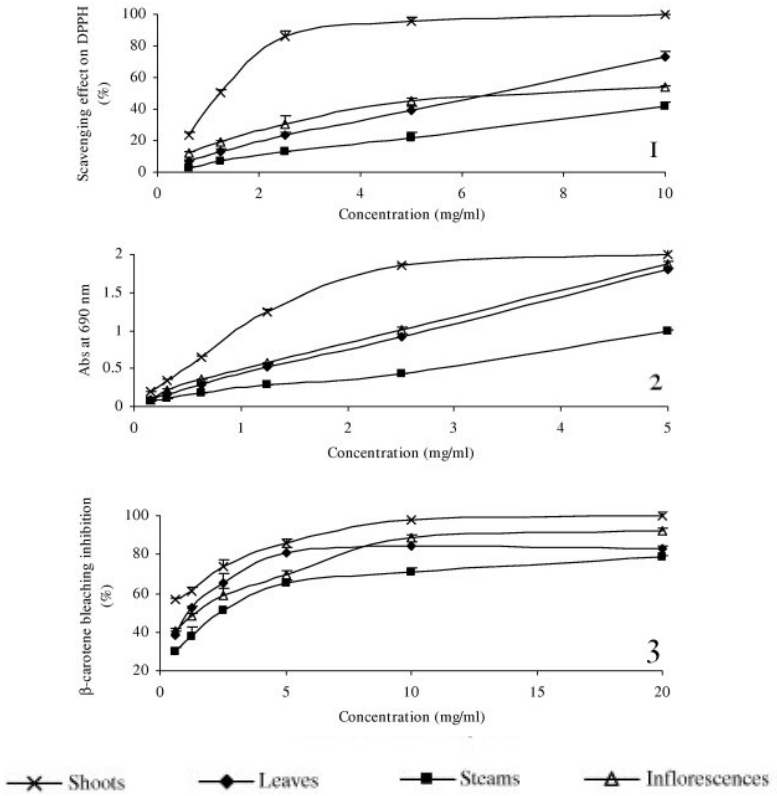

Fig. 6 - Attività antiossidante delle diverse parti di *Foeniculum vulgare* (Barros et al., 2009).

L'attività di scavenging di *Foeniculum vulgare* è stata misurata rispetto a diverse specie radicaliche ovvero i radicali DPPH (1), il complesso Fe^{3+}/ferricianuro (2) e i radicali liberi del linoleato (3) come si può vedere dai grafici che seguono (Fig. 6).

I primi due sono saggi basati sulla reazione di trasferimento dell'atomo di idrogeno, mentre il terzo è un saggio basato sulla reazione di trasferimento di elettroni (Prior et al., 2005). Dall'analisi della Fig. 6, possiamo concludere che gli effetti di scavenging degli estratti di finocchio sui radicali DPPH sono incrementati con l'aumento della concentrazione e sono stati buoni per germogli, foglie e fiori con una azione superiore al 50% ad una concentrazione di 10 mg/ml.

La potenza riducente è stata valutata misurando la conversione di un complesso Fe^{3+}/ ferricianuro nella forma ferrosa e si può osservare che il potere riducente è aumentato con la concentrazione e i valori ottenuti per i germogli, fiori e foglie sono stati eccellenti. Con una concentrazione di 5 mg/ml erano superiori a 1,5.

L'inibizione del bleaching del β-carotene è stata valutata dalla capacità di neutralizzare il radicale libero del linoleato e altri radicali liberi formati nel sistema che attaccano le parti altamente insature di β-carotene. Ancora una volta, gli estratti di germogli e foglie sono stati i più efficaci per l'attività antiossidante con una azione superiore al 90% ad una concentrazione di 20 mg/ml.

Le diverse parti studiate di *Foeniculum vulgare* hanno dimostrato di avere attività di prevenzione dei radicali liberi e proprietà di inibizione della perossidazione lipidica, ma con differente efficacia.

In uno studio (Barros et al., 2009) è stato rilevato un alto contenuto di vitamina E (tocoferoli) e vitamina C (acido ascorbico) in *Foeniculum vulgare*.

La vitamina E e la vitamina C sono nutrienti antiossidanti presenti in natura che svolgono un ruolo importante nella salute inattivando i radicali liberi dannosi prodotti attraverso la normale attività cellulare e da vari fattori di stress (Chew, 1995). I radicali a catena idrosolubili, come la vitamina C, funzionano come difesa primaria contro i radicali acquosi, mentre la vitamina E agisce come antiossidante lipofilico rompendo la catena ed è responsabile della riduzione dei radicali perossilici lipidici (Liu et al., 2008).

Le diverse parti del finocchio selvatico hanno rivelato un alto contenuto di entrambe le vitamine, in particolare acido ascorbico:

- fusto: 570,89 µg/g peso secco;
- foglie: 360,41 µg/g peso secco;
- fiori: 181,77 µg/g peso secco.

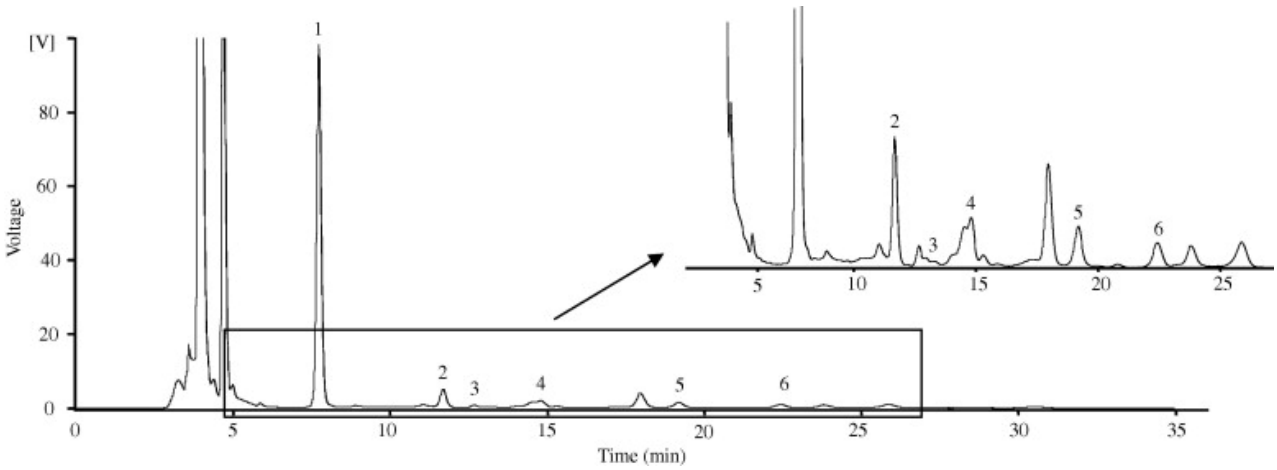

Fig. 7 - Cromatogramma a fluorescenza HPLC di *Foeniculum vulgare*. Picchi: 1 – α-tocoferolo; 2 – BHT (idrossitoluene butilato); 3 – β-tocoferolo; 4 – γ-tocoferolo; 5 – δ-tocoferolo; e 6 – I.S.: standard interno (Barros et al., 2009).

L'α-tocoferolo (Fig. 7) è la principale vitamina presente nell'intera pianta di *Foeniculum vulgare*. La presenza di questo gruppo di vitamine è molto importante perché è stata rilevata in letteratura l'esistenza di interazioni cooperative tra vitamina C e vitamina E: le due molecole interagiscono sinergicamente all'interfaccia membrana-citosol per rigenerare la vitamina E ossidata legata alla membrana (Li e Schellhorn, 2007). Le interazioni tra questi nutrienti antiossidanti sono molto importanti per proteggere le cellule perché la concentrazione di ciascun antiossidante da solo potrebbe non essere adeguata a proteggere efficacemente queste cellule dalla perossidazione lipidica (Chew, 1995).

Pertanto, il potenziale antiossidante di questa pianta potrebbe spiegare alcuni degli usi empirici nella medicina popolare, come infusi di foglie o semi, decotti di radici o semi, liquori preparati con vapori e infiorescenze, bagni, unguenti e cataplasmi.

2.6 ATTIVITA' ANTIMICROBICA

Foeniculum vulgare è stato utilizzato come rimedio etnico per la cura di numerosi disturbi infettivi di origine batterica, fungina, virale e micobatterica. Diversi studi sono stati condotti in passato per convalidarne il potenziale antimicrobico, antimicobatterico e antivirale. Duško (2006) ha studiato l'effetto antibatterico dell'estratto acquoso di 12 piante medicinali della famiglia delle Apiaceae tra cui *Foeniculum vulgare*. L'estratto acquoso della parte aerea di *Foeniculum vulgare* ha inibito la crescita di *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas fluorescens* e *Pseudomonas glycinea*. Mentre un estratto acquoso di un campione di semi ha inibito la crescita di *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomona aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri* e *Bacillus cereus* (Kaur e Arbora, 2009).

Gulfraz (2008) invece ha studiato l'effetto antibatterico dell'olio essenziale dai semi e degli estratti etanolici e metanolici dall'intera pianta di *Foeniculum vulgare* contro *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas syringae* e *Candida albicans*. Secondo i risultati riportati l'olio essenziale aveva significative attività antimicrobiche contro alcuni microrganismi rispetto agli estratti metanoici ed etanolici. I diametri della zona di inibizione della crescita variavano da 14 a 31 mm (incluso il diametro del disco 6 mm) con i valori di zona di inibizione più alti osservati contro *Bacillus megaterium* (31 mm) e *Bacillus subtilis* (29 mm).

L'olio essenziale estratto dai semi ha mostrato inoltre un effetto antibatterico contro i patogeni di origine alimentare come *Escherichia coli*, *Bacillus megaterium* e *Staphylococcus aureus* (Mohsenzadeh, 2007), *E. coli* O157:H7 e *Listeria monocytogenes* (Dadalioglu e Evrendilek , 2004).

Diao (2004) ha dimostrato che il meccanismo d'azione dell'olio essenziale avviene creando una rottura della membrana cellulare andando a danneggiare la sua permeabilità portando alla fuoriuscita di elettroliti e la perdita di proteine e zuccheri riducenti. Questi cambiamenti portano alla decomposizione cellulare e alla morte che corrisponde a una riduzione del numero di batteri vitali (Fig. 8). Questa modalità d'azione è stata supportata dall'osservazione al microscopio elettronico a scansione (SEM).

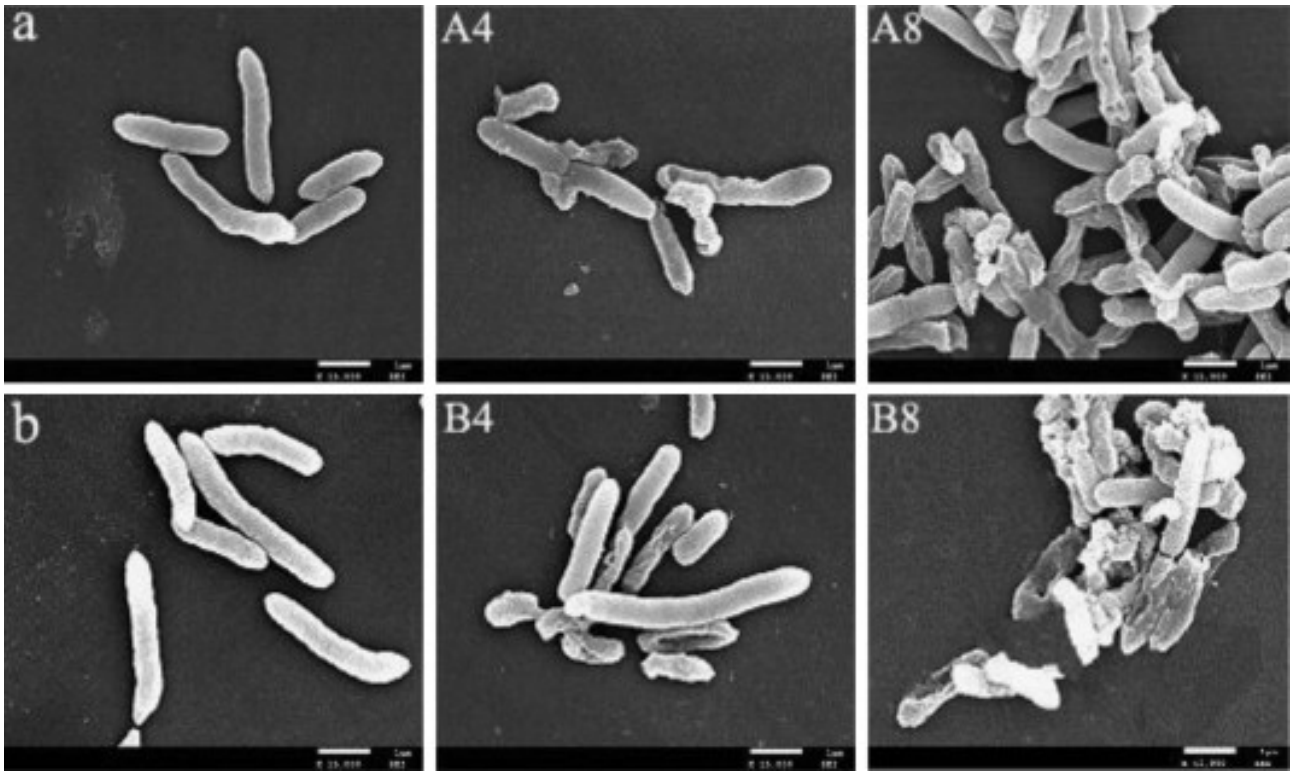

Fig. 8 - Fotografia di SEM di *Shigella dysenteriae* (Diao et al., 2014).

I batteri *Shigella dysenteriae* sono stati trattati con l'olio essenziale dei semi di *Foeniculum vulgare* a concentrazioni di 0,125 mg/ml (A) e 0,25 mg/ml (B) rispettivamente per 4 ore (A4 e B4) e 8 ore (A8 e B8). I cambiamenti morfologici e fisici dei batteri trattati sono stati osservati dal SEM (Fig. 8).

Queste immagini mostrano gli effetti distruttivi dell'olio essenziale sui batteri testati: le superfici dei ceppi trattati hanno subito evidenti cambiamenti morfologici rispetto ai controlli non trattati (a e b).

I cambiamenti sono stati più evidenti con l'aumento della concentrazione e del tempo di trattamento e questo ha indicato che l'olio essenziale dei semi può avere gravi effetti sulla parete cellulare e sulla membrana citoplasmatica.

Tuttavia, a causa delle composizioni eterogenee degli oli essenziali, sembra improbabile che esista un solo meccanismo d'azione o che un solo componente sia responsabile dell'azione antimicrobica. Pertanto, sono ancora necessarie ulteriori ricerche per comprendere appieno i meccanismi che rendono l'olio essenziale un agente antibatterico naturale anche contro altri agenti patogeni di origine alimentare.

Gli estratti di etanolo e acqua dell'intera pianta di *Foeniculum vulgar*e hanno invece mostrato attività contro *Campylobacter jejuni* e *Helicobacter pylori* (Mahady, 2005). Sulla base dei precedenti studi l'olio essenziale di semi di *Foeniculum vulgare* e gli estratti possiedono una buona attività antibatterica contro patogeni di origine alimentare e non.

L'olio essenziale dei semi di *Foeniculum vulgare* ha mostrato una significativa attività antimicotica contro i funghi del deterioramento degli alimenti come *Aspergillus niger* e *Fusarium oxysporum* e può avere importanti applicazioni come additivi alimentari. I valori di concentrazione minima inibitoria (MIC) dell'olio essenziale erano 250 µg/mL per *Fusarium oxysporum* e 750 µg/mL per *Aspergillus niger* (Martins et al., 2012). L'olio estratto dai semi di *Foeniculum vulgare* mostra livelli variabili come effetto antimicotico sulla crescita sperimentale del micelio di *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani* (Özcan et al., 2006) e ha mostrato un'apprezzabile attività antimicotica contro ceppi di funghi patogeni, in particolare *Aspergillus niger*, *Fusarium solani* e *Rhizopus solani* (Anwar et al., 2009). È interessante notare che in uno studio l'estratto acquoso di semi di *Foeniculum vulgare* ha mostrato la più forte attività antimicotica rispetto ad un agente fungicida di riferimento, cioè la griseofulvina (Taie et al., 2013). Potrebbe essere un potenziale candidato per un nuovo agente antimicotico per la candidosi e altre malattie funginee.

Orhan (2012) ha studiato l'attività antivirale dell'olio essenziale di un campione di semi di *Foeniculum vulgare* insieme ad altre 12 piante medicinali turche contro il virus del DNA Herpes simplex tipo-1 (HSV-1) e il virus dell'RNA parainfluenza tipo-3 (PI-3). La maggior parte degli oli e dei composti ha mostrato forti effetti antivirali contro HSV-1, con MIC compreso tra 0,8 e 0,025 µg/mL, ma i campioni testati erano meno efficaci contro PI-3, con risultati di MIC compresi tra 1,6 e 0,2 µg/mL. Solo gli oli essenziali di *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare*, *Mentha piperita*, *Mentha spicata*, *Ocimum minutiflorum*, *Ocimum vulgaris* e *Satureja cuneifolia* hanno inibito significativamente questo virus.

L'insieme di questi risultati della letteratura hanno convalidato gli usi tradizionali del *Foeniculum vulgare* nei disturbi infettivi come dolori addominali, antiemetico, artrite, congiuntivite, stipsi, depurativo, diarrea, dieresi, febbre, flatulenza, gastralgia, gastrite, insonnia, colon irritabile, ulcera alla bocca, mal di stomaco, disturbi respiratori, malattie della pelle. C'è sempre bisogno di nuovi agenti farmacologici a causa del rapido sviluppo della resistenza e i metaboliti bioattivi di *Foeniculum vulgare* possono essere una potenziale fonte di nuovi agenti antimicrobici.

2.7 UTILIZZO NELLA DIETA UMANA

Foeniculum vulgare è un ingrediente indispensabile nella moderna cucina francese e italiana. Tutte le parti della pianta sono aromatiche e possono essere utilizzate in diversi modi diventando così un componente importante della dieta europea. Germogli, foglie e steli vengono masticati e succhiati grazie al loro squisito sapore di anice, ma sono anche comunemente usate come verdure. Vengono aggiunti crudi alle insalate, stufati con fagioli e ceci, usati per farcire il pesce alla griglia e posti nelle zuppe e nei brodi. Oltre agli alimenti, *Foeniculum vulgare* viene utilizzato anche nelle bevande: i gambi che macerano nel brandy producono un alcolico altamente caratteristico. Il distintivo odore di anice dei questo vegetale, dovuto al suo olio essenziale, lo rende un ottimo aromatizzante in prodotti da forno, piatti di carne e pesce, gelati e bevande alcoliche (Barros et al, 2010).

Un importante utilizzo di *Foeniculum vulgare* è la preparazione di tisane utilizzando steli freschi o essiccati che vengono consumate fredde o calde, a seconda della stagione. Queste tisane hanno un effetto diuretico.

Un diuretico è qualsiasi sostanza che favorisce la produzione di urina, ovvero un agente che promuove la diuresi. I diuretici agiscono favorendo l'espulsione dell'urina dal corpo e questo aiuta a ridurre il volume di sangue che circola attraverso il sistema cardiovascolare. Caceres (1987) ha condotto uno studio su animali vertebrati e ha somministrato *Foeniculum vulgare* essiccato e polverizzato che non ha avuto effetto, mentre l'estratto etanoico e acquoso del seme della pianta ha rivelato un'eccellente attività diuretica. L'estratto dai semi ha mostrato, statisticamente, un effetto diuretico significativo: la diuresi indotta nei topi aveva una produzione di urina quasi doppia rispetto al gruppo di controllo.

Oltre a questi utilizzi più tradizionali ci sono attualmente diversi studi che hanno lo scopo di incorporare *Foeniculum vulgare* in forma di estratto o di olio essenziale per migliorare gli alimenti attraverso la sua attività antiossidante.

Caleja (2016) ha incapsulato dell'olio essenziale ricavato dai semi all'interno della ricotta per studiare l'attività antiossidante di *Foeniculum vulgare* ed è stato possibile concludere che la ricotta è stata efficacemente funzionalizzata senza causare cambiamenti significativi nei parametri nutrizionali, cromatici e nei profili degli acidi grassi. Inoltre, è anche stato possibile dedurre che l'incapsulamento della microsfera può essere applicato come tecnica per preservare l'attività antiossidante durante i periodi di conservazione più lunghi. Infatti, i composti microincapsulati sembravano essere rilasciati dopo il settimo giorno, garantendo un aumento dell'attività antiossidante.

L'incapsulamento dell'olio essenziale dei semi di *Foeniculum vulgare* può essere anche efficace sulla confezione di un prodotto creando così un active packaging (Mukurumbira et al., 2022).

Riguardo allo yogurt invece, è stato rivelato che l'introduzione di estratti acquosi preparati dalle piante migliora l'attività antiossidante di questi prodotti, mostrando una capacità superiore rispetto all'additivo sintetico, sorbato di potassio, utilizzato come conservante antiossidante dall'industria alimentare e nel settore lattiero-caseario. Inoltre, l'incorporazione di questi decotti non ha alterato significativamente il profilo nutrizionale, l'aspetto, il pH e gli acidi grassi, dimostrando che gli estratti vegetali naturali hanno benefici per i consumatori e non comportano cambiamenti nutrizionali negli yogurt durante il loro normale periodo di conservazione (Caleja et al., 2016).

Infine un recente studio (Haddarah et al., 2021) ha riportato un possibile utilizzo dell'estratto dall'intera pianta di *Foeniculum vulgare* come fattore limitante nella creazione di acrilammide nella frittura ad aria di patatine fritte.

3 ASPARAGUS ACUTIFOLIUS

Asparagus acutifolius è una specie vegetale selvatica della famiglia delle Asparagaceae e del genere Asparagus in cui il vegetale più conosciuto è il classico asparago "*Asparagus officinalis*". Il nome "Asparagus" deriva dalla parola persiana "asparag" ovvero germoglio, che fa riferimento ai giovani germogli che si rivelano in primavera, mentre l'epiteto "acutifolius" si riferisce alla sinuosità delle estremità (Šilić, 1988).

L'asparago selvatico cresce spontaneamente nei paesi mediterranei da migliaia di anni ed era coltivato nell'antica Roma. È diffuso in tutto il Mediterraneo e in Italia si trova principalmente nelle regione centro-meridionali rispetto a quelle settentrionali. Il suo habitat è prevalentemente lungo la costa, tra macchia, arbusti e nei boschi di lecci fino a 1300 m di altitudine (Grlić, 1990).

3.1 CARATTERI BOTANICI

Asparagus acutifolius (o comunemente detto "asparago selvatico") è una pianta perenne che presenta un fusto legnoso grigio verso la base e verde verso l'apice superiore, molto ramificato e può arrivare fino ad 1,50 m di altezza.
La parte superiore invece è erbacea e le foglie sono aghiformi e pungenti per la presenza di una piccola spina all'apice, lunghe 1 cm e riunite in fascette di 4-12 elementi (Fig. 9).

Fig. 9 - *Asparagus acutifolius.*

In primavera, verso aprile e maggio avviene la bocciatura di fiori giallo-verdastri (Fig. 10) dai quali si produce un frutto (Fig. 11) inizialmente verde e poi scuro quando maturo (Kaska et al., 2018). E' da sottolineare che in questo elaborato, tutte le attività biologiche e i valori nutrizionali non tengono conto delle bacche qui sopra descritte perché attualmente la parte considerata edibile e studiata sono i fusti, la parte erbacea/fogliare e i turioni.

Fig. 10 - Fiore di *Asparagus acutifolius* (agriforward.eu, 2017).

Fig. 11 - Bacche di *Asparagus acutifolius* (agriforward.eu, 2017).

2.3 COLTIVAZIONE

Secondo Rosati (2005) la coltura di *Asparagus acutifolius* è alquanto semplice. Data la scarsa biomassa prodotta e la frugalità della specie, l'asparago selvatico non ha impegnative esigenze riguardo l'irrigazione e la nutrizione, anche se un adeguato apporto di sostanza organica è di considerevole aiuto creando condizioni pedologiche simili a quelle degli ambienti naturali di crescita della specie. La sostanza organica, inoltre, specialmente se distribuita in superficie, previene le spaccature in terreni argillosi che risultano dannose all'apparato radicale carnoso e superficiale dell'asparago selvatico.

La produzione di *Asparagus acutifolius* si colloca su valori compresi tra circa 1,2 e 1,3 t/ha in circa 2 mesi di raccolta con file di coltivazioni distanti non inferiori ai 30 cm. Certamente le rese in campo sono maggiori rispetto a quelle che possono essere in una situazione selvatica nei diversi ambienti in cui questo vegetale si sviluppa. La coltivazione di *Asparagus acutifolius* resta ancora limitata a causa di alcuni problemi ed i principali sono la scarsa germinabilità del seme (e conseguente difficoltà di produzione delle piantine) e la mancanza di informazioni sia sulla tecnica colturale, sia sulla produttività ed economicità della coltura.

Un tipo di coltura innovativa per questo vegetale spontaneo è l'associazione con gli ulivi (Rosati, 2011). *Asparagus acutifolius* cresce spontaneamente nell'area mediterranea e ha esigenze ecologico-ambientali simili a quelle dell'ulivo. L'unica differenza è che l'asparago selvatico cresce bene in ombra parziale a differenza dell'ulivo che esige il pieno sole, quindi la coltivazione dell'asparago sotto l'uliveto (Fig. 12) non toglie luce alla specie dominante e l'asparago non soffre anzi, probabilmente, si avvantaggia dell'ombra non densa dell'ulivo. Consociare ulivo e asparago consente le massime produzioni di entrambe le specie sullo stesso terreno. Un altro buon motivo per consociare queste due colture è che l'asparago è perenne e quindi non richiede lavorazioni del terreno una volta trapiantato, consentendo l'inerbimento permanente.

L'asparago selvatico è una perenne di lunga vita e, una volta impiantato, richiede solo lo sfalcio della vegetazione spontanea, proprio come l'ulivo. Un problema evidente della consociazione ulivo-asparago è quello dell'intralcio alla raccolta delle olive dovuto alla vegetazione spinosa dell'asparago, che si può impigliare nelle reti. Esistono però reti composte con materiali plastici forati molto scorrevoli e create appositamente per non impigliarsi.

Fig. 12 - Asparagi selvatici in oliveto ad con pacciame di plastica (Rosati, 2001).

3.3 VALORI NUTRIZIONALI

Recentemente, è cresciuto l'interesse per la coltivazione di *Asparagus acutifolius* come coltura frugale e per i mercati di nicchia, ma esistono poche informazioni sui valori nutrizionali di questo vegetale, quindi uno studio di Ferrara (2011) e uno studio di Di Maro e altri (2013) hanno riportato alcuni parametri di *Asparagus acutifolius,* mentre Civelek e Balkaya (2013) hanno studiato i minerali presenti in diverse piante selvatiche compresa *Asparagus acutifolius.* L'insieme dei risultati di questi diversi studi sono riassunti nella tabella dei valori nutrizionali (Tab. 2).

La conoscenza del valore nutrizionale è importante sia per comprendere i possibili effetti benefici del consumo di questa pianta sulla salute umana sia per sostenerne la possibile coltivazione e commercializzazione.

Composizione	ogni 100g	Composizione	ogni 100g
Totale		**Minerali**	
Umidità	87,83 g	Ca	53 mg
Energia	41 kcal	Fe	0,6 mg
Proteine	4,34 g	Mg	15 mg
Lipidi totali	0,9 g	P	48 mg
Carboidrati	5,28 g	K	170 mg
Fibre	1,9 g	Mn	0,04 mg
Aminoacidi		Zn	0,44 mg
Asparagina	630,15 mg	**Zuccheri**	
Glutammina	602,34 mg	Glucosio	2,55 g
Prolina	316,03 mg	Mannosio	0,90 g
		Arabinosio	0,27 g
Foliati	47,5 µg	Galattosio	0,21 g
Acido ascorbico	117 mg	Fruttosio	0,17 g
Polifenoli	110 mg	Xilosio	0,17 g

Tab. 2 - Valori nutrizionali di *Asparagus acutifolius.*

L'asparago selvatico ha un valore energetico relativamente basso, ma un valore nutritivo elevato grazie al suo alto contenuto di acqua, minerali e vitamine (Grlić, 1990). I germogli di *Asparagus acutifolius* sono ricchi di potassio, fosforo, zolfo, calcio, magnesio, ferro e zinco. Il contenuto di vitamina C e acido folico è elevato e il contenuto di vitamine A ed E è leggermente inferiore (Negi et al., 2010). È interessante notare che il contenuto totale di minerali diminuisce dalla cima del germoglio verso il basso (Palfi et al., 2014).
Riguardo gli acidi grassi ne sono stati identificati 21 tra cui acido caproico, acido caprilico, acido caprico, acido laurico, acido miristico, acido miristoleico, acido pentadecanoico, acido palmitico, acido palmitoleico, acido eptadecanoico, acido stearico, acido oleico, acido linoleico, acido α-linolenico, acido arachidico e acido eicosenoicosenoico. Ma i 3 più abbondanti rilevati sono l'acido linoleico (18:2), che occupa il 44,5% del totale, l'acido α-linolenico (18:3) e l'acido palmitico (16:0), con un rapporto ω6:ω3 pari a 1,87 (Martins et al., 2011), che può essere considerato come un buon valore se si trova al di sotto di 4,00.

Da un primo studio (Brouquisse et al., 1998) in *Asparagus acutifolius* l'asparigina è risultata di gran lunga il più abbondante tra gli amminoacidi liberi, infatti equivale circa al 50% di quelli rilevati e la sua quantità è stata confermata dall'aumento dell'acido aspartico dopo l'idrolisi acida dei campioni, ma anche il contenuto di prolina era elevato, ovvero equivalente a circa il 20% del totale, ma inferiore rispetto al primo aminoacido menzionato. Oltre a questi due aminoacidi si trovano in quantità minori anche glutammina, serina e lisina e aminoacidi contenenti zolfo (metionina e cisteina). Da studi sucessivi invece tra gli aminoacidi totali della pianta di *Asparagus acutifolius* i più abbondanti, in ordine decrescente, erano acido aspartico, acido glutammico, prolina, leucina, lisina, serina e alanina, che rappresentano complessivamente circa il 67% del totale (Di Maro et al., 2013). Il profilo degli aminoacidi liberi può essere diverso da campione a campione perchè è influenzato da molti fattori come il livello di maturazione (Sano e Kawashima, 1982), la nutrizione

minerale (Foyer et al., 2003), lo stress idrico (Good and Zaplachinski, 1994) e le condizioni climatiche (Rhodes et al., 1999).

È da sottolineare che l'interesse per l'asparagina è davvero aumentato dagli anni 2000 ad oggi in seguito al rapporto secondo cui la neurotossina e la potenziale acrilammide cancerogena erano presenti negli alimenti cotti, in particolare negli alimenti ricchi di carboidrati, come grano e patate, sottoposti a tostatura, cottura o frittura ad alte temperature (Tareke et al., 2002). Studi successivi hanno dimostrato che l'acrilammide si forma negli alimenti dalla degradazione termica dell'asparagina libera in presenza di zuccheri durante la reazione di Maillard (Zyzak et al., 2003).

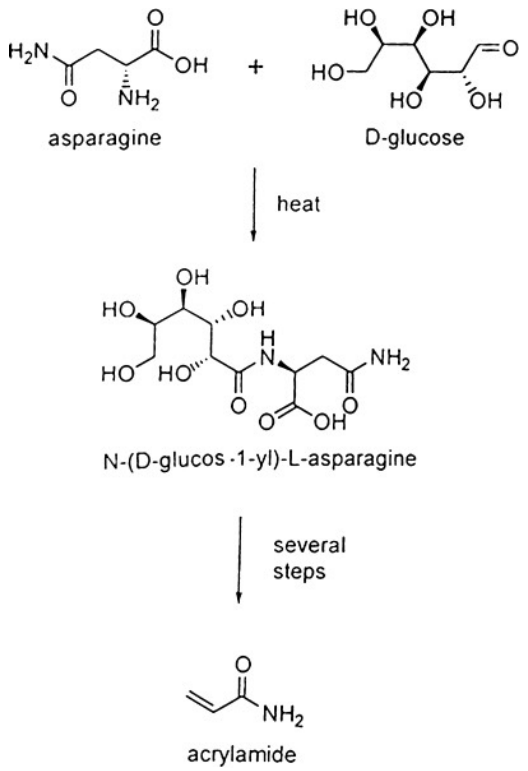

Fig. 13 - Formazione di acrilammide da asparagina e glucosio attraverso la reazione di Maillard (Friedman, 2003).

Asparagus acutifolius ha come amminoacido principale proprio l'asparagina quindi é interessante analizzare il contenuto di essa e la sua probabile trasformazione nei piatti cotti ad alte temperature attraverso la reazione descritta in figura 13, anche se la presenza di prolina potrebbe in parte ridurre questo effetto (Koutsidis et al., 2009).

Asparagus acutifolius è ricco di polifenoli con un contenuto di 110 mg/100g e dall'estratto etanoico della intera pianta sono stati individuati come fenoli più abbondanti quelli a basso peso molecolare come l'acido protocatecuico (PrA), l'acido 3,4-dimetossifenolo, l'acido catetelico e l'acido benzoico (Ferrara et al., 2011). E successivamente sono stati rilevati ulteriori composti fenolici come quercitina-3-O-rutinoside e isoramnetin-3-O-rutinoside e in misura minore kaemferol-3-O-rutinoside (Sergio et al., 2020).

Gli asparagi selvatici contengono anche vitamina B6, che aiuta a prevenire l'accumulo di omocisteina. Quando il livello di questa vitamina B è basso, il livello di omocisteina nel sangue aumenta e questa condizione incrementa significativamente il rischio di malattie cardiache. L'omocisteina promuove l'arteriosclerosi riducendo l'integrità dei vasi sanguigni e interferendo con la produzione di collagene (Palfi et al., 2014).

3.4 PARAMETRI DI QUALITÀ

Asparagus acutifolius come descritto in precedenza è un concentrato di nutrienti e micronutrienti che apportano numerosi benefici alla salute umana, ma per valutare la loro qualità è necessario considerare l'acido asparagusico e l'acido folico.
L'acido asparagusico (Fig. 14) o acido 1,2-ditiolano-4 carbossilico ($S_2(CH_2)_2CHCO_2$) è un composto carbossilico eterociclico che contiene al suo interno 2 molecole di zolfo (Mitchell e Waring, 2014).

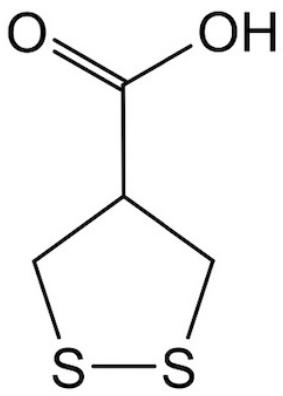

Fig. 14 - Struttura dell'acido asparagusico (Tressl et al., 1977).

La vera funzione biologica dell'acido asparagusico stesso è incerta, ma è stato notato che prevenga la crescita fungina (Iriuchijima, 1977) e che abbia la capacità di respingere l'attacco degli insetti (Birch et al., 1993), inoltre è stato studiato che le più alte concentrazioni di acido asparagusico sono state rilevate nelle regioni apicali dei germogli emergenti, diminuendo notevolmente nelle parti più consolidate e legnose della pianta (Yanagawa, 1976).
L'acido asparagusico tipico del genere *Asparagus* non è molto studiato però è stato notato che si trova solamente nella pianta fresca e cruda.
Inoltre non è molto stabile quindi durante la cottura l'acido asparagusico diminuisce del 95% attraverso un riarrangiamento per riarrangiarsi in acido 1,2,3-tritiano-5-carbossilico e 1,2-ditiaciclopentene, che sono due dei principali composti solfurei che donano agli asparagi il loro caratteristico odore e sapore (Tressl et al., 1977).

L'estrazione di questo acido può avvenire attraverso l'utilizzo dell'enzima asparagusato deidrogenasi, che sembra abbia un ruolo importante nella regolazione metabolica nei complessi di decarbossilazione ossidativa degli α-chetoacidi dei mitocondri degli asparagi (Yanagawa, 1979). Altrimenti può essere estratto più semplicemente attraverso il metodo cromatografico liquido ad alte prestazioni (HPLC).

Ad oggi acido asparagusico non è molto studiato e non è possibile sapere attraverso la letteratura quanto è presente solitamente in *Asparagus acutifolius*. Successivi studi porteranno ad una conoscenza più approfondita di questo acido che oltre ad una rilevanza organolettica potrebbe possedere un interesse nutrizionale/salutistico.

Asparagus acutifolius è tra gli alimenti più ricchi di foliati, sostanze che vengono convertite a livello intestinale in acido folico, denominato anche vitamina B9 (Fig. 15).

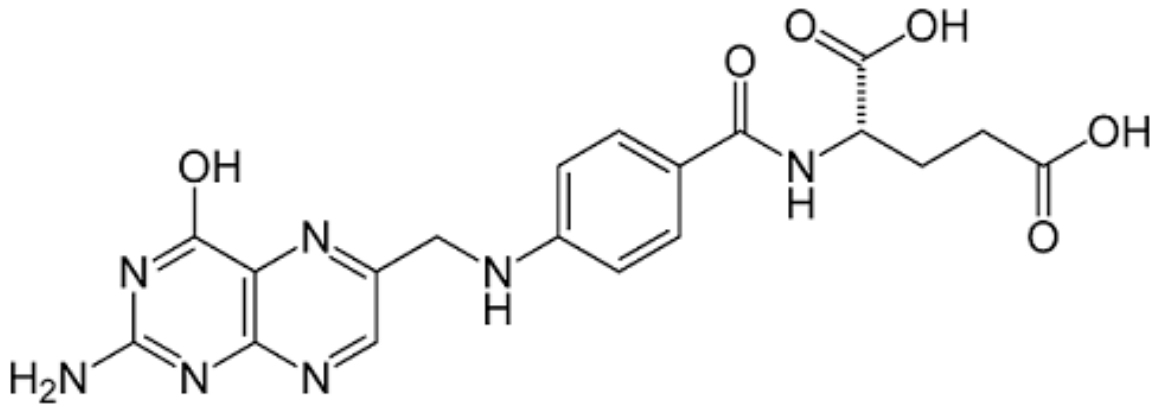

Fig. 15 - Struttura acido folico (Maleš et al., 2016).

L'Istituto Superiore di Sanità con il termine "folati" indica i composti naturalmente presenti negli alimenti che devono essere necessariamente introdotti attraverso l'alimentazione in quanto il nostro organismo non riesce a produrli, poiché la quantità prodotta dalla flora batterica intestinale è generalmente molto scarsa non riuscendo a coprirne i fabbisogni.

Il termine acido folico, invece, si riferisce alla molecola di sintesi chimica presente nei supplementi vitaminici e negli alimenti fortificati, è più stabile dei folati e con maggiore biodisponibilità: una volta assunto viene ridotto nel 5-metiltetraidrofolato che è la forma biologicamente attiva della vitamina.

L'acido folico è una vitamina che ricopre un ruolo di primo piano nella sintesi di molecole importanti come DNA, RNA e proteine, quindi è indispensabile per le cellule che vanno incontro a processi di differenziazione e rapida proliferazione. Infatti è necessario per un corretto sviluppo del feto e delle sue cellule cerebrali fronteggiando l'insorgere di eventuali malformazioni (Henning et al., 1997), dunque è fortemente consigliato assumere acido folico prima e durante la gravidanza per il benessere della donna e del feto. Inoltre, l'acido folico è basilare anche nella fase di produzione del globuli rossi e nel prevenire forme più o meno gravi di anemia (Laclerc et al., 1998).

Asparagus acutifolius con un contenuto di foliati che va da 47,5 µg/100g a 175 µg/ 100g è tra i vegetali che ne contengono di più insieme alle verdure a foglia, da cui deriva la parola "foliati".

Per rilevare il contenuto di acido folico secondo Ferrara (2011) si può utilizzare il saggio immunoenzimatico per la determinazione quantitativa dell'acido folico negli alimenti (cod. Kit ELISA 010060; EuroKit Srl, Gorizia, Italia). Attraverso diversi passaggi si riesce a rilevare la concentrazione dell'acido attraverso la densità ottica misurata a 450 nm con un lettore di piastre rispetto alla curva standard.

Un altro metodo per rilevare l'acido folico in modo efficace è la cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) (Müller et al., 1993).

3.4 ATTIVITA' ANTIOSSIDANTE

Gli antiossidanti presenti negli alimenti e in alcune piante medicinali forniscono un'importante linea di difesa in grado di migliorare la salute umana. Le caratteristiche molecolari di alcune sostanze naturali vegetali le rendono idonee a prevenire e/o eliminare lo stress ossidativo. Lo "stress ossidativo" è una situazione in cui la cellula non controlla più l'eccessiva presenza di radicali tossici ossigenati ed è ben noto che, anche se lo non è una malattia in sé, è potenzialmente coinvolto in molte malattie come fattore scatenante o associato a complicazioni durante la loro evoluzione (Bechlem, 2018).

Gli estratti vegetali sono costituiti da numerosi metaboliti che possono comportarsi come agonista o antagonista nell'attività biologica, infatti Sun e Ho (2005) hanno riferito che le capacità antiossidanti di molti vegetali derivano principalmente dal loro contenuto fenolico indicando una significativa relazione positiva tra il contenuto fenolico totale e la capacità antiossidante. In effetti oltre ai ben studiati sistemi antiossidanti costituiti da molecole a basso peso molecolare ed enzimi specifici, è ampiamente riconosciuto il ruolo dei composti fenolici come potenziali antiossidanti (Cai et al., 2004). È stato segnalato che i composti fenolici hanno la capacità di eliminare i radicali liberi: sono onnipresenti nelle piante commestibili e non ed hanno molteplici effetti biologici (Kahkonen et al., 1999). La presenza di molteplici funzioni idrossiliche e la loro posizione appropriata sullo scheletro polifenolico dei flavonoidi, altamente onnipresenti nel regno vegetale, li rendono efficaci spazzini esogeni dei ROS nelle pratiche terapeutiche (Atmani et al., 2009). I risultati ottenuti nello studio di Kasture (2009) rivelano chiaramente l'attività antiossidante della soluzione etanoica di estratto della pianta di *Asparagus acutifolius*. Questo effetto dell'estratto potrebbe essere dovuto ai composti fenolici, come osservato da altri ricercatori (Ninfali et al., 2005).

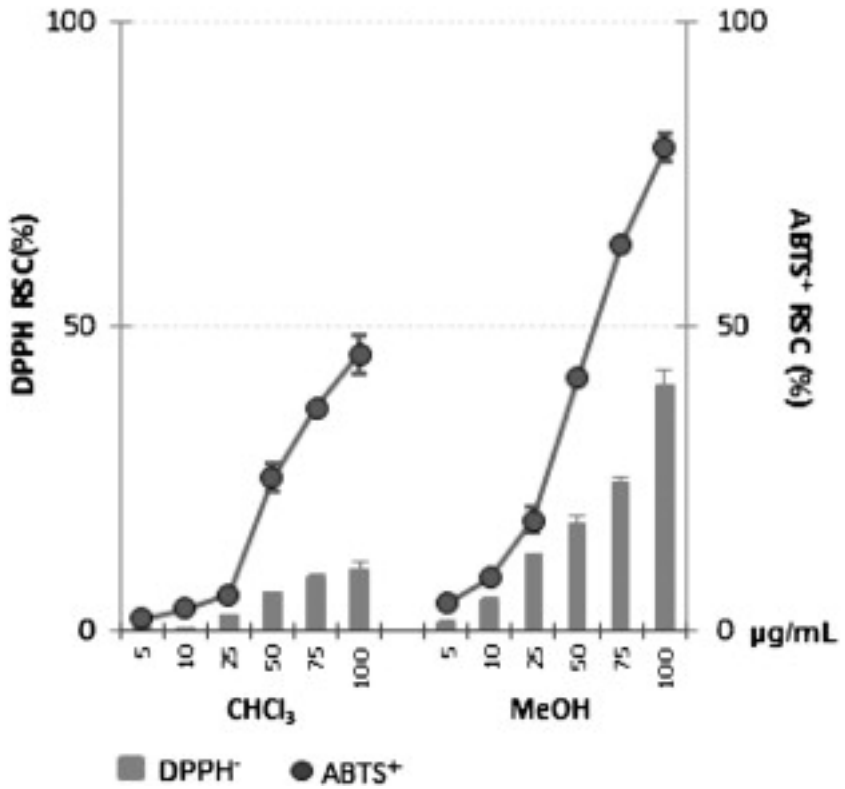

Fig. 16 - Capacità di scavenging radicale (RSC, %) degli estratti di CHCl3 e MeOH da *Asparagus acutifolius* lancia verso il catione radicale DPPH e ABTS (Di Maro et al., 2013).

La valutazione della capacità antiossidante è stata effettuata utilizzando diversi metodi (Di Maro et al., 2013): poiché è noto che l'attività antiossidante di una pianta è direttamente correlata al suo contenuto fenolico, è stato utilizzato il metodo Folin-Ciocalteau che serve per la determinazione colorimetrica dei fenoli e polifenoli (Lazzarotto et al, 2020). Questo metodo è stato eseguito su estratti di *Asparagus acutifolius* con CHCl3 (cloroformio) e su estratti con CH_3OH (metanolo o MeOH).
Il radicale DPPH, abbreviazione del 2,2-difenil-1-picrilidrazile, è un radicale stabile che è stato ampiamente utilizzato per valutare l'attività antiossidante di vari prodotti naturali, mentre il radicale ABTS è l'acido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-solfonico), è una sostanza cromogena che può essere convertita nella sua forma monocationica radicalica ABTS+ (colorata) se trattata con un agente ossidante (Yakozawa et al., 1998).

Le proprietà antiradicaliche degli estratti sono state studiate con quattro diversi metodi (Fig. 16), ognuno dei quali si basa su una singola reazione di trasferimento di atomi di elettroni o idrogeno. Sebbene entrambi gli estratti siano stati in grado di ridurre il radicale DPPH e il radicale catione ABTS, l'estratto di MeOH è stato più efficiente di quello CHCl3 che esibiva una pronunciata attività antiradicalica verso il catione radicale ABTS.
Sebbene i risultati ottenuti con questo metodo non possano essere considerati una misura assoluta della quantità di fenolo, forniscono un'indicazione delle proprietà riducenti della miscele vegetale (Pacifico et al., 2012) e il contenuto fenolico sembra dipendere fortemente dalle condizioni pedoclimatiche di crescita (Morales et al., 2012).

Asparagus acutifolius è inoltre conosciuto come la fonte più ricca di glutatione (10-45 mg/100 g). Il glutatione è un tripeptide costituito da cisteina e glicina, legate da un normale legame peptidico, e glutammato, che invece è legato alla cisteina con un legame isopeptidico tra il gruppo carbossilico della catena laterale del glutammato e il gruppo amminico della cisteina ed è uno dei più potenti antiossidanti conosciuti (Jefferies et al., 2003).
La mancanza di glutatione nel corpo riduce l'efficacia della vitamina C ed E, perché partecipa alla traduzione di queste vitamine dalla forma inattiva a quella attiva. Il glutatione è coinvolto nella scomposizione dei composti ricchi di ossigeno e quindi aiuta a prevenire danni alle membrane cellulari e al materiale genetico (Shalaby, 2004). Tuttavia, probabilmente il ruolo più importante del glutatione nell'organismo è la scomposizione dei perossidi nocivi in una reazione catalizzata dall'enzima glutatione perossidasi, la cui attività è regolata da una sufficiente concentrazione di selenio (Kasture et al., 2009). Gli asparagi sono molto ricchi di selenio, quindi la loro assunzione ha un effetto positivo sull'attività della glutatione perossidasi nel nostro organismo (Palfi, 2014).

Inoltre Ferrara (2011) ha evidenziato che il contenuto di acido ascorbico (vitamina C) è 117 mg/100g: esso appartiene al gruppo delle vitamine cosiddette idrosolubili, ovvero quelle che non possono essere accumulate nell'organismo ma devono essere regolarmente assunte attraverso l'alimentazione (Njus et al., 2020). Oltre a ciò l'acido ascorbico ha un elevato potere antiossidante che va a creare una sinergia con i fenoli e il glutatione presente in *Asparagus acutifolius* (Hsu, 2006).

3.5 ATTIVITA' ANTIMICROBICA

Sono state analizzate da Yakan (2021) le attività antimicrobiche di estratti di etanolo ottenuti da punte di germogli freschi di *Asparagus acutifolius*. Per caricare gli estratti sono stati utilizzati dischi sterili nei quali sono stati inoculati con microrganismi e poi sono stati applicati su un gel di agar. È stata osservata una zona di inibizione quando gli estratti avevano attività contro questi microrganismi e i diametri delle zone di inibizione sono stati riportati nella tabella (Tab. 3).

In questo studio, l'attività antimicrobica degli estratti di etanolo ottenuti da punte e steli freschi di germogli di *Asparagus acutifolius* è stata determinata contro 39 microrganismi con metodo di diffusione del disco a 50µL, 100µL e 200µL di estratto. Secondo questi risultati la pianta studiata ha attività antimicrobica contro 12 di loro.

9 di loro sono ceppi gram positivi ad eccezione di *Pseudomonas aeroginosa*, *Pseudomonas fluorescens* e *Acinetobacter baumanni* che sono gram negativi.

L'estratto più efficace è l'estratto di etanolo ottenuto da punte di germogli freschi a 200 µL. Questo estratto ha mostrato un'elevata attività antimicrobica contro *Staphylococcus aureus*.

Infatti *Asparagus acutifolius* ha il potenziale per essere un possibile candidato farmacologico, soprattutto avendo un'attività antimicrobica contro i ceppi di *Staphylococcus*. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche per analizzare in dettaglio le sostanze attive e i loro meccanismi di attività perché un altro studio precedentemente effettuato (Coban, 2009) ha rilevato una bassa attività antimicrobica contro *Enterococcus faecalis*, *Salmonella typhimurium*, *Micrococcus luteus* e un'elevata attività antimicrobica contro *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus vestibularis* e *Candida glabata*, ma una attività nulla contro *Staphulococcus aureus*.

Microrganismo	50 µL	100 µL	200 µL
Bacillus subtilis	7	9	10
Candida albicans	—	—	8
Enterobacter aerogenes	—	—	—
Escherichia coli	—	—	—
Listeria monocytogenes	—	8	11
Pseudomonas aeruginosa	—	7	10
Pseudomonas fluorescens	—	—	10
Salmonella enteritidis	—	—	—
Salmonella typhimurium	—	—	—
Staphylococcus aureus	—	10	11
Staphylococcus epidermidi	10	11	12
Staphylococcus hominis	—	7	10
Staphylococcus mutans	12	13	14
Staphylococcus warneri	—	7	9
Bacillus cereus	7	9	10
Shigella flexneri	—	—	—
Acinetobacter baumanni	—	—	—
Enterococcus durans	—	—	—
Enterococcus faecium	—	—	9
Klebsiella pneumoniae	—	—	—
Listeria innocua	—	—	—
Salmonella infantis	—	—	—
Salmonella kentucky	—	—	—
Staphylococcus haemolyticus	—	—	—
Staphylococcus lugdunensis	—	—	—

Microrganismo	50 µL	100 µL	200 µL
Shigella boydi	—	—	—
Acinetobacter baumannii	—	—	—
Shigella flexneri	—	—	—
Enterococcus faecalis	—	—	—
Klebsiella pneumoniae	—	—	—
Candida tropicalis	—	—	—
Candida glabrata	—	—	—
Acinetobacter baumannii	—	—	—
Enterobacter aerogenes	—	—	—
Serratia odorifera	—	—	—
Proteus vulgaris	—	—	—
Streptococcus pneumonia	—	—	—
Providencia rustigianii	—	—	—
Achromobacter	—	—	—

Tab. 3 - Diametri delle zone di inibizione (in mm) dei microrganismi causate dall'estratto etanoico ottenuto da *A.acutifolius* (Yakan et al. 2021).

Per quanto riguarda i lieviti, i risultati hanno mostrato un intervallo di concentrazione da 0,096 a 0,390 mg/ml per MIC (concentrazione minima inibitoria) e da 0,195 a 0,390 mg/ml per MFC (concentrazione fungicida minima) dagli estratti di etanolo ottenuti da punte di germogli freschi e principalmente hanno mostrato una maggiore attività antimicotica contro *Geotricum capitum* e *Candida parapsilosis* (MIC = 0,096 mg/ml e MFC = 0,195 mg/ml) (Hamdi et al., 2021).

Solo i dati ottenuti grazie a futuri studi biotecnologici possono rivelare il vero potenziale di questa pianta.

3.7 UTILIZZO IN CUCINA

Asparagus acutifolius appartiene alla stessa famiglia dell'asparago comune (*Asparagus officinalis*), ma presenta un sapore più intenso ed amarognolo. I turioni, ovvero i giovani germogli che sono la parte commestibile, sono più sottili e vengono raccolti da aprile a giugno a seconda delle zone (Romojaro et al., 2013).

Gli asparagi selvatici si prestano a molti usi in cucina, sono ottimi nei primi piatti, per preparare gustosi risotti o per condire la pasta, sono perfetti lessati, abbinati alle uova sode o alla maionese, ma sono anche ottimi nelle frittate o come ingrediente principale di flan e tortini. Inoltre in Turchia, *Asparagus acutifolius* è considerato un ingrediente salutare e viene utilizzato nei trattamenti medicinali tradizionali come diuretico e antinevralgico (Taskin e Bitis, 2016).

In un progetto di Rosati e altri (2014) si è voluto tentare di sviluppare nuovi prodotti di trasformazione affinché si disponga del prodotto anche in stagioni diverse da quelle di raccolta. Particolarmente indicato sembra essere il prodotto surgelato senza blanching, ovvero la scottatura in acqua bollente per alcuni secondi e poi immerso in acqua ghiacciata, che ha lo scopo di disattivare l'attività enzimatica in modo da stabilizzare il prodotto (De Corcuera et al., 2004). Il prodotto così preparato è semplice da fare, richiedendo solo la pulizia, la sgambatura, l'insacchettamento sotto vuoto e quindi la congelazione rapida. Questo prodotto una volta scongelato ha il sapore praticamente identico al fresco e si presta a tutte le preparazione del fresco. Quindi potrebbe essere un ottimo prodotto per la ristorazione, che così avrebbe un asparago dalle caratteristiche in tutto simili al fresco, ma disponibile tutto l'anno.

L'unico limite di questo tipo di prodotto è che una volta scongelato va consumato subito e non si presta alla vendita al dettaglio, se non con la linea del freddo, difficilmente implementabile su piccola scala.

Gli asparagi appertizzati (sterilizzati in acqua) o sott'olio, non sono risultati gradevoli, perdendo troppo in consistenza con la sterilizzazione. Ulteriori prove andrebbero fatte mettendo a punto una conservazione sott'aceto senza sterilizzazione, il che manterrebbe più integra la consistenza del prodotto, anche se ne altererebbe comunque il sapore. Questo renderebbe il prodotto meno comparabile al fresco e ne limiterebbe il campo di impiego, ma consentirebbe di svincolarsi dalla linea del freddo, aprendo il mercato al turismo**.**

La liofilizzazione, al momento non sembra indicata, fornendo un prodotto difficilmente utilizzabile a posteriori.

Come riportato nel capitolo 3.3 la consociazione di colture rappresentano un'opportunità per aumentare la biodiversità, la stabilità e la sostenibilità, ambientale ed economica dei sistemi agro-ecologici creando anche condizioni per produrre più alimenti e di migliore qualità. Questo avviene anche con l'integrazione della coltura di *Asparagus acutifolius* con allevamenti zootecnici. Nel caso di consociazione olivo-asparago selvatico, gli animali possono controllare la flora infestante visto che la vegetazione spinosa dell'asparago non è appetita dalla maggior parte delle specie animali. In particolare l'allevamento di pollame sotto l'oliveto-asparagiaia è ancora più indicato, vista la piccola taglia degli animali e la loro elevata capacità "diserbante" (Geiger e Biellier, 2006).

I prezzi alti (da 10 a 30 € per kg) hanno stimolato molti agricoltori a tentarne la coltivazione (Rosati, 2001), ma le scarse conoscenze in merito hanno limitato il successo di tali tentativi.

CONCLUSIONI

Foeniculum vulgare e *Asparagus acutifolius* sono due piante alimentari selvatiche che possono essere oggetto di interesse e studi etnobotanici per i diversi motivi discussi in questo elaborato.

I loro estratti sono un buona fonte di antiossidanti grazie ai diversi composti che contengono, soprattutto fenoli e vitamine, che possono essere una ottima alternativa per la formulazione di composti antiossidanti utilizzabili nella medicina moderna o come additivi nutraceutici nei prodotti alimentari.

Dagli studi proposti è noto che gli oli essenziali e gli estratti esercitano attività antimicrobica e antimicotica contro diversi agenti, ma il meccanismo d'azione spesso non è del tutto compreso. Proprio per questo una ricerca più approfondita potrebbe donare al mondo degli interessanti composti per la creazione di medicinali naturali che andrebbero a contrastare la continua avanzata dell'antibiotico resistenza.

Certamente anche la conoscenza dei diversi parametri di qualità e caratteristiche di questi due vegetali possono essere sviluppati per raggiungere una maggiore consapevolezza per la protezione della biodiversità e la loro inclusione nelle diete quotidiane per un utilizzo dal punto di vista organolettico e del punto di vista medico.

Inoltre la coltivazione di *Foeniculum vulgare* e *Asparagus acutifolius* potrebbe consentire di estenderne il mercato, attualmente limitato dalla scarsità del prodotto, creando un'occasione di reddito, così come accaduto per la fragolina di bosco e per il tartufo. Questi, infatti, erano prodotti spontanei che ora vengono coltivati e alimentano un mercato di nicchia, ma costante.

La trasformazione consentirà di innovare la vendita e la commercializzazione del prodotto, creando i presupposti per una offerta costante. Questo permetterebbe l'inserimento del prodotto in menù tipici, atti a promuovere l'economia locale e a fungere da richiamo turistico. In ogni caso, il prezzo è uno degli svantaggi di queste due piante selvatiche che per renderle competitive sarà necessario ottimizzare l'agricoltura migliorandone la qualità e aumentando la quantità di produzione.

BIBLIOGRAFIA

Abbas M., Saeed F., Anjum F. M., Afzaal M., Tufail T., Bashir M. S., Ishtiaq A., Hussain S., Suleria H. A. R. 2017. Natural polyphenols: an overview. *International Journal of Food Properties*, 20(8): 1689-1699

Anwar F., Ali M., Hussain A. I., Shahid M. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds from Pakistan. *Flavour and Fragrance Journal*, 24(4): 170-176

Atmani D., Chaher N., Atmani D., Berboucha M., Debbache N., Boudaoud H. 2009. Flavonoids in human health: from structure to biological activity. *Current Nutrition and Food Science*, 5: 225-237

Badgujar S. B., Patel V. V., Bandivdekar A. H. 2014. *Foeniculum vulgare*: A review of its botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology. *BioMed Research International*: 1-32

Barros L., Carvalho A. M., Ferreira I. C. 2010. The nutritional composition of fennel (*Foeniculum vulgare*): Shoots, leaves, stems and inflorescences. *LWT-Food Science and Technology*, 43(5): 814-818

Barros L., Heleno S. A., Carvalho A. M., Ferreira I. 2009. Systematic evaluation of the antioxidant potential of different parts of *Foeniculum vulgare* from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 47(10): 2458-2464

Barucha Z. e Pretty J. 2010. The roles and values of wild foods in agriculture systems. *Philosophical Transaction of the Royal Society B.*, 365: 2913-2926

Bechlem H. 2018 . Etude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales Algériennes. Conférencier Bouheroum M. Departement de Chimie, Faculute des Sciences Exactes, Universite des Freres Mentouri-Constantine

Benincasa P., Tei F., Rosati A. 2007. Plant density and genotype effects on Wild Asparagus (*Asparagus acutifolius*) spear yield and quality. *HortScience*, 42(5): 1163-1166

Birch A. N. E., Roberstson W. M., Fellows L. E. 1993. Plant products to control plant parasitic nematodes. *Journal of Pesticide Science*, 39: 141-145

Brouquisse R., Gaudillère J. P., Raymond P. 1998. Induction of a carbon-starvation-related proteolysis in whole maize plants submitted to light/dark cycles and to extended darkness. *Plant Physiology*, 117: 1281-1291

Caceres A., Giron L. M., Martinez A. M. 1987. Diuretic activity of plants used for the treatment of urinary ailments in Guatemala. *Journal of Ethnopharmacology*, 19(3): 233-245

Cai Y., Luo Q., Sun M., Corke H. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Science*s, 74: 2157-2184

Caleja C., Ribeiro A., Barros L., Barreira J. C. M., Antonio A. L., Oliveira M. B., Barreiro M. F., Ferreira I. 2016. Cottage cheeses functionalized with fennel and chamomile extracts: Comparative performance between free and microencapsulated forms. *Food Chemistry*, 199: 720-726

Caleja C., Barros L., Antonio A. L., Carocho M., Oliveira M. B.,, Ferreira I. 2016. Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. *Food Chemistry*, 210: 262-268

Cherng J., Chiang W., Chiang L. 2008. Immunomodulatory activities of common vegetables and spices of *Umbelliferae* and its related coumarins and flavonoids. *Food Chemistry*, 106(3): 944-950

Chew B. P. 1995. Antioxidant vitamins affect food animal immunity and health. *The Journal of Nutrition*, 125: 1804-1808

Civelek C. e Balkaya A. 2013. Nutrient content of some wild plant species used as vegetables in bafra plain located in the Black Sea Region of Turkey. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*

Çoban E. P., Biyik H., Uzun C. 2009. Investigation of antimicrobial activity of some natural plants which are not-cultivated and are sold at bazaars in Aydın vicinity. *International Journal of Engineering Science*, 3(2): 59-62

Cormick G. e Belizán J. M. 2019. Calcium Intake and Health. *Nutrients*, 11: 1606

Dadalioglu I. e Evrendilek G. A. 2004. Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish oregano (*Origanum minutiflorum*), bay laurel (*Laurus nobilis*), Spanish lavender (*Lavandula stoechas*), and fennel (*Foeniculum vulgare*) on common foodborne pathogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 8255-8260

Daferea D. J., Ziogas B. N., Polissiou M. G. 2003. The effect of plant essential oil on growth of Botryis cinerea, Fusarium sp and Clavibacter michiganesis ssp. michigansis. *Crop Protection*, 22: 39-44

Damjanović B., Lepojević Ž., Živković V., Tolić A. 2005. Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds with supercritical CO2: comparison with hydrodistillation. *Food Chemistry*, 92 (1): 143-149

De Corcuera J. I. R., Cavalieri R. P., Powers, J. R. 2004. Blanching of foods. In *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*, ed. Marcel Dekker, 1-5. New York City, NY, USA

De Marino S., Gala F., Borbone N., Zollo F., Vitalini S., Visioli F., Iorizzi M. 2007. Phenolic glycosides from *Foeniculum vulgare* fruit and evaluation of antioxidative activity. *Phytochemistry*, 68(13): 1805-1812

Di Maro A., Pacifico S., Fiorentino A., Galasso S., Gallicchio M., Guida V., Severino V., Monaco P., Parente A. 2013. Raviscanina wild asparagus (*Asparagus acutifolius*): a nutritionally valuable crop with antioxidant and antiproliferative properties. *Food Research International*, 53(1): 180-188

Diao W., Hu Q., Zhang H., and J. Xu J. 2014. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare*). *Food Control*, 35(1): 109-116

Díaz-Maroto M. C., Perez-Coello M. S., Esteban J., Sanz J. 2006. Comparison of the volatile composition of wild fennel samples (*Foeniculum vulgare*) from Central Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 6814-6818

Díaz-Maroto M. C., Díaz-Maroto I. J., Sánchez-Palomo E., and M. S. Pérez-Coello M. S. 2005. Volatile components and key odorants of fennel (*Foeniculum vulgare*) and thyme (*Thymus vulgaris*) oil extracts obtained by simultaneous distillation-extraction and supercritical fluid extraction. J*ournal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(13): 5385-5389

Duško B. L., Čomić L., Solujić-Sukdolak S. 2006. Antibacterial activity of some plants from family *Apiaceae* in relation to selected phytopathogenic bacteria. *Kragujevac Journal of Science*, 28: 65-72

El-Badry A. M., Graf R., Clavien P. 2007. Omega 3 - Omega 6: What is right for the liver? *Journal of Hepatology*, 47(5): 718-725

Fang L., Qi M., Li T., Shao Q., Fu R. 2006. Headspace solvent microextraction-gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of volatile compounds from *Foeniculum vulgare*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41(3): 791-797

Faudale M., Viladomat F., Bastida J., Poli F., Codina C. 2008. Antioxidant activity and phenolic composition of wild, edible, and medicinal fennel from different Mediterranean countries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(6): 1912-1920

Ferrara L., Dosi R., Di Maro A., Guida V., Cefarelli G., Pacifico S. 2011. Nutritional values, metabolic profile and radical scavenging capacities of wild asparagus (*Asparagus acutifolius*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 326-333

Foyer C.H., Parry M., Noctor G.J. 2003. Markers and signals associated with nitrogen assimilation in higher plants. *Journal of Experimental Botany*, 54: 585-593

Friedman M. 2003. Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 4504-4526

Geiger G. e Biellier H. 2006. Weeding with geese. Extension, Department of Animal Sciences, University of Missouri

Ghanem M. T. M., Radwan H. M. A., Mahdy E. M., Elkholy Y. M., Hassanein H. D., Shahat A. A. 2012. Phenolic compounds from *Foeniculum vulgare* herb and evaluation of hepatoprotective antioxidant activity. *Pharmacognosy Research*, 4(2): 104-108

Good A.G. e Zaplachinski S.T. 1994. The effect of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassicanapus*. *Physiologia Plantarum*, 90: 9-14

Grlić L. J. 1990. Enciklopedija samoniklog jestivog bilja. Zagreb: August Cesarec

Gross M., Lewinsohn E., Tadmor Y., Bar E., Dudai N., Cohen Y., Friedma J. 2009. The inheritance of volatile phenylpropenes in bitter fennel (*Foeniculum vulgare*) chemotypes and their distribution within the plant. *Biochemical and Systematics and Ecology*, 37: 308-316

Grover S., Malik C. P., Hora A., Kushwaha H. B. 2013. Botany, cultivation, chemical constituents and genetic diversity in fennel (*Foeniculum vulgare*): a review. *Indian Journal*, 2(2): 128-139

Guillén M. D. e Manzanos M. J. 1996. A study of several parts of the plant *Foeniculum vulgare* as a source of compounds with industrial interest. *Food Research International*, 29(1): 85-88

Gulfraz M., Mehmood S., Minhas N. 2008. Composition and antimicrobial properties of essential oil of *Foeniculum vulgare*. *African Journal of Biotechnology*, 7(24): 4364-4368

Haddarah A., Naim E., Dankar I., Sepulcre F., Pujolà M., Chkeir M. 2021. The effect of borage, ginger and fennel extracts on acrylamide formation in french fries in deep and electric air frying. *Food Chemistry*, 350

Hamdi A., Jaramillo-Carmona S., Rodríguez-Arcos R., Jiménez-Araujo A., Lachaal M., Karray-Bouraoui N., Guillén-Bejarano R. 2021. Phytochemical characterization and bioactivity of *Asparagus acutifolius*: a focus on antioxidant, cytotoxic, lipase inhibitory and antimicrobial activities. *Molecules*, 26(11): 3328

Henning, S. M., Swendseid M. E., Coulson W. F. 1997. Male rats fed methyl- and folate-deficient diets with or without niacin develop hepatic *carcinomas* associated with decreased tissue NAD concentrations and altered poly (ADP-*ribose*) polymerase activity. *The Journal of Nutrition* 127: 30-36

Hsu C. Y. 2006. Antioxidant activity of extract from *Polygonum aviculare*. *Biological Research*, 39: 281-288

Iriuchijima S., 1977. Malformin and asparagusic acids as sulfur-containing compounds having biological activities towards plants. *Yuki Gosei Kagaku Kyokaishi*, 35: 394-395

Jefferies H., Coster J., Khalil A., Bot J., McCauley R. D., Hall J. C. 2003. Glutathione. *ANZ Journal of Surgery*, 73(5): 517-522

Kahkonen M. P., Hopia A., Vuorela H. J., Rauha J. P., Pihlaja K., Kujala T. S., Heinonen M. 1999. Antioxidant activity fo plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 3954-3962

Kaska A., Deniz N., Mammadov R. 2018. Biological activities of Wild Asparagus (*Asparagus acutifolius*). *International Journal of Secondary Metabolite*, 243-251

Kaur G. J. e Arbora D. S. 2009. Antibacterial and phytochemical screening of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 9(30)

Koutsidis G., Simons S. P., Thong Y. H., Haldoupis J., Mojica-Lazaro J., Wedzicha B. L., Mottram D. S. 2009. Investigations on the effect of amino acids on acrylamide, pyrazines, and Michael addition products in model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 9011-9015

Krishnamurthy K. H. 2011. Medicinal plants: Madhurika, saunf or fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of New Approaches to Medicine and Health*, 19(1): 1-4

Kunzemann J. e Herrmann K. 1977. Isolation and identification of flavon(ol)-O-glycosides in caraway (*Carum carvi*), fennel (*Foeniculum vulgare*), anise (*Pimpinella anisum*), and coriander (*Coriandrum sativum*), and of flavon-C-glycosides in anise—I. Phenolics of spices. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 164(3): 194-200

Laclerc D., Wilson A., Dumas R., Gafuik C., Song D., Watkins D., Heng H. H. Q., Rommens J. M., Scherer S. W., Rosenblat D. S., Gravel R. A. 1998. Genetic cloning and mapping of cDNA for methionine synthase reductase, a flavoprotein defective in patients with homocystinuria. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 95: 3059-3064

Lazzarotto S. R. Da S., Scherruth M. S. de F., Calixto P. S., Carraro M. de M., Silveira A. C., Lazzarotto M. 2020. Método de Folin-Ciocalteau adaptado para quantificar polifenóis em extratos de erva-mate. *Movimenta*, 13(3): 419-426

Li Y. e Schellhorn H. E. 2007. New developments and novel therapeutic perspectives for vitamin C. *The Journal of Nutrition*, 137: 2171-2184

Liu D., Shi J., Ibarra A. C., Kakuda Y., Xue S. J. 2008. The scavenging capacity and synergistic effects of lycopene, vitamin E, vitamin C, and β-carotene mixtures on the DPPH free radical. *LWT*, 41: 1344-1349

Mahady B. G. 2005. Medicinal Plants for the Prevention and Treatment of Bacterial Infections. *Current Pharmaceutical Design*, 11(19): 2405-2427

Maleš Ž., Šoić D., Tušinec M. 2016. Divlja šparoga (*Asparagus acutifolius* L.) – botanički podaci, kemijski sastav i uporaba. *Farmaceutski glasnik*, 72 (5): 325-332

Martins D., Barros L., Carvalho A. M., Ferreira I. 2011. Nutritional and in vitro antioxidant properties of edible wild greens in Iberian Peninsula traditional diet. *Food Chemistry,* 125(2): 488-494

Martins M. R., Tinoco M. T., Almeida A. S., Cruz-Morais J. 2012. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of three essential oils from Portuguese flora. *Journal of Pharmacognosy*, 3(3): 39-44

Mata A. T., Proença C., Ferreira A. R., Serralheiro M. L. M., Nogueira J. M. F., Araújo M. E. M. 2007. Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chemistry*, 103: 778-786

Miliauskas G., Venskutonis P. R., Van Beek T. A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85(2): 231-237

Mitchell S. C. e Waring R. H. 2014. Asparagusic acid. *Phytochemistry*, 97: 5-10

Mohsenzadeh M. 2007. Evaluation of antibacterial activity of selected Iranian essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in nutrient broth medium. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10: 3693-3697

Morales P., Carvalho A. M., Sànchez-Mata M. C., Càmara M., Molina M., Ferreira I. C. 2012. Tocopherol composition and antioxidant activity of Spanish wild vegetables. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59: 851-863

Mukurumbira A. R., Shellie R. A., Keast R., Palombo E. A., Jadhav S. R. 2022. Encapsulation of essential oils and their application in antimicrobial active packaging. *Food Control*, 136

Müller H. 1993. Bestimmung der Folsäure-Gehalte von Gemüse und Obst mit Hilfe der Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC). *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 196: 137-141

Naczk M. e Shahidi F. 2003. Phenolic Compounds in Plant Foods: Chemistry and Health Benefits. *The Korean Society of Food Science and Nutrition*, 8(2): 200-2018

Nassar M. I., Aboutabl E. A., Makled Y. A., El Khrisy E. A., and A. F. Osman A. F. 2010. Secondary metabolites and pharmacology of *Foeniculum vulgare*. *Revista Latinoamericana de Química*, 38(2): 103-112

Negi J. S., Singh P., Joshi G. P., Rawat M. S., Bisht V. K. 2010. Chemical constituens of *Asparagus*. *Pharmacognosy Reviews*, 4: 215-220

Newberne P., Smith R. L., Doull J., Goodman J. I., Munro I. C., Portoghese P. S., Wagner B. M., Weil C. S., Woods L. A., Adams T. B., Lucas C. D., Ford R. A. 1999. The FEMA GRAS Assessment of trans-Anethole Used as a Flavouring Substance, *Food and Chemical Toxicology*, 37(7): 789-811

Ninfali P., Mea G., Giorgini S., Rocchi M., Bacchiocca M. 2005. Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. *British Journal of Nutrition*, 93: 257-266

Nijveldt R., Nood E., Hoorn D., Boelens P., Norren K., Leeuwen P. 2001. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 74: 418-425

Njus D., Kelley P. M., Tu Y., Bernhard Schlegel H. 2020. Ascorbic acid: The chemistry underlying its antioxidant properties. *Free Radical Biology and Medicine*, 159: 37-43

Orhan I. E., Özçelik B., Kartal M., Kan Y. 2012. Antimicrobial and antiviral effects of essential oils from selected *Umbelliferae* and *Labiatae* plants and individual essential oil components. *Turkish Journal of Biology*, 36(3): 239-246

Özcan M. M., Chalchat J., Arslan D., Ateş A., Ünver A. 2006. Comparative essential oil composition and antifungal effect of bitter fennel (*Foeniculum vulgare*) fruit oils obtained during different vegetation. *Journal of Medicinal Food*, 9(4): 552-561

Pacifico S., Gallicchio M., Fiorentino A., Fischer A., Meyer U., Stintzing F. C. 2012. Antioxidant properties and cytotoxic effects on human cancer cell lines of aqueous fermented and lipophilic quince (*Cydonia oblonga* Mill.) preparations. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 4130-4135

Palfi M., Tomić-Obrdalj H., Horvat D. 2014. Zdravo povrće zazdravo srce: šparoge. *Cardiologia Croatica*, 9: 142-149

Parejo O., Jauregui F., Sánchez-Rabaneda F., Viladomat J., Codin C. 2004. Separation and characterization of phenolic compounds in fennel (*Foeniculum vulgare*) using liquid chromatography-negative electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(12): 3679-3687

Prior R. L., Wu X. L., Schaich K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4290-4302

Rather M. A., Dar B. A., Sofi S. N., Bhat B. A., Qurishi M. A. 2016. *Foeniculum vulgare*: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety. *Arabian Journal of Chemistry*, 9(2): 1574-1583

Rhodes D., Verslues P. E., Sharp R. E. 1999. Role of amino acids in abiotic stress resistance. In Plant Amino Acids, Biochemistry and Biotechnology, ed. B. K . Singh, 319–356. Marcel Dekker, Inc., New York

Romojaro A., Botella M. Á., Obón C., Pretel, M. T. 2013. Nutritional and antioxidant properties of wild edible plants and their use as potential ingredients in the modern diet. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(8): 944-952

Rosati A. 2001. Un possibile futuro per l'asparago selvatico. *L'Informatore Agrario*, 7: 89-92

Rosati A., Pepe R., Senatore A., Perrone D., Falavigna A. 2005. Produttività dell'asparago selvatico. *L'informatore Agrario*, 8: 75-77

Rosati A., Piottoli L., Cartoni A., Dal Bosco A., Castellini C. 2014. Polli al pascolo nell'oliveto: risparmio a tutto campo. *Olivo e Olio*, 6: 4-7

Sano M. e Kawashima N. 1982. Changes in the contents of free and protein amino acids in tobacco seeds and placentae during maturation. *Plant and Cell Physiology*, 23: 1245-1250

Scalbert A., Manach C., Morand C., Remesy C. 2005. Dietary of polyphenols and the prevention of diseases. *Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(4): 287-306

Schaffer S., Schmitt-Schillig S., Muller W. E., Eckert G. P. 2005. Antioxidant properties of Mediterranean food plant extracts: geographical differences. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 56(1): 115-124

Senatore F., Oliviero F., Scandolera E. 2013. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of anethole-rich oil from leaves of selected varieties of fennel (*Foeniculum vulgare*). *Fitoterapia*, 90: 214-219

Sergio L., Boari F., Pieralice M., Linsalata V., Cantore V., Di Venere D. 2020. Bioactive phenolics and antioxidant capacity of some wild edible greens as affected by different cooking treatments. *Foods*, 9: 1320

Shahat A. A., Ibrahim A. Y., Hendawy S. F. 2011. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of essential oils from organically cultivated fennel cultivars. *Molecules*, 16(2), 1366-1377

Shalaby T. A. 2004. Genetical and nutritional influcences on the spear quality of white asparagus. Braunschweig: Landbauforschung Völkenrode, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft

Shrivastava N. e Bhargava R. 2012. Antibacterial potential of selected medicinal plants against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Acta Biologica Indica*, 1(1): 133-135

Šilić Č. 1988. Atlas drveća i grmlja. Sarajevo: Svjetlost

Slavin J. 2013. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrient*, 5: 1417-1435

Sun T. e Ho C. 2005. Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90(4): 743-749

Taie H. A. A., Helal M. M. I., Helmy W. A., Amer H. 2013. Chemical composition and biological potentials of aqueous extracts of fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Applied Sciences Research*, 9(3): 1759-1767

Tanira M. O. M., Shah A. H., Mohsin A., Ageel A. M., Qureshi S. Pharmacological and toxicological investigations on *Foeniculum vulgare* dried fruit extract in experimental animals. *Phytotherapy Research*, 10: 33-36

Tareke E., Rydberg P., Karlsson P., Eriksson S., Törnqvist M. 2002. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 4998-5006

Taskin T. e Bitis L. 2016. In vitro antioxidant activity of eight wild edible plants in Bursa, province of Turkey. *Farmacia*, 64(5): 706-711

Telci I., Demirtas I., Sachin A. 2009. Variation in plant properties and essential oil composition of sweet fennel (*Foeniculum vulgare*) fruit during stages of maturity. *Industrial Crops and Products*, 30: 126-130

Tognolini M., Ballabeni V., Bertoni S., Bruni R., Impicciatore M., Barocelli E. 2007. Protective effect of *Foeniculum vulgare* essential oil and anethole in an experimental model of thrombosis. *Pharmacological Research*, 56(3): 254-260

Tressl R., Bahri D., Holzer M., Kossa T. 1977. Formation of flavour components in asparagus. Formation of flavour components in cooked asparagus. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25: 459-463

Vander D. A. e Vietinck A. J. 1991. Screening methods for antibacterial and antiviral agents from higher plants. In: Dey PM, Harborne JB Methods in plant Biochemistry. Academic Press, London

Vardavas C. I., Majchrzak D., Wagner K. H., Elmadfa I., Kafatos A. 2006. Lipid concentrations of wild edible greens in Crete. *Food Chemistry*, 99(4): 822-834

Yakan M. A., Eray Bozyel M., Benek A., Turu D. 2021. Investigation of in vitro antimicrobial activity of ethanol extracts obtained from *Asparagus acutifolius*. *International Journal of Academic and Applied Research*, 5: 126-129

Yanagawa H. 1976. Evidence for asparagusate and asparagusate dehydrogenase localized near the apices of asparagus shoots. *Plant and Cell Physiology*, 17: 931-937

Yanagawa H. 1979. Preparation and determination of asparagusic acid. *Methods in Enzymology*, 62: 181-184

Yokozawa T., Chen C. P., Dong E., Tanaka T., Nonaka G. I., Nishioka I. 1998. Study on the inhibitory effect of tannins and flavonoids against the 1, 1-diphenyl-2 picrylhydrazyl radicals. *Biochemical Pharmacology*, 56: 213-222

Zyzak D. V., Sanders R. A., Stojanovic M., Tallmadge D. H., Loye Eberhart B., Ewald D. K., Gruber D. C., Morsch T. R., Strothers M. A., Rizzi G. P., Villagran M. D. 2003. Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51: 4782-4787

Zoubiri S., Baaliouamer A., Seba N., Chamouni N. 2014. Chemical composition and larvicidal activity of Algerian *Foeniculum vulgare* seed essential oil. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(4)

SITOGRAFIA

www.agraria.org

www.agriforward.eu

www.erboristeriasiciliana.it

www.iss.it

www.ndb.nal.usda.gov