



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL FARMACO

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE FARMACEUTICHE APPLICATE

TESI DI LAUREA

Pimpinella anisum L., *Illicium verum* Hook., *Foeniculum vulgare* Mill.:
sviluppi nel food pairing

Relatore: Prof.ssa Zancato Mirella

Correlatori: Dott. Martino Marco
Dott.ssa Trevisan Roberta

Laureanda : Tosetto Mariluna

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Indice

Introduzione	3
1 Food pairing	4
1.1 Aromi fondamentali	4
2.1 Olfatto contro gusto	6
2 Le molecole aromatiche	7
2.1 La metodologia Foodpairing	13
3 Pimpinella anisum L. (Apiaceae)	15
3.1 Introduzione e descrizione	15
3.2 Produzione e coltivazione	15
3.3 Utilizzi principali	17
3.4 Composizione chimica	17
3.5 Food Pairing	18
4 Illicium verum Hooker (Illiciaceae)	20
4.1 Introduzione e descrizione	20
4.2 Produzione e coltivazione	21
4.3 Utilizzi principali	22
4.4 Composizione chimica	23
4.5 Food Pairing	24
5 Foeniculum vulgare Miller (Apiaceae)	26
5.1 Introduzione e descrizione	26
5.2 Produzione e coltivazione	27
5.3 Utilizzi principali	28
5.4 Composizione chimica	29
5.5 Food Pairing	30
Conclusioni	32
Bibliografia e Sitografia	34

Introduzione

Le spezie sono sostanze molto importanti nella storia delle nazioni. Il desiderio di possedere e monopolizzare il commercio delle spezie ha in passato costretto molti navigatori a trovare nuove rotte verso le nazioni produttrici di spezie. Alla fine del XIII secolo, l'esplorazione dell'Asia da parte di Marco Polo fece di Venezia il porto commerciale più importante. L'esploratore portoghese Vasco de Gama navigò intorno al Capo di Buona Speranza in Africa per raggiungere Calicut, in India. Tornò con pepe, cannella, zenzero e gioielli, e si adoperò affinché anche i portoghesi continuassero a commerciare con l'India.

Dall'inizio della storia, le nazioni più forti hanno controllato il commercio delle spezie. Lo stesso è vero oggi; gli Stati Uniti sono ora i maggiori acquirenti mondiali di spezie, seguiti da Germania, Giappone e Francia. Insomma, il commercio delle spezie, abitualmente svolto lungo le numerose storiche vie delle spezie, è stato una delle attività commerciali più importanti in epoca antica e moderna. L'importanza attribuita alle spezie si riflette negli sviluppi economici che iniziarono presto in molte civiltà antiche, dove le spezie trovarono applicazioni nella conservazione degli alimenti, nella cucina e nella medicina tradizionale. L'Asia coltiva ancora la maggior parte delle spezie che un tempo governavano il commercio, tra cui cannella, pepe, noce moscata, chiodi di garofano e zenzero. Tuttavia, sempre più spezie vengono piantate nell'emisfero occidentale, insieme a un'ampia varietà di erbe e semi aromatici. Il Brasile è un importante fornitore di pepe. Il Guatemala è uno dei principali produttori di cardamomo. Grenada coltiva noce moscata e zenzero e il pimento viene coltivato in Giamaica. Nicaragua, El Salvador e Stati Uniti coltivano semi di sesamo. L'Europa e gli Stati Uniti producono molte erbe e il Canada coltiva diversi semi aromatici.

Le spezie conferiscono aroma, colore e gusto alle preparazioni alimentari e talvolta mascherano odori indesiderati. Inoltre, sono noti per possedere diverse proprietà medicinali e farmacologiche e quindi trovano posto nella preparazione di un certo numero di medicinali.

Gli oli volatili danno l'aroma e le oleoresine conferiscono il gusto. I composti aromatici svolgono un ruolo significativo nella produzione di aromi, che vengono utilizzati nell'industria alimentare per aromatizzare, migliorare e aumentare l'attrattiva dei loro prodotti. Sono classificati per gruppi funzionali, ad es. alcoli, aldeidi, ammine, esteri, eteri, chetoni, terpeni, tioli e altri composti vari. (Zachariah, 1995; Menon, 2000).

Riuscire ad individuare le componenti aromatiche che conferiscono il sapore di un alimento, diventa di rilevante importanza quando si cerca di proporre un abbinamento con un'altra pietanza.

Questa tesi si concentra su quelle che si possono definire spezie anisate: *Pimpinella anisum* L. (anice verde), *Illicium verum* Hook. (anice stellato) e *Foeniculum vulgare* Mill. (finocchio) mettendo in luce quelli che sono i composti responsabili dell'aroma di ciascuna droga e definendo, in base a questi, quali sono gli abbinamenti culinari più indicati.

1 Food pairing

Il food pairing, alla lettera, l'abbinamento di cibi, è ormai un elemento così usuale nel panorama culinario da far pensare che ci sia sempre stato. In realtà esiste solo dagli anni Novanta, quando alcuni importanti chef iniziarono a chiedersi per quale ragione oggettiva certe associazioni, anche azzardate, di cibi funzionassero particolarmente bene.

L'idea di base di tutto il processo di Foodpairing è che gli ingredienti con aromi chiave in comune stanno bene insieme. Questa semplice ma fondamentale teoria ha portato alla creazione di piatti come il *kiwitre*, creato dallo chef Sang Hoon Degeimbre: un'ostrica cruda su dadini di kiwi, con crostini e crema di cocco al lime. Kiwi e ostriche hanno in comune note aromatiche marine.

Gli esperti di scienze alimentari Bernard Lahousse, Johan Langenbick e lo chef belga Peter Coucquyt possono essere considerati i pionieri del foodpairing e a tutt'oggi possono vantare di aver costituito il più vasto database di aromi del mondo analizzando oltre 3000 ingredienti. Nel complesso hanno separato, identificato e quantificato diverse tipologie di composti volatili (Voc) presenti in un dato ingrediente o prodotto con l'aiuto di un gascromatografo accoppiato a uno spettrometro di massa (Gc-Ms). I composti aromatici sufficientemente volatili e presenti in un'adeguata concentrazione, sono quelli che definiscono il gusto da noi percepito di un determinato alimento, sono appunto quegli aromi chiave, identificativi che sono importanti da individuare per creare i giusti abbinamenti.

1.1 Aromi fondamentali

Gli ingredienti stanno bene insieme quando hanno in comune aromi fondamentali alla giusta concentrazione; questa teoria, come già detto in precedenza è alla base di tutto il food pairing.

Il profilo aromatico di un alimento o di un profumo è costituito da vari gruppi organici volatili (Voc). Tali composti sono molecole chimiche organiche che, a temperatura ambiente, passano facilmente dallo stato solido o liquido a quello gassoso e con "volatilità" si intende la loro tendenza a evaporare.

Nei cibi che mangiamo sono stati individuati oltre 10.000 Voc diversi. Perché arriviamo a rilevarli, questi composti aromatici devono essere sufficientemente volatili da viaggiare attraverso l'aria giungendo ai recettori olfattivi del naso, tramite la via ortonasale (quando annusiamo qualcosa) o retronasale (quando mangiamo o beviamo qualcosa).

Si può separare, identificare e quantificare il numero di diversi Voc presenti in un dato ingrediente o prodotto con l'aiuto di un gascromatografo accoppiato a uno spettrometro di massa (Gc-Ms).

Un campione disciolto dell'ingrediente viene introdotto in un gascromatografo, che vaporizza e separa le singole molecole, via via che passano dalla colonna avvolta a spirale, inviandole allo spettrometro di massa. Secondo il peso molecolare, i composti viaggiano a una velocità variabile attraverso i rivelatori, che per ogni composto registrano il tempo di ritenzione e producono una serie di picchi su un grafico (Fig 1.1). Il tempo di ritenzione è

dunque il tempo impiegato dalle varie molecole per uscire dalla colonna e raggiungere il rivelatore. La posizione di ciascun picco nel grafico rappresenta il diverso tempo di ritenzione per ciascun composto; l'area sottesa a ogni picco è proporzionale alla quantità con cui la molecola è presente nell'ingrediente analizzato, dunque consente di calcolarne la concentrazione.

I composti aromatici nei cibi sono particolarmente difficili da rilevare perché tendono ad avere pesi molecolari relativamente bassi (in certi casi non più di 10-15 mg/kg). Tuttavia, la Gc-MS può individuare con rapidità e precisione persino composti presenti solamente in tracce, il che rende questa metodica particolarmente efficace per l'analisi dei composti volatili negli alimenti.

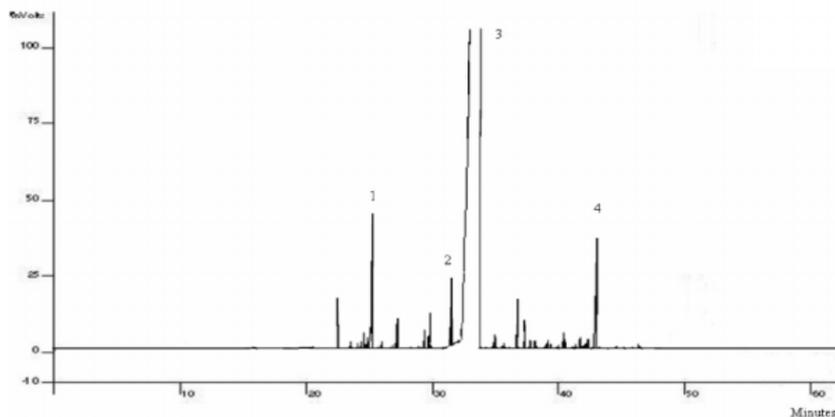


Figura 1.1 Gc-MS anice stellato. (1) limonene, (2) trans-anethole, (3) anisaldehyde, (4) chavicol, (5) solvent (n-heptadecane), and (6) internal standard (n-hexadecane). (M. B. Gholivand et al,2009)

Ogni molecola aromatica ha una soglia di percezione olfattiva: la concentrazione più bassa alla quale un composto volatile può essere rilevato dall'uomo. C'è una variabilità notevole tra le concentrazioni cui le molecole aromatiche sono percepibili. Per una sostanza come la geosmina bastano alcuni milligrammi per 1000 tonnellate, meno di una goccia in una piscina olimpionica, perché si riesca a cogliere il suo caratteristico odore terroso.

Solo una parte di composti volatili presenti in un particolare ingrediente sono davvero responsabili del suo profilo aromatico. Questi odoranti chiave saranno presenti in concentrazioni che superano la soglia di riconoscimento dell'odore. Il caffè, per esempio, contiene più di mille composti volatili differenti che possono essere facilmente rilevati con l'uso di Gc-MS, ma solo trenta / quaranta circa sono responsabili degli aromi del tostato, frutta secca, caramellato.

Naturalmente, bisogna anche tenere conto della soglia individuale di ogni persona. La capacità di percepire una specifica molecola aromatica può variare da un soggetto all'altro anche di dieci volte, andando dall'ipersensibilità all'anosmia totale, cioè alla completa impossibilità di cogliere un particolare odore.

2.1 Olfatto contro gusto

E' errata la diffusa convinzione che il sapore di un cibo sia percepito in bocca, mentre di fatto la nostra percezione riguarda molto più i composti aromatici volatili, quanto basta per poter essere registrati dai recettori olfattivi presenti nel naso. Il sistema olfattivo è responsabile della rivelazione delle molecole aromatiche che viaggiano attraverso l'aria, mentre i recettori del gusto presenti in bocca sono in grado di registrare solo le molecole responsabili dei cinque gusti fondamentali - dolce, salato, acido, amaro, umami - solubili nei liquidi. Studi recenti hanno dimostrato che la percezione globale del sapore dipende fino a ben il 90% dall'olfatto.

Mangiare e bere implicano la complessa orchestrazione multisensoriale di olfatto, gusto e sensazioni trigeminali, ovviamente in associazione con vista e udito.

Il naso umano contiene circa 400 recettori olfattivi, che si ritiene siano in grado di rilevare più di un trilione di odori diversi. Si stima però che gli odori percepibili dall'uomo siano circa un trilione e bisogna tenere conto che ciò che viene percepito non è la semplice somma dei descrittori dei singoli componenti aromatici. Studi di psicofisica hanno dimostrato in modo convincente che se un mix contiene più di 4 componenti, gli odoranti perdono la loro individualità e producono una nuova percezione dalla qualità olfattiva unica. Questo fenomeno, detto *synthetic processing* (elaborazione sintetica), è stato confermato da esperimenti di neurofisiologia, dimostrando che neuroni corticali selezionati rispondevano a mix di odoranti, ma non ai singoli odoranti. (Bernard Lahousse *et al*, 2021)

La lingua invece presenta delle protuberanze dette papille in cui risiedono tra i 50000 e i 10.000 bottoni gustativi. Quando mangiamo o beviamo, le molecole gustative o *tastants* (sostanze chimiche come zucchero, sali e acidi) stimolano i 50-100 recettori specializzati all'interno di ogni bottone gustativo, inviando segnali dalle terminazioni delle fibre nervose ai nervi cranici e alle regioni del tronco encefalico deputato del gusto. Da lì gli impulsi vengono trasmessi dal talamo a un'area specifica della corteccia cerebrale, che ci avverte del particolare gusto.

In conclusione nella sfida "olfatto contro gusto" si può evidenziare come le due vie hanno nature diverse: quella olfattiva è di tipo sintetico (*synthetic processing*), quella gustativa è analitico in quanto i singoli gusti possono essere isolati nel cervello. Charles S. Zuker, docente di biochimica, biofisica molecolare e neuroscienze alla Columbia University di New York, ha recentemente dimostrato che le percezioni gustative non avvengono sulla lingua ma nel cervello, dove vengono attivati i neuroni responsabili dei diversi gusti. Secondo il dottor Zuker «i recettori gustativi presenti sulla lingua rilevano il dolce o l'amaro eccetera, ma è il cervello che attribuisce un senso a questi messaggi chimici».

2 Le molecole aromatiche

Gli aromi sono composti volatili che contengono una certa configurazione dei cinque atomi fondamentali: carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto e zolfo. ogni composto aromatico ha una struttura atomica unica, che è indicativa dell'intensità e della persistenza del suo profumo. Molte molecole volatili sono costituite da un numero di atomi di carbonio che va dai quattro ai sedici; le molecole aromatiche con meno atomi di carbonio tendono a essere maggiormente volatili, mentre le strutture molecolari più lunghe hanno fragranze più complesse e persistenti: ogni atomo di carbonio in più fa raddoppiare la persistenza di una fragranza. Si ritiene che i composti aromatici con strutture costituite da 8-10 molecole di carbonio abbiano, in genere, i profumi più piacevoli.

I composti aromatici più importanti sono classificati in raggruppamenti sulla base delle strutture aromatiche simili. Queste sostanze chimiche, poi, sono ulteriormente classificate in gruppi funzionali, che determinano le caratteristiche delle molecole aromatiche.

Finora sono stati individuati circa 10.000 composti volatili nei cibi che mangiamo. La stessa nomenclatura chimica viene applicata per descrivere i componenti chimici di alimenti, profumi e altri prodotti.

Sono di seguito riportate le sostanze più rilevanti in campo alimentare conosciute anche come molecole osmofore ovvero quelle molecole che, stimolando i recettori olfattivi, consentono di sentire gli odori. Queste molecole "portatrici di odore" sono contenute nei materiali organici più disparati: nei fiori, nei frutti, nelle spezie, nel vino, nei formaggi, nelle sostanze organiche in decomposizione etc. e l'elenco potrebbe essere lunghissimo ed includere una gamma pressoché illimitata di prodotti.

- 1. Aldeidi** hanno una soglia di percezione odorosa bassa. Il loro odore, facilmente rilevabile, varia da note verdi, ad agrumate a grasse, via via che la catena di carbonio si allunga.
- Durante la cottura o la fermentazione si convertono amminoacidi che innescano la formazione di varie **aldeidi ramificate** le quali conferiscono un aroma dalle note maltate di cioccolato.
- Le **aldeidi insature** conferiscono a mele, fragole e pomodori una nota fresca, erbosa. Sono pure largamente responsabili degli aromi di coriandolo fresco e cetriolo.
- Tra le più rilevanti:
- l'acetaldeide presente nei vini un po' ossidati, come il Marsala o il Vin Santo.
 - l'aldeide vanillica oltre che nell'essenza di vaniglia, di cui costituisce il componente più abbondante e significativo, è contenuta nel benzoino del Siam, nei balsami del Tolù e Perù e in molte essenze floreali (gelsomino, tuberosa, garofano...)
 - l'aldeide cinnamica partecipa all'aroma di cannella

- l'aldeide fenilacetica è dotata di un odore floreale violento, che ad elevate diluizioni assume una spiccata tonalità di giacinto
- la benzaldeide ha l'aroma inconfondibile della mandorla amara
- α -citral è l'aldeide che caratterizza l'odore della buccia di limone
- l'aldeide cuminica, accompagnata dal corrispondente alcool, è il componente più importante (35-50%) dell'aroma di cumino.
- aldeide acrilica o acroleina, non ha un odore gradevole ma acre e pungente. si forma quando i grassi impiegati per la cottura dei cibi si disgregano sollecitati dal calore.

2. Alcoli

questi composti organici possono presentare odori fruttati, cerosi o persino saponosi secondo la concentrazione. Il processo di fermentazione necessario per produrre la birra, il brandy e il rum genera tendenzialmente le note fruttate. Anche gli agrumi come limoni e arancia contengono alcoli, responsabili della loro fragranza cerosa.

- Uno degli alcoli più diffusi è il fenil-etilico, dolce, delicato, leggermente mielato, è presente in un gran numero di essenze di fiori, è il costituente principale dell'essenza di Rosa centifolia (50-60%) (fiori d'arancio) e della frazione aromatica dei vini.
- L'alcol anisico possiede un odore floreale leggero, a carattere leggermente anisato, che ricorda il profumo di lillà.
- L'alcol cinnamico accompagnato dal suo estere acetico, è fra i costituenti dell'essenza di giacinto, di cannella cinese (cassia) e del balsamo del Perù.
- Altri hanno odore erbaceo, come il 2-metil-3-buten-2-olo o il 3-esenolo. Il 2-eptanolo ha invece odore di funghi.

3. Chetoni

in termini di fragranza, i chetoni variano considerevolmente: i descrittori aromatici spaziano da "note burrose" a "reminiscenze di nocciola" (come nel caso del fibertone, che è il composto aromatico principale delle nocciole stesse), a "floreale".

- il cui composto più semplice e a tutti noto è l'acetone.
- Fra i chetoni aromatici annoveriamo l' α -ionone (viola), il frombinone (lampone)
- il carvone è il principale componente dell'essenza di menta comune detta anche menta romana
- il 2-eptanone, molecola responsabile dell'aroma del gorgonzola
- lo jasnone che caratterizza il profumo dei fiori di gelsomino
- Il 2-undecanone che rappresenta il 90% dell'essenza di ruta (pianta spesso utilizzata per aromatizzare la grappa).

4. Chetoni cicloalifatici

sono i composti in assoluto più pregiati dal punto di vista della qualità della sensazione olfattiva.

- Il cis-jasnone costituisce il cuore dell'essenza del gelsomino (0,5%); è caratterizzato da una nota floreale intensa, dolcissima, leggermente

erbacea e mentata

- L' α -irone è il principio odoroso dell'essenza di iris, dotato di odore di violetta delicato
- Il damascenone ha un aroma floreale che sconfinava in una nota fruttata di albicocca, costituente più significativo della rosa bulgara e centifolia
- α e β -ionone sono contenuti nei lamponi con fragranza di violetta
- Muscone e civettone, chetoni macrociclici, costituiscono il principio odoroso del muschio il primo e dello zibetto (odore di cuoio) il secondo.

5. Esteri

tutta la frutta ne contiene e il loro contributo è fondamentale per la produzione dell'aroma "fruttato".

Gli esteri sono formati anche nella fermentazione; per esempio la birra presenta sia esteri di etile dall'aroma di mela sia esteri di acetato dai sentori di banana.

Data la loro ampia diffusione nel regno animale e vegetale, gli esteri costituiscono una delle famiglie aromatiche più importanti. Sono in particolare presenti nella frutta.

Stipisce il cambiamento che avviene nell'aroma quando un acido carbossilico si trasforma in estere. Ad esempio dall'acido butirrico, che emana un odore di formaggio sgradevole, derivano il butirrato di metile, che contribuisce ai profumi delle mele e degli ananas, e il butirrato di etile presente nelle pesche e di nuovo negli ananas.

Fra i tanti citiamo l'acetato di etile (pera), l'acetato di isoamile (banana) il propionato di butile (albicocca). L'esanoato di etile (buccia di mela).

- L'acetato di benzile accompagnato dal corrispondente alcool, è tra i costituenti principali dell'essenza di gelsomino (15-20%), ylang-ylang, tuberosa, gardenia: è dotato di un odore fresco, floreale e leggermente fruttato
- Il salicilato di metile è presente nelle essenze di garofano e di ylang-ylang, caratterizzato da un odore floreale-farmaceutico, è il principale costituente delle essenze di wintergreen (o gaulteria) e di betulla
- L'antranilato di metile con la sua nota floreale è uno dei composti più significativi dell'essenza di fiori d'arancio; è presente anche nel gelsomino (0,2%) e nella tuberosa. L'estere etilico, più dolce, è contenuto nei mosti d'uva.
- Il frombinone dolce e fruttato, è il composto che più caratterizza l'aroma di lampone.

6. Lattoni

sono chimicamente considerati esteri ciclici, costituiti da una formazione ad anello di atomi diversi e, come dice il nome, sono comuni dei latticini. In base alla struttura possono impartire soprattutto sentori di panna ma anche di cocco e fruttato.

Due esempi di lattoni sono il g-nonallattone (noce di cocco) e il g-undecalattone (pesca).

- 7. Eteri** Tra gli eteri l'anetolo è il principale costituente dell'essenza di anice, ed è presente nell'essenza di dragoncello (o estragone) e di finocchio. L'estragolo è isomero dell'anetolo, dal quale differisce unicamente per la posizione del doppio legame nella catena propilenica esterna all'anello. È presente, oltre che nell'essenza di dragoncello, in quella di basilico e di arancio dolce.
- 8. Acidi carbossilici** sono un sottoprodotto che si crea durante la fermentazione. Quelli più corti, come l'**acido acetico**, emanano un odore pungente che ricorda la sudorazione; quelli a catena più lunga sono meno acri e hanno profumi che richiamano la panna o formaggio. Sono odori certamente meno vari, ma non per questo meno importanti: l'acido acetico insieme al suo estere acetato di etile, caratterizza l'aroma dell'aceto, molti altri sono tipici degli aromi dei formaggi stagionati come l'acido butirrico, mentre l'acido propionico, con nota più dolce, è presente nei formaggi con occhiatura tonda come l'Emmental. Tali composti, concentrati hanno un odore sgradevole e nauseabondo; al contrario, diluiti (come nei formaggi) rilasciano un odore gradevole.
- 9. Terpeni** terpeni, terpenoidi e sesquiterpeni sono responsabili delle note legnose e di pino che caratterizzano agrumi, erbe e spezie. Questi composti di origine naturale sono i componenti aromatici chiave degli oli essenziali. E' una delle famiglie aromatiche più importanti, forse la più importante insieme agli esteri; si suddivide in due famiglie gli idrocarburi terpenici e gli alcoli terpenici. Nella prima troviamo:
- il limonene che è il principale componente dell'aroma della buccia d'arancio (ma è presente anche nel limone, nel bergamotto e nei semi di coriandolo); ha una dolce fragranza di arancia
 - il mircene, uno dei composti aromatici principali del luppolo
 - l' α-pinene, che è il componente principale dell'essenza di trementina, ricavata dalla distillazione delle resine di varie specie di conifere; ha la fragranza di pino tipica del gin e delle bacche di ginepro
- Fra gli alcoli terpenici ricordiamo:
- l' α-terpineolo (bergamotto e fiori d'arancio);
 - il mentolo (menta piperita);
 - il linalolo, un componente principale del coriandolo fresco che è spesso definito "saponoso"
 - il citronellolo: esiste in due forme isomere di opposta configurazione: il d-citronellolo, che accompagna il geraniolo nell'essenza di citronella, è caratterizzato da un odore ruvido e poco garbato; l'enantiomero levo, che costituisce il principale componente dell'essenza di rosa bulgara (40-45%) e di geranio bourbon (30- 35%), esibisce un aroma tipicamente rosato, ben più delicato e pregiato.
 - l'eucaliptolo (eucalipto). dotato di un aroma floreale, fragrante e pulito, è impiegato universalmente nel settore dell'industria profumiera, cosmetica e alimentare. Viene ricavato per distillazione dall'essenza di

linaloe (legno di rosa) di cui è il principale costituente (85%). È pure presente in tutte le essenze di agrumi, nel neroli (45%), nella lavanda (15%), nel geranio bourbon (10%), nell'ylang-ylang (10%), nel gelsomino (4%), nella rosa bulgara (2%), nella tuberosa, nel mughetto, e in un gran numero di aromi di frutta, compresi i mosti di uva moscato.

- L'acetato di linalile, fresco, fragrante e fruttato, è il principale costituente della lavanda (50%), del bergamotto e del petit-grain (35-45%).

- Il geraniolo, caratterizzato da una nota floreale secca e tipicamente rosata, accompagna nell'essenza di rosa l'alcol fenil-etilico, ed è quasi sempre accompagnato dal suo isomero nerolo, più dolce e delicato. È il maggior costituente dell'essenza di palmarosa (75-85%) e di citronella (45-55%), dalle quali viene estratto; è presente nel geranio bourbon (15-18%), nella rosa bulgara (12-14%), nella rosa centifolia (57%), nel neroli, nella lavanda e nell'ylang-ylang (12%).

Tra i suoi esteri, l'acetato di geraniolo è dotato di una nota rosata ma molto più calda; formiato, propionato e valerianato esibiscono specifiche note di mela.

Il butirato geranile, infine, è caratterizzato da una delicata nota fruttata di pesca-albicocca.

10. Pirazine

L'importante famiglia delle pirazine è caratterizzata da un anello esatomico, contenente due atomi di azoto in posizione contrapposta.

Più di 80 suoi derivati sono stati riscontrati in un gran numero di alimenti cucinati, come pane, carni, caffè torrefatto, cacao, nocciole. La maggior parte dei suoi derivati metilici ed etilici, che si formano nel corso dei processi di tostatura e grigliatura, esibiscono un caratteristico odore di tostato e frutta secca. I loro odori ricordano il tostato appunto, se non il bruciato e l'affumicato.

Altre pirazine hanno odori diversi come quello di frutta secca (2,6-dimetilpirazina) o di popcorn (2-metilpirazina)

La 2-acetilpirazina presenta l'inconfondibile aroma di patatine fritte.

Le metossipirazine, loro derivati, si caratterizzano invece per odori erbacei e vegetali come la 2-metossi-5-metilpirazina che presenta un odore di peperone verde ed è presente a volte nei vini prodotti con uve cabernet sauvignon e franc .

11. Furani e furanoni

si formano durante la reazione di Maillard quando i lipidi di un alimento cominciano a ossidarsi per il calore della cottura. Contengono, come eteroatomo, l'ossigeno inserito nel tipico anello pentatomico del furano.

- Il furfurale (2-formilfurano) ha una nota potente di mandorla amara con una sfumatura di pane leggermente tostato.

- il 2-furil metanolo è tra i componenti dell'aroma del caffè

- il 2-acetil-5-metilfurano e il 3-acetil-2,5-dimetilfurano sono costituenti naturali dell'aroma delle noci. • Il sotolone è un significativo componente dell'aroma delle ciliegie, di alcuni vini tipo madera e del caffè; è caratterizzato da un odore di noce acerba quando è diluito, mentre

quando è concentrato assume una nota speziata di curry.

- il furaneolo presenta una nota fruttata e di caramello insieme, che ricorda l'ananas ma soprattutto la confettura di fragola.

12. Fenoli

i metossifenoli hanno una fragranza speziata.

Nei fenoli sono presenti composti aromatici molto caratteristici:

- l'eugenolo caratterizzato da un aroma caldo e speziato, è il fenolo che si riscontra più frequentemente negli oli essenziali. Accompagnato dal suo estere acetico, è il principale costituente dell'essenza dei chiodi e dei fiori di garofano, ma si ritrova anche nelle foglie di alloro e nelle birre di grano bavaresi (Weizen)
- l'isoeugenolo ha una molecola appena diversa ma il suo aroma è più delicato e floreale ed è presente nella noce moscata
- il timolo con una spiccata nota fenolica è il principale e quasi unico componente dell'odore del timo, ed è presente anche nell'origano
- il guaiacolo ha invece un odore di affumicato.

Gli odori sono trasportati dall'aria, il cui movimento è un presupposto necessario per veicolare fino al naso le molecole osmofore. Dal punto di vista fisico una sostanza, per essere odorosa, deve quindi essere sufficientemente volatile (bassa tensione di vapore), cioè deve essere in grado di inviare le sue molecole, già a temperatura ambiente, dalla fase liquida (o solida) alla fase di vapore.

Le proprietà che caratterizzano l'odore sono:

- il tipo o la qualità della nota olfattiva, determinata dalla peculiare natura chimica delle molecole osmofore, atta a stimolare quella specifica sensazione (fruttata, floreale, vinosa, balsamica, fetida... ecc.);
- l'intensità della sensazione, che dipende essenzialmente dalla concentrazione di molecole odoranti; è detto limite olfattivo di una sostanza ed è la più bassa concentrazione alla quale è possibile percepirne l'odore.

La correlazione esistente tra la struttura delle molecole e le loro proprietà osmofore apparve chiara fin dagli albori della chimica organica, allorché si constatò che talune classi di composti erano caratterizzate da un odore inconfondibile, che, da solo, costituiva un sicuro criterio per il loro riconoscimento.

Basti pensare all'odore nauseabondo di pesce in decomposizione che è specifico delle ammine alifatiche: questi derivati organici dell'ammoniaca (NH_3) sono caratterizzati dalla presenza, come vero e proprio gruppo osmoforo, dell'atomo di azoto.

Si scoprì che a giocare un ruolo non meno importante nel determinare la specifica qualità olfattiva di un composto erano la forma e le dimensioni delle sue molecole. Ad esempio, le molecole tondeggianti dei terpeni, a 10 atomi di carbonio, presentano tutte una nota balsamico-resinosa; mentre i composti macrociclici (anelli a 15- 16 atomi di carbonio) esibiscono tutti un caratteristico odore di muschio indipendentemente dalla natura chimica del gruppo funzionale presente (chetonico, lattonico, imminico).

2.1 La metodologia Foodpairing

Per visualizzare i nessi aromatici tra odoranti diversi la società Foodpairing (fondata nel 2009 da Bernard Lahousse, Johan Langenbick e Peter Coucquyt) ha creato un database di circa 10.000 molecole aromatiche che sono state suddivise per caratteristiche organolettiche in 14 categorie (sotto riportate) nelle quali si può ricondurre la vasta gamma di odori che caratterizzano i profili aromatici di vari ingredienti.

Il metodo creativo dell'azienda ha il presupposto scientifico nell'idea che gli ingredienti con composti aromatici chiave in comune siano un abbinamento culinario felice. Tutti gli alimenti che condividono un sottoinsieme di molecole aromatiche presenteranno qualche affinità e, pertanto, la possibilità di combinarsi armoniosamente.

La "scienza del food pairing" si fonda sull'analisi aromatica dell'ingrediente o prodotto. I potenziali match ricavati dai profili emergono da una selezione di odoranti chiave presenti in concentrazioni abbastanza alte da essere percepiti.

<p>Fruttato</p>  <p>gli esteri hanno un ruolo chiave nei profili aromatici di molti frutti, come fragole, banane, ananas e altri tropicali. I lattoni, secondo la concentrazione, possono essere caratterizzati da un profumo di pesca o di cocco e si trovano in frutta, latte, latticini e formaggi. (ananas, banana, mela, cocco, fruttato, frutti di bosco, pesca tropicale, uva)</p>	<p>Agrumato</p>  <p>limoni, lime, pompelmi e uvaspina contengono note perlopiù agrumate, presenti anche in semi di coriandolo, lemongrass e melissa. (agrumi, pompelmo, limone, arancia)</p>
<p>Floreale</p>  <p>beta-damascenone, beta-ionone e (Z)-, -ottandien-3-one sono responsabili delle inebrianti fragranze di rose, viole e gerani, oltre a prestare le loro note floreali a ingredienti come ananas, pera, lampone e patata dolce (floreale, geranio, miele, rosa, violetta)</p>	<p>Verde</p>  <p>le note "verdi" spaziano da quelle di cetriolo alle grasse (tipo olio di oliva), dall'erba tagliata ai sentori cerosi (tipo scorze d'arancia), secondo la concentrazione delle aldeidi. Anche i cereali macinati contengono composti volatili verdi che ricordano i fiocchi d'avena, mentre gli epossidi conferiscono note metalliche alle alghe. (grasso, ceroso, cetriolo, erba, fiocchi d'avena, verde)</p>
<p>Erbe aromatiche</p>  <p>mentolo e timolo conferiscono a menta fresca e a timo i sentori caratteristici. (erbe aromatiche, menta, timo)</p>	<p>Vegetale</p>  <p>pirazine, 1-otten-3-one e metionolo sono largamente responsabili degli odori vegetali di peperoni, funghi e patate. Alliacee e Brassicacee contengono composti volatili solforati. La cottura determina nuove molecole solforate con</p>

			note di patate e di funghi. (aglio, cavolo, cipolla, fungo, patata, peperone, sedano)
Caramello		sostanze come furaneolo, maltolo e sotolone sono caratterizzate dal dolce profumo tipico di zucchero caramellato e sciroppo d'acero. (acero, caramello)	Tostato  la reazione di Maillard causa la formazione di nuovi composti volatili che ricordano il popcorn o i sentori tostati. Alcuni descrittori si richiamano al malto o al caffè, mentre le pirazine e la geosmina hanno note maggiormente terrose. (caffè, fritto, maltato, popcorn, terroso, tostato)
Frutta fresca		la benzaldeide è il composto fondamentale che dà il suo carattere all'estratto di mandorle, mentre la fragranza dolcemente inebriante di fieno della fava tonka viene dalla cumarina. I chetoni conferiscono il loro profumo distintivo alla nocciola. (frutta secca, nocciola, tonka)	Legnoso  alcuni ingredienti contengono terpeni e pineni (pino) dall'odore legnoso. La legna usata per grigliare usata per grigliare la carne, il pesce e qualunque altro alimento conferisce ai cibi gli stessi aromi legnosi e affumicati, mentre il processo dell'affumicatura a freddo di carne e pesce infonde composti fenolici a questi prodotti. (affumicato, balsamico, fenolico, legnoso, pino)
Speziato		molte delle note calde tipiche delle spezie derivano dalle molecole aromatiche come cinnamaldeide (o aldeide cinnamica), cuminaldeide, eugenolo (chiodo di garofano) e vanillina. Canfora ed estragolo (anice) offrono sentori più rinfrescanti. (anice, canfora, cannella, chiodo di garofano, cumino, pungente, speziato, vaniglia)	Formaggio  panna, burro e formaggi stagionati presentano tutti note caseose. aceto e latticini fermentati come yogurt. Latticello e panna acida contengono altri composti volatili caseosi e acidi. (acido, burroso, caseoso, panna)
Animale		forti odori evocativi del mondo animale sono associati ai brodi di carne e ad alimenti come selvaggina o pesce. il fegato contiene la molecola aromatica indolo, che può avere sentori terrosi, fenolici, fecali ma anche floreali e di profumo. Lo scatolo ha un olezzo animale di questo tipo, definito fecale o affine allo zibetto. (animale, carnoso, "pescioso")	Chimico  bruciato, muschioso, saponoso petrolio, solvente (come in vernice o colla) sono alcuni dei descrittori usati per definire gli sgradevoli odori che si sviluppano a seguito di una conservazione scorretta o di un confezionamento difettoso. (bruciato, petrolio, polveroso, saponoso, solvente)

3 *Pimpinella anisum* L. (Apiaceae)

ANICE VERDE, ANICE VERA

3.1 *Introduzione e descrizione*



Pimpinella anisum L. è una pianta erbacea appartenente alla famiglia delle *Apiaceae*. È originaria dell'est del Mediterraneo e del sud-ovest asiatico. È ampiamente coltivato nell'Europa meridionale e centrale, nella ex URSS, Nord Africa e, in misura minore, Messico e Sud America. In India, è coltivata in piccola parte come erba culinaria o come pianta da giardino. La spezia anice è il frutto di *P. anisum*.

La pianta dell'anice è un'erba annuale che cresce sino a 30-60 cm in altezza. Ha caule cilindrico eretto, foglie inferiori cordiformi, poi trifogliate e frangiatae, con piccioli sempre più corti a mano a mano che la pianta si sviluppa

verso la sommità. I fiori bianchi, ombrelliformi, composti da una decina di minuscole ombrelle, sono simili a quelli del finocchio, ma hanno un profumo molto più delicato. I frutti ovoidi pubescenti hanno un colore grigio-verdastro, e sono coperti di una fitta peluria: il loro sapore dolce e aromatico è molto caratteristico e inconfondibile.

3.2 *Produzione e coltivazione*



L'anice è originario dell'area costiera orientale del Mediterraneo, dell'Asia Minore e dell'Egitto. Lo si trova naturalizzato in Italia, dalle zone marittime fino alle submontane (da 0 a 800 m), specialmente in Lombardia, Liguria, Romagna e Puglia. La specie è coltivata in Turchia, Egitto, Spagna, Russia, Italia, India, Grecia, Nord Africa, Argentina, Malta, Romania, Siria ma viene esportato principalmente da Turchia, Egitto e Spagna. Da un punto di vista industriale, le differenze di qualità tra semi di anice di

origini diverse non sono significative e quindi le specifiche non devono limitare la spezia a uno specifico paese di origine.

P. anisum preferisce terreni profondi, leggeri, ricchi di sostanza organica e di calcare, dotati di una buona struttura e di una buona riserva idrica, inoltre le piante crescono meglio se il pH compreso tra 6.3 e 7.3. Tollera male i terreni argillosi, compatti e l'ombreggiamento.

Per una crescita ottimale richiede un clima caldo di almeno 120-150 giorni che corrispondono alla durata del suo ciclo colturale completo (dalla semina alla maturazione dei frutti). La pianta ha bisogno di un'estate calda per prosperare e per far maturare i semi, con temperatura compresa tra 8 e 23 ° C e teme le gelate tardive.

La semina si esegue, a seconda delle zone in cui viene coltivata, in primavera o in autunno direttamente in campo quando la temperatura del suolo è di 18–21 °C, ponendo la semente alla profondità di 2 - 3 cm. È fondamentale preparare buoni letti di semina e creare un buon contatto tra il seme piantato e il terreno perché i semi sono piccoli (il peso di 1000 semi è 1-4 g) e hanno una bassa percentuale di germinabilità (70 %). Lo sviluppo iniziale è lento e per la germinazione ci vogliono circa 30 giorni ed è quindi necessario controllare attentamente le infestanti, ma, dopo l'emissione delle prime foglie, prosegue molto rapidamente. La semina si esegue a file distanti 40 - 70 cm impiegando circa 10-15 kg/ha di semente, così da avere una densità ottimale pari a 10-12 piante per m² . Se l'investimento risulta più fitto, è consigliabile eseguire un diradamento.

I piccoli fiori bianchi sbocciano in piena estate e i semi raggiungono la maturità solitamente un mese dopo l'impollinazione, quando il contenuto di olio nei frutti essiccati è di circa il 2,5%. I semi di anice vengono raccolti tra la fine di luglio e l'inizio di settembre, quando la pianta non è ancora completamente secca e i frutti dell'ombrella principale sono ancora di colore grigio-verde. Questa precauzione si deve sempre adottare nella raccolta di piante appartenenti alla famiglia delle "Umbelliferae " la cui maturazione dei frutti è tipicamente scalare. Le piante intere si raccolgono con la mietitrebbia oppure si sfalciano quando sono ancora umide, si essiccano e poi dopo alcuni giorni, si trebbiano per separare i semi.

Si possono raggiungere rese anche di 500–1000 kg/ha. Il tenore in olio dei frutti varia tra il 2 ed il 4%, qualche volta può raggiungere il 6%. I tipi in commercio differiscono per la forma: i semi corti, 3-4 mm, sono di origine tedesca e russa, mentre i semi lunghi, 5-6 mm, sono di origine italiana e spagnola.

Il seme ottenuto deve essere conservato in contenitori ermetici o in recipienti di vetro dotati di buona chiusura, al riparo dalla luce e in un ambiente asciutto. A causa della sensibilità alla luce e all'ossidazione, se l'anice viene esposto alla luce diretta ne risulta che la concentrazione di trans-anetolo diminuisce in quanto si trasforma nel suo isomero più tossico cis-anetolo. È stato calcolato che il contenuto di trans-anetolo diminuisce dall'89% al 73% durante una conservazione di sei settimane con l'influenza della luce solare, mentre il contenuto di cis-anetolo aumenta dallo 0,8 al 4,5% e il contenuto di anisalaldeide dallo 0,8 al 7,0%. Allo stesso tempo si formano ulteriori prodotti di decomposizione

3.3 Utilizzi principali

L'essenza di anice verde e quella di anice stellato sono utilizzate in modo intercambiabile, essendo entrambe riconosciute come olio di anice.

Sia l'anice verde che quello stellato sono impiegati come carminativi, stimolanti, blandi spasmolitici, deboli agenti antibatterici ed espettoranti in preparati per la tosse e sotto forma di pasticche. Internamente vengono impiegati per dolori dispeptici; esternamente come inalanti, in caso di congestione del sistema respiratorio. Entrambi gli oli sono impiegati per mascherare l'odore indesiderato di farmaci e prodotti cosmetici e come componenti aromatizzanti in dentifrici, profumi, saponi detergenti, creme e lozioni.

L'anice, l'anice stellato (in misura minore), l'essenza di anice verde e di anice stellato sono ampiamente utilizzati come ingredienti aromatizzanti in alimenti quali: bevande alcoliche (Bitter, brandy e liquori, come l'anisetta) ed analcoliche, dolci (quali dolci di liquirizia) prodotti da forno, gelatine e pudding, carne e prodotti derivati.

Sia l'anice verde che quello stellato sono frequentemente usati come spezie domestiche; il primo principalmente in Occidente, mentre il secondo soprattutto in Asia, specialmente nella cucina cinese.

Nella medicina tradizionale sia l'anice verde che l'anice stellato vengono usati come carminativi aromatici, espettoranti, come estrogeni per aumentare la secrezione latte, facilitare le mestruazioni e la nascita dei bambini, aumentare la libido ed alleviare la sintomatologia del climaterio maschile.

La droga intera, tagliata e in polvere viene utilizzata, infine, per infusi ed altre preparazioni galeniche.

3.4 Composizione chimica

L'anice contiene l'1,5–4,0% di olio essenziale, arriva al 6% l'anice siriano. Il costituente principale dell'olio è anetolo (80%). Altri componenti nell'olio volatile sono anisaldeide, anisketone e metil chavicolo (estragolo). El-Wakeil et al. (1986) hanno riscontrato un aumento del *trans*-anetolo e una diminuzione degli altri componenti dell'olio di anice durante lo stoccaggio prolungato. Il sapore dell'anice è simile alla liquirizia e al finocchio, quest'ultimo contenente anche un alto livello di anetolo.

Nella Tabella 3.1 sono elencati i composti aromatici che per gli esperti N.K. Leela, T.M. Vipin (2008) e Stuart Farrimond (2020) sono più rilevanti quando si parla di anice stellato. Per ogni composto sono associate le note olfattive, gustative, il profilo aromatico generale e come viene descritto dal FEMA, Flavor and Extract Manufacturers Association degli Stati Uniti .

	ODORE	GUSTO	FEMA	PROFILO AROMATICO
trans-Anethole	anice	dolce	anice	liquirizia, dolce, anice, balsamico, mimosa
Estragole	ricorda quello dell'anice (diverso dall'anelolo)	gusto dolce simile all'anice (diverso dall'anelolo)	anice, liquirizia	liquirizia, speziato, vaniglia, alcool, finocchio, Sassofrasso, Dolce, Anice, Menta
β-Bisabolene			floreale	agrumi, mirra, speziato, balsamico
Mircene	piacevole odore terpenico	dolce, agrumato	balsamico, fruttato, geranio, mosto	pepato, speziato, balsamico, mosto, terpenico, speziato, plastico
α-Pinene	caratteristico odore di pino e trementina		pungente, pino, legno di cedro	aspro, trementina, menta, fresco, terroso, pino, canfora
4- Anisalaldeide	caratteristico odore di biancospino e cumarinico		mandorla, anice, menta	mimosa, biancospino, ciliegia, talcato, amaro, vaniglia, anice, cioccolato, cremoso, menta, bacche, dolce, floreale, mandorla, cannella

Tabella 3.1 fonte: <https://cosylab.iiitd.edu.in/flavordb/search>

3.5 Food Pairing

Quindi con cosa si abbina l'anice?

Come detto finora gli accostamenti migliori sono con alimenti che il maggior numero di molecole aromatiche; questi sono stati individuati da un team di ricercatori indiani specializzati in computational gastronomy i quali hanno individuato oltre 80 tra spezie, fiori e frutti che condividono oltre 100 molecole aromatiche con *P. anisum*. Nel grafico riportato a seguito, sono indicati i prodotti che mostrano maggior affinità secondo le loro ricerche (Grafico 3.1)

alimenti che condividono il maggior numero di molecole aromatiche con anice verde

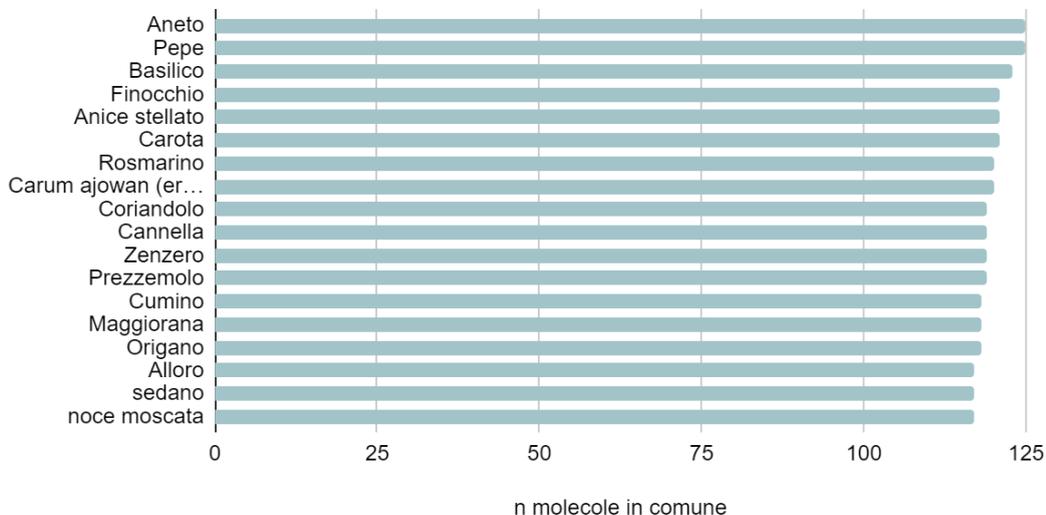


Grafico 3.1 Dati raccolti dal team di ricercatori CoSyLab (Ganesh Bagler *et al*)

Gli esperti in foodpairing Bernard Lahousse *et al* invece, suggeriscono altri abbinamenti (Grafico 3.2). Basandosi sulle 14 categorie aromatiche, classificano l'anice verde come: agrumato,erbe,legnoso e speziato e consigliano i seguenti abbinamenti.

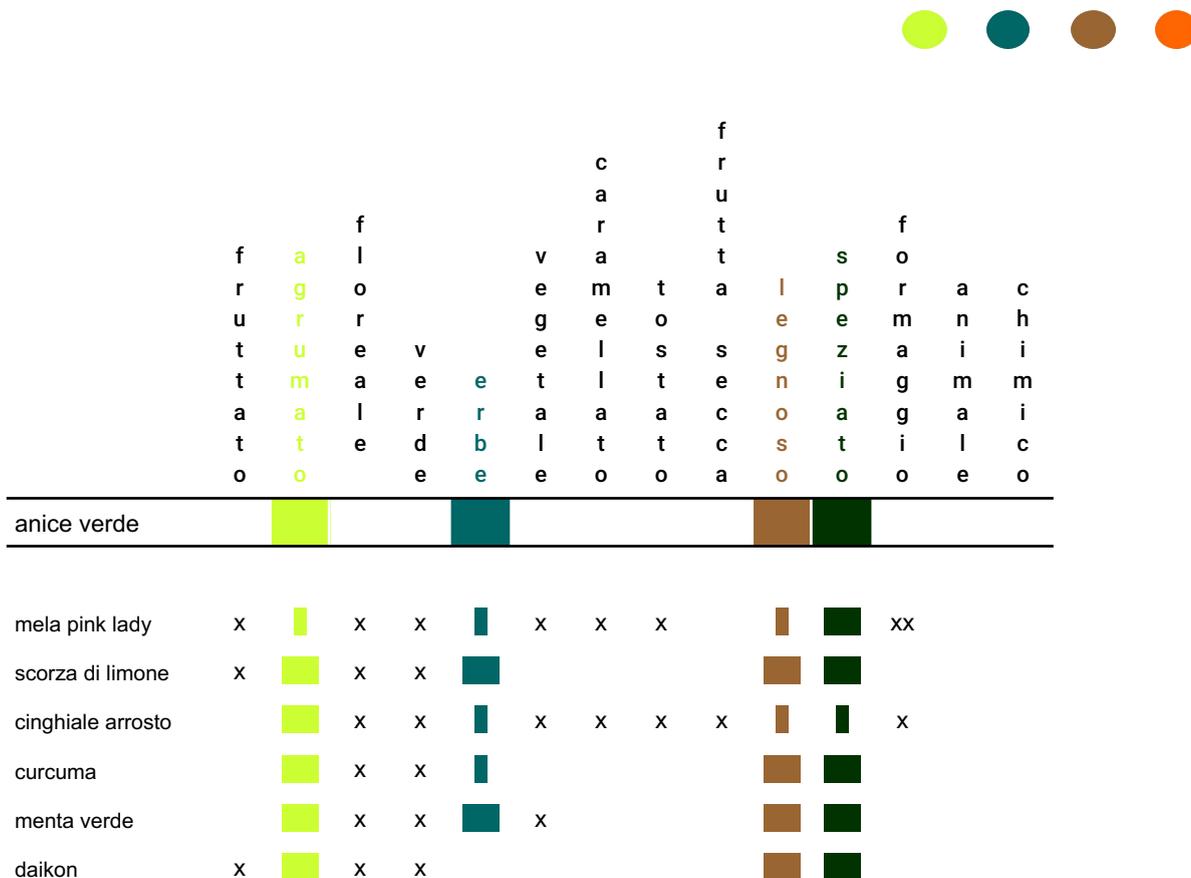


Grafico 3.2

4 *Illicium verum* Hooker (Illiciaceae)

ANICE STELLATO, BADIANA, ANICE DELLA CINA

4.1 Introduzione e descrizione



L'anice stellato (*Illicium verum* Hooker) è una spezia che assomiglia molto all'aroma dell'anice, ed è ottenuta da pericarpi dalla caratteristica a forma di stella. In cinese viene anche chiamato "anice dalle otto corna" o semplicemente "otto corna", con riferimento al frutto, generalmente formato da otto follicoli. E' originario del sud-est della Cina e del nord del Vietnam ed era ben noto in tutta la Cina molto prima della sua esportazione in Europa che avvenne solo a fine del XVI secolo, ed era, insieme alla cannella, una delle spezie più utilizzate.

L'albero di *I. verum* raggiunge in media 8 m di altezza e presenta foglie sempreverdi intere, lanceolate nel cui asse vengono prodotti dei fiori isolati bianco-giallastri. Il frutto è secco deiscente, costituito da 6-8 follicoli careniformi di colore bruno-rossastro disposti a forma di

stella, che si aprono a maturità nella parte superiore, lasciando intravedere l'unico seme bruno brillante. I frutti vengono raccolti prima della completa maturazione ed essiccati.

Esistono alcune specie correlate a *I. verum*. Il frutto di *Illicium religiosum*, Siebold (= *Illicium anisatum*, L) fu utilizzato come anice stellato sino al 1888 quando Hooker ne fece una distinzione. Conosciuto anche come shikimi o anice stellato giapponese, *I. religiosum* è originario del Giappone e si presenta come un albero molto simile al *verum* ma i suoi frutti sono più piccoli, meno profumati e per questo più simili ai frutti del cardamomo, inoltre il frutto è tossico per via interna. Nella tradizione giapponese venivano piantati alberi di *I. religiosum* presso templi e cimiteri per proteggerli dalla profanazione da parte di animali selvatici e questa pratica si diffuse non solo per gli effetti velenosi del frutto ma anche perché le foglie emanavano un odore particolare che si supposeva tenesse lontano gli animali. Questa usanza è così radicata che anche tuttora nelle celebrazioni funebri gli altari sono decorati con foglie di *I. religiosum*. In Cina invece, l'anice stellato giapponese si utilizza in preparazioni per via topica per la cura della pelle.

Il frutto è altamente velenoso in quanto contiene anisatina, scikimina e scikimitossina le quali causano una severa infiammazione dell'apparato digerente, dei reni e del tratto urinario. Tra i sintomi tossici ci sono vomito, convulsioni simili a quelle epilettiche con schiuma dalla bocca, perdita di coscienza e pupille dilatate. L'anice stellato giapponese si può distinguere chiaramente da quello cinese solo attraverso una gascromatografia che evidenzia una

significativa differenza nei livelli di anetolo nelle due specie in quanto il cinese ne è abbondantemente fornito mentre il giapponese ne è esente.

Illicium parviflorum, Michaux, è una specie americana che si trova in particolare nello stato della Georgia, Florida e Carolina; si presenta con un frutto formato da 8 carpelli, velenoso, con un gusto simile a quello del sassofrasso.

Sempre nel territorio americano si trova *Illicium floridanum*, Ellis; i cui fiori sono viola e presenta 13 carpelli nei frutti. Ha un odore sgradevole che ricorda quello della trementina. Sia i frutti che le foglie sono velenose.

Illicium majus, Hooker, originario della penisola malese, presenta frutti di colore marrone-nerastro e gusto che ricorda quello del macis e con 11 o 13 carpelli.

Infine *Illicium griffithii*, Hooker, si ritrova in India. Il frutto è formato da 13 carpelli riuniti in un unico verticillo, ha un odore aromatico, pungente e sembra anch'esso velenoso.

4.2 Produzione e coltivazione



La produzione commerciale dell'anice stellato è limitata a Cina e Vietnam. La Cina ne è il maggior produttore e viene coltivata soprattutto nella zona montuosa dello Yunnan. In Vietnam, l'anice stellato cresce lungo il confine con la Cina. Si stima che la produzione annua si aggiri sulle 25,000 t.

L'anice stellato non resiste a climi troppo freddi; tollera fino a temperature di - 10°C. Predilige zone boschive, terreni soleggati ma protetti, ricchi di humus e drenanti e richiede un terreno umido per una crescita veloce

I. verum si propaga per seme. I semi vengono raccolti dai frutti freschi, selezionati e piantati a 3-4 cm di distanza in semenzaio ben preparato. Siccome i semi perdono velocemente il potere germinativo devono essere piantati preferibilmente entro 3 giorni dalla raccolta dei frutti.

Quando le piantine producono la quarta fogliolina, vengono trasferite in un vivaio e piantate a 25 cm di distanza l'una dall'altra. Una volta compiuto il terzo anno di età allora le piante sono pronte per essere trapiantate in campo ad una distanza di 5 metri tra loro. I giovani alberi non richiedono particolari attenzioni se non il diserbo e l'apporto di letame.

Gli alberi fioriscono quando hanno circa 10 anni di età e la fioritura si ripete per 3 volte l'anno. La prima fioritura avviene da Marzo ad Aprile e non produce frutti. La seconda dura solo per 2-3 settimane da Luglio ad Agosto, i fiori hanno dimensioni maggiori e vengono prodotti i frutti che però in parte vengono persi prematuramente tra Novembre e Gennaio. La terza fioritura inizia subito dopo la seconda dando origine a fiori piccoli che sviluppano i frutti nell'anno successivo. L'albero di anice stellato ha quindi fiori quasi per tutto l'anno. I fiori sono bisessuali, profumati e di colore variabile da bianco al rosso.

Il frutto è disponibile tutto l'anno con variazioni stagionali. Solitamente il raccolto di Agosto-Ottobre rappresenta l'80% della produzione. Molti dei frutti cadono prematuramente a causa dei venti forti e dall'improvviso cambio di temperatura.

L'anice stellato è apprezzato per il caratteristico olio essenziale. Dato che la quantità massima di olio essenziale si ha prima della completa maturità, i frutti vengono raccolti prima di questo stadio, solitamente la raccolta viene fatta da bambini che si arrampicano sugli alberi e usano ganci attaccati a lunghi pali. Nei primi anni la resa è molto bassa (0.5-1 kg per albero), raggiunge i 20 kg per albero dal quindicesimo anno e raggiunge il massimo di 30 kg quando l'albero raggiunge i 20 anni di età.

I frutti raccolti vengono asciugati al sole. Durante l'essiccazione acquistano un colore rossastro scuro e il caratteristico aroma e sapore.

La freschezza del frutto può essere determinata rompendo un segmento e schiacciandolo tra l'indice e il pollice sino a che non fuoriesce il fragile seme e provando poi ad annusarlo. Se l'aroma è debole, i frutti probabilmente sono stati conservati in luoghi troppo caldi e non sigillati bene oppure hanno superato la data di scadenza. In genere, i frutti essiccati ben conservati lontano da luce, caldo e umidità possono durare 3-5 anni.

Il frutto (senza seme) contiene oli volatili, resine, grassi, tannini, pectine e mucillagini. Il seme ha una piccola quantità di oli volatili, ma la maggior parte sono oli fissi. L'olio essenziale viene distillato dai frutti freschi per avere una maggior resa. L'olio è incolore o giallo chiaro con un odore caratteristico che ricorda l'anice (*Pimpinella anisum*).

Si può utilizzare la distillazione a vapore anche per le foglie che rendono un 0.5% di olio essenziale che viene a volte utilizzato per adulterare quello dei frutti.

4.3 Utilizzi principali

L'anice stellato è uno dei sapori distintivi della cucina cinese. Si abbina bene al maiale all'anatra ed è uno degli ingredienti essenziali del master stock cinese. In tutta la Cina è molto comune la polvere di 5 spezie che contiene anice stellato, cannella, chiodi di garofano, finocchio e pepe di Sichuan in parti uguali.

Il frutto viene usato per aromatizzare tè e sottaceti oppure viene anche masticato dopo i pasti per addolcire l'alito.

L'anice stellato è popolare anche nella cucina del Nord del Vietnam, India, Persia e Pakistan e ha trovato un uso limitato solo verso occidente dato che la sua principale applicazione è nell'ambito liquoristico e in pasticceria.

Il frutto è tradizionalmente ritenuto un eupeptico, carminativo, diuretico, stomachico, antidiarroico e inibitore delle fermentazioni intestinali.

4.4 Composizione chimica

Una gascromatografia della frazione di oli volatili contenuti nel frutto mostra la presenza di 25 componenti, che rappresentano il 99.9% del totale. I componenti principali sono trans-anetolo (93.9%), estragolo (1.05%) e limonene (1.05%) (Padmashree et al., 2007; Tab 4.1).

Nell'estratto in acetone invece, sono stati identificati 15 componenti (=80.27% del totale) tra i quali i più rilevanti sono trans-anetolo (51.81%), acido linoleico (11.6%), 1-(4-metossifenil)-prop-2- one (6.71%), fenculina (5.29%) e acido palmitico (1.47%) (Chempakam B., Balaji S., 2008).

Nella Tabella 4.2 sono elencati i composti aromatici che per gli esperti Chempakam B., Balaji S.(2008) e Stuart Farrimond (2020) sono più rilevanti quando si parla di anice stellato. Per ogni composto sono associate le note olfattive,gustative, il profilo aromatico generale e come viene descritto dal FEMA, Flavor and Extract Manufacturers Association degli Stati Uniti .

Compound	Identity	Peak (%)
α -Pinene	KI,MS	0.12 \pm 0.020
β -Pinene	KI,MS	0.03 \pm 0.020
Myrcene	KI,MS	0.02 \pm 0.003
α -Phellandrene	KI,MS	0.04 \pm 0.001
3-Carene	KI,MS	0.15 \pm 0.020
α -Terpinene	KI,MS	0.02 \pm 0.001
p-Cymene	KI,MS	0.05 \pm 0.003
Limonene	KI,MS	1.05 \pm 0.040
trans-Ocimene	KI,MS	0.09 \pm 0.010
cis- β -Ocimene	KI,MS	0.01 \pm 0.001
γ -Terpinene	KI,MS	0.04 \pm 0.001
Terpinolene	KI,MS	0.03 \pm 0.003
Linalool	KI,MS	0.29 \pm 0.020
γ -Terpineol	KI,MS	0.12 \pm 0.030
4-Terpineol	KI,MS	0.09 \pm 0.020
α -Terpineol	KI,MS	0.08 \pm 0.010
Estragole	KI,MS	1.05 \pm 0.120
cis-Anethole	KI,MS	0.14 \pm 0.020
trans-Anethole	KI,MS	93.9 \pm 1.560
α -Cubebene	KI,MS	0.10 \pm 0.010
β -Clemene	KI,MS	0.01 \pm 0.001
Caryophyllene	KI,MS	0.10 \pm 0.010
Bergamotene	KI,MS	0.01 \pm 0.002
Δ -Cadinene	KI,MS	0.04 \pm 0.002
α -Cadinol	KI,MS	0.02 \pm 0.001

Source: Padmashree et al. (2007).

Tabella 4.1

	ODORE	GUSTO	FEMA	PROFILO AROMATICO
trans-Anethole	anice	dolce	anice	liquirizia, dolce, anice,balsamico, mimosa
Limonene	agrumato	fresco, agrumato	agrumi, menta	liquirizia,limone, agrumi,fresco, dolce
Estragole	ricorda quello dell'anice (diverso dall'anetolo)	gusto dolce simile all'anice (diverso dall'anetolo)	anice,liquirizia	liquirizia, speziato,vaniglia, alcool, finocchio, Sassofrasso, Dolce, Anice, Menta
Linalool	simile al bergamotto e lavanda senza le note canforate e terpeniche dei fiori,legnoso	floreale, legnoso,fresco,	coriandolo, lavanda, limone, rosa, floreale	agrumato,floreale, dolce, legno,mirtillo, lavanda
α-Phellandrene	sassofrasso			menta,limone, pepato, speziato,verde,legno so

α-Pinene	caratteristico odore di pino e trementina		pungente, pino, legno di cedro	aspro, trementina, menta, fresco, terroso, pino, canfora
Safrolo	sassofrasso			speziato, caldo, floreale, sassofrasso, legnoso, anice, speziato

Tabella 4.2 fonte: <https://cosylab.iiitd.edu.in/flavordb/search>

4.5 Food Pairing

Quindi con cosa si abbina l'anice stellato?

Come detto finora gli accostamenti migliori sono con alimenti che il maggior numero di molecole aromatiche; questi sono stati individuati da un team di ricercatori indiani specializzati in computational gastronomy i quali hanno individuato oltre 80 tra spezie, fiori e frutti che condividono oltre 100 molecole aromatiche con l'anice stellato. Nel grafico riportato a seguito, sono indicati i prodotti che mostrano maggior affinità secondo le loro ricerche (Grafico 4.1)

n molecole aromatiche in comune con anice stellato

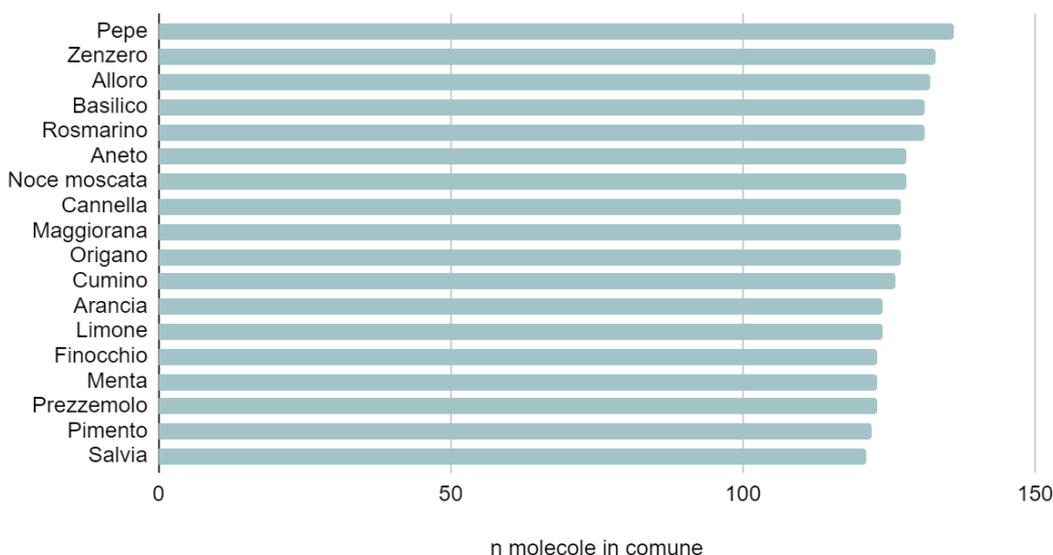


Grafico 4.1 Dati raccolti dal team di ricercatori CoSyLab (Ganesh Bagler *et al*)

Gli esperti in foodpairing Bernard Lahousse *et alii* invece, suggeriscono altri abbinamenti (Grafico 4.2). Basandosi sulle 14 categorie aromatiche, classificano l'anice stellato come: agrumato, floreale, erbe, legnoso e speziato e consigliano i seguenti abbinamenti.

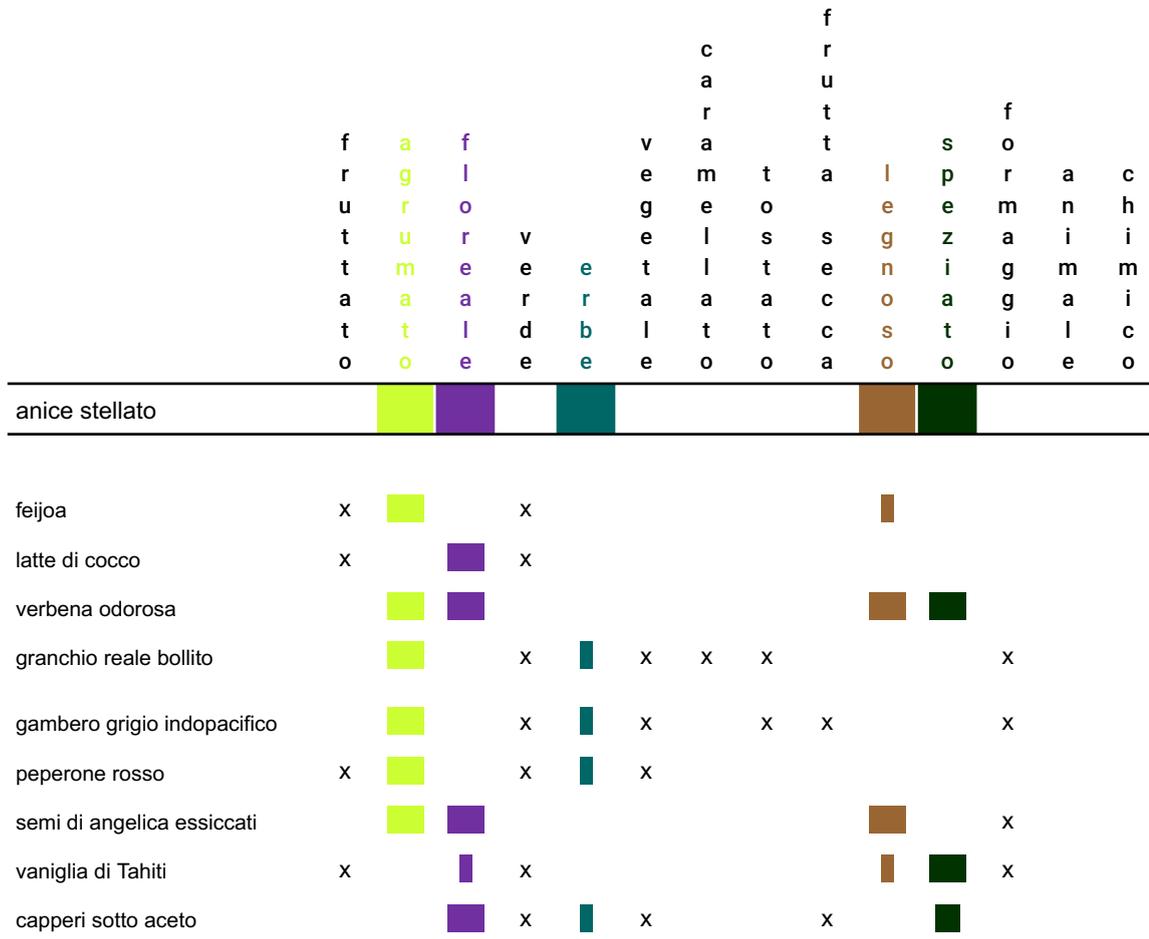


Grafico 4.2

5 *Foeniculum vulgare* Miller (Apiaceae)

FINOCCHIO

5.1 Introduzione e descrizione



Nei primi scritti sanscriti, il finocchio era noto come madhurika e si pensa che la sua coltivazione in India risalga almeno al 2000 a.C. Per gli antichi greci, il finocchio rappresentava il successo ed era chiamato “marathon” per via della sua diffusione nella pianura di Maratona, località della Grecia che fu teatro della famosa battaglia che vide affrontarsi Ateniesi e Persiani, dove in origine il finocchio cresceva spontaneo. Il finocchio era anche un simbolo di successo per i romani e le foglie di finocchio venivano usate per incoronare i vincitori nei giochi. Il nome inglese finocchio deriva dall'inglese antico fenol, o finol, e il finocchio è una delle nove piante invocate nel fascino pagano

anglosassone delle nove erbe registrato in un manoscritto del X secolo. Durante il XIII secolo in Inghilterra, il finocchio era considerato una spezia reale e veniva servito ai re con frutta, pane e in piatti come il pesce in salamoia condito con semi di finocchio. Originario dell'Europa meridionale e della regione mediterranea, il finocchio si è naturalizzato lungo i bordi delle strade, nei pascoli e in altri siti aperti in molte regioni, tra cui l'Europa settentrionale, Cipro, gli Stati Uniti, il Canada meridionale e in molte regioni dell'Asia, dell'Estremo Oriente e dell'Australia. Introdotto in Nord America dai missionari spagnoli per la coltivazione nei loro giardini medicinali, è ora conosciuto come anice selvatico in California (e spesso etichettato erroneamente come anice nei supermercati americani), dove può essere trovato crescere a San Francisco e sulla costa del Pacifico. I coloni inglesi portarono l'erba con sé anche nelle colonie del New England, dove divenne parte dei loro orti. Ora è considerata una pianta infestante negli Stati Uniti, così come in Australia.

Foeniculum vulgare è una pianta erbacea biennale o perenne alta anche 2 m, appartenente alla famiglia delle Apiaceae. Ha una radice legnosa, e caule cespuglio alto fino a un metro e mezzo. I rami, con ramificazioni sottili, sono cilindrici, lucidi, e di color verde brillante. Le foglie sottili, sono molto frastagliate; i fiori, di color giallo intenso, sono raccolti in ombrelle terminali e solitarie. I frutti, costituiti da minuscole capsule, contengono piccoli semi ovali.

I due principali tipi di finocchio coltivati sono il finocchio dolce (noto anche come finocchio francese o romano) e il finocchio amaro. Il finocchio amaro cresce spontaneamente ed è coltivato soprattutto in Argentina, Cecoslovacchia, Francia, Germania, Ungheria, India, Italia,

Giappone, Romania e nel sud della Russia. Il finocchio dolce non cresce spontaneamente ma è coltivato in Bulgaria, Francia, Italia e Macedonia. Il finocchio amaro viene coltivato per i suoi frutti e l'olio essenziale, mentre il finocchio dolce è coltivato per la sua base fogliare allargata, per i suoi frutti e per l'olio essenziale che si ricava dai frutti. Sono state descritte tre varietà principali: *F. vulgare* Mill. var. *piperitum* (Ucria) Cout. (finocchio amaro), *F. vulgare* Mill. var. *dolce* DC Batt. e Trab. (finocchio dolce) e *F. vulgare* Mill. var. *azoricum* Thell. (finocchio romanesco, Florence fennel). Quest'ultimo è sempre un finocchio dolce coltivato per il suo gambo bulboso che viene consumato come verdura. I gambi giovani del *F. vulgare* var. *piperitum* sono usati per insaporire insalate e come verdura; questa varietà viene chiamata anche *Rubrum*, *Purpureum* o *Nigra* perché presenta foglie color bronzo ed è per questo motivo ampiamente coltivato nel Regno Unito come pianta decorativa da giardino.

5.2 Produzione e coltivazione



Il finocchio è coltivato su larga scala in Romania, Russia, Germania, Francia, Italia, India, Argentina e Stati Uniti. Viene coltivato anche in Bulgaria, Cina, Danimarca, Egitto, Siria, Marocco e Giappone. In India vengono coltivate circa 14 varietà di finocchio amaro e i maggiori stati produttori di finocchio sono Gujarat, Rajasthan e Uttar Pradesh, mentre molti altri stati lo coltivano su piccola scala, come Punjab, Tamil Nadu, Bihar, Karnataka, Maharashtra, Jammu e Kashmir. Il

seme di finocchio indiano ha una dolce sapore di anice ed è più piccolo e dritto rispetto al finocchio europeo, mentre il finocchio persiano è il più piccolo di tutti e presenta una spiccata nota di anice.

La produzione mondiale di anetolo è di 1000 tonnellate all'anno, con Cina e Vietnam come principali produttori. Il finocchio è la fonte preferita di anetolo in Brasile, a causa delle difficoltà associate alla coltivazione dell'anice (Brender et al., 1997).

Per favorire una maggior produzione di frutti è necessario un clima secco e una temperatura di 15–20 °C, temperature elevate provocano una fioritura prematura e una resa dei semi molto bassa. La coltura è suscettibile ai danni da gelo durante la fase di fioritura. Poiché il finocchio è una coltura di tipo scalare ha una lunga durata, una crescita iniziale lenta e può essere coltivato in coltura mista o consociata. Il finocchio si propaga per seme e può essere seminato direttamente in campo ma più di frequente la propagazione viene eseguita in semenzai, poi trapiantato in campo e lasciato ingrossare il fusto. I frutti vengono poi raccolti con mietitrebbie opportunamente adattate e fatti essiccare. Sono necessari per la coltura in vivaio circa 2,5 kg/ha di seme mentre sono necessari 8-10 kg/ha di seme per la semina diretta. E' una pianta piuttosto rustica che si adatta a quasi tutti gli ambienti. Preferisce situazioni di pieno sole o di mezz'ombra.

Le foglie di finocchio verde possono essere raccolte di tanto in tanto durante la stagione di crescita, ma i bulbi vengono raccolti solo nel tardo autunno, nello stesso momento in cui i

gambi vengono raccolti come ortaggio. Vengono selezionati bulbi puliti e croccanti con un colore verde fresco senza alcun segno di imbrunimento. Il momento della raccolta dipende dal tipo di prodotto commercializzato ma se si intende raccogliere i frutti solitamente la raccolta avviene prima che questi siano completamente maturi, le ombrelle vengono raccolte circa 30-40 giorni dopo la fioritura, quando sono ancora verdi e hanno raggiunto appena la metà della loro dimensione finale (se lasciate crescere). Poiché non tutte le piante maturano contemporaneamente, la raccolta delle ombrelle deve essere effettuata 4-5 volte, man mano che diventano pronte. E' possibile ottenere una resa di 2-2,5 tonnellate/ha.

5.3 Utilizzi principali

Il finocchio è tradizionalmente utilizzato per scopi medicinali e culinari. L'intera pianta è preziosa nell'industria medicinale; la sua base allargata viene utilizzata come ortaggio; le sue foglie sono utilizzate per scopi culinari e i suoi semi come spezia e per l'estrazione di oli essenziali. I fiori e le foglie sono anche usati per fare tinte gialle e marroni. Il polline di finocchio è la forma più potente di finocchio, ma è estremamente costoso. Il seme di finocchio essiccato è una spezia aromatica al gusto di anice; i semi sono di colore marrone o verde quando sono freschi e diventano lentamente di un grigio opaco man mano che il seme invecchia. I semi verdi sono ottimali per cucinare. I semi di finocchio vengono talvolta confusi con i semi di anice, molto simili nel gusto e nell'aspetto, anche se più piccoli. Gli indiani spesso masticano i semi di finocchio per rinfrescare la bocca. Il finocchio è anche usato come aromatizzante nei dentifrici naturali ed è un ingrediente essenziale nella miscela di spezie bengalesi *panch phoron* (cumino, senape, nigella, fieno greco e finocchio) e nelle polveri di cinque spezie cinesi (semi di finocchio, anice, cannella, pepe e chiodi di garofano). In occidente, i semi di finocchio sono un ingrediente molto diffuso negli insaccati italiani e nei pani di segale del nord Europa

Tutta la pianta ha virtù diuretiche, espettoranti, rinfrescanti, digestive: inoltre favorisce la secrezione latte, e le mestruazioni.

L'olio volatile di finocchio è quello di finocchio dolce sono usati come agenti carminativi o aromatizzanti in prodotti lassativi.

I frutti sono impiegati in Germania in fitoterapia per problemi dispeptici, in prodotti a blanda azione antispasmodica per il tratto gastrointestinale, espettoranti per affezioni del tratto superiore delle vie respiratorie; in sciroppi per bambini contro la tosse.

Le essenze di finocchio amaro e di quello dolce sono usate come costituenti nei cosmetici, quali saponi, detergenti, lozioni, profumi; come aromatizzanti in bevande alcoliche (specialmente nei liquori), prodotti da forno, carne e prodotti derivati, grassi ed oli, snack e salse, condimenti e sughi.

I frutti pestati o macinati sono utilizzati in tisane, tinture o in sciroppi mielosi.

Nella medicina tradizionale i frutti del finocchio e l'essenza trovano impiego come stomachico e carminativi nel trattamento della flatulenza e di altri problemi di stomaco, ed anche in caso di stati catarrali delle vie respiratorie superiori.

Nella medicina tradizionale cinese il finocchio è usato da secoli sia per il trattamento di morsi di serpente, nel cui caso è la droga è ridotta ad impiastro; sia per la cura del colera, del mal di schiena e dell'incontinenza, generalmente sotto forma di decotto ed insieme ad altre droghe.

5.4 Composizione chimica

I frutti generalmente contengono il 2-6 % di olio volatile e il 17-20% di olio fisso, composto principalmente da acido petroselinico (60-75%), acido oleico e linoleico, con concentrazioni relativamente alte di tocoferoli.

L'olio volatile contiene principalmente *trans*-anetolo, con quantità minori di fencone, estragolo, limonene, canfene e α -pinene.

Le concentrazioni di *trans*-anetolo nell'olio sono soggette ad ampie variazioni, con valori citati tra il 50-90%, a seconda della varietà, della fonte, della maturazione dei frutti e di altri fattori. Ci sono anche variazioni considerevoli nelle quantità di fencone (0-22%) ed estragolo. Il finocchio comune generalmente contiene quantità minori di anetolo rispetto a quello dolce, mentre contiene quantità più elevate di fencone.

Nella Tabella 5.1 sono elencati i composti aromatici che per gli esperti Shamina Azeez (2008) e Stuart Farrimond (2020) sono più rilevanti quando si parla di anice stellato. Per ogni composto sono associate le note olfattive, gustative, il profilo aromatico generale e come viene descritto dal FEMA, Flavor and Extract Manufacturers Association degli Stati Uniti.

	ODORE	GUSTO	FEMA	PROFILO AROMATICO
trans-Anethole	anice	dolce	anice	liquirizia, dolce, anice, balsamico, mimosa
Limonene	agrumato	fresco, agrumato	agrumi, menta	liquirizia, limone, agrumi, fresco, dolce
Estragole	ricorda quello dell'anice (diverso dall'anetolo)	gusto dolce simile all'anice (diverso dall'anetolo)	anice, liquirizia	liquirizia, speziato, vaniglia, alcool, finocchio, Sassofrasso, Dolce, Anice, Menta
Linalool	simile al bergamotto e lavanda senza le note canforate e terpeniche dei fiori, legnoso	floreale, legnoso, fresco,	coriandolo, lavanda, limone, rosa, floreale	agrumato, floreale, dolce, legno, mirtillo, lavanda
α-Phellandrene	sassofrasso			menta, limone, pepato, speziato, verde, legnoso

α-Pinene	caratteristico odore di pino e trementina		pungente, pino, legno di cedro	aspro, trementina, menta, fresco, terroso, pino, canfora
Fencone			floreale	terroso, canfora, erbaceo, legnoso, amaro, foglia di cedro, tuia

Tabella 5.1 fonte: <https://cosylab.iiitd.edu.in/flavordb/search>

5.5 Food Pairing

Quindi con cosa si abbina il finocchio?

Come detto finora gli accostamenti migliori sono con alimenti che il maggior numero di molecole aromatiche; questi sono stati individuati da un team di ricercatori indiani specializzati in computational gastronomy i quali hanno individuato oltre 100 tra spezie, fiori e frutti che condividono oltre 100 molecole aromatiche con *F. vulgare*. Nel grafico riportato a seguito, sono indicati i prodotti che mostrano maggior affinità secondo le loro ricerche (Grafico 5.1).

Alimenti che condividono il maggior numero di molecole aromatiche con finocchio

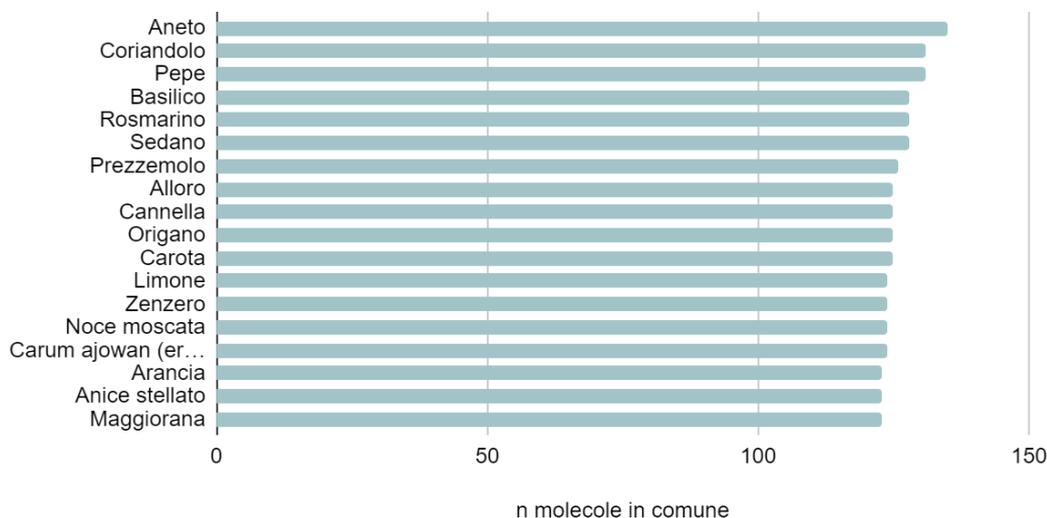


Grafico 5.1 Dati raccolti dal team di ricercatori CoSyLab (Ganesh Bagler *et al*)

Gli esperti in foodpairing Bernard Lahousse *et alii* invece, suggeriscono possibili abbinamenti con la tisana al finocchio che classificano come: erbe, legnoso e speziato (Grafico 5.2).



Conclusioni

Dopo aver descritto nel dettaglio queste tre spezie si può notare come queste condividano molteplici markers aromatici. In particolare il componente principale di ognuna è l'anelolo che ricorda il gusto della radice di liquirizia ed è un composto che eccita anche i recettori della dolcezza sulle papille gustative, rendendolo più dolce dello zucchero, ma senza le calorie (S. Farrimond, 2020); dunque la percezione del sapore delle tre droghe è molto simile.

Come visto in precedenza, però, anche se può sembrare abbiano una composizione chimica molto simile, gli esperti di food pairing consigliano abbinamenti differenti per ogni spezia mettendo quindi in evidenza che anice verde, anice stellato e finocchio in cucina non si utilizzano in maniera equivalente.

Si può quindi concludere che ci sono componenti che contribuiscono alla formazione di note olfattive-gustative peculiari che rendono unica ognuna di queste spezie, ma quali sono?

Stuart Farrimond (2020), medico ed esperto di scienze dell'alimentazione, ha selezionato, tra le più di 150 componenti riconosciute, le molecole aromatiche più rilevanti nel profilo aromatico di *P.anisum*, *I. verum* e *F.vulgare*. I composti scelti sono 5-7 e sono stati ulteriormente classificati in principali e secondari:

	<i>Pimpinella anisum</i>	<i>Illicium verum</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>
principali	anelolo alcol anisico	anelolo	anelolo
secondari	anisaldeide mircene estragolo limonene pinene	cineolo linalolo felandrene safrolo	fencone estragolo limonene pinene

Di seguito il profilo aromatico delle molecole aromatiche evidenziate dell'esperto:

<i>Pimpinella anisum</i>	
anelolo	→ dolce, medicinale, ricorda finocchio
alcol anisico	→ ciliegia dolce, vaniglia, floreale, caramello, cioccolato
estragolo	→ liquirizia, caldo, legnoso
pinene	→ legnoso, speziato, canforato
anisaldeide	→ Floreale, Ciliegia, Talcato, Amaro, Vaniglia, Anice, Cioccolato, Cremoso, Menta, Bacche, Dolce, Menta, Mandorla, Cannella
mircene	→ Pepato, Speziato, Balsamico, Terpenico, Speziato, Plastico

limonene	→	agrumato, erbaceo, trementina
<i>Illicium verum</i>		
anetolo	→	dolce, medicinale, ricorda finocchio
linalolo	→	Limone, Agrumi, Arancio, Floreale, Dolce, Legnoso, Mirtillo, Verde
fellandrene	→	verde, pepato, agrumato, menta
cineolo	→	eucalipto, leggermente medicinale, rinfrescante, verde, menta, pino
safrolo	→	Speziato, caldo, floreale, dolce, legnoso
<i>Foeniculum vulgare</i>		
anetolo	→	dolce, medicinale, ricorda finocchio
pinene	→	legnoso, speziato, canforato
estragolo	→	liquirizia, caldo, legnoso
limonene	→	agrumato, erbaceo, trementina
fencone	→	canforaceo, amaro, pungente, terroso, erbaceo

fonte: <https://cosylab.iiitd.edu.in/flavordb/search>

Dalle considerazioni allora fatte da S. Farrimond si può concludere che le tre spezie differiscono :

- 1) anice verde
 - un inconfondibile sapore erbaceo di liquirizia per la presenza imponente di anetolo
 - sentori di ciliegia, vaniglia e cioccolato per l'alcol anisico
- 2) anice stellato
 - ha un profilo aromatico più complesso rispetto alle altre droghe contenenti anetolo per la presenza di una note più floreale grazie al linalolo
- 3) finocchio
 - la presenza di fencone contribuisce al sapore piccante amaro e sono importanti anche le piccole quantità di limonene e pinene che conferiscono rispettivamente note agrumate e di pino

Bibliografia e Sitografia

- Chempakam B., Balaji S. Chemistry of spices. Star anise, Pages 319-330 (2008)
- C. K. George. Handbook of Herbs and Spices (Second edition) Vol 2. Star anise, Pages 487-502 (2012)
- M. B. Gholivand; M. Rahimi-Nasrabadi; H. Chalabi , Determination of Essential Oil Components of Star Anise (*Illicium verum*) Using Simultaneous Hydrodistillation-Static Headspace Liquid-Phase Microextraction-Gas Chromatography Mass Spectrometry (2009)
- M. Özgüven. Handbook of Herbs and Spices (Second edition) Vol 2. Aniseed, Pages 138-148 (2012)
- N.K. Leela, T.M. Vipin. Chemistry of spices. Aniseed, Pages 331-341 (2008)
- P. Coucquyt, B. Lahousse, J. Langenbick. The Art and Science of Foodpairing: 10,000 flavour matches that will transform the way you eat (2021)
- Shamina Azeez. Chemistry of spices. Fennel, Pages 227-241 (2008)
- S.K. Malhotra. Handbook of Herbs and Spices (Second edition) Vol 2. Fennel and fennel seed, Pages 275-302 (2012)
- Stuart Farrimond. The Science of Spice: Understand Flavour Connections and Revolutionize your Cooking. (2020)
- <https://cosylab.iiitd.edu.in/flavordb/>