



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

**LO ZENZERO: TECNOLOGIE DI PRODUZIONE
DEI DERIVATI E PROPRIETÀ BENEFICHE**

**GINGER: TECHNOLOGY AND HEALTHY
PROPERTIES**

TIPO DI TESI: compilativa

Studente:

RICCARDO FATICA

Relatore:

PROF.SSA PATRICIA CARLONI

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

INDICE

CAPITOLO 1 : LO ZENZERO	4
1.1 Origini geografiche e storia.....	4
1.2 Classificazione tassonomica e Aspetti botanici	4
1.3 Fattori ambientali influenzanti la coltivazione.....	5
1.4 Coltivazione	6
1.5 Malattie	7
1.6 Paesi produttori ed economia.....	9
CAPITOLO 2 : TRASFORMAZIONI DOPO IL RACCOLTO	11
2.1 Lavorazioni industriali dello Zenzero.....	11
2.1.1 Raccolta.....	11
2.1.2 Calibratura e cernita.....	12
2.1.3 Lavaggio.....	13
2.1.4 Pelatura.....	13
2.1.5 Taglio	15
2.1.6 Blanching.....	15
2.1.7 Essiccazione.....	16
2.1.8 Lucidatura	17
2.1.9 Packaging.....	18
2.1.10 Condizioni di trasporto.....	18
2.2 Zenzero fresco.....	19
2.3 Zenzero essiccato	20
2.4 Olio essenziale di zenzero	24
2.5 Oleoresina di zenzero	27
2.6 Zenzero in sciroppo	29
2.7 Zenzero candito.....	30
2.8 Succo di zenzero	31
2.9 Purea di zenzero	32
2.10 Ginger ale e Ginger beer	32
2.11 Vino allo zenzero.....	35
CAPITOLO 3 : PROPRIETÀ NUTRIZIONALI E UTILIZZI TERAPEUTICI.....	37
3.1 Composizione chimica e proprietà nutrizionali dello zenzero	37
3.1.1 Trasformazioni chimiche dovute ai trattamenti	40

3.2	Composizione dell'olio essenziale di zenzero	42
3.3	Proprietà benefiche dello zenzero	44
3.3.1	<i>Antinausea e antiemetico</i>	45
3.3.2	<i>Antinfiammatorio</i>	47
3.3.3	<i>Antiossidante</i>	47
3.3.4	<i>Antimicrobico</i>	49
3.3.5	<i>Funzionalità cardiovascolare: controllo di diabete e colesterolo</i>	50
3.3.6	<i>Tossicologia e possibili effetti collaterali</i>	51
CAPITOLO 4 CONCLUSIONI		53
CAPITOLO 5 SITOGRAFIA E BIBLIOGRAFIA		55

Capitolo 1:

LO ZENZERO

1.1 Origini geografiche e storia

Lo zenzero è una pianta originaria dell'Asia orientale e in particolare della Cina: infatti dall'analisi di antichi testi cinesi si riscontra che Confucio, antico filosofo cinese, nato nel 551 a.C., sosteneva che “lo zenzero dovesse essere consumato a ogni pasto”.

Lo zenzero si è poi diffuso in Europa attraverso la Via della Seta, un'antica via di comunicazione che collegava la Cina all'Europa passando per l'Asia meridionale.

Successivamente dall'Europa lo zenzero raggiunse poi altri continenti del globo: infatti, quando gli Spagnoli partirono all'esplorazione del Nuovo Mondo, esportarono questa spezia nelle Indie occidentali e in Messico.

Lo zenzero si diffuse poi anche in Africa orientale grazie ai commercianti arabi e in Africa occidentale grazie ai Portoghesi.

Questa spezia nel corso della storia ha riscosso grande successo in innumerevoli paesi: in Europa lo zenzero ha conquistato in particolare i paesi scandinavi e l'Inghilterra dove si dice che la regina inglese Elisabetta I lo utilizzò per la preparazione dei famosi omini di pan di zenzero.

1.2 Classificazione tassonomica e Aspetti botanici

Lo zenzero è una pianta erbacea perenne rizomatosa originaria del medio-oriente.

A livello botanico, lo zenzero appartiene al genere *Zingiber*, famiglia delle Zingiberaceae ed il suo nome scientifico è *Zingiber officinale*, conosciuto anche con il nome di Ginger (traduzione inglese di zenzero).

Divisione:	Magnoliophyta
Classe:	Liliopsida
Ordine:	Zingiberales
Famiglia:	Zingiberaceae
Genere:	<i>Zingiber</i>

La pianta è costituita da una porzione epigea che presenta un portamento cespuglioso e che può raggiungere 1,5 metri di altezza; le foglie sono di colore verde chiaro e hanno una forma stretta e allungata.

Durante il periodo estivo alla base della pianta nascono dei piccoli fusti, e su di essi si sviluppano delle brattee color giallo o rosso lungo le quali nascono i veri fiori della pianta che sono di colore bianco oppure striati di violetto.

La porzione ipogea invece è rappresentata dal rizoma e dalle radici.

Sebbene tutte le parti della pianta risultino commestibili, la porzione più utilizzata a fini industriali è il rizoma, ovvero un fusto modificato di forma più o meno cilindrica e di aspetto rigonfio e che ha lo scopo di accumulare sostanze nutritive di riserva per la pianta.



FIGURA 1: Piantagione di zenzero

1.3 Fattori ambientali influenzanti la coltivazione

L'altitudine ottimale per la coltivazione dello zenzero è compresa tra i 300 e 900 m s.l.m. ma questa pianta può essere coltivata con buone rese fino ai 1500 m s.l.m.

Per quanto riguarda la coltivazione, lo zenzero non necessita di irrigazioni abbondanti, in quanto tale coltura è particolarmente suscettibile al marciume radicale che è appunto causato da un eccesso di acqua.

La moltiplicazione dello zenzero può essere effettuata per seme oppure per talea: nel secondo caso è opportuno che ogni parte di pianta asportata presenti almeno una radice sviluppata così da consentire lo sviluppo della pianta.

La temperatura di coltivazione è compresa tra i 13 e 35 gradi centigradi, sebbene i valori ottimali siano compresi tra 19 e 28 °C.

Per la fase di germinazione la temperatura ottimale è di 25°C mentre per la crescita è di 27,5°C.

Occorre tenere conto che la pianta è particolarmente suscettibile a temperature inferiori a 15°C e perciò aree di coltivazione particolarmente fredde sono sconsigliate in quanto determinano uno

sviluppo stentato della pianta oppure ne provocano la morte; lo stesso vale per temperature superiori a 32 °C che potrebbero causare scottature alla pianta.

La quantità di pioggia ideale per la crescita di tale coltura è di 1500-3000 mm distribuiti in 8-10 mesi. Per questi motivi la coltivazione dello zenzero in Italia viene svolta solamente nel periodo primaverile ed è limitata a poche centinaia di ettari, quasi sempre all'interno di serre ben riscaldate.

Il tipo di terreno più idoneo alla coltivazione dello zenzero è di tipo sciolto, ben drenato e ricco di humus: esso deve inoltre presentare valori di pH compresi tra 6 e 6.5.

È importante che il terreno non sia troppo compatto o eccessivamente sassoso in quanto queste caratteristiche non permettono un facile sviluppo delle radici della pianta.

Se il terreno non presenta le caratteristiche fisiche ideali è consigliato procedere con una lavorazione agronomica del terreno ad una profondità di 40 cm e successivamente eseguire lavorazioni superficiali che consentono di preparare il terreno ad ospitare la coltura.

Un aspetto fondamentale da considerare è che con l'aumentare della profondità del suolo aumenta anche la sua idoneità alla coltivazione dello zenzero e di conseguenza anche la resa ottenuta risulterà elevata.

Inoltre, in concomitanza con la lavorazione del terreno è consigliato eseguire una concimazione di fondo che ha lo scopo di arricchire il terreno in sostanza organica e altri componenti fondamentali per lo sviluppo della coltura. Una concimazione corretta concorre infatti ad aumentare la resa finale di prodotto.

1.4 Coltivazione

Per quanto riguarda la coltivazione lo zenzero produce raramente semi fertili, quindi la modalità generale di propagazione è di tipo asessuato.

Infatti, la propagazione vegetativa tramite rizoma è la tecnica maggiormente diffusa per poter coltivare lo zenzero. Tale tecnica consiste nel preparare dei pezzi di rizoma e andarli ad interrare nel terreno. La corretta preparazione dei pezzi da piantare è fondamentale per aumentare le possibilità di sviluppo della pianta e quindi garantirne la produzione.

I pezzi ottenuti tramite il taglio di rizomi interi dovrebbero avere un peso compreso tra i 14 e 56 g e dovrebbero presentare almeno 2-3 germogli; successivamente una volta tagliati, i vari pezzi devono essere lasciati in un ambiente asciutto per alcuni giorni in modo tale che le incisioni create si possano rimarginare così da creare una sorta di callo che riduce lo sviluppo di infezioni e malattie.

Prima di effettuare la semina i pezzi di rizoma devono essere trattati chimicamente con lo scopo di indurre la germinazione precoce ed evitare l'attacco di agenti patogeni e parassiti.

Il trattamento più utilizzato è l'immersione del materiale vegetativo in un fungicida sistemico benzimidazolico così da inibire lo sviluppo di agenti patogeni di origine funginea. Una volta conclusa la preparazione del materiale vegetativo questo deve essere seminato nel terreno di coltivazione.

Il sesto di impianto viene scelto a seconda della fertilità del suolo, delle condizioni ambientali e delle pratiche agronomiche attuate: in ogni caso, solitamente si considera plausibile una distanza sulla fila di 20-25 cm e di 20-25 cm tra le file. Distanze di semina maggiori a 20 cm consentono un buon sviluppo delle piante ma una resa finale in prodotto minore.

La quantità ideale di materiale vegetativo da seminare è estremamente variabile in relazione ai fattori ambientali che caratterizzano l'ambiente di coltivazione. Solitamente in pianura si utilizza una quantità compresa tra i 1200 e 1400 kg/Ha. All'aumentare dell'altitudine anche la quantità seminata deve essere maggiore: infatti si può arrivare anche fino a valori di 4000 kg/Ha.

La profondità di semina utilizzata è di 4-10 cm.

1.5 Malattie

La pianta dello zenzero può essere affetta da diversi parassiti e malattie che possono colpire diverse parti della pianta causando così una riduzione dello stato di salute della pianta. Questo, di conseguenza, si ripercuote in modo negativo sulla resa della produzione nonché sull'aspetto qualitativo del rizoma.

Tra i più comuni parassiti che colpiscono lo zenzero ci sono diversi microrganismi tra cui batteri, funghi, nematodi e insetti.

Per quanto riguarda i funghi, il danno è arrecato principalmente dagli oomiceti del genere *Phitium* tra cui le specie più diffuse sono *Phitium aphanidermatum* e *Phitium myriotylium*. Questo tipo di microrganismi in condizioni sfavorevoli alla crescita producono oospore che rimangono per lungo tempo nel terreno o nei rizomi dello zenzero causando in questi ultimi marciumi localizzati che poi nel corso del tempo si diffondono anche ad altre parti della pianta determinando anche un ingiallimento fogliare ben visibile. Il *Phitium myriotylium* è stato particolarmente riscontrato in Australia e Fiji, dove ha portato a delle perdite di produzione anche fino al 50%.

Il principale fattore che contribuisce alla diffusione di tale parassita sono le precipitazioni: infatti attraverso l'acqua piovana le spore sono trasportate verso altri rizomi e persino verso terreni non contaminati. Per questo motivo è opportuno evitare un eccesso di acqua nel terreno o comunque cercare di favorire un veloce sgorgamento delle acque al fine di evitare ristagno idrico.

Inoltre, al momento della semina è sempre consigliato trattare i rizomi con un fungicida rameico di contatto (poltiglia bordolese) e successivamente con agenti di biocontrollo contro le malattie fungine come il *Trichoderma*.

Per quanto riguarda invece le muffe, ci sono diverse specie che possono causare danni allo zenzero ma la specie che ha l'impatto più significativo è sicuramente il *Fusarium oxysporum*, che può provocare marciumi nel rizoma che sono ben visibili a causa della presenza di una colorazione brunastra nella parte esterna e proliferazione di miceli biancastri nella parte interna.

Per quanto riguarda i batteri la malattia più grave è determinata dalla specie *Ralstonia solanaceum*, che provoca una sintomatologia che si verifica tipicamente mediante ingiallimento e arricciamento delle foglie fino ad appassimento e infine morte della pianta. Il rizoma va incontro a necrosi e pertanto diventa inutilizzabile. Per evitare lo sviluppo di questo batterio è consigliabile trattare i rizomi per la semina con pesticidi specifici.

Tra i parassiti dello zenzero possiamo trovare infine anche diversi insetti, tra cui diverse specie appartenenti al genere *Holotrichia*: questi insetti si nutrono delle radici e dei rizomi di nuova formazione. Un altro insetto infestante lo zenzero è il *Conogethes punctiferalis*, le cui larve penetrano all'interno del fusto della pianta determinando conseguenze sull'intera pianta fino alla morte della stessa.

Il principale metodo di lotta verso questi insetti è il trattamento con specifici pesticidi. Nel caso in cui il livello di infestazione non sia significativamente elevato è possibile utilizzare un fungo (*Metarrhizium anisopliae*) in grado di causare malattie a questi insetti. La diffusione di tale fungo nel terreno può essere eseguita miscelando questo fungo all'interno di letame e successivamente spandendo il letame nel terreno.



FIGURA 2: marciume causato da *Phytium myriotylium*



FIGURA 3: marciume causato da *Fusarium oxysporum*

1.6 Paesi produttori ed economia

Attualmente i maggiori produttori di zenzero sono Cina e India e in particolare quest'ultimo paese produce circa il 35% del prodotto mondiale;

Attualmente i maggiori paesi produttori mondiali di zenzero sono India e Cina, infatti questi due paesi ricoprono rispettivamente circa il 35% e 20% della produzione mondiale; sebbene l'India sia il primo produttore mondiale, per quanto riguarda le esportazioni essa è però superata dalla Cina.

Altri paesi che producono ed esportano lo zenzero sono l'Indonesia, il Brasile, la Sierra Leone, l'Australia, le isole Fiji, la Nigeria, il Bangladesh, il Nepal, l'Indonesia e la Jamaica.

Tra i paesi appena menzionati il maggiore esportatore di zenzero fresco è l'Indonesia, mentre lo zenzero esportato dalla Jamaica e dalla Sierra Leone è considerato di qualità superiore grazie al suo intenso aroma e al suo aspetto pulito: anche il prezzo risulta essere pertanto più elevato rispetto a rizomi provenienti da altri paesi del mondo.

Negli ultimi anni, l'impiego di agenti sbiancanti e biossido di zolfo ha limitato la Cina per quanto riguarda le esportazioni verso gli Stati Uniti e l'Europa.

Per quanto riguarda le importazioni i maggiori paesi importatori di zenzero sono invece il Giappone, gli Stati Uniti, il Regno Unito e l'Arabia Saudita.

Dal punto di vista storico nel 1970 l'India era già il maggior paese produttore di Zenzero, con una produzione che copriva il 35 % dell'intera produzione mondiale, seguita dalla Cina che ne produceva circa il 15%; nel corso degli ultimi decenni la Cina è riuscita ad aumentare le proprie produzioni arrivando a produrre anche fino al 25%, seguita dall'Indonesia con una produzione di circa il 15%.

Per quanto riguarda il mercato dello zenzero, sia nelle importazioni che nelle esportazioni, i principali centri economici sono Londra, Singapore, Amsterdam, Amburgo e Rotterdam, relativamente allo zenzero essiccato, mentre il principale centro commerciale è Hong Kong.

Lo zenzero fresco invece viene commercializzato attraverso la rete commerciale di frutta e verdura.

Il principale fattore che gioca un ruolo fondamentale nella potenziale richiesta ed esportazione di zenzero è la sua qualità, i cui principali parametri sono la fibra, i componenti volatili e i componenti non volatili. Queste caratteristiche infatti possono variare considerevolmente in base al paese di coltivazione o anche tra diverse aree di uno stesso paese a causa delle diverse condizioni ambientali: inoltre anche il metodo di coltivazione può incidere significativamente sulla qualità dei rizomi.

Un altro fattore molto importante per il mercato è la dimensione del rizoma: infatti per la commercializzazione come zenzero fresco i rizomi più adatti sono quelli di grandi dimensioni mentre per quanto riguarda la lavorazione dello zenzero essiccato in genere i rizomi di medie dimensioni sono i più adatti per questo tipo di lavorazione. Il motivo per cui i rizomi di grandi dimensioni non sono adatti per la trasformazione in zenzero essiccato risiede nell'elevato contenuto di umidità che rende particolarmente difficile conciliare la rimozione dell'acqua con il mantenimento delle caratteristiche peculiari del prodotto.

Capitolo 2:

TRASFORMAZIONI DOPO IL RACCOLTO

2.1 Lavorazioni industriali dello Zenzero

I processi industriali che possono essere adottati nella lavorazione dei rizomi dello zenzero possono essere estremamente variabili in funzione della tipologia di prodotto che le industrie intendono realizzare.

2.1.1 *Raccolta*

In ogni caso la prima procedura di fondamentale importanza e comune per la produzione di tutti i prodotti derivanti dallo zenzero fresco è la raccolta dei rizomi. Al termine del periodo di coltivazione lo zenzero viene infatti raccolto e condotto verso le industrie agroalimentari che si occuperanno delle trasformazioni dei rizomi necessarie a realizzare tutti i diversi prodotti idonei al consumo umano: in seguito della raccolta, il rizoma può essere infatti utilizzato sia sottoforma di zenzero fresco oppure subire differenti trasformazioni industriali che consentono di ottenere diverse tipologie di prodotto. Per la raccolta, l'intera pianta viene estratta dal terreno e successivamente si procede a separare i rizomi dal resto della pianta ed eliminare la terra residua.

Il periodo della raccolta è molto importante e viene determinato in base al tipo di prodotto che l'industria di trasformazione vuole realizzare. I criteri più importanti che ci permettono di decidere quale sarà la destinazione industriale dei rizomi sono infatti la quantità di fibra e la quantità di olio essenziale che contengono e il loro grado di piccantezza (pungency level).

La raccolta viene effettuata in un periodo compreso tra i 5-9 mesi di distanza dalla semina, quando le foglie iniziano a diventare gialle e tendono a seccarsi: generalmente quando si intende commercializzare i rizomi per un utilizzo come prodotto fresco allora è consigliata la raccolta di questi ultimi a 5 mesi dalla semina; i rizomi raccolti tra i 5 e 7 mesi dalla semina risultano invece più adatti alla produzione di zenzero conservato (come, ad esempio, zenzero in salamoia oppure zenzero in sciroppo). Se infine i rizomi vengono raccolti a 7-9 mesi dalla semina allora la quantità di fibra e di olio essenziale saranno molto elevati e perciò questa tipologia di rizomi sarà più adatta per la trasformazione in zenzero essiccato; inoltre, poiché a 9 mesi si verifica la massima presenza di olio

essenziale e grado di piccantezza, i rizomi raccolti in questo periodo possono essere utilizzati per ricavare olio essenziale.

È sconsigliabile la raccolta dei rizomi oltre i 9 mesi dalla semina perché essi mostrerebbero un eccessivo contenuto di fibra.

La provenienza geografica dei rizomi è un ulteriore fattore da tenere in considerazione quando si intende trasformare lo zenzero a livello industriale.

I rizomi provenienti da differenti aree geografiche possiedono infatti diverse caratteristiche che li renderanno più adatti a realizzare una determinata tipologia di prodotto piuttosto che un'altra.

I principali tipi di zenzero disponibili nel mercato mondiale sono lo zenzero indiano, lo zenzero cinese, lo zenzero africano (in particolare da Nigeria e Sierra Leone), lo zenzero giamaicano e lo zenzero australiano.

Per quanto riguarda lo zenzero indiano esistono due principali varietà che sono il Cochin e Calicut. La varietà di zenzero indiano Cochin è considerato di alta qualità come lo zenzero giamaicano, in quanto presenta un colore chiaro ed un sapore delicato; al contrario la varietà indiana Calicut presenta un colore bruno-rossastro ed un sapore più deciso. Entrambe le varietà hanno però un odore e un sapore delicati, con un forte aroma di limone; inoltre le varietà indiane vengono principalmente esportate e destinate al consumo come prodotto fresco senza che i rizomi subiscano l'eliminazione della cuticola esterna.

Lo zenzero africano invece ha un colore piuttosto scuro e un contenuto elevato in monoterpeni, che conferiscono un sapore pungente al rizoma; inoltre possiede un alto contenuto di olio ed è quindi solitamente utilizzato per la produzione di olio essenziale ed oleoresina.

Lo zenzero cinese è più bianco dello zenzero indiano e tende ad essere più fibroso e più amaro: solitamente viene commercializzato come rizoma essiccato sotto forma di fette, polvere oppure anche intero.

Per quanto riguarda i rizomi australiani questi sono caratterizzati da un basso contenuto di fibre e vengono principalmente commercializzati come prodotto fresco.

A prescindere dal tipo di prodotto che l'industria intende realizzare ci sono una serie di fasi che risultano essere comuni a tutte le industrie di lavorazione, si tratta delle fasi preliminari. Le fasi preliminari di lavorazione vengono effettuate all'interno delle industrie alimentari, a seguito della raccolta e del conferimento dei rizomi.

2.1.2 Calibratura e cernita

In particolare, tra le fasi preliminari abbiamo le fasi di calibratura e cernita dello zenzero: in pratica si procede a creare delle partite di prodotto in cui i rizomi hanno dimensioni e forma pressoché uguali

e vengono scartati i rizomi che presentano difetti come, ad esempio, dimensioni estremamente ridotte oppure quelli in cui si è verificato sviluppo di muffe e microrganismi. L'attuazione della cernita e della calibratura permettono di ottenere partite di prodotto omogenee e caratterizzate da una elevata qualità. Solitamente queste procedure vengono eseguite manualmente da operatori che lavorano al di sopra di un nastro trasportatore che conduce i rizomi sotto il controllo visivo degli operatori.

2.1.3 *Lavaggio*

Successivamente i rizomi vengono lavati per consentire la rimozione di terra e altri materiali estranei. Generalmente per piccole produzioni questa operazione di lavaggio viene effettuata manualmente da operatori, mentre a livello industriale i rizomi vengono mantenuti per una notte a bagno in acqua e il giorno successivo vengono estratti e subiscono un ulteriore lavaggio a getto di acqua, oppure in alternativa possono essere utilizzate lavatrici alimentari a tamburo.

Se i rizomi sono destinati ad essere esportati o comunque ad essere conservati per lungo tempo allora sarà necessario porre maggiore attenzione alla fase di lavaggio dei rizomi: infatti in questo caso lo zenzero viene lasciato per una notte in acqua pulita e sanificata con pH pari a 6.5, addizionata con acido ipocloroso ed eventualmente con principi attivi antimicotici; quindi i rizomi vengono estratti e lavati ulteriormente con getto d'acqua a pressione.

Una volta conclusa l'operazione di lavaggio lo zenzero è pronto per essere sottoposto a differenti trasformazioni industriali che permettono di ottenere diverse tipologie di prodotti alimentari.

2.1.4 *Pelatura*

La prima lavorazione industriale che i rizomi possono subire è la pelatura (peeling) ovvero un processo attraverso cui viene rimosso lo strato esterno del rizoma.

Questa procedura è resa necessaria in quanto la cuticola esterna del rizoma può contenere tracce di terreno, substrati organici indesiderati e microrganismi; inoltre il peeling facilita la successiva asciugatura del rizoma. Occorre dire che non sempre le industrie di trasformazione decidono di pelare i rizomi, infatti questa scelta dipende dal tipo di prodotto che si intende ottenere e dalle caratteristiche della materia prima.

Il processo di pelatura è spesso realizzato quando si intende essiccare lo zenzero, infatti la rimozione della cuticola superficiale dei rizomi consente di accelerare il processo di essiccazione grazie ad una rapida riduzione del contenuto di umidità di quest'ultimi. La riduzione dell'umidità dei rizomi consente di inibire la crescita di muffe e il verificarsi di fermentazioni.

Occorre dire che un aspetto negativo della pelatura è la diminuzione della quantità di olio volatile presente nel prodotto finito, in quanto una percentuale di esso viene perso con la rimozione della

cuticola del rizoma: è stato dimostrato che la perdita dell'olio volatile può arrivare anche ad un valore del 20% del totale del rizoma.

Inoltre, con la pelatura dei rizomi si potrebbe verificare anche una probabile riduzione della quantità di oleoresina contenuta nel prodotto trasformato, in particolare l'oleoresina che si trova nella porzione di rizoma collocata vicino alla cuticola esterna dello stesso che viene rimossa con tale procedura. Quindi si dovrebbe prestare la massima attenzione a questo processo al fine di salvaguardare la qualità dello zenzero.

Se lo zenzero non è stato pelato e viene semplicemente lavato e asciugato, allora è conosciuto in commercio come zenzero "nero" o "verde", mentre il prodotto pelato è noto come zenzero "bianco". La pelatura dei rizomi a livello industriale può essere eseguita mediante due principali tecniche, ovvero la pelatura meccanica oppure la pelatura chimica.

La pelatura meccanica consiste nell'utilizzo di macchine industriali che sono costituite da un insieme di rulli, generalmente da 4 a 8, che ruotano in direzioni opposte e che presentano delle spazzole abrasive il cui scopo è quello di grattugiare lo strato più esterno del rizoma rimuovendo quindi la zona superficiale di quest'ultimo. La rimozione di parte delle cellule oleifere del rizoma e quindi la conseguente perdita di olio essenziale è uno degli inconvenienti più comuni della pelatura meccanica dovuta al fatto che i rizomi presentano una forma irregolare. La perdita di epidermide causa quindi sia una diminuzione in peso del prodotto, sia una perdita di olio essenziale e quindi una conseguente perdita di valore economico.

Al fine di evitare una eccessiva perdita di polpa è fondamentale impostare dei parametri efficienti per il funzionamento della macchina, in particolare la velocità di rotazione dei rulli e la distanza compresa tra i rulli.

Per quanto riguarda i parametri operativi ottimali consigliati nell'utilizzo della macchina pelatrice si raccomanda una spaziatura tra i rulli pari a 1.9 cm e un'altezza delle spazzole abrasive di 2 cm con una velocità di rotazione dei rulli pari a 199 cm/s. Questi parametri risultano essere i migliori per sbucciare lo zenzero senza determinare una eccessiva perdita di polpa. Con tali parametri l'efficienza media di pelatura e la perdita di materiale sono risultate rispettivamente dell'87-92% e dell'8.22%.

La pelatura chimica invece prevede l'utilizzo di una soluzione di idrossido di sodio (NaOH). I rizomi vengono immersi all'interno della soluzione e una volta che la soluzione caustica di idrossido di sodio viene a contatto con la superficie dello zenzero scioglie le cere epicutcolari determinando il distacco della buccia del rizoma. Inoltre, al fine di rendere il peeling più efficace i rizomi possono essere posti inizialmente in acqua bollente e successivamente messi a contatto con la soluzione di idrossido di sodio al 2% per 2 ore.

Un'altra possibilità è quella di adottare un sistema di peeling ibrido che consiste nell'utilizzare sia la pelatura chimica sia quella meccanica. In pratica i rizomi vengono prima immersi in una soluzione di idrossido di sodio al 7,5% per 5 minuti e vengono quindi estratti e immessi nella pelatrice meccanica. Questa soluzione ibrida è risultata particolarmente di successo in quanto permette di facilitare il distacco della cuticola del rizoma e quindi si ha una minore perdita di polpa e di conseguenza di olio essenziale e oleoresina.

Per quanto riguarda i tempi necessari alla pelatura, essi risultano essere molto brevi se si utilizza il metodo di pelatura meccanica, (per 1 Kg di zenzero sono sufficienti circa 4 minuti), mentre nel caso di utilizzo di pelatura chimica i tempi di trattamento sono notevolmente più lunghi e possono raggiungere le 2-3 ore.



FIGURA 4: pelatrice a rulli

2.1.5 Taglio

In seguito alla pelatura lo zenzero può essere tagliato a fette: tale operazione è spesso necessaria poiché i rizomi di zenzero di grandi dimensioni sono difficili da trasformare in zenzero essiccato a causa dell'elevato contenuto di umidità e quindi tagliare i rizomi in fette consente di ridurre il tempo di essiccazione dello zenzero. Occorre però sottolineare che delle fette troppo sottili determinano una eccessiva perdita di olio essenziale e quindi l'ottenimento di un prodotto di qualità inferiore.

2.1.6 Blanching

Successivamente i rizomi tagliati a fette vengono sottoposti al trattamento di scottatura (blanching) che consiste nel sottoporre lo zenzero ad un trattamento termico ad alta temperatura per un tempo breve, con lo scopo di inattivare i processi enzimatici in modo da stabilizzare il prodotto e ridurre il deterioramento qualitativo dello stesso: in particolare grazie a questo trattamento termico vengono inattivati gli enzimi responsabili delle modificazioni di colore. Occorre dire che nella maggior parte dei casi il blanching viene eseguito a seguito della fase di pelatura dei rizomi nel caso in cui si trattano

rizomi interi oppure in seguito alla fase di taglio quando i rizomi vengono tagliati a fette. Il blanching viene eseguito immergendo i rizomi in una vasca di acqua preriscaldata a 70-100°C, oppure in una soluzione di acido citrico al 2% alla medesima temperatura e vengono mantenuti per un tempo molto breve che mediamente risulta essere di 10-15 minuti.

È fondamentale utilizzare i tempi e le temperature più idonei, in quanto adottare parametri sbagliati potrebbe causare una perdita eccessiva di nutrienti ed aromi e determinare l'ammorbidimento dei rizomi. La scelta della temperatura e del tempo del blanching viene decisa considerando le dimensioni delle fette di zenzero, infatti delle fette di maggior dimensione richiedono un tempo di trattamento relativamente maggiore. Ogni industria decide di adottare dei parametri differenti sulla base delle caratteristiche del prodotto che intende trasformare.

Una volta effettuato il trattamento di blanching è necessario raffreddare immediatamente i rizomi così da evitare la perdita eccessiva di nutrienti e antiossidanti dovuta all'alta temperatura del trattamento e pertanto i rizomi vengono immersi in acqua fredda e vengono quindi riportati a temperatura ambiente.

2.1.7 Essiccazione

Successivamente per ottenere prodotti derivanti dallo zenzero essiccati si procede con la fase di essiccazione, ovvero il processo che consente la rimozione dell'umidità tramite somministrazione di calore, fino a raggiungere un livello predeterminato di umidità finale. La perdita di umidità e il trasferimento di calore sono due fenomeni che si verificano contemporaneamente durante lo svolgimento del processo di essiccazione.

L'essiccazione dello zenzero può essere eseguita principalmente in due modi: essiccazione solare oppure essiccazione in stufa.

Ovviamente la scelta del metodo da adottare si basa principalmente sulle caratteristiche del luogo di produzione, poiché in paesi in cui il clima consente una adeguata e costante irradiazione solare viene maggiormente utilizzato il metodo tradizionale di essiccazione solare, sia all'aperto sia in strutture isolate dall'ambiente esterno.

Il metodo tradizionale per la preparazione dello zenzero essiccato prevede di sottoporre i rizomi ad una settimana di essiccazione al sole fino al raggiungimento dell'8-10% di umidità (non si deve superare il 12%). Un altro metodo di essiccazione prevede l'utilizzo di un essiccatore solare costituito da un collettore solare che è in grado di convertire le radiazioni solari in calore e da una camera di essiccazione isolata dall'ambiente esterno.

Per quanto riguarda l'essiccazione in stufa è stato riportato che il miglior metodo di essiccazione prevede di svolgere il processo in due fasi, al fine di preservare le proprietà dello zenzero fresco. La

prima fase di essiccazione si svolge ad una temperatura di 85 °C fino a portare lo zenzero al 50% di umidità, quindi inizia la seconda fase di essiccazione in cui si diminuisce la temperatura a 65°C per un periodo di tempo necessario a raggiungere il valore di umidità desiderato. È molto importante che nella seconda fase di essiccazione non vengano superati i 65°C in quanto superata questa temperatura la perdita di olio essenziale e oleoresina è rispettivamente superiore al 12.2 % e al 5.3%.

Alternativamente all'essiccazione a due fasi si può optare per una essiccazione unica a 60°C: in questo caso è stato dimostrato che in 10 ore di essiccazione a 60°C i rizomi passano da un valore di umidità del 90% ad un valore del 11% ed il prodotto ottenuto preserva comunque le proprietà organolettiche originali.

Durante l'essiccazione la normale perdita di peso è del 60-70%, quindi l'essiccazione dello zenzero è molto vantaggiosa anche per motivi di trasporto.

Nel caso di essiccazione al sole di rizomi precedentemente sottoposti a pelatura è necessario un minimo di 7-9 giorni per raggiungere un contenuto di umidità del 7.8-8.8%, mentre con l'essiccazione in stufa sono necessarie solo 5-6 ore se lo zenzero è stato tagliato a fette e minimo 10-15 ore se lo zenzero è intero. Quindi si può notare che i fattori che influiscono maggiormente sulla velocità di essiccazione sono: il metodo di essiccazione utilizzato, l'eventuale trattamento di pelatura dei rizomi che accelera il processo di essiccazione, le dimensioni delle fette di rizomi (se essi sono stati tagliati) e le dimensioni dei rizomi interi (nel caso in cui questi non vengano tagliati).

È stato dimostrato che è possibile ottenere un prodotto più omogeneo e più pulito utilizzando l'essiccazione in stufa, mentre il contenuto di olio essenziale e il contenuto di oleoresina sono risultati maggiori con l'essiccazione solare, probabilmente a causa della bassa temperatura di essiccazione.

2.1.8 *Lucidatura*

Un ulteriore processo industriale che può essere eseguito sui rizomi essiccati commercializzati interi è la lucidatura. A seguito dell'essiccazione i rizomi risultano infatti avere un aspetto ruvido e con numerose pieghe creatosi durante la disidratazione e pertanto i rizomi vengono messi a contatto con una superficie abrasiva generalmente contenuta all'interno di una macchina industriale che permette di meccanizzare l'operazione di passaggio dei rizomi. Grazie a questa abrasione i rizomi assumono una superficie più liscia e omogenea e inoltre il colore esterno risulta essere maggiormente brillante. Una volta conclusa l'eventuale operazione di lucidatura i rizomi vengono generalmente sottoposti ad una seconda fase di calibratura e cernita in cui essi vengono suddivisi in diverse partite in base alla dimensione, alla forma e al colore.

In seguito al processo di essiccazione ed eventualmente lucidatura lo zenzero essiccato può essere sottoposto a trattamenti di diversa natura a seconda del tipo di prodotto finito che si vuole ottenere.

2.1.9 *Packaging*

L'ultima fase comune a tutti i prodotti derivanti dai rizomi è il packaging, ovvero la modalità con cui il prodotto viene confezionato e presentato alla vendita.

Dal punto di vista della conservazione è fondamentale scegliere un packaging adeguato in funzione del tipo di prodotto che deve essere commercializzato.

Solitamente il metodo di packaging per le esportazioni viene deciso in base alle normative in vigore nel paese di destinazione e tale scelta viene normalmente stipulata sul contratto di esportazione.

Per quanto riguarda i rizomi interi sia freschi che essiccati, questi vengono generalmente confezionati in sacchi di iuta, oppure sacchi in polietilene della capacità di 36-65 kg, oppure in scatole di cartone da 5-15 Kg. Possono inoltre essere utilizzati anche contenitori in legno con capienza media di 30 Kg, che se realizzati in dimensioni standardizzate permettono di essere facilmente impilati sia su mezzi di trasporto che nei luoghi di stoccaggio. In caso di condizioni umide durante il trasporto il carico deve essere protetto dall'umidità, poiché ciò potrebbe causare sviluppo di muffe e deterioramento della partita. In India i metodi di packaging più diffusi per l'esportazione dello zenzero sono i sacchi di polietilene, di polipropilene oppure di iuta da 10 Kg, 20 Kg, 50 Kg, 80 Kg o 100 Kg. In ogni caso al fine di garantire la conservazione a lungo termine è fondamentale che i rizomi essiccati siano confezionati in imballaggi ermetici e resistenti all'umidità sia per la conservazione in loco sia per l'esportazione degli stessi.

Per quanto riguarda invece lo zenzero essiccato in polvere questo può essere confezionato nei modi più disparati, comunemente in confezioni di plastica contenenti mediamente 200-250 grammi di prodotto oppure in contenitori rigidi di polietilene tereftalato (PET) contenuti circa 50-150 grammi di prodotto, oppure più raramente in contenitori di vetro.

2.1.10 *Condizioni di trasporto*

Un altro importante aspetto da considerare sono le condizioni di trasporto e di stoccaggio dello zenzero, infatti quando si trasportano spezie, è importante trattenere il più possibile il contenuto di oli essenziali, poiché le molecole contenute in esso, insieme ad altri costituenti determinano la qualità del prodotto. Gli oli essenziali si volatilizzano rapidamente e di conseguenza si riduce la qualità dello zenzero. La volatilizzazione degli oli essenziali è determinata principalmente dalla temperatura ambientale: più alta è la temperatura, più diminuisce la percentuale di oli essenziali nel prodotto. In particolare, durante il trasporto la temperatura dovrebbe essere mantenuta sempre a valori compresi tra i 5 e i 25 °C, poiché se la temperatura di trasporto e conservazione superasse i 25°C si potrebbero verificare perdite di olio volatile anche molto significative.

Inoltre, per quanto concerne lo stoccaggio, le partite devono essere conservate in un luogo fresco (temperatura inferiore ai 25°C), asciutto e che garantisca una buona ventilazione.

L'umidità relativa ottimale del luogo di conservazione dovrebbe prevedere valori compresi tra il 60 e il 70% soprattutto nel caso dello zenzero essiccato che è un prodotto altamente igroscopico e pertanto interagisce con l'umidità dell'aria. Il rischio di formazione di muffe è inoltre massimo in presenza di aria calda e umida e il prodotto può diventare ammuffito molto velocemente. Lo zenzero ha una scarsa tolleranza all'umidità, infatti il contenuto di umidità intrinseco del prodotto essiccato e l'umidità proveniente da fonti esterne possono causare la crescita di muffe. Il contatto con l'acqua in qualsiasi forma (pioggia o condensa) può comportare un significativo deprezzamento, quindi la misurazione dell'umidità dovrebbe essere idealmente effettuata al momento dell'accettazione del prodotto. Per questo motivo lo zenzero deve essere caricato sui mezzi di trasporto solo se adeguatamente asciutto e protetto da calore e umidità atmosferica durante tutto il periodo di trasporto. In particolare, nel trasporto tramite nave, in cui lo zenzero percorre tragitti spesso molto lunghi, al fine di evitare formazione di condensa sul lato della nave o sulle pareti del container è necessario prestare attenzione nel lasciare uno spazio adeguato tra il carico di prodotto e il lato della nave. Sempre durante lo stoccaggio ed il trasporto dello zenzero è importante mantenere il prodotto sufficientemente lontano da altri alimenti o comunque da sostanze che potrebbero modificare l'aroma originale dello zenzero, in particolare in condizioni in cui lo zenzero non è isolato dall'ambiente esterno.

2.2 Zenzero fresco

Con il termine "zenzero fresco" si intende il rizoma che non ha subito nessun tipo di trasformazione industriale.

Il periodo di raccolta ottimale dello zenzero destinato al consumo fresco è a 5 mesi dalla semina.

In seguito alla raccolta i rizomi vengono sottoposti ad una fase di cernita da parte di operatori addetti che si occupano della rimozione delle radici rimaste attaccate al rizoma nonché al taglio della parte residua del fusto epigeo.

Allo stesso tempo vengono eliminati dalla produzione tutti i rizomi che non risultano idonei, come ad esempio i rizomi eccessivamente piccoli oppure che presentano alterazioni di colore o che sono stati oggetto di sviluppo di muffe.

In seguito, i rizomi subiscono il processo di lavaggio che ha lo scopo di eliminare tutte le sostanze indesiderate presenti sulla superficie dei rizomi; in particolare è importante rimuovere terra, residui organici e altri eventuali contaminanti.

Solitamente ove possibile è preferibile utilizzare un getto d'acqua a pressione in quanto la pulizia risulta essere più rapida e la rimozione della carica microbica superficiale più efficace rispetto alla semplice immersione in acqua, in alternativa i rizomi possono essere immersi in una vasca d'acqua calda. Spesso si utilizza una combinazione dei due metodi citati precedentemente: infatti i rizomi possono essere inizialmente posti in una vasca di acqua così da facilitare il distacco di materiale organico estraneo presente sulla superficie dei rizomi e successivamente vengono estratti dalla vasca e vengono puliti con un getto d'acqua così da eliminare eventuali contaminanti ancora presenti.

Una volta terminato il processo di lavaggio occorre che lo zenzero perda una parte dell'acqua assorbita durante il lavaggio e pertanto i rizomi devono essere sottoposti ad una fonte di calore che consenta la riduzione dell'umidità superficiale.

Lo zenzero fresco può essere conservato a temperatura ambiente anche se al fine di aumentarne la conservabilità è consigliabile conservarlo ad una temperatura di 10-12 °C o ancora meglio in frigorifero a 4°C, possibilmente avvolto con carta assorbente e avendo l'accortezza di controllare periodicamente che non si siano formate zone di umidità nell'eventuale contenitore utilizzato.

In questo modo lo zenzero può essere conservato per diversi mesi.

Un'altra strategia per poter conservare lo zenzero più a lungo è quella di tagliare il rizoma in piccoli pezzetti e successivamente riporli in congelatore.



FIGURA 5: rizoma di zenzero

2.3 Zenzero essiccato

Lo zenzero essiccato viene ottenuto attraverso varie fasi di lavorazione a partire dallo zenzero fresco. La resa dello zenzero essiccato è pari a circa il 19-25 % dello zenzero fresco, a seconda della varietà e della dimensione dei rizomi.

L'essiccazione dello zenzero permette di ottenere un prodotto con una minore umidità con lo scopo di aumentare la shelf-life del prodotto.

Lo zenzero essiccato è il prodotto più importante in termini di commercio dopo lo zenzero fresco. I rizomi essiccati sono inoltre la materia prima utilizzata per produrre lo zenzero in polvere e anche per l'estrazione di olio essenziale e di oleoresina.

Per il processo di essiccazione si preferisce utilizzare dei rizomi che vengano raccolti a piena maturazione, solitamente ad una distanza di 8-9 mesi dalla semina. In questa fase di crescita infatti i rizomi hanno sviluppato completamente sapore, aroma e grado di piccantezza.

Lo zenzero essiccato può essere realizzato principalmente in due diverse modalità: è possibile utilizzare zenzero fresco intero sottoposto a pelatura oppure zenzero fresco intero non pelato che viene tagliato in pezzi.

Per quanto concerne la qualità, lo zenzero essiccato cinese ha un potenziale di esportazione maggiore rispetto allo zenzero indiano a causa del suo colore brillante e al maggior contenuto di fibra.

Al fine di valutare la qualità dello zenzero essiccato i parametri che vengono presi in considerazione sono il contenuto in olio essenziale, il contenuto in fibre, il livello di piccantezza, l'aroma e il sapore. Un'altra importante caratteristica che deve essere presa in considerazione per determinare l'idoneità dei rizomi all'essiccazione è la resa sul secco che deve essere minimo il 20% del peso iniziale con un contenuto di fibre inferiore al 4%.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei rizomi allo scopo dell'essiccazione è importante che i rizomi siano di medie dimensioni, infatti i rizomi di grande dimensione sono caratterizzati da un elevato contenuto di umidità e pertanto richiedono un tempo piuttosto lungo affinché il tenore di umidità venga diminuito, determinando di conseguenza tempi e costi di produzione maggiori.

Il processo di essiccazione avviene in varie fasi, innanzitutto i rizomi possono venire privati della cuticola superficiale (epidermide), attraverso un processo detto pelatura (peeling).

Il processo di peeling può essere eseguito avvalendosi di diverse tecniche tra cui le più diffuse a livello industriale sono quelle già descritte nel paragrafo 2.1.4 ovvero peeling meccanico, peeling chimico oppure un peeling di tipo ibrido che prevede sia l'utilizzo di peeling chimico sia di peeling meccanico. Il tempo necessario per la pelatura dei rizomi di zenzero varia da pochi minuti con la macchina pelatrice meccanica a più di 2 ore utilizzando il peeling chimico con soluzione di idrossido di sodio.

La pelatura meccanica risulta molto efficiente grazie alla superficie ruvida dei rulli rotanti abbinata a getti d'acqua che permette una rapida ed efficiente pelatura dei rizomi. L'aspetto esterno dello zenzero sbucciato con il metodo meccanico risulta infatti molto efficace ed è caratterizzato da una rimozione completa della pelle esterna rispetto a quello ottenuto con peeling chimico. Pertanto, il metodo di pelatura meccanica risulta essere più conveniente e facile da gestire e permette una pelatura completa in un periodo di tempo minimo.

Il metodo di peeling chimico (2% NaOH, 2 ore di immersione) non è invece particolarmente efficace se confrontato con quello meccanico, in quanto un tempo di contatto così prolungato tra i rizomi e la soluzione di idrossido di sodio può determinare delle modifiche della texture dello zenzero e donare ai rizomi un colore più scuro rispetto al colore originario.

Il processo di pelatura dei rizomi prima dell'essiccazione ha una notevole influenza sul contenuto di olio volatile del prodotto sottoposto ad essiccazione.

In seguito al peeling i rizomi vengono sottoposti al processo di blanching (vedi 2.1.6) che prevede l'immersione dei rizomi in una soluzione preriscaldata a 100°C per un tempo breve (mediamente 15 minuti). Questa procedura ha lo scopo di prevenire l'imbrunimento dello zenzero e quindi consente di ottenere dei rizomi il cui colore rispecchia quello originario dello zenzero fresco. Alla fine i rizomi vengono estratti dalla soluzione e lasciati sgrondare per 1-2 ore.

In seguito alla fase di blanching si procede all'effettuazione della fase di essiccamento vero e proprio. L'essiccazione dello zenzero di solito porta ad una perdita di olio volatile per evaporazione che può raggiungere il 20%.

Alcuni studi si sono focalizzati sui diversi metodi di essiccazione dello zenzero. I metodi di essiccazione che sono stati studiati erano l'essiccazione solare, l'essiccazione in stufa sottovuoto (500 mmHg) a 60 ° C e l'essiccazione in stufa a 60°C. Dai risultati dello studio è emerso che l'essiccazione solare ha richiesto 104 ore per raggiungere una asciugatura completa dei rizomi. L'essiccazione in forno sottovuoto a 60°C ha invece richiesto solamente 48 ore per asciugare completamente i rizomi mentre per quanto riguarda l'utilizzo del forno ad aria calda a 60°C l'essiccazione ha richiesto circa 88 ore. Inoltre, in questo studio si è dimostrato che nei rizomi non sottoposti a pelatura e ma tagliati in fette della dimensione di 1,27 cm di lunghezza si ha una maggiore ritenzione dell'olio volatile nel prodotto finito.

Un altro studio ha valutato un metodo di essiccazione suddiviso in due fasi consecutive, entrambe realizzate tramite utilizzo di essiccatori industriali con costante monitoraggio della temperatura: la prima fase, in cui l'essiccazione viene effettuata ad una temperatura di 85°C, permette una rapida diminuzione dell'umidità fino al 50%, mentre la seconda fase, in cui lo zenzero viene essiccato a 65°C, porta all'ottenimento di un prodotto con un tenore di umidità pari al 10%.

Il metodo tradizionale di essiccamento consiste nel posare i rizomi su tappetini o su un pavimento di cemento e lasciarli asciugare al sole fino al raggiungimento di un contenuto finale di umidità del 10%; tale tecnica richiede da 7 a 14 giorni e durante il processo i rizomi perdono tra il 60 e il 70% del peso iniziale.

A livello industriale si effettua l'essiccamento per mezzo di essiccatori industriali.

I rizomi possono essere essiccati interi oppure, per ridurre il tempo necessario all'essiccamento, si possono tagliare i rizomi in fette (sizing) in modo che l'acqua impieghi minor tempo ad evaporare dal prodotto.

Per quanto riguarda i rizomi interi questi impiegheranno circa 10-18 ore ad una temperatura di circa 60°C, temperatura che è opportuno non superare per non imbrunire il prodotto e alterarne le proprietà organolettiche. Nelle stesse condizioni di temperatura lo zenzero tagliato a fette impiega solamente 5-6 ore a 60°C.

Al termine del processo il prodotto disidratato viene sottoposto ad un flusso di aria che permette di eliminare eventuali materiali estranei rimasti nel prodotto.

A questo punto lo zenzero essiccato può anche essere trasformato in polvere così da poter essere utilizzato come condimento.

Lo zenzero essiccato è disponibile infatti nel mercato in diverse forme: è possibile trovare rizomi interi (principalmente destinati ad altre aziende di trasformazione), zenzero in fette oppure zenzero in polvere.

Lo zenzero essiccato in polvere viene ottenuto dalla macinatura dei rizomi essiccati interi o a fette, avvalendosi di macine industriali.

Lo zenzero in polvere può essere usato in forma pura oppure utilizzato come ingrediente nella preparazione di diverse preparazioni alimentari tra cui una delle più famose è un famoso mix di spezie comunemente conosciuto come curry.

Tra gli altri prodotti alimentari in cui viene aggiunto zenzero in polvere sono presenti anche il vino allo zenzero, la birra allo zenzero e vari prodotti da forno.

In ogni caso i rizomi essiccati o la polvere ottenuta devono essere confezionati in imballaggi ermetici e a prova di umidità così da garantire la stabilità nel tempo.

Trattandosi di prodotti essiccati essi possono essere conservati per tempi molto lunghi, fino a 2 anni, anche se bisogna considerare che con il passare del tempo si potrebbe verificare una graduale perdita di sapore e piccantezza.

Relativamente allo stoccaggio è importante che il prodotto essiccato venga conservato in un luogo fresco (10-15°C), asciutto e al riparo dalla luce diretta del sole.

Un altro importante aspetto da tenere in considerazione è che dopo la raccolta i processi di pelatura, lavaggio, sgrondatura ed essiccamento devono essere eseguiti il più rapidamente possibile così da prevenire la crescita di batteri, muffe e per prevenire la fermentazione del prodotto. Se il processo di essiccazione, infatti, impiega troppo tempo è possibile che lo zenzero venga infettato da funghi produttori di aflatossine e anche da batteri.



FIGURA 6: Zenzero essiccato in polvere

2.4 Olio essenziale di zenzero

L'olio essenziale di zenzero è un miscuglio oleoso costituito da un insieme di molecole caratterizzate da una elevata volatilità. In particolare, tra le molecole che lo caratterizzano troviamo monoterpeni, sesquiterpeni e diterpeni, ma anche fenoli, alcoli alifatici e aldeidi aromatiche.

Con il termine essenziale ci si riferisce al fatto che l'olio rappresenta l'essenza della materia prima vegetale da cui è stato estratto e della quale ne rappresenta le caratteristiche.

L'olio essenziale di zenzero viene ricavato mediante distillazione in corrente di vapore utilizzando come materia prima i rizomi di zenzero freschi, quelli essiccati oppure le bucce scartate con il processo di pelatura. La resa in olio essenziale ricavabile da ogni rizoma risulta essere mediamente pari all'1-4 %.

In passato l'olio essenziale veniva prodotto principalmente in Europa e negli Stati Uniti, mentre attualmente la produzione si è allargata anche ad altri paesi tra cui Cina, India, Indonesia, Giamaica e Australia.

Prima di effettuare il processo di estrazione dell'olio le industrie di trasformazione possono decidere se sottoporre o meno i rizomi a pelatura. La rimozione della cuticola superficiale consente di ottenere un olio di colore più chiaro, nonostante la resa in olio risulti essere minore, proprio perché una elevata quantità di olio essenziale è contenuta nella cuticola esterna del rizoma. Al contrario con l'estrazione a partire da rizomi non pelati la resa in olio è maggiore ma la qualità dell'olio risulta essere inferiore. Inoltre, è stato notato che l'olio estratto dallo zenzero essiccato risulta avere una qualità inferiore rispetto allo zenzero ottenuto da rizomi freschi. Infatti, durante il processo di essiccazione spesso si verificano numerosi cambiamenti nella composizione chimica dei rizomi e quasi sempre avviene una perdita di alcuni costituenti. Per tale motivo l'olio essenziale estratto a partire dal rizoma fresco conserva maggiormente le caratteristiche originarie della spezia fresca.

Una importante caratteristica dell'olio essenziale è che possiede un potente aroma ma non presenta il sapore piccante caratteristico dello zenzero fresco, in quanto i gingeroli hanno delle caratteristiche chimiche tali da non poter essere estratti dalla materia prima tramite i normali metodi di estrazione utilizzati per la preparazione dell'olio essenziale e vengono facilmente degradati ad altri composti.

L'olio essenziale può anche essere ricavato a partire dalla cuticola che è stata rimossa con la procedura di pelatura dei rizomi: è stato dimostrato che con tale processo è possibile recuperare circa lo 0,8-0,9% di olio. L'olio ricavato dalle bucce contiene inoltre la maggior parte dei costituenti caratteristici dello zenzero sebbene l'odore sia risultato più terroso e il colore piuttosto scuro se confrontato con oli ricavati dalla polpa di rizomi pelati.

Nel metodo di estrazione dell'olio mediante distillazione in corrente di vapore, i rizomi devono innanzitutto essere preparati all'estrazione in differenti modi a seconda della materia prima di partenza utilizzata. Nel caso in cui l'olio venga ricavato da rizomi freschi questi devono essere precedentemente lavati e pressati a freddo così da facilitare l'estrazione dei componenti volatili, mentre se si utilizzano i rizomi essiccati allora questi devono essere macinati fino a ottenere una polvere grossolana. In entrambi i casi, sia rizomi freschi spremuti che la polvere macinata, devono essere successivamente posizionati all'interno di un sistema di estrazione ovvero un evaporatore.

Il principio di funzionamento dell'evaporatore consiste nella somministrazione di vapore vivo all'interno della camera contenente lo zenzero: quando il vapore vivo entra in contatto con il prodotto i componenti volatili del rizoma verranno estratti, creando così una miscela costituita da vapore e olio essenziale.

A questo punto il vapore contenente l'olio viene condensato utilizzando acqua fredda e la miscela liquida olio-vapore giunge nell'organo separatore dove l'olio essenziale viene separato dall'acqua.

La resa in olio ottenibile dai rizomi essiccati è generalmente variabile dall'1,5% al 3,0%.

Le elevate temperature utilizzate per l'estrazione dell'olio essenziale comportano la perdita di alcuni derivati fenolici tra cui principalmente i gingeroli, che sono i composti responsabili della piccantezza dello zenzero: questi vengono infatti decomposti dal calore durante il processo di distillazione e quindi l'olio essenziale di zenzero non rappresenta completamente le caratteristiche dello zenzero fresco. Tra i principali costituenti dell'olio essenziale troviamo infatti lo zingiberene, lo zingerone e gli shogaoli tutti prodotti di degradazione dei gingeroli.

Secondo alcuni studi la concentrazione di zingiberene, una delle principali molecole che caratterizzano lo zenzero, nell'olio volatile risulta essere molto differente tra oli ottenuti da rizomi provenienti da diversi paesi di produzione. In particolare, il contenuto medio nell'olio ottenuto da rizomi indiani è risultato pari al 46%, al 38,12 % da quelli cinesi, al 29% da quelli nigeriani, al 20% da quelli australiani e solo al 9,5% da quelli provenienti dalle Mauritius.

Tale studio dimostra quindi come gli oli essenziali presenti in commercio possono avere una composizione anche molto diversa tra loro.

Uno dei parametri più importanti da tenere in considerazione nell'estrazione dell'olio essenziale è il tempo utilizzato per estrarre tutto l'olio presente all'interno dei rizomi. In uno studio effettuato avvalendosi di una tecnica di idrodistillazione assistita da microonde operante a 200 o 250 W (Microwave-assisted hydrodistillation, MAHD) è stato determinato che il tempo necessario all'estrazione dell'olio risulta essere compreso tra 30 e 90 minuti, con una resa di estrazione massima dopo un tempo di estrazione pari a 90 minuti: anche continuando l'estrazione oltre i 90 minuti non si verifica alcun aumento nella quantità di olio estratto.

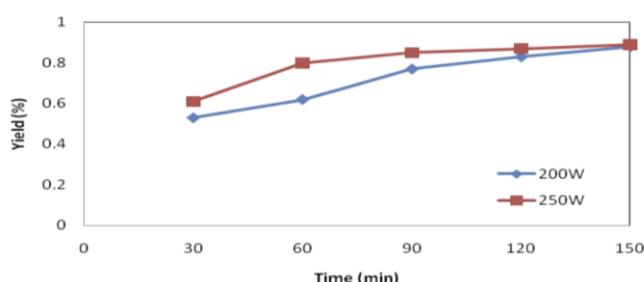


FIGURA 7: resa in olio essenziale in funzione del tempo di estrazione operando a 200 e 250 W.

L'olio essenziale di zenzero può essere impiegato nella produzione di bevande analcoliche, birra allo zenzero e nella preparazione di cibi. Inoltre esso può essere aggiunto ai cibi conferendo il sapore della spezia senza però modificare il colore del cibo in cui viene aggiunto, e non contiene tannini che potrebbero conferire astringenza i quali sono invece contenuti nel rizoma fresco.

Inoltre, la polvere di zenzero privata del suo olio è composta per circa il 50% da amido e può essere utilizzata come mangime per il bestiame.

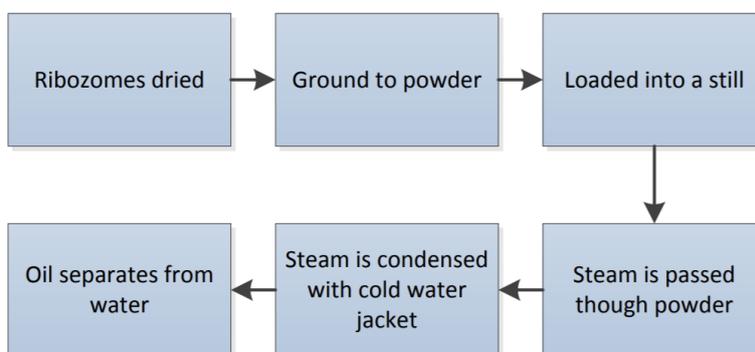


FIGURA 8: Processo di distillazione dell'olio essenziale di zenzero a partire da zenzero in polvere

2.5 Oleoresina di zenzero

L'oleoresina di zenzero è una soluzione densa e vischiosa costituita da resina e olio essenziale.

Essa è costituita da una miscela di composti liposolubili principalmente rappresentati da composti terpenici volatili e non volatili e da composti fenolici.

La differenza tra l'olio essenziale e l'oleoresina risiede nel fatto che nell'oleoresina sono contenuti sia composti volatili che composti non volatili e proprio per questo motivo l'oleoresina rappresenta a pieno le caratteristiche originarie della materia prima.

Tra i composti non volatili quelli presenti in maggiore quantità sono i gingeroli, in particolare il 6-gingerolo, 8-gingerolo e 10-gingerolo, i quali sono responsabili della sua piccantezza, caratteristica che differenzia questo tipo di prodotto dall'olio essenziale.

Tra i metodi adottati dalle industrie per realizzare oleoresina di zenzero ci sono l'estrazione mediante solvente e l'estrazione tramite anidride carbonica nello stato supercritico. Entrambi questi metodi di produzione utilizzano come materia prima lo zenzero essiccato in polvere.

Per quanto riguarda l'estrazione con utilizzo di solvente il processo di estrazione viene realizzato in diverse fasi e i solventi commerciali che vengono abitualmente utilizzati sono l'etanolo, l'acetone, l'acetato di etile o l'esano.

Innanzitutto la polvere di zenzero viene messa a contatto con il solvente e quindi si ottiene un percolato costituito dal solvente e dall'oleoresina; questo viene sottoposto a distillazione ad una temperatura di 45-55°C in modo da evaporare il solvente utilizzato per l'estrazione. L'impiego di solventi idrofili come l'etanolo e l'acetone determina l'estrazione di gomme idrosolubili e pertanto l'oleoresina ottenuta tramite questi solventi deve essere ulteriormente raffinata tramite un processo di centrifugazione che consenta la separazione delle gomme dall'oleoresina.

Una recente alternativa all'estrazione dell'oleoresina mediante solvente è l'estrazione supercritica tramite utilizzo di anidride carbonica (CO₂). Questo processo prevede che lo zenzero essiccato venga messo a contatto con anidride carbonica mantenuta allo stato supercritico, uno stato in cui l'anidride carbonica si trova ad alta pressione e bassa temperatura, e si comporta come un solvente che è in grado di estrarre i principi attivi contenuti nello zenzero. Dal punto di vista tecnologico il sistema di estrazione con CO₂ è costituito da un contenitore contenente l'anidride carbonica, un secondo contenitore che mantiene l'anidride carbonica sottopressione, una camera di estrazione, un condensatore e un sistema di recupero dell'anidride carbonica. Il processo prevede il trasferimento della CO₂ dal contenitore a pressione atmosferica verso il contenitore sotto pressione; all'interno di questo contenitore l'anidride carbonica viene mantenuta ad una pressione di 72 atm e ad una temperatura di 32°C e in queste condizioni passa allo stato supercritico aumentando la sua densità e comportandosi come un solvente. A questo punto l'anidride carbonica allo stato supercritico viene

spinta verso la camera di estrazione, all'interno della quale è stato collocato lo zenzero in polvere: in questo modo il contatto tra CO₂ e lo zenzero determina l'estrazione della resina e dei componenti volatili con l'ottenimento dell'oleoresina. Successivamente la miscela CO₂-oleoresina viene spostata in un condensatore in cui il valore di pressione e temperatura vengono riportati alle condizioni normali e quindi l'anidride carbonica ritorna allo stato gassoso e l'oleoresina viene lentamente decarbossilata fino a separarsi completamente dal prodotto. A volte il processo di decarbossilazione può essere facilitato e velocizzato somministrando calore. In ogni caso l'anidride carbonica che evapora dall'oleoresina può essere recuperata e immagazzinata nuovamente così da poter essere riutilizzata. Il principale vantaggio dell'estrazione con CO₂ supercritica è l'impiego di bassa temperatura di estrazione che non comporta alcuna modifica delle proprietà dello zenzero.

La resa, il sapore e la piccantezza dell'oleoresina estratta variano in base a cultivar, maturità del rizoma e metodo di estrazione impiegato.

Generalmente la resa varia tra il 3,9 e il 9,3% con una media del 6,5% sul peso secco dello zenzero. L'oleoresina di zenzero presente nel mercato ha solitamente un contenuto di olio volatile del 25-30%. L'oleoresina può essere impiegata in cucina come sostituto allo zenzero essiccato per la preparazione di prodotti alimentari di vario genere.

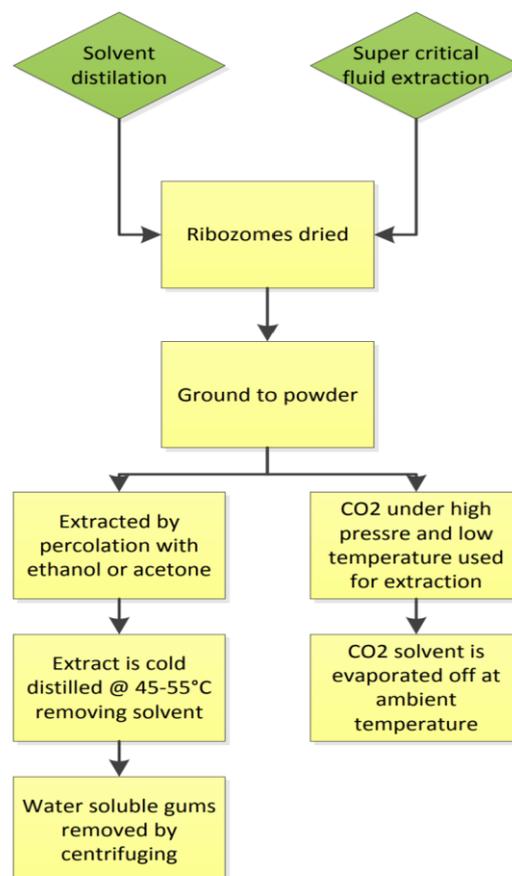


FIGURA 9: Estrazione dell'oleoresina di zenzero con solvente e con fluido supercritico

2.6 Zenzero in sciroppo

Lo zenzero fresco può essere utilizzato per creare diverse tipologie di prodotti conservati.

In particolare, tra i prodotti maggiormente diffusi sul mercato è possibile trovare lo zenzero in sciroppo zuccherino e lo zenzero in salamoia.

È importante tenere conto che i rizomi impiegati per la realizzazione di zenzero in sciroppo e zenzero in salamoia devono presentare delle caratteristiche ben precise che permettano al consumatore di apprezzarne la qualità. In particolare, il rizoma non deve essere eccessivamente fibroso e inoltre non deve avere un sapore troppo pungente.

Per questo motivo i rizomi vengono raccolti a circa 5-7 mesi dal momento della semina.

Per quanto riguarda la produzione di zenzero in sciroppo zuccherino, il processo di produzione inizia con la preparazione dei rizomi, i quali vengono lavati, pelati e tagliati a strisce. Successivamente le strisce ottenute vengono immerse per circa 20 ore in una salamoia al fine di prevenire la crescita di muffe e trascorso tale tempo le strisce di zenzero vengono estratte e adagiate su setacci, per allontanare la salamoia. Le strisce di zenzero vengono quindi poste in acqua e portate a bollore per 2 ore fino ad ottenere una consistenza sufficientemente morbida; quindi il prodotto viene estratto dall'acqua di cottura e lasciato scolare.

La stessa acqua di cottura viene pesata e ad essa viene aggiunta una pari quantità di zucchero semolato, portando la soluzione ottenuta a bollore. A questo punto lo zenzero preparato precedentemente viene versato all'interno della soluzione zuccherina bollente e viene ultimata la cottura del prodotto per 5 minuti. Quindi lo sciroppo contenente le strisce di zenzero viene versato all'interno di barattoli in vetro i quali vengono sigillati facendo particolare attenzione a coprire lo zenzero completamente con lo sciroppo zuccherino. Eventualmente all'interno del prodotto ottenuto possono essere aggiunti ulteriori sostanze quali ad esempio acido citrico, conservanti e miele. I barattoli vengono infine sottoposti ad un trattamento termico di sterilizzazione.

Per quanto riguarda invece la preparazione di conserve di zenzero in salamoia anche in questo caso il prodotto viene ottenuto mediante varie fasi di preparazione. Innanzitutto, lo zenzero viene lavato, pelato, tagliato a fette e immerso in acqua. A questo punto l'acqua viene portata a bollore per 5 minuti, per ammorbidire le fette ottenute dai rizomi. Terminato il processo di bollitura le fette di zenzero vengono distribuite all'interno di barattoli di vetro precedentemente sterilizzati e immediatamente e completamente ricoperte con la salamoia ed eventualmente acidificanti e conservanti. È importante che la salamoia abbia una concentrazione di sale pari ad almeno il 5-10 % così da garantire una sufficiente azione batteriostatica. Infine i barattoli contenenti lo zenzero vengono sottoposti a un trattamento termico.

2.7 Zenzero candito

Lo zenzero candito è una preparazione alimentare piuttosto antica che prevede l'utilizzo di rizoma di zenzero e zucchero semolato.

Un aspetto importante che occorre considerare nella produzione di zenzero candito è che i rizomi utilizzati per preparare questo tipo di prodotto devono essere raccolti molto presto, infatti solitamente viene preferita una raccolta ad una distanza di 5 mesi dalla semina, così da avere un prodotto caratterizzato da un basso contenuto di fibra e che quindi sufficientemente tenero e appetibile da parte del consumatore.

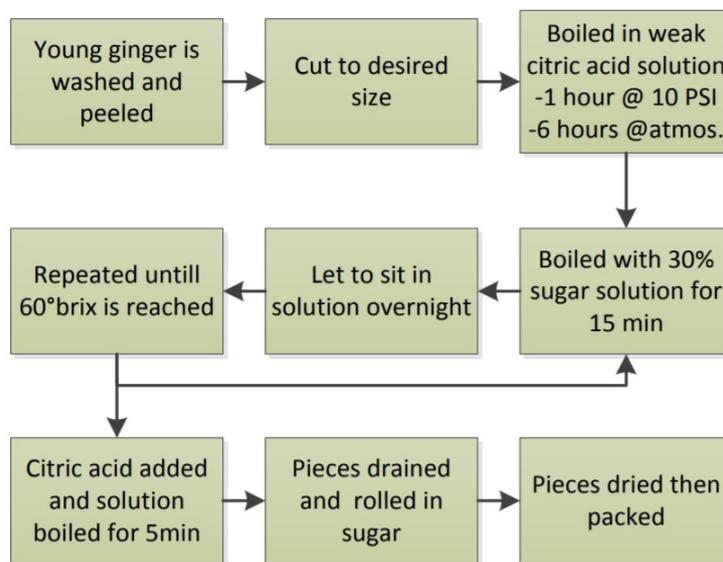


FIGURA 10: Processo di produzione dello zenzero candito

A livello industriale lo zenzero candito viene preparato attraverso varie fasi di trasformazione. Innanzitutto, i rizomi vengono lavati tramite impiego di getti d'acqua a pressione: in questo modo si rende possibile l'eliminazione di qualsiasi contaminante presente sulla superficie dei rizomi. Inoltre gli operatori provvedono alla rimozione di rizomi danneggiati e alla rimozione delle radici. Successivamente i rizomi di zenzero vengono tagliati in piccoli pezzetti, che vengono immersi in una soluzione di acqua e acido citrico. Tale soluzione viene portata ad ebollizione per circa un'ora, per ammorbidire pezzetti e renderli in grado di assorbire una maggiore quantità di zucchero nelle fasi successive. Terminato il processo di ebollizione, i pezzetti di zenzero vengono estratti dalla soluzione di cottura e si procede con l'aggiunta di una quantità di zucchero semolato in pari peso a quello dello zenzero. Successivamente i pezzi di zenzero miscelati con lo zucchero semolato vengono posti in una pentola in cui viene aggiunta una piccola quantità di acqua e si porta il tutto ad ebollizione per circa 20 minuti, tempo necessario per sciogliere lo zucchero semolato e trasformarlo in sciroppo. Terminata

la fase di cottura, la miscela di zenzero e sciroppo viene lasciata a riposo per una notte così da permettere allo zenzero di assorbire lo sciroppo. Il giorno successivo la miscela viene nuovamente portata a bollore in una soluzione di zucchero semolato al 30%, fino al raggiungimento di un prodotto caratterizzato da un contenuto zuccherino pari a 60° Brix. Quindi nella miscela viene nuovamente aggiunto acido citrico e la soluzione viene sottoposta all'ultima fase di cottura per 5 minuti. Infine la miscela di zenzero e sciroppo viene filtrata a caldo così da eliminare l'eccesso di sciroppo e lo zenzero viene nuovamente messo a contatto con lo zucchero semolato. Una volta raffreddato, lo zenzero viene lasciato ad asciugare per circa 24 ore e quindi il prodotto è pronto per essere confezionato.

2.8 Succo di zenzero

Il succo di zenzero è un prodotto alimentare che può essere utilizzato sia tal quale oppure aggiunto in altri succhi di frutta o insalate per conferire ad essi il sapore di zenzero.

Il succo di zenzero viene ottenuto attraverso varie fasi di produzione.

Innanzitutto i rizomi di zenzero vengono lavati tramite getti d'acqua a pressione, vengono quindi sottoposti ad un processo di pelatura, attraverso il quale viene rimossa la cuticola esterna del rizoma. Successivamente i rizomi vengono tagliati in piccoli pezzi, la cui dimensione è generalmente pari ad 1 cm². A questo punto i pezzi di zenzero subiscono una fase di pressatura che permette di ottenere il succo di zenzero grezzo. Per estrarre il succo di zenzero possono essere utilizzati diversi macchinari di estrazione il cui scopo è quello di separare la frazione liquida dalla frazione solida. La frazione liquida rappresenta il succo di zenzero grezzo a cui viene successivamente aggiunto acido isoascorbico (E315), il quale svolge un'azione antiossidante essendo in grado di prevenire l'ossidazione del succo e di stabilizzarne il colore. La quantità di acido isoascorbico aggiunta deve essere pari a 40 grammi ogni 100 Kg di succo di zenzero. In alternativa all'acido isoascorbico, sempre con funzione antiossidante, può essere utilizzato acido sorbico (E200) in una quantità pari a 100 grammi ogni 100 Kg di succo di zenzero. Inoltre nel succo possono essere aggiunti anche eventuali conservanti così da aumentare la shelf-life del prodotto. A questo punto il succo di zenzero viene omogeneizzato ad una pressione di 70 MPa, ottenendo così un succo caratterizzato da una dimensione delle particelle costituenti estremamente piccole, solitamente con un diametro compreso tra 0,001 e 0,2 µm. L'omogeneizzazione è la fase critica nella produzione di succo di zenzero, infatti lo scopo di questa fase è ottenere un succo omogeneo caratterizzato da assenza di stratificazioni. Come ultima fase il succo di zenzero viene sottoposto ad un trattamento termico che permette di raggiungere la sicurezza d'uso del prodotto e successivamente viene confezionato per poter essere immesso in commercio.

2.9 Purea di zenzero

La purea di zenzero è un prodotto che viene ottenuto miscelando lo zenzero fresco con sale, olio ed eventualmente altre sostanze quali spezie, zuccheri e additivi.

La purea di zenzero commercializzata a livello industriale ha una consistenza simile a quella della maionese e può essere utilizzata su pane, crostini, farciture e altre preparazioni.

Per la preparazione bisogna innanzitutto selezionare dei rizomi di buona qualità, che devono essere lavati e sottoposti ad un trattamento di blanching a 90°C per 15 minuti e successivamente tritati tramite l'utilizzo di un tritatore industriale. Il processo di tritatura deve permettere di ottenere una pasta densa ed omogenea. Per quanto riguarda la densità della pasta, le industrie produttrici scelgono quale grado di tritatura adottare, optando per un prodotto con pezzetti più grossolani, oppure optando per una pasta maggiormente tritata simile ad una crema.

Una volta ultimata la tritatura, la pasta di zenzero è pronta per essere addizionata con olio vegetale in una quantità pari a 60 ml ogni kg di pasta di zenzero, una quantità di sale pari al 15% (P/P), 0,01 % di acido ascorbico (P/P), 0,02 % di metabisolfito di potassio (P/P) e 0,1 % di aceto di vino (P/P). Inoltre possono anche essere eventualmente aggiunte spezie ed altri additivi alimentari.

A questo punto la pasta addizionata con olio deve essere mescolata per un tempo di circa 10 minuti così da creare un prodotto omogeneo. Per facilitare l'omogeneizzazione della pasta con l'olio è spesso preferibile aggiungere degli agenti emulsionanti. Ultimata l'omogeneizzazione la pasta di zenzero deve essere confezionata in barattoli di vetro lasciando uno spazio di testa di 5-10 mm. Infine, il prodotto confezionato viene trattato termicamente a 90°C per 10 minuti e lasciato quindi raffreddare. La purea di zenzero può essere aggiunta in frittiture, zuppe, salse, torte, pane, creme e altri prodotti alimentari.

In India una ricetta molto famosa è rappresentata da una pasta di zenzero ed aglio: la ricetta originale prevede che questa pasta venga realizzata con il 50% di zenzero fresco a fette, 35% di aglio e 15% di sale.

In passato questa ricetta veniva realizzata principalmente a livello domestico, invece attualmente è prodotta anche a livello industriale ed è a disposizione dei consumatori principalmente in India, Europa e Stati Uniti.

Per quanto riguarda le condizioni di conservazione la migliore temperatura di conservazione della pasta allo zenzero risulta essere a 5 ° C preferibilmente in contenitori di polietilene tereftalato o vetro.

2.10 Ginger ale e Ginger beer

Tra le bevande più famose a base di zenzero troviamo il Ginger ale ed il Ginger beer.

Il Ginger ale è un soft-drink, ovvero una bevanda zuccherata, carbonata e non alcolica realizzata con il rizoma di zenzero.

Il Ginger ale è utilizzato come ingrediente nella preparazione di cocktail principalmente analcolici. Sebbene sia difficile stabilire con esattezza la data della sua creazione si ritiene che la storia del Ginger ale iniziò in Inghilterra e in Irlanda intorno al 1840. Successivamente la bevanda venne esportata attraverso l'Atlantico fino a raggiungere la costa orientale degli Stati Uniti e diffondersi in tutto il paese e anche in Canada. Uno dei primi marchi produttori di Ginger ale è l'azienda americana Vernors la quale ha immesso per la prima volta in commercio tale bevanda nel 1870.

Attualmente esistono due principali tipologie di Ginger ale, ovvero la varietà dry-pale e la varietà golden. La varietà golden è la variante più antica di Ginger ale sebbene oggi risulti avere un mercato limitato agli Stati Uniti e Canada. Il golden Ginger ale è caratterizzato da un forte sapore di zenzero, un elevato grado zuccherino ed un colore piuttosto scuro; al contrario la varietà dry-pale che è stata creata come variante della tipologia golden e al momento è la tipologia maggiormente consumata e diffusa a livello globale.

La varietà dry-pale presenta un sapore meno deciso, un minore contenuto di zucchero, un'elevata acidità ed ha anche un colore notevolmente più chiaro rispetto alla varietà golden.

Il Ginger ale commerciale viene realizzato utilizzando i seguenti ingredienti: acqua carbonata, sciroppo di fruttosio, aroma naturale o artificiale di zenzero, acido citrico ed altri ingredienti tra i quali i più impiegati sono caramello, miele, cannella, ananas e capsaicina, una molecola con sapore piccante ricavata da piante del genere *Capsicum*.

Per realizzare il Ginger ale viene inizialmente creato uno sciroppo miscelando acqua, sciroppo di mais ad alto contenuto di fruttosio, aroma naturale o artificiale di zenzero, acido citrico o acido tartarico, colorante caramello (E150D-che ha la funzione di intensificare il colore della bevanda) ed altre eventuali spezie e/o conservanti.

Una volta avvenuta la preparazione dello sciroppo viene eseguita la carbonatazione della bevanda raffreddandola ad una bassa temperatura così da consentire una maggiore dissoluzione dell'anidride carbonica. Successivamente vengono normalmente aggiunti composti alcalini come regolatori di acidità.

La ricetta tradizionale è abbastanza differente rispetto alla preparazione attualmente realizzata a livello industriale, infatti gli ingredienti impiegati sono rizoma di zenzero fresco, acqua, zucchero e lieviti. A differenza del prodotto commerciale in cui l'acqua utilizzata viene carbonatata alla fine del processo di produzione, nel Ginger ale tradizionale, l'anidride carbonica viene prodotta dall'attività fermentativa dei lieviti. Affinché la fermentazione si verifichi, questa deve essere condotta in un contenitore ermetico per ottenere la carbonatazione della bevanda.

La conservazione del Ginger ale tradizionalmente veniva effettuata aggiungendo una soluzione di acido salicilico, che ha proprietà battericide e antisettiche. Un altro metodo di conservazione che viene preferito oggi è la procedura di trattamento termico con eventuale aggiunta di conservanti, tra i quali i più utilizzati risultano essere il sorbato di potassio (E202) e il benzoato di sodio (E211).

Il Ginger ale viene confezionato in bottiglie di vetro oppure in lattine.

Il dry-pale Ginger ale prodotto in Canada ha un pH molto acido che risulta essere pari a 2,82, a causa dell'elevata concentrazione di acido carbonico che contiene.

L'analisi di prodotti di diverse marche presenti sul mercato ha determinato che il Ginger ale è costituito per l'88 % di acqua, per il 9% di zucchero, per lo 0,70% di anidride carbonica, di aromi (1%) e di acido citrico (0,3 %).

Nel corso degli anni sono state create numerose varianti del Ginger ale: in particolare tra le versioni più famose troviamo il Ginger ale con aggiunta di aroma di menta. Alcuni marchi di Ginger ale alla menta preferiscono conferire alla bevanda anche il colore verde, tramite l'aggiunta di coloranti artificiali.

Inoltre il famoso marchio di soft-drinks "Canada Dry" ha introdotto una linea di Ginger ale miscelata con tè verde e un'altra miscelata con limonata.

In alcuni distributori automatici giapponesi, "Canada Dry" offre anche Ginger ale caldo, che è la versione riscaldata dell'originale Ginger ale ma presenta comunque la carbonatazione.

Un'altra bevanda molto conosciuta è la birra allo zenzero (Ginger beer), che è un prodotto particolarmente apprezzato nel periodo estivo per le sue proprietà rinfrescanti e aromatiche. La birra allo zenzero risale al 1700 quando si diffuse in alcune colonie britanniche e successivamente in Gran Bretagna e nei paesi anglosassoni. Questa bevanda è spesso confusa con il Ginger ale, ma in realtà si tratta di prodotti differenti.

Infatti mentre il Ginger ale è una bevanda analcolica, il Ginger beer è generalmente caratterizzato dalla presenza di alcol.

Tradizionalmente la birra allo zenzero veniva realizzata attraverso l'impiego di una coltura simbiotica rappresentata da *Saccharomyces florentinus* e il batterio *Lactobacillus hilgardii*, che grazie alla loro attività fermentativa determinano la produzione di alcol ed anidride carbonica all'interno del prodotto. Solitamente questa coltura viene utilizzata per creare il "Ginger-bug", ovvero un impasto formato da acqua, zucchero e la coltura simbiotica che viene lasciato fermentare fino ad ottenere una coltura starter pronta a fermentare il substrato in cui viene aggiunta.

La birra allo zenzero originale veniva prodotta utilizzando acqua, zucchero, zenzero fresco o zenzero essiccato in polvere e altri eventuali ingredienti come miele e spezie. Lo zucchero viene aggiunto in quanto quello contenuto nello zenzero non è sufficiente per la fermentazione. Una volta miscelati gli

ingredienti, il composto creato viene portato a bollire per 15 minuti così da favorire la dissoluzione dei composti dello zenzero e la conversione dell'amido dello zenzero in zuccheri fermentescibili. Quindi il composto viene raffreddato, inoculato con Ginger-bug e lasciato fermentare per 2 settimane ad una temperatura di 18-20°C, ottenendo un prodotto in cui gli zuccheri sono stati convertiti in alcol e anidride carbonica. A questo punto la soluzione viene filtrata e lasciata maturare per un certo periodo di tempo. Ultimata la maturazione della birra allo zenzero viene aggiunto acido citrico, zucchero, acido ascorbico e conservanti. Inoltre può essere aggiunta anidride carbonica pressurizzata al momento dell'imbottigliamento. Infine la birra allo zenzero viene trattata termicamente ad una temperatura di 90°C per inibire l'attività dei microrganismi e quindi stabilizzare il prodotto.

Attualmente invece il processo di produzione tradizionale è stato in parte abbandonato e la birra allo zenzero viene principalmente realizzata immettendo anidride carbonica pressurizzata all'interno della bevanda costituita da acqua, zucchero, alcol distillato, acido citrico, estratto naturale o artificiale di zenzero ed altri eventuali aromi.

La maggior parte delle birre allo zenzero presenti nel mercato sono alcoliche, anche se l'aggiunta di alcol nella birra allo zenzero non sempre è prevista, infatti sono presenti in commercio anche birre allo zenzero analcoliche.

Generalmente il tenore alcolico medio delle birre allo zenzero risulta essere compreso tra lo 0,5 e il 4 %.

Alcune industrie ancora oggi producono birra allo zenzero realizzata seguendo un processo simile a quello tradizionale e quindi offrendo al consumatore una bevanda di maggiore qualità rispetto a quelle realizzate con semplice aggiunta di aroma di zenzero.

Occorre dire però che anche nel processo di produzione tradizionale a livello industriale non viene più utilizzata la coltura simbiotica starter originariamente utilizzata ma viene preferito l'impiego di lieviti commerciali analoghi a quelli usati nella produzione della birra.

2.11 Vino allo zenzero

Il vino allo zenzero è una bevanda molto popolare, generalmente consumata nel periodo invernale. Tale bevanda è stata prodotta per la prima volta in Inghilterra, infatti “la prima apparizione documentata del vino allo zenzero avvenne con la fondazione della Finsbury Distillery Company con sede nella City di Londra nel 1740” e si ritiene che la sua vendita sia esponenzialmente aumentata durante un'epidemia di colera all'inizio del 1800, quando si diffuse la convinzione che lo zenzero offrisse protezione contro la malattia.

Attualmente il vino allo zenzero viene principalmente prodotto negli Stati Uniti per poi essere esportato in particolare in Europa e Asia.

Oggi esiste anche una versione analcolica di tale bevanda che è molto popolare nei paesi anglosassoni in quanto può essere consumata da persone di qualsiasi fascia di età, persino dai bambini.

Il vino allo zenzero può essere bevuto sia in purezza con aggiunta di ghiaccio o senza, oppure per la preparazione di cocktail, tipicamente miscelato con cognac oppure whiskey.

In Scozia viene utilizzato per creare una famosa bevanda nazionale che è il whiskey Macdonald, ottenuto dall'unione di vino allo zenzero e whiskey scozzese.

Per la preparazione del vino allo zenzero secondo la ricetta tradizionale si utilizzano il rizoma di zenzero fresco o in polvere, uva passa, lievito, zucchero, cannella e chiodi di garofano.

Per prima cosa lo zenzero fresco viene sottoposto alle operazioni preliminari di lavaggio, pelatura e taglio in fette così da ottimizzare l'estrazione dei costituenti. Allo stesso modo anche l'uva passa viene lavata e miscelata con i pezzetti di zenzero in pari quantità rispetto a quest'ultimo. Quindi il miscuglio costituito da pezzetti di zenzero e uva passa viene triturato fino ad ottenere una pasta omogenea, viene poi aggiunto zucchero e acqua e il tutto deve essere mescolato. Il composto ottenuto deve avere un tenore zuccherino minimo di 20°Brix ed un pH pari a 4,5: nel caso in cui il pH del miscuglio non corrisponda a quello necessario è possibile intervenire aggiungendo bicarbonato di sodio e/o acido citrico ottenendo quindi il valore di pH desiderato.

Il miscuglio (zenzero, uva passa, acqua e zucchero) viene sottoposto ad un trattamento termico a 70-72°C per 15 minuti per poi essere raffreddato fino a 30°C. A questo punto viene aggiunto potassio metabisolfito in modo tale che l'attività batterica possa essere ulteriormente ridotta. Successivamente all'interno del miscuglio viene aggiunto del lievito in una quantità pari a 1 g/l.

A questo punto viene attivata la fase di fermentazione che viene realizzata mantenendo una temperatura di 28-30°C per un periodo di tempo pari a 11 giorni. Una volta completata la fermentazione il vino di zenzero viene filtrato così da separare le fecce solide dalla frazione liquida e quest'ultima viene quindi sottoposta ad un ulteriore trattamento termico a 70°C per 15 minuti; riportata a 30°C viene aggiunta di bentonite per chiarificare ulteriormente il vino. La bentonite viene lasciata agire per una settimana. A questo punto il vino viene ulteriormente filtrato e imbottigliato ed è pronto per la commercializzazione.

Il vino allo zenzero ha un sapore ottimale dopo 3 o 4 mesi di conservazione.

Esistono numerose varianti del vino allo zenzero in particolare una delle varianti più adottate è quella di sostituire l'uva passa con uva sultanina: in questo caso il prodotto ottenuto avrà un colore più scuro rispetto al vino realizzato con uva passa.

Capitolo 3:

PROPRIETÀ NUTRIZIONALI E UTILIZZI TERAPEUTICI

3.1 Composizione chimica e proprietà nutrizionali dello zenzero

La composizione chimica dello zenzero è piuttosto variabile, infatti tra i fattori che possono incidere nel determinare la sua composizione sono presenti la varietà, l'epoca di raccolta, i processi di trasformazione adottati dall'industria nonché le caratteristiche climatiche del luogo di produzione e le pratiche agronomiche attuate nel periodo di coltivazione.

Genericamente lo zenzero è comunque costituito da oli volatili, grassi pesanti, composti pungenti, resine, proteine, cellulosa, pentosani, amido ed elementi minerali. Tra questi, l'amido è il componente più abbondante e comprende il 40-60% del rizoma su base secca. La maggior parte dei composti volatili che caratterizzano lo zenzero fresco è contenuta nell'olio essenziale, mentre l'oleoresina presente in una quantità di circa il 5-8% del peso del rizoma, è costituita sia da sostanze volatili che da sostanze non volatili.

Dal punto di vista nutrizionale la composizione dello zenzero fresco comprende acqua, proteine, grassi, carboidrati, fibre, una elevata quantità di vitamine e minerali (vedi Tabella 1).

Tra i carboidrati, oltre all'amido, che è il componente principale, il rizoma contiene il 7,6% di pentosi e piccole quantità di zuccheri liberi, glucosio, fruttosio e saccarosio.

Tra le proteine troviamo l'albumina (35,6%), la globulina (16,9%), la prolamina (11,0%) e la glutenina (17,9% sul totale delle proteine).

La frazione pesante dei grassi presente nell'oleoresina contiene acidi grassi saturi e insaturi in rapporto di 46:53 con una prevalenza degli acidi palmitico, oleico e linoleico, ciascuno con una abbondanza di circa il 23% (Tabella 2).

TABELLA 1: Valori nutrizionali medi per 100g di Zenzero fresco.

ACQUA	78,89 g
PROTEINE	1,82 g
GRASSI	0,75 g
CARBOIDRATI (di cui zuccheri)	17,77 g (1,7 g)
FIBRE	2 g
POTASSIO	415 mg
MAGNESIO	43 mg
FOSFORO	34 g
CALCIO	16 mg
SODIO	13 mg
FERRO	0,6 mg
ZINCO	0,34 mg
RAME	0,226 mg
MANGANESE	0,229 mg
VIT.B1 (tiamina)	0,025 mg
VIT.B2 (riboflavina)	0,034 mg
VIT.B3 (niacina)	0,75 mg
VIT.B5 (acido pantotenico)	0,203 mg
VIT.B6 (piridossina)	0,16 mg
VIT.C	5 mg
VIT.E	0,26 mg
Calorie	80 Kcal
Indice glicemico	15

Per quanto riguarda i minerali, nel rizoma fresco è stata riscontrata in particolare una elevata presenza di potassio, magnesio, fosforo, calcio, sodio e ferro. Le principali vitamine sono la vitamina C che viene però degradata con i trattamenti termici e le vitamine del gruppo B, in particolare la vitamina B3 che aiuta l'organismo nel processo di digestione degli alimenti, favorisce la circolazione sanguigna e mantiene la salute della pelle.

Dal punto di vista dell'apporto calorico, è stato riscontrato che il valore energetico (calorie) contenuto in 100 grammi di zenzero fresco è mediamente pari a 80 Kcal. Inoltre il rizoma di zenzero fresco ha un valore di indice glicemico molto basso, mediamente pari a 15 e questa caratteristica lo rende un alimento piuttosto sano, infatti questa spezia è in grado di fornire all'organismo una discreta quantità di carboidrati determinando al tempo stesso un mantenimento regolare della glicemia.

TABELLA 2: Composizione in acidi grassi dei lipidi contenuti nel rizoma fresco.

Acido Grasso	% sul totale degli Acidi grassi
Acido Caprilico	1.4
Acido Caprico	4.1
Acido Laurico	7.6
Acido Miristico	3.5
Acido Pentadecanoico	0.4
Acido Palmitico	23.2
Acido Eptadecanoico	1.3
Acido Stearico	3.3
Acido Oleico	22.9
Acido Linoleico	23.2
Acido Linolenico	6.6
Acido Arachidico	1.1
Acidi Saturi	45.9
Acidi Insaturi	52.7
Indice di Saponificazione	204

Lo zenzero è inoltre ricco in costituenti attivi che ne contraddistinguono le proprietà organolettiche che possono essere sia di natura volatile che di natura non volatile; tra questi sono presenti prevalentemente composti fenolici e composti terpenici.

I principali composti fenolici sono i gingeroli, gli shogaoli e i paradoli. Gli shogaoli possiedono una piccantezza maggiore rispetto ai corrispondenti gingeroli, mentre i paradoli si possono formare per idrogenazione degli shogaoli.

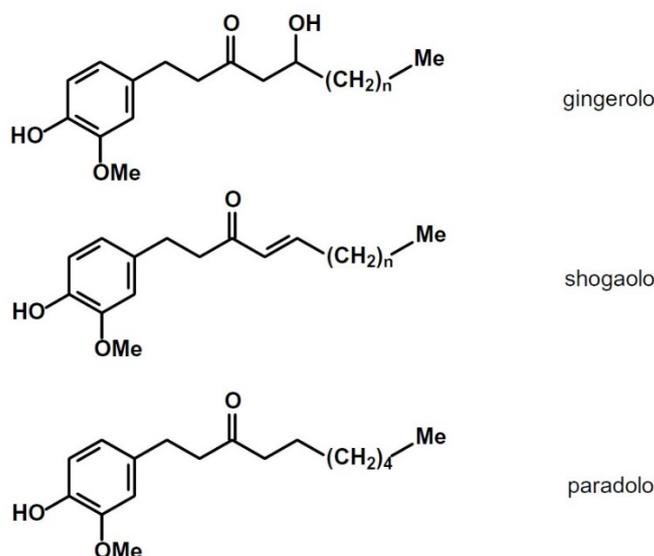


FIGURA 11: Principali composti fenolici presenti nello zenzero fresco

In particolare per quanto riguarda lo zenzero fresco i principali polifenoli presenti sono il 6-gingerolo (n = 4), l'8-gingerolo (n = 6) e il 10-gingerolo (n = 8), che sono le molecole responsabili del sapore pungente dello zenzero.

Inoltre tra gli altri composti fenolici presenti in discrete quantità nello zenzero ci sono anche la quercitina e 6-deidrogingerdione.

Alcuni autori hanno inoltre isolato da un estratto etanolic del rizoma fresco di ginger anche diversi diarileptanoidi a con struttura diversa da quelli tipicamente presenti nella curcuma (ad esempio la curcumina), un'altra pianta della famiglia delle Zingiberacee: La presenza di questi composti ha destato notevole interesse poiché tali composti possiedono una elevata attività antiossidante.

Il rizoma di zenzero contiene anche diversi componenti terpenici e questi sono quelli che costituiscono i principali componenti che caratterizzano l'olio essenziale di zenzero: in particolare tra i composti terpenici troviamo in elevata quantità sia monoterpeni che sesquiterpeni.

Per quanto riguarda i monoterpeni, quelli maggiormente presenti sono il D-pinene, il canfene, il fellandrene, il limonene, il citrale, il geraniale, il borneolo, il citronello beta-bisabolene, l'alfa-curcumene, il beta-sesquifellandrene, l'alfa-zingiberene e l'alfa-farnesene.

Tra i sesquiterpeni invece sono presenti in particolare alfa-zingiberene, ar-curcumene, beta-bisabolene, beta-sesquifellandrene, alfa-farnesene, zingiberolo e zingiberenolo.

3.1.1 *Trasformazioni chimiche dovute ai trattamenti*

Durante le trasformazioni industriali realizzate dalle aziende di produzione si può avere una significativa modificazione della composizione chimica del rizoma: i trattamenti di tipo termico sono quelli che principalmente, a causa delle alte temperature, possono causare sia una perdita che una trasformazione delle componenti chimiche caratteristiche del rizoma fresco. Ad esempio, a causa dei trattamenti termici, in particolare con il trattamento di essiccamento, la vitamina C viene quasi completamente degradata.

Lo zenzero essiccato è il prodotto ottenuto a partire da zenzero fresco, tramite il processo di essiccamento si verifica l'evaporazione dell'acqua contenuta nell'alimento, pertanto dal punto di vista nutrizionali è un prodotto più calorico rispetto allo zenzero fresco.

Lo zenzero secco contiene mediamente umidità intorno al 10%, olio volatile al 2%, oleoresina al 32%, amido (53%), fibra grezza (7%), proteina grezza (12%) e ceneri totali (7%).

Il valore energetico (calorie) contenuto in 100 grammi di zenzero essiccato è mediamente pari a 340 Kcal, pertanto è sicuramente un prodotto più calorico se confrontato allo zenzero fresco (Tabella 3).

TABELLA 3: Valori nutrizionali medi per 100g di Zenzero essiccato.

PROTEINE	8,98 g
GRASSI	4,24 g
CARBOIDRATI	71,62 g
FIBRE	14,1 g
POTASSIO	1354 mg
MAGNESIO	214 mg
FOSFORO	168 g
CALCIO	114 mg
SODIO	45,5 mg
MANGANESE	33,3 mg
ZINCO	3,64 mg
VIT.B1	0,046 mg
VIT.B2	0,17 mg
VIT.B3	9,62 mg
VIT.B5	0,477 mg
VIT.B6	0,626 mg
VIT.C	0,7 mg
VIT.E	0,0 mg
Calorie	336 Kcal

Per quanto riguarda le componenti attive, nello zenzero essiccato, a seguito del trattamento di essiccazione, i gingeroli vengono degradati (disidratati) nei corrispondenti shogaoli e lo stesso fenomeno si verifica con il progredire del tempo di conservazione.

La caratteristica che contraddistingue lo zenzero essiccato è appunto la presenza di un sapore molto pungente, superiore rispetto a quello posseduto dallo zenzero fresco, questo è dovuto al fatto che gli shogaoli, che sono presenti in maggiore quantità nei rizomi essiccati hanno un sapore più pungente rispetto a quello dei gingeroli. Questa trasformazione chimica si verifica allo stesso modo anche per gli altri tipi di gingeroli, come ad esempio 8-gingerolo e 10 gingerolo che vengono trasformati rispettivamente in 8-shogaolo e 10-shogaolo.

Uno dei componenti presenti in maggiore quantità in praticamente tutti i tipi di rizomi di zenzero essiccato è lo zingerone, che è anch'esso responsabile della piccantezza dello zenzero: tale molecola si origina a partire dai gingeroli quando lo zenzero viene sottoposto ad essiccazione a seguito di una reazione retro-aldolica che porta anche alla formazione di composti aldeidici.

Pertanto il zingerone non è presente nello zenzero fresco, mentre è particolarmente presente nello zenzero essiccato e in altri derivati dello zenzero che hanno subito un trattamento termico.

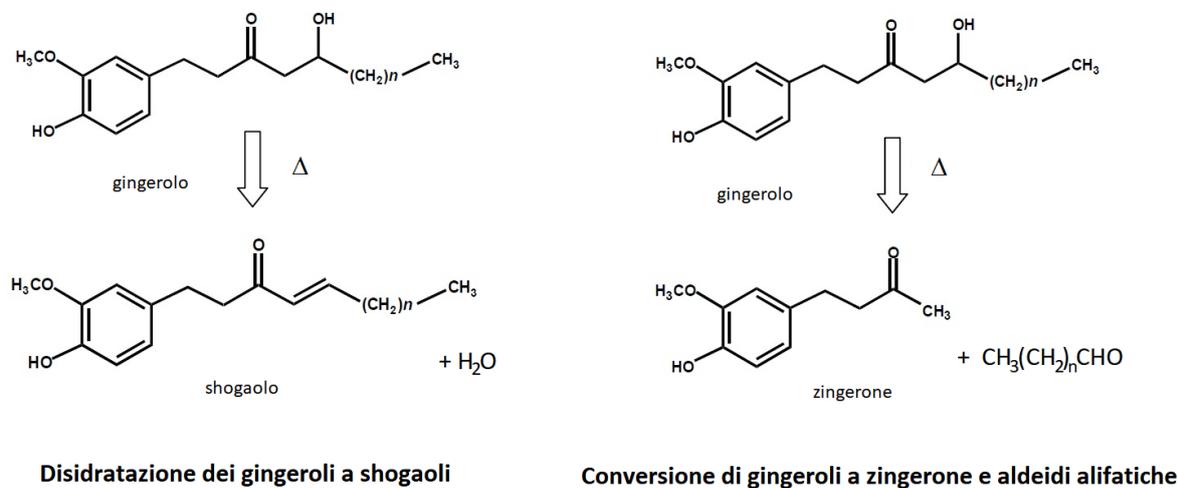


FIGURA 12: Principali trasformazioni dei gingeroli per effetto della temperatura.

3.2 Composizione dell'olio essenziale di zenzero

L'olio volatile è presente in una quantità pari all'1-3% del rizoma fresco ed è costituito da un insieme di composti volatili che concorrono alla caratterizzazione di questa spezia.

È importante mettere in evidenza che anche la composizione dell'olio essenziale può risultare piuttosto variabile in relazione alla provenienza geografica del rizoma.

Indipendentemente dai vari fattori che concorrono a determinare la composizione chimica dell'olio essenziale di zenzero è stato però possibile identificare un insieme di costituenti che sono presenti in elevate quantità nella maggior parte degli oli essenziali di zenzero analizzati.

Infatti l'olio essenziale di zenzero è caratterizzato da un'alta percentuale di sesquiterpeni (67%), monoterpeni (17%) e composti alifatici (14%). In particolare le molecole presenti in maggiore quantità in tutti gli oli essenziali di zenzero sono l' α -zingiberene, l'*ar*-curcumene, il β -sesquifellandrene, il β -bisabolene e il geraniolo; nei rizomi provenienti da alcune zone geografiche inoltre troviamo anche il geraniale e il nerale (citrale). Tra questi composti lo zingiberene.

In particolare, tra i sesquiterpeni presenti in maggiore quantità, classifichiamo lo zingiberene, che è il composto predominante rappresentando circa il 32 % dell'olio essenziale estratto, l'*ar*-curcumene, il β -sesquifellandrene, mentre come monoterpeni sono stati trovati soprattutto l'*endo*-borneolo e il geraniolo i quali sebbene presenti in quantità minori rispetto ai sesquiterpeni sono comunque in grado di influire sull'aroma dell'olio essenziale. Tra gli altri monoterpeni identificati sono presenti anche il camfene e il β -fellandrene e tra i sesquiterpeni il nerolidolo e l' α -eudesmolo.

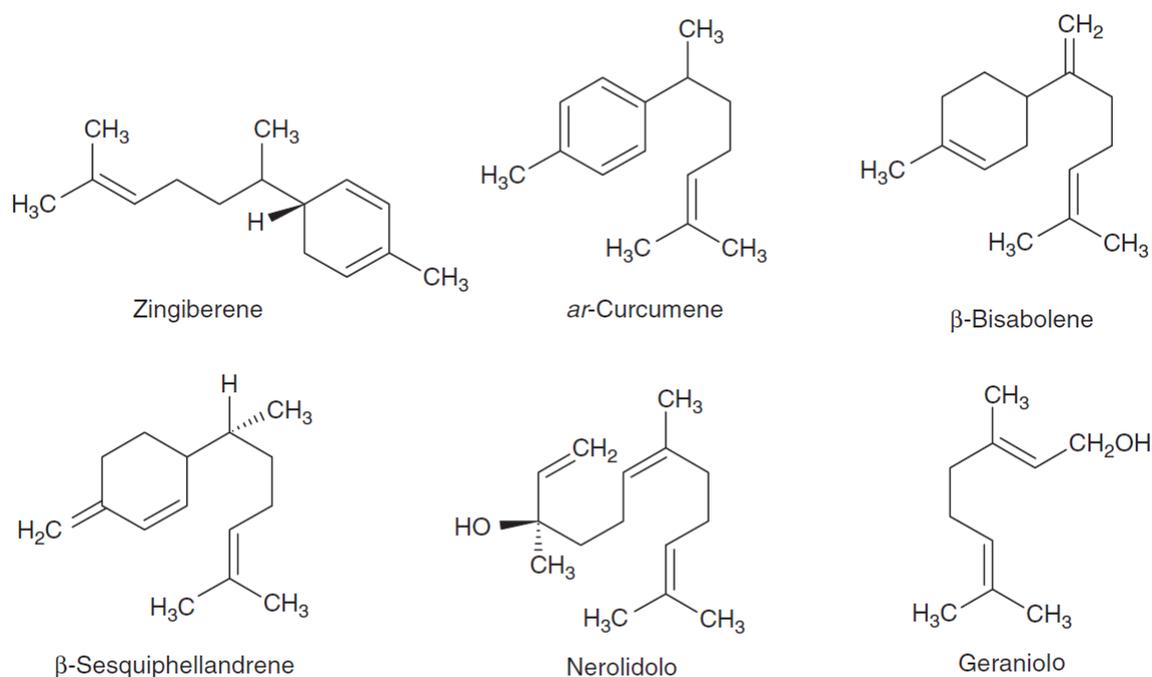


FIGURA 13: composizione olio essenziale di zenzero

Lo zenzero australiano coltivato nel Queensland produce un olio distillato a vapore noto per il suo aroma agrumato: i composti responsabili principalmente di questo aroma sono stati identificati come aldeidi monoterpene geraniche e nerali (la cui miscela è nota come citrale) che sono stati isolati in questo olio in percentuali intorno al 20%. A parte il loro alto contenuto di citrale, gli oli di zenzero australiano erano simili nei loro principali costituenti ad altri oli e i principali sesquiterpeni (α -zingiberene, β -sesquifellandrene, *ar*-curcumene e β -bisabolene) sono solo debolmente odorosi e si ritiene che apportino solo contributi minori all'aroma e al sapore dell'olio.

Inoltre, è stato trovato che anche alcuni oli preparati a partire da rizomi freschi coltivati nelle Fiji (66%), nella Repubblica Centrafricana (30%) e a Mauritius (26%) avevano un alto contenuto di citrale (40%), mentre oli ottenuti da alcuni rizomi di zenzero asiatici ne contenevano bassi livelli.

Sia lo zingiberene che il β -sesquifellandrene possono essere ossidati ad *ar*-curcumene nell'olio conservato in condizioni non ottimali; alti livelli di *ar*-curcumene possono quindi indicarci che l'olio si sia degradato, o possono darci delle indicazioni sulle condizioni di distillazione.

In genere i campioni di olio distillato a vapore non contengono i composti che impartiscono allo zenzero la piccantezza ma gli oli di zenzero estratti con anidride carbonica nello stato supercritico contenevano circa il 20% di componenti pungenti: questi oli conservano infatti il tipico odore speziato e pungente dello zenzero.

Ricercatori indiani hanno invece riportato che l'aroma agrumato dell'olio di zenzero (dovuto alla presenza di citrale) è caratteristico dell'olio distillato dallo zenzero fresco o essiccato rapidamente,

mentre gli oli commerciali e gli oli ottenuto da zenzero essiccato al sole mancano della nota di limone. Così attualmente non è chiaro se la variabilità riportata nel contenuto citrale sia dovuta a fattori genetici, a fattori ambientali o ontogenetici, a fattori relativi alla manipolazione o alla lavorazione post-raccolta, o ad una combinazione di questi fattori.

L'olio di zenzero preparato per distillazione a vapore dello zenzero essiccato ha la consistenza di un liquido da giallo pallido ad ambra chiaro la cui viscosità aumenta con l'invecchiamento o l'esposizione all'aria. L'odore dell'olio è descritto come caldo, ma legnoso e speziato. L'iniziale nota fresca ha una particolare somiglianza con l'olio di arance, citronella e coriandolo, mentre il sottotono dolce e pesante è tenace e ricco. Anche le proprietà organolettiche degli oli di zenzero variano leggermente a seconda della provenienza geografica dello zenzero essiccato.

L'olio essenziale di zenzero è ampiamente utilizzato in diversi settori quali profumeria, cosmesi, settore alimentare e settore farmaceutico.

3.3 Proprietà benefiche dello zenzero

Lo zenzero possiede diverse proprietà che risultano essere benefiche nei confronti dell'organismo. La maggior parte di queste attività è stata studiata in riferimento ad alcuni dei principali costituenti dello zenzero: infatti tra i composti che hanno dimostrato possedere proprietà benefiche sono presenti soprattutto i gingeroli e gli shogaoli.

Negli ultimi anni numerosi studi hanno infatti dimostrato che questi composti possono mostrare attività antinausea ed antiemetica, antinfiammatoria, antiossidante, antimicrobica nonché un miglioramento delle funzionalità cardiovascolari.

Tra le tutte queste l'attività antinausea ed antiemetica è stata dimostrata da diverso tempo in quanto da tempi memorabili lo zenzero è stato utilizzato per il trattamento della nausea e soprattutto come rimedio al mal di mare. Nel corso degli anni l'efficacia dello zenzero nel trattamento di nausea e vomito è stata ampiamente studiata e dimostrata e non a caso l'agenzia europea del farmaco (EMA) ha riconosciuto l'effettiva utilità dello zenzero nel trattamento di queste condizioni. Attualmente esistono diversi integratori alimentari che vengono utilizzati in varie formulazioni con lo scopo di alleviare la nausea e impedire l'emesi. Tra i formulati presenti in commercio è possibile trovare principalmente capsule contenenti zenzero in polvere e caramelle contenenti estratti della spezia.

Le proprietà benefiche dello zenzero comprendono anche una attività antinfiammatoria e diversi studi, effettuati sia sull'uomo sia su animali da laboratorio (ratti e visoni) hanno dimostrato la capacità dello zenzero nel ridurre infiammazioni e dolori articolari.

Inoltre il rizoma dello zenzero è uno degli alimenti più ricchi in antiossidanti, e una dieta ricca di zenzero aiuta l'organismo nel ritardare l'invecchiamento e prevenire lo sviluppo di numerose malattie.

Lo zenzero ed in particolare il rizoma fresco contiene numerose vitamine e sali minerali in grado di garantire un buon funzionamento del metabolismo: in particolare il potassio è un minerale utile nel mantenimento della salute dell'apparato cardiovascolare, mentre fosforo e calcio aiutano al mantenimento della salute delle ossa e il ferro è un minerale necessario alla produzione dei globuli rossi.

Le vitamine che sono presenti in maggiore quantità sono la vitamina C e la vitamina B3 (niacina), entrambe vitamine idrosolubili che rientrano nel gruppo delle vitamine essenziali, ovvero quelle che non possono essere sintetizzate dall'organismo.

Altri studi hanno dimostrato che alcune molecole contenute nello zenzero sono in grado di svolgere anche una attività antimicrobica, pertanto è stato suggerito che lo zenzero può essere impiegato in alcuni alimenti per preservare la salubrità dell'alimento e allungarne la shelf-life; inoltre il suo consumo aiuta l'organismo nel contrastare diversi tipi di infezioni.

Infine lo zenzero possiede una attività benefica per quanto riguarda il mantenimento di una corretta funzionalità del sistema cardiocircolatorio, infatti è stato dimostrato che l'assunzione regolare di zenzero è in grado di svolgere diversi effetti positivi ed in particolare è stato dimostrato che è in grado di abbassare i valori di colesterolo nel sangue, sia per quanto riguarda il colesterolo totale sia nei confronti del colesterolo-LDL: infatti lo zenzero è in grado di prevenire lo sviluppo di placche aterosclerotiche, che possono portare allo sviluppo di complicazioni circolatorie tra cui infarto del miocardio, ictus e angina pectoris.

Un ulteriore aiuto per il sistema circolatorio è svolto dalla capacità dello zenzero di agire come vasodilatatore diminuendo di conseguenza la pressione sanguigna.

Inoltre lo zenzero è in grado di regolare la glicemia e quindi mantenere regolari i livelli di zuccheri nel sangue evitando manifestazioni di iperglicemia e ipoglicemia.

3.3.1 *Antinausea e antiemetico*

Lo zenzero è tradizionalmente usato per trattare i sintomi gastrointestinali e recenti ricerche hanno dimostrato che lo zenzero è in grado di alleviare efficacemente la nausea e l'emesi.

Diversi studi si sono focalizzati sulla valutazione dello zenzero come antiemetico per il controllo della nausea e del vomito indotti dalla chemioterapia. La nausea e il vomito sono due dei più comuni effetti indesiderati indotti dalla chemioterapia pertanto risulta molto importante cercare di limitare il più possibile il verificarsi di tali fenomeni. Si stima che il 36 - 62% dei pazienti sottoposti a

chemioterapia riferisce di provare nausea nelle 24 ore successive alla chemioterapia, anche con l'utilizzo di farmaci antiemetici raccomandati. Questo fenomeno ha condotto diversi studiosi a ricercare sostanze non farmacologiche che siano in grado di supportare l'attività antiemetica dei farmaci.

In uno di questi studi è stato dimostrato che i gingeroli, possiedono attività antiemetica, attraverso l'analisi dell'inibizione della nausea e del vomito indotti dalla chemioterapia su ratti e visoni. Sia nel caso dei ratti che nel caso dei visoni la CINV (Chemotherapy induced nausea and vomit) è stata indotta dall'assunzione di cisplatino, un farmaco chemioterapico.

I risultati ottenuti dallo studio hanno mostrato che la CINV è significativamente diminuita dopo il pretrattamento con gingerolo in modo dipendente dal dosaggio. Successivamente è stato confrontato l'effetto antiemetico del gingerolo con quello mostrato dal metoclopramide (comune farmaco antiemetico), ottenendo nel caso di un alto dosaggio di gingerolo un effetto antiemetico migliore.

Per verificare l'effetto antiemetico del gingerolo e del metoclopramide sono stati inoltre studiati sia i danni riportati all'area postrema e all'ileo. La colorazione con ematossilina eosina ha permesso di osservare che dopo il trattamento con l'agente chemioterapico (cisplatino) le cellule nervose nell'area postrema sono risultate essere gonfie e disposte in modo disordinato. Inoltre alcune cellule nervose si sono ridotte di dimensione e in alcuni casi hanno perso completamente la loro funzionalità.

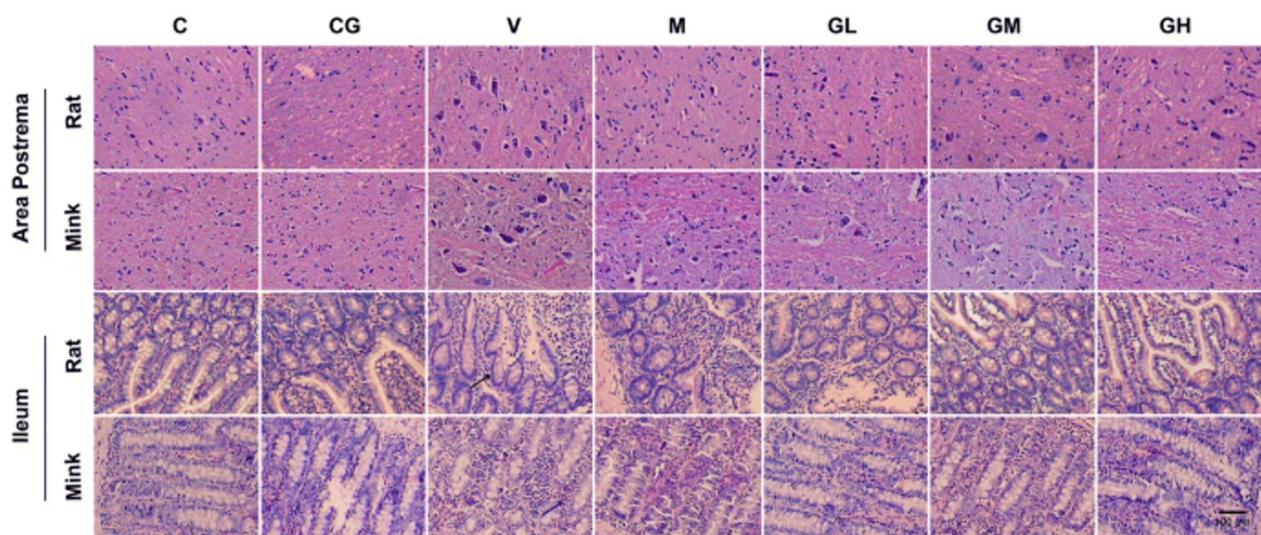


FIGURA 14: Osservazione al microscopio dei tessuti prelevati da area postrema e ileo di ratti e visoni (C: contr, CG:gingerolo, V: cisplatino, M: cispl. + metoclopramide, GL, GM, GH: cispl + gingerolo).

Tuttavia, il numero di neuroni anormali è stato ridotto notevolmente nei gruppi trattati con gingerolo in modo dipendente dal dosaggio e l'effetto del metoclopramide è risultato più debole di quello osservato con gingerolo ad alto dosaggio. Il gingerolo ha inoltre determinato una notevole diminuzione nella perdita di villi, cellule epiteliali e cellule infiammatorie in modo dipendente dal

dosaggio. I risultati dello studio hanno quindi dimostrato che il gingerolo è in grado di proteggere l'area postrema e l'ileo dai danni provocati dall'assunzione di cisplatino.

Nella Figura 14 a seguire è possibile osservare il risultato osservato al microscopio nei diversi campioni prelevati dall'area postrema ed ileo sia dei ratti che dei visoni a seguito di colorazione con ematossilina eosina (EE).

3.3.2 *Antinfiammatorio*

L'infiammazione è un meccanismo di difesa del corpo ed è rappresentato da un insieme di eventi che si verificano nei tessuti quando questi vengono a contatto con agenti dannosi di varia natura. L'obbiettivo del processo infiammatorio è quello di eliminare gli agenti di danno e rimuovere i componenti del tessuto che sono stati danneggiati, promuovendo la guarigione del tessuto stesso. Gli agenti di danno possono essere di varia natura: agenti fisici (ad esempio traumi e basse temperature), agenti chimici (veleni, tossine) e agenti biologici (batteri, virus). I principali fenomeni fisiologici alla base del processo infiammatorio sono la vasodilatazione e l'aumento della permeabilità che comportano il trasporto di liquidi verso il tessuto danneggiato.

Uno studio ha determinato l'efficacia di uno dei maggiori costituenti dello zenzero, il 6-gingerolo, nel trattamento dell'infiammazione. Questo studio è stato condotto in vivo analizzando i risultati ottenuti nei ratti. In tale studio è stata indotta una infiammazione nella zampa dei ratti grazie alla somministrazione diretta di carragenina sulla zampa, causando quindi lo sviluppo di un edema nella zampa degli stessi e quindi ai ratti sono state somministrate differenti dosi di 6-gingerolo o di indometacina come farmaco di controllo.

Dai risultati ottenuti è stato osservato che il 6-gingerolo è in grado di diminuire lo stato di infiammazione della zampa con un effetto dose dipendente.

3.3.3 *Antiossidante*

Gli antiossidanti sono molecole in grado di prevenire o rallentare l'ossidazione di altre molecole.

Gli antiossidanti svolgono una funzione molto importante negli organismi viventi in quanto sono in grado di rallentare lo stress ossidativo, un processo chimico che prevede la formazione di radicali liberi ovvero specie chimiche instabili che possiedono elettroni spaiati e pertanto tendono a reagire con altre molecole al fine di stabilizzarsi.

Lo stress ossidativo inizia a verificarsi grazie alla presenza di ROS (Reactive Oxygen Species) che vengono prodotte dall'organismo anche in condizioni normali ma che aumentano in presenza di stati

patologici o fonti esogene come inquinamento, radiazioni ultraviolette, agenti chimici e stress, innescando reazioni catena.

Le cellule dell'organismo vengono protette dai danni dei radicali liberi quando sono presenti molecole antiossidanti, infatti gli antiossidanti reagiscono con i radicali liberi prima che questi possano attaccare le strutture biologiche cellulari del nostro organismo. In condizioni in cui l'organismo possiede un basso numero di antiossidanti oppure nel caso in cui i radicali liberi siano presenti in grande quantità allora si verifica un forte aumento del processo di stress ossidativo che risulta nel danneggiamento delle strutture cellulari, di conseguenza con il passare del tempo lo stress ossidativo è in grado di indurre modifiche significative nelle strutture cellulari determinando quindi disfunzioni a livello di tessuti e organi.

All'interno della pianta dello zenzero sono presenti una grande quantità di molecole antiossidanti che una volta ingerite sono in grado di contrastare lo stress ossidativo e sono inoltre in grado di stimolare la produzione di antiossidanti endogeni da parte dell'organismo.

Secondo uno studio la somministrazione orale di olio essenziale di zenzero nei topi aumenta la produzione di antiossidanti endogeni come catalasi, superossidodismutasi, glutazione e glutazione reductasi nel sangue e di superossidodismutasi, glutazione-perossidasi e glutazione-s-transferasi nel fegato. Tali risultati hanno quindi dimostrato il ruolo dell'olio essenziale di zenzero nel proteggere le cellule dai radicali liberi, aumentando la produzione di enzimi antiossidanti.

Inoltre lo zenzero e in particolare alcuni suoi componenti hanno mostrato di possedere un effetto antiossidante in diversi sistemi cellulari: esso è stato classificato al primo posto tra i cinque alimenti più ricchi di antiossidanti, comprese bacche, noci, semi di girasole e melograno.

(10) Un altro studio recente ha determinato e confrontato l'effetto antiossidante dei maggiori costituenti dello zenzero ovvero 6-gingerolo, 8-gingerolo, 10-gingerolo e 6-shogaolo con l'alpha-tocoferolo (Vitamina E) con diversi saggi.

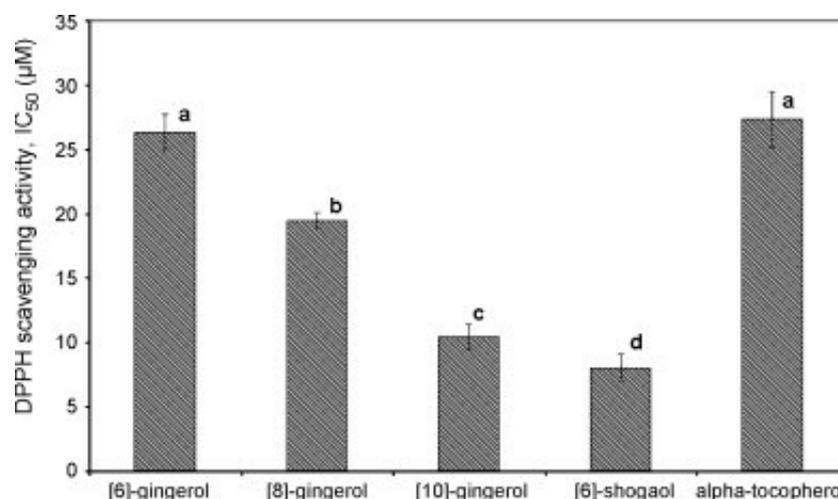


FIGURA 15: Attività scanvenger di gingeroli e shogaolo misurata con il test del DPPH.

Tutti i saggi hanno mostrato che il 6-shogaolo è la molecola con maggiore azione antiossidante seguita dal 10-gingerolo, dall'8-gingerolo e infine dal 6-gingerolo che ha mostrato il potere antiossidante minore e la stessa attività antiossidante dell'alpha-tocoferolo, utilizzato come controllo positivo.

3.3.4 Antimicrobico

Una sostanza antimicrobica è una sostanza chimica in grado di uccidere o inibire la crescita di microrganismi. Numerosi studi si sono focalizzati nell'impiego dello zenzero con funzione antimicrobica ed è stato dimostrato che questa spezia possiede attività antimicrobica.

In particolare lo zenzero ha mostrato un effetto antimicrobico sia nei confronti di batteri gram-positivi sia nei confronti di gram-negativi e si è dimostrato particolarmente efficace nel prevenire la crescita di alcuni generi di batteri.

Con uno studio eseguito per determinare l'attività antimicrobica dello zenzero è stato dimostrato che l'olio essenziale di zenzero è molto efficace nell'inibizione di alcuni tipi di batteri. Lo studio è stato condotto con lo scopo di determinare l'attività antimicrobica dell'olio essenziale ottenuto da zenzero essiccato nei confronti di diversi agenti patogeni di origine alimentare, tra cui *Escherichia coli*, *Pseudomonas aruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae*, *Klebsiella spp* e *Salmonella spp*. L'olio di zenzero ha mostrato la maggior inibizione nei confronti di *Salmonella spp* e la minore contro *Escherichia coli*, ma ha comunque mostrato una efficace azione antibatterica nei confronti di tutti gli agenti patogeni studiati.

Un ulteriore studio ha dimostrato l'attività antimicrobica posseduta dallo zenzero. In questo studio sono stati utilizzati 4 diversi estratti di zenzero: estratto a freddo di zenzero, estratto a caldo di zenzero, estratto di zenzero con etanolo, olio essenziale di zenzero. L'efficacia degli estratti sopra citati è stata valutata in termini di inibizione nei confronti di alcuni batteri patogeni tra cui: *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Klebsiella spp*, *Serratia marcescens*, *Vibrio cholerae*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus spp*.

I risultati di questo studio indicano che gli estratti di zenzero hanno un effetto molto diverso a seconda del microrganismo preso in considerazione anche se nel complesso gli estratti di zenzero che sono risultati maggiormente efficaci nell'inibire i microrganismi sono l'olio essenziale di zenzero e l'estratto di zenzero ottenuto mediante impiego di etanolo. L'inibizione maggiore è stata trovata nei confronti di *Streptococcus spp*, e tutti gli estratti di zenzero (ad eccezione dell'estratto con acqua calda) hanno avuto efficacia nell'inibizione dei batteri gram-negativi *Escherichia coli*, *Salmonella spp* e *Klebsiella spp*; invece *Serratia marcescens* (batterio gram-negativo) e *Vibrio cholerae* (batterio

gram-positivo) sono risultate essere le specie più resistenti nei confronti di tutti gli estratti di zenzero testati.

La maggiore efficacia dell'estratto di zenzero ottenuto mediante etanolo è probabilmente imputabile al fatto che l'etanolo è in grado di estrarre in modo ottimale i composti organici quali zingerone, gingeroli e shogaoli, che sono le molecole responsabili dell'attività antimicrobica.

3.3.5 Funzionalità cardiovascolare: controllo di diabete e colesterolo

Il diabete mellito è una delle malattie non trasmissibili con maggiore prevalenza a livello globale. Questa condizione patologica rappresenta un grave disturbo metabolico caratterizzato da una costante instabilità del livello glicemico in cui si verifica una alternanza di iperglicemia e ipoglicemia nel sangue dovuto a produzione insufficiente o inefficace di insulina derivante da anomalie metaboliche. Il trattamento del diabete mellito può prevedere sia un trattamento di tipo non farmacologico (esercizio fisico, regime dietetico) sia un trattamento farmacologico che comporta la somministrazione prevalentemente orale di sostanze in grado di regolare la glicemia. Tuttavia, l'utilizzo di farmaci può comportare diversi effetti collaterali, perciò è spesso consigliabile ricorrere a forme alternative di trattamento con effetti collaterali minimi o nulli. È stato dimostrato che alcune piante medicinali sono utili nel controllo del diabete e lo zenzero è una delle specie vegetali che possono essere assunte per il suo trattamento. Sono infatti disponibili numerosi rapporti in letteratura che riportano le potenzialità di questa spezia in studi in vitro e in vivo.

Studi in vitro hanno dimostrato che sia il 6-shogaolo che il 6-gingerolo possono prevenire la progressione delle complicanze diabetiche e il 6-gingerolo può ridurre i livelli di glucosio plasmatico e insulina nei topi con obesità indotta da una dieta ricca di grassi; la somministrazione di estratto di zenzero è inoltre grado di abbassare il livello di glucosio nel sangue.

Gli studi hanno quindi dimostrato che lo zenzero e i suoi composti bioattivi sono in grado di proteggere dal diabete mellito e dalle sue complicanze e anche l'Organizzazione Mondiale della Sanità in una serie di relazioni tecniche ha sostenuto e incoraggiato il suo utilizzo per il controllo del diabete.

Lo zenzero oltre a regolare la glicemia ha anche dimostrato una efficacia nel controllo della quantità di colesterolo nel sangue. In particolare uno studio ha cercato di determinare l'efficacia dello zenzero come regolatore del colesterolo. Lo studio in questione è stato condotto somministrando ad un gruppo di persone zenzero in polvere (o un placebo) giornalmente per un periodo di 3 mesi.

Dai risultati ottenuti (Tabella 4) si è potuto osservare che mentre nel gruppo di controllo i parametri studiati erano rimasti invariati, il gruppo a cui è stato somministrato lo zenzero essiccato ha mostrato una diminuzione del colesterolo LDL e del colesterolo totale e una diminuzione del peso corporeo.

TABELLA 4: Colesterolo LDL, colesterolo totale e peso corporeo prima e dopo il trattamento.

Parameter	Pretreatment	Post-treatment	Change in %	p-value
DRUG GROUP				
<i>LDL-Cholesterol</i>	185.21 ± 2.01	157.72 ± 1.90	17.41%	<0.001
<i>Total-Cholesterol</i>	251.11 ± 2.00	230.71 ± 1.77	8.83%	<0.001
<i>Body weight</i>	79.01 ± 3.01	77.32 ± 2.61	2.11%	<0.05
PLACEBO GROUP				
<i>LDL-Cholesterol</i>	143.25 ± 1.99	142.98 ± 2.61	0.18%	>0.05
<i>Total-Cholesterol</i>	190.47 ± 2.71	188.99 ± 2.50	0.77%	>0.05
<i>Body weight</i>	76.73 ± 2.19	76.56 ± 2.71	0.22%	>0.05

E' stato quindi possibile dimostrare che lo zenzero è efficace nell'abbassare il livello dei lipidi plasmatici ed il peso corporeo degli individui oggetto di studio, determinando quindi un effetto preventivo nei confronti dello sviluppo di malattie cardiovascolari associate ad un elevata presenza di lipidi nel sangue.

3.3.6 Tossicologia e possibili effetti collaterali

Lo zenzero è utilizzato da secoli come spezia e viene consumato giornalmente da milioni di persone nel mondo, pertanto il consumo di questa spezia può essere ritenuto sicuro.

Nonostante ciò negli ultimi anni si è verificato un notevole aumento nel consumo di zenzero con funzione terapeutica e di conseguenza sono state rilevate delle controindicazioni. I potenti composti bioattivi contenuti nello zenzero infatti, se somministrati in elevate quantità possono determinare alcuni possibili effetti negativi nel nostro organismo. In particolare le principali controindicazioni che sono state osservate sono una elevata produzione di gas, bruciore di stomaco e gonfiore, oltre a nausea. Se si eccede con l'assunzione di zenzero si può infatti incorrere in bruciori di stomaco e disturbi intestinali con flatulenza e diarrea ed è stato dimostrato che questi effetti possono verificarsi quando la quantità assunta è maggiore a 6 grammi al giorno.

Gli effetti collaterali derivanti dall'assunzione di zenzero sono determinati dai componenti chimici dello zenzero che sono in grado di stimolare la secrezione di bile e in particolare quando lo stomaco è vuoto si verifica una eccessiva stimolazione gastrica, che causa dolori allo stomaco e nausea. Inoltre i gingeroli, possono stimolare la produzione di acido a livello gastrico e quindi determinare acidità di stomaco e conseguente sensazione di nausea.

Un ulteriore effetto collaterale che si manifesta a seguito di una eccessiva assunzione di zenzero è l'aumento del rischio di emorragia, in quanto lo zenzero ha il potere di diminuire l'aggregazione delle piastrine nel sangue.

Inoltre il Ministero della Salute e l'AIFA (Agenzia Italiana del Farmaco) sconsigliano l'ingestione di prodotti contenenti zenzero da parte delle donne in stato di gravidanza in quanto l'utilizzo di questa spezia in gravidanza non è considerato totalmente sicuro dato che attualmente non esistono sufficienti studi in grado di dimostrare la sicurezza nell'utilizzo di questa spezia.

È stato inoltre dimostrato che utilizzare estratto di zenzero in elevate dosi può causare depressione del sistema nervoso centrale e aritmie cardiache.

Un ulteriore effetto collaterale dello zenzero è quello del possibile verificarsi di allergie: infatti in alcuni soggetti il consumo di zenzero anche in normali dosi può causare eruzioni cutanee e altre tipologie di infiammazioni cutanee.

Capitolo 4

CONCLUSIONI

Lo zenzero è una spezia molto diffusa a livello globale, e grazie al suo caratteristico ed inconfondibile sapore viene utilizzata da secoli in cucina ed è diventata quindi un ingrediente peculiare nella storia culinaria di diversi paesi.

Originariamente la pianta dello zenzero veniva coltivata in Cina, successivamente grazie alla via della seta la spezia ha raggiunto l'Europa per poi diffondersi ulteriormente nel resto del mondo. Attualmente i maggiori produttori di zenzero a livello mondiale sono Cina e India.

La pianta dello zenzero ha un portamento cespuglioso con foglie verdi e può raggiungere una altezza di circa 1,5 metri. La coltivazione dello zenzero avviene in paesi in cui le temperature annuali sono comprese tra i 15 e 35 °C, infatti quando le condizioni climatiche sono caratterizzate da temperature inferiori ai 15°C la pianta non è in grado di crescere o presenta uno sviluppo stentato.

Il rizoma è la parte della pianta di maggior interesse, infatti può essere utilizzato in varie forme, tra queste le più conosciute sono zenzero fresco, zenzero essiccato, olio essenziale di zenzero, oleoresina, zenzero in sciroppo e in salamoia, zenzero candito, ginger Ale, birra allo zenzero e vino allo zenzero.

Tra i processi di trasformazione che hanno dimostrato avere maggiore impatto sulla composizione chimica della spezia sono presenti i trattamenti termici, in particolare la fase di essiccamento è un processo cruciale nel determinare la qualità dello zenzero essiccato e la qualità dei prodotti ottenuti a partire da zenzero essiccato: infatti, è importante considerare un corretto binomio di tempo e temperatura di essiccamento al fine di preservare i principali costituenti che caratterizzano tale spezia.

Il costituente maggiormente presente nello zenzero è l'amido che si accompagna ad oli volatili, grassi pesanti, composti pungenti, resine, proteine, vitamine ed elementi minerali: inoltre tra i composti caratterizzanti la spezia sono presenti terpeni e composti fenolici.

Lo zenzero risulta essere sicuramente un alimento salutare, grazie al suo basso indice glicemico e alla presenza di molte vitamine e minerali. In particolare nello zenzero fresco è stato osservato un elevato contenuto di vitamina C.

Le principali molecole che hanno dimostrato possedere proprietà benefiche nei confronti dell'organismo sono risultate essere il 6-gingerolo, 8-gingerolo, 10-gingerolo e 6-shogaolo.

Dai risultati ottenuti da diversi studi è stato notato che lo zenzero possiede notevoli benefici per la salute del nostro organismo, in particolare tra le attività che sono state osservate sono presenti: proprietà antinfiammatorie, antimicrobiche, antiemetica ed antinausea oltre a garantire un corretto funzionamento dell'attività cardiovascolare attraverso la regolazione della glicemia e il mantenimento di regolari valori di colesterolo. Uno dei più remoti e diffusi utilizzi dello zenzero è il suo impiego nel trattamento di nausea e vomito, in particolare quando questi vengono determinati dalla chemioterapia. Lo zenzero ha inoltre dimostrato possedere una elevata attività antiossidante, tanto da essere considerato uno dei cibi con maggior potere antiossidante.

Lo zenzero è da sempre utilizzato in cucina, infatti esistono famose preparazioni alimentari che vengono realizzate utilizzando lo zenzero come ingrediente caratteristico. Basti pensare che il curry, un famoso mix di spezie, vanta tra i suoi ingredienti proprio lo zenzero in polvere.

Anche i famosi biscotti al pan di zenzero, particolarmente consumati nel periodo natalizio, sono oggi famosi in tutto il mondo e sono prodotti utilizzando come ingrediente caratteristico proprio lo zenzero. Il successo di questa spezia in cucina è dovuto essenzialmente al suo sapore e alla sua caratteristica nota di piccantezza, che contribuiscono a conferire ai cibi un sapore deciso e unico nel suo genere. L'utilizzo della spezia può essere apprezzato sia nel periodo estivo grazie al suo sapore fresco sia nel periodo invernale grazie al suo potere riscaldante.

Capitolo 5

SITOGRAFIA E BIBLIOGRAFIA

- “*Zenzero: come usarlo e cucinarlo*” (2019) Arquint Irene, Demetra editore. ISBN: 978-8844054502.
- “*The Agronomy and Economy of Turmeric and Ginger*” (2013) Prabhakaran Nair K.P. Ed., Elsevier, ISBN 9780123948014, URL: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123948014/the-agronomy-and-economy-of-turmeric-and-ginger#book-description>
- “*Zingiber officinale R: utilizzo terapeutico*” (2014) Zanin Sofia, Tesi di laurea, Università degli studi di Padova, AA 2013/2014.
- “*Macchine ed impianti per la coltivazione dello zenzero*” (2019) Amirante Paolo. URL: https://www.researchgate.net/publication/332523703_MACCHINE_ED_IMPIANTI_PER_LA_COLTIVAZIONE_DELLO_ZENZERO
- “*Development of a ginger product to add value to the Fijian ginger industry*” (2016) Wiseman Bronwyn, Technical Report, The Pacific Horticultural and Agricultural Market Access Program (PHAMA Plus), Fiji. URL: <https://phama.com.au/wp-content/uploads/2018/02/TR110-Development-of-a-ginger-product-to-add-value-to-the-Fiji-ginger-industry.pdf>
- “*Extraction and Characterization of Essential Oil from Ginger (Zingiber Officinale Roscoe) and Lemongrass (Cymbopogon citratus) by Microwave-Assisted Hydrodistillation*” (2012) Ranitha.M., Thesis, Universiti Malaysia Pahang, URL: <http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/4996/1/CD6494.pdf>
- “*Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Fresh Rhizome Essential Oil of Zingiber Officinale Roscoe*” (2016) Sharma P. K., Singh V., Ali M., Pharmacognosy Journal, **8 (3)**, 185-190. <https://doi.org/10.5530/pj.2016.3.3>
- “*Chemical analysis of essential oil of ginger (Zingiber officinale)*” (2005) Misbah Sultan, Haq Nawaz Bhatti, Zafar Iqbal, Pakistan Journal of Biological Sciences, **8**, 1576-1578. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2005.1576.1578>

- “Ginger” (2012) Vasala P.A., Pages 319-335, da *Handbook of Herbs and Spices*, Peter K.V. Ed. in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Woodhead Publishing, ISBN 9780857090393. <https://doi.org/10.1533/9780857095671.319>
- “Ginger” (2008) Zachariah T. John, Pages 70-96, da *Chemistry of Spices*, Parthasarathy V., B Chempakam B., Zachariah T. Eds. CABI, ISBN 9781845934200. <https://www.cabi.org/bookshop/book/9781845934200/>
- “Phytochemistry and pharmacology of plants from the ginger family, Zingiberaceae” (2008) Wohlmuth H. PhD Thesis, Southern Cross University, Lismore, NSW. https://urly.it/39_-0
- “An Impression on Current Developments in the Technology, Chemistry, and Biological Activities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)” (2012) Rahath Kubra I., Jagan Mohan Rao L., *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(8), 651-688, <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.505689>
- “Ginger as an Antiemetic Modality for Chemotherapy-Induced Nausea and Vomiting: A Systematic Review and Meta-Analysis” (2013) Jiyeon Lee, Heeyoung Oh, *Oncology Nursing Forum*, 40(2), 163-170. <https://doi.org/10.1188/13.ONF.163-170>
- “Gingerol inhibits cisplatin-induced acute and delayed emesis in rats and minks by regulating the central and peripheral 5-HT, SP, and DA systems” (2020) Tian, L., Qian, W., Qian, Q. et al. *J Nat Med* 74, 353–370 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01372-x>
- “Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol” (2010) Swarnalatha Dugasani, Mallikarjuna Rao Pichika, Vishna Devi Nadarajah, Madhu Katyayani Baliyepalli, Satyanarayana Tandra, Jayaveera Narsimha Korlakunta, *Journal of Ethnopharmacology*, 127(2), 515-520, ISSN 0378-8741. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.10.004>
- “Antibacterial activity of ginger extracts and its essential oil on some of pathogenic bacteria” (2010) Mohammed Ibraheem Nader, Kais Kassim Ghanima, Safaa Abdalrasool Ali, Dalia Ahmad Azhar, *Baghdad Science Journal*, 7(3), 1159-1165. https://www.researchgate.net/publication/301229867_Antibacterial_activity_of_ginger_extract_and_its_essential_oil_on_some_of_pathogenic_bacteria
- “Effects of Ginger on LDL-C, Total Cholesterol and Body Weight” (2018) Murad S, Niaz K, Aslam H, *Clin Med Biochem*, 4(2), 140. <https://doi.org/10.4172/2471-2663.1000140>
- [Wikipedia - Zingiber officinale](#)
- [Enciclopedia Treccani - Zenzero](#)
- [Atlante delle coltivazioni erbacee - Zenzero \(*Zingiber officinalis* Rosc.\)](#)

RINGRAZIAMENTI

Questo elaborato di tesi rappresenta la conclusione di un percorso di studio ma soprattutto rappresenta un'esperienza di vita che porterò nei miei ricordi per tutta la vita.

In questi tre anni ho avuto la possibilità di conoscere tantissime persone che mi hanno aiutato a crescere e affrontare le difficoltà.

Innanzitutto vorrei ringraziare i miei genitori, mio fratello, i miei nonni e i parenti più stretti per avermi sostenuto in questa fase della mia vita, nonostante le difficoltà incontrate durante il percorso.

Un ringraziamento sincero va anche al mio relatore di tesi, la professoressa Patricia Carloni che mi ha consentito di affrontare questo progetto in modo sereno e aiutandomi nella realizzazione dello stesso, dimostrandosi sempre disponibile e puntuale nel fornire chiarimenti in merito all'elaborato di tesi.

Vorrei inoltre ringraziare tutti i compagni di corso con cui ho condiviso tantissime esperienze che mi hanno aiutato a sviluppare la mia personalità.

Un ringraziamento speciale voglio porlo a Filippo e Marco che mi hanno sostenuto durante tutto il percorso di studi e con cui ho condiviso ogni momento positivo e negativo, dal primo anno fino alla fine del terzo anno.

Un grazie sincero a tutti i miei amici di compagnia con cui ho condiviso momenti di studio, ma anche momenti di divertimento, sostenendoci sempre in ogni situazione.

Un grazie enorme va anche agli amici che mi hanno aiutato e incoraggiato nel superare l'esame di Fisica.