



Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Ambientali

Corso di Laurea in: SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

LA COTOGNA (*CYDONIA OBLONGA* MILL., 1768): UNA INTERESSANTE FONTE DI COMPOSTI BIOATTIVI.

Quince, an Interesting Source of Bioactive Compounds

Tipo Tesi: compilativa

Studente:

Riccardo Pierri

Relatore:

Prof.ssa Patricia Carloni

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

Alla mia famiglia.

SOMMARIO

SOMMARIO	1
ELENCO DELLE FIGURE	3
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	5
CAPITOLO 2 ORIGINE E ASPETTI AGRONOMICI DELLA MELA COTOGNA	7
2.1 Storia e diffusione	7
2.2 Aspetti botanici generali	13
CAPITOLO 3 COMPOSIZIONE, PROPRIETÀ E UTILIZZI DEL COTOGNO	15
3.1 Composizione chimica.....	15
3.1.1 Carboidrati.....	16
3.1.2 Proteine	17
3.1.3 Lipidi	17
3.1.4 Vitamine	18
3.1.5 Minerali	19
3.1.6 Polifenoli.....	19
3.1.7 Acidi organici	20
3.1.8 Volatili.....	21
3.1.9 Altri composti	21
3.2 Proprietà.....	22
3.3 Utilizzi	24
3.3.1 Trasformazioni tecnologiche	26
3.3.2 Packaging.....	26
CAPITOLO 4 STUDI SPECIFICI SUL COTOGNO	29
4.1 Effetto dei trattamenti termici sulle proprietà fisico-chimiche e bioattive della mela cotogna (<i>Cydonia oblonga</i> Mill.) e i dei suoi prodotti.....	29

4.2 Effetto di vari metodi di essiccazione sui parametri chimico-fisici e sulle proprietà bioattive del frutto della mela.	35
4.3 Studio del contenuto fenolico totale, dell'attività antiossidante e dell'attività inibitoria dell'enzima polifenolo ossidasi su estratti della foglia, della buccia e dei semi di mela cotogna.	37
4.4 Effetti del trattamento termico sulla composizione fenolica, sulla capacità antiossidante della mela cotogna e sulle proprietà sensoriali delle sue tisane.	39
CAPITOLO 5 CONCLUSIONI.....	41
BIBLIOGRAFIA	42
RINGRAZIAMENTI	44

Elenco delle figure

Figura 1-2 Origine e diffusione del cotogno nel mondo (Abdollahi, 2009)	8
Figura 1-3 Transcaucasia (wikipedia.org)	9
Figura 1-4 Diverse varietà di cotogno (www.dpi.nsw.gov.au)	10
Figura 1-5 Luther Burbank (Britannica.com)	11
Figura 1-6 I maggiori produttori di cotogno dal 2000 al 2022 (fao.org).....	12
Figura 1-7 Mappa USDA della temperatura media annua minima invernale dell'Europa (Postman, 2009)	14
Figura 2-1 Struttura degli zuccheri predominanti nel frutto	16
Figura 2-2 Struttura della pectina, composta da unità di acido galatturonico	17
Figura 2-3 Struttura dell'acido aspartico	17
Figura 2-4 Struttura degli acidi grassi predominanti nel frutto	18
Figura 2-5 Struttura del retinolo	18
Figura 2-6 Struttura dell'acido clorogenico e della quercetina	20
Figura 2-7 Struttura dell'acido malico	21
Figura 2-8 Struttura dell'amigdalina, un glicoside cianogenetico, cioè capace di liberare acido cianidrico.....	22
Figura 2-9 Proprietà benefiche della cotogna (Islam, 2023)	24
Figura 2-10 Fioritura del cotogno (faideateingiardino.com)	25
Figura 2-11 Esempio di rivestimento edibile in un frutto (accelerice.com)	27
Figura 2-12 Preparazione di rivestimenti commestibili a partire dai semi di cotogno (Rather, 2023)	27
Figura 3-1 Variazioni nell'aspetto del frutto fresco di cotogno (a) con il trattamento tecnologico: cotto in acqua bollente (b), fritto in padella senza grassi (c), dopo spremitura (d) (Naiman, 2023a)	30

Figura 3-2 Contenuto di tannini nel frutto fresco di cotogno e in quelli trattati (Naiman, 2023a).....	31
Figura 3-3 Contenuto totale di carotenoidi (a), flavonoidi (b) e acidi fenolici (c) determinati mediante HPLC nei campioni di mela cotogna freschi e trattati (Naiman, 2023a)	32
Figura 3-4 Il diagramma di flusso del design sperimentale (Naiman, 2023b)	36
Figura 3-5 grafico dell'attività dell'ossidasi polifenolica per la foglia di cotogno (a), la buccia (b) e il seme (c) (Sonmez, 2023)	38
Figura 3-6 Contenuto di sostanze fenoliche: confronto tra prodotto tostato e non tostato (Maghsoudlou, 2019)	40

Capitolo 1

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Il cotogno (*Cydonia oblonga* Mill., 1768) è uno dei più antichi alberi da frutto conosciuti e nonostante le sue notevoli potenzialità nutrizionali e medicinali, la sua coltivazione è stata a lungo trascurata in Europa.

In questa tesi prima di tutto ho introdotto le origini e gli aspetti caratteristici della pianta e del frutto, prendendo in esame la sua storia, la sua diffusione e la sua morfologia. Successivamente ho esplorato le proprietà del prodotto concentrandomi sugli aspetti nutrizionali ed evidenziando le sue possibili applicazioni nella dieta e nella cura della salute. Infine, ho inserito studi specifici condotti sul frutto, riguardante i trattamenti termici, i processi di essiccazione, la tostatura e l'attività inibitoria nei confronti dell'enzima polifenolossidasi. Lo scopo di questi studi è quello di valutare le variazioni nella quantità di sostanze chimiche come i fenoli, al fine di evidenziare le differenze nell'attività antiossidante tra i diversi trattamenti.

Originaria della Transcaucasia, la pianta appartiene alla famiglia delle Rosaceae e offre frutti che vengono utilizzati principalmente per marmellate e gelatine. La sua coltivazione richiede terreno fertile, esposizione moderata al sole e pH neutro. La pianta è anche impiegata come portainnesto nano per le pere e mostra una buona resistenza alle malattie.

In alcuni paesi, come l'Argentina, il frutto è lavorato per ottenere estratti ricchi di sostanze benefiche come proteine, vitamina C, minerali e antiossidanti. Diversi studi hanno evidenziato le sue proprietà antitumorali, antidiabetiche, cardio-protettive, antinfiammatorie, antiallergiche e antibatteriche, rendendolo un candidato promettente per l'integrazione nella dieta e per varie terapie mediche.

Il cotogno è utilizzato anche nell'industria alimentare per il suo alto contenuto di pectina, sia nel frutto che nei semi. Gli estratti di cotogno vengono aggiunti a vari

prodotti alimentari per migliorarne la qualità e apportare benefici nutraceutici. I semi di cotogno, ricchi di mucillagini, trovano impiego nell'incapsulamento di batteri probiotici e nella produzione di rivestimenti biodegradabili edibili, offrendo un'alternativa sostenibile ai materiali di confezionamento tradizionali.

Alcuni studi hanno dimostrato che i trattamenti termici come la tostatura aumentano la concentrazione di composti bioattivi come tannini, carotenoidi e polifenoli, conferendo benefici per la salute. Anche la liofilizzazione si è rivelata un metodo efficace per conservare i nutrienti del cotogno, mantenendo intatte le sue proprietà benefiche.

Inoltre, gli estratti ottenuti dalle diverse parti del cotogno hanno dimostrato un potenziale effetto inibitorio sull'enzima PPO, coinvolto nell'imbrunimento enzimatico del frutto. Le foglie hanno mostrato una migliore attività antiossidante e inibitoria dell'enzima. Allo stesso modo, il trattamento termico della mela cotogna per la produzione di tè salutari ha portato a tisane con migliore gusto e colore, sebbene con ridotto contenuto di composti fenolici. Tuttavia, il trattamento termico ha aumentato l'attività antiossidante delle tisane, fornendo ulteriori benefici per la salute.

Capitolo 2

ORIGINE E ASPETTI AGRONOMICI DELLA MELA COTOGNA



Figura 2- Melo cotogno (www.giardinaggio.it)

2.1 Storia e diffusione

La mela cotogna (*Cydonia oblonga* Mill.) è un frutto originario dell'Asia occidentale, proveniente dalla regione della Transcaucasia ovvero dalle aree circostanti il Mar Caspio e il Caucaso, come l'Iran, l'Azerbaijan e l'Anatolia. Diversi studi hanno tracciato la storia della sua domesticazione, partendo dalla Mesopotamia, del 5000 a.C., fino ad arrivare agli antichi imperi della Grecia e della Persia del 500 a.C.

La cotogna ha avuto infatti una significativa presenza nella cultura antica, con menzioni nei testi degli antichi persiani, greci e romani, nonché rappresentazioni pittoriche e miniature in varie opere d'arte di quei periodi.

Per quanto riguarda la diffusione, sappiamo che il cotogno è stato introdotto in Europa passando attraverso la Persia, grazie soprattutto alle battaglie di Alessandro Magno in Medio Oriente. Per esempio, in Iran, tra le cultivar più significative troviamo Shams, Torsh e soprattutto Esfahan. Questi tipi sono stati probabilmente selezionati e diffusi per l'innesto dopo l'introduzione della propagazione clonale durante la dinastia safavide. (Abdollahi, 2009)

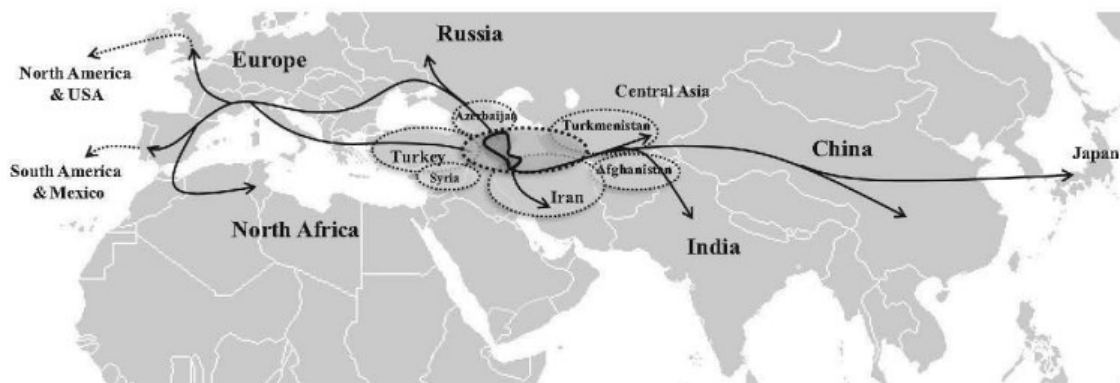


Figura 2-1 Origine e diffusione del cotogno nel mondo (Abdollahi, 2009)

In Turchia, sono invece presenti diverse cultivar autoctone di cotogno, come Smyrna, e Limon, sviluppate tramite selezione del germoplasma storico della pianta.

In Grecia, la diversità del germoplasma è costituita da genotipi locali derivati dal germoplasma storico della regione, anche se non sono stati compiuti molti sforzi per rilasciare nuove cultivar in questo paese.

In Italia, nonostante l'introduzione del germoplasma di cotogno durante l'epoca dell'Impero Romano, solo un numero limitato di genotipi e cultivar locali sono stati selezionati e conservati nelle collezioni di germoplasma del paese. Le principali cultivar di cotogno in Italia sono Portugal, Champion, Leskovacka, Vranja e Smyrna.

Le regioni intorno al Mar Nero, tra cui Armenia, Ucraina, Georgia e sud-ovest della Russia, ospitano invece un ampio germoplasma di alberi di cotogno, anche se principalmente non considerato per lo sviluppo di cultivar commerciali.



Figura 2-2 Transcaucasia (wikipedia.org)

Il sud-est europeo, con paesi come Bulgaria, Albania, Ungheria, Polonia, Repubblica Ceca e Serbia, rappresenta un'altra fonte di germoplasma di cotogna che potrebbe aver contribuito alla diffusione delle cultivar in Europa occidentale e centrale.

Anche in Francia, sono state sviluppate diverse cultivar di cotogna, di cui alcune importanti selezionate nella regione di Parigi.

Nel Regno Unito, gli sforzi invece si sono concentrati sull'uso del germoplasma della cotogna per lo sviluppo di portinnesti clonali anziché di nuove cultivar.

Troviamo una presenza importante del frutto anche nella religione islamica, attraverso alcune citazioni del Santo Profeta Maometto. Egli disse infatti: "Mangia l'Al Safarjal (il frutto del cotogno in lingua araba) perché può curare le condizioni cardiache e alleviare il dolore al petto". Disse anche che il consumo di cotogno purifica il respiro e rafforza il cuore.

Successivamente, grazie ai coloni europei, il frutto arrivò nel continente americano, dove si diffuse all'inizio nel Nord America e poi a seguire nei paesi dell'America centrale e Latina. Le cotogne introdotte e selezionate dai coloni comprendono diverse cultivar, come Fuller, Meech (Meech's Prolific), Missouri Mammoth e Rea's Mammoth.



Figura 2-3 Diverse varietà di cotogno (www.dpi.nsw.gov.au)

Anticamente negli Stati Uniti il cotogno era diffuso nelle case di classe media e utilizzato per la produzione di marmellate e conserve. Tuttavia, nel corso del ventesimo secolo, la produzione dello stesso è diminuita mentre è aumentato invece il valore commerciale di mele e pere. Gli acquirenti “moderni” hanno infatti cominciato a preferire frutti pronti da mangiare, causando il declino dell'interesse per il cotogno. Luther Burbank, un importante botanico e orticoltore statunitense, ha lavorato per migliorare questo prodotto, trasformandolo, da un frutto considerato immangiabile prima della cottura, in un prodotto paragonabile alle migliori mele. Attraverso il suo lavoro di selezione e ibridazione, infatti, sono state prodotte varietà di cotogno con frutti di migliore qualità e sapore (de Almeida Lopes, 2018; Postman, 2009).

Nonostante ciò, la diffusione di tale frutto in Nord America risultava veramente minima, se non trascurabile, ma sebbene lì sia sottovalutata, questi cotogni di Burbank hanno trovato la loro strada in altre parti del mondo, dove sono tra i pochi cultivar considerati degni di produzione. Come disse lui "La cotogna di oggi è, infatti, un prodotto quasi selvatico che ha atteso a lungo la sua opportunità. Resta ai frutticoltori di domani assicurarsi che le possibilità di questo frutto unico siano realizzate" (Postman, 2009).



Figura 2-4 Luther Burbank (Britannica.com)

La disponibilità di germoplasma di *Cydonia* negli Stati Uniti è aumentata significativamente dal 2002 al 2006 a seguito di alcune spedizioni per la raccolta di piante finanziate dall'USDA verso l'Armenia, la Georgia e l'Azerbaijan che tornarono con semi e talee di mele cotogne provenienti da questi paesi (McGinnis, 2007; Postman, 2009).

Per garantire la conservazione della varietà genetica, sono state istituite raccolte di germoplasma in varie regioni del mondo. Gli Stati Uniti e molti paesi dell'Europa e dell'Asia hanno creato vere e proprie banche del genoma, che ospitano una ricca diversità di promettenti genotipi di cotogna.

Ogni collezione contiene un'elevata varietà genetica che si è formata nel corso di molti anni grazie all'adattamento e alla selezione. Conservandole, otteniamo un tesoro di risorse genetiche che possono aiutare a rendere le cotogne più produttive e resistenti alle malattie. Queste iniziative sono importanti anche a preparare il terreno per miglioramenti futuri nella loro coltivazione.

Attualmente, la coltivazione del cotogno è diffusa in tutta l'area del Mediterraneo, e negli ultimi anni abbiamo assistito alla sua espansione in paesi come l'Argentina e l'Afghanistan, contribuendo così alla sua distribuzione globale. Inoltre, la Cina e altri paesi asiatici come l'Azerbaijan hanno acquisito un ruolo di rilievo nella produzione di diverse varietà di cotogne. Il frutto è conosciuto infatti con vari nomi in diverse lingue

e culture: per esempio in inglese è chiamato "quince", in cinese "wen po" e in arabo "sefarjal" (Abdollahi, 2019; de Almeida Lopez, 2018; Duron, 1989; Hussain, 2021; Postman, 2009).

Come si può osservare dai grafici sottostanti, dal 2000 al 2022, i maggiori produttori di cotogno nel mondo sono stati la Turchia, la Cina, l'Uzbekistan e l'Iran. Non c'è da sorprendersi che alcuni paesi del Medio Oriente abbiano il primato mondiale, dal momento che in quei luoghi la coltivazione della pianta ha origini antichissime. Ma è sorprendente notare come ci sia stato un aumento della produzione, nel corso degli anni, nei paesi dell'Asia orientale e centrale, tanto da superare incredibilmente quella dei paesi europei (fao.org).

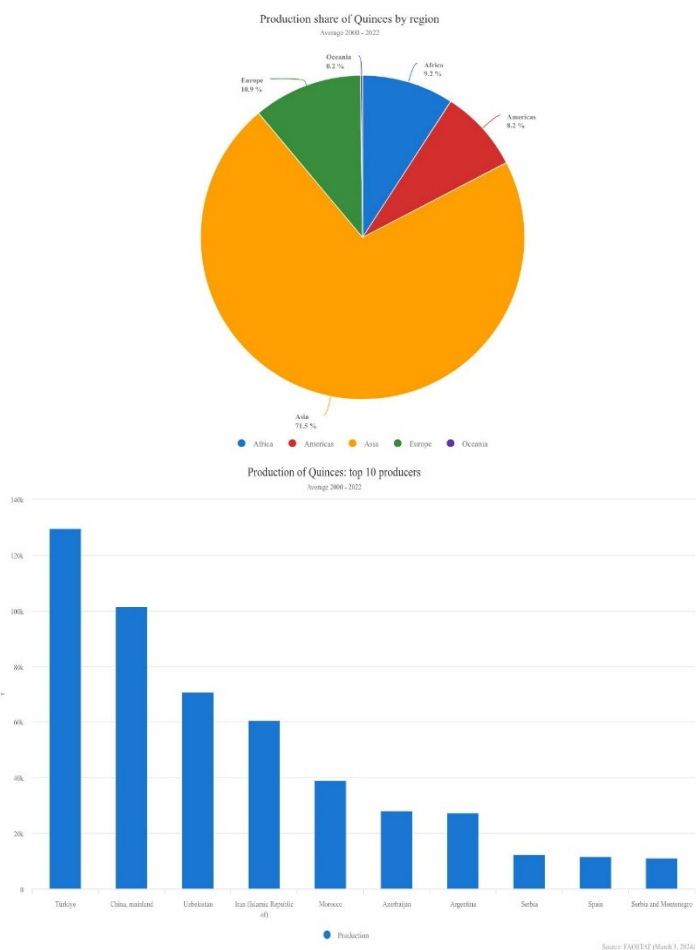


Figura 2-5 I maggiori produttori di cotogno dal 2000 al 2022 (fao.org)

2.2 Aspetti botanici generali

Il cotogno è un genere monospecifico appartenente alla famiglia delle Rosaceae, e alla sottofamiglia delle Maloideae, con una crescita tipica da arbusto o albero di piccole dimensioni. La pianta presenta foglie ovali o oblunghe, fiori solitari, bianchi o rosa, e frutti rotondi o allungati. Questi ultimi, marroni o verdi all'inizio, diventano gialli con la maturità. La polpa della mela cotogna è giallastra, leggermente dolce, acida e astringente, ed è comunemente utilizzata per produrre marmellate, gelatine, composte di frutta e altri prodotti trasformati.

Riguardo la produzione, l'albero della mela cotogna si sviluppa bene in suoli fertili e con adeguata capacità di ritenzione dell'acqua. La moltiplicazione avviene principalmente per talee, e la raccolta inizia dopo circa quattro anni dalla piantagione. La pianta ha bisogno di temperature moderate e luminosità adeguata affinché possa crescere e produrre frutti di alta qualità. Risulta anche tollerante al freddo e può resistere a inverni miti. Durante le fasi vegetative, il cotogno beneficia di temperature comprese tra i 15°C e i 25°C, mentre durante la fioritura e la fruttificazione, temperature leggermente più fresche possono essere ottimali per garantire una buona formazione dei fiori e lo sviluppo dei frutti.

In relazione al suolo invece, questa pianta predilige un terreno umido caratterizzato da un pH sub neutro, e che sia controllato da un efficiente sistema di irrigazione. Il terreno dovrebbe essere inoltre leggermente acido e ricco di ferro, perché in caso di terreno alcalino, il cotogno può sviluppare carenza di questo elemento chimico, fondamentale per la sintesi clorofilliana e il trasporto degli elettroni durante la fotosintesi.

La pianta è anche impiegata come portainnesto nano per le pere, per controllare le dimensioni degli alberi di pero e per facilitare la raccolta di frutti da alberi di dimensioni più gestibili. La mela cotogna può essere a sua volta innestata con successo anche su altri generi di frutta. La resistenza alle malattie è elevata, ma talvolta può essere danneggiata da diverse patologie come il fuoco batterico (fire blight), la monilia e la ticchiolatura. Alcuni insetti come i perforatori e le tignole

possono rappresentare ulteriori problemi. Sono in corso ricerche per migliorare la resistenza del cotogno alle malattie e per adattarlo a una varietà di climi e terreni.

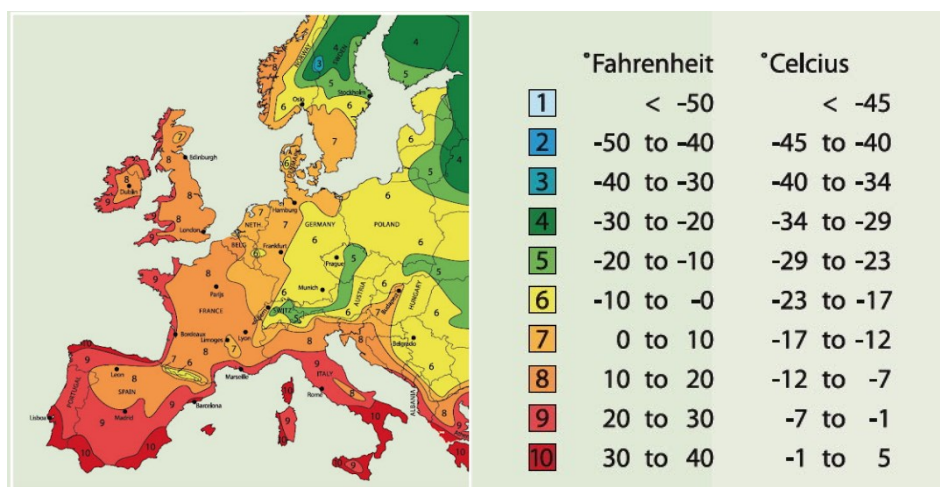


Figura 2-6 Mappa USDA della temperatura media annua minima invernale dell'Europa (Postman, 2009)

La “fire blight” è una grave malattia batterica causata dal batterio *Erwinia amylovora* che può colpire le piante della famiglia delle Rosaceae, inclusa quindi la cotogno. Tale patologia può essere prevenuta con la selezione di varietà resistenti alla malattia, attraverso frequenti potature durante i periodi asciutti e attraverso una buona irrigazione del suolo per evitare la diffusione dell'infezione attraverso le foglie e i fiori (Johnson, 2000).

In merito alla conservazione post-raccolta del cotogno, partiamo dal presupposto che la temperatura ottimale di maturazione del frutto è di circa 20°C. Poiché il cotogno è un frutto climaterico, durante la maturazione si verifica un aumento di produzione di etilene, e questo può andare a ridurre la sua “shelf life”. Diversi scienziati hanno studiato la conservazione in frigorifero di alcune cultivar di cotogno, ed è stato notato che a 4°C i frutti hanno mantenuto meglio le loro caratteristiche qualitative, suggerendo un minor avanzamento nella maturazione. Le basse temperature rallentano infatti i processi metabolici, ritardando la senescenza e il deterioramento del frutto. Questo è particolarmente vantaggioso per il cotogno il cui metabolismo è adattato a condizioni di crescita più fredde (de Almeida Lopes, 2018; Duron, 1989; Hussain, 2021; Postman, 2009).

Capitolo 3

COMPOSIZIONE, PROPRIETÀ E UTILIZZI DEL COTOGNO

3.1 Composizione chimica

La *Cydonia oblonga* è un frutto altamente nutriente con caratteristiche dietetiche significativamente più elevate rispetto ad altri frutti. È ricca di carboidrati, proteine, vitamine, tannini, acidi naturali e minerali come il Ca, il P, il Fe, il Mg e il K. Inoltre, è una importante fonte di composti nutraceutici come flavonoidi e altri fenoli, che agiscono come antiossidanti, antiulcerativi, antitumorali, antinfiammatori, antiallergici e antimicrobici.

La sua composizione nutrizionale media è riportata nella tabella sottostante:

Tabella 3-1 Composizione nutrizionale media per 100 g di polpa di cotogno (Hussain, 2021).

Acqua	77.1	g
Energia	52.4	kJ
Carboidrati	14.1	g
Fibre	1.7	g
Grassi totali	0.1	g
Omega 6	45.1	mg
Proteine	0.4	g
Vitamina A	36.8	AU
Niacina (B3)	0.2	mg
Acido pantotenico (B5)	0.1	mg
Folati (B9)	2.8	µg
Vitamina C	13.8	mg
Calcio	10.1	mg
Ferro	0.6	mg
Magnesio	7.4	mg
Selenio	0.6	µg
Fosforo	15.6	mg
Potassio	181	mg
Sodio	3.7	mg
Rame	0.1	mg

3.1.1 Carboidrati

Tra i maggiori componenti nutrizionali possiamo trovare i carboidrati. Secondo diverse analisi, i frutti freschi di cotogna contengono tra il 7 e il 9% di zuccheri totali, con una percentuale di circa il 5% di zuccheri riducenti nel succo. Lo zucchero principale è il fruttosio (62%), seguito dal glucosio (22%), mentre altri monosaccaridi come ramnosio, mannosio, arabinosio e galattosio sono stati identificati in piccole quantità.

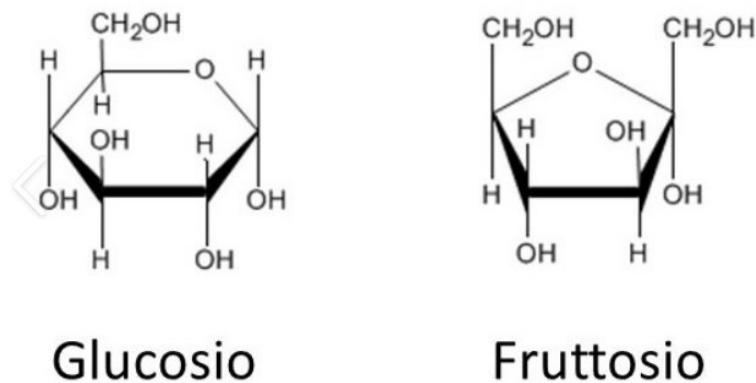


Figura 3-1 Struttura degli zuccheri predominanti nel frutto

Tra i carboidrati troviamo anche la pectina e la fibra grezza.

La prima è costituita da polimeri di acido galatturonico, ed è molto abbondante nella cotogna, contribuendo a fornire una serie di benefici, tra cui la regolazione della glicemia e del colesterolo nel sangue, oltre che a favorire la salute del tratto digestivo. La fibra grezza presente nella cotogna offre un ulteriore supporto per la salute digestiva, promuovendo il regolare transito intestinale e prevenendo disturbi come la stitichezza.

Tra gli altri polisaccaridi troviamo la mucillagine prodotta dal seme della cotogna, composta principalmente da acido glucuronico e xilosio. Questa sostanza contribuisce alla viscosità e alla consistenza del frutto, oltre che a potenziali benefici per la salute legati alla sua azione prebiotica e alla sua capacità di formare un rivestimento protettivo sulle mucose intestinali.

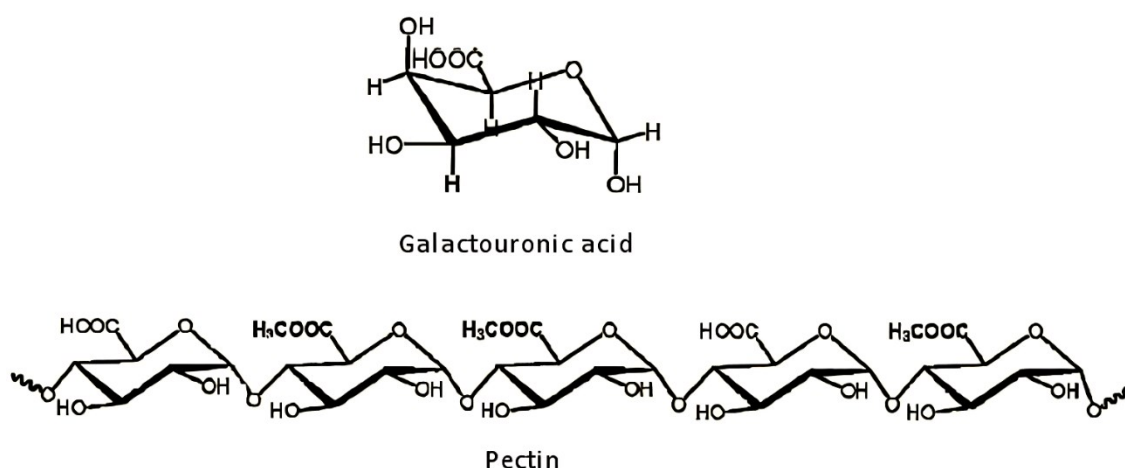


Figura 3-2 Struttura della pectina, composta da unità di acido galatturonico

3.1.2 Proteine

Le proteine sono invece presenti in basse quantità, circa 0,4 g per 100 g di peso fresco del frutto. Tuttavia, è significativo notare che sono presenti ventuno aminoacidi liberi, tra i quali spiccano l'acido aspartico, l'arginina e l'idrossiprolina.

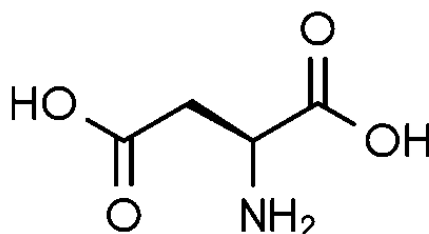


Figura 3-3 Struttura dell'acido aspartico

3.1.3 Lipidi

Per quanto riguarda i lipidi, la cotogna è classificata come un frutto a basso contenuto di queste sostanze, con soli 0,1 g di grassi per 100 g di peso fresco del frutto. Gli acidi grassi predominanti sono l'acido linoleico e l'acido oleico.

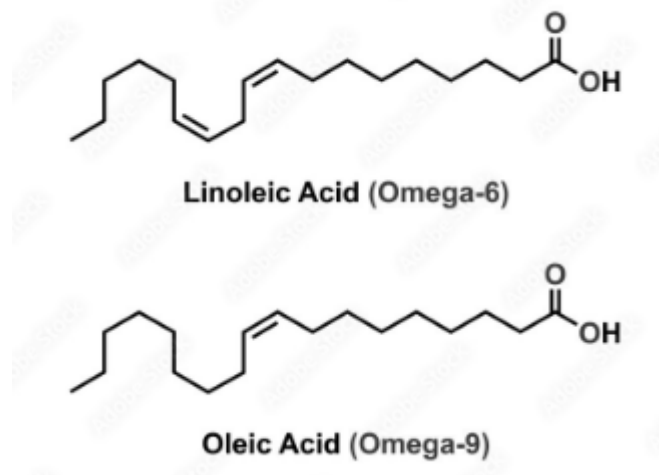


Figura 3-4 Struttura degli acidi grassi predominanti nel frutto

3.1.4 Vitamine

Tra i componenti bioattivi troviamo anche diverse vitamine che contribuiscono alle proprietà antiossidanti del prodotto e al suo valore nutrizionale.

Tra queste troviamo ad esempio il retinolo, forma attiva della vitamina A, e il beta-carotene, il suo precursore. Queste sostanze svolgono un ruolo cruciale nel neutralizzare le specie reattive dell'ossigeno, incluso l'ossigeno singoletto, che può essere dannoso per l'organismo. Questi composti contribuiscono quindi alla protezione delle cellule dai danni ossidativi. È stato dimostrato inoltre che la concentrazione totale di carotenoidi è maggiore nella buccia che nella polpa e che il loro colore relativo non è correlato.

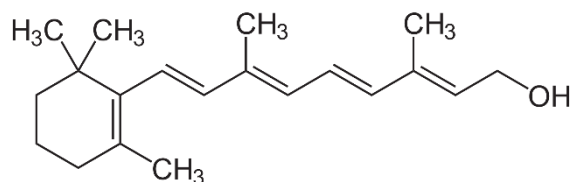


Figura 3-5 Struttura del retinolo

Tra le vitamine importanti troviamo inoltre la tiamina (vitamina B1), la riboflavina (vitamina B2), la niacina (vitamina B3) e l'acido ascorbico (vitamina C), quest'ultima,

in particolare, presente in quantità doppia rispetto alle mele comuni. Le vitamine del gruppo B sono coinvolte principalmente nel metabolismo energetico, mentre la C è importante per le difese immunitarie e funge da potente antiossidante contro i radicali liberi, che possono causare danni alle cellule. La cotogna è anche una buona fonte di menachinoni (vitamina K) e tocoferoli (vitamina E), che svolgono un ruolo importante nel mantenimento della salute generale e nel supporto del sistema immunitario.

3.1.5 Minerali

Il frutto della C. Oblonga è caratterizzato da un elevato contenuto di minerali, che lo rende una fonte preziosa di nutrienti essenziali per la salute umana. In particolare, la cotogna è ricca di calcio, potassio e fosforo, con livelli quasi il doppio rispetto alle mele.

Questa ricchezza di minerali conferisce alla cotogna un valore nutrizionale superiore rispetto ad altri frutti, e contribuisce a diversi benefici, come la regolazione della pressione sanguigna, il metabolismo energetico e la trasmissione nervosa.

3.1.6 Polifenoli

I frutti del cotogno sono rinomati per la loro ricchezza di composti fenolici, i quali conferiscono loro importanti proprietà antiossidanti e benefici per la salute. Questi preziosi componenti non sono presenti solo nella polpa, ma anche nella buccia e nei semi del frutto mentre il contenuto nelle foglie non è stato ancora ampiamente studiato. Tra i principali composti fenolici, troviamo l'acido clorogenico (o acido 3-O-caffeilchinico) e suoi isomeri che rappresentano fino al 99% dei polifenoli totali. Sebbene siano presenti anche flavonoidi come quercetina, kaempferolo ed epicatechina e loro glicosilati (come la rutina), essi risultano essere meno abbondanti rispetto alle procianidine e ai derivati dell'acido clorogenico.

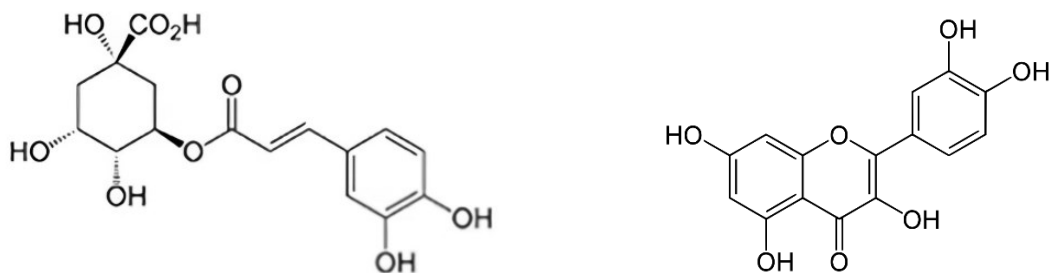


Figura 3-6 Struttura dell'acido clorogenico e della quercetina

È interessante notare che la buccia contiene una concentrazione maggiore di composti bioattivi rispetto alla polpa, e studi recenti hanno mostrato che il contenuto fenolico di tali frutti è doppio rispetto a quello delle mele comuni, anch'esse importanti fonti di composti fenolici.

Mentre il contenuto di acidi fenolici e flavonoidi nei vari tessuti della mela cotogna è stato relativamente ben studiato, ci sono pochi dati sul contenuto di tannini. La loro percentuale nei succhi di frutta è di circa lo 0,8%, mentre il contenuto di procianidina B1 nella polpa è significativamente più alto rispetto a quello della polpa di frutti di mela.

Il contenuto di fenoli dipende dalla cultivar, dalle condizioni di crescita, compreso il pH del suolo, e il suo contenuto di minerali, dalla durata della stagione di crescita, dalle condizioni meteorologiche, e dallo stato fisiologico generale delle piante. Inoltre, la maturazione del frutto, la durata e le condizioni di conservazione sono molto importanti. Le mele cotogne sono note per poter essere conservate per molto tempo, ma il processo di conservazione influisce sul contenuto dei singoli composti bioattivi.

3.1.7 Acidi organici

Parlando di acidi organici abbiamo già introdotto l'acido ascorbico, ovvero la vitamina C, avente varie funzioni di protezione del sistema immunitario. Oltre a questo, però, troviamo molte altre sostanze che contribuiscono al sapore distintivo e alle proprietà nutrizionali della mela cotogna. Sia la buccia che la polpa sono infatti caratterizzate da un'elevata presenza di acido fumarico, citrico, e malico.

L'acido malico è uno dei principali acidi organici presenti nella cotogna che contribuisce alla sua caratteristica acidità e astringenza. Il suo contenuto nel frutto fresco è segnalato intorno al 1,2%, mentre il contenuto totale di acidi organici varia tra i 7 e i 14 g/kg.

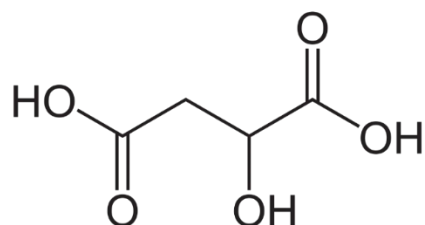


Figura 3-7 Struttura dell'acido malico

L'acido fumarico è un altro componente significativo presente nella cotogna, che contribuisce alla complessità del suo profilo aromatico e che svolge un ruolo importante nella regolazione dell'acidità complessiva del frutto.

L'acido citrico è presente in tracce, contribuendo anch'esso alla nota acidula della cotogna e al suo profilo aromatico complessivo.

Altri acidi organici presenti in tracce includono l'acido ossalico, l'acido chinico e l'acido shikimico che contribuiscono, anche se in modo minore, al sapore complessivo e alle proprietà nutrizionali della cotogna.

3.1.8 *Volatili*

Dalla cotogna sono stati isolati più di 160 composti volatili, che comprendono idrocarburi, esteri, alcoli, aldeidi, chetoni, lattoni, monoterpeni e norisoprenoidi. Questa vasta gamma di composti non solo contribuisce al profilo aromatico del frutto, ma può anche offrire benefici per la salute, tra cui proprietà antimicrobiche e antinfiammatorie.

3.1.9 *Altri composti*

È importante infine considerare la presenza dell'amigdalina, una sostanza naturale presente nei semi dei frutti della famiglia delle Rosaceae, che può essere rilasciata attraverso la sua degradazione enzimatica nel sistema digestivo umano, e causare la

pelle, grazie alla riduzione del rilascio di istamina, composto azotato coinvolto nelle reazioni allergiche. In questo modo viene mitigata la risposta immunitaria e ridotta l'infiammazione.

Anche i fenoli e la vitamina C svolgono un ruolo chiave in questa attività, andando a fornire un sollievo naturale e sicuro per ridurre infiammazioni, alleviare i sintomi delle allergie, supportando il sistema immunitario dell'organismo.

Altre attività benefiche si esplicano sul sistema cardiovascolare. La cotogna, infatti, grazie alla presenza di acidi clorogenici, antociani, flavonoli, catechine e proantocianidine, e grazie all'elevato contenuto di potassio e al basso contenuto di sodio, contribuisce a mantenere bassa la pressione sanguigna e a ridurre il rischio di malattie cardiache, compresi attacchi di cuore e ictus.

Ulteriori benefici sono dovuti alla sua attività antibatterica e antifungina: la cotogna contiene infatti tannini, sostanze agiscono precipitando le proteine microbiche e privandole dei nutrienti necessari per la crescita, contribuendo così a combattere infezioni batteriche e fungine.

Il consumo di cotogna migliora anche il funzionamento generale del tratto digestivo e può aiutare a trattare condizioni croniche come la malattia infiammatoria intestinale, il cancro e la diverticolite. Le catechine e le epicatechine presenti nella cotogna possono infatti proteggere la mucosa gastrica dai danni causati dalle tossine cancerogene.

Il frutto ha dimostrato di avere anche una potente attività antivirale, in particolare contro l'influenza. Questo effetto è attribuito alla presenza di proantocianidine, che sono note per inibire la proliferazione delle cellule T stimulate da mitogeni, e la produzione di Ig policlonali.

L'acido ursolico presente all'interno del frutto ha dimostrato inoltre di avere effetti sedativi e ansiolitici nel corpo. Questo composto può infatti influenzare positivamente l'attività del sistema nervoso, riducendo l'ansia e migliorando la qualità del sonno.

Diversi studi hanno dimostrato infine, che composti come quercetina e acido clorogenico possono contribuire a ridurre la pressione sanguigna nel corpo, rilassando i vasi e migliorando il flusso sanguigno. (Hussain, 2021; Islam, 2023; Kostecka, 2024)

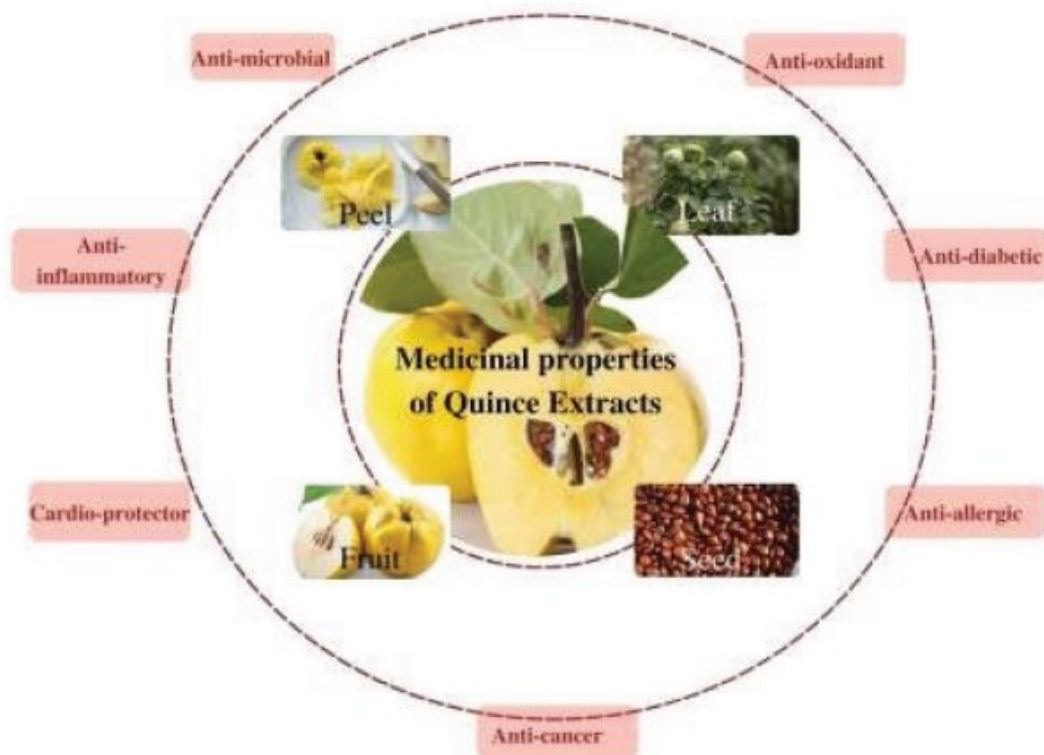


Figura 3-9 Proprietà benefiche della cotogna (Islam, 2023)

3.3 Utilizzi

Il frutto del cotogno normalmente non viene apprezzato se assunto intero e le cause principali riguardano sostanzialmente il sapore, acido e astringente, e la consistenza piuttosto dura. Gli unici casi in cui viene consumato crudo, sono quelli in cui avviene il processo di “bletting”, nel quale gli enzimi presenti nella frutta iniziano a rompere le pareti cellulari, causando un ammorbidimento della polpa e una trasformazione dei sapori. Come conseguenza il prodotto risulta essere molto più dolce, succoso e facilmente digeribile.

Quando invece il frutto viene trasformato attraverso il processo di cottura, i suoi zuccheri naturali vengono rilasciati, e in questo modo viene rilasciato al prodotto finale un gusto più dolce e invitante. Questo risultato è favorito anche dal rilascio di un succo ricco di pectina durante il trattamento termico, un agente gelificante naturale che assicura una marmellata stabile o una gelatina cristallina. Oltre ai

prodotti menzionati, la cotogna è utilizzata anche per la produzione di sciroppi, succo pastorizzato, vini e dolci. In alcuni paesi come la Spagna e l'Argentina viene impiegata anche come materia prima per la produzione di formaggio di cotogno, ottenuto cuocendo il frutto in acqua e zucchero per un periodo prolungato, e ottenendo il tipico prodotto locale chiamato "dulce de membrillo".

Sempre in America Latina, viene prodotto un estratto proveniente dal frutto. Questo viene schiacciato e cotto, e i residui solidi vengono filtrati. Il risultato è caratterizzato da un prodotto avente un basso contenuto di calorie, e un alto contenuto di numerosi componenti bioattivi che conferiscono benefici all'organismo.

Infine, oltre agli scopi culinari e benefici, spesso la pianta viene utilizzata anche per fini paesaggistici. Il cotogno è infatti apprezzato nei giardini per la sua fioritura primaverile e autunnale, il frutto colorato e il colore delle foglie. Inoltre, grazie alle sue dimensioni modeste e alla tolleranza del terreno povero, è adatto anche agli spazi urbani e ai giardini più piccoli. (de Almeida Lopes, 2018; Duron, 1989; Hussain, 2021)



Figura 3-10 Fioritura del cotogno (faidateingiardino.com)

3.3.1 *Trasformazioni tecnologiche*

Il cotogno, sebbene sia uno dei frutti meno utilizzati, svolge un ruolo significativo nelle industrie alimentari grazie al suo alto contenuto di pectina. Le applicazioni alimentari del frutto e dei semi di cotogno sono diverse e includono succhi, marmellate, conserve, puree, liquori e altri prodotti trasformati. Gli estratti di cotogno vengono spesso aggiunti a yogurt, gelati, tè, prodotti da forno e formaggi freschi per migliorare la qualità e apportare benefici nutraceutici.

La polvere di semi di cotogno è una fonte importante di isolato proteico e viene utilizzata nell'industria del gelato per migliorare la qualità andando a ridurre la cristallizzazione del ghiaccio e la durezza dei gelati col fine di migliorare la morbidezza e l'accettabilità complessiva.

Inoltre, i semi di cotogno contengono mucillagini, che sono idrocolloidi con proprietà emulsionanti, addensanti e reologiche. Queste sostanze vengono utilizzate per incapsulare batteri probiotici, consentendo loro di sopravvivere alle condizioni del tratto gastrointestinale e rilasciarli in modo controllato per garantire i loro effetti benefici.

La possibile commercializzazione degli estratti di frutto di cotogno e delle mucillagini dei semi nell'industria alimentare di vario tipo potrebbe migliorare la qualità e il valore nutraceutico dei prodotti. Ciò potrebbe anche soddisfare le preferenze dei consumatori per ingredienti alimentari naturali e sostenibili, riducendo l'uso di ingredienti sintetici e creando valore aggiunto per i prodotti alimentari derivati dalla pianta del cotogno. (de Almeida Lopes, 2018)

3.3.2 *Packaging*

L'industria del confezionamento sta affrontando una sfida importante nel trovare alternative eco-sostenibili alle plastiche, che purtroppo causano gravi danni all'ambiente. In questo contesto, i materiali biodegradabili stanno emergendo come soluzione, e sempre di più c'è un crescente interesse verso i packaging edibili.

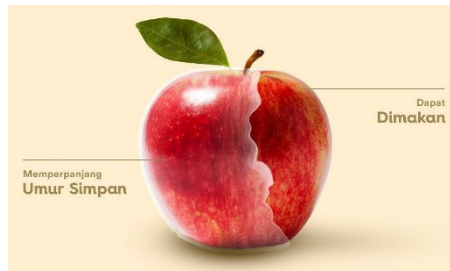


Figura 3-11 Esempio di rivestimento edibile in un frutto (accelerice.com)

Un esempio interessante è lo sviluppo di rivestimenti realizzati dalle mucillagini dei semi di mele cotogne. Queste sostanze sono gelatinose e appiccicose, e vengono prodotte a partire dai semi delle piante. Esse hanno la capacità di formare strati protettivi contro l'ossigeno, il vapore acqueo e altri agenti esterni che potrebbero compromettere la freschezza e la conservazione degli alimenti. Inoltre, queste mucillagini sono molto resistenti, il che significa che possono mantenere intatti i prodotti durante il trasporto e lo stoccaggio. Ricerche recenti hanno dimostrato che aggiungendo queste mucillagini alle proteine del siero e del latte, è possibile creare film commestibili con proprietà meccaniche e termiche ottime. In alcuni casi, l'aggiunta di materiali nanocompositi (nanoclay) ha ulteriormente potenziato le capacità di diffusione del gas e la resistenza meccanica dei film.

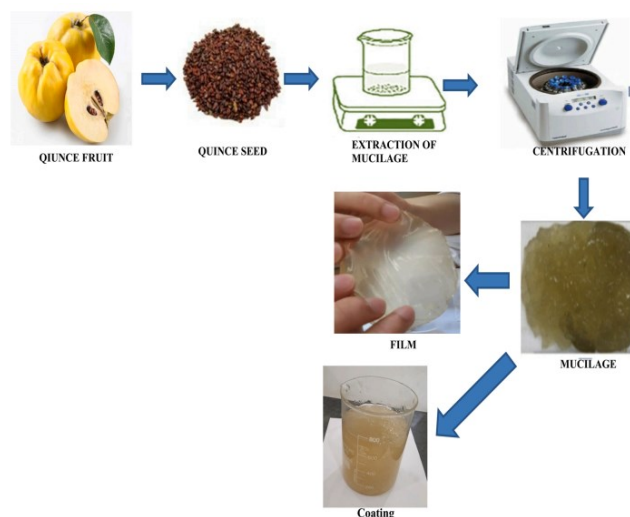


Figura 3-12 Preparazione di rivestimenti commestibili a partire dai semi di cotogno (Rather, 2023)

In altri studi, sono stati sviluppati film a base di mucillaggine di cotogno con l'aggiunta di ingredienti come glicerolo e olio essenziale di origano. Questi film sono stati utilizzati per confezionare prodotti alimentari come filetti di pesce arcobaleno e hanno dimostrato di proteggere i prodotti dall'ossidazione, mantenendo intatti colore e consistenza andando a inibire la crescita di batteri nocivi.

Inoltre, sono stati condotti studi sull'attività antimicrobica di questi film, che hanno incluso anche l'aggiunta di oli essenziali come quello di timo. I risultati hanno mostrato che l'incorporazione di tali oli può aumentare la sicurezza alimentare e prolungare la shelf life dei prodotti.

Infine, questo prodotto è stato utilizzato anche per rivestire fette di banana, rallentando il loro deterioramento e migliorando la loro qualità durante il processo di essiccazione.

Tutti questi risultati evidenziano il grande potenziale delle mucillagini dei semi di cotogno nell'industria del confezionamento alimentare, offrendo alternative sostenibili e funzionali alle tradizionali plastiche inquinanti. (Rather, 2023)

Capitolo 4

STUDI SPECIFICI SUL COTOGNO

4.1 Effetto dei trattamenti termici sulle proprietà fisico-chimiche e bioattive della mela cotogna (*Cydonia oblonga* Mill.) e i dei suoi prodotti

Il cotogno, nonostante il suo sapore aspro, è rinomato per le sue proprietà nutritive e terapeutiche. Questo frutto è stato da sempre utilizzato preferenzialmente per essere trasformato in vari prodotti come marmellate, gelatine e succhi, piuttosto che essere consumato in modo diretto.

Recenti studi hanno confermato che sia i frutti freschi di cotogno che quelli sottoposti a trattamenti termici sono ricchi di composti bioattivi e possiedono proprietà antiossidanti.

In particolare, quando i frutti vengono sottoposti a cottura o altri trattamenti termici, si osserva un aumento significativo della concentrazione di diverse sostanze benefiche come tannini, carotenoidi e polifenoli. Curiosamente, il succo del prodotto fresco ha mostrato valori più bassi di queste sostanze rispetto ai frutti lavorati, suggerendo che il trattamento termico possa aumentare la concentrazione di composti bioattivi e di conseguenza apportare migliori benefici per l'organismo.

Le trasformazioni tecnologiche della mela cotogna comportano anche notevoli cambiamenti nelle sue caratteristiche fisico-chimiche e organolettiche. Il frutto fresco presenta dimensioni medie, forma ovale, buccia giallo limone e polpa giallo chiaro, ed è caratterizzato da un aroma intenso. Dopo la cottura, la frittura e la spremitura per ottenere il succo, si osservano alterazioni significative: i frutti cotti diventano densi e uniformi, con colori che variano dal giallo al marrone, mantenendo l'aroma caratteristico. Quelli fritti mostrano invece una consistenza compatta ma sbriciolabile,

con colore giallo-arancio e aroma fruttato, mentre il succo è caratterizzato da consistenza liquida torbida e colore arancio scuro, con aroma dolce e aspro.

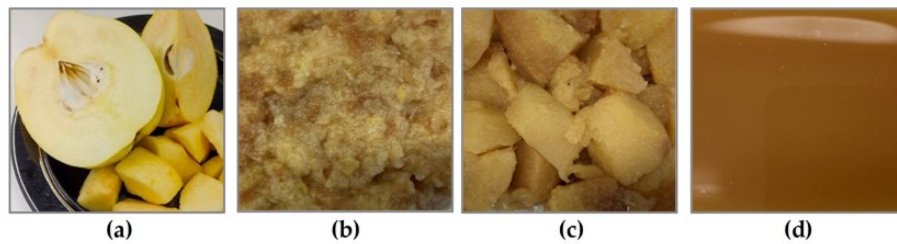


Figura 4-1 Variazioni nell'aspetto del frutto fresco di cotogno (a) con il trattamento tecnologico: cotto in acqua bollente (b), fritto in padella senza grassi (c), dopo spremitura (d) (Naiman, 2023a)

L'analisi del colore ha mostrato che i frutti freschi sono più luminosi, e che questa luminosità diminuisce con i trattamenti termici, soprattutto nel caso del succo, che mostra anche una maggiore tendenza verso tonalità rosse rispetto ai frutti cotti.

I tannini sono sostanze fenoliche presenti nel cotogno e in una varietà di altri alimenti e bevande come vino, birra e succhi di frutta che conferiscono un sapore astringente caratteristico, che può essere eccessivamente amaro se presente in quantità troppo elevate o poco pronunciato se presente in quantità insufficienti.

Tra le molte proprietà di tali sostanze ritroviamo una buona attività antivirale, antibatterica e antifungina, e possono essere impiegati nel trattamento dei problemi intestinali e dell'avvelenamento alimentare. Tuttavia, un consumo eccessivo di tannini può portare a effetti collaterali indesiderati, come la riduzione dell'assorbimento di vitamine, minerali essenziali e potenziali danni alla mucosa gastrointestinale.

Nonostante i potenziali rischi associati al loro consumo eccessivo, i tannini nel cotogno sono apprezzati anche per le loro proprietà antiossidanti, che possono contribuire alla prevenzione di malattie croniche legate ai radicali liberi, e per i loro effetti anticancro e antiproliferativi.

L'analisi del contenuto di tannini, ha mostrato che questi sono presenti in minor quantità nel frutto fritto rispetto al frutto bollito e al succo, che invece ne hanno di più rispetto al frutto fresco.

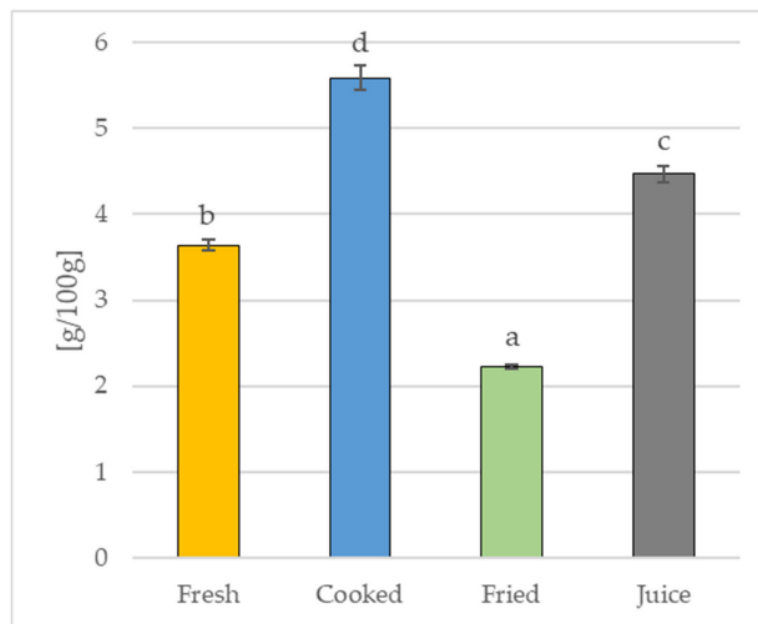


Figura 4-2 Contenuto di tannini nel frutto fresco di cotogno e in quelli trattati (Naiman, 2023a)

La Figura 3-2 mostra il contenuto di tannini nella mela cotogna fresca e nei campioni trattati, ovvero nella frutta bollita in acqua (cooked), in quella frita in padella senza grassi (fried) e nel succo di mela cotogna fresca (juice). Si può vedere come il trattamento tecnologico applicato modifichi significativamente il contenuto di tannini nei campioni analizzati. Il contenuto più basso di questi componenti è stato riscontrato nella frutta frita, dimostrando che il trattamento termico ha ridotto significativamente (di circa il 39%) il contenuto di tannini rispetto alla frutta fresca. I rimanenti campioni sono invece caratterizzati da un contenuto significativamente più elevato di questi fitonutrienti, che è massimo nei campioni bolliti.

Le ricerche condotte hanno quindi evidenziato un'elevata concentrazione di tannini nella mela cotogna fresca e un effetto significativo del trattamento tecnologico applicato sul contenuto di questi componenti bioattivi. Questi risultati indicano che le mele cotogne consumate in varie forme (bollite, fritte, o sotto forma di succo) possono essere un'ottima fonte alimentare di tannini e che questi frutti possono essere utilizzati per lo sviluppo di nuovi prodotti alimentari funzionali.

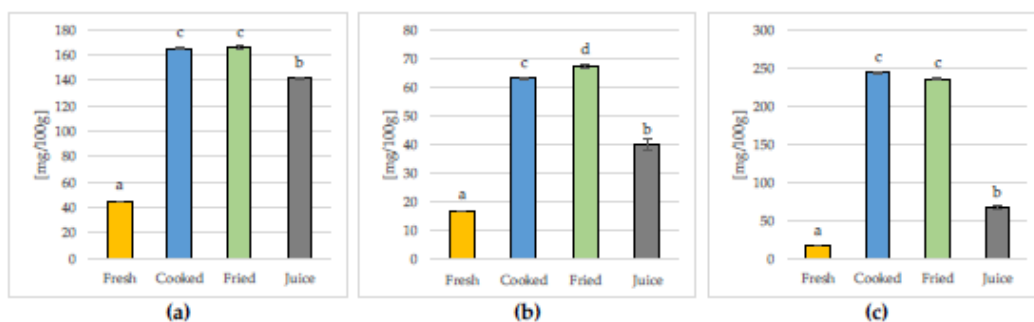


Figura 4-3 Contenuto totale di carotenoidi (a), flavonoidi (b) e acidi fenolici (c) determinati mediante HPLC nei campioni di mela cotogna freschi e trattati (Naiman, 2023a)

I frutti di mela cotogna sono stati anche analizzati per determinare il contenuto di carotenoidi che è risultato essere elevato; inoltre, il trattamento tecnologico cambia significativamente sia il contenuto che profilo di questi composti. I frutti trattati termicamente, cioè i frutti bolliti e fritti, non differiscono tra loro ma mostrano un contenuto di carotenoidi significativamente superiore sia rispetto al frutto fresco che al succo, che mostra comunque un contenuto più elevato.

I carotenoidi analizzati sono stati le clorofille (a e b), il β -carotene, e la luteina e la zeaxantina che sono presenti in concentrazioni minori. Il trattamento tecnologico non ha cambiato la rispettiva composizione percentuale di questi composti anche se il contenuto dei singoli carotenoidi è aumentato in modo significativo.

La letteratura riporta che la trasformazione di frutta e verdura può portare ad un aumento del contenuto di carotenoidi a causa del trattamento termico in quanto potrebbe migliorare la loro disponibilità per una maggiore estrazione dei carotenoidi dovuta alla degradazione della cellulosa nella parete cellulare della pianta e alla denaturazione dei complessi proteina-carotenoide.

Differenze significative sia nella composizione che nel profilo sono state trovate anche riguardo i composti fenolici (come flavonoidi e acidi fenolici), fra i frutti freschi e quelli sottoposti a vari tipi di lavorazione tecnologica.

Nel caso dei frutti trattati termicamente, il valore significativamente più elevato di flavonoidi è stato trovato nella frutta fritta con un andamento analogo a quello dei

carotenoidi (fritto > bollito > succo > fresco) e con l'epigallocatechina come flavonoide dominante sia nei succhi freschi che in quelli trattati termicamente; in tutti i campioni analizzati la quercetina era invece presente in concentrazione più bassa.

Per quanto riguarda gli acidi fenolici determinati, l'andamento trovato è analogo, con il contenuto maggiore nelle mele cotogne bollite, e differenze anche tra le mele cotogne fritte e il succo. L'acido fenolico dominante in tutti i campioni di frutta analizzati è stato l'acido clorogenico mentre le maggiori differenze tra i trattamenti tecnologici sono state notate per gli acidi gallico e caffeico. Il contenuto in acidi fenolici, in particolare il contenuto di acido clorogenico, è fondamentale la lavorazione dei frutti delle mele cotogne e determina in gran parte la qualità dei prodotti ottenuti, in particolare i succhi; questi composti sono infatti un substrato naturale per gli enzimi (in particolare la polifenolossidasi) e influenzano significativamente i processi di ossidazione enzimatica e i cambiamenti di colore dei prodotti trasformati. Inoltre, i derivati dell'acido clorogenico (principalmente chinoni) possono ossidare altre sostanze, ad esempio i flavan-3-oli, che portano alla sintesi di composti colorati e all'aumento della doratura dei prodotti trasformati.

Il contenuto totale di polifenoli è stato determinato utilizzando il metodo spettrofotometrico con il reagente di Folin-Ciocalteu. I frutti freschi delle mele cotogne hanno mostrato un elevato contenuto di polifenoli totali con un contenuto maggiore nella buccia rispetto alla polpa; lo studio ha comunque evidenziato un contenuto più elevato di fenoli totali nella frutta trattata termicamente, cioè fritta e bollita di mele cotogne, e un contenuto inferiore nel succo.

È stata inoltre trovata una correlazione significativa tra il contenuto totale di polifenoli e l'attività antiossidante, sia nella frutta fresca che in quella trattata tecnologicamente.

In sintesi, il trattamento termico degli alimenti (comprese frutta e verdura) che è usualmente associato alla perdita di principi biologicamente attivi, può anche portare a cambiamenti benefici negli alimenti trasformati, compreso il miglioramento delle proprietà organolettiche e il valore sensoriale, strutturale o nutrizionale. Secondo la ricerca condotta, il trattamento termico del frutto della mela cotogna ha aumentato

il contenuto di ingredienti bioattivi, come carotenoidi o composti fenolici, cosa confermata anche da studi di altri autori.

Secondo la letteratura, il contenuto di carotenoidi, glucosinolati, o i componenti fenolici possono infatti aumentare nei prodotti alimentari durante i trattamenti termici come la bollitura, la frittura, la cottura al forno o il riscaldamento a microonde. Molti acidi fenolici si trovano, nella frutta fresca, racchiusi nelle pareti fibrose che durante il trattamento termico con il quale si ha il danneggiamento delle pareti cellulari vengono rilasciati allo stadio libero. Questo può spiegare la variazione del contenuto in acidi fenolici totali nella mela cotogna dopo trattamento termico. Nella frutta fresca, inoltre, i flavonoidi sono presenti soprattutto in una forma glicosidica: dopo il trattamento termico, i glicosidi vengono trasformati in flavonoidi puri. Ciò spiega la facilità del rilascio di polifenoli associati alle fibre alimentari a seguito della degradazione della cellulosa, delle pareti cellulari, della decomposizione della struttura vegetale e dell'idrolisi di complessi molecolari.

Inoltre, sotto l'influenza del trattamento con calore, vengono sintetizzati nuovi composti biologicamente attivi, anche come risultato della reazione di Maillard.

Questo studio mostra la possibilità di utilizzare frutti di mela cotogna, che non sono adatti al consumo diretto a causa del loro sapore aspro e alla consistenza dura, e fornisce conoscenze sul confronto tra il contenuto di composti bioattivi e le proprietà fisico-chimiche delle conserve ottenute da questi frutti.

In conclusione, il più alto contenuto di composti bioattivi, cioè di carotenoidi, flavonoidi e composti polifenolici, e il più alto potenziale antiossidante è stato riscontrato nel frutto della mela cotogna trattata termicamente, in particolare nella frutta frita. Tutte le proprietà e il potenziale antiossidante sono risultati inferiori nel succo di mela cotogna. I preparati ottenuti erano caratterizzati da un elevato contenuto dei composti bioattivi testati (carotenoidi, flavonoidi, contenuto totale di polifenoli e attività antiossidante) superiori al livello base determinato nella frutta cruda. Ciò indica l'opportunità del loro utilizzo non solo nella produzione casalinga di conserve ma anche nella produzione industriale, per introdurre nel mercato prodotti

che sono fonte di preziosi composti bioattivi e per diversificare l'offerta dei concentrati di frutta finora prodotti.

La scelta della lavorazione tecnologica adeguata del frutto della mela cotogna può essere il punto di partenza per lo sviluppo di molti nuovi prodotti funzionali con l'opportunità di ampliare la gamma dei prodotti finora presenti nel mercato. (Najman, 2023a)

4.2 Effetto di vari metodi di essiccazione sui parametri chimico-fisici e sulle proprietà bioattive del frutto della mela.

Un altro studio recente ha esaminato la variazione delle caratteristiche chimico-fisiche e i componenti bioattivi nelle mele cotogne comuni sottoposte a diversi metodi di essiccamento.

Questi frutti sono infatti apprezzati come materia prima nell'industria degli alcolici alimentari, ad esempio per la produzione di coloranti (come ingrediente principale) o come additivo aromatizzante per gli alcoli più forti. A causa della grande somiglianza del gusto e dell'aroma con il frutto del limone, questi frutti sono inoltre molto spesso usati come additivi per torte, dessert o bevande, ad esempio per i tè, e spesso ne sono anche un componente delle loro miscele sotto forma di foglie essiccate e pezzi di frutta. Secondo la letteratura, gli infusi con l'aggiunta di mela cotogna mostrano, ad esempio, un forte effetto antiossidante.

I frutti freschi sono stati quindi sottoposti ad essiccamento tramite liofilizzazione o convezione a diverse temperature (50 e 70°C).

Le proprietà chimico-fisiche, come la materia secca, l'attività dell'acqua, il pH e il colore, sono state valutate insieme ai componenti bioattivi, tra cui carotenoidi, flavonoidi, acidi fenolici e tannini. Le analisi sono state condotte utilizzando metodi standardizzati, tra cui la cromatografia liquida ad alta prestazione per i composti bioattivi e la spettrofotometria per determinare il contenuto di composti polifenolici e l'attività antiossidante.

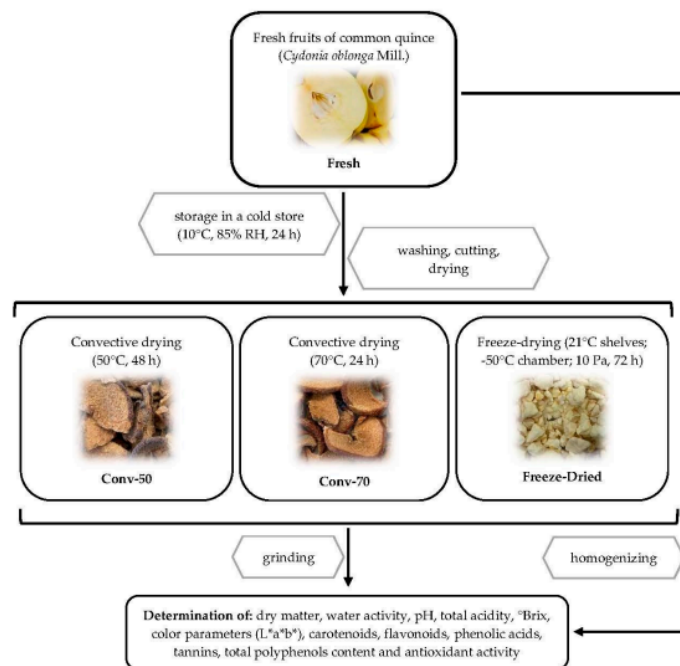


Figura 4-4 Il diagramma di flusso del design sperimentale (Naiman, 2023b)

I risultati dello studio hanno evidenziato diversi vantaggi della liofilizzazione, tra cui ad esempio il raggiungimento di valori più bassi dell'attività dell'acqua rispetto ad altri metodi di concentrazione.

Questo processo ha dimostrato inoltre di mantenere inalterati in modo più efficace i nutrienti preziosi come carotenoidi, flavonoidi e acidi fenolici presenti nelle mele cotogne.

Questo suggerisce che la liofilizzazione potrebbe essere un ottimo metodo per mantenere intatte le proprietà benefiche dei frutti. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche per comprendere appieno come diversi metodi di essiccazione influenzino il valore nutrizionale e benefico di tali frutti, tenendo conto di variabili relativi al metodo di coltivazione delle piante e al tipo di analisi svolte.

Si sono osservate inoltre notevoli differenze di colore tra i frutti freschi e quelli sottoposti alla liofilizzazione, con questi ultimi che si sono mostrati più luminosi e attraenti.

Per quanto riguarda il colore rosso, invece, il frutto fresco ne ha mostrato il valore più alto, mentre il frutto liofilizzato quello più basso.

I risultati ottenuti in questo studio forniscono preziose informazioni sulle proprietà chimico-fisiche e sui composti bioattivi della mela cotogna sia come frutta fresca che sottoposta ad essiccazione con vari metodi. Sulla base di questa ricerca, si può concludere che i processi applicati per la disidratazione delle mele cotogne cambiano sia le proprietà chimico-fisiche che il contenuto di principi biologicamente attivi e le proprietà antiossidanti, con sia la frutta fresca che quella secca che forniscono però elevati valori nutrizionali e un elevato potenziale antiossidante.

Considerando l'ottimo gusto e le qualità bioattive della comune mela cotogna, e poiché i frutti vengono raramente consumati freschi e molto più spesso sotto forma di prodotti e preparati vari, come marmellate, confetture, gelatine, o additivi per torte, dessert o bevande, lo studio dell'effetto dei trattamenti tecnologici sulle loro proprietà risulta importante per valutare la possibilità di inserire tali prodotti nell'alimentazione quotidiana, anche sotto forma di integratori alimentari, potendo rappresentare un importante elemento di prevenzione per molte malattie. (Naiman, 2023b)

4.3 Studio del contenuto fenolico totale, dell'attività antiossidante e dell'attività inibitoria dell'enzima polifenolo ossidasi su estratti della foglia, della buccia e dei semi di mela cotogna.

Il principale processo responsabile di varie malattie umane è lo stress ossidativo determinato dalla produzione sproporzionata di specie reattive dell'ossigeno (ROS) che porta a danni cellulari responsabili di malattie cardiovascolari, cancro, infiammazione e invecchiamento. Gli antiossidanti presenti nei frutti del cotogno esercitando una notevole attività antiossidante sono componenti essenziali per la prevenzione dello sviluppo di tale azione degradativa.

L'enzima polifenolossidasi (PPO) è coinvolto nell'ossidazione dei composti fenolici presenti in molti alimenti vegetali. Tale reazione può portare alla formazione di pigmenti scuri o marroni, noti come melanine, attraverso processi di polimerizzazione. La presenza di PPO può causare l'imbrunimento enzimatico del frutto del cotogno, compromettendo l'aspetto e la qualità sensoriale del prodotto.

Pertanto, l'inibizione di questo enzima è fondamentale per il mantenimento della freschezza e dell'aspetto dei prodotti alimentari.

Per questi motivi recentemente è stato condotto uno studio su estratti di cotogno per valutare la loro attività antiossidante e la loro attività inibitoria sull'enzima PPO.

Lo studio ha coinvolto campioni di cotogno raccolti in Turchia, che sono stati sottoposti a un processo di essiccaamento per preservarne le caratteristiche qualitative. Sono state analizzate diverse parti della pianta, e cioè foglie, buccia e semi. Il contenuto totale di fenoli è stato misurato utilizzando il test di Folin-Ciocalteu, mentre per valutare l'attività antiossidante, sono stati eseguiti test utilizzando DPPH e ABTS, seguendo protocolli già descritti nella letteratura scientifica. Infine, l'attività dell'enzima PPO è stata valutata utilizzando il catecolo come substrato e misurando l'incremento dell'assorbanza a 420 nm.

I risultati hanno indicato che gli estratti delle foglie del cotogno non solo possiedono la migliore attività antiossidante, ma anche la maggiore capacità di inibire l'enzima PPO rispetto agli estratti ottenuti dai semi e dalla buccia.

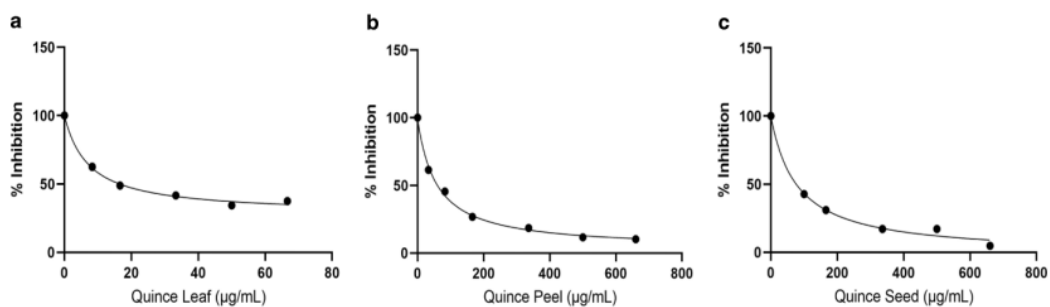


Figura 4-5 grafico dell'attività dell'ossidasi polifenolica per la foglia di cotogno (a), la buccia (b) e il seme (c) (Sonmez, 2023)

Per confermare l'efficacia di tali prodotti nel contrastare il processo di imbrunimento enzimatico, è stata inoltre condotta un'analisi del colore utilizzando un colorimetro. Questo strumento ha fornito misurazioni della luminosità, della tonalità rosso/verde e della tonalità giallo/blu sia per il frutto fresco che per gli estratti.

Da questa analisi si conferma come negli estratti questo processo di alterazione sia relativamente ridotto. In particolare, l'estratto ottenuto dalle foglie del cotogno ha

mostrato mantenere il valore di luminosità più vicino a quello del frutto fresco, garantendo così una migliore conservazione del suo colore originale.

Questo studio mostra come gli scarti (la foglia, la buccia e il seme) della mela cotogna possono essere una fonte naturale di antiossidanti e suggerisce l'utilizzo degli estratti delle foglie del cotogno come promettente additivo, con potenziali effetti conservanti. Sono tuttavia necessarie ulteriori ricerche, inclusi studi di citotossicità e test in vivo, per confermare la sicurezza e l'efficacia di tale utilizzo nei prodotti alimentari. (Sonmez, 2023)

4.4 Effetti del trattamento termico sulla composizione fenolica, sulla capacità antiossidante della mela cotogna e sulle proprietà sensoriali delle sue tisane.

Un altro studio ha esaminato come il trattamento termico possa influenzare le proprietà benefiche e sensoriali della mela cotogna, con l'obiettivo di valutarne l'eventuale utilizzo come base per la produzione di tè salutari, considerando la sua ricchezza di sostanze benefiche.

Il tè è una delle bevande più amate al mondo dopo l'acqua, ma mentre il suo consumo è considerato salutare, è importante tenere conto di alcuni fattori che possono influenzare la sua idoneità per la sicurezza igienico-sanitaria. Questi includono la formazione di composti anti nutritivi come l'ossalato e la presenza in tracce di elementi come il rame e l'alluminio nel tè verde, che possono causare danni al fegato.

Al contrario, le tisane a base di frutta e verdura stanno guadagnando sempre più popolarità grazie alle loro caratteristiche sensoriali piacevoli e ai benefici che offrono all'organismo. È stato dimostrato infatti che il nostro organismo assorbe meglio gli ingredienti attivi contenuti in queste tisane rispetto a quelli presenti nel tè.

Per condurre lo studio sul cotogno, i frutti selezionati sono stati sottoposti a un processo di essiccamento di 48 ore e suddivisi in quattro gruppi, di cui tre sono stati sottoposti a diverse temperature di tostatura, mentre il quarto è rimasto non tostato per consentire un confronto accurato.

I ricercatori si sono focalizzati su due principali aspetti: il contenuto di sostanze fenoliche e l'attività antiossidante. Per determinare il contenuto fenolico, gli estratti sono stati analizzati tramite HPLC al fine di identificare e quantificare i composti fenolici. Per valutare l'attività antiossidante degli estratti di mela cotogna, è stato utilizzato il metodo DPPH, che va a misurare l'inibizione di questo radicale libero.

Dopo aver sottoposto la mela cotogna a diverse temperature per periodi di tempo variabili, si è trovato che il trattamento a 180°C per 40 minuti è quello che produce migliori tisane in termini di gusto e colore, secondo le valutazioni sensoriali.

Il confronto tra il campione di mela cotogna tostato e quello non tostato ha rivelato inoltre che la tostatura influisce negativamente sul contenuto complessivo di composti fenolici. Si ipotizza infatti che durante il processo di tostatura si verifichino reazioni chimiche quali degradazione, ossidazione o polimerizzazione dei composti fenolici, riducendone la quantità complessiva.

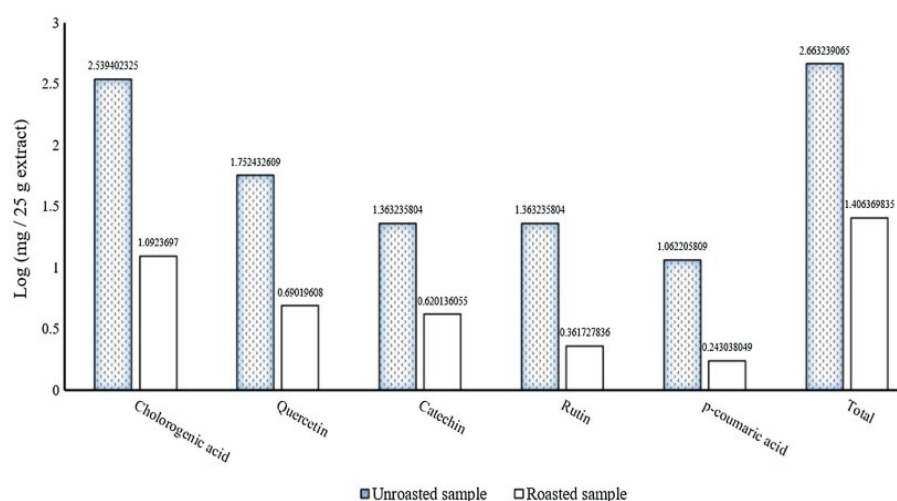


Figura 4-6 Contenuto di sostanze fenoliche: confronto tra prodotto tostato e non tostato (Maghsoudlou, 2019)

Questo è supportato dal fatto che il tè preparato con il campione tostato risulta meno astringente rispetto al prodotto non tostato. Tuttavia, nonostante la riduzione dei composti fenolici, il processo termico ha aumentato l'attività antiossidante delle tisane, dimostrando l'efficacia nel contrastare lo stress ossidativo nell'organismo e apportando notevoli benefici per il benessere generale. (Maghsoudlou, 2019)

Capitolo 5 CONCLUSIONI

Nonostante sia spesso trascurata, la mela cotogna è stata oggetto di numerosi studi, i quali hanno rivelato la presenza di composti bioattivi che la rendono incredibilmente benefica per il corpo umano. Sebbene il suo gusto naturale possa essere considerato astringente e aspro, i processi di trasformazione possono migliorarlo notevolmente. Questi processi non solo aumentano la dolcezza del frutto, ma in alcuni casi anche la concentrazione di sostanze biochimiche benefiche, offrendo così ulteriori vantaggi per la salute.

Bibliografia

- Abdollahi, H., A review on history, domestication and germplasm collections of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) in the world. *Genet Resour Crop Evol*, **2019**, *66*, 1041–1058, <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00769-7>
- de Almeida Lopes M., Sanches a. G., de Souza K. O., de Oliveira Silva E., Quince - *Cydonia oblonga*. In: Exotic Fruits Reference Guide, Rodrigues S., de Oliveira Silva E., de Brito E. S. Eds. Elsevier Inc. London, **2018**, 363-368.
- Duron, M., Decourtye, L., Druart, Ph., Quince (*Cydonia oblonga* Mill.). In: Trees II, Bajaj Y.P.S. Ed., Biotechnology in Agriculture and Forestry Series - Vol. 5, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, **1989**, Cap. I-4, 42-58. https://doi.org/10.1007/978-3-642-61535-1_4
- FAOSTAT
- Hussain, S.Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., Bhat, T.A., Quince (*Cydonia oblonga*) - Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits. In: Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas. Springer, Cham, **2021**, Cap. 4, 49-62. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7_4
- Islam, F., Afzaal, M., Chauhan, A., Imran, A., Shahid, S., Asghar, A., Zahoor, T., Zahra, S.M., Shah, M.A., Chemical and biological properties of *Cydonia oblonga* L. flour: a concurrent review. *International Journal of Food Properties*, **2023**, *26*(1), 1167–1176. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2205059>
- Johnson, K.B. Fire blight of apple and pear. *The Plant Health Instructor*, **2000**, *1*. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2000-0726-01>
- Kostecka-Gugała, A. Quinces (*Cydonia oblonga*, *Chaenomeles* sp., and *Pseudocydonia sinensis*) as Medicinal Fruits of the Rosaceae Family: Current

- State of Knowledge on Properties and Use. *Antioxidants*, **2024**, *13*(1), 71. <https://doi.org/10.3390/antiox13010071>
- Maghsoudlou, Y., Asghari Ghajari, M., Tavasoli, S. Effects of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of quince fruit and its tisane's sensory properties. *J Food Sci Technol.* **2019**, *56*(5), 2365–2372. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03644-6>
 - McGinnis, Laura. Pome, Sweet Pome: Expanding the National Quince Collection. *USDA Agricultural Research Service*, **2007**. <https://www.ars.usda.gov/news-events/news/research-news/2007/pome-sweet-pome-expanding-the-national-quince-collection/>
 - Najman, K., Adrian, S., Sadowska, A., Świader, K., Hallmann, E., Buczak, K., Waszkiewicz-Robak, B., Szterk, A. Molecules. Changes in Physicochemical and Bioactive Properties of Quince (*Cydonia oblonga* Mill.) and Its Products. *Molecules* **2023**, *28*, 3066. <https://doi.org/10.3390/molecules28073066>
 - Najman, K., Adrian, S., Hallmann, E., Sadowska, A., Buczak, K., Waszkiewicz-Robak, B., Szterk, Effect of Various Drying Methods on Physicochemical and Bioactive Properties of Quince Fruit (*Cydonia oblonga* Mill.). *Agriculture* **2023**, *13*, 446. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020446>
 - Postman, J. *Cydonia Oblonga: The Unappreciated Quince.* *Arnoldia* **2009**, *67*(1), 2 - 9. <http://www.jstor.org/stable/42955445>
 - Rather, J.A., Yousuf, S., Ashraf, Q.S., Mir, S.A., Makroo, H.A., Majid, D., Barba, F.J., Dar, B.N. Nutritional and bioactive composition, nutraceutical potential, food and packaging applications of *Cydonia oblonga* and its byproducts: A review. *Journal of Food Composition and Analysis* **2023**, *115*, 105000. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105000>.
 - Sonmez, F., Sahin, Z. Comparative Study of Total Phenolic Content, Antioxidant Activities, and Polyphenol Oxidase Enzyme Inhibition of Quince Leaf, Peel, and Seed Extracts. *Erwerbs-Obstbau* **2023**, *65*, 745–750. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00696-5>

RINGRAZIAMENTI

Quest'elaborato di tesi rappresenta la conclusione di un primo percorso di studi che, oltre ad avermi arricchito da un punto di vista culturale, mi ha dato la possibilità di poter crescere e maturare sempre di più acquisendo molta sicurezza. Vorrei innanzitutto ringraziare la mia famiglia per essermi stata sempre vicina nei momenti di difficoltà e per avermi sempre sostenuto in ogni scelta intrapresa.

Un ringraziamento sincero va anche al mio relatore di tesi, la professoressa Patricia Carloni che si è dimostrata sempre puntuale e disponibile nel fornire chiarimenti durante la scrittura della tesi.

Oltre allo studio in questi anni ho conosciuto diverse amiche e amici che mi hanno aiutato tanto nel percorso di crescita personale e con il quale ho condiviso molte esperienze. Ringrazio Elena per tutti i momenti meravigliosi che abbiamo condiviso insieme, sia in università che, soprattutto, al di fuori. Grazie per avermi sempre sostenuto, supportato e per aver creduto sempre in me.

Un ringraziamento importante va anche ad Antonio e a Marzio, con i quali ho avuto il piacere di vivere per quattro anni. Trovare dei coinquilini con cui ci si trova così bene non è affatto semplice, e per questo sono davvero grato di aver condiviso questa esperienza con voi. Ringrazio anche Alessandro, l'ultimo inquilino con il quale ho condiviso la casa, per aver portato molta simpatia e compagnia, e per aver rivoluzionato la caffettiera portando la kamira.

Ringrazio inoltre gli amici di Sulmona, Davide e Alessandro per le serate di svago a piazza del Papa, le birre e le passeggiate al passetto.

Un ringraziamento importante va a Erica, ragazza dal carattere forte, deciso e allo stesso tempo dolce ed empatico. Mi sei sempre stata vicina sia nei momenti belli che in quelli di difficoltà. Non mi potrò mai dimenticare le nostre passeggiate in centro, gli aperitivi, i caffè e i giri per negozi.

Ringrazio gli amici di Pescara, in particolare Luca e Alessio, amicizie più storiche con il quale ho condiviso molte esperienze e che mi hanno supportato durante tutto il percorso universitario, aiutandomi anche con i lavori al computer.

Infine, ringrazio tutte le compagne e compagni del corso di STAL che mi hanno accompagnato in questo percorso e aiutato nei momenti di difficoltà.

