

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI

CAMPUS DI CESENA

CORSO DI LAUREA IN TECNOLOGIE ALIMENTARI

**NOCCIOLA E PISTACCHIO CARATTERISTICHE
COMPOSITIVE E TECNOLOGICHE E PROSPETTIVE
D'IMPIEGO.**

Tesi in
TECNOLOGIE ALIMENTARI I

Relatrice:

Chiar.ma Prof. Caboni Maria

Candidata: Mugnaini Marica

Correlatrice:

Matricola N° 825249

Dott.ssa. Marzocchi Silvia

Anno Accademico 2019/2020

Sessione unica

Abstract

L'obiettivo di questa tesi era lo studio di due tipologie di frutta secca a guscio prodotte e molto utilizzate in Italia, pistacchio e nocciola. Attraverso lo studio della composizione della materia prima e delle condizioni di tostatura, in termini di tempo e temperatura utilizzata, si è visto come queste sono in grado di influenzare le proprietà chimico-fisiche (attività dell'acqua, umidità, colore, composti volatili, tocoferoli, contenuto fenolico) del pistacchio e della nocciola.

Facendo riferimento a quelle che sono le tecnologie utilizzate e le prospettive di impiego, a livello culinario, a livello di pasticceria, ma anche a livello industriale per la produzione di ulteriori prodotti e quindi utilizzati come semilavorati si sono studiati i prodotti che derivano da pistacchio e nocciola (olio, granella, farina e pasta). In particolare, è stata rivolta attenzione nei confronti dei metodi di estrazione dell'olio dal pistacchio e dalla nocciola (pressa idraulica o pressa a vite e estrazione con solventi o con fluidi supercritici), determinando le differenze negli oli ottenuti, in termini di resa e qualità. Quest'ultima risulta essere maggiore negli oli estratti con metodi meccanici o con fluidi supercritici, che non richiedono successivi trattamenti di purificazione.

Keywords:

Nocciole; Pistacchi; composizione chimica; condizioni tostatura; estrazione olio.

INDICE

1. INTRODUZIONE	7
2. PISTACCHIO	10
2.1 ZONA DI PRODUZIONE E COMPOSIZIONE	11
3. NOCCIOLA.....	19
3.1 ZONA DI PRODUZIONE E COMPOSIZIONE	20
4. OPERAZIONI PRELIMINARI	31
5. TOSTATURA	40
5.1 TOSTATURA DEL PISTACCHIO.....	40
5.2 TOSTATURA DELLA NOCCIOLA.....	45
6. ESTRAZIONE DEGLI OLI	49
6.1 ESTRAZIONE DELL'OLIO DAL PISTACCHIO	49
6.1.1 Estrazione meccanica	50
6.1.2 Estrazione chimica	54
6.2 ESTRAZIONE DELL'OLIO DALLA NOCCIOLA	57
6.2.1 Estrazione meccanica	57
6.2.2 Estrazione chimica	59
7. “OLI SPECIALI” E PANNELLO RESIDUO: I LORO POSSIBILI UTILIZZI	63
8. PRODOTTI TIPICI DA PISTACCHIO E NOCCIOLA	66
9. CONCLUSIONI	71
10. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	74

1. Introduzione

La frutta secca a guscio (pistacchi, nocciole, mandorle, noci...) fa parte della dieta umana fin dalla preistoria (Salas-Salvadó, Casas-Agustench, & Salas-Huetos, 2011).

Oggi la frutta secca oleosa continua ad essere apprezzata in tutto il mondo e utilizzata sia tal quale che come ingrediente per ricette, creme spalmabili e snack. Fa parte degli alimenti a cui è rivolto grande interesse, non solo da parte dei consumatori, ma anche da parte degli specialisti grazie alle proprietà benefiche. Infatti, il consumo di frutta secca sembra avere effetti positivi, come si può vedere dalla *Figura 1*, sulla normalizzazione dei livelli di colesterolo nel sangue, sulla protezione delle cellule dai radicali liberi e dallo stress ossidativo, sullo stato infiammatorio e sembra che le persone che consumano abitualmente frutta secca possano beneficiare di una riduzione del rischio di mortalità per tutte le cause.

La frutta secca a guscio, inoltre, è uno degli alimenti che ha un claim salutistico riconosciuto dall'EFSA e normato a livello europeo: **“le noci contribuiscono al miglioramento dell’elasticità dei vasi sanguigni”**.

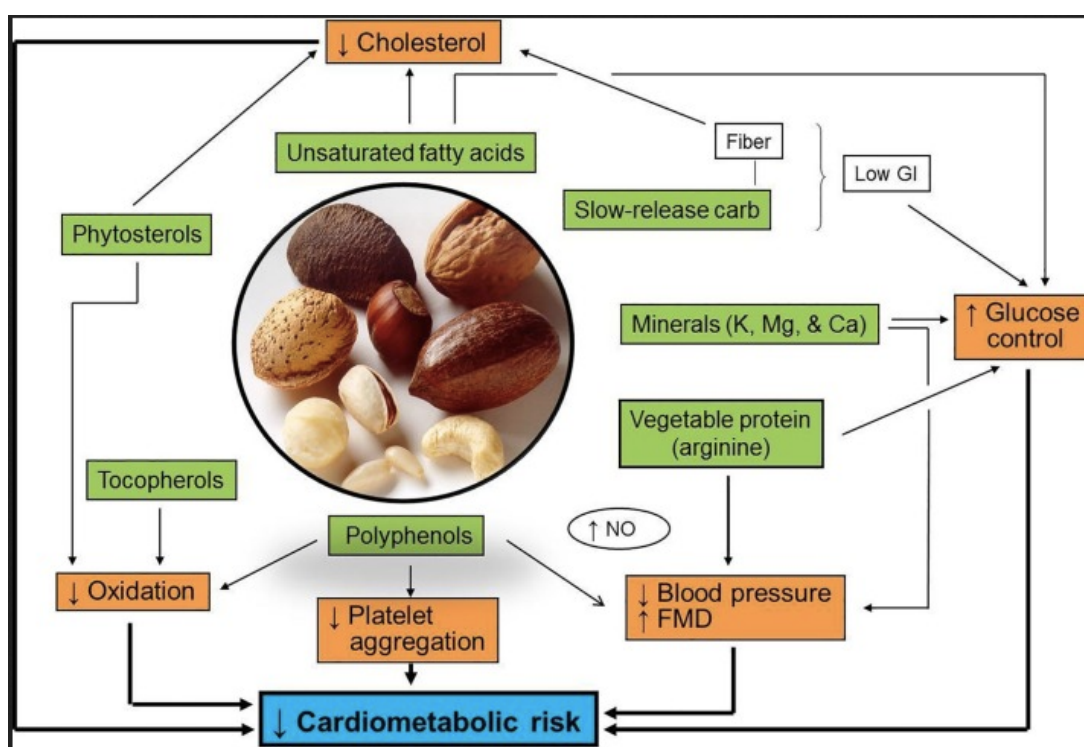


Figura 1 - Potenziali meccanismi di protezione cardio metabolica da parte dei costituenti della frutta a guscio (Alasalvar, Salvadó, & Ros, 2020).

Il consumo di frutta secca è benefico per la salute umana, ma 100 g di frutta secca apportano in media 650 kcal; l'elevato potere calorico è dovuto alla composizione di tali prodotti. La parte preponderante della frutta secca a guscio è infatti costituita da grassi, per questo viene chiamata frutta secca lipidica o oleaginosa ed ovvio che un prodotto costituito principalmente da grassi sia molto calorico in quanto 1 g di lipidi apporta 9 kcal.

Il consumo della frutta secca lipidica perciò deve essere inserito in modo consapevole nella dieta ricordando che risulta essere un'importantissima fonte di macro e micronutrienti come vitamine, minerali, fitosteroli e fibre, utili per il mantenimento dello stato di salute. Inoltre, la frutta secca è caratterizzata dall'aver un basso indice glicemico e dall'aver un ottimo potere saziante, quindi se consumata come spuntino o all'interno dei pasti aiuta ad abbassare l'indice glicemico ed arrivare ai pasti successivi con meno senso di fame: i LARN (Livelli di Assunzione di Riferimento di Nutrienti) suggeriscono che una porzione di frutta secca sgusciata sia costituita da 28-30 g che apportano mediamente 199 kcal.

Questo elaborato di tesi prende in esame di pistacchio e nocciola, due prodotti alimentari che rientrano nella grande classe della frutta secca a guscio. La scelta di queste due tipologie di frutta nasce dal fatto che pistacchio e nocciola sono ampiamente diffusi sul territorio italiano, sia per quanto riguarda la coltivazione sia per quanto riguarda il consumo, sostenuto anche dalla presenza di questi frutti in preparazioni tradizionali. Oltre a ciò, il mio personale interesse è stato influenzato e sicuramente incentivato da alcune esperienze svolte durante il mio tirocinio universitario presso l'azienda Unigrà S.r.l. ove ho avuto la possibilità di estrarre l'olio da nocciole e da pistacchi mediante una pressa pilota a vite.

Partendo da questa esperienza e dal fatto che in Italia siano molto presenti ho deciso di fondare la mia ricerca su questi due prodotti.

L'obiettivo della tesi è quello di valutare le caratteristiche compositive delle materie prime e del prodotto che si ottiene in seguito ai trattamenti tecnologici applicati (tostatura, estrazione...), descrivendo i vari prodotti che ne possono derivare e i relativi utilizzi mediante studio bibliografico. Per lo sviluppo della tesi oltre allo studio bibliografico, ho valutato i prodotti che si trovano in commercio e i relativi utilizzi, facendo riferimento alle aziende che lavorano pistacchio e nocciola, per avere anche informazioni relative al commercio.

La tesi più precisamente è articolata in 7 capitoli: nel primo e nel secondo capitolo vengono fornite le informazioni generali relative al pistacchio e alla nocciola in termini di zone di produzioni a livello mondiale e nazionale e di caratteristiche compositive.

Nel terzo capitolo vengono analizzate quelle che sono le operazioni preliminari, dalla raccolta fino allo stoccaggio dei prodotti, prima di mettere in atto eventuali processi tecnologici. Infatti, i processi tecnologici vengono considerati nei capitoli seguenti, in particolare nel quarto capitolo viene trattata la tostatura andando a determinare quelle che sono le modificazioni a livello di composizione in confronto con la materia prima.

Dopo la tostatura ho deciso di trattare nello specifico, nel capitolo successivo, l'estrazione degli oli dalla frutta secca, in quanto la tostatura risulta essere un processo fondamentale per impartire delle caratteristiche tipiche, in termini di aromi, agli oli, che vengono definiti "oli speciali".

Gli oli che si ottengono possono derivare da vari metodi di estrazione, che portano anche ad oli con caratteristiche differenti come vedremo in seguito, ma le principali tecnologie sono l'estrazione meccanica e l'estrazione con fluidi supercritici.

Gli utilizzi di questo prodotto che si ottiene vengono trattati nel sesto capitolo, insieme anche agli utilizzi relativi agli estrusi di pistacchio e nocciola che rimangono dopo l'estrazione degli oli.

Nell'ultimo capitolo vengono trattati i prodotti tipici di pistacchio e nocciola, analizzando quali sono i packaging più idonei e gli utilizzi seguenti.

Grazie a questo lavoro di tesi è stato possibile analizzare le caratteristiche compositive delle materie prime e quelle che si vanno a determinare in seguito ai trattamenti tecnologici, e quelli che possono essere i prodotti che ne derivano, con i relativi utilizzi a livello gastronomico e industriale.

1. Pistacchio

Il nome scientifico del pistacchio è *Pistacia Vera* L. ed è un albero da frutto appartenente alla famiglia delle Anacardiaceae e del genere dei *Pistacia* (*Tabella 1*) (*UN MONDO ECOSOSTENIBILE* dentro i codici della Natura, 2004).

Il frutto è una drupa con un endocarpo ovale a guscio sottile e duro, contenente il seme chiamato comunemente "pistacchio" che ha colore verde vivo sotto una buccia viola (perisperma) (*Figura 2*) (*TRECCANI Enciclopedia on line*).

Tabella 1 - Classificazione sistematica del pistacchio (*UN MONDO ECOSOSTENIBILE dentro i codici della Natura, 2004*).

Classificazione	
Dominio	<i>Eukaryota</i>
Regno	<i>Plantae</i>
Divisione	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordine	<i>Sapindales</i>
Famiglia	<i>Anacardiaceae</i>
Genere	<i>Pistacia</i>
Specie	<i>P. Vera</i>
Nomenclatura binomiale	
Pistacia Vera	
Nomi comuni	
Pistacchio	

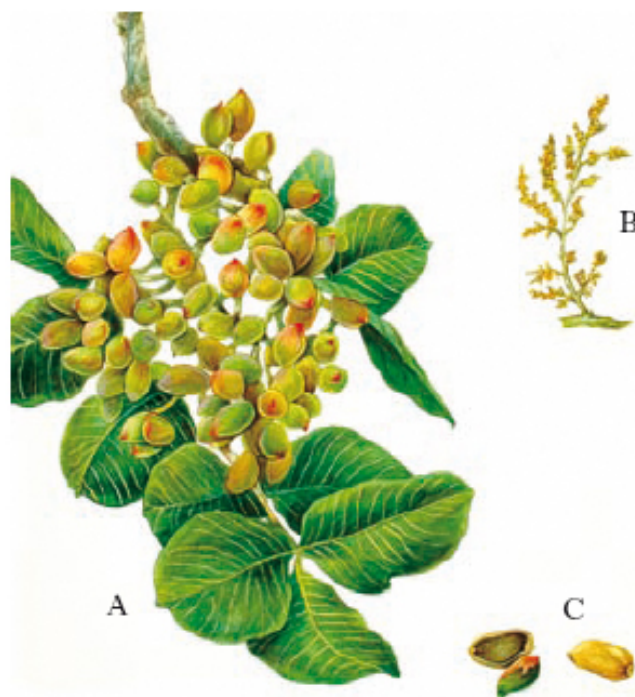


Figura 2 A) ramo con frutti e foglie; B) rametto con fiori; C) frutto di pistacchio (*TRECCANI Enciclopedia on line*).

2.1 Zona di produzione e composizione

Il pistacchio è originario del Medio Oriente, dove è presente sin dall'Età Preistorica, principalmente in Siria.

La pianta poi si è diffusa in Grecia a seguito delle conquiste di Alessandro Magno (330 a.C. circa); in Italia, invece, viene introdotta intorno al 20-30 d.C. sul finire dell'Impero di Tiberio, ad opera di Lucio Vitellio Governatore della Siria (Disciplinare di produzione "Pistacchio verde di Bronte" Denominazione d'Origine Protetta, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 34, 2010).

La produzione del pistacchio è molto estesa a livello mondiale (639.296 ha) e vengono prodotte circa 1.057.565 tonnellate di frutto all'anno (dati FAOSTAT 2016) (*Figura 3*).

I principali produttori sono USA (circa 38,45%) e Iran (circa 29,8%), che insieme rappresentano circa il 68% della produzione mondiale di pistacchi; seguiti da Turchia, Cina e Siria. In Europa la produzione si concentra soprattutto in Grecia (0,6%), Italia (0,35%) e Spagna (0,23%) (*Tabella 2*) (Produzione mondiali di pistacchi per Paese, s.d.).

Tabella 2 - Produzione di pistacchi per Paese (tonnellate), relativo a dati 2016 fonte FAOSTAT
(*Produzione mondiali di pistacchi per Paese*).

Paese	Quantità (tonnellate)	% produzione
USA	406.646	38,45
Iran	315.151	29,8
Turchia	170.000	16,07
Cina	83.310	7,88
Siria	56.833	5,37
Grecia	6.338	0,6
Italia	3.649	0,35
Tunisia	3.400	0,32
Spagna	2.418	0,23

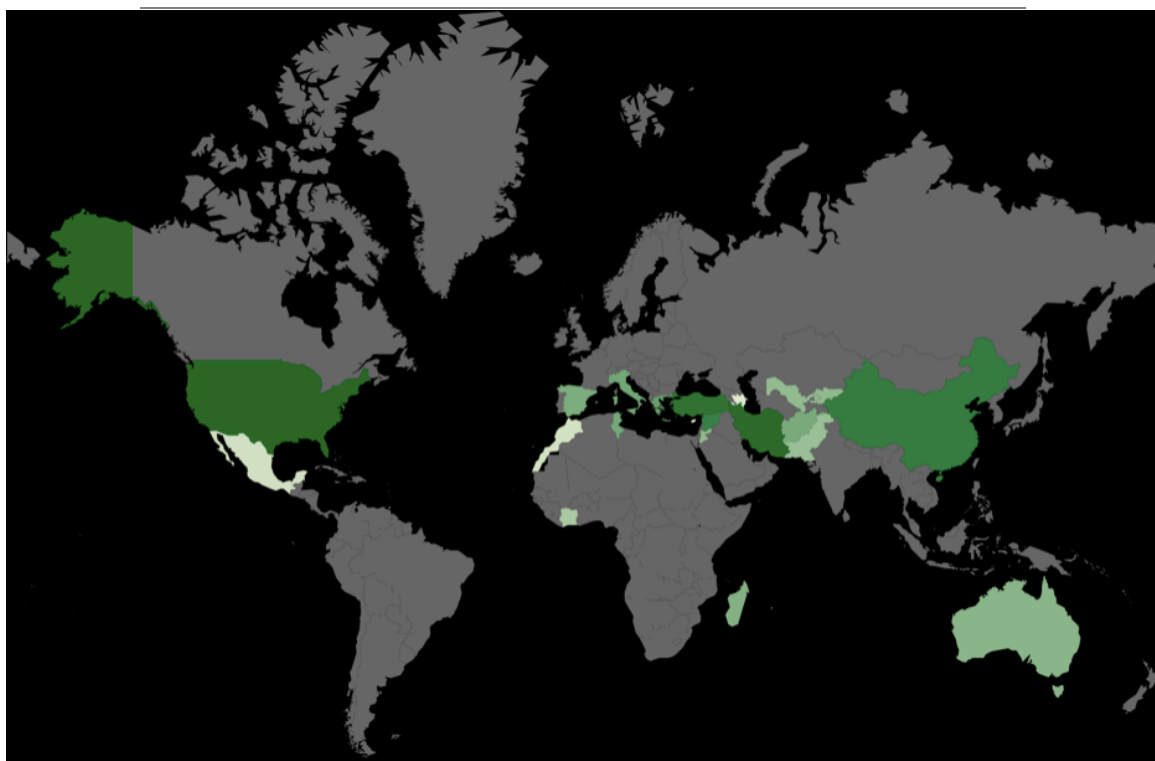


Figura 3 - Mappa mondiale della produzione dei pistacchi (2016) (*Produzione mondiali di pistacchi per Paese*).

In Italia, inizialmente la coltivazione era localizzata in Campania, ed in seguito, presumibilmente durante il periodo di Dominazione Araba, la coltivazione si ampliò anche in Sicilia.

Dopo la Seconda Guerra Mondiale questa coltura subì una notevole diminuzione di coltivazione nelle aree di origine (Agrigento, Caltanissetta e Palermo) affiancata da un significativo aumento nella provincia di Catania (*Figura 4*) (Barone & Marra, 2005).

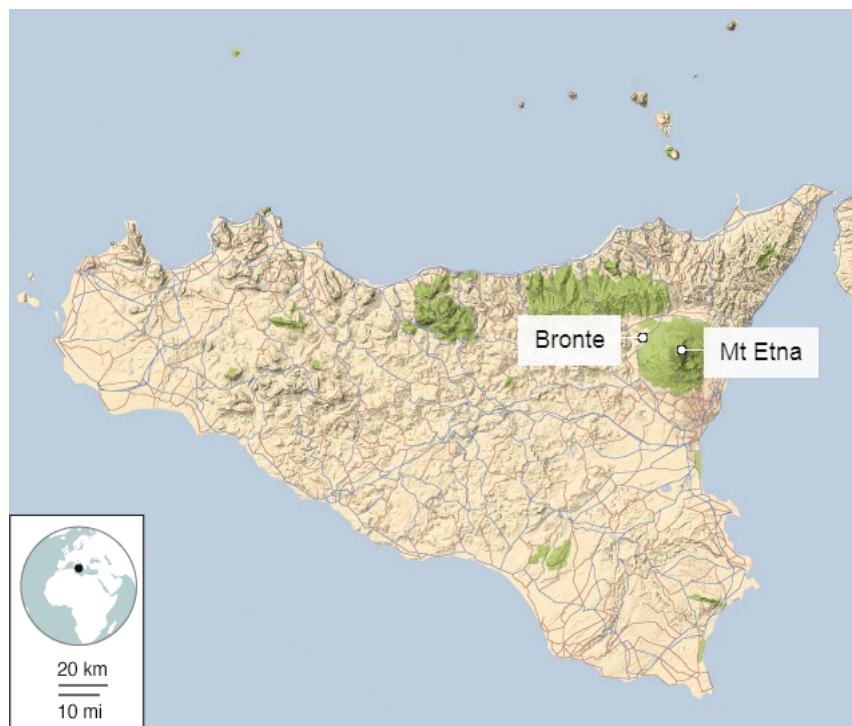


Figura 4 - Zone di produzione del Pistacchio in Sicilia (*Marchese, 2019*).

Secondo i dati, riportati nella Tabella 1, l'Italia risulta avere una produzione di 3.649 tonnellate nell'anno 2016; nel 2017 c'è stato un incremento del 18% rispetto all'anno 2007 (2.821 tonnellate/anno) della produzione e si è arrivati a 3.855 (dati ISTAT).

Ad oggi la Sicilia accoglie quasi la totalità della produzione (97-98%) del pistacchio in Italia ed è situata principalmente nei distretti di Bronte ed Adrano (Provincia di Catania), su di un'area di circa 3.864 ettari, con una produzione rispettiva di 3.878 tonnellate/anno. La maggior parte di questa produzione è localizzata a Bronte, circa l'80% della produzione siciliana, seguito da Agrigento (3%), Caltanissetta (10%) e una piccola quota a Palermo (0,3%).

Piccole produzioni si trovano anche in Basilicata (estesa per 5 ettari) e in Puglia (per circa 1 ettaro) e comunque in aree meridionali perché si tratta di una pianta con fiori delicati e fioritura precoce e le gelate tardive possono compromettere la produzione. La produzione del nostro Paese rappresenta solo uno 0,32% della produzione mondiale (Barone & Marra, 2005).

I pistacchi prodotti e lavorati in Italia non tutti, tuttavia, sono destinati alle industrie italiane, bensì la maggior parte, circa l'80%, viene esportata in altri Paesi (Regno Unito, Germania, Spagna e Giappone); il restante 20% viene destinato alle industrie italiane, di questo il 55% all'industria delle carni insaccate, il 30% all'industria dolciaria ed il 15% all'industria gelatiera; mentre l'Italia importa pistacchi dall'Iran (Bronte Insieme, 2001).

In Italia il prezzo del pistacchio varia in funzione del prodotto che si considera: per la tignosella 10-11 euro/kg, per il pistacchio sgusciato 30-33 euro/kg e per il pelato 38-40 euro/kg. Come si vede i prezzi sono altissimi e sono ancora più elevati per il prodotto fresco (INEA. & Briamonte, 2007).

In Italia, nonostante l'antica origine della coltivazione del pistacchio, non sono diffuse molte varietà, tanto che la più utilizzata è la Varietà Bianca (o Napoletana); questo è dovuto probabilmente al fatto che i coltivatori hanno sempre utilizzato la propagazione vegetativa per la lunga durata degli alberi e delle ibridazioni fra le varie specie di Pistacia (Barone & Marra, 2005).

In Sicilia è presente una produzione a Denominazione di Origine Protetta e fa riferimento al "Pistacchio verde di Bronte" prodotto dalle piante della specie Pistacia Vera, cultivar Napoletana, chiamata anche Bianca, innestata su Pistacia Terebinthus.

Il pistacchio di Bronte è soggetto alla DOP quando le drupe corrispondono alle condizioni e ai requisiti stabiliti dal Reg. (CE) 510/2006 ed indicati nel Disciplinare di produzione pubblicato sulla Gazzetta ufficiale n.34 dell'11 febbraio 2010 (*Tabella 3*).

Questi pistacchi hanno forma allungata, simile a quella di un'oliva, e poco compressa, e un colore esterno violaceo e quello del frutto interno verde intenso (smeraldo). Il sapore è aromatico forte, senza sentori estranei o di muffa.

Tabella 3 - Caratteristiche del Pistacchio verde di Bronte DOP (*Disciplinare di produzione "Pistacchio verde di Bronte" Denominazione d'Origine Protetta, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 34, 2010*).

Colore cotiledoni	Rapporto clorofilla a/b → 1,3-1,5
Sapore	Aromatico forte
Umidità	4-6%
Lunghezza/larghezza	1,5-1,9
Contenuto di acidi grassi monoinsaturi alto	→ 72% acido oleico → 15% acido linoleico → 10% acido palmitico

Secondo i dati Istat del 2017 a Bronte si producono circa 34 mila quintali di pistacchio verde di Bronte DOP, mentre la produzione nazionale, come riportato sopra è 38.846 quintali.

Come per tutti i DOP e IGP, la produzione di questo pregiatissimo prodotto non è da attribuire solo alla zona di Bronte, ma anche ai territori di Adrano e Biancavilla.

Malgrado l'utilizzo di poche varietà, all'interno del germoplasma del pistacchio siciliano vi sono alcune caratteristiche, come il sapore, il colore e la qualità, che sono molto apprezzate dal commercio, in particolare il colore verde e il sapore oleoso (Barone & Marra, 2005).

Il pistacchio di per sé viene consumato come snack (crudo o tostato) o come ingrediente in un'ampia varietà di prodotti tradizionali (dolci, gelati, torte e pasticcini) ed innovativi e anche in preparazioni di carne o pesce. Da un punto di vista compositivo, il pistacchio presenta una quota lipidica interessante ed un'elevata quantità di fibre, minerali e di fitosteroli (Lucarini & Lombardi-Bocci, 2020).

Oltre a questi componenti sono presenti tutti i componenti principali, come carboidrati, lipidi e proteine. Queste ultime sono importanti e interessanti soprattutto per quanto riguarda il pannello che rimane dall'estrazione dell'olio (*Tabella 4*).

Tabella 4 - Componenti principali del pistacchio (g/100g) (Shridhar, Erin, Harshal, & Mahes, 2009).

Componenti principali	g/100g
Lipidi	44,8
Proteine	20,2
Carboidrati	28
Zuccheri	4,6
Umidità	4,9
Ceneri	3,1
Fibra alimentare	10,3

Il contenuto di olio nei pistacchi è compreso tra il 50 e il 60% (Tabella 5), questa percentuale può variare in funzione di fattori varietali e fattori ambientali, infatti dallo studio di (Arena, Campisi, Fallico, & Maccarone, 2007) si vede come il contenuto di olio nei pistacchi di Bronte è 50,4%, mentre nei pistacchi di Agrigento 57,6%.

Gli acidi grassi sono rappresentati dall'acido oleico (70-72%), seguito da acido linoleico (13-15%) e acido palmitico (9-10%). Inoltre, sono presenti acido stearico (1-2%), acido vaccenico (1-1,5%), acido palmitoleico (0,8%) e acido linolenico (0,45%) (Tabella 6); come si vede dallo studio di (Arena, Campisi, Fallico, & Maccarone, 2007) per gli acidi grassi ci sono degli intervalli e questo è dato dal fatto che la composizione è influenzata dalla zona geografica di coltivazione, quindi troviamo differenze tra i pistacchi di Bronte e quelli di Agrigento anche nelle composizioni in acidi grassi e non solo nel quantitativo di olio.

Tabella 5 - Umidità e contenuto di olio dei pistacchi, e acidità e numero di perossidi dell'olio estratto (Arena, Campisi, Fallico, & Maccarone, 2007).

	Umidità	Olio	Acidità	Numero di perossidi (m_{eq}
	(%)	(%)	(%)	O₂/kg)
Italia (Bronte)	6,0	50,4	0,63	5,5

Tabella 6 - Composizione di acidi grassi (%) di oli di pistacchio (Arena, Campisi, Fallico, & Maccarone, 2007).

	Palmitico (C16:0)	Palmitoleico (C16:1)	Stearico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Vaccenico (C18:1ω11)	Linoleico (C18:2)	Linolenico (C18:3)
Italia (Bronte)	9,8	0,86	1,9	72,0	1,6	13,3	0,45

Questi dati mostrano che il rapporto tra acidi grassi insaturi e saturi è di circa 6,5 e il rapporto tra acido oleico e linoleico è circa 4,5 e complessivamente l'olio di pistacchio è molto simile all'olio di oliva.

Generalmente l'olio è caratterizzato dall'acidità ed un numero di perossidi basso (0,6% e meno di 5 m_{eq} O₂/kg di olio, rispettivamente) (Arena, Campisi, Fallico, & Maccarone, 2007).

L'acido oleico contenuto nell'olio è un acido grasso monoinsaturo importante per la nutrizione umana e aiuta a migliorare la lipidemia mediante la riduzione dei trigliceridi, del colesterolo LDL, del colesterolo totale e l'indice glicemico; l'acido linoleico, acido grasso essenziale del gruppo omega-3, è molto importante per il mantenimento e per lo sviluppo del sistema nervoso e le funzioni fisiologiche (Abdolshahi, et al., 2015).

I fitosteroli sono un'altra componente molto importante negli oli vegetali. Nell'olio di pistacchio i 4 fitosteroli maggiormente presenti sono il β -sitosterolo (85%), Δ 5-Avenasterolo (8-9%), campesterolo (3%) e stigmasterolo (0,9%) (Tabella 7) e la quantità totale di steroli in questo prodotto è circa 271,9 mg/100 g di olio e la quantità totale e individuale dei fitosteroli può variare (questo si vede dal fatto che possono esserci degli intervalli dei fitosteroli) in funzione della zona geografica di coltivazione, come mette in evidenza (Arena, Campisi, Fallico, & Maccarone, 2007) facendo riferimento alle coltivazioni di Bronte e di Agrigento.

Tabella 7 - Distribuzione (%) di steroli di oli di pistacchio (Arena, Campisi, Fallico, & Maccarone, 2007).

	β-Sitosterolo	Δ5-Avenasterolo	Campesterolo	Stigmasterolo	Altri
Italia (Bronte)	85,5	9,24	3,04	0,95	1,71

Il β -sitosterolo, che rappresenta la percentuale maggiore, è presente in una quantità di circa 254.8 mg/100 g di olio; il campesterolo è 16,4 mg/100 g di olio e lo stigmasterolo lo si trova in tracce (Kornsteiner, Wagner, & Elmadfa, 2006; Ojeda-Amador, Salvador, Fregapane, & Gómez-Alonso, 2019; Barone & Marra, 2005).

Nel pistacchio troviamo anche una quantità elevata di fenoli e tocoferoli, che svolgono funzione antiossidante (Tabella 8).

Tabella 8 - Composizione in tocoferoli e fenoli totali del pistacchio (Kornsteiner, Wagner, & Elmadfa, 2006).

α-Tocoferolo	β e γ-tocoferolo	δ-tocoferolo	α-tocotrienolo	Fenoli totali (mg di acido gallico equivalente/100g)
nd	10,0-43,4	nd-2,3	2,5-10,8	492-1442

L' α -tocoferolo nel pistacchio risulta assente, mentre β e γ -tocoferolo sono i componenti predominanti; si possono, inoltre, trovare tracce di δ -tocoferolo. Questi componenti sono importanti, in quanto vanno ad apportare Vitamina E (Kornsteiner, Wagner, & Elmadfa, 2006).

3. Nocciola

Il nome scientifico del nocciolo è *Corylus Avellana* ed è un albero da frutto appartenente alla famiglia delle Betulacee e al genere dei *Corylus* (*Tabella 9*) (*UN MONDO ECOSOSTENIBILE* dentro i codici della Natura, 2004).

Il frutto è un diclesio (nocciola e involucre), il cui pericarpio legnoso contiene un seme dolce e oleoso (nocciola), che viene consumato cotto o crudo, in pasta e dal quale viene ottenuto un olio utilizzato in alimentazione e in farmaceutica (*Figura 5*) (*TRECCANI Enciclopedia on line*).

Tabella 9 Classificazione sistematica del nocciolo (*UN MONDO ECOSOSTENIBILE* dentro i codici della Natura, 2004).

Classificazione	
Dominio	<i>Eukaryota</i>
Regno	<i>Plantae</i>
Divisione	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordine	<i>Fagales</i>
Famiglia	<i>Betulaceae</i>
Genere	<i>Corylus</i>
Specie	<i>C. avellana</i>
Nomenclatura binomiale	
Corylus avellana	
Nomi comuni	
Nocciolo	

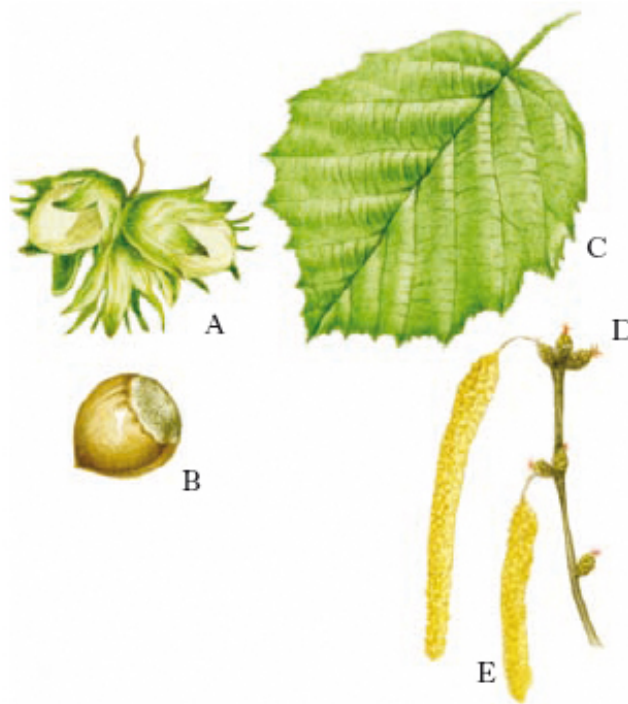


Figura 5 A) frutto del nocciolo; B) seme; C) foglia; D) ed E) rametto con fiori (*TRECCANI Enciclopedia on line*).

3.1 Zona di produzione e composizione

Il nocciolo è originario dell'Asia Minore e la coltura oggi è prevalentemente diffusa nelle aree del Mediterraneo, dell'Europa Meridionale e degli Stati Uniti d'America. La corilicoltura si è sviluppata soprattutto dopo il 1900 e ad oggi la coltivazione di nocciole si è notevolmente accresciuta con una produzione pari a 743.455 tonnellate a livello mondiale.

I principali produttori al mondo sono Turchia (56,49%); seguita da Italia (16,22%) e USA (4,64%). In Europa la produzione è concentrata principalmente in Italia, Spagna (2,06%), Francia (1,49%) e Polonia (0,74%) (Dati FAOSTAT 2016) (*Figura 6 e Tabella 10*)

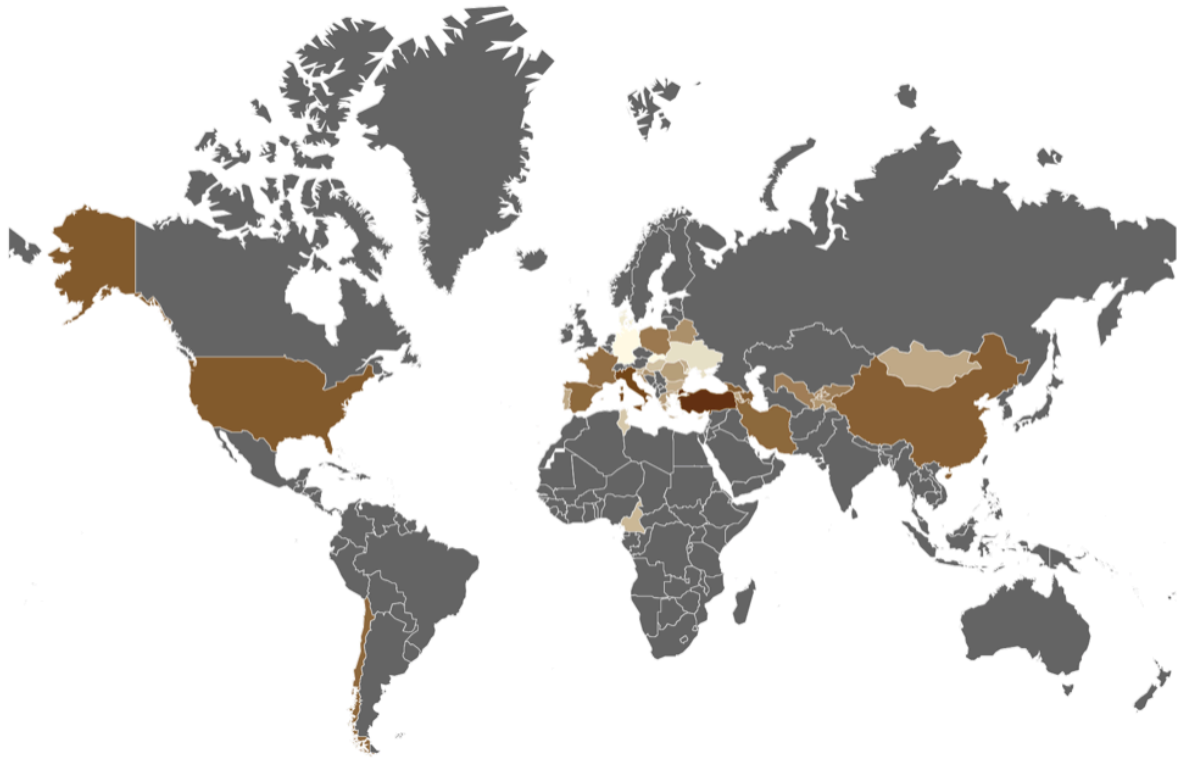


Figura 6 - Mappa mondiale della produzione di nocciole (2016) (*Produzione mondiale di nocciole per Paese*).

Tabella 10 - Produzione di nocciole per Paese (tonnellate), relativo a dati 2016 fonte FAOSTAT (*Produzione mondiale di nocciole per Paese*).

Paese	Produzione (tonnellate)	% produzione
Turchia	420.000	56,49
Italia	120.572	16,22
USA	34.473	4,64
Azerbaijan	33.941	4,57
Georgia	29.500	3,97
Cina	26.071	3,51
Iran	16.327	2,17
Cile	16.173	1,18
Spagna	15.306	2,06
Francia	11.041	1,49
Polonia	5.526	0,74

Nel mondo dal 1961 al 2016 c'è stato un incremento del 313%, passando da 179.755 tonnellate a 743.455; in Italia l'incremento della produzione è del 55%, passando dalle 55.379 tonnellate del 1961 alle 120.572 tonnellate del 2016 (Fonte dati FAO).

In base ai dati ISTAT la produzione italiana nel 2018 è stata di 145.430 tonnellate, con un incremento del 10,8% rispetto al 2017 (131.281) e del 20% rispetto al 2016, e si estende su di una superficie pari a 83.306 ettari.

A livello nazionale la produzione di nocciole è concentrata in una specifica area geografica e principalmente in 4 regioni: al primo posto si trova il Lazio con 56.000 tonnellate nel 2018, seguito dalla Campania con 42.000 tonnellate prodotte, del Piemonte con 32.000 tonnellate e la Sicilia con 12.000 tonnellate (*Figura 7*) (Zinnanti, Schimmenti, Borsellino, & Severini, 2019).



Figura 7 - Mappa principali regioni produttrici di nocciole (Zinnanti, Schimmenti, Borsellino, & Severini, 2019).

Le nocciole prodotte e lavorate in Italia non tutte sono però destinate alle industrie italiane in quanto il prodotto (nociola in guscio e nociola sgusciata) è esportato in altri Paesi, principalmente in Europa (Germania, Francia e Belgio) per l'87,7 %; inoltre, l'Italia importa nocciole, principalmente sgusciate, da Paesi esteri, come ad esempio la Turchia.

Il prezzo delle nocciole vendute in Italia varia in base alla qualità del prodotto e all'origine; se consideriamo il prodotto delle Langhe questo è venduto, in guscio, a circa 3,00 – 3,20 euro/kg, mentre

il prodotto campano ha un prezzo variabile da 1,90 a 2,20 euro/kg in base alla qualità della nocciola. Le nocciole che vengono importate dalla Turchia sono vendute a prezzi inferiori, con valori che vanno da 1,60 a 1,80 euro/kg circa (INEA. & Briamonte, 2007).

Tra le varietà più diffuse e coltivate in Italia troviamo la Tonda di Giffoni, coltivata principalmente in Campania, e caratterizzata da un frutto medio con una buona resa sgusciato e di buona qualità; la Tonda Gentile Romana, diffusa nella zona di Viterbo, presenta un frutto medio-grosso, di buona resa sgusciato e di ottime caratteristiche organolettiche; la Tonda Gentile delle Langhe (o Trilobata), tipica del Piemonte, molto pregiata per le eccellenti caratteristiche organolettiche ma poco adattabile a condizioni diverse dalla zona di diffusione. Facendo riferimento a queste varietà, in Italia troviamo numerosi prodotti a Denominazione di Origine. Partendo dal Piemonte abbiamo la “Nocciola Piemonte IGP”, per la quale nel 2015 la produzione è stata di circa 4.860 tonnellate su di una superficie di 3.315 ettari, prevalentemente nella provincia di Cuneo. L’Indicazione Geografica Protetta per questo prodotto è stata riconosciuta con un Decreto Ministeriale del 2 dicembre 1993 ed è riservata alla cultivar Tonda Gentile Trilobata coltivata nel territorio idoneo della regione del Piemonte e a frutti a guscio, sgusciati e semilavorati (nocciola tostata, granella di nocciole, farina di nocciole, pasta di nocciole) che rispondono alle caratteristiche riportate nel Disciplinare di Produzione in vigore dal 18 settembre del 2013 (CONSORZIO TUTELA NOCCIOLA PIEMONTE, s.d.) (*Tabella 11*).

Tabella 11 - Caratteristiche Nocciola Piemonte IGP (*Disciplinare di Produzione della Indicazione Geografica Protetta "Nocciola Piemonte", 2013*).

Nocciola Piemonte IGP	
Forma	Sferoidale
Dimensione	Non uniforme con calibri che vanno da 17 a 21 mm
Guscio	→ Medio-sottile → Color nocciola mediamente intenso → Scarsa lucentezza → Con numerose striature
Polpa	Compatta e croccante
Perisperma	Di medio spessore
Aroma	Delicato, ma persistente
Resa	Tra il 40 e il 50%

In Campania troviamo la “Nocciola di Giffoni IGP”, la quale è corrispondente solo alla cultivar Tonda di Giffoni coltivata nella provincia di Salerno. La produzione massima è di 40 quintali/ettaro.

Questo prodotto può essere venduto come Nocciola intera in guscio o nocciola sgusciata (che può essere anche tostata); in ogni caso deve rispondere alle caratteristiche riportate nel Disciplinare di Produzione del 14 marzo 2014 (ultima modifica effettuata dal Ministero delle Politiche Agricole (*Tabella 12*)) (Disciplinare di Produzione della Indicazione Geografica Protetta "Nocciola di Giffoni", 2014).

Tabella 12 Caratteristiche Nocciola Giffoni IGP (*Disciplinare di Produzione della Indicazione Geografica Protetta "Nocciola di Giffoni", 2014*).

Nocciola Giffoni IGP	
Forma	Subsferica
Dimensione	Media con calibri non inferiori a 18 mm
Guscio	→ Medio → Color nocciola più o meno intenso, con striature marrone più scuro
Polpa	Consistente ed aromatica
Resa alla sgusciatura	Non inferiore al 43%
Umidità (dopo essiccazione)	Non superiore al 6%

Oltre a queste Denominazioni di Indicazione Geografica Protetta in Italia è presente anche una Denominazione di Origine Protetta e si fa riferimento alla “Nocciola Romana DOP”, cultivar Tonda Gentile Romana e Nocchione. Questa cultivar deve corrispondere alle caratteristiche riportate nel Disciplinare di Produzione pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il 12 agosto 2009 (*Tabella 13*).

La zona di produzione, di raccolta, di stoccaggio, di sgusciatura, di cernita e calibratura è compresa nei comuni delle Province di Viterbo e Roma. Il prodotto con questa Denominazione viene commercializzato come nocciola in guscio, in sacchi o confezioni di juta o rafia o nocciola sgusciata in sacchi o confezioni di juta o rafia o cartoni idonei ad uso alimentare (Disciplinare di Produzione della Denominazione di Origine Protetta "Nocciola Romana", 2009).

Tabella 13 Caratteristiche Nocciola Romana DOP (da Tonda Gentile Romana e da Nocchione)
 (Disciplinare di Produzione della Denominazione di Origine Protetta "Nocciola Romana", 2009).

Tonda Gentile Romana	
Forma	Sub-sferoidale con apice leggermente a punta
Dimensione	Non uniforme con calibri da 14 a 25 mm
Guscio	→ Medio → Color nocciola → Tomentosità diffuse all'apice → Numerose striature evidenti
Seme	Medio-piccolo
Perisperma	Medio spessore
Tessitura	Compatta e croccante
Sapore e aroma	Finissimo e persistente
Resa	Tra 28 e 50%
Nocchione	
Forma	Sferoidale, sub-elissoidale
Dimensione	Calibri da 14 a 25 mm
Guscio	→ Spesso → Color nocciola chiaro → Striato
Seme	Medio-piccolo
Perisperma	Mediamente staccabile alla torrefazione
Tessitura	Compatta e croccante
Sapore e aroma	Finissimo e persistente
Resa	Tra 28 e 50%

Le nocciole sono largamente utilizzate nel settore alimentare, nel cioccolato, nel dolciario e nella pasticceria, in quanto presentano caratteristiche, sia nutrizionali che sensoriali, positive e molto apprezzate dai consumatori.

Il frutto della nocciola contiene tutti i principali macronutrienti, grassi, carboidrati e proteine (*Tabella 14*), in percentuali diverse e il contributo maggiore in termini compositivi è dato dai lipidi; infatti, uno dei prodotti che ne deriva è l'olio di nocciola ed è il più pregiato e più innovato. In generale il contenuto di olio nelle nocciole varia dal 49 al 67% (Alasalvar, Shahidi, Amaral, & Oliveira, 2009).

Tabella 14 Composizione nocciole. (Alasalvar, Shahidi, Amaral, & Oliveira, 2009)

Componenti principali	g/100 g
Proteine	13,70
Lipidi	64,20
Carboidrati	15,5
Umidità	4,5
Ceneri	2,2

All'interno dell'olio, di conseguenza all'interno del frutto, troviamo principalmente l'acido oleico (C18:1, circa 80-83%), l'acido linoleico (C18:2, circa 8,50-11%) e l'acido palmitico (C16:0, 5,70-6,46%); in percentuali minori sono presenti anche l'acido palmitoleico (C16:1) e linolenico (C18:3) (*Tabella 15*). In tracce sono presenti l'acido miristico (C14:0), l'acido eptadecanoico (C17:0), l'acido eptadecenoico (C17:1), l'acido arachico (C20:0) e l'acido lignocericico (C24:0) (Bacchetta, Aramini, Di Giammatteo, Spera, & Botta, 2013). Come per il pistacchio, il contenuto d'olio e la composizione in acidi grassi può essere variabile in funzione della zona geografica di coltivazione e della varietà, quindi i fattori ambientali e i fattori varietali fanno sì che ci siano possibili intervalli, come si vede dallo studio di (Bacchetta, Aramini, Di Giammatteo, Spera, & Botta, 2013).

Partendo da questi dati il rapporto tra acidi grassi insaturi e acidi grassi saturi è circa 10,77, il che conferma un quantitativo maggiore di acidi grassi insaturi, che risulta essere positivo perché gli acidi grassi saturi possono risultare dannosi per la salute umana; e il rapporto tra acido oleico e linoleico è circa 9,1, generalmente questo dovrebbe essere ≥ 7 in quanto permette una maggiore stabilità dell'olio visto che la tendenza all'irrancidimento è legato al numero di doppi legami presenti negli acidi grassi. Sulla base di questi dati l'olio di nocciola può essere paragonato all'olio di oliva in quanto risulta avere una composizione acidica molto simile; tuttavia, ci sono alcune differenze riguardo alla presenza di acidi grassi essenziali. Nell'olio di oliva sono presenti quelli della serie omega-3, assenti

nell'olio di nocciola; e quelli della serie omega-6 nell'olio di nocciola sono circa il 6%, mentre l'olio di oliva ne contiene una percentuale maggiore che è circa l'11%.

Ad ogni modo, la percentuale maggiore di acidi grassi presenti nell'olio di nocciola è rappresentata da acidi grassi monoinsaturi, MUFA, (superiore all'80%), a seguire gli acidi grassi polinsaturi, PUFA, (circa il 10%) ed infine gli acidi grassi saturi, SFA, (circa il 7-8%).

Tabella 15 Contenuto di olio (%) e composizione in acidi grassi (%) nelle cultivar Italiane (*Bacchetta, Aramini, Di Giammatteo, Spera, & Botta, 2013*).

Cultivar	Contenuto di olio (%)	Palmitico (C16:0)	Palmitoleico (C16:1)	Stearico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolenico (C18:3)
Tonda di Giffoni	58,60	5,78	0,20	2,53	82,38	9,01	0,14
Tonda Gentile delle Langhe	59,25	6,46	0,29	2,38	81,54	9,22	0,13
Tonda Gentile Romana	62,57	5,89	0,21	2,65	83,59	7,57	0,10

Nelle nocciole la presenza di alcuni componenti, come zuccheri, acidi organici, aminoacidi liberi e tannini può risultare importante e apportare caratteristiche sensoriali particolari ai vari prodotti e la loro quantità varia in base alla varietà, alle condizioni colturali, alla maturità, alla stagione e alle condizioni geografiche (Alasalvar, Shahidi, Amaral, & Oliveira, 2009).

Gli zuccheri, che sono circa 4-4,5 g/100g dei carboidrati totali, sono responsabili della dolcezza del prodotto; lo zucchero principale è il saccarosio, seguito da glucosio e fruttosio (Cristofori, Ferramondo, Bertazza, & Bignami, 2008; Alasalvar, Shahidi, Amaral, & Oliveira, 2009).

Gli acidi organici, che risultano essere responsabili del sapore acido, aspro e fruttato caratteristico di alcuni prodotti, nelle nocciole sono circa 1,624 g/100 g, quindi un contenuto abbastanza limitato in ogni caso, tuttavia i principali sono l'acido malico (1,050 g/100 g) e l'acido citrico (0,412 g/100 g); in misura minore, quasi irrilevante, si trovano l'acido ossalico, l'acido acetico, l'acido lattico e l'acido maleico (Alasalvar, Shahidi, Amaral, & Oliveira, 2009).

Gli aminoacidi liberi, invece, risultano possedere un ruolo importante nella formazione di colore e aroma durante la tostatura delle nocciole, che deriva dai composti volatili a basso peso molecolare che si vengono a formare durante la tostatura quando viene attivata la reazione di Maillard. Gli aminoacidi liberi più presenti nelle nocciole sono l'arginina (204,9 mg/100 g) e l'acido glutammico (128,7 mg/100 g), in minor quantità si possono trovare acido aspartico (71,3 mg/100 g), alanina (68,1 mg/100 g) e asparagina (53,6 mg/100); infatti, questi rappresentano il 71,6% degli aminoacidi liberi totali (Alasalvar, Shahidi, Amaral, & Oliveira, 2009).

Le nocciole contengono elevati contenuti, circa 191,3 mg/100 g di olio, di fitosteroli e fitostanoli, generalmente in quantità maggiori rispetto all'olio di oliva (*Tabella 16*).

Tabella 16 - Composizione in steroli e stanoli (mg/100g) (*Amaral, et al., 2006*).

Colesterolo	1,49
Campesterolo	9,72
Stigmasterolo	1,79
Clerosterolo	12,03
β-Sitosterolo	162,89
β-Sitostanolo - Δ5-Avenasterolo	10,95
Δ7-Avenasterolo	1,19
Δ7-Stigmastenolo	1,29

Il β -sitosterolo è lo sterolo principalmente presente nella nocciola (85% del totale). Sono presenti in quantità rilevanti anche il campesterolo (5,1% del totale), il β -stistanolo, e il Δ 5-avenasterolo (insieme questi ultimi due rappresentano il 5,72% del totale) (Amaral, et al., 2006).

Oltre a questi costituenti, le nocciole contengono sia vitamine liposolubili (A, E e K) che vitamine idrosolubili (tiamina, biotina, vitamina C, acido pantotenico, folati, colina, niacina). Principalmente le nocciole sono fonte di Vitamina E (come i pistacchi), la quale raggruppa 4 tocoferoli (α , β , γ , e δ) e 4 tocotrienoli (α , β , γ , e δ) (*Tabella 17*) (Alasalvar, Shahidi, Amaral, & Oliveira, 2009).

Tabella 17 - Composizione in tocoferoli e tocotrienoli (mg/100g) (Alasalvar, Shahidi, Amaral, & Oliveira, 2009).

	Quantità (mg/100g)
α-tocoferolo	11,8-44,0
β-tocoferolo	nd-1,0
γ-tocoferolo	nd-1,0
δ-tocoferolo	nd-1,0
α-tocotrienolo	nd-20,9
β-tocotrienolo	nd
γ-tocotrienolo	nd
δ-tocotrienolo	nd

Le nocciole presentano un elevato contenuto di α -tocoferolo, che è circa tre volte maggiore rispetto al contenuto che si riscontra nell'olio di oliva. Per quanto riguarda gli altri tocoferoli e tocotrienoli il quantitativo è molto basso e dipende soprattutto dal tipo di varietà che si prende in considerazione, perché ha un'influenza molto elevata (Alasalvar, Shahidi, Amaral, & Oliveira, 2009).

4. Operazioni preliminari

Pistacchio e nocciola subito dopo la raccolta subiscono alcune operazioni preliminari prima di un eventuale confezionamento o prima di essere sottoposti a successive lavorazioni per l'ottenimento dei prodotti tipici utilizzati in gastronomia (in cucina e nella ristorazione) o nell'industria alimentare.

Le fasi operative di lavorazione del pistacchio hanno inizio con la fase di raccolta, come si nota dalla *Figura 8*, che, facendo riferimento a quello di Bronte italiano, è biennale e viene fatta negli anni dispari fin dall'antichità, questo perché i coltivatori notarono che negli anni pari la produzione era minore e durante l'anno di scarica le piante traggono nutrienti dai terreni arricchiti dalla cenere dell'Etna. Negli anni pari viene fatta la "potatura verde", si procede togliendo le gemme a mano. Tuttavia, si è provato negli ultimi anni a lasciare le gemme e farle fiorire; si sostiene che possa aumentare il rischio di malattie delle piante e possa non essere interrotto il ciclo biologico di alcuni insetti particolarmente dannosi per la pianta.

La raccolta si effettua nel periodo che va da fine agosto alle prime settimane di ottobre e viene fatta manualmente, scuotendo le piante e facendo cadere i frutti su di un telo, per via della natura delicata della pianta (Bronte Insieme, 2001).

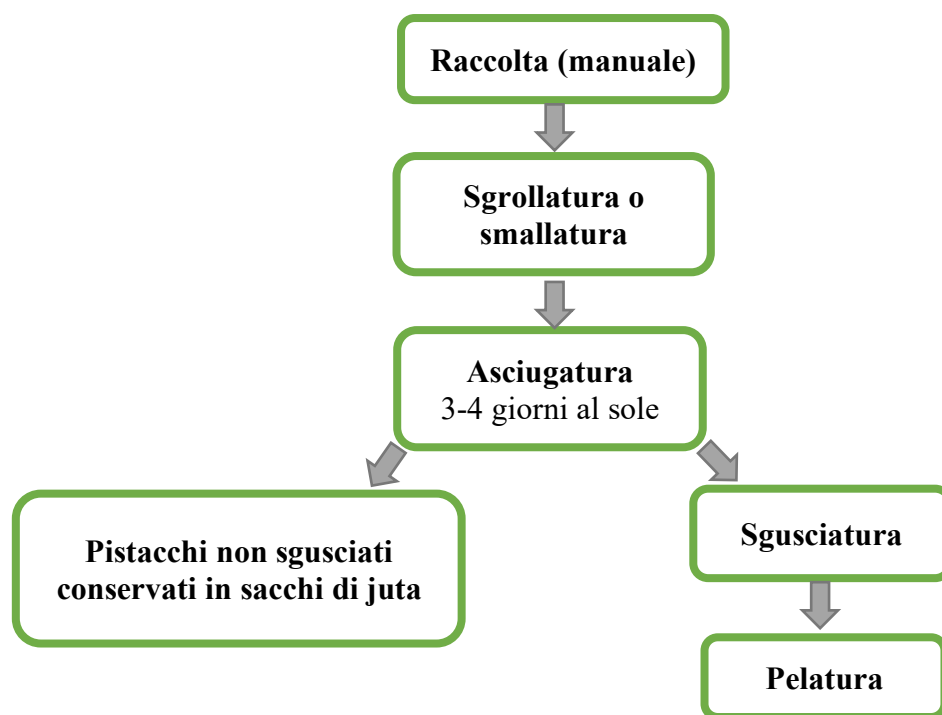


Figura 8 Lavorazioni preliminari del pistacchio.

Dopo la raccolta i pistacchi maturi, che sono avvolti dal mallo, uno strato di polpa - simile a una buccia - che contiene il frutto costituito da vari strati (*Figura 9*), vengono trasportati mediante sacchi di juta all'interno delle industrie di lavorazione.

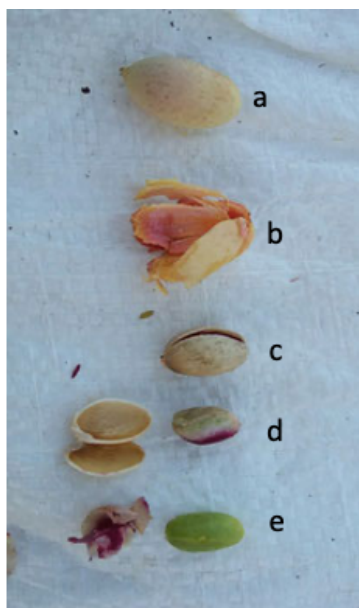


Figura 9 Il pistacchio: a) frutto maturo; b) mallo esterno; c) frutto in guscio (tignosella); d) pistacchio (gheriglio); e) pistacchio spellato (*Pistacchio di Scalavecchia Bronte*).

A questo punto i pistacchi vengono sottoposti a sgrollatura o smallatura (*Figura 8*) per eliminare il mallo attraverso sfregamento meccanico ed asciugati al sole in larghi spazi davanti alle aziende per 3-4 giorni; questa operazione deve essere effettuata entro 24 ore dalla raccolta.

Dopo questa operazione rimane la così detta tignosella, ovvero il frutto con il guscio (*Figura 9, c*), della quale se ne ricava da 5 a 15 kg da ogni pianta, fino ad un massimo di 20-30 kg. Questo prodotto viene conservato in ambienti bui e ben asciutti, e possibilmente in sacchi di juta, per poi essere successivamente lavorato. In genere queste due fasi vengono effettuate dal produttore (Bronte Insieme, 2001).

Il passaggio successivo è la sgusciatura, quindi l'eliminazione del guscio legnoso che racchiude il gheriglio di pistacchio dall'endocarpo viola-rossastro. Questa lavorazione viene effettuata meccanicamente dalle cooperative o dai commercianti; fino a qualche decennio fa veniva effettuata manualmente con una tecnica che utilizzava una pietra lavica, vuota internamente, sul bordo della quale i pistacchi venivano spezzati ad uno ad uno con dei martelli rudimentali. Le apparecchiature utilizzate per la lavorazione meccanica oggi sono regolate in base alla pezzatura del prodotto.

A questo punto il pistacchio in particolare quello di Bronte, può essere privato dell'endocarpo viola-rossastro che lo ricopre e questa fase è la più delicata del processo di prima trasformazione. Per questa

operazione viene utilizzato un impianto di scottatura, dove il seme sosta per alcuni minuti in acqua calda (90°C) con questo processo la pellicola che ricopre il seme si rigonfia e successivamente, attraverso il passaggio su cilindri gommati, che lavorano per sfregamento, viene lacerata e distaccata. Il prodotto che esce dalla pelatura viene fatto passare in macchine a fibre ottiche che permettono di selezionare il frutto pelato e quello non pelato. Da qui il seme viene inviato ad una fase di asciugatura e portato ad un'umidità del 4-5%. Attraverso questa fase si riesce a far risaltare il verde smeraldo dei frutti, quindi l'autentico colore del pistacchio di Bronte (Bronte Insieme, 2001).

Queste lavorazioni sono richieste dai paesi importatori o dalle industrie dolciarie o conserviere che utilizzano il prodotto, anche se oggi viene quasi esclusivamente commercializzato "pelato".

Con altre lavorazioni che utilizzano impianti di lavorazione specifici si possono ottenere semilavorati, come la granella di pistacchio (adatta per decorare e cucinare), la farina di pistacchio (utilizzata negli impasti dei dolci o per preparare salse e creme) e la pasta di pistacchio (dove il frutto viene finemente tritato e raffinato per farlo diventare una pasta pura per la preparazione di gelati o l'uso in gastronomia) (INEA. & Briamonte, 2007).

Dalle operazioni preliminari di lavorazione del pistacchio si hanno alcuni sottoprodotti che possono essere valorizzati, come il mallo e i gusci di pistacchio.

Il mallo rappresenta il 35-45% dello scarto nella lavorazione dei pistacchi.

Fino a pochi anni fa, nonostante il mallo fosse interessante per metaboliti primari e secondari, poche informazioni riguardo all'uso, alla composizione bioattiva e alle proprietà biotecnologiche erano presenti. Recentemente si è definita la composizione di fenoli, le proprietà antiossidanti e citoprotettive ed è stato messo in evidenza, grazie agli studi di (Bellocco, et al., 2016), che la matrice è una buona fonte di componenti salutari. Principalmente, attraverso alcune analisi si è messa in evidenza la composizione in antocianine (classe di coloranti idrosolubili appartenenti al gruppo dei flavonoidi, con azione antiossidante) e in particolare di cianidina-3-O-galattoside (96,57%) (*Figura 10*) (Bellocco, et al., 2016).

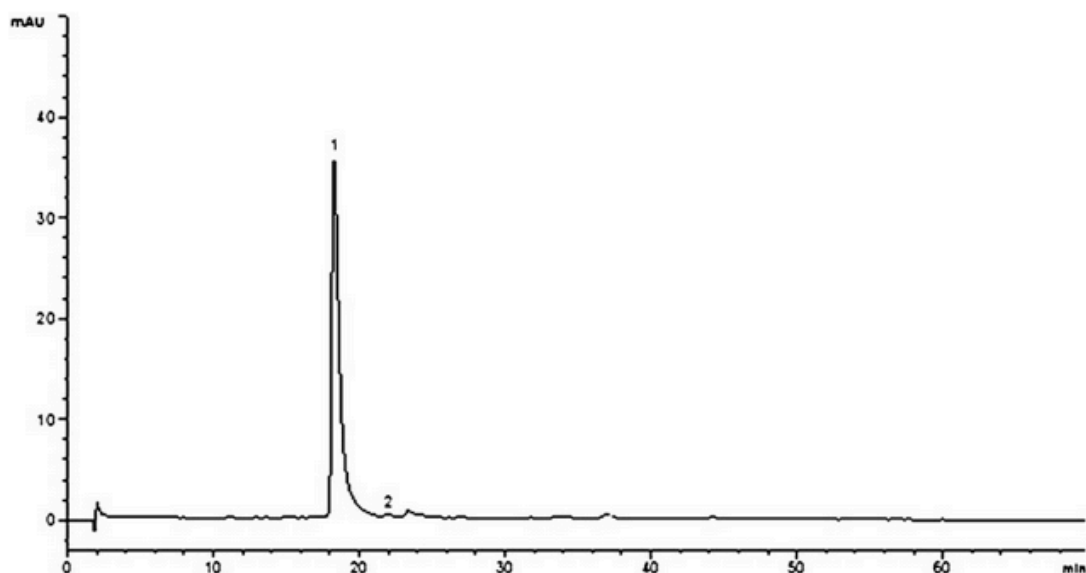


Figura 10 Cromatogramma HPLC rappresentativo delle antocianine nell'estratto di mallo di pistacchio maturo. L'identificazione del picco è stata eseguita abbinando il tempo di ritenzione e gli spettri UV a composti di riferimento disponibili in commercio. 1) cianidina-3-O-galattoside e 2) cianidina-3-O glucoside (Bellocco, et al., 2016).

La ricchezza e la purezza di cianidina-3-O-galattoside nel mallo dei pistacchi ha fatto ipotizzare un possibile recupero per utilizzo nell'industria farmaceutica, oltre che come colorante alimentare. Questa antocianina, infatti, possiede notevoli proprietà antiossidanti, contro i radicali liberi e citoprotettive migliori rispetto agli antiossidanti sintetici, per questo il mallo del pistacchio è una materia prima preziosa per la produzione nutraceutica (Bellocco, et al., 2016).

I gusci del pistacchio rappresentano un 35-45% del peso totale del frutto. Questi sono una biomassa costituita principalmente da cellulosa, emicellulosa e lignina, quindi composti che presentano molti idrocarburi e che hanno quindi un elevato potenziale energetico. Il loro utilizzo principale è infatti quello energetico, per l'alimentazione delle caldaie domestiche, dove viene utilizzato al posto del pallet comune, o per i forni (Cioffi, 2009).

Le nocciole, a differenza dei pistacchi, vengono raccolte quando sono mature e cadono a terra attraverso macchinari semoventi, detti "raccoglinocciole", solitamente tra l'inizio di agosto e la fine di ottobre.

Le macchine raccoglinocciole (Figura 11) mentre raccolgono il prodotto da terra mediante spazzole convogliatrici, effettuano una prima selezione e pulizia (Figura 12); successivamente le nocciole mediante carrelli automatizzati vengono portate all'interno delle industrie di lavorazione passano in

tunnel dove, per mezzo di getti d'aria, vengono eliminate ogni traccia di terra e di fogliame attorno al prodotto.



Figura 11 - Macchina raccogliocceole (*Giardinaggio.net, s.d.*)

La raccolta deve avvenire nel più breve tempo possibile, considerando la tendenza dei frutti di assorbire l'umidità dal terreno, per evitare il deterioramento e per garantire una migliore qualità, in termini di gusto e aroma (INEA. & Briamonte, 2007).

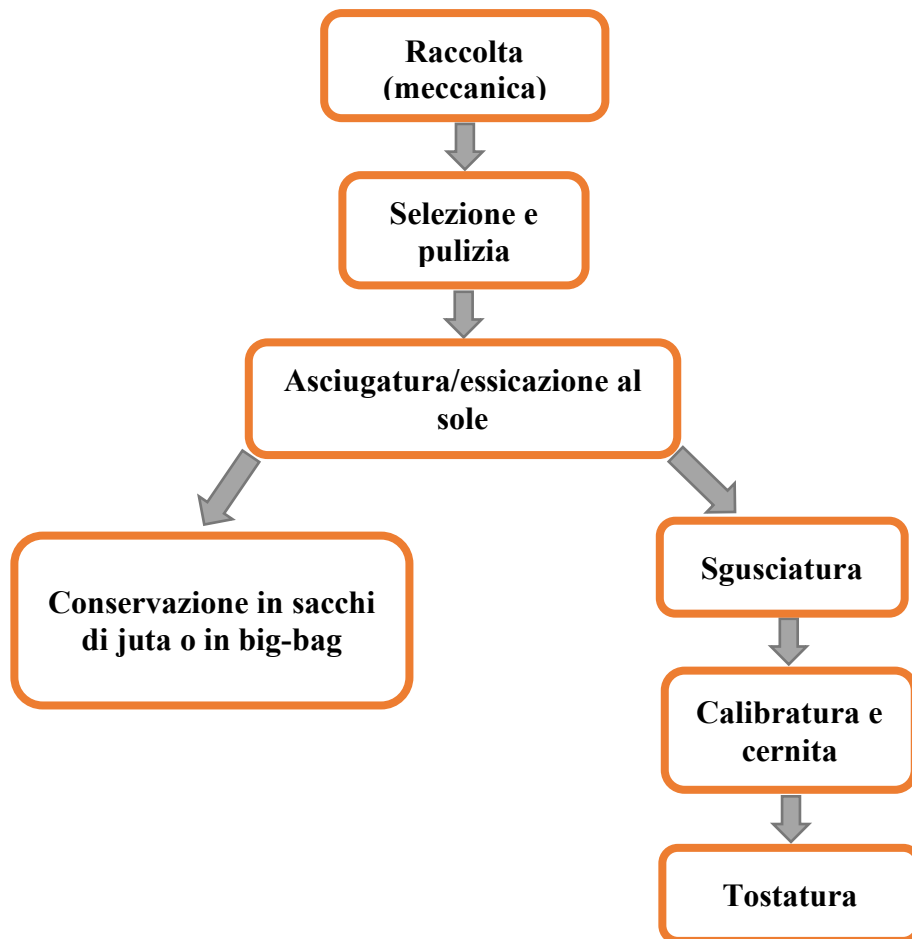


Figura 12 - Lavorazioni preliminari della nocciola.

Dopo la pulizia le nocciole vengono distese all'aria per procedere con l'operazione di essiccamento (Figura 12) che permette una diminuzione di umidità tale da consentirne la conservazione nel tempo; infatti l'umidità non deve essere superiore al 10% per il frutto in guscio e non superiore al 6% per il frutto sgusciato.

Dopo la fase di essiccazione le nocciole vengono fatte passare in dei molini che rompono il guscio, poi vengono sottoposte al processo di sgusciatura vero e proprio al fine di separare il frutto dal guscio (Figura 12), che fino a quel momento aveva la funzione di proteggere il frutto per conservarne le proprietà della nocciola. La varietà più apprezzata e che ha una maggiore resa dopo la sgusciatura è la Tonda Gentile Trilobata, dove il frutto riempie il guscio quasi interamente e la resa raggiunge il 50 % nelle stagioni più favorevoli (INEA. & Briamonte, 2007).

Il frutto sgusciato viene calibrato mediante un cilindro rotante con dei fori di vario diametro e suddiviso in 4 classi principali: inferiore a 11 mm; tra 11 e 13 mm; tra 13 e 15 mm; superiore a 15 mm. Solitamente per l'industria dolciaria sono preferite le nocciole con diametro tra 11 e 13 mm e quelle comprese tra 13 e 15 mm, mentre quelle con calibro superiore a 15 mm vengono vendute intere

e sono preferite per il consumo diretto. Dopo la calibratura deve essere fatta una cernita per eliminare i corpi estranei residui, come gusci o scarti di lavorazione (*Figura 12*).

Le nocciole che hanno superato le fasi precedenti e risultano essere quindi di maggiore qualità vengono sottoposte alla fase principale: la tostatura. Questa fase, oltre ad inattivare gli enzimi lipossidasi che potrebbero provocare l'irrancidimento della fase grassa e compromettere la qualità del frutto, fornisce una doratura e un sapore inconfondibile alle nocciole; successivamente viene fatta una selezione in base alla pelatura delle nocciole e, soprattutto, in base al successivo impiego (INEA. & Briamonte, 2007).

Tra i semilavorati ottenuti dalla nocciola si ha la granella, la farina e la pasta di nocciole, in generale i prodotti vengono ottenuti subito dopo la tostatura in modo tale da mantenere i profumi e i sapori caratteristici.

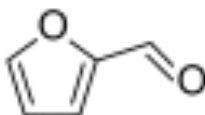
Il confezionamento delle nocciole tostate, in granella o sfarinate viene fatto sottovuoto per non fare ossidare il prodotto e mantenere una qualità elevata (INEA. & Briamonte, 2007).

Dalla lavorazione delle nocciole si hanno alcuni sottoprodotti, gusci e perisperma, che possono essere recuperati e riutilizzati per ulteriori lavorazioni alimentari o per la produzione di combustibili o energia.

Il guscio di nocciola, che rappresenta il 53% del peso del prodotto, non essendo sottoposto a trattamenti chimici, ma solo a rottura meccanica, risulta essere un eco-combustibile naturale che può essere utilizzato a livello domestico o aziendale per il riscaldamento. Ci sono, però, due tipologie di guscio, quello semplicemente spaccato a metà che viene utilizzato per il riscaldamento con caldaie e quello triturato utilizzato per stufe a pellet.

Inoltre, i gusci in piccola quantità possono essere utilizzati per la produzione di furfurolo ed essendo ricchi di polifenoli, cellulosa, emicellulosa e lignina è ipotizzabile un utilizzo per l'estrazione dei polifenoli e la produzione successiva di additivi alimentari come lo xilosio (Ministero delle politiche agricole, 2010/2012).

Il furfurolo è uno dei derivati furanici della frazione emicellulosica dei lignocellulosici e principalmente un prodotto naturale della disidratazione dello xilosio, che è un pentoso presente nella biomassa lignocellulosica. Questo composto è un'aldeide aromatica eterociclica costituita da un anello furanico con un gruppo aldeidico laterale (*Figura 13*) (Mathew, Abraham, Mallapureddy, & Sukumaran, 2018).



Furfural

Figura 13 - Molecola del furfurolo ($C_5H_4O_2$) (Mathew, Abraham, Mallapureddy, & Sukumaran, 2018).

Il furfurolo ha un aspetto oleoso e un odore simile alle mandorle, inoltre risulta essere incolore e se viene esposto all'aria tende a diventare marrone scuro.

Da questo composto, mediante reazioni di idrogenazione, di ossidazione, di decarbossilazione o di riduzione si possono formare una serie di composti (Figura 14), che vengono utilizzati principalmente per la produzione di farmaci, per la produzione di profumi, resine o polimeri (Mathew, Abraham, Mallapureddy, & Sukumaran, 2018).

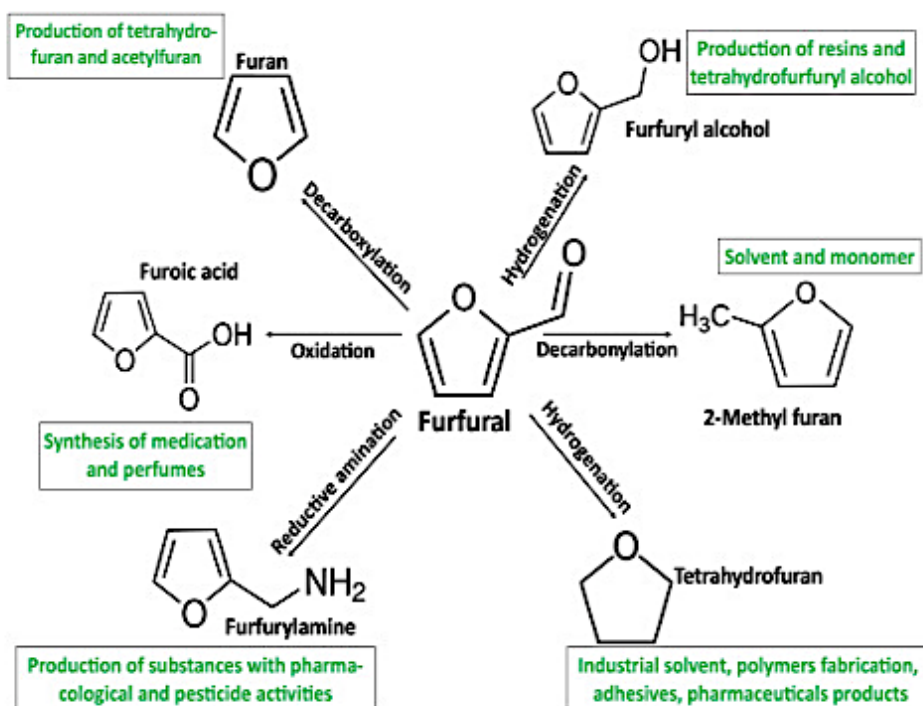


Figura 14 - Derivati del furfurolo e applicazioni (Mathew, Abraham, Mallapureddy, & Sukumaran, 2018).

Il perisperma, ovvero la cuticola esterna che avvolge il seme, rappresenta un 2,5 % del peso totale della materia prima e deriva dalla tostatura della nocciola, durante la quale questa frazione si distacca. Questo sottoprodotto viene utilizzato come combustibile o come compost, tuttavia diversi lavori hanno messo in evidenza la presenza di composti fenolici e di fibra, e per queste caratteristiche salutistiche è stato utilizzato come ingrediente funzionale di pane, carne e gelato (Anil, 2007 ; Dervisoglu, 2006).

Oltre a questi utilizzi il perisperma di nocciola è stato studiato (Zeppa, et al., 2013) come ingrediente funzionale in prodotti lattiero caseari, come yogurt e formaggio, al fine di verificare se il prodotto finito potesse contenere un quantitativo del 3% di fibra per poter etichettarlo come “fonte di fibre” sulla base del Regolamento CE 1924/2006.

Nel caso dello yogurt studiato da (Zeppa, et al., 2013) e arricchito di perisperma di nocciola è stato possibile etichettarlo come “fonte di fibra”, in quanto il contenuto risultava essere superiore al 3%. Durante la shelf-life di questo prodotto si osserva un aumento di polifenoli e dell’attività antiossidante rispettivamente del 46% e del 29%. In particolare, questi valori tendono ad aumentare in conseguenza a una maggiore estrazione dei polifenoli a causa dell’idratazione del perisperma (Zeppa, et al., 2013).

Anche il formaggio, durante lo stesso studio effettuato da (Zeppa, et al., 2013), è stato addizionato con perisperma tostato di nocciola.

Per questo prodotto sono state effettuate delle analisi che mettono in evidenza un contenuto maggiore di polifenoli e una maggiore attività antiossidante rispettivamente del 24% e 29%; per quanto concerne il contenuto in fibra non si sono evidenziate differenze tra il prodotto funzionalizzato e quello non funzionalizzato, quindi il perisperma non è stato trattenuto dalla cagliata per la sua elevata idrofobicità (Zeppa, et al., 2013).

A questo punto le materie prime sono pronte per essere sottoposte ad ulteriori lavorazioni per la produzione di alcuni prodotti, come l’olio di nocciola e di pistacchio, la granella, la farina e la pasta, oppure possono essere confezionate tal quali senza ulteriore trattamento e destinate al consumo diretto, in gastronomia o nelle produzioni alimentari.

5. Tostatura

Molta frutta secca in generale viene consumata tostata. La torrefazione, infatti, risulta essere responsabile, come vedremo in seguito, dello sviluppo del gusto e degli aromi tipici, e anche della consistenza croccante tipica di questi prodotti. Inoltre, il processo di tostatura comporta modificazioni microstrutturali e chimiche; tuttavia queste modificazioni, che sono anche lipidiche potrebbero portare una maggiore possibilità di ossidazione (Alamprese, Ratti, & Rossi, 2009). Inoltre, questa fase può portare anche a cambiamenti nel contenuto di metaboliti (come gli antiossidanti) (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006).

Pertanto, la torrefazione in generale può portare sia alla formazione di componenti favorevoli per la salute e caratteristiche volute dal consumatore sia a molecole con effetti potenzialmente dannosi sulla salute (Schlörmann, et al., 2015).

Considerando il pistacchio e la nocciola di seguito sono riportate le condizioni con cui viene effettuata la tostatura e le modifiche che questa comporta sul prodotto considerato.

5.1 Tostatura del pistacchio

In generale il pistacchio durante le operazioni preliminari (*Figura 8*) viene sottoposto ad un'asciugatura che risulta importante per mantenere una buona qualità e una buona sicurezza dei frutti e consente una maggiore conservazione. Questo processo può essere effettuato in vari modi, con essiccazione al sole, essiccazione verticale continua o cilindrica verticale continua, essiccazione cilindrica a imbuto ecc. Tuttavia, aumentando le temperature di trattamento si riducono i tempi di asciugatura.

L'essiccazione può avere effetti sulla composizione dell'olio e origina una maggiore acidità o valori di perossido maggiori che sono valori negativi per il prodotto. Inoltre, elevate temperature (superiori ai 50°C) possono modificare alcune caratteristiche sensoriali, come il colore che varia da giallo a verde.

Tuttavia, la tostatura, che viene utilizzata per migliorare le caratteristiche sensoriali nei pistacchi consumati come snack o per l'estrazione dell'olio, impiega temperature molto alte (da 100 a 150°C) per tempi variabili (da 20 a 30 minuti) (Catalán, et al., 2017).

La tostatura viene effettuata stratificando i pistacchi su dei vassoi e inserendo questi in forno ad aria forzata, dove la temperatura e i tempi sono controllati.

Il processo viene impiegato, principalmente, nei frutti destinati alla produzione alimentare per migliorare il sapore, il colore, la consistenza e l'accettabilità complessiva del prodotto da parte dei consumatori; e può essere anche considerato un metodo efficace per la riduzione di aflatossine che possono essere presenti nel frutto del pistacchio (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

La principale reazione che si attiva durante la torrefazione è quella di Maillard che provoca una diminuzione degli zuccheri e un aumento dei composti aromatici, che vanno a determinare la preferenza del consumatore verso questi prodotti. Questa reazione porta anche alla formazione di composti con attività antiossidante (fenoli, tocoferoli e pigmenti), i quali sembrano responsabili della maggiore stabilità ossidativa degli oli ottenuti da prodotti trattati termicamente (*Figura 15*); inoltre, potrebbe anche portare ad un'inattivazione di alcuni enzimi, tra i quali ci possono essere anche quelli responsabili della rancidità (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

La reazione di Maillard oltre a causare le modificazioni sopra citate, assieme alla degradazione dei lipidi, che determina a sua volta un accrescimento di acidi grassi liberi, può portare alla formazione di un quantitativo maggiore di pigmenti e di aromi maggiormente desiderati dal consumatore (Hojjati, Calín-Sánchez, Razavi, & Carbonell-Barrachina, 2013).

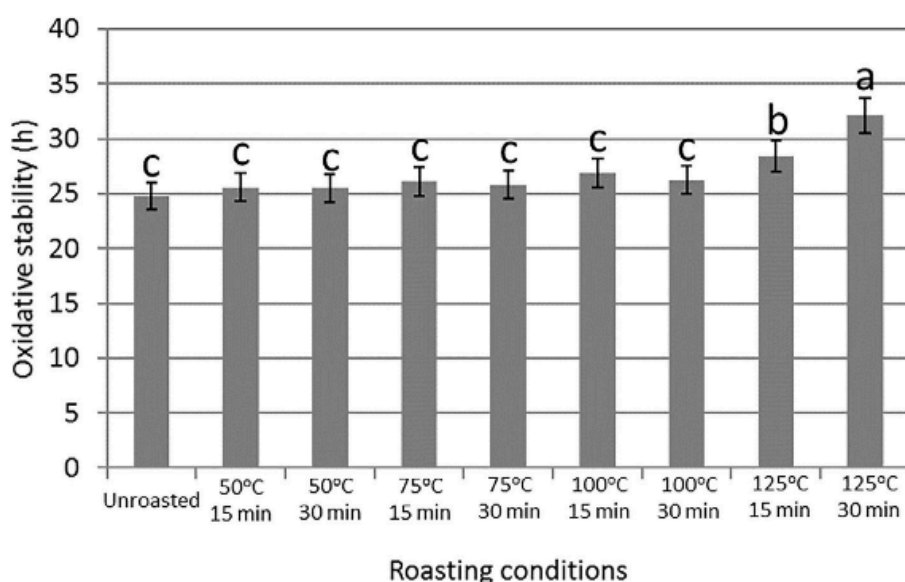


Figura 15 - Stabilità ossidativa dell'olio di pistacchio ottenuto dopo differenti condizioni di tostatura della materia prima (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

Oltre a queste reazioni che possono essere attivate dalle alte temperature, con la tostatura si può avere una diminuzione dell'umidità; infatti, il prodotto fresco parte con un'umidità di circa 40-45%, che

viene ridotta a valori del 5% con l'essiccazione e successivamente con il trattamento di tostatura si ha un'ulteriore perdita di umidità del prodotto.

L'umidità, tuttavia, è un parametro importante che va ad influenzare anche la resa in olio (*Figura 16*). I pistacchi sottoposti a trattamenti di tostatura più elevati hanno subito un calo di umidità dal 4,28% al 2,10% con una correlata diminuzione della resa in olio dal 39,08% dei pistacchi tal quali al 35,46% dei pistacchi tostati (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

Questa correlazione diretta da diminuzione di umidità e diminuzione della quantità d'olio mette in evidenza il fatto che la tostatura debba essere effettuata in maniera controllata per evitare un'eccessiva essiccazione che porta ad una perdita troppo elevate di olio. In particolare, nonostante la torrefazione sia necessaria per ottenere oli più apprezzati dal consumatore dal punto di vista sensoriale, a volte risulta essere necessario effettuare una leggera reidratazione prima della fase di estrazione per aumentare la resa (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

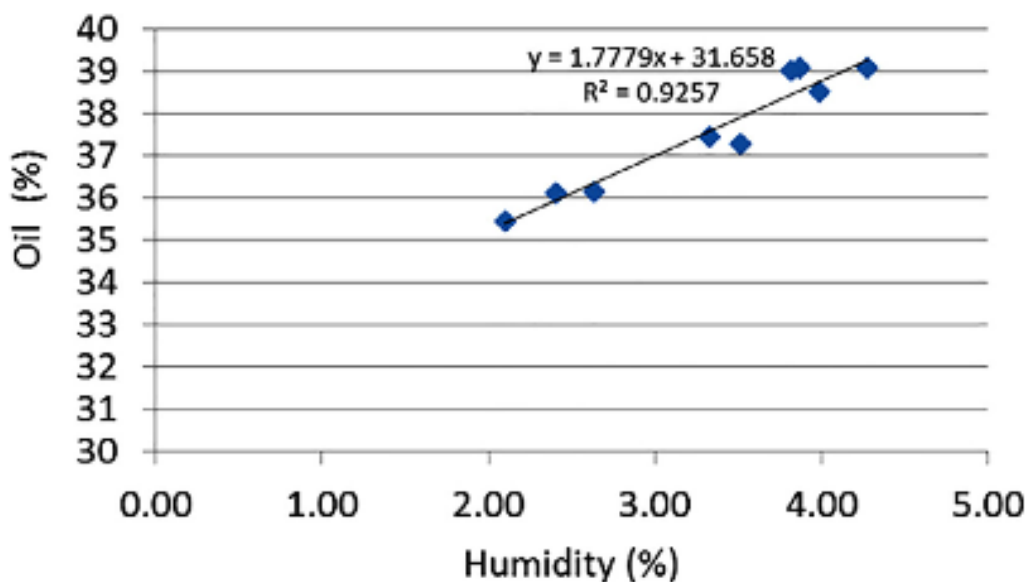


Figura 16 - Correlazione tra umidità del pistacchio e olio ottenuto (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

La tostatura del pistacchio, come scritto sopra, ha un impatto molto elevato sul colore dell'olio estratto, che passa da un giallo dell'olio ottenuto da pistacchi crudi o minimamente tostati (50-75°C) ad un verde brillante degli oli estratti da pistacchi soggetti ad un trattamento di tostatura più intenso (100-125°C). Il colore giallo degli oli vegetali è dato principalmente dai carotenoidi, mentre le clorofille sono responsabili del colore verde brillante.

I principali pigmenti responsabili del colore dei pistacchi tostitati sono clorofilla, clorofilla b e luteina (che rappresentano rispettivamente il 47, il 21 e il 17% del contenuto totale di pigmenti) (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

All'interno di oli da pistacchi precedentemente tostitati a temperature elevate sono stati rilevati derivati della clorofilla, le piroclorofille a e b, e la pirofeofitina, che sono stati rilevati in oli di pistacchi tostitati con temperature elevate.

Le piroclorofille a e b sono individuate nei chicchi di pistacchio dopo la tostitatura e la pirofeofitina è il componente principale della degradazione delle clorofille dopo i trattamenti termici, come avviene anche negli oli di oliva (*Figura 17*).

La trasformazione in pirofeofitina a parte dall'aumento di acidità, causata dagli acidi grassi liberi che si formano con la degradazione dei lipidi per effetto dell'elevata temperatura, che determina la trasformazione della clorofilla in feofitina a (perdita dello ione Mg^{++}); successivamente per effetto dei trattamenti termici, o eventualmente per irraggiamento, la feofitina a si trasforma in pirofeofitina a (perdita di un gruppo $COOCH_3$) (Lazzerini, Cifelli, & Domenici, 2017).

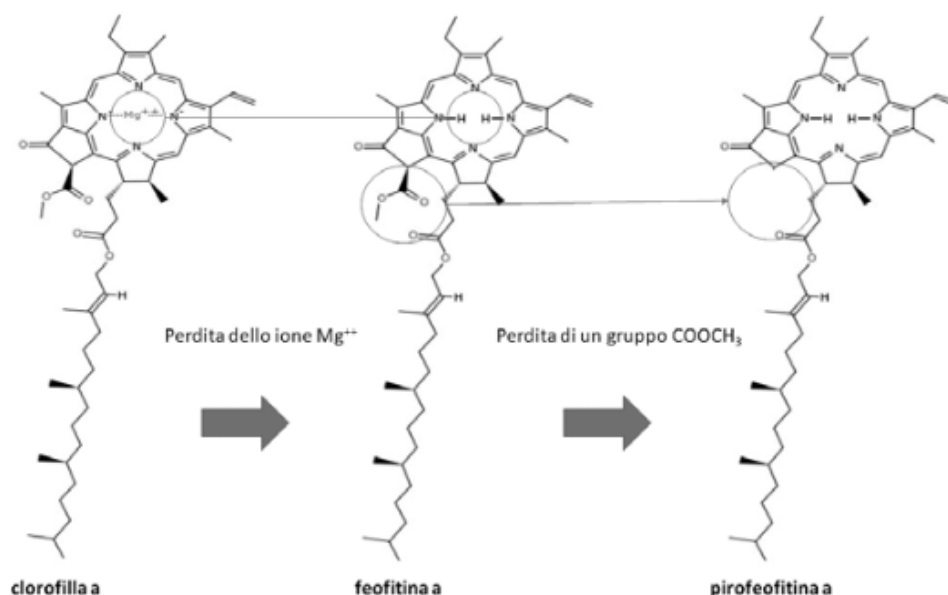


Figura 17 - Trasformazione a cui è soggetta la clorofilla a (Lazzerini, Cifelli, & Domenici, 2017).

Oltre alle clorofille, negli oli di pistacchi precedentemente tostitati sono stati ritrovati anche carotenoidi, come 5,8-furanoidi, l'uroxanto e la mutatoxantina. I carotenoidi inoltre in condizioni acide tendono ad essere trasformati in 5-furanoidi; pertanto negli oli di pistacchio vi si trovano pigmenti presenti anche negli oli crudi e pigmenti che si sono formati durante la tostitatura (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

Secondo alcuni studi nonostante la natura lipofila di clorofille e carotenoidi, il loro trasferimento dalla frutta oleosa all'olio è solo parziale e principalmente la quantità di questi componenti negli oli dipende dalla materia prima e dai processi a cui questa è sottoposta.

In base alle condizioni di tostatura (in particolare temperatura) gli oli di pistacchio vengono suddivisi in oli verdi, che derivano da pistacchi trattati con temperature di torrefazione elevate, e oli gialli, che derivano da pistacchi non trattati o minimamente trattati con temperature molto basse. Dalla *Figura 18* si vede che aumentando la temperatura di tostatura viene favorito il trasferimento dei pigmenti dalla frutta oleosa all'olio prodotto mediante l'estrazione, quindi di conseguenza risulta essere inferiore il quantitativo di componenti trattenuti nel pannello residuo. In particolare, l'effetto delle alte temperature di tostatura ha influito anche su una maggiore solubilizzazione dei composti della clorofilla, che in generale sono trasferiti in misura minore rispetto ai carotenoidi (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

Questi risultati sono stati visti anche nell'olio vergine di oliva e le cause che determinano un aumento del trasferimento dei pigmenti sono principalmente l'indebolimento delle interazioni pigmenti-lipoproteine e delle membrane lipidiche; la rottura di questi complessi è causata anche dal riscaldamento del frutto, in questo senso temperature più elevate di tostatura favoriscono una maggiore solubilizzazione e migrazione dei pigmenti negli oli (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

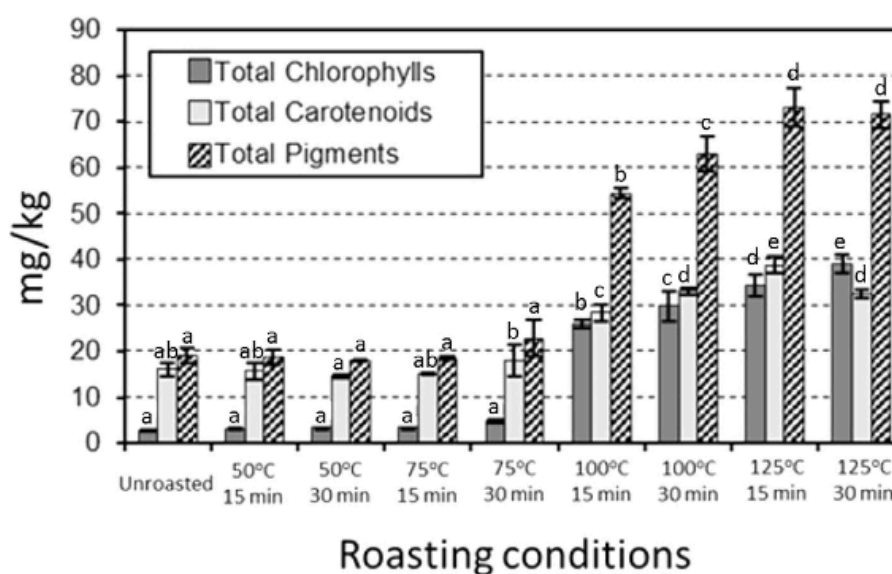


Figura 18 - Concentrazione clorofille, carotenoidi e pigmenti nell'olio ottenuto da pistacchi tostati a differenti condizioni (Rabadán, Gallardo-Guerrero, Gandul-Rojas, Álvarez-Ortí, & Pardo, 2018).

5.2 Tostatura della nocciola

Le nocciole sono consumate in tutto il mondo in grande quantità, però solo una piccola parte (8-10%) della produzione annuale viene consumata come nocciole crude; infatti, frequentemente queste sono sottoposte ad un trattamento termico di torrefazione che è la fase principale del processo di produzione. Questa fase migliora notevolmente il sapore, il colore e la consistenza delle nocciole. In particolare, il prodotto tostato rispetto al prodotto crudo ha un gusto delicato e apprezzato dai consumatori.

La tostatura è una fase che viene effettuata anche per eliminare il perisperma (pellicola, cuticola esterna che ricopre il seme), per inattivare gli enzimi e distruggere i microrganismi indesiderati e i contaminanti (Özdemir, et al., 2001).

La tostatura non viene effettuata solo nel caso di nocciole destinate al consumo diretto o all'industria alimentare come tali, come granella o come farina, ma viene effettuata anche nel caso in cui queste siano destinate alla produzione di olio di nocciola; in quanto questo processo può determinare variazioni della materia prima che possono portare ad un olio con caratteristiche differenti, in termini di stabilità ossidativa, di colore e di umidità, rispetto ad un olio ottenuto con nocciole crude (Özdemir, et al., 2001).

La tostatura può avvenire, a seconda delle esigenze, dopo una precedente essiccazione e ovviamente dopo una sgusciatura; viene effettuata a varie temperature per differenti tempi, si va da 125°C fino a 200°C procedendo con il trattamento per un periodo che può variare da 30 minuti a 5 minuti a seconda della temperatura utilizzata (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006). Tuttavia, le temperature più idonee per il trattamento delle nocciole, al fine di apportare modifiche positive e non intaccare sulle caratteristiche compositive in maniera negativa, sono 130 °C e 160 °C (Marzocchi, 2017).

La tecnica utilizzata è ad aria calda e risulta essere un'operazione lenta (con un graduale aumento della temperatura, ad esempio si parte da 130 °C e si arriva lentamente a 170 °C) e costante, per preservare le caratteristiche della nocciola senza bruciarla, tostandola fino al cuore per valorizzarne gli aromi (Tartufi dolci il blog di Antica Torroneria Piemontese, s.d.).

Durante la tostatura, variando le temperature e il tempo di trattamento, si riscontrano delle modificazioni principalmente in relazione alla quantità di acqua e ai grassi totali; inoltre, può variare il colore della materia prima e poi successivamente dell'olio estratto (*Tabella 20*) (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006).

L'umidità, intesa anche come quantità d'acqua, diminuisce aumentando la temperatura e i tempi di trattamento; la quantità di grassi totali subisce un aumento, probabilmente dato un danneggiamento maggiore delle membrane, che favorisce una maggiore estrazione, e da una maggiore denaturazione delle proteine.

Il colore all'aumentare della temperatura passa dal giallo paglierino delle nocciole crude ad un marrone scuro; questo è dovuto principalmente alla formazione di sostanze che conferiscono un colore bruno che si sviluppano a seguito alla reazione di Maillard (di tipo non enzimatico, che coinvolge zuccheri e amminoacidi liberi o ammine) (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006).

Tabella 18 - Effetto della tostatura su umidità, grassi totali e colore (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006).

Tostatura	Umidità (%)	Grassi totali (%)	Colore
Cruda	5	68,3	Giallo paglierino
125°C/15 minuti	1,9	68,4	Giallo paglierino
125°C/30 minuti	1,6	70,2	Giallo
145°C/15 minuti	1,6	70,0	Giallo/oro
165°C/15 minuti	1,5	68,5	Giallo/oro
165°C/30 minuti	1,2	70,7	Marrone
185°C/15 minuti	1,0	70,8	Marrone scuro
200°C/5 minuti	1,4	69,4	Marrone

La tostatura avviene ad alte temperature in presenza di ossigeno, quindi c'è un'elevata probabilità di ossidazione lipidica, di conseguenza ci può essere una diminuzione dei valori nutrizionali delle nocciole. Per valutare la stabilità dell'olio può essere utilizzato come indicatore a composizione in acidi grassi, che è molto importante anche in termini nutrizionali.

Nel campione grezzo si trovano come acidi grassi principali l'acido oleico, linoleico, palmitico e stearico; i quali si mantengono dopo il trattamento termico. In particolare modo sono state evidenziate delle variazioni relative alle percentuali di acidi grassi all'aumentare della temperatura e dei tempi di trattamento sono mostrati in *Tabella 21*.

In generale la concentrazione di acidi grassi saturi e di acido oleico aumentano, mentre il livello di acido linoleico diminuisce.

In relazione agli acidi grassi un indicatore del trattamento termico può essere l'acido linolenico, che è quello che tende più facilmente ad isomerizzare, passando da forma *cis* a forma *trans*. Tuttavia, la

quantità di acidi grassi nelle nocciole è in percentuale bassa (< 0,1 %) quindi ha un impatto trascurabile sul valore nutrizionale (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006).

Tabella 19 - Effetto della tostatura sulla composizione in acidi grassi (%) (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006).

Tostatura	Palmitico (C16:0)	Palmitoleico (C16:1)	Stearico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolenico (C18:3)
Cruda	5,02	0,19	1,89	78,57	12,72	0,08
125°C/15 minuti	5,33	0,20	2,18	81,06	10,59	0,07
125°C/30 minuti	4,76	0,16	1,95	80,98	11,47	0,07
145°C/15 minuti	5,41	0,22	1,84	82,16	9,76	0,06
165°C/15 minuti	5,23	0,22	1,69	79,50	12,69	0,07
165°C/30 minuti	5,26	0,19	2,28	80,12	11,53	0,06
185°C/15 minuti	5,51	0,20	1,97	77,89	13,77	0,07
200°C/5 minuti	4,98	0,18	2,07	82,14	10,00	0,05

La tostatura può apportare cambiamenti nel contenuto di fitosteroli totali o individuali a causa di ossidazione, idrolisi, isomerizzazione e disidratazione (Tabella 22). In particolare, si osserva una diminuzione dei fitosteroli totali (da 183, 6 a 164,1 mg/kg di olio) quando le nocciole vengono sottoposte a trattamento termico (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006).

Tabella 20 - Effetto della tostatura sulla composizione in fitosteroli (mg/100g di olio) (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006).

Tostatura	Coolesterol	Campesterol	Stigmasterol	Clerosterol	β-Sitosterol	Δ5-Avanasterol
Cruda	0,29	10,09	1,85	1,15	155,96	12,23
125°C/15 minuti	0,29	9,57	1,69	1,13	139,66	9,94
125°C/30 minuti	0,32	8,97	1,56	1,13	136,98	9,89
145°C/15 minuti	0,34	8,76	1,78	1,25	141,17	12,43
165°C/15 minuti	0,42	8,96	1,61	1,33	130,18	10,85
165°C/30 minuti	0,22	8,45	1,66	1,20	134,89	13,27
185°C/15 minuti	0,17	9,06	1,54	1,14	134,92	11,67
200°C/5 minuti	0,16	8,91	1,67	1,21	140,89	9,23

Non diminuiscono solo fitosteroli totali, ma con la tostatura si ha un effetto anche sui tocoferoli che tendono a diminuire (da 267,30 a 250,49 mg/kg di olio); la presenza, in parte, del perisperma nelle nocciole che vengono sottoposte al trattamento di tostatura potrebbe fungere da protezione nei confronti di un eccessivo degrado termico dei nutrienti, come fitosteroli e tocoferoli (Marzocchi, 2017).

Le perdite che si hanno a livello di fitosteroli e di Vitamina E sono relativamente modeste, come risulta essere trascurabile l'aumento di acidi grassi *trans*, per questo motivo le diminuzioni in relazione alle varie componenti non sono state elevate da intaccare i valori nutrizionali (Amaral, Seabra, & Oliveira, 2006).

6. Estrazione degli oli

Dalla frutta secca, quindi anche da pistacchi e nocciola, è possibile estrarre oli ricchi di grassi insaturi, fitosteroli, antiossidanti lipofili endogeni e dotati di un aroma tipico della frutta da cui derivano se vengono prodotti utilizzando tecniche adeguate. Generalmente questi oli sono commercializzati nel segmento degli “oli speciali” (Gong & Pegg, 2015).

La frutta secca prima di essere sottoposta al processo di estrazione deve essere pulita, calibrata e sgusciata, in quanto i materiali estranei come foglie, pietre o metalli possono aumentare l'usura delle attrezzature di lavorazione e determinare anche una minore qualità dell'olio. La sgusciatura è fondamentale perché i gusci contengono quantità molto basse di grasso e hanno soprattutto la tendenza ad assorbire olio se vengono presentati insieme ai frutti durante l'estrazione dell'olio (Gong & Pegg, 2015).

I metodi di estrazione possono essere meccanici o chimici e come vedremo di seguito sia per il pistacchio che per la nocciola in base al metodo utilizzato si ha una differente resa e qualità dell'olio.

6.1 Estrazione dell'olio dal pistacchio

L'estrazione dell'olio dai pistacchi viene effettuata attraverso vari metodi che portano a differenti risultati in termini di quantità e qualità dell'olio estratto.

Un metodo di estrazione utilizzato è quello che sfrutta l'uso di solventi organici, tale metodo porta all'ottenimento di rese elevate, ma ad una qualità inferiore dell'olio a causa della comparsa di sapori e odori indesiderati e dell'inattivazione o scomparsa di vitamine e altre sostanze bioattive.

Un'alternativa all'estrazione mediante solvente, emersa negli ultimi anni, è l'estrazione mediante l'utilizzo di fluidi supercritici. Un esempio di fluido supercritico può essere la CO₂ pressurizzata, il suo utilizzo consente di ottenere oli di alta qualità grazie alle basse temperature. Gli elevati costi di tale processo sono il principale vincolo di esso, limitandone l'utilizzo solo a produzioni di oli con valori elevati.

Un ulteriore metodo è quello che sfrutta i sistemi a pressione, i quali permettono di ottenere oli di elevata qualità con prezzi vantaggiosi. Tali sistemi permettono inoltre di ottenere un prodotto piacevole che può essere consumato direttamente e mantiene contemporaneamente tutti i benefici per la salute associati al consumo di pistacchi (*Tabella 23*) (Catalán, et al., 2017; Rabadán, Álvarez-Ortí, Gómez, Alvarruiz, & Pardo, 2017).

Tabella 21 - Comparazione metodi di estrazione dell'olio di pistacchio (*Catalán, et al., 2017*).

Sistema di estrazione	Vantaggi	Svantaggi
Estrazione con solvente organico	Alto rendimento e bassi costi	Oli di qualità inferiore
Estrazione fluida supercritica	Oli di alta qualità	Alto costo
Sistemi di pressione	Oli di alta qualità	Rendimento inferiore

6.1.1 Estrazione meccanica

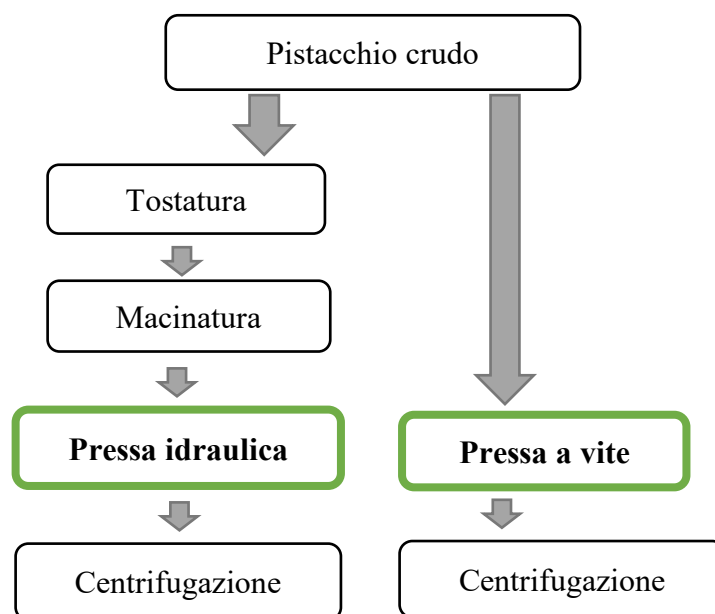


Figura 19 - Fasi preliminari all'estrazione dell'olio dai pistacchi e metodi di estrazione meccanica.

L'estrazione dell'olio dai pistacchi mediante l'utilizzo mezzi fisici può essere effettuata attraverso due differenti presse: pressa meccanica e pressa a vite (*Figura 19 e 20*).

Al giorno d'oggi questi sono i metodi più utilizzati grazie al loro semplice utilizzo, alle buone rese di estrazione e ai buoni parametri di qualità degli oli ottenuti; i quali possono essere considerati vergini perché subiscono solo trattamenti meccanici.

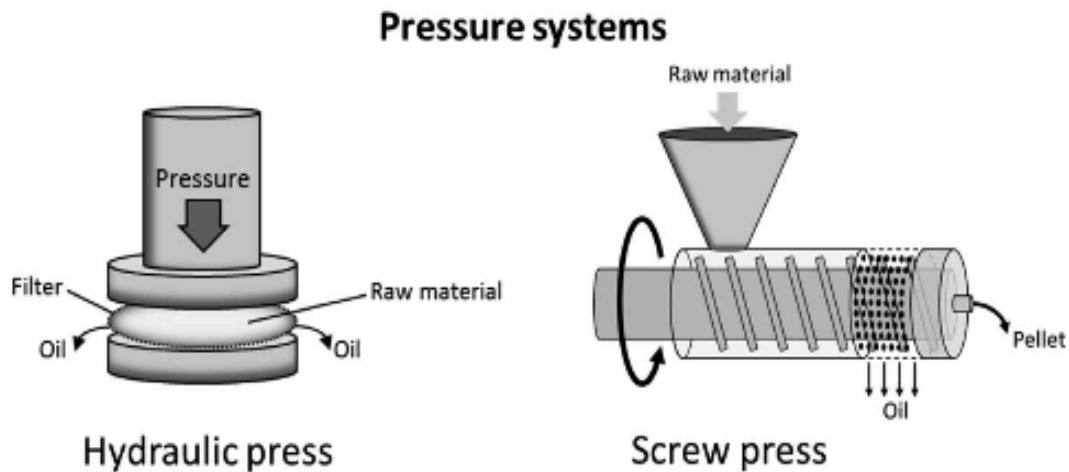


Figura 20 - Diagrammi di estrazione meccanica dell'olio di pistacchio (Catalán, et al., 2017).

I due metodi meccanici necessitano di una materia prima iniziale preparata in maniera differente, in quanto per la pressa idraulica i pistacchi vengono macinati e poi posizionati a strati utilizzando dei filtri; per la pressa a vite i pistacchi vengono inseriti interi nella macchina senza precedente macinazione visto che la triturazione avviene grazie alla vite presente nel sistema (Rabadán, Álvarez-Ortí, Gómez, Alvarruiz, & Pardo, 2017). Entrambi i metodi possono essere considerati “metodi di estrazione a freddo”, ma quando viene utilizzata la pressa a vite l’olio può raggiungere temperature intorno ai 40-50°C a causa dell’attrito dei pistacchi durante il processo e l’aumento della temperatura durante il processo può portare a modificazioni; tant’è che viene mostrato un leggero aumento di acidità, di perossidi e di stabilità ossidativa (Catalán, et al., 2017).

La temperatura gioca un ruolo importante anche sulle caratteristiche sensoriali dell’olio. Se l’estrusione viene eseguita a bassa temperatura, o le temperature del processo totale rimangono basse, l’olio che ne risulta ha un colore giallo con un odore riconducibile ai pistacchi naturali. Mentre temperature elevate durante il processo di estrazione o nelle fasi precedenti fanno sì che l’olio diventi verde e l’intensità dell’olfatto e del gusto aumentino. Pertanto, prima della fase di estrazione viene effettuata una tostatura dei pistacchi per migliorarne le proprietà sensoriali (Catalán, et al., 2017).

Dopo l’estrusione dell’olio viene effettuato uno step di centrifugazione al fine di eliminare i solidi residui.

La quantità d’olio estratta per i due metodi risulta essere differente, attraverso l’estrusione con pressa a vite la quantità di olio che si ottiene è circa il 40%, mentre nel caso di utilizzo della pressa idraulica avremo un ricavo di circa il 30-32% (Rabadán, Álvarez-Ortí, Gómez, Alvarruiz, & Pardo, 2017).

Analizzando meglio le varie componenti dell'olio si possono notare alcune differenze.

Entrambi metodi portano all'ottenimento di oli contenenti un'elevata quantità di acido oleico (54,80 - 55,17 g/100g di acidi grassi) e di acido linoleico (il secondo in ordine di importanza, 31,52 - 30,93 g/100g di acidi grassi totali). In generale entrambi i metodi di estrazione conducono a oli aventi lo stesso profilo in acidi grassi (*Tabella 24*).

La stabilità ossidativa è maggiore quando viene utilizzata la pressa a vite e questo può essere spiegato dalle più alte temperature di trattamento, che determinano anche una maggiore acidità libera negli oli. Il contenuto di steroli, invece, ed in particolare del Δ^7 -stigmasterolo, è elevato negli oli ottenuti mediante pressa idraulica. Tuttavia, bisogna fare attenzione a questo valore elevato di steroli poiché sono sensibili al riscaldamento; però possono essere protetti dalla matrice lipidica dell'olio stesso, principalmente dagli acidi grassi insaturi, che rappresentano l'85% del profilo di acidi grassi.

Questi risultati suggeriscono che si possono ottenere oli con caratteristiche differenti a seconda del tipo di pressa utilizzata (Rabadán, Álvarez-Ortí, Gómez, Alvarruiz, & Pardo, 2017).

Tabella 22 - Composizione dell'olio di pistacchio ottenuto con pressa a vite e pressa idraulica (Rabadán, Álvarez-Ortí, Gómez, Alvarruiz, & Pardo, 2017).

Parametri	Pressa a vite	Pressa idraulica
Acidità	0,29	0,20
Acidi grassi (g/100 g di olio)		
Acido palmitico (C16:0)	10,89	11,05
Acido palmitoleico (C16:1)	1,03	1,06
Acido stearico (C18:0)	1,00	1,07
Acido oleico (C18:1)	54,80	55,17
Acido linoleico (C18:2)	31,52	30,93
Acido linolenico (C18:3)	0,50	0,47
Stabilità ossidativa(h)	30,91	26,40
Steroli totali (mg/kg)	3371	3818
Polifenoli totali (ppm)	24,31	25,63
Colesterolo (%)	0,10	0,10
Camasterolo (%)	4,18	4,13
Stigmasterolo (%)	0,59	0,55
β-Sitosterolo (%)	94,23	91,09
Δ^7-stigmasterolo (%)	0,37	0,50

Per quanto riguarda le caratteristiche sensoriali gli oli estratti con la pressa a vite risultano avere caratteristiche maggiori che richiamano la torrefazione e un colore dell'olio più verde grazie alle maggiori temperature raggiunte durante il processo.

Gli oli ottenuti attraverso l'utilizzo di pressa idraulica risultano avere un colore più giallo e per questo motivo viene effettuata una torrefazione iniziale dei pistacchi per una preferenza da parte dei consumatori (*Figure 21A e 21B*) (Rabadán, Álvarez-Ortí, Gómez, Alvarruiz, & Pardo, 2017).

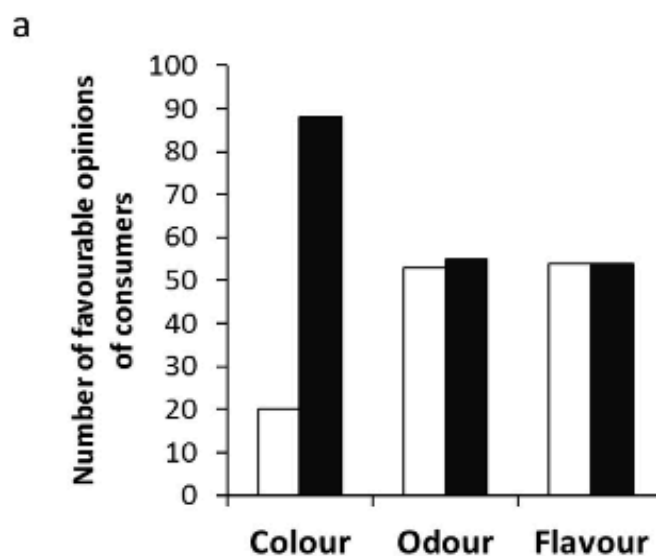


Figura 21A - Numero di opinioni favorevoli dei consumatori degli oli ottenuti da pressa idraulica (barre bianche) e oli ottenuti da pressa vite (barre nere) per colore, odore e gusto (*Rabadán, Álvarez-Ortí, Gómez, Alvarruiz, & Pardo, 2017*).

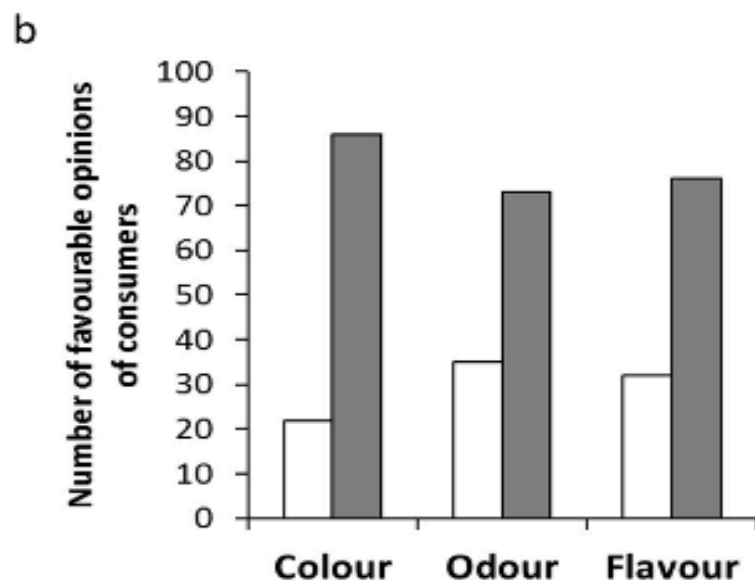


Figura 21B - Numero di opinioni favorevoli dei consumatori degli oli ottenuti da pressa idraulica a seconda delle caratteristiche dei pistacchi: naturale (barre bianche) e tostato a 100°C per 30 minuti (barre grigie) per colore, odore e gusto (Rabadán, Álvarez-Ortí, Gómez, Alvarruiz, & Pardo, 2017).

Riassumendo possiamo osservare che l'olio estratto dalla pressa a vite ha una maggiore acidità e stabilità e viene preferito dai consumatori per gli odori e sapori riconducibili al pistacchio torrefatto, derivanti dall'effetto delle alte temperature applicate.

L'olio estratto dalla pressa idraulica, con la quale le temperature di estrazione vengono mantenute basse, viene preferito quando durante la fase di torrefazione si utilizzano temperature più elevate per determinare così dei sapori e degli odori tipici del pistacchio torrefatto che sono molto apprezzati (Rabadán, Álvarez-Ortí, Gómez, Alvarruiz, & Pardo, 2017).

6.1.2 Estrazione chimica

L'estrazione chimica dell'olio di pistacchio prende in considerazione due metodi: estrazione con solventi organici ed estrazione con fluidi supercritici.

L'estrazione con solventi organici prevede una macinazione iniziale per diminuire le dimensioni della materia prima, in modo tale che possa essere aumentata la superficie di contatto con il solvente successivamente utilizzato per l'estrazione stessa.

Dopo la macinazione la materia prima viene trattata mediante l'utilizzo di vari solventi, *n*-esano, etanolo, dicloro-metano o acetato di etile, attraverso l'utilizzo del metodo Soxhlet o della

macerazione. Variando il solvente e il metodo utilizzato (Soxhlet o macerazione) la composizione in acidi grassi può differire (Tabella 25).

Tabella 23 - Contenuto acidi grassi dell'olio di pistacchio da Soxhlet e macerazione (Abdolshahi, et al., 2015).

Metodo di estrazione	Solvente	Palmitico (C16:0)	Palmitoleico (C16:1)	Stearico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolenico (C18:3)
Soxhlet	n-esano	10,515	0,914	1,535	49,850	35,478	0,379
Soxhlet	Dicloro- metano	10,428	0,925	1,025	51,939	34,670	0,391
Soxhlet	Acetato di etile	9,997	0,899	0,973	53,263	33,948	0,383
Soxhlet	Etanolo	10,048	0,914	0,972	52,904	34,079	0,392
Macerazione	n-esano	10,003	0,913	0,972	52,875	34,168	0,398
Macerazione	Dicloro- metano	10,373	0,955	0,973	52,000	34,591	0,389
Macerazione	Acetato di etile	9,989	0,923	0,973	52,300	34,738	0,405
Macerazione	Etanolo	11,811	0,912	0,911	43,698	41,756	0,000

Gli acidi grassi contenuti nell'olio vengono identificati mediante una GC-FID (gas cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma) e si presentano in quantità variabili. Nell'olio di pistacchio gli acidi grassi maggiormente presenti sono acido oleico, linoleico, palmitico e stearico.

Nel caso degli acidi grassi saturi i componenti maggiori sono acido palmitico e stearico; nel caso degli acidi grassi insaturi, invece, i costituenti maggiori sono acido oleico e linoleico. L'acido palmitoleico e linolenico sono presenti, ma solamente in tracce.

Poiché la concentrazione varia a seconda del solvente utilizzato e in particolar modo dal metodo di estrazione applicato, per ottenere un olio di qualità bisogna fare molta attenzione a questi due fattori.

Il metodo Soxhlet è in grado di estrarre concentrazioni maggiori di acido oleico e linolenico, mentre la macerazione estrae maggiormente acido linoleico (Abdolshahi, et al., 2015).

L'olio così ottenuto, sebbene possa essere considerato di qualità grazie all'elevato contenuto in acidi grassi insaturi, benefici per la salute umana, non può essere considerato un olio vergine; inoltre, i solventi organici possono conferire odori e sapori sgradevoli al prodotto, tant'è che questa necessita di raffinazione per essere adatto al consumo umano. Quest'ultimo processo di raffinazione porta ad un'eliminazione sistematica di tutti gli attributi sensoriali dell'olio e questo causa un decadimento della qualità (Catalán, et al., 2017; Abdolshahi, et al., 2015).

L'estrazione con fluidi supercritici (Supercritical fluid extraction o SFE) è un metodo di estrazione chimica basato sull'utilizzo di solventi a temperatura e pressione vicino al punto critico (punto in cui liquido e vapore coesistono) (*Figura 22*).

Può essere applicata su larga scala nella produzione di oli alimentari, ma l'economia del processo risulta essere la principale restrizione (Catalán, et al., 2017).

Il pistacchio utilizzando questa tecnica di estrazione viene trattato con anidride carbonica in condizioni supercritiche (31°C e 74 bar), in modo tale da favorire il dissolvimento del soluto di interesse nel fluido supercritico, che viene separato successivamente mediante depressurazione (Ramadan, 2019).

L'anidride carbonica (CO₂) è il composto maggiormente utilizzato in fase supercritica soprattutto per gli alimenti perché ha un alto indice di sicurezza ed è facile da rimuovere dai prodotti con una semplice espansione.

Questa tecnica presenta altri vantaggi rispetto a quella che utilizza solventi organici, come la bassa viscosità e l'alta diffusibilità, le quali permettono di penetrare nei pori dei solidi con una maggior efficienza (Catalán, et al., 2017).

Una resa più elevata si può eventualmente ottenere combinando tecniche meccaniche e supercritiche portando ad un contenuto di olio residuo inferiori nei sottoprodotti (Ramadan, 2019).

L'applicazione e la ricerca di metodi di estrazione mediante l'uso di fluidi supercritici si è concentrata principalmente sull'arricchimento degli oli con sostanze bioattive o altri componenti minori distintivi, oppure sulla valorizzazione di residui vegetali o sottoprodotti del processo di estrazione per assorbire le sostanze bioattive.

Sebbene i risultati ottenuti mediante questa estrazione applicata sui pistacchi siano promettenti sono necessarie ulteriori ricerche sulla tecnologia emergente (Catalán, et al., 2017).

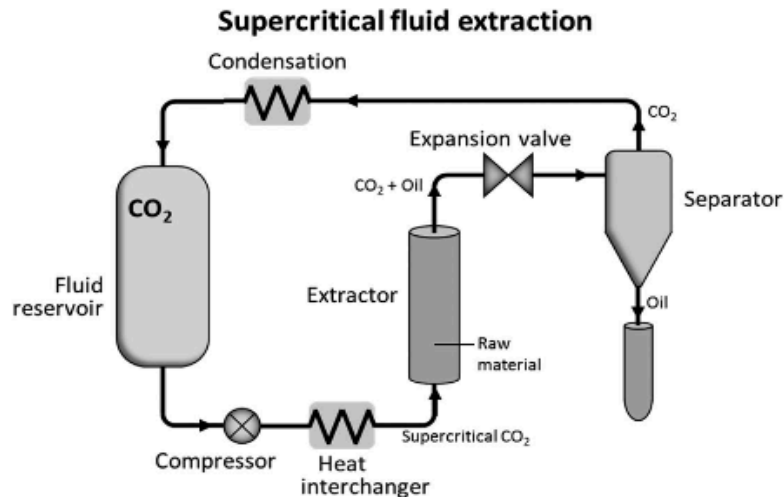


Figura 22 - Diagramma di estrazione dell'olio mediante SFE (Catalán, et al., 2017).

6.2 Estrazione dell'olio dalla nocciola

L'olio di nocciola viene estratto sia attraverso processi meccanici, come la pressatura meccanica a vite e la spremitura a freddo, sia attraverso processi chimici, come l'estrazione con fluidi supercritici e solventi chimici; ne consegue che gli oli che si ottengono da questi processi risultano avere delle differenze dal punto di vista qualitativo, come abbiamo visto per il pistacchio nei capitoli precedenti.

6.2.1 Estrazione meccanica

L'estrazione meccanica può essere effettuata con la pressa a vite o con la pressa idraulica e l'olio che si ottiene, nonostante siano entrambi processi meccanici, risulta avere delle differenze in composizione.

Il metodo della pressa a vite viene utilizzato molto nelle industrie dell'olio di nocciola ed il frutto prima dell'utilizzo subisce vari step; viene sottoposto a pulizia, a rottura, alla rimozione della buccia e poi può essere sottoposto a pressatura.

Questo metodo ha il vantaggio di avere dei bassi costi, ma l'efficienza di produzione è bassa (come nel caso del pistacchio *Capitolo 6.1*) e il consumo diretto non è possibile a causa di odori, colori e contaminanti indesiderati all'interno dell'olio estratto. L'olio così estratto, infatti, viene chiamato olio grezzo di nocciola che include diverse impurità, come acidi grassi liberi, mono e di-acilgliceroli, fosfatidi, pigmenti, idrocarburi, metalli in tracce, cere, pesticidi e altri componenti che vanno considerati a seconda della varietà che viene utilizzata e dalle operazioni che vengono applicate (Ramadan, 2019).

L'olio grezzo di nocciola non contiene solo impurità, si possono trovare anche componenti bioattivi, come steroli, tocoli, squalene e sostanze liposolubili (*Tabella 26*).

Tabella 24 - Composizione dell'olio grezzo di nocciola ottenuto con pressa a vite (*Ramadan, 2019*).

FFA (%)	17,26
Tocoferoli totali (mg/kg)	580,82
Acidi grassi (%)	
C16:0	5,12
C16:1	0,15
C17:1	0,04
C17:1	0,08
C18:0	2,28
C18:1	80,95
C18:2	11,28
C18:3	0,10
Steroli totali (mg/kg)	1787,82
Squalene (mg/kg)	340,05

Le impurità che si ritrovano nell'olio possono essere rimosse attraverso un processo di raffinazione, che è un processo che non altera le proprietà naturali dell'olio, ma è possibile un calo del contenuto di componenti bioattivi in esso.

Con la pressa vite si generano quindi prodotti con qualità inferiore, questo perché in generale la temperatura di processo è intorno a 60-100 °C. Tuttavia, grazie ai progressi tecnologici è possibile progettare una pressa a vite con un sistema di raffreddamento che consente di mantenere la temperatura al di sotto di 50 °C durante il processo e in questo caso può prendere il nome di “olio estratto a freddo”, che non deve essere sottoposto al processo di raffinazione successivo.

I consumatori apprezzano il gusto specifico e il colore particolare dell'olio di nocciola spremuto a freddo mediante pressa idraulica. Questa tecnica di spremitura è meno efficiente della tecnica con la pressa a vite e rispetto anche alle altre tecniche, in quanto, come per il pistacchio, porta ad una minore resa di estrazione dell'olio, tuttavia, il prodotto che si ottiene ha un elevato valore nutrizionale e importanti qualità chimiche poiché la materia prima non viene esposta a trattamenti termici. Infatti, i componenti naturali benefici, come tocoli, steroli, carotenoidi, antiossidanti e composti fenolici sono a concentrazioni più elevate negli oli estratti a freddo (*Tabella 27*) (*Ramadan, 2019*).

Tabella 25 - Analisi dell'olio grezzo di nocciola ottenuto con pressa idraulica (olio “estratto a freddo”) (Ramadan, 2019).

FFA (%)	3,26
Tocoferoli totali (mg/kg)	414
Acidi grassi (%)	
C16:0	6,61
C18:0	1,84
C18:1	79,4
C18:2	11,3
C18:3	0,08
Capacità antiossidante totale (mmol TE/kg)	0,67
Contenuto fenolico totale (mg GAE/g di olio)	0,09

Nella pressatura idraulica, dalla quale si ottiene olio estratto a freddo, le temperature applicate rimangono al di sotto dei 45-50 °C.

L'olio grezzo, come già detto, non è direttamente pronto al consumo, quindi non può essere imbottigliato dopo la pressatura, ma deve passare attraverso un processo ulteriore di raffinazione per eliminare le sostanze indesiderate. L'olio estratto a freddo, invece, è direttamente pronto al consumo e viene imbottigliato, eventualmente dopo una leggera filtrazione o chiarificazione. Per prevenire l'ossidazione e la generazione di composti sgradevoli a livello olfattivo le bottiglie vengono lavate con azoto, in questo modo i componenti minori, di cui l'olio è ricco di componenti minori, come Vitamina E, fitosteroli e polifenoli, vengono conservati (Gong & Pegg, 2015).

6.2.2 Estrazione chimica

L'estrazione chimica può essere effettuata mediante solvente, come ad esempio n-esano o cicloesano, o attraverso fluidi supercritici, come l'anidride carbonica, CO₂.

In generale l'estrazione con solvente è più efficiente in termini di costi ed è un'estrazione quasi completa a 100%; però le nocciole, che contengono una percentuale elevata di lipidi come altra frutta secca, solitamente vengono prima sottoposte ad un processo di estrazione meccanica per ottenere un

olio di qualità superiore e poi sottoposte ad estrazione con solvente per il recupero dell'olio residuo nel pannello (Gong & Pegg, 2015).

L'olio di nocciole ottenuto mediante estrazione con solvente non può essere immesso direttamente sul mercato, quindi non può essere imbottigliato direttamente, bensì prima deve essere sottoposto ad un processo di raffinazione chimica, che porta alla produzione di oli con minore qualità, poiché il caratteristico sapore di nocciola e i nutrienti minori vengono ridotti (Gong & Pegg, 2015).

Una soluzione alternativa all'estrazione con solvente, che ha iniziato ad attirare l'attenzione, è quella mediante fluido supercritico (SFE) (Ramadan, 2019).

La resa di estrazione di questo metodo si avvicina a quella dei metodi comuni (pressa vite ed estrazione a freddo), a seconda delle dimensioni, della pressione e della temperatura applicata; si è notato (Gong & Pegg, 2015) che la pressione ideale per l'estrazione risulta essere 30 MPa, che è un valore tale per cui la solubilità dei lipidi nella CO₂ supercritica raggiunge l'efficienza massima.

Confrontando gli oli di nocciola ottenuti da estrazione con solvente (n-esano) e estrazione con fluido supercritico (CO₂) in termini di acidi grassi, steroli e tocoferoli si hanno alcune differenze, ma non molto elevate (Gong & Pegg, 2015).

Non risultano, infatti, esserci differenze significative tra gli acidi grassi contenuti nell'olio estratto con solvente e quello estratto con SFE; il costituente principale è l'acido oleico in entrambi (85,18 % e 82,65%, rispettivamente), seguito dall'acido linoleico e palmitico. Le differenze in termini di acidi grassi si presentano nel contenuto totale di MUFA, che risulta essere superiore negli oli estratti con solvente, e di PUFA, che rappresentano una percentuale maggiore nell'estrazione SFE (*Tabella 28*).

Tabella 26 - Composizione in acidi grassi dell'olio estratto con n-esano e con SFE (*Bernardo-Gil, Grenha, Santos, & Cardoso, 2002*).

Acidi grassi %		
	n-esano	SFE
Miristico (C14:0)	0,02	0,014
Palmitico (C16:0)	5,27	6,01
Palmitoleico (C16:1)	0,17	0,20
Stearico (C18:0)	2,45	2,19
Oleico (C18:1)	85,18	82,65
Linoleico (C18:2)	6,27	8,42

Linolenico (C18:3)	0,08	0,09
MUFA	85,52	82,99
PUFA	6,35	8,15
Insaturi/saturi	11,48	10,87
Indice di stabilità	7,81	8,17

Per quanto concerne il contenuto in steroli non ci sono differenze rilevabili in quanto il costituente principale è il β -sitosterolo (circa 83%), seguito dal campesterolo (circa 5-6 %); sitostanolo (2,6 %) e con un quantitativo molto basso di colesterolo (Tabella 29).

Il risultato in tocoferoli totali, invece, mette in evidenza un quantitativo maggiore nell'olio estratto mediante SFE (458,7 mg/kg di olio) rispetto a quello ottenuto mediante estrazione con n-esano (382,8 mg/kg di olio) (Bernardo-Gil, Grenha, Santos, & Cardoso, 2002).

La stabilità ossidativa, che dipende dalla composizione degli oli e dalle tecniche di lavorazione e conservazione, è maggiore per gli oli estratti con SFE (8,7 h) rispetto a quella degli oli estratti con n-esano (6,7 h) (Bernardo-Gil, Grenha, Santos, & Cardoso, 2002).

Tabella 27 - Composizione in steroli, tocoferoli totale ($\mu\text{g/g}$ di olio) e individuale (%), stabilità ossidativa e indice di stabilità dell'olio di nocciola estratto con n-esano e con SFE (Bernardo-Gil, Grenha, Santos, & Cardoso, 2002).

	n-esano	SFE
Steroli (%)		
Colesterolo	0,11	0,25
Campesterolo	5,67	6,02
Campestanolo	0,30	0,29
Stigmasterolo	0,78	0,95
Clerosterolo	0,91	1,36
β-sitosterolo	83,81	82,15
Sitostanolo	2,68	2,59
Δ^7-Avanasterolo	0,70	0,65
Tocopheroli (%)		
α-tocopherolo	89,7	88,8

β-tocoferolo e γ- tocoferolo	9,8	10,3
δ-tocoferolo	0,5	0,9
Toceferoli totali ($\mu\text{g/g}$ di olio)	382,8	458,7
Stabilità ossidativa (h)	6,7	8,7
Indice di stabilità	1,6	0,9

Nonostante la composizione sia molto simile tra gli oli ottenuti dai due metodi di estrazione, la tecnica SFE risulta avere dei vantaggi, in quanto la CO₂ che viene utilizzata durante l'estrazione è atossica, infiammabile e può rimossa con facilità a causa della sua bassa temperatura e della pressione critica, in modo tale da poter imbottigliare direttamente il prodotto senza passare attraverso la raffinazione e poter riutilizzare la CO₂ allontanata per un trattamento successivo (Gong & Pegg, 2015).

7. “Oli speciali” e pannello residuo: i loro possibili utilizzi

Gli oli di pistacchio e nocciola che si trovano in commercio sono confezionati, come l’olio di oliva, in bottiglie che mettono al riparo dalla luce, principalmente in bottiglie in vetro scuro.

Questi sono probabilmente i prodotti più innovativi ottenuti da nocciola e pistacchio, che, come già visto e trattato, risultano essere ricchi di caratteristiche salutari e nutrizionali per l’uomo, inoltre entrano a far parte della categoria degli “Oli speciali”.

I metodi di ottenimento degli oli di nocciola e di pistacchio sono i medesimi, ovvero estrazione meccanica con pressa idraulica o pressa a vite per ottenere il così detto “olio vergine” che è pronto per il consumo umano; estrazione chimica mediante solventi organici, che porta ad un olio che deve subire un processo di raffinazione per poter essere destinato al consumo, ed estrazione super critica, mediante la quale l’olio prodotto non deve subire processi successivi di raffinazione grazie all’eliminazione facilitata del fluido supercritico utilizzato.

Gli oli più pregiati sono quelli estratti a freddo, detti oli vergini, quindi mediante sola estrazione meccanica, e i prodotti che ne risultano mantengono le proprietà organolettiche e nutrizionali della materia prima. Il loro utilizzo è legato al settore alimentare, come oli privilegiati e utilizzati al posto di altre tipologie di oli o grassi, e in cosmetica o nutraceutica, in quanto hanno una composizione tale da influenzare positivamente la salute umana.

Nello specifico, l’uso dell’olio di pistacchio in Europa non è molto diffuso a causa del suo elevato prezzo di mercato.

Tale olio oltre ai suoi benefici per la salute mostra anche ottime caratteristiche dal punto di vista sensoriale.

La produzione di olio di pistacchio può diventare una soluzione ottimale per pistacchi che non hanno una qualità adeguata al consumo fresco, quindi può essere considerato un processo che può andare a valorizzare le scorte trasformandole in un prodotto di grande pregio.

L’olio di pistacchio è molto adeguato all’utilizzo culinario, non tanto per piatti fritti e stufati in quanto risulterebbe troppo forte, ma può essere utilizzato in pasticceria come sostituto del burro o della margarina. Inoltre, il suo intenso odore di pistacchio lo rende un ottimo condimento per le verdure, in particolare per le verdure a vapore.

L’olio di pistacchio non viene utilizzato solamente nel settore alimentare, risulta essere un prodotto prezioso anche per l’industria chimica, ad esempio per la formulazione di creme, shampoo e altri prodotti con effetti positivi sulla pelle o sui capelli.

Infine, può essere utilizzato nell'industria farmaceutica poiché i composti bioattivi contenuti nell'olio ostrano attività antiossidanti e antinfiammatorie (Catalán, et al., 2017).

Dopo l'estrazione dell'olio rimane una "torta solida" parzialmente o totalmente sgrassata che spesso viene sprecata o rimane inutilizzata.

Sebbene questo "sottoprodotto" possa creare problemi di smaltimento per le industrie, probabilmente contiene nutrienti e componenti bioattivi che erano presenti nel pistacchio originale, i quali possono fornire potenziali prodotti per vari ingredienti funzionali.

Questa torta solida dopo aver subito un processo di macinazione e di omogeneizzazione può essere impiegata in alimentazione umana, come additivo o ingrediente nel settore alimentare (salse, creme, stufati, pasticceria croccante, biscotti...).

Un altro possibile utilizzo è per l'alimentazione animale o in agricoltura come nutriente supplementare per alcune colture agricole come i funghi (Ling, Zhang, Li, & Wang, 2016; Catalán, et al., 2017).

L'olio di nocciola in commercio si trova sotto varie categorie merceologiche: olio crudo prodotto con nocciole tostate e non tostate, infatti si possono trovare anche bland ottenuti dalla miscelazione di oli ottenuti da nocciole tostate in maniera diversa, perché una tostatura più intensa dà aromi maggiori rispetto ad una tostatura più blanda.

Questo prodotto viene richiesto e utilizzato come condimento di insalate e come aromatizzante in pasticceria.

Grazie alla sua notevole stabilità al calore, dovuta alla presenza di una quantità maggiore di acidi grassi monoinsaturi rispetto ai polinsaturi, è adatto alla cottura e alla frittura di alimenti (Atalar, et al., 2019).

Il pannello residuo del processo di estrazione se deriva da un metodo meccanico non necessita di alcun trattamento per eliminare le sostanze indesiderate, mentre se viene ottenuto tramite estrazione con solvente deve essere sottoposto ad un trattamento per l'evaporazione di questo. Questo successivamente può essere sfarinato, ovvero si può ottenere una farina che risulta priva di glutine e di conseguenza può essere utilizzata per la produzione di alimenti destinati a celiaci. Questa farina è infatti un sottoprodotto naturale dalla produzione di olio di nocciola e può essere utilizzato per produrre impasti miscelandola anche con farina di grano/manitoba.

Il pannello residuo può essere utilizzato anche per la produzione di bevande alla nocciola e per la produzione di bevande funzionali, dopo l'estrazione delle proteine (Atalar, et al., 2019; Sen & Kahveci, 2020).

Il pannello che residua dall'estrazione dell'olio di nocciola può avere anche un utilizzo più innovativo nella produzione di crema per il riempimento di biscotti, questo perché gli estrusi che vengono utilizzati risultano avere un contenuto in grasso minore rispetto alla pasta che solitamente viene utilizzata per queste produzioni. La scelta di utilizzare estrusi, al posto della pasta pura, viene fatta per evitare che si possa verificare una migrazione della sostanza grassa sulla superficie del biscotto durante la conservazione, cosa che sarebbe poco gradita da parte del consumatore.

8. Prodotti tipici da pistacchio e nocciola

Pistacchio e nocciola oltre ad essere utilizzati per la produzione di olio vengono lavorati per l'ottenimento di vari prodotti che si trovano in commercio, frutti interi, principalmente sgusciati, in quanto il frutto con guscio viene principalmente lavorato dalle industrie ed è difficile trovarlo al consumo diretto; granella, farina e pasta che possono essere utilizzate come semilavorati nell'industria alimentare, oppure per la preparazione di prodotti dolciari o salati a livello culinario.

I prodotti e i semilavorati che derivano dal pistacchio e dalla nocciola sono molto simili, in particolare i processi mediante i quali si ottengono questi sono i medesimi.

La granella, sia di pistacchio che di nocciola, si ottiene dal prodotto tostato e pelato nel caso della nocciola o dal prodotto tal quale dopo sgusciatura ed eventuale pelatura mediante bollitura per il pistacchio, che viene sottoposto a macinazione mediante un mulino di macinatura. All'interno di questo sono presenti anche due setacci a maglie di diverse dimensioni che vengono utilizzati entrambi o solo uno in base alla referenza richiesta (Nocciole Marchisio Cortemilia 1955, s.d.).

Per la produzione della farina viene effettuata una macinazione maggiore per ottenere un prodotto più fine; tuttavia la farina si può ottenere anche dall'estrazione dell'olio, principalmente dalle nocciole si ottiene la farina di nocciole disoleata, la quale risulta avere notevoli impieghi nell'industria alimentare essendo meno ricca in lipidi.

La pasta viene prodotta dopo l'ottenimento della granella mediante l'utilizzo di un secondo mulino, detto mulino di raffinazione, ovvero un mulino a biglie o sfere che riduce ulteriormente le dimensioni delle particelle. Infine, la pasta passa attraverso dei sistemi di filtrazione per rimuovere gli eventuali residui grossolani (Nocciole Marchisio Cortemilia 1955, s.d.).

Il pistacchio in guscio (Il Pistacchio, s.d.) si trova nel mercato del fresco sfuso oppure confezionato in sacchetti termosaldati di varie dimensioni, le più pratiche per i consumatori sono quelle da 250 gr o 500 gr. Tuttavia, si possono trovare anche nel reparto del fresco in modo tale da potere acquistare solo la quantità desiderata, come avviene per le nocciole in guscio, che difficilmente si trovano confezionate.

In pistacchio intero si trova anche sgusciato, pelato e tostato (Marullo Pistachio Factory, s.d.); il pistacchio sgusciato, con ancora la pellicina esterna, si trova in sacchetti termosaldati da 50 o 100 gr oppure in sacchetti sottovuoto da 250 gr, 500 gr e 1 kg e vengono principalmente consumati come snack e utilizzati per la guarnizione di dolci o nei gelati (come nota croccante e per dare maggiore sapore); inoltre, possono essere utilizzati come inclusione nelle tavolette di cioccolato (Agricola Fernandez, s.d.; Nocciole Marchisio Cortemilia 1955, s.d.).

Il pistacchio pelato, tipico prodotto derivato dal pistacchio di Bronte, si trova principalmente in confezioni sottovuoto da 1 o 2,5 kg, ma è possibile trovare anche sacchetti più piccoli da 100 gr, 250 gr e 500 gr. Questo prodotto viene principalmente utilizzato nell'industria degli insaccati, in particolare nella farcitura di mortadella, ma grazie alla sua praticità d'uso e al suo tipico sapore trova largo impiego anche in altre preparazioni gastronomiche e dolciarie (primi e secondi piatti, torte o dessert) (Bronte Insieme, 2001).

Per il consumo tal quale come snack in commercio sono presenti anche pistacchi tostati, che eventualmente possono essere salati.

Il prodotto non tostato, pelato o non pelato, viene utilizzato anche per la produzione di granella e di farina (*Figura 23*), mentre i pistacchi tostati vengono utilizzati per la produzione della pasta di pistacchio, eventualmente su richiesta del cliente a cui è destinata può essere prodotta anche utilizzando pistacchi crudi e pelati (Nocciole Marchisio Cortemilia 1955, s.d.).



Figura 23 - Granella di varia granulometria e farina di pistacchio (*Nocciole Marchisio Cortemilia 1955, s.d.*)

La granella di pistacchio, a differenza di quella ottenuta dalle nocciole, viene prodotta mediante triturazione più o meno grossolana dei frutti naturali, quindi non sottoposti a tostatura; tuttavia, nonostante questa differenza gli impieghi sono i medesimi della granella di nocciola, ovvero viene utilizzata per guarnire e decorare prodotti dolciari, in particolare risulta essere un elemento insostituibile per la produzione di cannoli Siciliani (Agricola Fernandez, s.d.).

Altri usi più recenti possono essere nel salato come impanatura di prodotti carnei o ittici oppure in insalate, in entrambi casi per dare una maggior croccantezza al piatto finale.

Questo prodotto si trova in confezioni sottovuoto di varie dimensioni, a seconda della destinazione d'uso, e deve essere conservato in luogo asciutto e al riparo dalla luce (Agricola Fernandez, s.d.).

La farina di pistacchio, ottenuta anche questa dal frutto naturale e non tostato, risulta avere molteplici usi, dal dolce al salato. Innanzitutto, questo prodotto può essere impiegato nei piatti casalinghi ad esempio sulla pasta oppure può essere utilizzata in ricette salate, ad esempio al posto della granella di pistacchio se si preferisce un prodotto più finemente tritato. Risulta poi essere un ottimo prodotto per la realizzazione di creme e salse e ottimo per decorare torte, gelati o altre tipologie di prodotti dolciari (Agricola Fernandez, s.d.).

La farina di pistacchio, come la granella di pistacchio, viene confezionata principalmente sottovuoto (100 gr, 50 gr, 500 gr e 1 kg) oppure per le industrie si possono trovare sacchi da 5 kg, 10 kg e 20 kg, che risultano più pratici (Nocciole Marchisio Cortemilia 1955, s.d.).

La pasta di pistacchio, a differenza della granella e della farina di pistacchio, si ottiene da pistacchi tostanti e il prodotto risulta essere molto fine, impercettibile al palato, e con un sapore forte e deciso (influenzato anche dalla tostatura) (Agricola Fernandez, s.d.).

Questo prodotto viene considerato il più innovativo e versatile di tutti; innanzitutto viene utilizzato in gelateria e pasticceria per la produzione di gelati e granite, di creme (sia creme da pasticceria sia creme spalmabili) e di cioccolato al pistacchio (Agricola Fernandez, s.d.).

La crema al pistacchio che si ottiene può essere consumata tal quale, ad esempio spalmata su pane o fette biscottate, oppure può essere utilizzata per farcire croissant o torte e in questo caso si suddividono in creme ante-forno e creme post-forno, come nel caso delle creme alla nocciola.

Le nocciole in guscio vengono vendute al mercato fresco in confezioni differenti; mentre la nocciola intera sgusciata sul mercato si può trovare non tostata o tostata.

Il prodotto non tostato dopo la fase di sgusciatura viene confezionato sottovuoto per mantenere la freschezza e risulta essere un prodotto che mantiene alto il livello di proprietà salutistiche, in particolare il perisperma ancora presente apporta una quantità elevata di antiossidanti. Il prodotto tostato, invece, è caratterizzato da aromi più marcati, pur mantenendo le caratteristiche tipiche della materia prima, e viene confezionato in sacchetti sottovuoto o termosaldati. Le confezioni di questi prodotti possono essere da 150 gr, 250 gr, 500 gr o 1 kg; tuttavia, le nocciole sgusciate crude vengono acquistate dalle industrie alimentari in big-bag per poi tostarle, se necessario, e utilizzarle per varie lavorazioni (Nocciole Marchisio Cortemilia 1955, s.d.).

Il prodotto, tostato o crudo, a livello alimentare può essere consumato tal quale, oppure viene utilizzato principalmente nel settore dolciario, nella decorazione di una torta, all'inclusione in una tavoletta di cioccolato o nel torrone e nei cioccolati, e nella produzione di gelato.

Oltre a questi classici utilizzi, dalle nocciole tostanti si possono ottenere alcuni prodotti particolari come le nocciole tostanti e salate (con sale marino) o le nocciole zuccherate (o caramellate), consumate principalmente come snack.

Le nocciole tostate sono destinate anche alla produzione di semilavorati come la granella, la farina (Figura 24) o la pasta di nocciole.



Figura 24 - Granella di varia granulometria e farina di pistacchio (*Nocciole Marchisio Cortemilia 1955, s.d.*).

La granella di nocciola viene confezionata sottovuoto in sacchetti di varie dimensioni in base alla destinazione finale (da 250 gr a 4 kg) e viene utilizzata principalmente nel settore dolciario per la guarnizione o la decorazione di torte o biscotti, per produrre tavolette di cioccolato o dolcetti al cioccolato (Ferrero Rocher, nei quali all'interno abbiamo l'inclusione di una nocciola interna e esternamente cioccolato con granella). Tuttavia, al giorno d'oggi sono noti ulteriori utilizzi soprattutto nel salato come impanatura per pesce o carne oppure come ingrediente aggiuntivo di insalate, e in entrambi i casi l'utilizzo è principalmente legato ad un apporto maggiore di componenti salutari, in secondo luogo conferiscono maggiore croccantezza e note aromatiche più spiccate (L'era della nocciola, s.d.).

La farina di nocciola ottenuta da nocciole tostate è confezionata in sacchetti sottovuoto da 250 gr a 4 kg a seconda della destinazione finale oppure nella grande distribuzione la si trova anche confezionata in sacchetti termosaldati. La scelta di confezionare la farina sottovuoto tuttavia è la più utilizzata perché questa contiene una quantità elevata di lipidi e di conseguenza ha una conservabilità limitata e questo tipo di confezionamento permette di preservare maggiormente le proprietà del prodotto (L'era della nocciola, s.d.; Nocciole Marchisio Cortemilia 1955, s.d.).

Gli utilizzi di questi prodotti sono legati alla produzione casalinga (da dolci al cucchiaino a prodotti da forno secchi o soffici, come le torte) e alla produzione industriale, principalmente nel settore dolciario per la produzione di gelati e creme spalmabili. Nonostante questi utilizzi tradizionali, la farina di nocciola può avere utilizzi alternativi nella panificazione (10% rispetto al 90% degli sfarinati di grano) per avere un pane più energetico e ricco di lipidi; inoltre, ha trovato largo impiego

nell'alimentazione vegana e, non contenendo glutine, viene molto utilizzata nella produzione di alimenti per celiaci (Agricola Tarable, s.d.).

La pasta di nocciola ottenuta dopo la tostatura della materia prima viene principalmente utilizzata dalle industrie alimentari per la formulazione di creme spalmabili per conferire il gusto tipico al prodotto finito; a loro volta queste creme spalmabili alla nocciola possono essere consumate tal quali (tipo Nutella) oppure possono essere formulate per l'utilizzo ante-forno (per la farcitura di torte o biscotti ad esempio, che reggono la cottura senza perdere la struttura) o post-forno (che vengono quindi applicate dopo la cottura, come ad esempio per farcire croissant).

La pasta di nocciola inoltre viene utilizzata anche per la produzione di cioccolato e surrogati, ovvero prodotti simili al cioccolato, ma la cui ingredientistica non rispetta la Direttiva Europea sul cioccolato (Direttiva 2000/36/CE). Un esempio può essere la copertura di un gelato (tipo Moretto) al gusto nocciola, oppure lo zoccolo di una barretta di cereali.

Un'altra possibile applicazione della pasta di nocciola può essere nella preparazione di gelato al gusto nocciola, sempre per conferire il gusto tipico e più marcato. Infine, la pasta opportunamente trattata, diluita in acqua viene utilizzata per formare il cosiddetto estratto e poi stabilizzata, per poi essere impiegata nella produzione di bevande, come ad esempio la bevanda alla nocciola (Unigrà , s.d.).

9. Conclusioni

Gli studi effettuati hanno consentito di raggiungere gli obiettivi prefissati, ovvero la determinazione di quelle che possono essere le modificazioni a seguito dei trattamenti tecnologici a carico della materia prima e i prodotti che ne possono derivare, ponendo particolare attenzione alla produzione di olio; e le eventuali differenze tra le due tipologie di frutta secca considerata (pistacchio e nocciola).

I frutti a guscio trattati, pistacchio e nocciola, sono costituiti da tutti i macronutrienti (lipidi, proteine e carboidrati) con qualche differenza; la nocciola risulta essere più ricca in lipidi rispetto al pistacchio (65 e 45%, rispettivamente), mentre quest'ultimo presenta un quantitativo maggiore di carboidrati e proteine. In particolare, la frazione lipidica della nocciola è rappresentata maggiormente da acidi grassi monoinsaturi e polinsaturi (della serie omega-3), mentre quella del pistacchio principalmente da acidi grassi monoinsaturi.

Oltre ai macronutrienti la composizione di questi frutti risulta essere molto ricca di composti benefici per la salute umana, tali da renderli prodotti alimentari molto importanti per la dieta, in quanto aiutano nella riduzione dei problemi cardiovascolari, danno senso di sazietà e sono fonte di sali minerali e vitamine. Questi composti sono fitosteroli, dei quali il pistacchio risulta esserne particolarmente ricco (circa 271 mg/100g di olio), mentre nella nocciola il quantitativo è leggermente inferiore (circa 191 mg/100 g di olio); in entrambi i casi però il β -sitosterolo risulta essere il preponderante. La vitamina E, la quale risulta essere molto importante per le sue proprietà antiossidanti, nella nocciola si trova principalmente sotto forma di α -tocoferolo e nel pistacchio di β e γ -tocoferolo. Altri composti, presenti in quantitativi minori, sono caroteni e carotenoidi nel pistacchio, che risultano essere presenti in minori quantità nella nocciola, dove sono presenti maggiori quantitativi di amminoacidi.

Pistacchio e nocciola si equivalgono molto, non solo per il fatto di appartenere alla stessa categoria di prodotti alimentari o per il fatto che sono caratterizzati da una composizione chimica molto simile, ma anche perché generalmente le loro lavorazioni per l'ottenimento dei prodotti finali sono le medesime, anche se possono esserci delle differenze in termini di condizioni di processo o di modificazioni che avvengono nella materia prima, come è stato dimostrato dagli studi effettuati ed analizzati.

Pistacchi e nocciole innanzitutto vengono raccolti entrambi nel periodo che va da fine agosto ad ottobre, ma con modalità diverse, il pistacchio è raccolto manualmente quando è ancora attaccato all'albero e racchiuso nel mallo; mentre la nocciola viene raccolta con dei raccogli-nocciole nel momento in cui questa cade a terra (completamente matura). Dopo la fase di pulitura e asciugatura in

entrambi viene eliminato il guscio mediante sgusciatura, ed il prodotto viene conservato in sacchi di juta fino al momento in cui non viene lavorato per l'ottenimento del prodotto.

Generalmente entrambi i prodotti vengono sottoposti ad una fase di tostatura per migliorare le caratteristiche organolettiche del prodotto stesso, andando ad ottenere modificazione sulla materia prima in termini di colore, di aroma e anche di composizione.

Nel pistacchio, sottoposto a tostatura in forni con aria forzata dove le temperature e i tempi sono controllati, vi sono modificazioni dovute alla reazione di Maillard, che porta rispettivamente ad una diminuzione di amminoacidi e di zuccheri semplici, ma ad un aumento di composti aromatici e anche di composti fenolici e antiossidanti che permettono una migliore stabilità ossidativa. Inoltre, con la tostatura si ha una diminuzione dell'umidità del prodotto, che, se il processo non viene effettuato controllando le condizioni di tempo e di temperatura porta ad una diminuzione della resa di estrazione dell'olio. Questa diminuzione di resa in olio è data dal fatto che in condizioni troppo drastiche di tostatura si determina una disidratazione troppo elevata che rende difficile l'estrazione, per questo motivo può essere richiesta un'eventuale reidratazione del prodotto prima di sottoporlo a pressatura per l'ottenimento dell'olio.

Un'ultima modificazione molto importante che avviene a carico del pistacchio durante la tostatura è il cambiamento di colore, che passa da giallo a verde brillante, in quanto viene favorita una maggiore estrazione delle clorofille.

Nella nocciola la tostatura viene effettuata sempre con aria calda, ma l'operazione risulta lenta, in modo tale da arrivare a scaldare anche il cuore del prodotto e ottenere una diminuzione dell'umidità e una variazione del colore, che passa da giallo paglierino a marrone intenso, grazie alla reazione di Maillard che produce le melanoidine, molecole di imbrunimento.

Una caratteristica negativa della tostatura della nocciola è che a causa dell'ossidazione (dovuta alla presenza di ossigeno durante il processo) e della disidratazione vi è una possibile modificazione dei componenti nutritivi, ma principalmente una diminuzione di fitosteroli e tocoferoli. Tuttavia, le perdite non sono relativamente importanti da andare ad intaccare i valori nutrizionali.

Quindi la tostatura sia nel caso del pistacchio che della nocciola è una fase molto importante in quanto impartisce al prodotto delle caratteristiche organolettiche particolari, tali da renderlo più apprezzabile dal consumatore; in particolare questa fase permette di andare ad esaltare gli aromi del frutto, ovvero la "vera essenza" di nocciola e pistacchio.

La tostatura viene effettuata per prodotti che sono destinati al consumo diretto o per prodotti che sono destinati ad ulteriori lavorazioni.

Il prodotto più innovativo è l'olio che si ottiene dal pistacchio e dalla nocciola mediante estrazione meccanica (a pressa o a vite) o estrazione chimica (con solvente o con fluidi supercritici). Tuttavia, i

metodi più utilizzati per la produzione risultano essere quelli meccanici e quelli con fluidi supercritici, perché portano ad oli di maggiore qualità, in quanto non vengono utilizzati solventi da eliminare con trattamenti successivi, ma in particolare le temperature applicate non sono elevate, in modo tale da non intaccare la qualità del prodotto finito.

Gli utilizzi degli oli risultano essere ancora abbastanza limitati, in quanto vengono usati principalmente a livello culinario domestico come condimento di insalate o di piatti carnei o ittici; eventualmente l'olio di nocciola può essere utilizzato anche per la frittura in quanto ha una buona stabilità al calore. Proprio per questi pochi utilizzi potrebbero essere effettuati ulteriori studi, ad esempio per la produzione di margarine vegetali nelle quali i grassi tradizionalmente utilizzati (olio di arachide, di germe di mais, di vinaccioli, di soia, di girasole, di colza) possono essere sostituiti con oli di pistacchio o di nocciola. Questa eventuale prospettiva innovativa potrebbe non essere ideale, questo perché nel momento in cui si vanno a mettere in atto le operazioni per la produzione di margarine si possono avere delle perdite a livello di nutrienti e di componenti, e quindi un decadimento della qualità del prodotto. Soluzioni che possono permettere il mantenimento di tutte le caratteristiche qualitative, organolettiche e nutrizionali del prodotto possono essere la produzione di condimenti a base di olio di nocciola o olio di pistacchio per avere un prodotto con elevato valore nutrizionale e anche energetico, quindi principalmente con scopo energetico; oppure si possono valorizzare questi prodotti utilizzandoli andando a loro volta a valorizzare le creme di nocciola e pistacchio, producendo così creme con solo derivati della nocciola o del pistacchio, senza l'utilizzo di ulteriori sostanze grasse.

In aggiunta all'olio, prodotto ancora di nicchia e senza un largo impiego, dal pistacchio e dalla nocciola vengono prodotti, mediante triturazione e raffinazione, anche granella, farina e pasta che risultano essere ampiamente utilizzati a livello culinario, in pasticceria e a livello industriale.

10. Bibliografia e sitografia

- Özdemir, M., Açkurt, F., Yildiz, M., Biringen, G., Gürcan, T., & Löker, M. (2001). Effect of roasting on some nutrients of hazelnuts (*Corylus Avellena* L.). *Food Chemistry*, 73(2), 185-190.
- Abdolshahi, A., Majd, M. H., Rad, J. S., Taheri, M., Shabani, A., & Da Silva, J. A. (2015). Choice of solvent extraction technique affects fatty acid composition of pistachio (*Pistacia vera* L.) oil. *Journal of food science and technology*, 52(4), 2422-2427.
- Abodolshahi, A., Maid, M., Rad, J., Taberi, M., Shabani, A., & Da Silva, J. (2015). Choice of solvent extraction technique affects fatty acid composition of pistachio (*Pistacia vera* L.) oil. *Journal of food science and technology*, 52(4), 2422-2427.
- Agricola Fernandez*. (s.d.). Tratto da <https://www.agricolafernandez.it/prodotti/pistacchio-sgusciato/>
- Agricola Tarable*. (s.d.). Tratto da <https://www.agricolatarable.it/i-prodotti-agricola-tarable-produzione-nocciole-piemonte>
- Alamprese, C., Ratti, S., & Rossi, M. (2009). Effects of roasting conditions on hazelnut characteristics in a two-step process. . *Journal of food engineering*, 95(2), 272-279.
- Alasalvar, C., Salvadó, J. S., & Ros, E. (2020). Bioactives and health benefits of nuts and dried fruits. . *Food Chemistry*.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Amaral, J. S., & Oliveira, B. P. (2009). Compositional characteristics and health effects of hazelnut (*Corylus avellana* L.): an overview. In *Tree nuts: Composition, phytochemicals, and health effects* (p. 185-214).
- Amaral, J. S., Casal, S., Citová, I., Santos, A., Seabra, R. M., & Oliveira, B. P. (2006). Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. . *European Food Research and Technology*, 223(3-4), 274-280.
- Amaral, J. S., Seabra, R. M., & Oliveira, B. P. (2006). Effects of roasting on hazelnut lipids. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(4), 1315-1321.
- Anil, M. (2007). Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. . *Journal of Food Engineering*, 80(1), 61-67.

- Arena, E., Campisi, S., Fallico, B., & Maccarone, E. (2007). Distribution of fatty acids and phytosterols as a criterion to discriminate geographic origin of pistachio seeds. . *Food chemistry*, *104*(1), 403-408.
- Atalar, I., Gul, O., Saricaoglu, F., Besir, A., Betul Gul, L., & Yazici, F. (2019). Influence of thermosonication (TS) process on the quality parameters of high pressure homogenized hazelnut milk from hazelnut oil by-products. *Journal of Food Science and Technology*, *56*, 1405–1415.
- Bacchetta, L., Aramini, M. Z., Di Giammatteo, V., Spera, D. D., & Botta, R. (2013). Fatty acids and alpha-tocopherol composition in hazelnut (*Corylus avellana* L.): a chemometric approach to emphasize the quality of European germplasm. *Euphytica*, *191*(1), 57-73.
- Barone, E., & Marra, F. (2005). THE PISTACHIO INDUSTRY IN ITALY: current situation and perspectives. *Agroforestry News*, *13* (2), 1-11.
- Bellocco, E., Barreca, D., Laganà, G., Calderaro, A., El Lekhlifi, Z. C., & ... Trombetta, D. (2016). Cyanidin-3-O-galactoside in ripe pistachio (*Pistachia vera* L. variety Bronte) hulls: Identification and evaluation of its antioxidant and cytoprotective activities. . *Journal of Functional Foods*(27), 376-385.
- Bernardo-Gil, M. G., Grenha, J., Santos, J., & Cardoso, P. (2002). Supercritical fluid extraction and characterisation of oil from hazelnut. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *104*(7), 402-409.
- Bronte Insieme*. (2001). Tratto da <http://www.bronteinsieme.it/4ec/pist.html>
- Catalán, L., Alvarez-Ortí, M., Pardo-Giménez, A., Gomez, R., Rabadan, A., & Pardo, J. E. (2017). Pistachio oil: A review on its chemical composition, extraction systems, and uses. . *European Journal of Lipid Science and Technology*, *119*(5).
- Cioffi, A. (2009). Rilievo indici di relazione tra produzioni agricole e biomassa residuale associata, analisi del mercato della biomassa residuale nelle province delle regioni: Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna. . *Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia e Sardegna, Report RSE*, 50.
- CONSORZIO TUTELA NOCCIOLA PIEMONTE. (s.d.). Tratto da <https://www.nocciolapiemonte.it>.

- Cristofori, V., Ferramondo, S., Bertazza, G., & Bignami, C. (2008). Nut and kernel traits and chemical composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(6), 1091-1098.
- Dervisoglu, M. (2006). Influence of hazelnut flour and skin addition on the physical, chemical and sensory properties of vanilla ice cream. *International journal of food science & technology*, 41(6), 657-661.
- Disciplinare di produzione "Pistacchio verde di Bronte" Denominazione d'Origine Protetta, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 34. (2010, febbraio 11).
- Disciplinare di Produzione della Denominazione di Origine Protetta "Nocciola Romana". (2009, Agosto 12). n. 186 *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*.
- Disciplinare di Produzione della Indicaizone Geografica Protetta "Nocciola Piemonte". (2013, dicembre 2).
- Disciplinare di Produzione della Indicaizone Geografica Protetta "Nocciola di Giffoni". (2014, Marzo 14).
- Durmaz, G., & Gökmen, V. (2019). Effect of refining on bioactive composition and oxidative stability of hazelnut oil. *Food Research International* , 116, 586-591.
- Giardinaggio.net*. (s.d.). Tratto da <https://www.giardinaggio.net/frutti/alberi-da-frutto/raccolta-nocciole.asp>
- Giardinaggio.net*. (s.d.). Tratto da <https://www.giardinaggio.net/frutti/alberi-da-frutto/raccolta-nocciole.asp>
- Gong, Y., & Pegg, R. B. (2015). Tree nut oils: Properties and processing for use in food. In *Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition* . Woodhead Publishing.
- Hojjati, M., Calín-Sánchez, Á., Razavi, S. H., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2013). Effect of roasting on colour and volatile composition of pistachios (*Pistacia vera* L.). *International journal of food science & technology*, 48(2), 437-443.
- Il Pistacchio*. (s.d.). Tratto da <https://ilpistacchio.it/it/pistacchio/>

- INEA., & Briamonte, L. (2007). Il comparto della frutta in guscio in Italia. INEA.
- Karabulut, I., Topcu, A., Yorulmaz, A., Tekin, A., & Ozay, D. S. (2005). Effects of the industrial refining process on some properties of hazelnut oil. *European journal of lipid science and technology*, 107(7-8), 476-480.
- Kornsteiner, M., Wagner, K. H., & Elmadfa, I. (2006). Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food chemistry*, 98(2), 381-387.
- Lizzerini, C., Cifelli, M., & Domenici, V. (2017). Determinazione dei pigmenti e loro legame con parametri di qualità e autenticità dell'olio di oliva extravergine.
- L'era della nocciola*. (s.d.). Tratto da <https://www.eradellanocciola.it/prodotti/>
- Ling, B., Zhang, B., Li, R., & Wang, S. (2016). Nutritional quality, functional properties, bioactivity, and microstructure of defatted pistachio kernel flour. . *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(5), 689-699.
- Lucarini, M., & Lombardi-Bocci, G. (2020). Phytosterols and phytosterol oxides in Bronte's Pistachio (*Pistacia vera* L.) and in processed pistachio products. *European Food Research and Technology*, 246 (2), 307-314.
- Marchese, F. (2019). The pistachio that need police protection. BBC.
- Marullo Pistachio Factory*. (s.d.). Tratto da <https://www.fmarullo.com/prodotti-marullo/>
- Marzocchi, S. P.-Ż. (2017). Effects of different roasting conditions on physical-chemical properties of Polish hazelnuts (*Corylus avellana* L. var. Kataloński). . *LWT - Food Science and Technology*, 77, 440-448.
- Mathew, A. K., Abraham, A., Mallapureddy, K. K., & Sukumaran, R. K. (2018). Lignocellulosic Biorefinery Wastes, or Resources?. . *In Waste Biorefinery* , 267-297 .
- Ministero delle politiche agricole, a. e. (2010/2012). “Piano del Settore Corilicolo” .
- Nocciole Marchisio Cortemilia 1955*. (s.d.). Tratto da <https://www.nocciolemarchisio.it/produzione-nocciole-mandorle-e-pistacchi/nocciole/>

- Ojeda-Amador, R. M., Salvador, M. D., Fregapane, G., & Gómez-Alonso, S. (2019). Comprehensive study of the phenolic compound profile and antioxidant activity of eight pistachio cultivars and their residual cakes and virgin oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(13), 3583-3594.
- Pistacchio di Scalavecchia Bronte*. (s.d.). Tratto da <https://pistacchiodibronte.jimdofree.com>
- Produzione mondiale di nocciole per Paese*. (s.d.). Tratto da <https://www.atlasbig.com/it/paesi-per-produzione-di-nocciole>
- Produzione mondiali di pistacchi per Paese*. (s.d.). Tratto da <https://www.atlasbig.com/it/paesi-per-produzione-di-pistacchi>.
- Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Gómez, R., Alvarruiz, A., & Pardo, J. E. (2017). Optimization of pistachio oil extraction regarding processing parameters of screw and hydraulic presses. . *LWT-Food Science and Technology*, 83, 79-85.
- Rabadán, A., Gallardo-Guerrero, L., Gandul-Rojas, B., Álvarez-Ortí, M., & Pardo, J. E. (2018). Effect of roasting conditions on pigment composition and some quality parameters of pistachio oil. *Food chemistry*, 264, 49-57.
- Ramadan, M. F. (2019). *Fruit Oils: Chemistry and Functionality*. Springer.
- Salas-Salvadó, J., Casas-Agustench, P., & Salas-Huetos, A. (2011). Cultural and historical aspects of Mediterranean nuts with emphasis on their attributed healthy and nutritional properties. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases.*, 21, S1-S6.
- Schlörmann, W., Birringer, M., Böhm, V., Löber, K., Jahreis, G., Lorkowski, S., & Gleis, M. (2015). Influence of roasting conditions on health-related compounds in different nuts. . *Food chemistry*, 180, 77-85.
- Sen, D., & Kahveci, D. (2020). Production of a Protein Concentrate from Hazelnut Meal Obtained as a Hazelnut Oil Industry By-Product and Its Application in a Functional Beverage. In *Waste and Biomass Valorization* (p. 1-9).
- Shridhar, K., Erin, K., Harshal, H., & Mahes, V. (2009). Chemical composition of edible nut seeds and its implication in human health. In *Tree nuts: composition, phytochemicals, and health effects* (p. 11-13).

Tartufi dolci il blog di Antica Torroneria Piemontese. (s.d.). Tratto da <https://www.tartufidolci.it/tostatura/>

TRECCANI Enciclopedia on line. (s.d.). Tratto da <http://www.treccani.it/enciclopedia/pistacchio/>

TRECCANI Enciclopedia on line. (s.d.). Tratto da http://www.treccani.it/enciclopedia/nocciolo_res-269e603d-e19e-11df-9ef0-d5ce3506d72e/

UN MONDO ECOSOSTENIBILE dentro i codici della Natura. (2004). Tratto da <http://antropocene.it/2017/09/24/pistacia-vera/>

UN MONDO ECOSOSTENIBILE dentro i codici della Natura. (2004). Tratto da <http://antropocene.it/2019/01/21/corylus-avellana/>

Unigrà . (s.d.). Tratto da <https://www.unigra.it/it/>

Zeppa, G., DAL BELLO, B., Marchiani, R., Ghirardello, D., Belviso, S., Giordano, M., & Bertolino, M. (2013). Sviluppo di prodotti caseari funzionalizzati con sottoprodotti agricoli: risultati preliminari.

Zinnanti, C., Schimmenti, E., Borsellino, V. P., & Severini, S. (2019). Economic performance and risk of farming systems specialized in perennial crops: An analysis of Italian hazelnut production. *Agricultural Systems*, 176.