

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI
BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA
SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA
VETERINARIA
CORSO DI LAUREA IN TECNOLOGIE
ALIMENTARI

**Effetto della frigoconservazione nella gestione in post-
raccolta delle noci (*J. regia*) in guscio**

Relazione finale in
COLTURE ARBOREE (PRODUZIONI VEGETALI
C.I.)

Relatore:

Prof. Moreno Toselli

Presentata da:

Carlotta Bernabini

Correlatori:

Dr. Giovambattista Sorrenti

Dr. Alessandro Zampagna

Periodo III

Anno Accademico 2016-2017

INDICE

PARTE GENERALE

Capitolo 1. Il Noce	6
1.1. Origini e tassonomia	6
1.1.2. Aspetti morfologici, fisiologici e adattabilità pedoclimatica	7
1.2. La nocicoltura italiana tra passato, presente e futuro	12
1.2.1. Trend di mercato	14
1.2.2. Le potenzialità del settore per l'Italia	17
1.3. La gestione degli impianti specializzati	18
1.3.1. La scelta varietale	18
1.3.1.1. Le varietà americane	18
1.3.1.2. Le varietà francesi	22
1.3.1.3. Il germoplasma italiano	23
1.4. La propagazione del noce	25
1.5. Densità di impianto e governo dell'albero	26
1.6. Difesa fitosanitaria	26
Capitolo 2. Composizione del frutto ed effetti salutistici	27
2.1. La qualità chimico-nutrizionale	27
2.1.2. I lipidi	30
2.1.3. Le proteine	31
2.1.4. I carboidrati	31
2.1.5. I composti minori	31
2.2. Le proprietà nutraceutiche delle noci	32
2.2.1. I benefici della frazione lipidica	32
2.2.2. I benefici della frazione fenolica	33
Capitolo 3. I processi di lavorazione e conservazione post-raccolta	35

<i>delle noci</i>		
3.1.	<i>Le fasi di lavorazione del prodotto in guscio</i>	35
3.2.	<i>La lavorazione del prodotto sgusciato</i>	38
Capitolo 4.	<i>La qualità delle noci</i>	40
4.1.	<i>La qualità del prodotto finale</i>	40
4.1.2.	<i>Standard qualitativi di mercato e idoneità al commercio</i>	40
Capitolo 5.	<i>La conservazione post raccolta delle noci</i>	42
5.1.	<i>Problematiche relative alla conservabilità del prodotto</i>	43
5.2.	<i>Le problematiche sanitarie del prodotto in post raccolta</i>	43
5.2.1.	<i>Gli insetti</i>	43
5.2.2.	<i>L'infezione da muffe</i>	44
5.3.	<i>Il problema delle ossidazioni degradative</i>	46
5.3.1.	<i>L'irrancidimento lipidico</i>	47
5.3.1.1.	<i>Le reazioni enzimatiche: idrolisi e ossidazione</i>	48
5.3.1.2.	<i>Le reazioni non enzimatiche: l'autossidazione</i>	49
5.4.	<i>Metodi per contrastare i processi ossidativi</i>	50
PARTE SPECIALE		
Capitolo 6.	<i>Obbiettivi della tesi</i>	54
Capitolo 7.	<i>Materiali e metodi</i>	55
7.1.	<i>Impostazione della prova, materiale vegetale e disegno sperimentale</i>	56
7.2.	<i>I condizionamenti post-raccolta</i>	58
7.3.	<i>I rilievi sperimentali</i>	58
7.3.1.	<i>Valutazione visiva e qualitativa dei frutti tramite la tecnica dello spacco</i>	58
7.3.2.	<i>Determinazione del contenuto di umidità</i>	64
7.3.3.	<i>Determinazione dell'acidità titolabile</i>	65

7.3.4.	<i>Determinazione del numero di perossidi</i>	66
7.4.	<i>Elaborazione Statistica</i>	69
Capitolo 8. Risultati		70
8.1.	<i>Effetto dei condizionamenti post-raccolta sul tenore di umidità del gheriglio</i>	70
8.2.	<i>Effetto dei condizionamenti post-raccolta sul peso del frutto</i>	72
8.3.	<i>Effetto dei condizionamenti post-raccolta sulla colorazione del gheriglio</i>	73
8.4.	<i>Effetto dei condizionamenti post-raccolta sui difetti del gheriglio</i>	76
8.5.	<i>Effetto dei condizionamenti post-raccolta sulla concentrazione dell'acidità e dei perossidi del gheriglio</i>	83
Capitolo 9. Discussioni		88
Capitolo 10. Conclusioni		92
Capitolo 11. Bibliografia		94
Ringraziamenti		102

PARTE GENERALE

CAPITOLO 1

Il Noce

1.1 Origini e tassonomia

Botanicamente, il noce appartiene all'ordine Juglandiflorae, alla famiglia Juglandaceae e al genere *Juglans*. All'interno di quest'ultimo, la specie *Juglans regia*, detta noce comune, è quella più conosciuta assieme alla *Juglans nigra*, detta anche noce americano (Piccirillo e Petriccione, 2007). La diffusione delle due specie si deve soprattutto alla loro duplice attitudine, da frutto e da legno mentre le altre specie del genere *Juglans*, producendo frutti eduli ma piccoli e dal guscio molto duro, vengono principalmente coltivate ad uso ornamentale o per la produzione esclusiva di legno. La specie *J. regia* è quella più adatta alla fruttificazione (Leslie e McGranahan, 1998). Il suo corredo cromosomico diploide, costituito da 32 cromosomi, permette l'ibridazione (naturale o controllata) che agevola la selezione di nuovi genotipi nei programmi di miglioramento genetico (Piccirillo e Petriccione, 2007).

L'origine del noce è piuttosto incerta. Reperti fossili ne dimostrano la presenza allo stato spontaneo già 9.000 anni fa, in Asia, Europa e Nord America. In seguito alle glaciazioni però, si è modificato l'areale geografico della pianta, che in seguito all'evoluzione e all'adattamento ha dato vita allo sviluppo di circa 20 specie. È raro però, trovare alberi di noce allo stato selvatico originario. In Europa vi è una presenza significativa solo in alcune zone della Grecia mentre nel resto del continente sono diffusi i genotipi inclini alla coltivazione, adattati ai diversi ambienti climatici. Tuttavia, gli studiosi concordano nell'affermare che la specie *J. regia* trae le sue origini geografiche nella zona del Caucaso, mentre le prime notizie della sua diffusione sul territorio italiano risalgono ai tempi dell'antica Roma, quando l'albero era simbolo di fecondità e i suoi frutti venivano utilizzati soprattutto nelle cerimonie nuziali come simbolo di buon auspicio (Piccirillo e Petriccione, 2007). Il noce arrivò in Italia per opera dei Greci, introdotto dalla Persia.

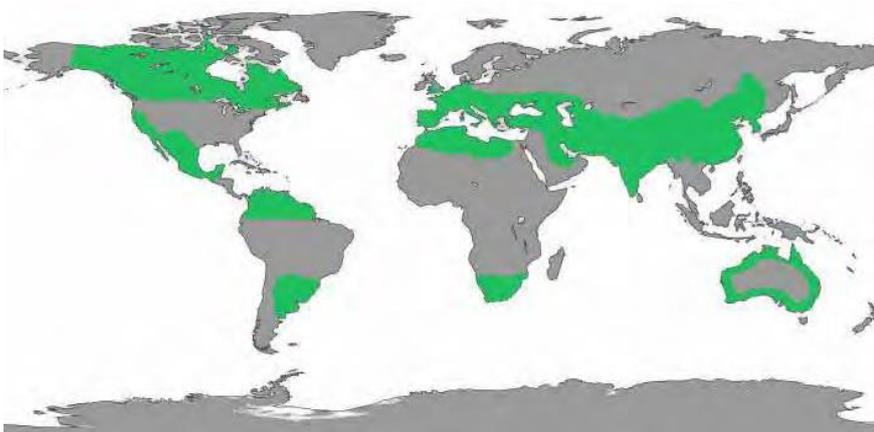


Fig.1 Gli areali di origine e diffusione del noce (*J. regia* e *J. nigra*)

1.1.2 Aspetti morfologici, fisiologici e adattabilità pedoclimatica

Il noce è un albero longevo, maestoso e vigoroso che, in condizioni pedoclimatiche favorevoli, può raggiungere i 30 m di altezza con un tronco che può arrivare ad un diametro di 2 m (Bassi e Pellegrino, 1991).



Fig. 2. Giovane noceto della cv. Lara allevato nella pianura bolognese alla ripresa vegetativa.

Nei soggetti giovani il tronco è bruno-rossastro e liscio mentre, superati i 12 anni, può assumere una colorazione grigio-argentea e si arricchisce di venature profonde che costituiscono il pregio del materiale (Piccirillo e

Petriccione, 2007; Bassi e Pellegrino, 1991). Il noce presenta un apparato radicale fittonante, ben sviluppato sia in profondità (supera anche i 3 m) sia diametralmente, raggiungendo un'area di esplorazione di anche tre volte il diametro della chioma (Bassi e Pellegrino, 1991). La pianta si adatta bene ai terreni di medio impasto, ben drenati, profondi, fertili e freschi con pH sub-acido. Valori superiori al 7-8% di calcare attivo del suolo possono indurre fenomeni di clorosi ferrica. Il noce è sensibile ai ristagni idrici poiché condizioni prolungate di asfissia radicale possono rappresentare un facile ingresso di patogeni, responsabili ad esempio del marciume basale o radicale provocati da funghi del genere *Phytophthora* spp. o dalla specie *Armillaria mellea* (Minotta, 1994; Piccirillo e Petriccione, 2007).

Il noce presenta una chioma voluminosa, globosa ed espansa (Bassi e Pellegrino, 1991) costituita da foglie caduche, imparipennate, di forma ellittico-ovale con bordo intero o leggermente dentato e di colore verde brillante, disposte a coppie (da 2 a 5) su un asse centrale che solitamente termina con una foglia apicale (Piccirillo e Petriccione, 2007). La morfologia della foglia costituisce uno dei punti di riconoscimento tra le due specie appartenenti al genere *Juglans*: infatti, mentre le foglie degli esemplari americani *J. nigra* sono più allungate e snelle, con forma apicale appuntita e disposte sul picciolo fino a 9 coppie, le foglie di *J. regia* sono più ampie e morbide, con forma ellittico-ovale e disposte in non più di 4, raramente 5, coppie sull'asse centrale (Piccirillo e Petriccione, 2007). Le foglie di noce sono caratterizzate da un elevato contenuto di sostanze tanniche, alcaloidi e composti aromatici (juglone, juglandina) che, penetrando nel terreno, provocano fenomeni di allelopatia impedendo lo sviluppo di altre specie (Bassi e Pellegrino, 1991). Le gemme, racchiuse e protette da pellicole esterne, (Massetani, 2017) si differenziano in:

- Gemma a legno o vegetativa – queste gemme originano esclusivamente germogli o foglie e sono responsabili della crescita vegetativa della pianta; generalmente sono più piccole, strette e appuntite rispetto alle gemme riproduttive.

- Gemme a fiore maschile - individuabili per la loro forma conico-arrotondata e generalmente più grandi rispetto alle precedenti, sono poste lungo il ramo dove possono anche essere accoppiate con gemme a legno (Bassi e Pellegrino, 1991). Questo tipo di gemma produce solo l'organo maschile, detto amento: si tratta di un'infiorescenza di colore verde, pendula, costituita da 100-160 fiorellini allineati sull'asse centrale; ogni fiorellino contiene circa 15 antere che, a maturazione, possono rilasciare fino a 900 granuli di polline dispersi generalmente per via anemofila (Piccirillo e Petriccione, 2007).



Fig. 3. L'infiorescenza maschile del noce: l'amento.

- Gemme miste (che portano anche il fiore femminile). Le gemme miste danno origine a germogli che possono allungarsi fino a 15 cm, al termine dei quali sono situati i fiori femminili, in genere in gruppi di 1-5 elementi (Bassi e Pellegrino, 1991). I fiori femminili sono molto meno appariscenti di quelli maschili, privi di corolla, quindi l'impollinazione è anemofila.



Fig. 4. Particolare del fiore femminile del noce, detto ovario bifido.

Nonostante il comune fenomeno della proterandria, il noce è una pianta autofertile e non sono riconosciuti fenomeni di auto-incompatibilità (Piccirillo e Petriccione, 2007). L'anemofilia permette al polline di un unico esemplare di raggiungere anche alberi distanti chilometri (Piccirillo e Petriccione, 2007). I fiori fecondati iniziano il processo di formazione che porterà allo sviluppo del frutto, una drupa costituita da un esocarpo e mesocarpo fusi in un'unica struttura fibrosa, detta mallo, che racchiude un guscio legnoso il quale contiene la parte commestibile, detta gheriglio (Bassi e Pellegrino, 1991; Morettini, 1963). Il gheriglio costituisce il seme, quindi l'apparato riproduttivo della pianta ed è composto principalmente da grassi e proteine a corta catena, mentre gli zuccheri sono quasi completamente assenti o presenti in piccole tracce come nel caso del saccarosio (Pinney et al., 1999). Dall'atto della fecondazione, il fiore femminile impiega circa 22 settimane per diventare frutto (Pinney et al., 1999) ed il momento della maturazione è reso visibile dal mallo che inizia a imbrunire a causa dell'ossidazione dei tannini, formando delle crepe che permetteranno al frutto di cadere al suolo (Piccirillo, e Petriccione 2007).

Perché i frutti si sviluppino con normalità, sono necessarie estati calde seguite da inverni con temperature non inferiori a -10 °C. Le precipitazioni

medie annuali devono essere preferibilmente di almeno 800 mm, senza siccità accentuate in luglio ed agosto, che sono i mesi di pieno sviluppo dei frutti.

Tab.1.1. Durata degli stadi di sviluppo del frutto (Pinney *et al.*, 1999)

Settimane dalla fioritura	Stadio di sviluppo
1	Fecondazione della cellula uovo
2	L'embrione è costituito da 2-8 cellule e presenta un abbondante endosperma
3	L'embrione è formato da 8-32 cellule
5	L'embrione assume una conformazione globosa ed è composto da centinaia di cellule
6	I cotiledoni iniziano a crescere e la parte superiore del guscio inizia a lignificarsi
8	Lo stadio di crescita passa da quello rapido a quello lento
9	I cotiledoni iniziano a riempire i loculi ed il gheriglio si accresce velocemente
10	La noce raggiunge le dimensioni finali
12-15	Il guscio ha completato la lignificazione
15	Il gheriglio subisce un rapido aumento di peso
18	Il gheriglio ha raggiunto il suo peso massimo
19-22	Data approssimativa per la raccolta

1.2 La nocicoltura italiana tra passato, presente e futuro

In Italia, la noce ha sempre avuto un ruolo fondamentale nell'alimentazione delle famiglie più disagiate perché caratterizzata da un elevato contributo calorico, nutritivo e per la facilità di conservazione. Il consumo, in passato, era concentrato nel periodo natalizio. Col tempo, invece, la stagionalità è andata calando ed i consumi sono distribuiti anche nei mesi estivi, grazie alla disponibilità continua del prodotto sul mercato. Il consumo medio pro-capite di frutta secca in Italia si attesta su 1,5 kg complessivi (di cui oltre il 35 % rappresentato da noci), sebbene tali valori siano inferiori alla media europea e ben più lontani da paesi come Usa, Regno Unito, Germania e Francia (Fonte: Nucis, 2017).

Secondo i dati dell'Istituto Nielsen, nei dodici mesi che vanno dal febbraio 2016 al gennaio 2017 (Fig. 5), le vendite di frutta secca a peso variabile in Italia sono cresciute dell'11,1% (pari a 185,3 Ml €). Tra i prodotti più venduti le mandorle sgusciate, seguite dalle noci con guscio con 74 Ml € di fatturato (+10%, rispetto ai 12 mesi precedenti). Superano ampiamente la soglia dei 40 Ml € di vendite anche le arachidi senza guscio (48,6 Ml €; +8,8%) e quelle con guscio (41,6 Ml €; +8,9%), i pistacchi con guscio (44,5 Ml €; +7,9%) e le noci senza guscio (47,7 Ml €; +19,4%). Le noci risultano dunque (sommando il prodotto con e senza guscio) di gran lunga il prodotto secco più venduto in Italia.

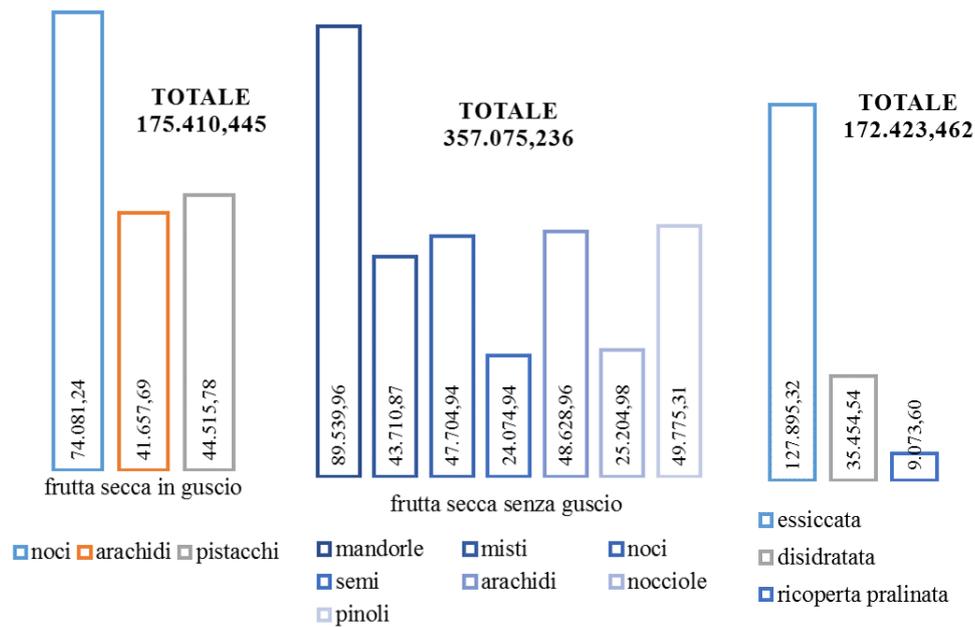


Fig. 5. Valore complessivo delle vendite (dati in €) per la frutta secca (sgusciata e non), essiccata, disidratata e pralinata registrato nei canali della GDO italiana nel periodo tra febbraio 2016 e gennaio 2017 (Fonte: Nielsen, 2017).

Fino alla fine degli anni '60, nonostante la scarsa specializzazione dei vecchi noceti, l'Italia, era il secondo paese produttore mondiale di noci, con una produzione di 85.000 t/anno e la Campania, oggi come allora, è la regione che da sola produce circa il 70% del prodotto nazionale (Savorelli, 2006). Nonostante la storica relazione tra nocicoltura e Italia, il nostro paese è andato incontro, negli anni, ad un progressivo calo della produzione che lo ha portato a classificarsi al diciottesimo posto tra i produttori mondiali di noci. Il motivo di tale declino è da ricercarsi in più fattori tra cui:

- Scarsa specializzazione varietale. La nocicoltura italiana è caratterizzata dalla duplice attitudine frutto-legno (Missere, 2015) per cui, la mancata specializzazione delle varietà con alberi molto vigorosi ha contribuito all'aumento dei costi di produzione ed ad una scarsa redditività della coltura (Bassi e Pellegrino, 1991).
- Scarse conoscenze delle tecniche colturali relative alle nuove cultivar: mentre l'Italia ha continuato ad investire per decenni sulle

varietà autoctone, in California venivano selezionate nuove cultivar dal vigore più contenuto e da una più rapida entrata in produzione, a fruttificazione laterale e con apparato radicale più profondo (Borrelli, 2017). Queste caratteristiche comportano un aggiornamento delle tecniche colturali rispetto a quelle utilizzate nei “vecchi noceti” che richiedevano alto impiego di manodopera.

- Mancanza di valorizzazione commerciale del prodotto.

Negli ultimi vent’anni però, grazie anche alle campagne che hanno evidenziato le proprietà nutraceutiche del noce (Contessa e Botta, 2014), si è assistito in Italia ad un aumento delle richieste di mercato che oggi sfiorano le 40.000 t/anno (Valentini et al., 2015). Attualmente allevato su una superficie di circa 4.000 ha, l’Italia riesce a produrre solo 18.000 t/anno di prodotto (Valentini et al., 2015), rimediando dunque con le importazioni prevalentemente, da Stati Uniti (California), Cile e Cina (Calcagni, 2016). La maggior parte dei nuovi impianti si orienta verso le cultivar americane motivando tale scelta con la più rapida messa a frutto, la resa più elevata (fruttificazione laterale) e la vigoria più contenuta di questi genotipi, che li rendono idonei ad impianti più fitti e che consentono la gestione integralmente meccanizzata (Lugli e Fanigliulo, 1998), riducendo altresì le richieste di manodopera e di conseguenza i costi di gestione.

1.2.1 Trend di mercato

Secondo i dati Inc (Internation Nut And Dried Fruit Council Foundation) la produzione mondiale di frutta secca stimata per l’anno 2017, ha avuto un incremento di 4,2 Ml t, corrispondenti ad un aumento dell’11% rispetto al 2016, del 16% rispetto al 2015 e del 52% rispetto al 2005. Le nocciole sono il prodotto che ha registrato la maggior crescita, con un incremento del 37%, raggiungendo quota 488.000 t. Seguono mandorle (+28%), noci (+20%), pistacchi (+18%) e anacardi (+18%). Gli Stati Uniti, con oltre il 42% della produzione totale, permangono ancora il principale produttore di noci

(Ricchieri, 2017). Il prodotto americano, caratterizzato da una pezzatura medio-grande, dal gusto dolce e delicato e dalla facilità di sgusciatura, risulta apprezzato sul mercato italiano tanto che l'Italia importa dagli USA circa l'83% del totale.

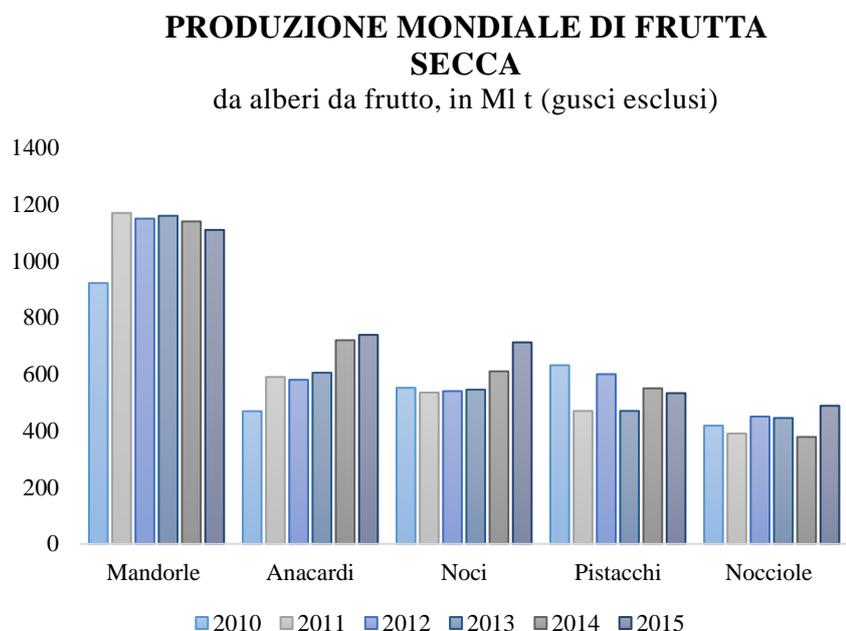


Fig. 6. Trend della produzione mondiale di frutta secca tra il 2010 ed il 2015 (Fonte: INC).

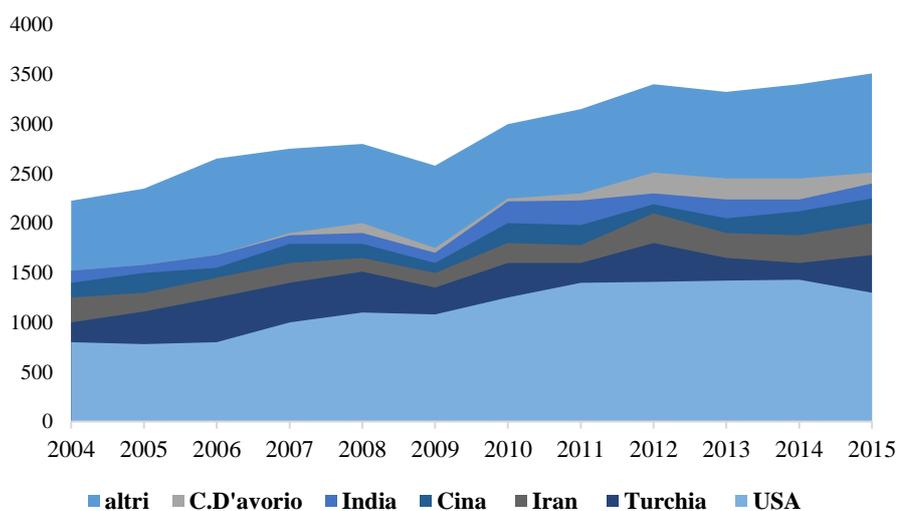


Fig. 7. Trend della produzione mondiale di frutta secca (000 t) per Paese tra

il 2004 ed il 2015 (Fonte: INC).

Anche i consumi mondiali di frutta in guscio sono aumentati rispetto alla decade precedente, del 59% (del totale dei consumi). I Paesi ad alto reddito contribuiscono col 56%, mostrando un incremento medio negli ultimi cinque anni del 17%. Negli ultimi dieci anni i Paesi a reddito medio (Cina, India e Sudafrica) hanno raddoppiato il loro consumo di frutta in guscio (Fonte: INC).

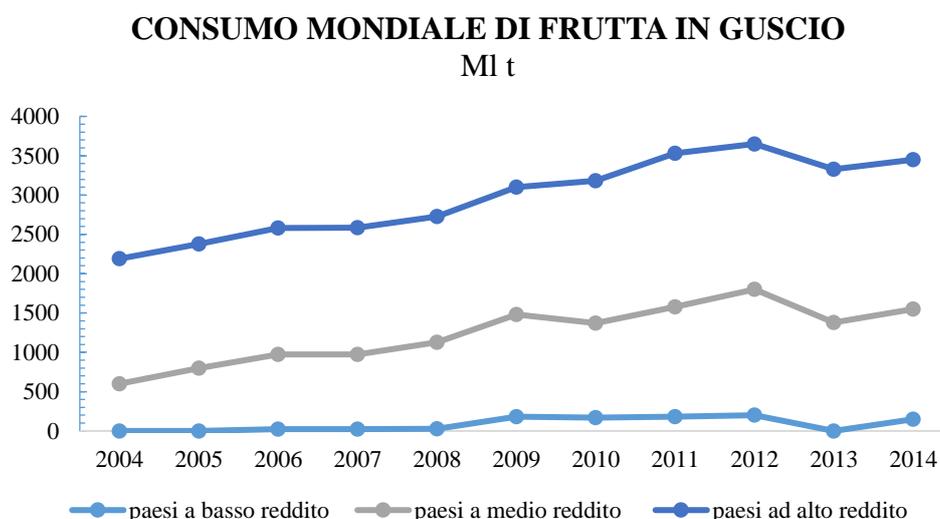


Fig. 8. Evoluzione del consumo mondiale di frutta secca tra il 2004 ed il 2014 (Fonte: INC).

I consumi di noci in Italia sono in ascesa, sia come prodotto tal quale (noci in guscio o sgusciate) sia per gli usi culinari. Nel 2016 l'Italia ha importato oltre 41.000 t di noci da Usa, Francia e Cile, in crescita rispetto al 2015 del 19%. Alle importazioni di noci in guscio si aggiungono anche 6.700 t di noci sgusciate a fronte di una produzione nazionale stimata in circa 11.000 t. La crescita dei consumi è stata particolarmente rapida se si pensa che nel 1993 l'Italia importava 6.000 t passate poi a 10.000 t nel 2010. Gli ultimi dati Istat indicano che tra gennaio ed agosto 2017 le importazioni hanno superato le 20.000 t e sono quasi raddoppiate (erano 13.000 t) rispetto allo stesso periodo del 2016. Il Cile che ha raddoppiato le proprie esportazioni verso l'Italia e gli Usa che le hanno incrementate di 2.000 t.

1.2.2 Le potenzialità del settore per l'Italia

Dato il continuo aumento della richiesta sui mercati, la nocicoltura può rappresentare un'ottima opportunità per il territorio italiano il cui prodotto potrebbe diventare qualitativamente competitivo rispetto a quello americano. Per risanare il divario tra produzione e fabbisogno, si stima che potrebbero essere allevati fino a oltre 15.000 ha di noce in Italia (Valentini et al., 2015). In tale contesto, a partire dagli anni '90, in Italia si assiste al rilancio della nocicoltura intensiva in ambienti potenzialmente vocati quali Veneto, Piemonte ed Emilia-Romagna (Toselli et al., 2014). La nuova nocicoltura scommette sulle cultivar californiane (es. Chandler, Howard e Tulare) e francesi (Lara e Franquette) (Valentini et al., 2015), la cui scelta è funzione delle condizioni pedoclimatiche. A parità degli standard qualitativi richiesti, il prodotto nazionale viene immesso sul mercato con largo anticipo rispetto a quello americano, evitando i tempi di spedizione che sottopongono il prodotto non solo ad un aumento di prezzo dovuto ai costi di trasporto, ma anche ad uno scadimento qualitativo a causa di lunghi periodi di stoccaggio, in ambienti non sempre controllati i quali potrebbero favorire l'insorgenza di fenomeni di irrancidimento con inevitabile scadimento qualitativo. Inoltre, il prodotto italiano, grazie alla pezzatura e alle sue caratteristiche organolettiche peculiari, risulta molto più apprezzato rispetto a quello importato dalla Cina o dall'Est Europa (altri esportatori di noci) caratterizzato da pezzatura piccola, guscio duro e aroma meno intenso.

1.3 La gestione degli impianti specializzati

1.3.1 La scelta varietale

La scelta varietale è di importanza fondamentale per la qualità del prodotto e la redditività dell'impianto. Infatti, oltre all'ambiente di coltivazione e alle tecniche colturali, è soprattutto il genotipo che determina il numero di fiori femminili (e quindi il numero di noci per albero) ed il calibro dei frutti (Piccirillo e Petriccione, 2007). Fin dagli anni '30, i ricercatori americani si sono impegnati nello sviluppo e nel miglioramento genetico del noce, ottenendo biotipi con elevata capacità produttiva grazie alla fruttificazione sulle gemme laterali e alla rapida entrata in produzione.

1.3.1.1 Le varietà americane

Gli USA, con 100.000 ha in coltura, sono il secondo produttore mondiale di noci (fonte: USDA, 2017), ma vantano il primato per la selezione di nuove cultivar. La ricerca statunitense ha finora ottenuto tredici cultivar specializzate, di cui sei coprono circa l'85% del panorama varietale mondiale: Chandler, Hartley, Howard, Tulare, Serr e Vina (Valentini et al., 2015). Per lo standard qualitativo di riferimento viene considerata Hartley, poiché è stata la prima a essere selezionata (1909). Tuttavia, Chandler, Howard e Tulare sono le cv. più utilizzate nei nuovi impianti poiché rispetto ad Hartley, entrano in produzione più precocemente, presentano una maggiore produttività e un vigore più contenuto. La fruttificazione laterale è la caratteristica principale delle cultivar americane, che spiccano per l'elevata produttività data anche dalla tendenza a fruttificare sul 90% delle gemme. Di seguito, si riportano i caratteri salienti di alcune tra le cultivar più importanti:

- ***Chandler***

Ottenuta dall'incrocio tra Pedro x UC 56-224 è caratterizzata da un'elevata produttività ottenuta grazie alla fruttificazione laterale delle gemme che arriva anche al 90%. Germoglia precocemente, ma matura tardivamente. È una pianta di media vigoria, adatta ad impianti a medio-alta densità che,

oltre all'elevata produttività, ha una messa a frutto precoce e offre un'alta resa di prodotto caratterizzata da una pezzatura medio-elevata (una noce pesa mediamente 7-8 g), da un gheriglio chiaro e globoso dal sapore dolce (Valentini et al., 2015).



Fig. 9. Noci della cv Chandler alla raccolta commerciale.

○ *Hartley*

Capostipite del miglioramento genetico, è stata selezionata in California nel 1909 (Valentini et al., 2015) ma si è diffusa solo nel secondo dopoguerra (Hendricks et al., 1998). Sebbene caratterizzata da ottima qualità dei frutti (grosso calibro e colorazione chiara) e dalla buona produttività, a differenza delle altre cultivar non è dotata di fruttificazione laterale (Valentini et al., 2015) e presenta germogliamento e fruttificazione medio-tardive, che la rendono meno sensibile alle gelate tardive (Pastore, 1996). Come la maggior parte delle cultivar è proterandrica e necessita di impollinatori, tra i quali Franquette e Fernette (francesi).

○ *Howard*

Ottenuta dallo stesso programma di miglioramento genetico di Chandler (Pedro x UC 56-224) è caratterizzata da una vigoria moderata e buona resa produttiva. I frutti presentano un gheriglio di grandi dimensioni, chiari e di forma globosa. Matura più precocemente di Chandler.



Fig. 10. Noci della varietà Howard.

○ *Tulare*

Ottenuta dall'incrocio Tehama x Serr nel 1979 in California, è oggi molto diffusa anche in Cile dove i climi caldi ne favoriscono la maturazione dei frutti (Valentini et al., 2015). È una pianta vigorosa ma molto produttiva, precoce, capace di fruttificare sulle gemme laterali che originano frutti di buona pezzatura, con gheriglio chiaro e guscio ben lignificato e saldato. Fiorisce tardivamente ed è scarsamente proterandrica (Hendricks et al., 1998).

○ *Lara*

Pianta a portamento eretto, chioma globosa e vigore medio-elevato. La fruttificazione è laterale ma non abbondante, soprattutto a causa dell'elevata proterandria a cui è soggetta che, oltre tutto, è incentivata da un germogliamento tardivo che limita i danni dalle gelate primaverili. La maturazione precoce la rende adatta alla produzione del frutto fresco che è caratterizzato da una pezzatura medio-elevata, guscio piuttosto robusto e un gheriglio chiaro dal gusto dolce e delicato.



Fig. 11. Noci della varietà Lara.

○ *Serr*

Ottenuta dall'incrocio Payne x PI 159568 nel 1967 in California, oggi è diffusa negli USA ed in Cile (Valentini et al., 2015). A differenza di molte altre cultivar, è un albero molto vigoroso, poco produttivo e soprattutto soggetto, in virtù dell'elevato grado di autoimpollinazione, alla cascola dei fiori femminili. Inoltre, solo il 30-50% delle gemme laterali tende a fruttificare (Hendricks et al., 1998). Il germogliamento molto precoce la rende sensibile alle gelate tardive ma, in compenso, è caratterizzata da una

maturazione dei frutti precoce che anticipa la raccolta già a metà settembre (Valentini et al., 2015).

- ***Vina***

Ottenuta in California nel 1967 dall'incrocio tra Franquette x Payne è dotata di elevata vigoria e buona resa. I frutti sono qualitativamente più scadenti rispetto alle varietà precedenti a causa della colorazione più scura del gheriglio. È molto sensibile alla batteriosi (Valentini et al., 2015).

1.3.1.2 Le varietà francesi

La Francia è, in Europa, il Paese di riferimento per la nocicoltura con una produzione che supera le 32.000 t/anno. Sebbene i francesi siano grandi consumatori di questo frutto a guscio, oltre l'80% della loro produzione viene destinata all'esportazione. La produzione di noci francesi si concentra in due areali principali, entrambi valorizzati dal marchio DOP (Appellation d'Origine Contrôlée, A.O.C.), 'Noix du Périgord' (a Sud-Ovest) e 'Noix de Grenoble'. Dopo la California, la Francia è il secondo fornitore di noci all'Italia e le sole importazioni di Noci di Grenoble verso la nostra Penisola superano le 1.600 t annue (dati 2014 - Fonte Ubifrance). A differenza delle varietà americane, le cv francesi sono caratterizzate da epoca di germogliamento più tardiva, che le rende meno sensibili alle gelate primaverili e all'umidità. Gli stessi genotipi resistono meglio alle basse temperature invernali e sono meno suscettibili alle avversità biotiche (Bassi e Pellegrino, 1991).

Franquette: noce dalla forma allungata e appuntita, di calibro contenuto e dal sapore aromatico, è di gran lunga la varietà più coltivata in Francia, contribuendo per oltre l'80% al totale della produzione di noci certificate. È caratterizzata da germogliamento e fioritura tardivi, dunque più resistente al freddo e alle gelate primaverili. La pianta manifesta scarsa sensibilità alla batteriosi ed i frutti sono di pezzatura media-piccola, con gheriglio chiaro e buona saldatura delle valve.

Mayette: presenta il guscio ambrato, di buon calibro, leggermente conica in punta e piatta alla base, sapore fine e delicato.

Parisienne: è una noce dalla forma oblunga con gheriglio rugoso e dal sapore aromatico, racchiuso in un guscio duro, ben saldato. L'epoca di germogliamento è tardiva e la messa a frutto è lenta anche a causa dell'elevata vigoria della pianta. Nonostante le caratteristiche non eccellenti è molto sfruttata nella sua terra d'origine grazie all'elevata rusticità, che le consente di essere resistente alle batteriosi e di adattarsi anche in terreni poco fertili (Pastore, 1996).

Tra le cultivar meno importanti in termini di diffusione, **Fernette** (Franquette x Lara) si caratterizza per il vigore intermedio, fioritura e maturazione tardiva con frutto di buona pezzatura) e **Fernor** (Franquette x Lara). Quest'ultima presenta germogliamento ed epoca di raccolta tardiva con buona produttività e qualità dei frutti. Trovano diffusione ancora più limitata **Marbot**, **Ronde de Montignac** e, in generale, tutte le cultivar tipicamente californiane a fruttificazione laterale (es. Chandler).

1.3.1.3 Il germoplasma italiano

L'Italia vanta numerose varietà caratterizzate da diverse attitudini pedoclimatiche: Sorrento, Malizia, Bleggiana, Feltrina, Grossa di Volpara e San Giovanni sono le più conosciute (Pastore, 1996).

○ **Sorrento**

Si tratta di una cultivar costituita da diversi genotipi. Tipica della penisola sorrentina, benché diffusa in tutta la Campania, presenta frutti dal caratteristico guscio consistente con le valve che talvolta risultano poco saldate (Pastore, 1996). La colorazione del frutto è chiara, tendente al crema ed il gheriglio è caratterizzato da una accentuata tenerezza e croccantezza che assieme ad una scarsa oleosità (circa il 45%, rispetto al 60% delle nuove cv) rende gradevole il frutto e adatto alle lunghe conservazioni poiché meno soggetto a irrancidimento (Pastore, 1996; Savorelli, 2006).

○ **Malizia**

La noce Malizia è afferente alla popolazione di ecotipi della Noce di Sorrento. È coltivata nel napoletano e nell'avellinese, soprattutto nelle zone del Vallo Lauro e dell'Acerrano nolano. Leggermente meno vigorosa di Sorrento e tendenzialmente proterandrica, entra presto in produzione e presenta frutti medio-grandi (10-12 g), di forma allungata leggermente ellittica, con guscio sottile, pallido e poco rugoso; ha un gheriglio di colore biondo chiaro e dal buon sapore. In provincia di Avellino, in particolare nella zona del Vallo Lauro Baianese, nei comuni di Quindici e Moschiano si produce un'altra varietà di noce, simile alla Malizia, con frutto a pezzatura media, detta noce di “San Martino”, particolarmente apprezzata per le sue buone caratteristiche qualitative.

○ **Bleggiana**

Caratterizzata dal sapore dolce, aromatico e speziato e riconoscibile per la forma ovale leggermente schiacciata agli apici, è caratterizzata da un guscio sottile particolareggiato da venature profonde. Coltivata soprattutto nelle zone trentine, è stata un'importante fonte alimentare e commerciale soprattutto nei periodi di guerra, per le famiglie più povere. Oggi, a causa della tardiva entrata in produzione, la Bleggiana è stata sostituita con le varietà francesi, preferite dai nocicoltori in quanto più produttive e redditizie, trasformando la coltivazione della Bleggiana in un'attività marginale.

○ **Fletrina**

È diffusa nel nord Italia (es. Veneto, Piemonte e Lombardia) e presenta buona resistenza al freddo. Il guscio tenero e il gheriglio chiaro la rendono gradevole al consumo (Bassi e Pellegrino, 1991).

- ***Grossa di Volpara***

Adatta al consumo fresco, è caratterizzata da dimensioni elevate e dalla caratteristica forma ovale; è originaria della provincia di Alessandria (Pastore, 1996).

- ***San Giovanni***

Cugina della noce di Sorrento, arriva sempre dalla Campania ma, grazie alla fioritura e alla maturazione tardiva, è molto più resistente al freddo della precedente; è caratterizzata da un gheriglio tendenzialmente giallognolo (Bassi e Pellegrino, 1991).

1.4 La propagazione del noce

La propagazione per seme ha costituito, in passato, il metodo più ricorrente per la riproduzione del noce. Negli ultimi tempi però, questo metodo di propagazione è stato sostituito da quello per via agamica soprattutto per innesto (Bassi e Pellegrino, 1991). Recentemente, inoltre, anche per il noce si stanno diffondendo la moltiplicazione *in vitro* ed il taleggio. In Italia il portinnesto più utilizzato rimane il franco da seme, derivato principalmente dalla noce di Sorrento o da noci selvatiche che presentano buona affinità, vigoria e rusticità e soprattutto resistenza al virus CLRV (cherry leafroll virus), conosciuto anche come virus dell'accartocciamento fogliare del ciliegio (Piccirillo e Petriccione, 2007) o blackline che provoca il deperimento per necrosi dell'albero a partire dal punto di innesto (Minotta, 1994).

Negli Stati Uniti si impiega spesso il noce nero (*J. nigra*) ma soprattutto il noce nero californiano (*J. hindsii*) e il Paradox, ibrido interspecifico tra *J. regia* e *J. hindsii* ottenuto da impollinazione spontanea e propagato per seme. Negli USA, sia il noce nero californiano sia il Paradox sono preferiti per l'elevato vigore e la buona produttività che conferiscono. A differenza del noce nero californiano, il Paradox è più tollerante nei confronti di *Phytophthora* spp. e *A. mellea* (Ramos, 1997).

1.5 Densità di impianto e governo dell'albero

Negli impianti specializzati moderni, si tende ad aumentare la densità di impianto rispetto a quella tradizionalmente adottata dalla nocicoltura del passato. È passata infatti da 100-150 piante/ha a 250-350 piante/ha per le cultivar californiane, meno vigorose (Missere, 2015). La forma di allevamento più utilizzata per il noce è quella libera e, rispetto alla nocicoltura tradizionale, che prevedeva sesti generalmente regolari con distanze di 7-10 metri, oggi si adottano sesti prettamente rettangolari con distanza tra gli interfilari di circa 5-7 m spaziando gli alberi sulla fila di circa 4-6 m.

1.6 Difesa fitosanitaria

Tra gli insetti, la cidia (*Cydia pomonella*), le cui larve crescono a spese del gheriglio, rappresenta la problematica fitosanitaria principale, soprattutto per i danni causati dalle prime due generazioni. Oltre ai formulati chimici, soddisfacenti risultati nel controllo si ottengono con la confusione sessuale oppure, in alternativa, utilizzando preparati biologici (es. virus della granulosa). La mosca del noce (*Rhagoletis completa*) presenta una sola generazione all'anno e crea danni nello stadio di larva, determinando l'insorgenza di marcescenza, l'imbrunimento ed il disseccamento del gheriglio e del mallo. Le varietà precoci sono le più sensibili ed il controllo del fitofago si basa sull'uso di insetticidi efficaci anche contro cidia, sulla profilassi (rimozione di frutti infestati) e sull'impiego di trappole per il monitoraggio dei voli. Tra i patogeni, il noce è suscettibile alle batteriosi o mal secco del noce (*Xanthomonas campestris pv. juglandis*) e all'antracnosi (*Gnomonia leptostyla*). L'utilizzo di prodotti rameici, dalla ripresa vegetativa (non in fioritura), assicurano una buona azione preventiva contro l'instaurarsi di entrambe le patologie che colpiscono il mallo dando origine a macchie bruno-nerastre, tendenzialmente tondeggianti, sparse, circondate o meno da un alone clorotico. Il gheriglio può atrofizzare originando cascola pre-raccolta. Il noce, specie se innestato su *J. regia*, è sensibile al marciume radicale fibroso (*Armillaria mellea*), che porta l'albero al collasso.

CAPITOLO 2

Composizione della noce ed effetti salutistici

2.1 La qualità chimico-nutrizionale

Il gheriglio è una struttura globosa divisa in due setti a loro volta suddivisi in due strutture fibrose, circondate da una pellicola, detta perisperma, che funge principalmente da protezione verso la componente più sensibile: i lipidi (Gaillard, 1989). Dal punto di vista nutrizionale, il gheriglio della noce è particolarmente calorico, caratterizzato da uno scarso contenuto in acqua. La sua componente nutrizionale subisce un forte cambiamento nell'arco della maturazione: in un primo momento, infatti, risulta ricco di zuccheri semplici, ottenuti dai processi fotosintetici che poi, accumulandosi, vengono convertiti in grassi e immagazzinati in particolari strutture subcellulari sferiche dette oleosomi (Tzen e Huang, 1992; Pinney e McGranahan, 1999).

Tab. 2.1. Tabella dei valori nutrizionali della noce (USDA, 2009)

Elemento	Quantità	Unità di misura (valore espresso su 100 g di parte edibile)
Calorie	654	Kcal
Grassi	65,2	g
- Acidi grassi saturi	9,8	g
- Palmitico (C16:0)	7,1	g
- Stearico (C18:0)	2,7	g
- Arachico (C20:0)	0,10	g
- Acidi grassi monoinsaturi	14,4	g
- Palmitoleico (C16:1)	0	g
- Oleico (C18:1)	14,1	g
- Gadoleico (C20:1)	0,3	g
- Acidi grassi polinsaturi	75,8	g
- Linoleico (C18:2)	61,2	g
- Linolenico (C18:3)	14,6	g
Rapporto Saturi/insaturi	9,2	
Colesterolo	0	mg
Fitosteroli	113	mg
Proteine	15,2	g
- Arginina	2,27	g
Carboidrati	13,7	g
-di cui zuccheri	2,6	g
Fibra	6,7	g

Ceneri totali	1,8	mg
Vit. E		
α -tocoferolo	0,7	mg
β -tocoferolo	0,2	mg
γ -tocoferolo	20,8	mg
Folati	98	μ g
Componente Fenolica		
-Flavonoidi	2,71	mg
-Proantocianidine	67,3	mg
-Isoflavoni	53,3	μ g
-Lignani	85,7	μ g
-Fitoestrogeni	139,5	μ g
Complesso Vit. B	1,66	mg
Vit. C	1,3	mg
Calcio	98	mg
Ferro	2,9	mg
Magnesio	158	mg
Fosforo	346	mg
Potassio	441	mg
Sodio	2	mg
Zinco	3,1	mg

Rame	1,6	mg
Manganese	3,4	mg
Selenio	4,9	µg

2.1.2 Lipidi

La frazione lipidica del gheriglio rappresenta il 60-65% del peso del prodotto (USDA, 2009). Come la maggior parte delle matrici vegetali, è caratterizzato da un profilo lipidico polinsaturo dove a dominare, al posto dell'acido oleico C18:1, è l'acido linoleico C18:2 che costituisce il 61% dei grassi totali. Inoltre, la noce è ricca di acido linolenico, una catena a diciotto atomi di carbonio, avente tre doppi legami, che è riscontrabile fino ad oltre il 14% degli acidi grassi totali (FAT) (Contini et al., 2010). L'evidente predominanza di grassi insaturi, rende il consumo di frutta secca particolarmente favorevole nel ridurre significativamente la probabilità di riscontrare malattie arteriosclerotiche e cardiovascolari grazie all'azione inibente dei PUFA¹ e HUFA² verso l'innalzamento dei trigliceridi ematici (Kris-Etherton et al., 1999). Nonostante a prevalere sia sempre il profilo insaturo, il quadro lipidico della noce è fortemente influenzato dall'ambiente: in condizioni di crescita ottimale, in assenza di stress idrici e climatici, a predominare è la trilinoleina (LLL), un trigliceride formato da una molecola di glicerolo esterificato a tre molecole di acido linoleico, seguita da LLLn (trigliceride formato da due molecole di acido linoleico e una linolenica) e infine OLL. Quando le condizioni ambientali diventano più ostili, le temperature elevate e l'umidità particolarmente alta, il quadro lipidico muta diminuendo la componente ultra satura a favore di una più satura (OOL, OLL, OLLn) (Amaral et al., 2004). È proprio la predominanza

¹ PUFA: acidi grassi polinsaturi

² HUFA: acidi grassi ultrasaturi

di acidi grassi insaturi a rendere questo prodotto particolarmente reattivo ai fenomeni di ossidazione e irrancidimento (Gaillard, 1989).

2.1.3 Le Proteine

Con un contributo del 15% della parte edibile, le proteine sono al secondo posto come costituenti della noce (USDA, 2009) e, essendo costituite da quantità soddisfacenti di tutti gli amminoacidi, vengono considerate a medio valore biologico (Fonte: FAO). Rilevante è soprattutto il contenuto di arginina (variabile tra i 9 e i 15 g/100 g), importante precursore dell'ossido nitrico e attivatrice del complesso NOS³ che esercitano rilevanti benefici sulla salute umana in termini di vasodilatazione e fluidificazione ematica, contribuendo anche alla mitocondriogenesi (Wells et al., 2005). È stato infatti riscontrato che il regolare consumo di frutta secca è associato a una riduzione del rischio di sviluppo di malattie cardiovascolari e l'ipertensione (Brufau et al., 2006).

2.1.4 Gli zuccheri

I carboidrati, rappresentati principalmente da zuccheri semplici come saccarosio, glucosio e fruttosio, subiscono un netto calo durante la maturazione del frutto, trovandosi in quantità inferiori a 15 g/100 g nel frutto maturo (Contini et al., 2010). L'amido è praticamente assente (<0,1 g/100 g) mentre notevole è il contributo della fibra, circa 7 g/100 g, utile nella prevenzione e cura di numerose malattie intestinali, cardiache e in casi di diabete o iperglicemia (Anderson et al., 1994).

2.1.5 I composti minori

Minerali, vitamine e composti nutraceutici diversi da quelli prima elencati costituiscono il 2-3 % della sostanza secca del gheriglio (Dumler, 2009). Tra i minerali, si riporta l'elevata concentrazione di potassio, fosforo e magnesio (USDA, 2009) che, assieme al basso contenuto di sodio, aiuta i processi regolatori della pressione sanguigna (Dumler, 2009). Dei microelementi fanno parte anche numerose sostanze nutraceutiche: composti che, pur non

³ NOS: complesso enzimatico ossido nitrico reduttasi

essendo indispensabili per l'organismo, lo aiutano a svolgere al meglio le attività. Tra questi, spicca il selenio che pur non essendo dotato di diretta attività antiossidante, è fondamentale nella costruzione dei sistemi di difesa contro le ossidazioni endogene, contribuendo a proteggere l'organismo dalle alterazioni dovute allo stress ossidativo (Maguire et al., 2004). A seguire sono presenti squalene e tocoferoli, con spiccata attività antiossidante che è però massimizzata dalla frazione fenolica (circa 0,7g /100 g) costituita principalmente da flavonoli, formanti il 63% dei fenoli totali (Pereira et al., 2007). Quest'ultima componente è quella con efficacia antiossidante più importante ed è localizzata essenzialmente nella pellicola che avvolge il gheriglio: la rottura della pellicola comporta la riduzione del 90% della capacità antiossidante delle noci (Blomhoff et al., 2006). Anche le vitamine, soprattutto quelle liposolubili, sono ben rappresentate e il più alto contributo è dato dal γ -tocoferolo e dalla colina (USDA, 2009).

2.2 Le proprietà nutraceutiche delle noci

Le malattie cardiovascolari sono la principale causa di morte in Europa, USA e in gran parte dell'Asia. Tra i fattori di rischio più associati allo sviluppo di patologie cardiovascolari si trovano innanzi tutto i trigliceridi ematici, il colesterolo e l'ipertensione (Carrero et al., 2005). Molti di questi fattori sono altamente influenzati dalla dieta per cui una corretta alimentazione può notevolmente comportare la riduzione del rischio di esposizione. In tal senso, la composizione lipidica e fenolica della noce ha dimostrato effetti benefici per la salute.

2.2.1 I benefici della frazione lipidica

La noce spicca, tra i prodotti vegetali, per la composizione lipidica polinsatura: sui 65 g di grassi totali (su 100 g di prodotto edibile), 47 g sono rappresentati da acidi grassi polinsaturi di cui 38 g da acido linoleico (omega 6) e 9 g da acido α -linolenico (omega 3) (Li et al., 2007). I grassi assunti con la dieta alimentare sono in grado di influenzare la composizione lipidica delle membrane cellulari aumentandone o inibendone la fluidità e la

resistenza all'ossidazione. Gli effetti favorevoli dell'introduzione di PUFA⁴ ω 3 e ω 6 nella dieta erano già noti dagli anni '70 quando, uno studio svolto sulla popolazione della Groenlandia, aveva dimostrato l'esistenza di una correlazione tra elevata assunzione di PUFA e la riduzione delle patologie cardiovascolari (Bertoni e Trevisi, 1999). Il fenomeno trova riscontro nell'attività svolta dai grassi nell'organismo: il grado di insaturazione dei lipidi crea un attorcigliamento della catena che allenta i legami intramolecolari fluidificando la struttura della membrana. In aggiunta, la presenza di acido linoleico e acido linolenico, definiti acidi grassi essenziali, è in grado di regolare i segnali di comunicazione cellulare attraverso la sintesi di biomolecole attive, definite eicosanoidi. Di questo gruppo di molecole fanno parte le prostaglandine, che a loro volta possono essere trasformati in trombossani o prostacicline e i leucotrieni (Frankel, 1998). Del primo gruppo, fanno parte quelle molecole che regolano la funzione sanguigna fungendo da vasocostrittori o vasodilatatori e influenzano la fluidità del sangue attraverso la modulazione dell'aggregazione piastrinica; i leucotrieni invece agiscono sui processi infiammatori, gestendo il sistema immunitario. Mentre gli ω 3 sono in grado di produrre solamente eicosanoidi a funzione antiaggregante, antitrombotica e vaso protettiva, gli ω 6 sono anche in grado di produrre prostaglandine PG2, ad attività infiammatoria e vasocostrittrice (Frenkel, 1998).

2.2.3 I benefici della frazione fenolica

Influenzata dall'andamento pedoclimatico della stagione produttiva (Amaral et al., 2004) la composizione triglicerica della frutta secca rimane prevalentemente insatura e soggetta a reazioni di irrancidimento e degradazione. In opposizione al fenomeno degradativo, intrinseco nel patrimonio endogeno del frutto, esiste una serie di composti, appartenenti alla classe degli antiossidanti, in grado di proteggere i lipidi (Frenkel, 1998). Queste molecole si ossidano al posto degli acidi grassi in quanto capaci di cedere più facilmente un elettrone formando composti più stabili quindi

⁴ PUFA: acidi grassi polinsaturi

meno reattivi alle successive trasformazioni (Frenkel, 1998). I più importanti antiossidanti presenti nelle noci sono l' α -tocoferolo (Vit. E) i polifenoli (Quarantelli et al., 2003). Il tocoferolo riveste un ruolo fondamentale per la stabilità ossidativa ma le sue capacità si limitano all'attività antiossidativa (Frenkel, 1998) mentre alla classe dei polifenoli appartengono molecole, chiamate ellagitannini, in grado di fungere sia da antiossidante sia da precursori per la sintesi di altre molecole in grado di inibire i processi infiammatori, cardiovascolari, neurodegenerativi e anticancerogeni (Granzotto e Zatta, 2014). In particolare gli ellagitannini sono tannini idrolizzabili che vengono convertiti dalla microflora intestinale liberando acido gallico, promotore di metaboliti chiamati urolitine. A quest'ultima classe sono da attribuire proprietà anticancerogene. L'azione antiinfiammatoria, invece, viene svolta nella forma legata dell'acido gallico: prima di raggiungere l'intestino, a livello gastrico, gli ellagitannini non vengono idrolizzati e in forma complessa riescono a svolgere una funzione protettiva verso la mucosa gastrica e l'inibizione della formazione di ulcere (Sangiovanni et al, 2016). Importante è anche il contributo neuro protettivo: in pazienti affetti da Alzheimer è stato notato un forte deposito di proteine β -amiloidi che possono costituire delle placche le quali sarebbero responsabili di molte malattie neurodegenerative. Recenti studi hanno poi dimostrato che gli ellagitannini sono in grado di svolgere anche una funzione antiaggregante, in modo da impedire la formazione di placche β amiloidi (Muthaiyah et al., 2011). In ultimo, recenti studi hanno anche confermato la capacità analgesica dell'acido ellagico quale agente in grado di inibire la recettività dei sensori nervosi (Mansouri et al., 2015).

CAPITOLO 3

I processi di lavorazione e conservazione post-raccolta delle noci

Le noci appena raccolte si caratterizzano per una scarsa conservabilità in quanto sono caratterizzata da livelli di umidità molto elevati (35-45%) (Bortolin et al., 2000). Per l'ottimale conservabilità del prodotto, occorre ridurre tempestivamente il contenuto d'acqua (fino al 12%) in modo da evitare i rischi legati allo sviluppo di funghi e all'imbrunimento del gheriglio (Izzo e Genovese, 1997). A tal fine è necessario limitare il periodo che intercorre tra la raccolta e l'essiccazione (massimo 2-3 giorni) (Lugli e Fanigliulo, 1998). La tecnica dell'essiccazione delle noci, sviluppata in California, consente di stabilizzarne il gusto e la qualità del prodotto in modo da favorire la conservabilità nonché le esportazioni a lungo raggio (Bortolin et al., 2000).

3.1 Le fasi di lavorazione del prodotto in guscio

La lavorazione post-raccolta prevede che le noci appena raccolte, portate al centro di lavorazione, subiscano il processo di lavorazione che include le seguenti fasi:

- ✓ ***Pre-pulitura*** – costituisce il primo trattamento che le noci subiscono appena arrivate dal campo; può essere eseguito sia a secco sia in acqua e ha lo scopo di allontanare il materiale grossolano dal prodotto (foglie, rami, terra, sassi, ecc.) (Bortolin et al., 2000)
- ✓ ***Smallatura*** – soprattutto con la raccolta meccanizzata, le noci arrivano spesso al centro di lavorazione ancora custodite nel mallo. La smallatura si rende dunque necessaria al fine di eliminare il mallo aderente al guscio. L'operazione avviene mediante macchine rotative o spazzole (Bortolin et al., 2000).
- ✓ ***Lavaggio*** – per azione dell'ossidazione dei tannini del mallo e dei polifenoli, il guscio legnoso può talvolta presentare degli imbrunimenti che vengono eliminati o ridotti da un lavaggio con

acqua, eventualmente arricchita con ipoclorito di sodio a concentrazione non superiore al 2,5%, che funge sia da sbiancante sia da antimicrobico (Piccirillo e Petriccione, 2007).

- ✓ **Cernita e carico** – dopo il lavaggio, le noci vengono indirizzate all'essiccazione. Prima però vengono sottoposte alla cernita (manuale o meccanica) per allontanare le noci evidentemente non conformi che presentano resti di mallo, gusci rotti, marciumi evidenti o altre imperfezioni (Piccirillo e Petriccione, 2007).
- ✓ **Essiccazione** – rappresenta il punto cruciale del processo di lavorazione che determinerà la qualità del prodotto finale e la sua conservabilità (Bortolin et al., 2000). La combinazione vincente del processo è legata alla gestione tra temperatura e flusso dell'aria e quantità di frutti da essiccare. Mediamente il processo dura 48-72 h suddivise in:
 - Prime 24-36 h a temperature comprese tra 22-30°C
 - Restanti 24-36 h a temperatura < 40 °C

La gestione della temperatura è fondamentale: essiccazioni troppo rapide dovute a temperature eccessive (mai superiori a 40 °C) rischiano di accelerare i processi di irrancidimento (ad opera delle lipasi) (Bortolin et al., 2000) e la disidratazione rapida ed eccessiva del guscio che causerebbe, specialmente nelle cultivar a guscio più sottile come Parisienne, un drastico calo di elasticità, compromettendone la saldatura delle valve e la conservabilità del prodotto. Al contrario, processi troppo lenti e temperature troppo basse possono causare l'incremento dei costi del processo e lo sviluppo di muffe a causa del periodo prolungato di stazionamento ad umidità elevate (Izzo e Genovese, 1997). La struttura del frutto non permette una velocità costante di essiccazione: il gheriglio, che costituisce la parte edibile più umida e più delicata della noce, è separato dal guscio esterno da una sorta di camera d'aria che funge da barriera alla trasmissione del calore (Wang et al., 2002). Durante l'operazione di essiccazione si distinguono tre momenti fondamentali:

- la velocità di essiccazione è rapida, in quanto l'acqua contenuta nella noce (40%) viene ceduta facilmente dalla membrana interna;
- la velocità di essiccazione rallenta rapidamente, poiché il tenore di umidità è compreso tra il 40 e il 18% ed il gheriglio cede acqua con più difficoltà;
- la velocità di essiccazione diminuisce ulteriormente perché l'umidità residua della noce è compresa tra il 18 e il 13% e rappresenta la frazione di acqua più difficile da estrarre (Izzo e Genovese, 1997).

L'operazione di essiccazione può essere svolta in box di essiccazione o in tunnel ad aria (Piccirillo e Petriccione, 2007).

- ✓ **Calibratura e selezione** – Il prodotto essiccato viene calibrato per essere classificato in base alla pezzatura. Pezzature troppo piccole (<28 mm) trovano scarsa richiesta di mercato mentre sono preferite le classi centrali quali 34-36 e 36-38 mm. Dopo la calibratura e prima del confezionamento, viene eseguita un'ulteriore cernita che può essere manuale o meccanica e che ha lo scopo di eliminare i frutti che non rientrano nei parametri qualitativi richiesti (Bortolin et al., 2000).
- ✓ **Conservazione e Confezionamento** – In virtù del basso tenore di umidità raggiunto e la naturale protezione offerta dal guscio, le noci essiccate si prestano bene ad una lunga conservazione. Di solito vengono commercializzate in confezioni da 10, 15 o 20 Kg in cartone, sacchi di iuta, sacchi retati o plastica (Contini et al., 2010). Se l'essiccazione è stata efficiente e lo stoccaggio avviene in ambienti areati, a bassa illuminazione, con temperature comprese tra 8 e 10 °C con valori di umidità ambientale tra il 60 ed il 70%, il prodotto si conserva bene anche per 12 mesi mentre, periodi di conservazione più lunghi sono stati raggiunti da noci mantenute a temperature inferiori agli 0 °C (López et al., 1995). Per il prodotto sgusciato invece, sono necessari accorgimenti più specifici: la probabilità di ossidazione aumenta del 90% (Quarantelli et al., 2003) nel prodotto sgusciato e frazionato. Esperienze positive sono state

ottenute con l'impiego di azoto e materiali a bassa permeabilità di ossigeno (Lòpez et al., 1995).

3.2 La lavorazione del prodotto sgusciato

Le operazioni di lavorazione post-raccolta precedentemente descritte riguardano le noci in guscio. Tuttavia, è sempre più diffusa la commercializzazione delle noci sgusciate, ricercate oltre che per il consumo fresco, anche per gli usi di pasticceria e culinari di vario genere. L'operazione di sgusciatura, che permette di estrarre il gheriglio dal guscio, è laboriosa ed avviene attraverso due tappe distinte: prima si procede con lo schiacciamento della noce e poi l'estrazione del gheriglio. I gherigli vengono selezionati in tre categorie in funzione della loro colorazione: biondo, arlecchino e scuro. La noce fresca rappresenta un frutto primizia ed è reperibile sul mercato italiano nel periodo che va da metà settembre a metà ottobre in quantità limitate (Genovese e Pastore, 1997) e rappresenta un frutto di stagione ricercato soprattutto nel sud Italia. Questa tipologia di prodotto proviene soprattutto da noceti giovani non ancora in piena produzione (Pastore, 1996).

Le operazioni necessarie per rendere idoneo il prodotto per la commercializzazione sono:

l'uso di acqua potabile per la smallatura;

✓ lo stoccaggio delle noci con mallo in camera fredda se la conservazione supera i 4 giorni;

✓ lo stoccaggio delle noci smallate in camera fredda con una temperatura compresa tra i 3 e gli 8°C e un'umidità relativa del 60%, inoltre tra l'immagazzinamento e la spedizione non devono passare più di tre giorni (Pastore, 1996).

Le noci fresche si presentano al consumatore in vassoi di plastica trasparenti di 500 g ciascuno, chiusi da una rete con all'interno un'etichetta sulla quale sono stampate le caratteristiche del prodotto, lo stemma dell'Unione Europea ed il numero di regolamento comunitario, lo slogan della campagna

pubblicitaria comune a tutti i bacini produttori e la marca della ditta confezionatrice (Pastore, 1996).

CAPITOLO 4

La qualità delle noci

4.1 La qualità del prodotto finale

4.1.2 Standard qualitativi di mercato e idoneità al commercio

La Commissione Europea ha stabilito che le noci, considerate come il prodotto della specie *Juglans regia*, rientrano tra i prodotti per i quali è necessario adottare norme di commercializzazione specifiche al fine di eliminare dal mercato prodotti di qualità insoddisfacente, adeguare la produzione alle esigenze dei consumatori e agevolare le relazioni commerciali con lo scopo di migliorare la redditività della produzione. Il Regolamento CE n. 175 del 2001, in dettaglio, stabilisce le disposizioni relative alla qualità, al calibro, alle tolleranze, alla presentazione e alle indicazioni esterne delle confezioni contenenti noci.

La norma distingue due tipi di noci:

- “noci fresche”, commercializzate con un tasso di umidità maggiore del 20% che non abbiano subito nessun trattamento tendente ad abbassare il loro naturale tenore di umidità.
- “noci secche”, noci che si adattano alla lunga conservazione in quanto il loro tenore di umidità è < all’8% (gheriglio) o < al 12% (noce intera) di umidità.

Lo stesso regolamento classifica le noci in ulteriori tre categorie:

- Extra – rappresentata solo da noci tipiche di una varietà o di un determinato miscuglio varietale; devono essere prive di difetti e provenire esclusivamente dalla raccolta più recente.
- Categoria I – costituita da noci corrispondenti a una data varietà o miscuglio varietale. Vengono accettati livelli di difetti più elevati della categoria precedente ma in misura tale da non compromettere le caratteristiche organolettiche, di presentazione o di conservazione del prodotto.

- Categoria II – comprende tutte le noci non catalogabili nelle precedenti categorie.

La determinazione della percentuale dei difetti è un parametro fondamentale di valutazione e di categorizzazione delle noci (Piccirillo e Petriccione, 2007). L'identificazione dei difetti delle noci prevede una valutazione visiva che prende il nome di “spacco” con il quale vengono determinati:

- I difetti del guscio (deve essere intero, sano, esente da parassiti, privo di residui di mallo, pulito e asciutto);
- I difetti della parte edibile che deve essere sana, consistente e pulita; priva di insetti o parassiti ed esente da muffe o fenomeni di irrancidimento. Inoltre, non deve presentare odori o colori anomali, distinguendoli in
 - Noci rancide, marce o danneggiate da insetti
 - Noci ammuffite

Tab. 4.1. Difetti e tolleranze previste per la commercializzazione delle diverse categorie merceologiche delle noci (REG CE175/01)

Difetti ammessi	Tolleranze ammesse (percentuale di frutti difettosi sul numero o sul peso)		
	EXTRA	CAT. I	CAT. II
Tolleranza totale difetti del guscio	7	10	15
Tolleranza totale per i difetti della parte commestibile	8	10	15
- Di cui noci rancide, marce o danneggiate	3	6	8
- Di cui noci ammuffite	3	4	6

Tab. 4.2. Categoria merceologica delle noci in base alla classe di calibro

CATEGORIA	Classi di calibro ammesse (mm)
EXTRA, I, II	34+
	32-34
	30-32
	28-30
I, II	26-28
II	24-26

CAPITOLO 5

La conservazione post raccolta delle noci

5.1 Problematiche relative alla conservabilità del prodotto

Come definito dal REG 175/01, la noce secca è un frutto che si presta alla lunga conservabilità in virtù dell'abbassamento di umidità grazie all'essiccazione post-raccolta che, proprio per mantenere la qualità del frutto, deve essere effettuata nel più breve tempo possibile (Sibbett et al., 1974). Una volta raggiunta la disidratazione ottimale, la noce può essere conservata fino a 12 mesi a temperatura ambiente (REG 175/01) e se il frutto fresco è di qualità, privo di infezioni, marciumi o irrancidimenti, la qualità sarà garantita per tutta la durata della conservazione (Piccirillo e Petriccione, 2007). A tal fine, il periodo che intercorre tra la raccolta e la lavorazione riveste un ruolo fondamentale (Sibbett et al., 1974) perché in questo periodo possono svilupparsi problematiche di natura microbiologica e ossidativa.

5.2 Le problematiche sanitarie del prodotto in post-raccolta

5.2.1 Gli insetti

Nella maggior parte dei casi, l'ingresso di insetti nelle noci avviene in campo, ma può continuare in fase di post raccolta qualora le condizioni di stoccaggio non siano ideali. A tale problema, si associano la perdita di commerciabilità e commestibilità del prodotto e la creazione di un ambiente favorevole alla proliferazione di muffe (Johnson et al., 2003). In passato, molti prodotti tra cui la frutta secca in guscio, venivano fumigati con bromuro di metile che provocava la mortalità prossima al 100 % degli insetti in post raccolta. Tale pratica, tuttavia, oggi è fortemente controindicata (Ling et al., 2015). Le radio frequenze (RF) hanno mostrato performance interessanti. Questo trattamento si basa sulla conversione dell'energia elettromagnetica in termica che, in appena 5 minuti, facendo

raggiungere i 55°C al gheriglio, sono in grado di uccidere il 100% degli insetti e ridurre drasticamente lo sviluppo dei microorganismi (Wang et al., 2002). L'energia prodotta dalle RF è infatti in grado di interagire con le membrane cellulari degli insetti, provocandone la morte (Ling et al., 2015). Tuttavia l'efficacia del trattamento è direttamente correlata all'uniformità di propagazione delle frequenze nel prodotto: diverse densità (gheriglio, guscio e camera d'aria intermedia), diverso grado di umidità e diverse proprietà termiche ed elettriche dei vari componenti del frutto, potrebbero alterare la capacità sanitizzante del trattamento. L'inconveniente può essere superato attraverso pre-trattamenti del prodotto a 60 °C per 10 minuti in corrente forzata di aria calda che sarebbe in grado di agevolare la penetrazione uniforme delle RF nel prodotto, inibendo anche gli effetti delle reazioni di ossidazione enzimatica a causa dell'inattivazione della lipossigenasi (Ling et al., 2015). Tale approccio è risultato efficiente nella lotta contro la carpocapsa e la *Plodia interpunctella*, principali parassiti delle noci (Wang et al., 2002). Tuttavia, questa tecnica risulta costosa e difficilmente applicabile su larga scala negli impianti di piccole e media dimensioni. Inoltre, la tecnica incontra il parere contrario dei consumatori, soprattutto europei, i quali associano a una percezione di “non salutare” il consumo di un prodotto irradiato.

5.2.2 L'infezione da muffe

L'elevato contenuto lipidico delle noci le rende particolarmente sensibili agli attacchi di microrganismi lipolitici: le muffe e i funghi (ICMSF, 1998). Protagonista principale dei danni microbiologici è il fungo appartenente alla classe *Aspergillus*, in particolare al genere *Flavus* (ICMSF, 1998). Vivendo come saprofita nel terreno, è in grado di contaminare le noci cadute a terra, penetra nel gheriglio mediante spaccature del guscio e cresce a spese del seme, riducendo il valore nutritivo e per la produzione aflatossine, scarti metabolici resistenti a molti processi tecnologici. Le aflatossine sono sostanze epatotossiche, immunosoppressive e genotossiche con potente attività cancerogena e teratogena (Contini et al., 2010). La vulnerabilità

delle noci risulta particolarmente spiccata in campo (McDonald, 1970), sebbene le nuove tecniche di raccolta meccanizzata contribuiscano a ridurre la permanenza del prodotto a terra, riducendone il rischio da esposizione. Studi condotti in Nigeria (dove la raccolta è talvolta meccanica ma il frutto viene fatto essiccare all'aperto, a contatto col terreno) hanno dimostrato che la maggior parte di noci, nocciole, mandorle e pistacchi, prima della raccolta e prima del contatto col terreno, risultano essenzialmente sterili (ICMSF, 1998). L'innescò della contaminazione avviene al contatto tra il terreno e il frutto; raccogliendo il frutto non ancora smaltato dall'albero ed evitandone il contatto col terreno, si impedisce dunque la contaminazione del fungo. Inoltre, la presenza del mallo esplica la funzione antimicrobica in quanto i tannini presenti, non ancora ossidati, rendono l'ambiente ostile alla proliferazione di microorganismi e insetti che, causando perforazioni, potrebbero agevolare l'ingresso dei funghi nel seme (Sibbet et al., 1974). Inoltre, il periodo di tempo che intercorre tra l'immagazzinamento del prodotto e la sua lavorazione (essiccazione) può rappresentare un altro momento di sviluppo potenziale degli agenti di danno microbiologico. Ciò è dovuto al fatto che la raccolta delle noci avviene spesso in un unico passaggio e che gli impianti non sono solitamente in grado di smaltire tempestivamente la quantità di noci fresche raccolte, imponendone la sosta in piazzali di stoccaggio o magazzini coperti a temperatura ambiente per alcuni giorni o addirittura settimane. Durante tale permanenza, dunque, possono facilmente innescarsi fenomeni di fermentazione. Sovente, infatti, si registrano aumenti immediati della temperatura del prodotto stoccato nei bins. A ciò si somma l'elevata umidità iniziale del prodotto che, spesso, risulta esposto alle frequenti piogge autunnali. Una valida alternativa per la riduzione dell'incidenza dei processi di degradazione del prodotto in attesa di essiccazione potrebbe essere rappresentata dalla frigoconservazione del prodotto in attesa dell'essiccazione. Le basse temperature infatti, sono in grado di inibire la proliferazione fungina che è ottimale a temperature comprese tra i 32 e i 36 °C mentre si riduce drasticamente sotto i 12 °C. Il freddo rallenta le attività metaboliche dei microorganismi e rende

l'ambiente non adatto alla produzione delle aflatossine, composti secreti solo in condizioni particolari (Contini et al., 2010). Tuttavia, shock termici causati dal ritorno del prodotto a temperatura ambiente, risulterebbero favorevoli la ripresa metabolica e la produzione di metaboliti tossici. Condizione necessaria affinché i benefici della refrigerazione vengano mantenuti, è l'immediatezza della lavorazione post refrigerazione (Sibbet et al., 1974). In alternativa alla frigoconservazione, sono stati testati altri metodi per ridurre i rischi di contaminazione microbiologica delle noci. Tra questi, le irradiazioni gamma e le radio frequenze (Contini et al., 2010). La prima tecnica, lavorando a temperature inferiori ai 18 °C, consente un buon mantenimento delle qualità nutrizionali delle noci, sebbene l'efficacia sia limitata al 70% di distruzione microbica. Inoltre, il processo richiede un'elevata specializzazione degli impianti e del personale addetto ed è particolarmente costoso. I raggi gamma sono radiazioni ionizzanti emesse dai nuclei radioattivi dagli isotopi ^{60}Co e/o ^{137}Cs in grado di esplicare l'effetto microbica bloccandone la capacità riproduttiva e l'alterazione della permeabilità di membrana (Tranchina et al., 2013). Il processo consiste nell'esporre gli alimenti (comprese le noci) ad un valore preciso di radiazioni:

- Basse dosi < 1kGy sono utilizzate solitamente per la disinfezione e disinfestazione di ortaggi o verdure;
- Medie dosi $1 < \text{kGy} < 10$ sono utilizzate per l'eliminazione di batteri saprofiti e patogeni del genere *Salmonella* o *Listeria*
- Alte dosi > 10 kGy sono utilizzate per la completa sterilizzazione di tutte le specie patogene e degradative

Le radio frequenze, sebbene efficaci, presentano numerosi inconvenienti, come descritto in precedenza. L'utilizzo di trattamenti fisici alternativi, sebbene degni di interesse, risultano ancora scarsamente impiegati soprattutto a causa delle incertezze legate agli effetti a lungo termine sulla componente grassa, molto sensibile ai trattamenti (Contini et al., 2010). Anche il congelamento risulta efficace nel contenere lo sviluppo microbico: esponendo le noci a shock termici (-18°C) è possibile controllare

efficacemente lo sviluppo fungino e microbico (Contini et al., 1970), senza intaccare la qualità lipidica.

5.3 Il problema delle ossidazioni degradative

5.3.1 L'irrancidimento lipidico

Tra i principali problemi legati allo stoccaggio delle noci, la preservazione dell'integrità lipidica è quello principale. L'elevata componente polinsatura e ultra satura rende, infatti, le noci soggette ad alterazioni di natura chimica, note come irrancidimento, che influenzano negativamente il valore nutritivo, l'appetibilità e la qualità del prodotto (Quarantelli et al., 2003). Tali alterazioni si suddividono in enzimatiche e non enzimatiche: le prime sono dovute all'azione di enzimi esogeni o endogeni in grado di idrolizzare la molecola dei trigliceridi aumentando l'acidità dell'olio e agevolando la formazione di altre sostanze indesiderate (Takano, 1993); le reazioni non enzimatiche, definite di autossidazione, sono invece dovute alla particolare reattività del carbonio presente nel gruppo metilico prossimo al doppio legame che, perdendo un atomo di idrogeno, forma una molecola radicalica particolarmente reattiva nei confronti di agenti ossidanti come luce, ossigeno e temperatura che, a seguito di una serie di reazioni, porta alla formazione di composti indesiderati come aldeidi, chetoni e acidi organici (Quarantelli et al., 2003).



Fig. 12. Noce irrancidita.

5.3.1.1 Le reazioni enzimatiche: idrolisi e ossidazione

Gli enzimi coinvolti nelle reazioni sopracitate prendono il nome di lipasi e lipossigenasi; il secondo agisce in conseguenza ai prodotti formati dal primo (Malekian, 2000). Le lipasi sono enzimi in grado di idrolizzare la molecola dei trigliceridi, liberando gli acidi grassi dalla molecola di glicerolo e formando una serie di mono e di-gliceridi e acidi grassi liberi, responsabili dell'incremento dell'acidità che è solita riscontrarsi durante lo stoccaggio di materie oleose (Takano, 1993). Le lipasi possono essere di origine endogena o esogena: le prime sono intrinseche nel patrimonio enzimatico del gheriglio e la sintesi degli enzimi lipolitici è indotta da segnali ormonali provenienti dal tessuto embrionale e si pensa vengano sintetizzate anche come meccanismo di difesa del frutto stesso e, inoltre, la loro concentrazione aumenta all'aumentare del contributo lipidico del seme (Quarantelli et al., 2003). Le lipasi esogene, invece, provengono principalmente dall'attività metabolica di microorganismi che contaminano i frutti, tra tutte le muffe e le spore del genere *Aspergillus* che, essendo xerofile, sono in grado di proliferare anche con tenori di umidità del gheriglio inferiori al 10% che corrisponde a un'umidità ambientale di conservazione del 75% (Vertucci e Roos, 1990; Dragoni et al., 1997). Indifferentemente dalla loro natura, queste sostanze, idrolizzando il trigliceride, comportano un doppio danneggiamento: incrementano l'acidità libera dell'olio (il che potrebbe precludere l'idoneità commerciale delle noci poiché l'acidità libera (espressa in acido oleico) della frutta secca deve essere < a 0,5 %) e aumentano la reattività della molecola che, trovandosi sotto forma di acido grasso libero, è molto soggetto all'attacco della lipossigenasi a spiccata azione ossidante (Malekian, 2000). L'azione degradativa della lipossigenasi è più marcata verso gli acidi grassi liberi polinsaturi piuttosto che sulle forme esterificate degli stessi grassi (Guss et al., 1976) ed è stato verificato che l'azione della lipossigenasi si esplica prevalentemente sugli isomeri naturali di tre particolari grassi: linoleico, linolenico e arachidonico (Quarantelli et al., 2003). Essendo le lipasi intrinseche al patrimonio endogeno della noce è praticamente impossibile bloccare permanentemente

o evitare totalmente il processo di irrancidimento del prodotto durante il periodo di conservazione e, qualora questo risulti troppo prolungato, le porzioni danneggiate e inacidite formano un sito ideale per l'attività lipossigenasica che porterà alla successiva formazione di idroperossidi i quali, modificandosi, altereranno colore (imbrunimento), aroma (composti off-flavor) e qualità nutritiva (perdita di vitamine, antiossidanti e PUFA o HUFA) del prodotto, fino a renderlo non idoneo al consumo (Gaillard, 1989).

5.3.1.2 Le reazioni non enzimatiche: l'autossidazione

Le autossidazioni sono reazioni di ossidazione spontanea che consistono nella reazione tra l'ossigeno tripletto e i grassi insaturi (Quarantelli et al., 2010). Si tratta di reazioni degradative che alterano le noci, dal punto di vista qualitativo, nutrizionale, organolettico e commerciale. A differenza delle reazioni enzimatiche, il prodotto primario per il ciclo di autossidazione, si forma spontaneamente: quando è presente un doppio legame C=C, si crea una sorta di nuvola elettronica negativa attrattiva che riesce a influenzare anche l'idrogeno del gruppo metilico adiacente al doppio legame. Questa molecola rappresenta il punto debole della catena carboniosa: indebolendosi il legame tra carbonio metilenico e idrogeno, quest'ultimo si allontana dalla molecola formando un radicale alchene, molto reattivo nei confronti dell'ossigeno. Quando poi l'ossigeno viene a contatto con il radicale, si forma l'idroperossido radicalico di partenza. Ultima fase del ciclo di autossidazione consiste nella reazione tra il radicale idroperossido e un'altra molecola di grasso che, come è avvenuto nella prima, risentendo dell'attrazione del doppio legame, si trova con un idrogeno potenzialmente allontanabile. La reazione tra il radicale idroperossido e una molecola di lipide insaturo porta alla formazione di un idroperossido (non più radicalico perché acquista H^+ dal lipide) e un radicale alchene che costituisce la prima tappa di un nuovo ciclo autossidativo (Quarantelli et al., 2003). Essendo ossigeno, luce e ioni metallici i principali agenti di innesco dell'autossidazione (esogeni) è

possibile ostacolare e, almeno inizialmente, arrestare il processo, stoccando il prodotto a basse temperature e umidità, in ambienti lontani da luce e fonti di calore e utilizzare degli agenti chelanti (tocoferoli e composti fenolici) nei confronti di ioni metallici attivatori. Queste reazioni sono però rapide e una volta innescate è difficile arrestarle: in un primo momento il processo è lento e consiste nella formazione degli idroperossidi radicalici iniziali ma, una volta raggiunta una certa concentrazione, la reazione procede in modo esponenziale ed è impossibile l'arresto (Malekian, 2000). La fase terminale del processo vede la scomparsa dei perossidi a causa della loro rottura omolitica, per merito di attività enzimatiche, che portano alla formazione di aldeidi, chetoni, acidi organici, idrocarburi a lunghezza variabile e numerosi polimeri (Ottaviani, 1977). Tra i principali composti di formazione finale è noto l'acido oxocarbossilico e il pentilfluorano, principale prodotto dell'idrolisi dell'acido 9-idrossido-linoleico mentre è noto che l'aroma sgradevole proveniente da materiali ossidati è dato dall'esanale (Quarantelli et al., 2003).

5.4 Metodi per contrastare i processi ossidativi

La reattività e l'elevato contenuto dei lipidi polinsaturi nelle noci, rendono i fenomeni degradativi, ossidativi o autossidativi, difficilmente contrastabili. Tuttavia, esiste una serie di fattori in grado di inibire o rallentare tali processi, rallentando la catalisi enzimatica e le reazioni di lipasi e lipossigenasi, mentre le reazioni autossidative sono pressoché impossibili da controllare poiché il loro innesco risiede nella struttura della molecola stessa.

Esistono vari fattori in grado di influenzare i fenomeni degradativi:

- Umidità del frutto - è stato riscontrato che è sufficiente un'umidità del substrato anche inferiore al 5% perché si manifesti l'attività lipasica. Tuttavia, essendo l'acqua un reagente della reazione, è chiaro come il processo termodinamico e cinetico sia fortemente influenzato da questa (Gaillard, 1989).

Le noci risultano ossidativamente stabili, ovvero in grado di resistere allo stress ossidativo, ad A_w di 0,3 (A_w è il rapporto tra la pressione di vapore dell'acqua libera e quella contenuta nell'alimento); all'umidità del 5% corrisponde un A_w di 0,3 che indica la situazione di massima stabilità ossidativa; se è vero che un'eccessiva umidità agevola la cinetica di degradazione (Gaillard, 1989), è vero altresì che valori troppo bassi di A_w ($<0,26$) aumentano tali fenomeni per questioni di adattabilità enzimatica (Frankel, 1998). Per questo è bene che il processo di essiccazioni delle noci si concluda con un'umidità del prodotto compreso tra il 5 e l'8%. (REG 175/01);

- pH del frutto - le lipasi prediligono ambiente a pH di 7,5-8,0, mentre le lipossigenasi prediligono valori di pH subacidi, tra 6 e 7 e quindi, trovano nel gheriglio il substrato ideale che non subisce acidificazioni nel corso dei processi per cui rimane un fattore invariato e potenzialmente pericoloso (Quarantelli et al., 2003).
- Andamento stagionale durante la maturazione - stagioni piovose in cui si alternano giornate umide a giornate calde e soleggiate, possono indurre non solo stress da squilibrio ma soprattutto possono attivare il processo lipasico che trova, in queste condizioni, la situazione ideale per procedere all'inacidimento (Quarantelli et al., 2003).
- Qualità della materia prima - elevate umidità delle noci al momento della raccolta o nel periodo di maturazione, contaminazione con enzimi lipolitici (specialmente muffe e funghi) e il danneggiamento in campo dei frutti (es. scuotitura, aspirazione), potrebbero rendere il prodotto meno stabile ai processi degradativi (Quarantelli et al., 2003)
- Processo di essiccazione – lo step di essiccazione ha il compito principale di ridurre il contenuto di umidità delle noci fresche (umidità $>20\%$) fino a livelli legalmente accettabili ($< 12\%$) (REG 175/01). Quando il processo non è immediato, continuo, diretto ed efficiente, potrebbero presentarsi delle anomalie che riducono

l'efficienza dell'essiccazione per cui la noce, troppo umida, non si presta a conservazioni prolungate;

- Manipolazioni meccaniche (sgusciatura o frantumazione) – tipiche dei prodotti di quarta gamma, la sgusciatura e ancor più la frantumazione del gheriglio per la produzione di farine, creano la lesione della pellicola di rivestimento del seme che comporta, con un rischio che aumenta del 90%, la possibilità di fenomeni ossidativi a causa del contatto più diretto con luce e ossigeno e anche a causa della rottura degli oleosomi, particolari strutture che contengono la molecola di grasso (Quarantelli et al., 2003)
- Condizioni di stoccaggio - assenza di luce e tenore di umidità sono fondamentali per un corretto immagazzinamento e per ridurre al minimo i fenomeni degradativi enzimatici. Tuttavia è impossibile arrestare i processi di ossidazione e autossidazione anche stoccando i prodotti a concentrazioni di ossigeno inferiori all'1% perché l'irrancidimento idrolitico avanza anche in condizioni anaerobie. Tale processo non può essere bloccato nemmeno stoccando il prodotto con gas inerti (Quarantelli et al., 2003).
- Temperature: le basse temperature risultano un metodo efficace per contrastare i processi ossidativi e autossidativi: con il calo della temperatura la molecola di lipide tende a solidificare, rallentando così sia le attività enzimatiche che gli arrangiamenti sterici/litici sulla molecola (Frenkel, 1989).

PARTE SPECIALE

CAPITOLO 6

Obiettivi della tesi

L'obiettivo della tesi è stato di valutare l'effetto della refrigerazione (+4 °C) delle noci fresche in attesa del processo di lavorazione/essiccazione sulla qualità del prodotto e sull'incidenza dei processi di degradazione ossidativa. A tal fine, è stata predisposta una sperimentazione utilizzando campioni provenienti da un noceto commerciale ubicato nel forlivese (Az. Agr. San Martino) per confrontare:

- 1) la tecnica di lavorazione post-raccolta tradizionale delle noci (essiccazione immediata del prodotto fresco)
- 2) la frigoconservazione del prodotto per un periodo di 20 e 40 giorni precedenti all'essiccazione
- 3) noci mantenute dalla raccolta a temperatura ambiente.

L'effetto dei condizionamenti sulla qualità delle noci è stato valutato per un periodo di 30 e 60 giorni attraverso il monitoraggio della qualità del prodotto.

CAPITOLO 7

Materiali e Metodi

7.1 Impostazione della prova, materiale vegetale e disegno sperimentale

La prova è stata condotta nel corso della stagione 2017 presso le strutture della New Factor, a Cerasolo Ausa di Coriano (RN). Alla raccolta commerciale (ottobre), noci della cultivar Chandler innestata su franco (*J. regia*) sono state campionate in maniera completamente randomizzata dagli impianti adulti e commerciali dell’Az. Agr. San Martino, ubicata a San Martino in strada (FC). Gli alberi, dell’età compresa tra 10 e 18 anni, erano distanziati di m 6 sulla fila e m 7 tra le file, allevati a piramide, potati meccanicamente, ed irrigati mediante impianto di microirrigazione (sprinkler). L’irrigazione era gestita da maggio a settembre, in accordo con il bilancio idrico e con il potenziale idrico del fusto, misurato settimanalmente, per stabilire i volumi di adacquamento ed i turni irrigui. La gestione agronomica degli impianti (concimazione e difesa) è stata condotta in accordo con il Disciplinare di Produzione Integrata della Regione Emilia-Romagna, utilizzando sistemi di monitoraggio e cattura dei fitofagi.

Sono state campionate noci naturalmente cadute al suolo. Al momento della raccolta, il gheriglio delle noci presenta un valore di umidità media pari al $22,9\% \pm 4,6$ (n=3). I frutti sono stati dunque conservati in cassoni di materiale plastico per circa 2 settimane, mantenuti a temperatura ambiente in un locale dotato di buona ventilazione, al riparo da luce ed eventi meteorici. Successivamente, le noci sono state ripartite in 5 sub-campioni, ognuno dei quali costituito da circa 500 frutti selezionati in maniera casuale, indipendentemente dalla pezzatura e dalla qualità estetica. Ogni sub-campione è stato utilizzato per impostare i trattamenti di conservazione post-raccolta, avendo cura di utilizzare 3 repliche, composte da noci scelte in maniera casuale e rappresentativa del campione intero.

7.2 I condizionamenti post-raccolta

I condizionamenti hanno previsto il confronto tra:

- 1) *NF*: noci fresche (trattamento di controllo);
- 2) *NE8*: noci essiccate ad umidità < 8% (trattamento aziendale);
- 3) *NE13*: noci essiccate ad umidità compresa tra 12 e 13%;
- 4) *NR20*: noci refrigerate 20 giorni, poi essiccate < 8%;
- 5) *NR40*: noci refrigerate 40 giorni, poi essiccate < 8%.

Nel dettaglio i condizionamenti hanno previsto:

- ✓ *NF*: le noci fresche sono state conservate a temperatura ambiente (6-12 °C- 65-75% U.R.) in un locale ventilato, al riparo da luce e da eventi meteorici per l'intera durata della sperimentazione;
- ✓ *NE8*: le noci hanno seguito il tradizionale processo di essiccazione e lavorazione post-raccolta previsto dai protocolli aziendali, in accordo con la normativa vigente. A tale fine, le noci sono state preventivamente lavate (10 minuti) per rimuovere eventuali impurità e residui di mallo dal guscio e poi lasciate a sgrondare per circa 45 minuti. Successivamente, le noci sono state inserite in una stufa ventilata ad una temperatura di circa 39 °C ± 1 °C. Ad intervalli regolari (circa 5 ore), su alcune noci per ogni replica è stato monitorato il contenuto di umidità dei frutti tramite termobilancia. Il processo di essiccazione si è concluso dopo quasi 36 ore, al raggiungimento di un tenore di umidità residua dei frutti < 8%. Le noci sono state fatte raffreddare per 10-12 ore, successivamente confezionate in sacchi di plastica dal peso di 2,5 kg sigillati ermeticamente, simulando le tradizionali operazioni di confezionamento.
- ✓ *NR13*: le noci hanno seguito lo stesso processo descritto nel trattamento precedente, con l'unica variante che il tenore di umidità residuo nei frutti era compreso tra il 12 e 13%, al fine di verificare l'effetto di valori di umidità dei frutti più elevati sulla conservabilità e la qualità nel tempo degli stessi. Per raggiungere tale obiettivo, il processo di essiccazione in stufa del prodotto è durato circa 12 ore.

La normativa vigente (REG (CE) 175/01) indica che la noce secca è considerata il prodotto con tenore di umidità < 12%, valore che la tutelerebbe dai fenomeni degradativi tipici della conservazione. Il raggiungimento di tenori di umidità <8% (valori che limitano l'innescò dei processi di degradazione lipidica del prodotto) implica tuttavia un maggiore dispendio energetico (potere calorifico) nonché un prolungarsi dei tempi di sosta del prodotto nell'essiccatore, con aggravio di costi e insorgenza di potenziali inefficienze logistiche ed organizzative.

- ✓ **NR20**: le noci sono state mantenute in cella refrigerata ad una temperatura di circa 4 °C e umidità di circa 95% per 20 giorni (Fig. 13). Successivamente, le noci refrigerate hanno seguito i processi descritti nel trattamento **NE8**.
- ✓ **NR40**: le noci sono state mantenute in cella refrigerata ad una temperatura di circa 4 °C e umidità di circa 95% per 40 giorni (Fig. 13). Successivamente, le noci refrigerate hanno seguito i processi descritti nel trattamento **NE8**.

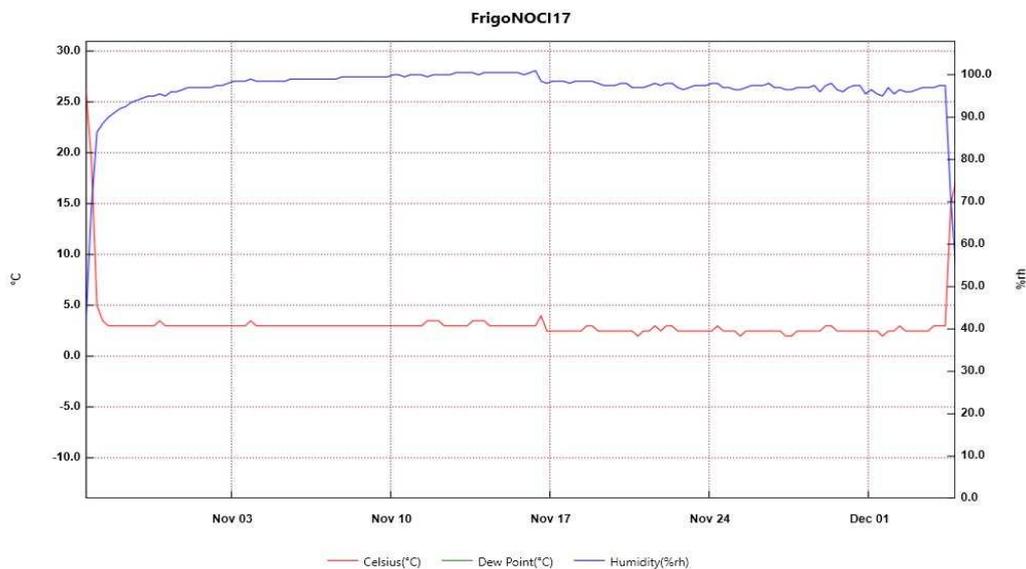


Fig. 13. Andamento del tenore di umidità e temperatura registrati durante la frigo conservazione delle noci.

7.3 I rilievi sperimentali

I rilievi sono stati eseguiti su circa 50 noci per ogni replica e realizzati al tempo 0 (noci appena essiccate), dopo 30 e 60 giorni di confezionamento. Contestualmente, gli stessi controlli sono stati eseguiti sulle noci fresche (*NF*). In aggiunta, le stesse determinazioni sono state eseguite anche su un campione rappresentativo di noci fresche al momento della raccolta (Tab. 7.1).

Le indagini hanno previsto la valutazione visiva e qualitativa dei frutti tramite la tecnica dello spacco, la determinazione del tenore di umidità, dell'acidità titolabile e dalla concentrazione di perossidi nel gheriglio.

7.3.1 Valutazione visiva e qualitativa dei frutti tramite la tecnica dello spacco

Per ogni replica, su 50 frutti è stata effettuata l'analisi visiva e distruttiva delle noci al fine di classificarle in base alle caratteristiche del guscio e del gheriglio, in accordo con la tabella seguente:

<i>Proprietà del Guscio</i>	<i>Proprietà del Gheriglio</i>
presenza di fessure, fratture, crepe, scarsa adesione tra le valve	Colorazione (EL, L, LA, A)*
Presenza di muffe	Presenza di macchie, marciumi, muffe, fitofagi.
Presenza di residui di mallo	Assente o raggrinzito
	Rancido

*EL = EXTRA LIGHT; L = LIGHT; LA=LIGHT AMBER; A=AMBER



Fig. 14. Esempio di valutazione delle caratteristiche estetiche del gheriglio mediante la tecnica dello spacco.

In aggiunta ai rilievi sopradescritti, per ogni noce è stata determinata la colorazione esterna del guscio e la pezzatura dei frutti (calibro). La prima variabile è stata determinata in accordo con le tabelle cromatografiche proposte per le noci dalla DFA della California. La pezzatura dei frutti invece è stata determinata mediante piastra calibrata in grado di classificare le noci nelle classi di calibre <28 , 30 , 32 , 34 , 36 , >38 .



Fig. 15. Strumento adottato per la ripartizione delle noci in classi di calibre.

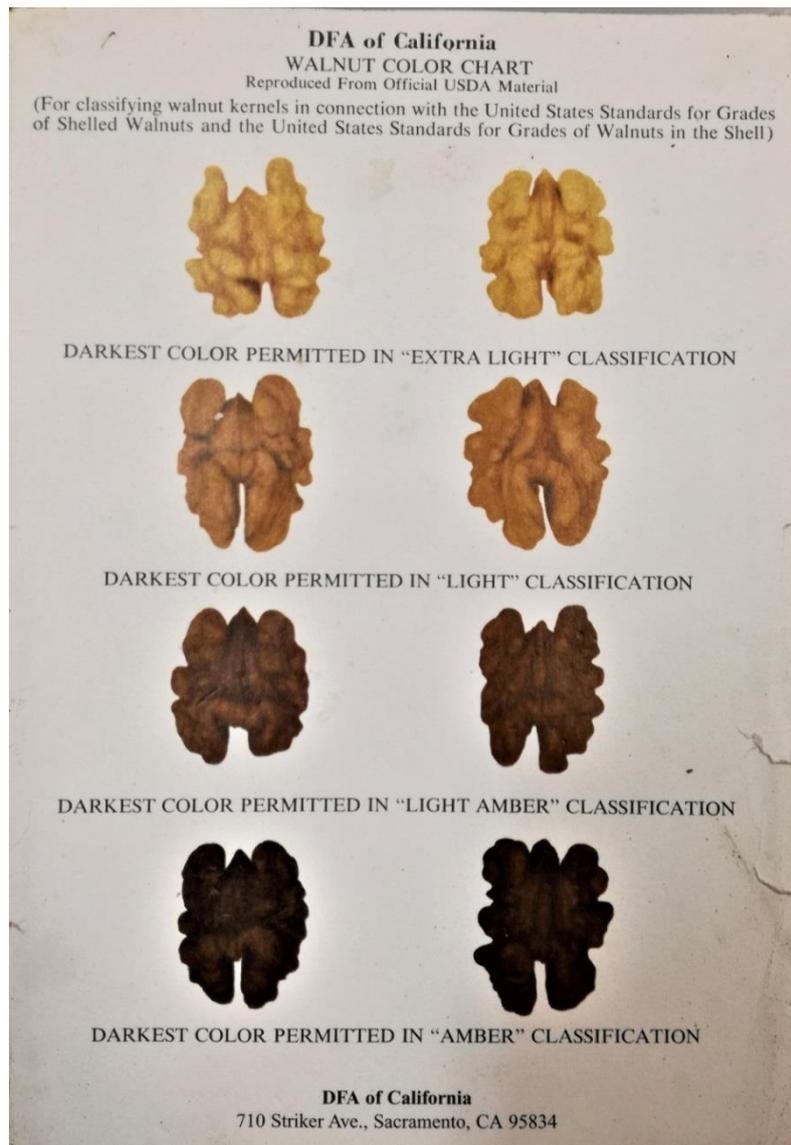


Fig. 16. Tabella cromatografica di riferimento proposta dall'USDA (USA) utilizzata per la classificazione del gheriglio in base alla colorazione esterna.

Nel dettaglio, la valutazione qualitativa delle noci ha rispettato le norme descritte nel REG.CE 175/01, successivamente recepite ed adottate dal DPI della Regione Emilia-Romagna. Di seguito si riporta una rapida descrizione dei parametri e dei criteri adottati:

- ✧ **Difetti del guscio** (limite di tolleranza del 10%)
 - ✓ Gusci rotti: gusci con evidenti crepe, fratture o porzioni mancanti
 - ✓ Gusci ammuffiti: presenza di filamenti di muffa visibile ad occhio

- ✓ Colorazioni anomale: presenza di macchie o colorazioni anomale su almeno il 20% della superficie (per anomalia di colorazione si intende un colore bruno, rossiccio o grigio o qualsiasi altra colorazione evidentemente disomogenea rispetto al campione);
- ✓ Tracce di mallo: presenza di mallo su almeno il 10% (continuativo) della superficie del guscio.

✧ **Difetti del gheriglio** (limite di tolleranza dell'8%)

- ✓ Colorazione: classificazione in EL (extra light), L (light), LA (light-amber), A (amber), in accordo alla metodologia proposta dall'USDA.
- ✓ Macchie gialle o scure: presenza di colorazioni anomale (scure o gialle) su almeno ¼ del seme.



Fig. 17. Esempio di difetto estetico del gheriglio: macchie giallastre.

- ✓ Muffe: presenza di filamenti di muffa visibili ad occhio nudo;



Fig. 18. Esempio di difetto estetico del gheriglio: presenza di ife fungine e macchie scure.



Fig. 19. Esempio di difetto estetico del gheriglio: presenza di ife fungine e macchie giallastre.

- ✓ Marciumi: presenza di decomposizioni diffuse dovuta all'azione di microorganismi;



Fig. 20. Esempio di difetto estetico del gheriglio: presenza di marciumi e attività microbica. In basso a sinistra: gheriglio completamente atrofizzato.

- ✓ Fitofagi: presenza di insetti o della loro attività degradativa/riproduttiva;
- ✓ Raggrinzimento: totale o parziale del seme;



Fig. 21. Noce atrofizzata (sx) e noce parzialmente raggrinzita (dx).

- ✓ Vuoto: assente (totalmente o parzialmente) o necrotizzato;



Fig. 22. Esempio di gheriglio assente

- ✓ Rancide: sintomi da ossidazione lipidica e maleodorante;

7.3.2 Determinazione del contenuto di umidità

L'umidità delle noci è stata determinata mediante metodo gravimetrico con l'ausilio della termobilancia. A tale fine, per ogni replica, i gherigli di 4 noci (corrispondenti a circa 20-25 g di prodotto fresco), sono stati omogeneizzati meccanicamente, al fine di ottenere frammenti di diametro compreso tra 2 e 4 mm. Un sub-campione macinato del peso di circa 15 g è stato posto sulla termobilancia preventivamente riscaldata a 105 °C. Lo strumento determina l'umidità del campione privandolo dell'acqua.



Fig. 23. Termobilancia utilizzata per la determinazione del contenuto di umidità dei campioni.

7.3.3 *Determinazione dell'acidità titolabile*

L'acidità libera, che esprime la quantità di acidi grassi liberi derivanti dall'irrancidimento idrolitico dei trigliceridi è stata calcolata con il metodo della titolazione secondo la metodica ufficiale (Stocchi e Bonzio, 1967). A tal fine, circa 300 g di gheriglio (corrispondenti a circa 40 noci) sono stati uniformemente macinati e poi aggiunti a 0,3/0,4 l di cloroformio e lasciati in estrazione overnight.



Fig. 24. Gherigli tritati in soluzione di cloroformio.

La miscela è stata successivamente filtrata quindi concentrata e purificata dal solvente mediante Rotavapor.

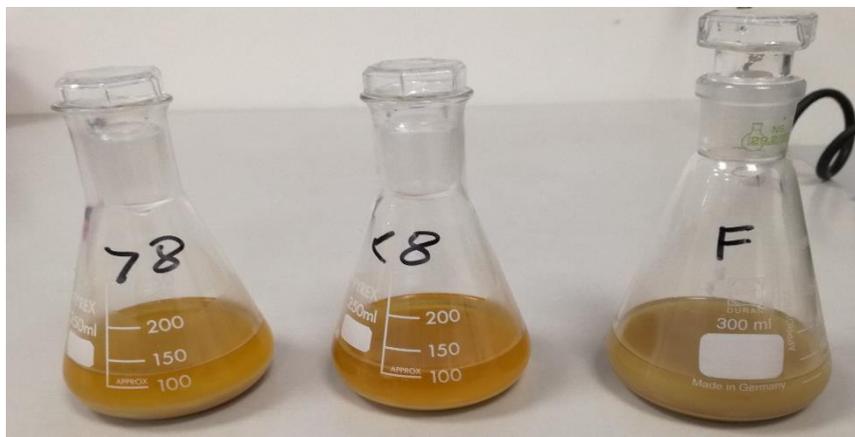


Fig. 25. Olio di noce purificato. Da sinistra a destra, olio ottenuto dalle noci essiccate ad umidità relativa >8%, <8% o da noci fresche.

10 g di olio sono stati diluiti in 0,1 l di miscela 2:1 di etere-etilico:metanolo, addizionando cinque gocce di fenolftaleina e titolando mediante l'aggiunta di una soluzione 1 M di idrossido di sodio (NaOH), in agitazione fino al viraggio di colore. Noto il volume di titolante, l'acidità è stata calcolata mediante la formula

$$\% = \frac{V * N * 282}{m * 10} \times 100$$

Dove:

V = volume di titolante utilizzato ($V_f - V_i$) (ml)

N = concentrazione del titolante utilizzato, espresso come normalità (0,1N)

282 = peso molecolare acido oleico (g/mol)

m = massa del campione utilizzato (g)

7.3.4 Determinazione del numero di perossidi

Il numero di perossidi rappresenta un indice del grado di irrancidimento delle noci e viene calcolato mediante titolazione, in accordo con la metodica ufficiale (Stocchi e Bonzio, 1967). La misura viene effettuata sulla matrice oleosa (olio di noci) estratta in accordo con la metodica precedentemente

descritta. L'olio viene addizionato, nel rapporto 1:5 (p/v), ad una miscela 3:2 di acido acetico glaciale:cloroformio alla quale vengono poi aggiunti 0,5 ml di soluzione soprassatura di KI (ioduro di potassio). La miscela è stata posta in agitazione per 60 sec, e successivo spegnimento della reazione tramite l'aggiunta di acqua distillata. Al termine, si è provveduto ad aggiungere salda d'amido che ha comportato il viraggio del colore della miscela.



Fig. 26. Esempio di reazione colorimetrica per la stima della presenza di perossidi nell'olio di noce. L'intensità della colorazione violacea è indice di elevata concentrazione di perossidi.

I perossidi sono dunque stati titolati mediante una soluzione 0,01 N di $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (tiosolfato di sodio). Noto il volume di titolante, il numero di perossidi è stato ottenuto dalla formula:

$$N.P = \frac{V * N * 1000}{m}$$

Dove:

V – volume del titolante ($V_f - V_i$) (tiosolfato di sodio) (ml)

N – normalità del titolante (N)

m – massa del campione (g)

Tab. 7.1. Principali caratteristiche estetiche e chimiche delle noci al momento dei condizionamenti (media \pm ES; n=3; ogni replica si componeva di circa 50 noci)

Parametro	Unità/classe	Valore	\pm ES
Umidità del gheriglio	g H ₂ O 100 g ⁻¹	22,9	4,6
Ripartizione dei frutti in classi (%) di calibro	<28 mm	0	0
	28-30 mm	1	3
	30-32 mm	2	1,73
	32-34 mm	28,7	14
	34-36 mm	44,3	7
	36-38 mm	20,3	14,7
	>38 mm	3,7	1
Peso medio del frutto in guscio ⁵	g frutto ⁻¹	11,8	0,96
Difetti esterni del guscio	Fratture/crepe (%)	0	0
	Residui di mallo (%)	0	0
Peso medio del gheriglio	g frutto ⁻¹	7,67	0,53
Colore del gheriglio	Extra light (%)	75	14,2
	Light (%)	22	13,1
	Light-Amber (%)	3	1,73
	Amber (%)	0	0
Macchie	Senza macchie	84,3	10,4
	Macchie gialle	12	9
	Macchie scure	3,67	6,1
Raggrinzimento del gheriglio	Assente	95	7,55
	Parziale	3,67	8,19
	Totale	1,33	2,65
	Atrofizzato	0	0
Difetti del gheriglio	Assenti	98,3	1,00
	Infestato	0	0

⁵ Noce in guscio senza mallo

	Marcio	0	0
	Muffe	1,67	0
	Rancido	0	0
Acidità del gheriglio	g ac. oleico 100 g ⁻¹	0,7	0,03
Perossidi del gheriglio	mEq O ₂ kg ⁻¹	2,6	1,13

7.4 Elaborazione statistica dei dati

I dati sono stati sottoposti all'analisi della varianza, secondo un disegno sperimentale completamente randomizzato o di tipo fattoriale con due fattori a) trattamento (5 livelli) e b) tempo (2 livelli) con 3 repliche, utilizzando la procedura Proc Mixed di SAS 9.0 (SAS Institute Cary, NC). Quando necessario, per l'analisi della varianza, i valori espressi in percentuale sono stati preventivamente trasformati nel corrispettivo valore di radice quadrata o di arcoseno. La separazione delle medie è stata effettuata con il test Tukey ($p \leq 0.05$).

CAPITOLO 8

Risultati

8.1 Effetto dei condizionamenti post-raccolta sul tenore di umidità del gheriglio

Il tempo ha ridotto significativamente il contenuto di umidità del gheriglio delle noci fresche conservate a temperatura ambiente (Fig. 27). Infatti, dopo 40 gg., l'umidità del gheriglio delle noci fresche è passata dal 22,9 al 5,95 % (Fig. 27). La permanenza in frigoservazione, indipendentemente dalla durata, ha rallentato la perdita di acqua, il cui calo è stato contenuto al 5% rispetto all'umidità iniziale (Fig. 27).

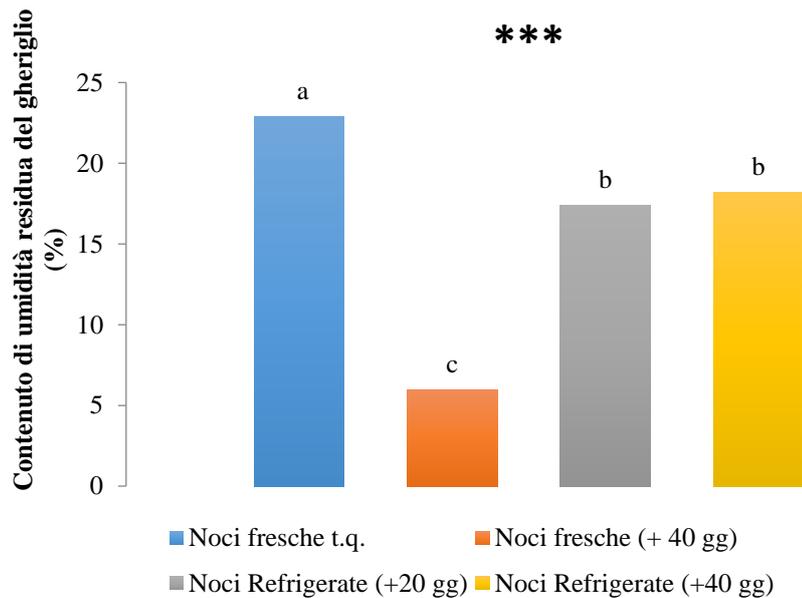


Fig. 27. Effetto della refrigerazione (20 e 40 gg.) sul contenuto di umidità residua del gheriglio a confronto con le noci fresche e conservate a temperatura ambiente.

*** = effetto del trattamento significativo per $p < 0,001$. Colonne contrassegnate da lettere uguali non differiscono statisticamente per $p < 0,05$ (Tukey Test).

Il condizionamento post-raccolta ed il tempo hanno interagito statisticamente sul tenore di umidità del gheriglio (Fig. 28). In particolare, nelle noci fresche l'umidità residua ha raggiunto il valore medio pari a 5,95 % già dopo 30 giorni di conservazione, senza differenziarsi statisticamente dopo ulteriori 30 gg. (Fig. 28). Il valore di umidità residua più elevato è stato registrato nel trattamento NE13 dopo 30 gg., significativamente più elevato rispetto a tutti gli altri condizionamenti (Fig. 28). Nella stessa epoca (T30), ma limitatamente al condizionamento NR40, il valore di umidità è sceso sotto il 5%, significativamente più contenuto rispetto ad ogni altra strategia (Fig. 28).

Dopo 60 gg. di conservazione (T60), le noci essiccate ad un tenore di umidità inferiore all'8%, hanno presentato i valori di umidità del gheriglio più contenuti rispetto alle noci fresche e a quelle del trattamento NE13 (Fig. 28).

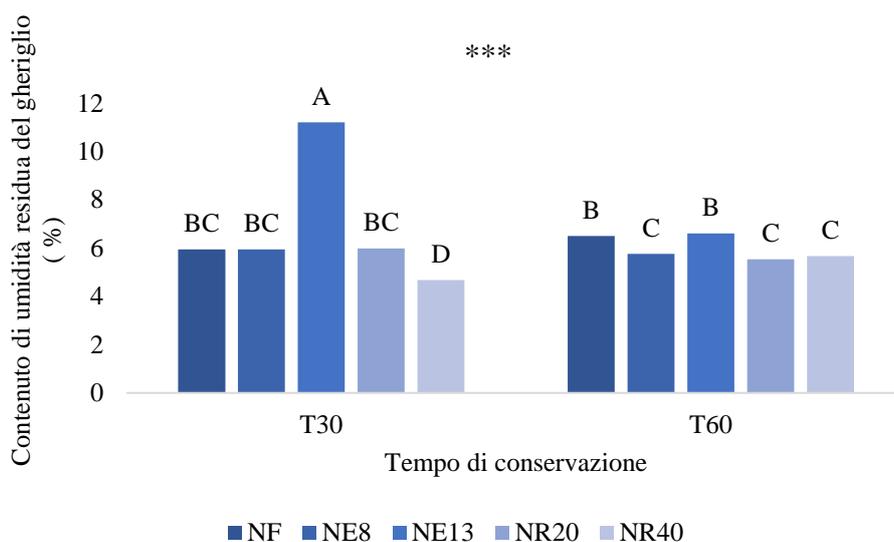


Fig. 28. Effetto del condizionamento post-raccolta sul contenuto di umidità residua del gheriglio dopo 30 e 60 giorni di conservazione.

*** = interazione condizionamento post-raccolta x tempo significativa per $p < 0,001$. Indipendentemente dal tempo, colonne contrassegnate da lettere uguali non differiscono statisticamente (Tukey Test). L'acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità <8%, Noci Essiccate a umidità <13%, Noci Refrigerate 20 gg. e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. T30 e T60 si riferiscono a 30 e 60 giorni di conservazione delle noci dopo l'essiccazione e confezionate in sacchi di plastica sigillati ermeticamente, mantenuti a temperatura ambiente.

8.2 Effetto dei condizionamenti post-raccolta sul peso del frutto

La refrigerazione, indipendentemente dalla durata, non ha influenzato significativamente il peso del frutto intero e del gheriglio, i cui valori si sono attestati su 12,0 g/frutto per il frutto in guscio e 7,75 g/frutto per il gheriglio.

Tab. 8.1. Effetto della durata della frigoconservazione sul peso del frutto

Condizionamento Post-raccolta	Peso medio del frutto	
	<i>frutto intero</i> g/frutto	<i>gheriglio</i> g/gheriglio
NF	12,2	7,4
NR20	12,1	8,03
NR40	11,8	7,83
Significatività	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns = effetto del condizionamento post-raccolta non significativo per $p < 0,05$;

L'acronimo NF, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. Le noci refrigerate sono state successivamente essiccate ad un tenore di umidità $< 8\%$.

Similmente, anche l'essiccazione immediata delle noci non ne ha influenzato significativamente il loro peso, indipendentemente dal tenore di umidità finale raggiunto ($< 8\%$ per NE8 e $< 13\%$ per NE13) (Tab. 8.2). Il valore è stato pari a 12,06 g/frutto per il frutto in guscio e di 8,0 g/frutto per il gheriglio (Tab 8.2).

Tab. 8.2. Effetto del trattamento termico sul peso del frutto

Condizionamento post-raccolta	Peso medio del frutto	
	<i>frutto intero</i> g/frutto	<i>gheriglio</i> g/frutto
NF	11,6	7,7
NE8	12,4	8,13
NE13	12,2	8,17
significatività	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns = effetto del condizionamento post-raccolta non significativo per $p < 0,05$;

L'acronimo NF, NE8 e NE13 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità $< 8\%$ e Noci Essiccate a umidità $< 13\%$, rispettivamente.

Anche dopo 30 e 60 giorni di conservazione, le strategie di gestione del prodotto in post raccolta non hanno modificato il peso del frutto intero e

sgusciato (Tab. 8.3), i cui valori si sono attestati su 12,3 e 7,83 g per i frutti interi e sgusciati, rispettivamente (Tab. 8.3), senza interazione tra i due fattori.

Tab. 8.3. Effetto del condizionamento post-raccolta e del tempo di conservazione sul peso dei frutti

Condizionamento	Peso medio del frutto	
	<i>frutto intero</i>	<i>gheriglio</i>
Post-raccolta	g/frutto	g/frutto
NF	11,7	7,48
NE8	11,9	8,03
NE13	12,1	7,63
NR20	12,3	8,02
NR40	12,3	8,00
<i>Significatività</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Tempo		
T30	12,2	7,89
T60	11,9	7,78
<i>Significatività</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Interazione (TRT*Tempo)	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns = effetto del condizionamento e del tempo non significativo; interazione trattamento post-raccolta x tempo non significativa per $p < 0,05$.

L'acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità <8%, Noci Essiccate a umidità <13%, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. T30 e T60 si riferiscono a 30 e 60 giorni di conservazione delle noci dopo l'essiccazione e confezionate in sacchi di plastica sigillati ermeticamente, mantenuti a temperatura ambiente. Le noci refrigerate sono state successivamente essiccate ad un tenore di umidità <8%.

8.3 Effetto dei condizionamenti post-raccolta sulla colorazione del gheriglio

La refrigerazione ha influenzato significativamente la colorazione esterna del gheriglio, limitatamente alle classi ExtraLight e Light (Tab. 8.4). Solo la refrigerazione per 40 giorni (NR40) ha ridotto statisticamente la percentuale di noci appartenenti alla classe ExtraLight (Tab. 8.4), mentre dopo 20 giorni il valore è rimasto simile alle noci fresche (Tab. 8.4). Al contrario, le noci frigo conservate per 40 giorni (NR20) hanno mostrato il maggior numero di frutti appartenenti alla categoria Light (Tab 8.4).

Tab. 8.4. Effetto della della durata della frigoconservazione sulla colorazione del gheriglio.

Condizionamento Post-raccolta	Classi di colorazione esterna del gheriglio			
	(% sul numero totale dei frutti)			
	ExtraLight	Light	LightAmber	Amber
NF	67a	32,3b	0,73	0,10
NR20	64a	35,0b	0,73	0,10
NR40	59,3b	38,4a	1,70	0,60
Significatività	**	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns, ** e *** = effetto non significativo o significativo per $p < 0,01$ e $p < 0,001$, rispettivamente. All'interno della stessa colonna, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test).

L'acronimo NF, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. Le noci refrigerate sono state successivamente essiccate ad un tenore di umidità $< 8\%$.

Il processo di essiccazione delle noci non ha influenzato la ripartizione in classi cromatiche dei gherigli, indipendentemente dal tenore di umidità raggiunto dal processo (Tab. 8.5).

Tab. 8.5. Effetto dell'essiccazione sulla variazione del colore del gheriglio.

Condizionamento Post-raccolta	Classi di colorazione esterna del gheriglio			
	(% sul numero totale dei frutti)			
	ExtraLight	Light	LightAmber	Amber
NF	69,0	28,3	2,67	0,1
NE8	56,3	41,0	2,0	0,7
NE13	62,3	37,0	0,67	0,1
Significatività	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns = effetto del condizionamento e del tempo non significativo; interazione trattamento post-raccolta x tempo non significativa per $p < 0,05$.

L'acronimo NF, NE8 e NE13 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità $< 8\%$, Noci Essiccate a umidità $< 13\%$, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente.

I condizionamenti ed il tempo di conservazione hanno interagito sulla ripartizione dei frutti nelle classi di colorazione Extra Light e Light del gheriglio, mentre i fattori non hanno influito sulle classi Light Amber e Amber (Tab. 8.6). Indipendentemente dal tempo di conservazione (dopo 30 o 60 gg), l'essiccazione immediata delle noci ad un tenore di umidità inferiore all'8% (NE8) non ha influito in maniera significativa sulla colorazione Extra light e Light del gheriglio rispetto alle noci fresche (NF)

(Tab. 8.6). Al contrario, l'essiccazione delle noci fino a valori di umidità più elevati (NE13), ha ridotto la percentuale di frutti appartenenti alla categoria Extra light, sebbene tale effetto sia stato osservato solo nel rilievo eseguito dopo 30 giorni (Tab. 8.6). Passando da 20 a 40 giorni di frigoconservazione, l'incidenza percentuale dei frutti appartenenti a quest'ultima categoria di colorazione è risultata significativamente ridotta rispetto alle noci fresche (Tab. 8.6). Inoltre, all'interno dello stesso condizionamento di refrigerazione (NR20 o NR40) tale percentuale è risultata incrementata nel tempo (Tab. 8.6).

Poiché le classi di colorazione Light Amber e Amber non hanno subito variazioni né in funzione del tempo né del condizionamento, un andamento opposto a quanto sopra descritto è stato riscontrato per la colorazione del gheriglio delle noci per la categoria Light (Tab 8.6).

Tab. 8.6. Effetto del condizionamento post-raccolta e del tempo sulla colorazione esterna del gheriglio. Valore espresso in percentuale sul numero totale di frutti analizzati ad ogni rilievo di spacco (n=50)

Condizionamento Post-raccolta	Classi di colorazione esterna del gheriglio					
	(% sul numero totale dei frutti)					
	Extra Light		Light		Light Amber	Amber
	T30	T60	T30	T60		
NF	67b	68ab	32,3bc	31,3bc	0,57	0,25
NE8	56,7b	63,3b	40,0b	36,3b	1,88	0,10
NE13	34,0c	61,7b	63,7a	32,7bc	3,72	0,42
NR20	58,0b	78,7a	41,3b	20,3c	0,88	0,10
NR40	28,0c	58,7b	70,7a	37,3b	2,68	0,10
Significatività					<i>ns</i>	<i>ns</i>
Tempo						
T30					1,71	0,10
T60					2,18	0,29
Significatività					<i>ns</i>	<i>ns</i>
Interazione (TRT*Tempo)	***		***		<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns = effetto non significativo. *** = interazione condizionamento e tempo significativa per $p < 0,001$. All'interno della stessa categoria, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test).

L'acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità <8%, Noci Essiccate a umidità <13%, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. T30 e T60 si riferiscono a 30 e 60 giorni di conservazione delle noci dopo l'essiccazione e confezionate in sacchi di plastica sigillati ermeticamente, mantenuti a temperatura ambiente.

8.4 Effetto dei condizionamenti post-raccolta sui difetti del gheriglio

La refrigerazione, indipendentemente dalla durata (NR20 e NR40), non ha accentuato la presenza dei principali difetti del gheriglio (Tab. 8.7), compreso il raggrinzimento (Tab. 8.8); fa eccezione la percentuale di gherigli atrofizzati. Questi ultimi sono risultati significativamente più elevati tra le noci non soggette a frigoconservazione (Tab. 8.8). Tuttavia, indipendentemente dal difetto e dal condizionamento, le noci valutate prive di difetto sono risultate sempre superiori al 96%.

Tab. 8.7. Effetto della durata della refrigerazione sulla presenza di difetti del gheriglio (n=50)

Condizionamento Post-raccolta	Difetti del gheriglio					
	(% sul numero totale dei frutti)					
	Infestato	Marcio	Muffa	Rancido	Totali difettosi	Sani
NF	0,4	1,03	1,70	0,1	3,23	96,8
NR20	0,1	0,10	1,37	0,1	1,67	98,3
NR40	0,4	0,40	1,37	0,4	2,57	97,4
Significatività	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns = effetto del condizionamento non significativo.

L'acronimo NF, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. Le noci refrigerate sono state successivamente essiccate ad un tenore di umidità <8%.

Tab. 8.8 Effetto della refrigerazione sul raggrinzimento del gheriglio (n=50)

Condizionamento Post-raccolta	Raggrinzimento del gheriglio				
	(% sul numero totale dei frutti)				
	Parziale	Totale	Atrofizzato	Totale difettosi	Sani
NF	0,4	0,73	1,67a	2,8 a	97,2
NR20	0,1	0,1	0,4 b	0,47 b	99,5
NR40	0,4	0,4	0,4 b	0,83 b	99,2
Significatività	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	*	<i>ns</i>

ns e * = effetto del condizionamento non significativo o significativo per $p < 0,05$, rispettivamente. All'interno della stessa colonna, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test).

L'acronimo NF, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. Le noci refrigerate sono state successivamente essiccate ad un tenore di umidità <8%.

Lo stoccaggio a bassa temperatura precedentemente all'essiccazione delle noci ha ridotto l'incidenza dei gherigli con macchie gialle, ma ha aumentato quelle più scure (Tab. 8.9). Tuttavia, nel complesso, la percentuale di noci con presenza di macchie anomale del gheriglio è risultata simile tra i trattamenti, pari a circa il 12% (Tab. 8.9).

Tab. 8.9 Effetto della durata della refrigerazione sulla presenza di macchie anomale sulla superficie esterna del gheriglio (n=50).

Condizionamento Post-raccolta	Macchie anomale			
	(% sul numero totale dei frutti)			
	Gialle	Scure	Totale gherigli macchiati	Sani
NF	11,7a	0,7b	12,4	87,6
NR20	8,3b	3,67a	12,0	88
NR40	6,7b	4,67a	11,3	88,7
Significatività	**	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns, ** e *** = effetto del condizionamento non significativo o significativo per $p < 0,01$ e $p > 0,001$, rispettivamente. All'interno della stessa colonna, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey Test).

L'acronimo NF, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. Le noci refrigerate sono state successivamente essiccate ad un tenore di umidità $< 8\%$.

L'essiccazione delle noci, indipendentemente dal tenore di umidità raggiunto, non ha influenzato la comparsa dei principali difetti a carico del gheriglio, garantendo un'aliquota percentuale di gherigli privi di difetti sempre superiore al 96% (Tab. 8.10).

Tab. 8.10. Effetto dell'essiccazione sulla comparsa di difetti del gheriglio (n=50).

Condizionamento Post-raccolta	Difetti del gheriglio					
	(% sul numero totale dei frutti)					
	Infestato	Marcio	Muffa	Rancido	Totali difettosi	Sani
NF	0,1	0,7	2,67	0,1	3,57	96,4
NE8	0,1	0,7	2,34	0,1	3,22	96,7
NE13	0,1	1,03	1,37	0,1	2,60	97,4
<i>Significatività</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns = effetto del condizionamento non significativo

L'acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità <8%, Noci Essiccate a umidità <13%, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente.

Il trattamento termico ha attenuato la comparsa del raggrinzimento parziale a carico del gheriglio, limitandone l'incidenza a circa l'1% rispetto al trattamento di riferimento attestatosi invece sul 3,67% (Tab. 8.11). Nessun effetto è stato invece registrato sul raggrinzimento totale o sulla presenza di gherigli atrofizzati (Tab. 8.11). In tale modo, la percentuale di gherigli privi di raggrinzimento è risultata significativamente incrementata nei frutti essiccati, senza effetto dovuto al contenuto di umidità residua. (Tab. 8.11).

Tab. 8.11 Effetto dell'essiccazione sul raggrinzimento del gheriglio (n=50).

Condizionamento post-raccolta	Raggrinzimento del gheriglio				
	(% sul numero totale dei frutti)				
	Parziale	Totale	Atrofizzato	Totale difettosi	Sani
NF	3,67a	0,10	0,7	4,47a	95,5b
NE8	0,73b	0,40	0,1	1,23b	98,8a
NE13	1,03b	0,10	0,7	1,83b	98,2a
<i>significatività</i>	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	*

ns e * = effetto non significativo o significativo per $p < 0,05$, rispettivamente. All'interno della stessa colonna, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test).

L'acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità <8%, Noci Essiccate a umidità <13%, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente.

Il processo termico di essiccazione post-raccolta delle noci, senza refrigerazione preventiva, non ha influito sulla presenza dei difetti

catalogabili in “macchie gialle” o “macchie scure” (Tab. 8.12). La quantità di gherigli difettosi a causa di anomalie cromatiche è dunque rimasta pressochè costante (Tab. 8.12), con una percentuale media di gherigli macchiati di giallo o di scuro pari al 11,9 e 0,71 %, rispettivamente.

Tab. 8.12. Effetto dell’essiccazione sulla presenza di macchie anomale sulla superficie esterna del gheriglio (n=50).

Condizionamento Post-raccolta	Macchie anomale			
	(% sul numero totale dei frutti)			
	Gialle	Scure	Totale macchiati	Sani
NF	12,0	0,7	12,7	87,3
NE8	12,3	0,4	12,7	87,3
NE13	11,3	1,03	12,4	87,7
<i>Significatività</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns = effetto del condizionamento non significativo $p < 0,05$.

L’acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità <8%, Noci Essiccate a umidità <13%, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente.

Senza effetto indotto dal fattore tempo, nelle noci essiccate al tenore di umidità più elevato (NE13) è stato registrato un incremento significativo dei difetti da infestazione da insetti, marcescenza e muffe a carico del gheriglio (Tab. 8.13). Quest’ultimo difetto, tuttavia, è risultato più marcato nel rilievo dopo 30 giorni di conservazione del prodotto. I due fattori hanno tuttavia interagito sulla comparsa dell’irrancidimento a carico del gheriglio. Come preventivato, i frutti del trattamento NE13 sono risultati i più soggetti all’irrancidimento, con un trend in aumento passando da 30 a 60 gg di conservazione. Il condizionamento termico delle noci al tenore di umidità inferiore all’8%, preceduto o meno da refrigerazione, ha mantenuto un andamento confrontabile con quello evidenziato nelle noci fresche (Tab. 8.13). La presenza di frutti rancidi del prodotto nel condizionamento NE13 ha contribuito in maniera determinante a ridurre la percentuale di gherigli giudicati sani (Tab. 8.14).

Tab. 8.13. Effetto del condizionamento post-raccolta e del tempo sui difetti del gheriglio. Valore espresso in percentuale sul numero totale di frutti analizzati ad ogni rilievo di spacco (n=50)

Condizionamento Post-raccolta	Difetti del gheriglio				
	(% sul numero totale dei frutti)				
	Infestato	Marcio	Muffa	Rancido	
				T30	T60
NF	0,40b	0,87b	1,70b	0,1c	0,73c
NE8	0,10b	0,10b	0,87b	0,1c	0,73c
NE13	1,18a	11,7a	10,3a	4,67b	14,3a
NR20	0,10b	0,55b	2,68b	1,03c	0,1c
NR40	0,10b	0,25b	1,03b	0,70c	0,40c
Significatività	***	***	***		
Tempo					
T30	0,41	2,79	4,1a		
T60	0,35	2,59	2,6b		
Significatività	ns	ns	*		
Interazione (TRT*Tempo)	ns	ns	ns	***	

ns, * e *** = non significativo o significativo per $p < 0,05$ e $p < 0,001$, rispettivamente. All'interno della stessa categoria, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test). L'acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità <8%, Noci Essiccate a umidità <13%, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. T30 e T60 si riferiscono a 30 e 60 giorni di conservazione delle noci dopo l'essiccazione e confezionate in sacchi di plastica sigillati ermeticamente, mantenuti a temperatura ambiente.

Tab. 8.14 Effetto del condizionamento post-raccolta e del tempo sui difetti del gheriglio. Valore espresso in percentuale sul numero totale di frutti analizzati ad ogni rilievo di spacco (n=50)

Trattamento Post-raccolta	Difetti del gheriglio			
	(% sul numero totale dei frutti)			
	Totale Difettosi		Sani	
	T30	T60	T30	T60
NF	3,23b	3,53b	96,8a	96,5a
NE8	1,33b	1,63b	98,7a	98,4a
NE13	30,7a	34,7a	69,3b	65,3b
NR20	5,17b	2,63b	96,8a	97,4a
NR40	2,33b	1,30b	97,7a	98,7a
Significatività				
Tempo				
T30				
T60				
Significatività				
Interazione (TRT*Tempo)	***		***	

*** = significativo per $p < 0,001$. All'interno della stessa categoria, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test). L'acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità $< 8\%$, Noci Essiccate a umidità $< 13\%$, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. T30 e T60 si riferiscono a 30 e 60 giorni di conservazione delle noci dopo l'essiccazione e confezionate in sacchi di plastica sigillati ermeticamente, mantenuti a temperatura ambiente.

Né il condizionamento post-raccolta né il tempo hanno influenzato il raggrinzimento del gheriglio (Tab. 8.15).

Tab. 8.15 Effetto del condizionamento post-raccolta e del tempo sul raggrinzimento del gheriglio. Valore espresso in percentuale sul numero totale di frutti analizzati ad ogni rilievo di spacco ($n=50$).

ns, * e ** = non significativo o significativo per $p < 0,05$ e $p < 0,01$, rispettivamente. All'interno della stessa categoria, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono

Condizionamento Post-raccolta	Raggrinzimento del gheriglio						
	(% sul numero totale dei frutti)						
	Parziale	Totale	Atrofizzato	Totale difettoso		Sano	
				T30	T60	T30	T60
NF	0,40	0,42	1,03	2,80ab	0,90b	92,2ab	99,1a
NE8	1,05	0,55	0,42	2,50ab	1,53ab	97,5ab	95,5ab
NE13	1,37	0,40	1,53	2,47ab	4,13a	97,5ab	95,9b
NR20	0,85	0,10	0,55	1,50ab	1,50ab	98,5ab	98,5ab
NR40	0,40	0,55	0,10	0,40b	1,50ab	99,3a	95,5ab
<i>Significatività</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>				
T30	0,79	0,47	0,72				
T60	0,84	0,34	0,73				
<i>Significatività</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>				
Interazione (TRT*Tempo)	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	**		*	

significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test). L'acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità $< 8\%$, Noci Essiccate a umidità $< 13\%$, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg, rispettivamente. T30 e T60 si riferiscono a 30 e 60 giorni di conservazione delle noci dopo l'essiccazione e confezionate in sacchi di plastica sigillati ermeticamente, mantenuti a temperatura ambiente.

Senza effetto riconducibile al periodo di conservazione e senza interazione tra i fattori, nelle noci non essiccate (NF) l'incidenza delle macchie gialle sul gheriglio è risultata statisticamente la più elevata, con valori fino a 12 volte superiori rispetto al condizionamento NR40 (Tab. 8.16), Gli altri trattamenti hanno invece presentato valori intermedi. Considerando la

totalità dei gherigli con presenza di macchie, le noci fresche e quelle refrigerate per 20 giorni sono risultate quelle con la percentuale più elevata del difetto, statisticamente più elevata rispetto agli altri trattamenti (Tab. 8.16) e che conseguentemente, ha presentato un trend opposto nelle noci giudicate esenti dal difetto (Tab. 8.16).

Tab. 8.16. Effetto del condizionamento post-raccolta e del tempo sulla presenza di macchie anomale sulla superficie esterna del gheriglio. Valore espresso in percentuale sul numero totale di frutti analizzati ad ogni rilievo di spacco (n=50).

ns, * e *** = non significativo o significativo per $p < 0,05$ e $p < 0,001$, rispettivamente.

Trattamento Post-raccolta	Macchie anomale			
	(% sul numero totale dei frutti)			
	Gialle	Scure	Totale Macchiati	Sani
NF	11,3a	1,03ab	12,4a	87,6c
NE8	2,5cd	1,03ab	3,53bc	96,5ab
NE13	4,01c	0,70b	4,70b	95,3b
NR20	8,0b	2,67a	10,7a	89,3c
NR40	0,87d	0,40b	1,22c	98,8a
<i>Significatività</i>	***	*	***	***
T30	5,49	0,77	6,23	93,8
T60	5,21	1,57	6,78	93,2
<i>Significatività</i>	ns	ns	ns	ns
Interazione (TRT*Tempo)	ns	ns	ns	ns

All'interno della stessa colonna, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test). L'acronimo NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità <8%, Noci Essiccate a umidità <13%, Noci Refrigerate 20 gg. e Noci Refrigerate 40 gg. rispettivamente. T30 e T60 si riferiscono a 30 e 60 giorni di conservazione delle noci dopo l'essiccazione e confezionate in sacchi di plastica sigillati ermeticamente, mantenuti a temperatura ambiente.

8.5 Effetto dei condizionamenti post-raccolta sulla concentrazione di acidità e perossidi del gheriglio

Solo nelle noci refrigerate per 40 giorni è stato osservato un calo significativo dell'acidità libera del gheriglio sia rispetto al trattamento NF sia a quello NR20 (Fig. 29). In questi ultimi due condizionamenti il valore di acidità è stato superiore a 1 g ac. oleico/100 g olio.

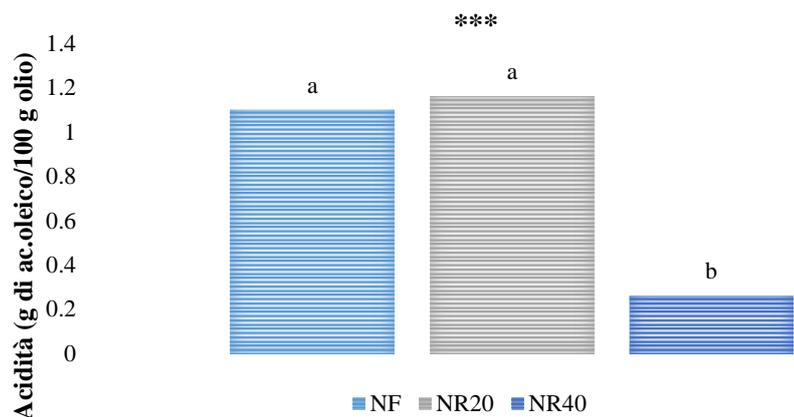


Fig. 29. Effetto della refrigerazione sulla concentrazione di acidità del gheriglio a confronto con le noci fresche

*** = effetto del trattamento significativo per $p < 0,001$. Colonne contrassegnate da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test), L'acronimo NF, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Refrigerate 20 gg. e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente.

La frigoconservazione ha influenzato significativamente anche la concentrazione dei perossidi nel gheriglio, risultata inferiore nelle noci fresche rispetto a quelle refrigerate indipendentemente dal tempo di permanenza in cella frigorifera (Fig. 30).

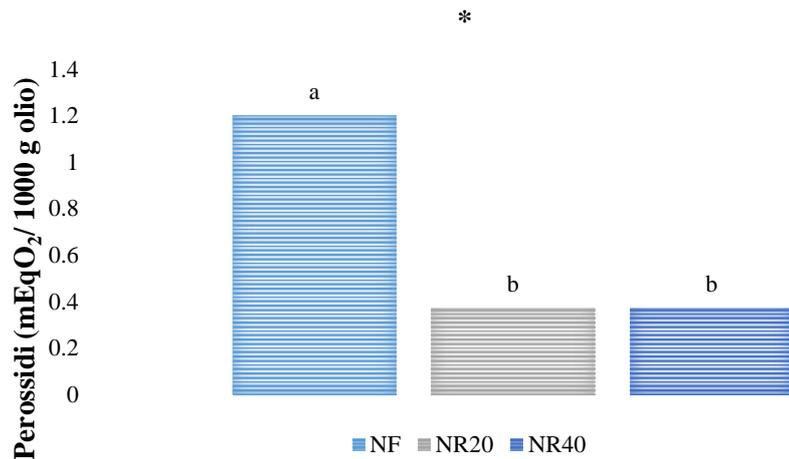


Fig. 30. Effetto della refrigerazione sulla concentrazione di perossidi nel gheriglio a confronto con le noci fresche.

* = effetto significativo per $p < 0,05$. Colonne contrassegnate da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test). L'acronimo NF, NR20 e NR40 si riferisce a Noci Fresche, Noci Refrigerate 20 gg e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. Le noci refrigerate sono state successivamente essiccate ad un tenore di umidità $< 8\%$.

Anche il trattamento termico ha ridotto l'acidità libera del gheriglio rispetto alle noci fresche (NF), indipendentemente dal grado di umidità residua raggiunto col processo (Fig. 31), mentre un andamento opposto è stato osservato sulla concentrazione dei perossidi (Fig. 32).

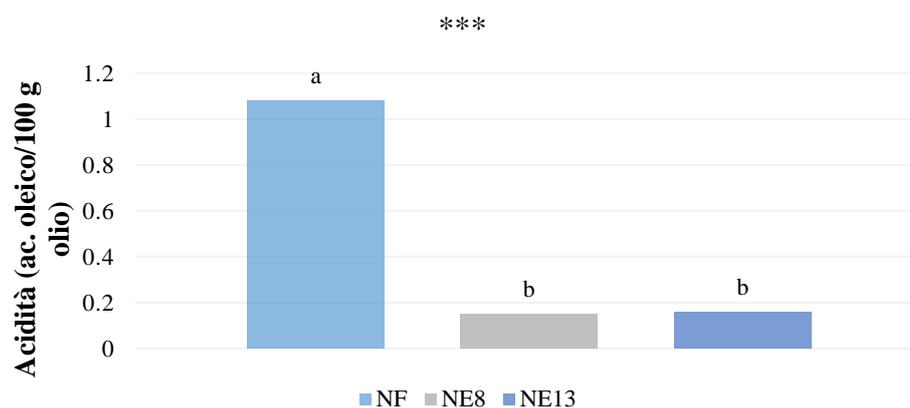


Fig. 31. Effetto dell'essiccazione sulla concentrazione di acidità del gheriglio a confronto con le noci fresche

*** = effetto del trattamento significativo per $p < 0,001$. Colonne contrassegnate da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test), L'acronimo NF, NE8, NE13 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità $< 8\%$, Noci Essiccate a umidità $< 13\%$, rispettivamente.

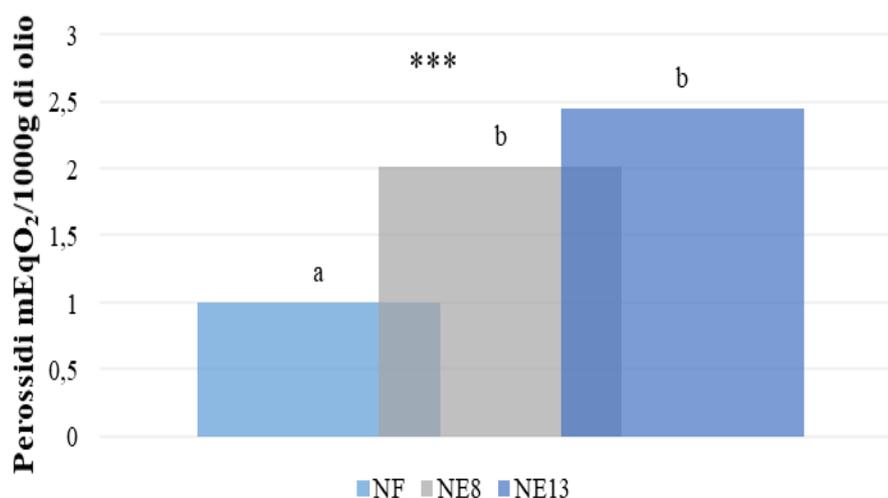


Fig. 32. Effetto dell'essiccazione sulla concentrazione di perossidi nel gheriglio a confronto con le noci fresche

*** = effetto del trattamento significativo per $p < 0,001$. All'interno della stessa categoria, valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono significativamente per $p < 0,05$ (Tukey test). L'acronimo NF, NE8, NE13 si riferisce a Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità $< 8\%$, Noci Essiccate a umidità $< 13\%$, rispettivamente.

I fattori condizionamento post-raccolta e tempo hanno interagito sull'acidità libera del gheriglio in fase di conservazione (Fig. 33). Al trentesimo giorno di conservazione commerciale, le noci essiccate ad umidità inferiore all'8% (NE8) hanno mostrato la concentrazione di acidità libera del gheriglio statisticamente ridotta rispetto agli altri condizionamenti (Fig. 33). Il tenore di umidità più elevato al momento della conservazione (NE13) ha invece promosso lo sviluppo dell'acidità che, già al trentesimo giorno di conservazione, è risultato il più elevato (Fig. 33). Le noci frigoconservate (NR20 e NR40), pur mantenendo valori al di sotto dell'unità percentuale, hanno presentato, al trentesimo giorno di conservazione, una differenza significativa (Fig. 33). Inoltre, il permanere dei frutti in cella frigo, ha contenuto l'acidità libera che è risultata inferiore nelle noci frigo conservate per 40 giorni (NR40) rispetto a quelle frigo conservate per 20 giorni (NR20) (Fig. 33). Dopo 30 giorni, i valori di acidità raggiunti dalle noci frigo conservate per 20 giorni (NR20) non differiscono statisticamente da quelli raggiunti dalle noci fresche (NF) (Fig. 33). Dopo 60 giorni, invece, i valori

più elevati sono stati osservati nuovamente nelle noci il cui contenuto di umidità era maggiore al momento del confezionamento (NE13) mentre, i valori minori, appartenevano alle noci refrigerate (NR20 o NR40) tra di loro non differenti (Fig. 33). La tesi NE8, che nel primo controllo presentava l'acidità più contenuta, ha invece mostrato un consistente aumento della concentrazione dei perossidi che ha raggiunto valori analoghi a quelli delle noci fresche (NF) al primo controllo (Fig. 33). La concentrazione di acidità delle noci fresche al sessantesimo giorno di conservazione, sebbene fosse aumentato, differenziandosi statisticamente rispetto al primo controllo è cresciuta meno intensamente rispetto agli incrementi visibili nelle altre tesi (Fig. 33). Importante è evidenziare che, noci refrigerate per 40 giorni (NR40) non hanno subito variazioni significative nel tempo nella concentrazione dell'acidità libera che dopo 60 gg si è mantenuta inferiore rispetto agli altri condizionamenti (Fig. 33).

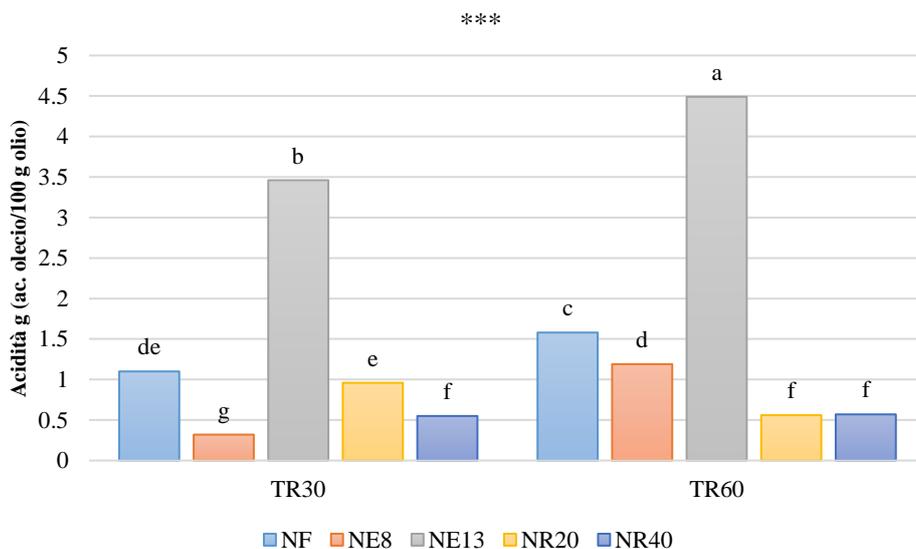


Fig. 33. Effetto del condizionamento post-raccolta e del tempo sul contenuto di acidità del gheriglio dopo 30 e 60 gg, di conservazione

*** = interazione trattamento post-raccolta x tempo significativa per $p < 0,001$. Indipendentemente dall'epoca, colonne contrassegnate da lettere uguali non differiscono statisticamente per $p < 0,05$ (Tukey test). NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferiscono a: Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità $< 8\%$, Noci Essiccate a umidità $< 13\%$, Noci Refrigerate 20 gg. e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. T30 e T60 si riferiscono a 30 e 60 giorni di conservazione delle noci dopo l'essiccazione e confezionate in sacchi di plastica sigillati ermeticamente, mantenuti a temperatura ambiente.

Il condizionamento post-raccolta e il tempo hanno interagito sulla concentrazione dei perossidi (Fig. 34). L'elevato tenore di umidità (NE13) ha influito negativamente sullo sviluppo dei perossidi nel gheriglio che, infatti, è risultato elevato già al primo controllo (T30) mentre è scomparso dopo ulteriori 30 giorni (T60) (Fig. 34). Confrontando le noci refrigerate NR40 e le noci essiccate NE8, al primo controllo, non si sono notate differenze significative, così come tra le noci NE8 con le noci NR20 (Fig. 34).

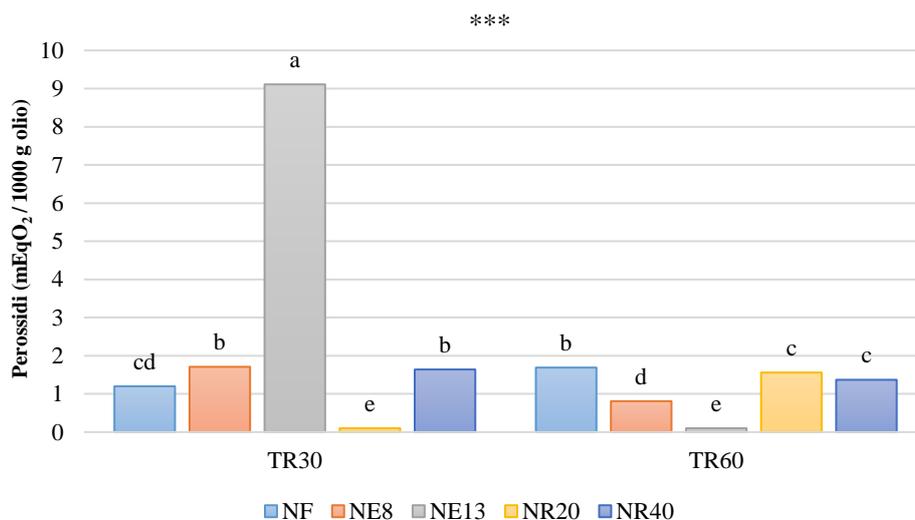


Fig. 34. Effetto del condizionamento post-raccolta e del tempo sulla concentrazione di perossidi del gheriglio dopo 30 e 60 giorni di conservazione.

*** = interazione trattamento post-raccolta x tempo significativa per $p < 0,00$., Indipendentemente dall'epoca, colonne contrassegnate da lettere uguali non differiscono statisticamente per $p < 0,05$ (Tukey test). NF, NE8, NE13, NR20 e NR40 si riferiscono a: Noci Fresche, Noci Essiccate a umidità <8%, Noci Essiccate a umidità <13%, Noci Refrigerate 20 gg. e Noci Refrigerate 40 gg., rispettivamente. T30 e T60 si riferiscono a 30 e 60 giorni di conservazione delle noci dopo l'essiccazione e confezionate in sacchi di plastica sigillati ermeticamente, mantenuti a temperatura ambiente.

CAPITOLO 9

Discussione

Tra gli obiettivi della sperimentazione, vi era quello di valutare l'effetto dell'umidità residua del gheriglio superiore rispetto a quanto previsto dalla tecnica tradizionale sulla conservabilità e sulla qualità del prodotto. A tal fine, le noci della tesi NE13 sono state essiccate ad un tenore di umidità compreso tra il 12 e il 13%. Dai riscontri analitici è emerso che, in accordo con la letteratura scientifica (Cavaletto et al., 1966; Kaijiser et al., 2000), il valore di umidità del gheriglio più elevato si ripercuote negativamente sulla qualità della noce che decresce, aumentando la presenza dei difetti del gheriglio, soprattutto in termini di marciumi, comparsa di muffe e di rancidità, unitamente ad un aumento dell'acidità libera e del numero di perossidi. È curioso notare come l'umidità del gheriglio delle noci della tesi NE13 segua l'andamento delle noci fresche NF: si potrebbe affermare che non è possibile mantenere un'umidità elevata del prodotto perché il frutto stesso tende, con il tempo, a perdere di umidità, stabilizzandosi a valori prossimi al 5-6%, (Labuzza 1980; Maskan e Karatas, 1977).

Lo studio ha evidenziato che la frigoconservazione ha effetti benefici sul mantenimento dell'umidità del prodotto fresco. Dovuto probabilmente all'elevata umidità ambientale della cella frigo (prossima al 95%) le noci refrigerate hanno mantenuto un contenuto di umidità elevato, prossimo al $18\% \pm 1\%$, riducendo l'insorgenza del raggrinzimento (noci atrofizzate), senza alterare la qualità del gheriglio. La frigoconservazione rappresenta dunque una valida tecnica di conservazione del prodotto anche per prolungare il periodo di commercializzazione delle noci fresche, che seppur interessano solo una frazione limitata del mercato, rappresentano una potenziale alternativa di mercato.

In accordo con la letteratura scientifica (Christopoulos e Tsantili, 2011), con il procedere della conservazione aumenta la percentuale delle noci appartenenti alla categoria LIGHT, a discapito di quella EXTRA LIGHT. L'imbrunimento del prodotto durante lo stoccaggio è infatti stato riscontrato

molto frequentemente anche in altri studi (Manzocco et al., 2000) e ciò è dovuto all'ossidazione della componente fenolica che causa imbrunimento, provocando una variazione della colorazione del gheriglio da una tonalità più chiara e luminosa (EXTRA LIGHT) ad una più dorata ed opaca (LIGHT). La presenza di macchie gialle è stata accentuata nelle noci fresche mentre è stata ridotta con l'essiccazione. Quest'ultima comporta altresì una modificazione nella colorazione del gheriglio che diventa "tostata", nascondendo la presenza di eventuali macchie. La presenza di macchie scure invece, è attribuibile ad un'ossidazione più spinta della componente fenolica che non varia tanto con l'essiccazione, quanto con la durata della conservazione. Infatti, un'importante variazione in merito alla colorazione del gheriglio è emersa nella tesi NE13: lo scadimento qualitativo che ha caratterizzato questa tesi ha comportato un incremento della presenza di marciumi, muffe e irrancidimenti che ha reso difficoltosa la categorizzazione del colore delle noci, indirizzandola comunque verso un imbrunimento generale del prodotto.

La frigoconservazione, invece, pur comportando un elevato grado di umidità del prodotto, non ha accentuato lo sviluppo di difetti come muffe e marciumi. In accordo con la letteratura scientifica (Cavaletto et al., 1966; Kaijiser et al., 2000) si può quindi affermare che le basse temperature contengono il deterioramento del prodotto, consentendo di conservare un prodotto fresco e umido e impedendo contemporaneamente lo sviluppo di fenomeni indesiderati, probabilmente bloccati dall'arresto metabolico che le basse temperature esercitano sulle reazioni biologiche (Christopoulos e Tsantili, 2011). Come riportato in letteratura (Fourie e Basson, 1989) lo studio del cambiamento dell'acidità e lo sviluppo dei perossidi, associato alla comparsa di irrancidimenti, può essere utilizzato come parametro per la predizione della stabilità ossidativa conservativa del prodotto. Mentre l'acidità, intesa come la liberazione di acidi grassi dalla molecola triglicerica a seguito di fenomeni enzimatici, procede inarrestabile nel tempo, la concentrazione dei perossidi tende a raggiungere un valore massimo per poi decrescere fino a scomparire, poiché degradati ad aldeidi e chetoni che

rappresentano molecole tipiche dei deterioramenti avanzati (Matè et al., 1996; Indhal et al., 1999). Si può quindi affermare che il numero di perossidi, analogamente a quanto descritto da Fourie e Basson (1989) può rappresentare un indice della stabilità del prodotto ma solo nella fase iniziale del processo (Jensen et al., 2001). Per le noci della tesi NE13, lo sviluppo dell'acidità in conservazione è stato seguito in un primo momento da un incremento del numero di perossidi mentre, con il procedere della presenza di acidi grassi liberi (FFA) si è assistito ad una vera e propria scomparsa dei perossidi che infatti, non sono stati rilevati all'ultimo rilievo. Sviluppo di rancidità, di acidità e scomparsa di perossidi della tesi NE13 confermano quanto emerso dalle valutazioni qualitative del prodotto conservato, ossia che tenori elevati di umidità residua nel prodotto provocano uno scadimento qualitativo del gheriglio.

È interessante notare, invece, il comportamento contrastante nelle noci della tesi NE8 rispetto alle noci refrigerate NR20 e NR40. Nel tempo, le noci frigoconservate hanno mantenuto livelli di acidità più bassi, sviluppando però un maggior numero di perossidi mentre, le noci immediatamente essiccate hanno evidenziato un'acidità più elevata accompagnata da uno sviluppo del numero di perossidi più basso. Lin et al. (2012) e Harris et al. (1972) hanno affermato che le basse temperature rallentano i processi di degradazione enzimatica, contribuendo ad arrestare l'aumento dell'acidità come, infatti è avvenuto nelle noci refrigerate. È invece il processo termico che è in grado di inattivare, almeno parzialmente, le lipasi, responsabili della liberazione dei FFA. È pertanto ipotizzabile che la refrigerazione sia favorevole in termini di conservazione ma, nel lungo periodo, la latenza che le basse temperature creano sull'attività enzimatica, è contrastata da una ripresa più rapida. In aggiunta, lo sviluppo dei perossidi, a differenza dell'acidità, è incentivato dal calo dell'umidità e dall'incremento di temperatura: situazione che si è venuta a creare proprio nel momento in cui le noci sono state tolte dalla cella frigo e portate ad essiccare. Quanto riportato spiega il comportamento contrastante delle noci della tesi NE8 rispetto quello delle noci della NR20 e NR40. Secondo Harris et al. (1972),

lo sviluppo dei perossidi è bloccato dalle basse temperature ma favorito da alti livelli di umidità per cui è molto probabile che la cella frigo abbia contribuito all'arresto dell'acidità libera ma non allo sviluppo di perossidi.

CAPITOLO 10

Conclusioni

Le buone prospettive di remunerazione legate alla commercializzazione della frutta secca, non solo in Italia, impone l'ottimizzazione delle tecniche di gestione del prodotto in post-raccolta. Inoltre, in Italia, la vendita delle noci fresche (non ancora essiccate), sta destando sempre più interesse tra i produttori, rappresentando un valido elemento di differenziazione commerciale rispetto all'offerta estera.

La tradizionale tecnica di conservazione delle noci prevede l'essiccazione in tempi rapidi del prodotto che, accorciare i tempi di disidratazione del frutto, arresta i processi degradativi e tutela la qualità dei gherigli durante il periodo di conservazione. Infatti, sebbene la gestione del prodotto a temperatura ambiente abbia portato, nell'arco di 30 giorni, al raggiungimento di valori di umidità prossimi a quelli ottenuti col condizionamento termico classico (<8%), la qualità estetica e chimica del prodotto è risultata fortemente compromessa, con conseguente scadimento commerciale. L'essiccazione dei frutti mediante la tecnica tradizionale si è rivelata efficace nel prolungare la commerciabilità del prodotto, preservandone gli aspetti qualitativi. Tuttavia, tale tecnica è risultata efficace solo raggiungendo il tenore di umidità più contenuta (<8%), mentre il tentativo di conservare i frutti ad umidità più elevata (tra 12 e 13%), ha invece evidenziato risultati insoddisfacenti, sconsigliandone dunque l'adozione su larga scala.

La refrigerazione delle noci, anche fino a 40 giorni precedenti la fase di essiccazione, ha confermato la sua efficacia nel prolungare la conservabilità del prodotto, senza alterare negativamente la qualità del gheriglio. Il vantaggio di questa tecnica è il rallentamento delle perdita di umidità del gheriglio che altrimenti verrebbe naturalmente ridotta, senza compromettere la qualità del gheriglio. La refrigerazione a 4°C delle noci fresche si rivela dunque una tecnica efficiente per la conservazione del prodotto anche in attesa dell'essiccazione che, spesso, in virtù di ragioni logistiche ed

aziendali non può smaltire (essiccare) in tempi rapidi i quantitativi di prodotto che arriva ai magazzini di lavorazione.

Inoltre, la frigoconservazione può risultare utile anche prolungare la vendita del prodotto fresco, promuovendo il rilancio di un prodotto dimenticato ma che conserva pienamente le proprietà nutraceutiche e salutari della noce.

CAPITOLO 11

Bibliografia

- **Amaral J.S., Seabra R.M., Andrade P.B., Valentao P., Pereira J.A., Ferreres F.**, 2004. Phenolic profile in the quality control of walnut (*Juglans regia* L.) leaves. *Food Chemistry* 88: 373-379.
- **Anderson J.W., Smith B.M., Gustafson N.J.**, 1994. Health benefits and practical aspects of high-fiber diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 59: 52-60.
- **Arcan I., Yemenicioglu A.**, 2009. Antioxidant Activity and phenolic content of fresh and dry nuts with or without the seed coat. *J. Food Compos. Analysis* 22: 184:188.
- **Bassi R., Pellegrino S.**, 1991. La coltivazione del noce. Ed. L'Informatore Agrario, Verona: 1- 83.
- **Blomhoff R., Carlsen M.H., Andersen L. F., Jacobs D.R.**, 2006. Health benefits of nuts: potential role of antioxidants. *British Journal of Nutrition*, 96(S2).
- **Borrelli C.**, 2017. Evolve la coltivazione del noce *Rivista di Frutticoltura*, 11: 74-75.
- **Bortolin E., Quinto D., Valier A.**, 2000. Frutteti di noce specializzati di noce- *L'Informatore Agrario* (18): 55-61.
- **Brufau G., Boatella J., Rafecas M.**, 2006. Nuts: source of energy and macronutrients. *Br. J. Nutr.* 96 (2): 24-28
- **Calcagni P.**, 2016. Appunti di un viaggiatore particolare: buone le prospettive per l'Italia. *Rivista di Frutticoltura*, 11: 58-62.
- **Cantile L.**, 2010. Nocicoltura e castanicoltura: analisi e prospettive per il lagonegrese completare
- **Cavaletto C., Dela Cruz A., Ross E., Yamamoto, H. Y.**, 1966. Factors affecting macadamia nut stability in raw kernels. *Food Technology*, 20: 1084-1087.
- **Christopoulos M.V., Tsantili E.**, 2011. Effects of temperature and packaging atmosphere on total antioxidants and colour of walnut

- (*Juglans regia*) kernel during storage. *Scientia Horticulturae* 131: 49-57.
- **Contessa C., Botta R.**, 2014. Cresce l'interesse mondiale per la frutta secca: la produzione italiana non soddisfa il fabbisogno nazionale. *Rivista di Frutticoltura*, 5: 40-46.
 - **Contini M., Cecchini M., Massantini R., Monarca D., Moscetti R.**, 2010. Proprietà nutrizionali-salutistiche e conservazione della frutta secca in guscio. *Italus Hortus* 17(4): 13-27.
 - **Disciplinare di Produzione Integrata Regione Emilia Romagna 2008.** – Colture frutticole, norme tecniche di coltura. *Tecnica agronomica. Noce da frutto.* 1-12
 - **Dragoni I., Cantoni C., Vallone L., Papa A.**, 1997. Condizioni generali di sviluppo delle muffe. In *Muffe Alimenti e Micotossicosi*. Città Studi Edizioni.
 - **Dumler F.**, 2009. Dietary sodium intake and arterial blood pressure. *J. Renal Nutr.* 19(1): 57-60.
 - **Fourie P. C., Basson D. S.**, 1989. Predicting rancidity in stored nuts by means of chemical analyses. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*, 22: 251-253.
 - **Frankel E. N.**, 1998. *Lipid Oxidation*. The Oily Press Ltd, Dundee: 303.
 - **Galliard T.**, 1989. Rancidity in cereal products. In: Allen JC, Hamilton RJ, eds. *Rancidity in food*. New York: Elsevier Science Publishing Co, 141-5.
 - **Granzotto A., Zatta P.**, 2014. Resveratrol and Alzheimer's disease: message in a bottle on red wine and cognition. *Front. Aging Neurosci.* 6: 95.
 - **Guss P.L., Richardson T., Stahmann M.A.**, 1976. Oxidation reduction enzymes of wheat. *Cereal Chem.*, 44: 607-610.
 - **Harris N.E., Westcott D.E., Henick A.S.**, 1972. Rancidity in almonds: shelf life studies. *J Food Science Tech.* 37:824-27

- **Hendricks L.C., Coates W.W., Elkins R.B., McGranahan G.H., Phillips H.A., Ramos D.E., Reil W.O., Snyder R.G.,** 1998. Selection of Varieties in Walnut production manual-University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3373: 84-89.
- **Indahl U. G., Sahni N. S., Kirkhus B., Næs T.,** 1999. Multivariate strategies for classification based on NIRspectra with application to mayonnaise. *Chemom. Intell. Lab. Syst* 49: 19-31.
- **Izzo P.P., Genovese M.R.,** 1997. L'importanza del processo di essiccazione per una noce secca di qualità (noci fresche, secche e sgusciate). *L'Informatore agrario* 10: 41-42.
- **Jensen P.N., Sorensen G., Engelsen S.B., Bertelsen G.,** 2001. Evaluation of quality changes in walnut kernels (*Juglans regia*) by Vis/NIR spectroscopy. *J.Agric.Food Chem.* 49: 5790-5796.
- **Johnson J.A., Wang S., Tang J.,** 2003. Thermal death kinetics of fifth-instar *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of economic entomology*, 96(2), 519-524.
- **Kaijser A., Dutta P., Savage G.,** 2000 Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand Department of Food Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. Food Group, AFSD, Lincoln University, New Zealand *Food Chemistry* 71: 60-70.
- **Kris-Etherton P.M., You-Poth S., Sabatè J., Ratcliffe H.E., Zhao G., Etherton T.D.,** 1999. Nuts and their bioactive constituents: effect on serum lipids and other factors that affect disease risk. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 504-511.
- **Labuza T.P.,** 1971 Kinetics of lipid oxidation in foods. *Crit Rev Food Technol* 2: 355-404.
- **Leslie C.A., McGranahan G.H.,** 1998. The Origin of the walnut. In Walnut production manual. University of California (Davis), Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3373: 3-7.

- **Li S.C., Liu Y.-H., Liu J.-F., Chang W.H., Chen C.M., Chen C.Y.O.**, 2011. Almond consumption improved glycemic control and lipid profiles in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism* 60: 474-479.
- **Lin X., Wu J., Zhu R., Chen P., Huang G., Li Y., Ye N., Huang B., Lai Y., Zhang H., Lin J., Wang Z., Zhang H., Ruan R.**, 2012. California Almond Shelf Life: Lipid Deterioration During Storage. *Journal of Food Science* 77: 583-593.
- **Ling B., Hou L., Li R., Wang S.**, 2016. Storage stability of pistachios as influenced by radio frequency treatments for postharvest disinfestations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* V 33: 357-364.
- **Lopez A., Pique M. T., Romero A., Aleta N.**, 1995. Influence of cold-storage conditions on the quality of unshelled walnuts. *Int. J. Refrig.* 18: 544-549
- **Lopèz A., Pique M.T., Romero A., Altea N.**, 1995. Influence of cold-storage conditions on the quality of unshelled walnuts. *Int. J. Refrigeration* 18 (8): 544-549.
- **Lugli S., Fanigliulo G.**, 1998. Il noce in Italia: coltura in ripresa. *Rivista di Frutticoltura* 1: 7-14.
- **Maguire L.S., O'sullivan S.M., Galvin K., O'connor T.P. O'brien N.M.**, 2004. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 55: 171-178.
- **Malekian F., Rao R.M., Prinyawiwatkul W., Marshall W.E., Windhauser M., Ahmedna M.**, 2000. Lipase, lipoxigenas activity, functionality and nutrient losses in rice bran during storage. *LSU Ag Center Research & extension, bulletin* 870.
- **Mansouri M.T., Naghizadeh B., Ghorbanzadeh B.**, 2015. Ellagic acid enhances theantinociceptive action of venlafaxine in mouse acetic acid-induced pain: An isobolographic analysis. *Pharmacol. Reports* 67: 473–477.

- **Manzocco L., Calligaris S., Mastrocola D., Nicoli M.C., Lerici C.R.**, 2000. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends Food Sci. Technol.* 11: 340–346.
- **Marangoni B., Malaguti D., Toselli M., Lucchi A.**, 2004. Il noce da frutto: una grande opportunità. Prospettive economiche ed aspetti nutrizionali. I primi risultati della ricerca sul noce da frutto in Emilia Romagna. *Relazione Macfrut 2004*, Cesena (Fc).
- **Marchetti L., Vai N., Calzolari A., Vicchi V., Pollini A., Laffi F.**, 1994. La difesa dai parassiti. *Il Divulgatore* 6: 14-16.
- **Maskan M., Karatasò S.K.**, 1977. Fatty Acid Oxidation of Pistachio Nuts Stored Under Various Atmospheric Conditions and Different Temperatures Food Engineering Department, University of Gaziantep, 27310 Gaziantep, Turkey *J Sci Food Agric* 1998, 77: 334-340.
- **Massetani F.**, 2017. Conoscere le gemme e i rami dei fruttiferi – Vita in campagna – Ed. L'informatore agrario 2: 4-27.
- **Mate' J. I., Saltveit M. E., Krochta J. M.**, 1996 Peanut and walnut rancidity: Effects of oxygen concentration and relative humidity. *J. Food Sci.* 61: 465-468, 472.
- **McDonald D.**, 1970. Fungal infection of groundnut fruit before harvest. *Transactions of the British Mycological Society*, 54(3): 453-460.
- **Minotta G.**, 1994. Il noce da frutto (Aspetti varietali e portinnesti). *Il Divulgatore* 6: 18-21
- **Minotta G.**, 1994. L'ambiente di coltura. *Il Divulgatore* 6: 14-16.
- **Missere D.**, 2015. Nocicoltura, coltura specializzata. Ecco come. *In: Terra e Vita*, 39.
- **Morettini A.**, 1963. Noce. *In: Frutticoltura Generale e Speciale*. Ed. REDA, 565-574.
- **Muthaiyah B., Essa M.M., Chauhan V., Chauhan A.**, 2011. Protective effects of walnut extract against amyloid beta peptide-

induced cell death and oxidative stress in PC12 cells. *Neurochemical Research*, 36(11), 2096-2103.

- **Ottaviani P.**, 1977. Etude de quelques produits d'altération thermo oxydative des corps gras (Doctoral dissertation). Thesis, Marseille.
- **Pastore M.**, 1996. Le principali varietà di noce italiane, francesi e californiane – *L'informatore agrario* 19: 37-39.
- **Pereira J. A., Oliveira I., Sousa A., Valentão P., Andrade P.B., Ferreira, I. C., Ferreres F., Bento A., Seabra R., Estevinho L.**, 2007. Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars. *Food and Chemical Toxicology*, 45(11): 2287-2295.
- **Piccirillo P., Petriccione M.**, 2007. La coltivazione del noce, nuovi criteri di impianti e gestione del suolo per produzioni di qualità. Edagricole (Bo).
- **Pinney K., Labavitch J.M., Polito V.S.**, 1999. Fruit Growth and Development, in Walnut production manual. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3373: 139-143.
- **Quarantelli A., Righi F., Renzi M., Bonomi A.**, 2003. Processi ossidativi negli alimenti di origine vegetale. *Ann. Fac. Medic. Vet di Parma*, 23, 181-202.
- **Roberts T. A., Cordier J. L., Gram L., Tompkin R. B., Pitt J. I., Gorris L. G. M., Swanson K. M. J.**, 2005. Nuts, oilseeds, and dried legumes. In *Micro-Organisms in Foods* (6): 440-466. Springer, Boston, MA (USA).
- **Sangiovanni, E., Vrhovsek, U., Rossoni, G., Colombo, E., Brunelli, C., Brembati, L., Dell'Agli M.**, 2013. Ellagitannins from Rubus berries for the control of gastric inflammation: in vitro and in vivo studies. *PloS one*, 8(8), e71762.
- **Savorelli M.**, 2006. Il mercato mondiale: buone prospettive di crescita per l'Italia. *Agricoltura*, 10: 105-114.

- **Sibbett G., Hendricks L., Carnill G., Olson W., Jeter R., Ramos D., martin G.C., Davis C.**, 1974. Walnut quality and value maximized by harvest management. *California Agriculture*, 28(7), 15-17.
- **Stocchi E., Bonzio L.**, 1967. *In Chimica Industriale Inorganica*, V.II, La Prora Editore.
- **Takano K.**, 1993. Mechanism of lipid hydrolysis in rice bran. *Cereal Foods World*, 38(9), 695-698.
- **Toselli M., Sorrenti G., Quartieri M., Marangoni B., Marcolini G., Baldi E.**, 2014. Il Noce guadagna spazio al Nord. *Rivista di Frutticoltura*, 5: 48-54.
- **Tranchina L., Bartolotta A., Brai M., D’oca M. C., Marrale M.**, 2013. Impiego delle radiazioni ionizzanti per il trattamento degli alimenti a scopo conservativo. *Nutrirsi di Scienza*, 16.
- **Tzen, J. T., Huang, A. H.**, 1992. Surface structure and properties of plant seed oil bodies. *The Journal of cell biology*, 117(2), 327-335.
- **UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA)**, 2009. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 22.
- **Valentini N., Contessa C., Botta R.**, 2015. Nocicoltura: linee guida per la ripresa della coltivazione specializzata. *Rivista di Frutticoltura*, 5: 56-61.
- **Vertucci C.W., Roos E.E.**, 1990. Theoretical basis of protocols for seed storage. *Plant Physiology*, 94(3), 1019-1023.
- **Wang S., Tang J., Johnson J.A., Mitcham E., Hansen J.D., Cavalieri R.P., Bower J., Biasi B.**, 2002. Processes protocol based on radio frequency energy to control field and storage pests in unshelled walnuts. *Postharvest Biol. Technol.* 26: 265-273.
- **Wells B. J., Mainous A. G., Everett C. J.**, 2005. Association between dietary arginine and C-reactive protein. *Nutr.* 21(2): 125-130.

Sitografia

- **Ricchieri F.**, 2017. Produzione mondiale, import, consumi: tutti i numeri della frutta secca ed essiccata- Italiafruit News del 12 dicembre. Consultato il 25 gennaio 2018.
<http://www.italiafruit.net/DettaglioNews/42345/la-categoria-del-mese/produzione-mondiale-import-consumi-tutti-i-numeri-della-frutta-secca-ed-essiccata>

Ringraziamenti

Scrivo i ringraziamenti quasi al termine della stesura della mia tesi di laurea. Fin dal primo momento in cui decisi la scelta dell'argomento trattato le difficoltà non sono mancate. Tutto ha avuto inizio ed ha preso vita grazie alla proposta del Dott. Annibaldi di partecipare alla raccolta nocicola della stagione 2017, presso l'azienda agricola SanMartino di Forlì. Titubante e poco esperta del settore, non pensavo di essere all'altezza del compito assegnatomi: avrei dovuto affiancare il responsabile della qualità, aiutandolo nel monitoraggio e nella coordinazione dei processi di lavorazione, impegnandomi anche nella gestione dei lotti lavorati, della loro conservazione, manipolazione e spedizione. In balia di mille dubbi, decisi, prima di confermare la mia disponibilità, di visitare l'azienda. Essendo i primi giorni di settembre, la stagione ancora non era iniziata ma si respirava nell'aria un grintoso spirito di collaborazione, dovuto all'impegno da parte di tutti i lavoratori verso la cura del noceto, ai progetti riguardanti un futuro ampliamento dell'azienda, alla valorizzazione del prodotto, al desiderio di ottenere un altro prodotto italiano di lodevole qualità. Tramandatami la passione per la valorizzazione dei prodotti locali da mio padre, stimolata dallo spirito aziendale e comprendendo il valore della proposta di lavoro, decisi di sfidare le mie indecisioni e accettai. Giorno dopo giorno diventai partecipe e testimone di una forte dedizione verso la cura del prodotto e, ricordandomi dell'accennata proposta del professor Toselli riguardante una possibile tesi di laurea sul Noce, lo contattai per avere più notizie sull'argomento. Tramite il professore conobbi, alla "Giornata della noce", il 14/10/2017, il professor Sorrenti che da lì in poi sarebbe diventato il mio correlatore e anche la mia guida durante tutto il percorso tesiistico. Insieme ideammo ciò che poi è diventata realtà: una ricerca volta a massimizzare la qualità della noce.

Ci sono state difficoltà, momenti di sconforto, blocchi emotivi e pratici ma la vicinanza di tutti i miei cari, unita alla dimestichezza del mio relatore e correlatore, assieme all'aiuto del personale della Newfactor e il sostegno dei lavoratori conosciuti nell'azienda di SanMartino mi hanno aiutata nella

perseveranza, con determinazione e dedizione verso il lavoro che stavo realizzando. Oggi, a tesi quasi ultimata, non posso fare altro che esprimere gratitudine verso tutti coloro che mi hanno sostenuta.

Ringrazio il mio relatore, il professor Toselli, per avermi introdotta nel mondo del noce. Il mio correlatore, il professor Sorrenti, per la vicinanza, l'aiuto e la disponibilità concessami. Tutto il personale della NewFactor e in primis Viola Vasini, Emanuele Monti e Luca Ortolani per l'enorme sostegno emotivo e lavorativo dimostratomi in questo percorso. Ringrazio anche il personale della SanMartino citando Andrea e Gualtiero che oltre ad essere miei superiori, sono stati degli amici e confidenti. Sono grata anche al Dottor. Annibali perché senza la sua proposta, questo progetto non avrebbe preso vita. In fine vorrei dire grazie, con tutto il mio affetto, alle mie compagne universitarie, per tutto il percorso che abbiamo condiviso assieme e al sostegno dimostratomi, alle mie amiche di una vita, per la loro pazienza, per i loro consigli e per il loro supporto. Un grazie infinito, va alla mia famiglia, a mio padre Oscar, mia madre Catia e mia sorella Dalila che sono stati pilastri fondamentali in questo progetto che è stato anche un percorso di vita e di crescita.

Senza la partecipazione di ogni singola persona ringraziata e di chiunque abbia contribuito al sostegno, all'aiuto e all'appoggio in questi mesi, tutto il mio progetto non sarebbe stato possibile.

Grazie a tutti.