

Proprietà nutrizionali-salutistiche e conservazione della frutta secca in guscio

Marina Contini¹, Massimo Cecchini², Riccardo Massantini^{1*}, Danilo Monarca² e Roberto Moscetti²

¹Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari, Università della Tuscia, Via S. C. De Lellis, 01100 Viterbo

²Dipartimento di Geologia e Ingegneria Meccanica, Naturalistica e Idraulica per il Territorio, Università della Tuscia, Via S. C. De Lellis, 01100 Viterbo

Ricezione: 5 maggio 2010; Accettazione: 15 giugno 2010

Nutritional-health properties and storage of tree nuts

Abstract. Tree nuts are tasty dry fruits rich in lipids. They are a calorie-dense and nutritious foodstuff, which provides valuable macronutrients, micronutrients, and several health-promoting phytochemicals, among which: phytosterols, squalene, selenium, tocopherols and phenolic antioxidants. The high level of calories has traditionally conditioned and limited the consumption of tree nuts; however, it has been recently evidenced that moderate consumption of these fruits doesn't influence body weight, whilst it could be beneficial for human wellness, reducing the risks of cardiovascular diseases and several chronic alterations associated with oxidative stress, such as: various types of cancer, type-2 diabetes, resistance to insulin, gall stones and inflammations, among others. The low humidity and the low respiratory activity even at room temperature allow for preservation of the tree nuts for lengthy periods, when stored in suitable and controlled conditions. Quality maintenance is guaranteed by means of correct harvesting, handling and storage practices. The main storage problems regard: fat hydrolytic and oxidative alterations; moulds, especially when due to the aflatoxin producer *Aspergillus*; insect infestations (mites, beetles and lepidopterans). *Aspergillus* contamination may occur at various stages including crop growth, but it occurs mainly during storage under unhygienic, unventilated, hot and humid conditions; it is particularly deleterious because aflatoxins are strong toxic, cancerogenic and teratogenic agents. The high fat content gives nuts the tendency to absorb foreign smells from the surrounding environment, which can alter the aroma; the richness in unsaturated (generally polyunsaturated) fatty acids is nutritionally favourable but makes the nuts particularly prone to rancidity. Therefore, in each phase the nuts must be protected from every potential damage, must not come into contact with micro-organisms or

pollutants and must be preserved in clean store-rooms, with no foreign or contaminating volatiles nor other types of fruits or vegetables. Storage at room temperature means short times of preservation and involves treatments with fumigants in order to prevent some of the problems above mentioned, causing a negative impact on the natural healthfulness of the product. Water content of the nuts, temperature, relative humidity, as well as exposure to light and oxygen are the most important preservation parameters to be kept under control; the best storage conditions are subject to variation according to the nut. In this manuscript the authors reported the chemical composition, as well as the nutritional and health-promoting properties of the most common tree nuts (almonds, hazelnuts, walnuts, pine nuts and pistachios) and peanuts. They indicated macronutrients (lipids, proteins and carbohydrates) and micronutrients (minerals and vitamins) contents; moreover, they examined content and properties of the health-promoting phytochemical fraction. Depending on the nut, the best storing conditions and methods for extending the preservation without the aid of chemical treatments were individually described, with the aim of providing useful information for maintaining the quality of the product in the best possible way, for a long time.

Key words: relative humidity, controlled atmosphere, nutraceuticals, phytochemicals, storage.

Composizione chimica e proprietà nutrizionali-salutistiche della frutta secca in guscio

La frutta secca in guscio appartiene ad una categoria di alimenti ricchi in grassi e poveri in zuccheri, comprendente frutti veri e propri, semi e legumi. Largamente diffusa a livello mondiale, viene consumata direttamente come prodotto fresco, essiccato o tostato, ed in parte destinata alla trasformazione industriale per la produzione di snack, preparazioni dolciarie, burro, olio e margarina. La frutta secca commercialmente più

* massanti@unitus.it

Tab. 1 - Composizione chimica in macronutrienti della frutta secca (in 100 g di parte edibile) e valore calorico (USDA, 2009).
 Tab. 1 - Proximate composition of tree nuts and peanut (in 100 g of edible portion) and energetic value (USDA, 2009).

Macronutrienti	Unità di misura	Arachidi	Mandorle	Pistacchi	Nocciole	Noci	Pinoli
Acqua	g	6,5	4,7	3,9	5,3	4,1	2,3
Lipidi	g	49,2	49,4	45,4	60,8	65,2	68,4
Proteine	g	25,8	21,2	20,3	15,0	15,2	13,7
Ceneri	g	2,3	3,0	2,9	2,3	1,8	2,6
Carboidrati ^a	g	16,1	21,7	27,5	16,7	13,7	13,1
Saccarosio	g	nd ^b	3,6	6,9	4,2	2,4	3,5
Glucosio	g	nd	0,12	0,32	0,07	0,08	0,07
Fruttosio	g	nd	0,09	0,24	0,07	0,09	0,07
Zuccheri, totale	g	4,0	3,9	7,7	4,3	2,6	3,6
Amido	g	nd	0,7	1,7	0,5	0,1	1,4
Fibra alimentare	g	8,5	12,2	10,3	9,7	6,7	3,7
Energia	kcal	567	575	562	628	654	673
	kJ	2.374	2.408	2.352	2.629	2.738	2.816

^aPer differenza; ^bnon disponibile.

importante comprende arachidi (*Arachis hypogaea* L.), mandorle (*Prunus dulcis* Mill.), nocciole (*Corylus avellana* L.), noci (*Juglans regia* L.), pinoli (*Pinus pinea* L.) e pistacchi (*Pistacia vera* L.).

La frutta secca è molto apprezzata non solo per le sue peculiari caratteristiche organolettiche, ma anche per l'elevato valore nutrizionale. Grazie al ridotto contenuto di acqua, infatti, rappresenta un concentrato di macro e micro-nutrienti, oltre a costituire un'eccellente fonte di preziose sostanze nutraceutiche.

Lipidi

La frutta secca è ricca di lipidi: pistacchi, arachidi e mandorle ne contengono il 45-49%, mentre in pinoli, noci e nocciole l'olio rappresenta oltre il 60% della parte edule (tab. 1). La composizione in acidi grassi della frutta secca è riportata in tabella 2. L'acido grasso più rappresentato è comunemente l'oleico [C_{18:1}] (specie nelle nocciole, in cui costituisce il 78% degli acidi grassi); in noci e pinoli predomina invece il linoleico [C_{18:2}] (rispettivamente: 61 e 57% degli acidi

Tab. 2 - Contenuto vitaminico della frutta secca (in 100 g di parte edibile) (USDA, 2009).
 Tab. 2 - Vitamin content of tree nuts and peanut (in 100 g of edible portion) (USDA, 2009).

Vitamina	Unità di misura	Arachidi	Mandorle	Pistacchi	Nocciole	Noci	Pinoli
Vit. C (ac. ascorbico)	mg			5,6	6,3	1,3	0,8
Vit B ₁ (tiamina)	mg	0,6	0,2	0,9	0,6	0,3	0,4
Vit B ₂ (riboflavina)	mg	0,1	1,1	0,2	0,1	0,15	0,2
Vit. B ₃ (niacina)	mg	12,1	3,4	1,3	1,8	1,1	4,4
Vit. B ₅ (ac. pantotenico)	mg	1,8	0,5	0,5	0,9	0,6	0,3
Vit. B ₆ (piridossina)	mg	0,3	0,1	1,7	0,6	0,5	0,1
Folati	µg	240	50	51	113	98	34
Colina	mg	52,5	52,1	nd ^a	45,6	39,2	55,8
Betaina	mg	0,6	0,5	nd	0,4	0,3	0,4
Vit A (retinolo)	UI ^b		1,0	415	20	20	29
β-carotene	µg		1,0	249	11	12	17
α-carotene	µg				3		
Luteina + zeaxantina	µg		1,0	1.405	92	9,0	9,0
Vit E (α-tocoferolo)	mg	8,3	26,2	2,30	15,0	0,7	9,3
β-tocoferolo	mg	nd	0,3		0,3	0,2	
γ-tocoferolo	mg	nd	0,7	22,6		20,8	11,2
δ-tocoferolo	mg	nd	0,1	0,8		1,9	
Vit. K	µg			nd	14,2	2,7	53,9

^aNon disponibile; ^bUnità Internazionali.

grassi). Le noci si distinguono per il più elevato contenuto in acido linolenico [C_{18:3}] (oltre il 14%), che nelle altre tipologie di frutta secca è riscontrabile a livello di tracce o poco più. In ogni caso gli acidi grassi insaturi prevalgono nettamente sui saturi, evidenziando un profilo acido capace di ridurre significativamente i rischi di contrarre aterosclerosi e malattie cardiovascolari, in quanto in grado di contrastare efficacemente gli innalzamenti ematici di trigliceridi e colesterolo (Kris-Etherton *et al.*, 1999).

Proteine

La quantità proteica della frutta secca è piuttosto elevata, cosa che la rende una buona fonte di protidi vegetali, con contenuti che vanno dal 13,7% dei pinoli al 25,8% delle arachidi (tab. 1). In base alle raccomandazioni della FAO (*Food and Agricultural Organization*) e del WHO (*World Health Organization*), concernenti i fabbisogni aminoacidici degli adulti, solo le mandorle e le arachidi sono deficienti in aminoacidi solforati (metionina + cisteina), mentre le altre tipologie di frutta secca contengono quantità soddisfacenti di tutti gli aminoacidi essenziali. Nel caso dei bambini da 2 a 5 anni, invece, la frutta secca risulta carente di diversi aminoacidi essenziali, quali: lisina (soprattutto in noci, nocciole e mandorle), triptofano (specie in noci, mandorle, arachidi e pistacchi), treonina (in particolare nelle arachidi) e aminoacidi solforati (in mandorle ed arachidi) (Venkatachalam e Sathe, 2006). Riguardo agli aminoacidi non essenziali, degni di nota sono i notevoli quantitativi di arginina (variabili dai 9,15 g/100g di proteina nel pistacchio ai 15,41 g/100 g di proteina nei pinoli) (Venkatachalam e Sathe, 2006), un precursore dell'ossido nitrico cui si devono importanti effetti bioattivi sulla salute umana (Wells *et al.*, 2005). L'azione positiva dell'arginina, unita al basso rapporto lisina/arginina, spiegherebbero almeno in parte la

riduzione del rischio di sviluppare ipercolesterolemia e di contrarre malattie cardiovascolari, che negli studi epidemiologici si associa al frequente consumo di frutta secca (Brufau *et al.*, 2006).

Carboidrati

Il tenore in carboidrati (calcolato per differenza) di 100 g di frutta secca va da 13,1 g (pinoli) a 27,5 g (pistacchi) (tab. 1). I quantitativi di amido sono in ogni caso bassi (massimo 1,7% nei pistacchi) ed i carboidrati risultano costituiti essenzialmente da zuccheri semplici (tra cui prevale nettamente il saccarosio) e fibra alimentare. I notevoli contenuti in fibra (3,7-12,2 g/100g), superiori a quelli di frutta fresca e verdure, possono risultare utili sia nella prevenzione che nel trattamento di numerose alterazioni, quali: malattie intestinali, diabete, ipercolesterolemia, patologie cardiache coronariche, alcune tipologie di cancro (Anderson *et al.*, 1994).

Minerali

Le ceneri si aggirano intorno a 2-3 g/100 g di parte edibile, con contenuti dei singoli minerali che si differenziano a seconda della tipologia di frutta secca (tab. 3). Ad esempio, mentre i pinoli sono ricchi di potassio, zinco e magnesio, le mandorle lo sono soprattutto di calcio e manganese. Tranne che nelle arachidi, il sodio è scarso o del tutto assente; questa caratteristica rende il consumo di frutta secca adatto anche nell'ambito di diete iposodiche. Inoltre, nutrizionalmente interessanti appaiono gli elevati contenuti di calcio e potassio che, uniti al basso tenore di sodio, esercitano una azione positiva sui meccanismi regolatori della pressione sanguigna (Dumler, 2009).

Vitamine

Numerose vitamine sono contenute nella frutta secca (tab. 4). Nelle arachidi spiccano folati e vitami-

Tab. 3 - Composizione in minerali della frutta secca (in 100 g di parte edibile) (USDA, 2009).
 Tab. 3 - Mineral composition of tree nuts and peanut (in 100 g of edible portion) (USDA, 2009).

Minerale	Unità di misura	Arachidi	Mandorle	Pistacchi	Nocciole	Noci	Pinoli
Calcio (Ca)	mg	92	264	105	114	98	16
Ferro (Fe)	mg	4,6	3,7	3,9	4,7	2,9	5,5
Magnesio (Mg)	mg	168	268	121	163	158	251
Fosforo (P)	mg	376	484	490	290	346	575
Potassio (K)	mg	705	705	1.025	680	441	597
Sodio (Na)	mg	18	1	1	-	2	2
Zinco (Zn)	mg	3,3	3,1	2,2	2,4	3,1	6,5
Rame (Cu)	mg	1,1	1,0	1,3	1,7	1,6	1,3
Manganese (Mn)	mg	1,9	2,3	1,2	6,2	3,4	8,8
Selenio (Se)	µg	7,2	2,5	7,0	2,4	4,9	0,7

Tab. 4 - Composizioni in acidi grassi (% relativa) dell'olio contenuto nella frutta secca (USDA, 2009).
 Tab. 4 - *Fatty acid composition (relative %) of tree nut and peanut oils (USDA, 2009).*

Acido grasso	Arachidi	Mandorle	Pistacchi	Nocciole	Noci	Pinoli
Miristico (14:0)	0,05	0,013				
Palmitico (16:0)	11,1	6,5	11,6	5,3	7,1	5,6
Stearico (18:0)	2,4	1,4	1,1	2,2	2,7	2,4
Arachico (20:0)		0,03	0,10	0,18	0,10	0,40
Behenico (22:0)		0,004	0,10			0,12
Totale saturi	13,6	8,0	12,9	7,7	9,8	8,5
Palmitoleico (16:1)	0,02	0,52	1,10	0,20		0,03
Oleico (18:1)	51,3	65,6	53,7	78,2	14,1	31,1
Gadoleico (20:1)	1,43	0,02	0,40	0,23	0,22	1,39
Totale monoinsaturi	52,8	66,1	55,2	78,7	14,4	32,5
Linoleico (18:2)	33,6	25,8	31,3	13,5	61,2	57,4
Linolenico (18:3)	0,01	0,01	0,60	0,15	14,6	0,28
Eicosadienoico (20:2)		0,01				0,70
Diomo- γ -linolenico (20:3)						0,61
Totale poliinsaturi	33,6	25,9	31,9	13,6	75,8	59,0
Insaturi/saturi	6,4	11,5	6,8	12,0	9,2	10,8

na B₃; le mandorle sono una ricca fonte di vitamina B₂ e, soprattutto, di vitamina E (α -tocoferolo), presente in rilevanti quantità anche nelle nocciole, in cui si segnalano buoni tenori di folati; discreti sono anche i contenuti in folati delle noci. I pistacchi hanno i più alti contenuti di vitamina B₆, vitamina A e luteina + zeaxantina, mentre i pinoli costituiscono un'eccellente fonte di vitamina K.

Composti nutraceutici

La frutta secca contiene numerosi composti fitochimici dotati di proprietà nutraceutiche, ovvero sostanze non indispensabili ma utili per il corretto funzionamento dell'organismo umano. Tra queste ricordiamo i fitosteroli, variabili tra 72 mg/100 g nelle noci a ben 214 mg/100 g nei pistacchi, costituiti essenzialmente da β -sitosterolo (tab. 5). E' ormai accertato che i fitosteroli interferiscono con l'assorbimento intestinale del colesterolo, riducendo i tenori plasmatici del cosiddetto "colesterolo cattivo" o LDL (*Low Density*

Lipoprotein)-colesterolo (Thompson e Grundy, 2005), notoriamente implicato nella patogenesi delle malattie cardiovascolari. Studi sperimentali ed epidemiologici hanno evidenziato che i fitosteroli introdotti con la dieta possono offrire protezione anche contro alcune tipologie di cancro, come quello alla prostata, al colon ed al seno (Awad e Bradford, 2005). Nella frutta secca sono inoltre presenti numerose sostanze ad attività antiossidante biologicamente attive, in grado di proteggere l'organismo dai danni ossidativi responsabili di numerose alterazioni e malattie cronico-degenerative; per citarne alcune: patologie infiammatorie, ischemiche, cardiovascolari, neurodegenerative, nonché alcune tipologie di cancro (Blomhoff *et al.*, 2006). Fanno parte di questo gruppo di sostanze: lo squalene, di cui è particolarmente ricca la nocciola (Maguire *et al.*, 2004); i tocoferoli, con la loro duplice funzione vitaminica ed antiossidante; il selenio, che pur non essendo dotato di attività antiossidante diretta svolge un ruolo essenziale nella costruzione dei sistemi di

Tab. 5 - Contenuto in fitosteroli (mg/100g di parte edibile) della frutta secca (Phillips *et al.*, 2005).
 Tab. 5 - *Phytosterol content (mg/100g edible portion) in tree nuts and peanut (Phillips et al., 2005).*

Fitosterolo	Arachidi	Mandorle	Pistacchi	Nocciole	Noci	Pinoli
β -sitosterolo	76,8	143,4	209,8	102,2	88,9	132,0
Campesterolo	13,2	4,9	10,1	6,6	4,9	19,8
Stigmasterolo	12,1	5,0	2,3	< 2,5	-	< 1,7
Δ 5-avenasterolo	17,8	19,7	26,2	2,6	7,3	40,3
Sitoatanolo	< 1,2	3,2	1,2	4,0	< 1,7	5,9
Campestanolo	1,6	3,3	5,0	3,0	2,4	3,8
Altri steroli	15,0	19,6	24,6	2,5	9,1	34,2
Totale fitosteroli	137	199	279	121	113	236

difesa antiossidanti endogeni, proteggendo l'organismo da numerose alterazioni patologiche legate allo stress ossidativo. Altre importanti frazioni ad attività antiossidante della frutta secca sono composti fenolici di varia natura (fig. 1 e tab. 6), tra cui si segnalano flavonoidi e fitoestrogeni (isoflavoni e lignani); nei pistacchi e nelle arachidi è stato riscontrato anche il resveratrolo (Tokubođlu *et al.*, 2005). E' da sottolineare che la frazione fenolica della frutta secca è localizzata essenzialmente nella pellicola (perisperma) dei semi (Arcan e Yemeniciođlu, 2009), che protegge parzialmente l'olio dall'irrancidimento scher-

mandolo dall'atmosfera e la cui rimozione comporta riduzioni della capacità antiossidante globale di oltre il 50%, con punte superiori al 90% nel caso delle noci (Blomhoff *et al.*, 2006). Per contro è stato rilevato che i sottoprodotti pellicolari che residuano dalla tostatura di arachidi (Van Ha *et al.*, 2007), mandorle (Wijeratne *et al.*, 2006) e, soprattutto, nocciole (Contini *et al.*, 2008) si prospettano come ottime materie prime per l'estrazione di concentrati fenolici ad attività antiossidante eccezionalmente elevata.

La frutta secca, essendo ricca di macronutrienti, micronutrienti e preziose sostanze fitochimiche, è dunque non solo molto nutriente, ma anche assai benefica per la salute umana. L'alto contenuto calorico, dovuto all'elevato tenore lipidico, tradizionalmente ha condizionato e limitato il consumo di frutta secca; recenti studi hanno tuttavia accertato che un moderato consumo di questo alimento non provoca incrementi di peso corporeo (Mattes, 2008) ma, al contrario, non solo stimola la sazietà, ed è perciò utile nelle diete a basso tenore in carboidrati mirate al controllo ed alla perdita di peso (Adam-Perrot *et al.*, 2006), ma apporta nel contempo numerosi benefici, tra cui: riduzione del rischio di malattie cardiovascolari, varie tipologie di cancro, diabete di tipo 2, calcoli biliari, infiammazioni, resistenza all'insulina (Blomhoff *et al.*, 2006; Alasalvar e Shahidi, 2009). Per questi motivi la frutta secca è oggi considerata un elemento importante nella moderna piramide alimentare sia statunitense che mediterranea e, pertanto, suggerita nelle linee guida alimentari di numerosi Paesi all'interno di una alimentazione equilibrata e salutare; ne è riprova che la *Food and Drug Administration* (FDA) degli Stati Uniti ha consentito l'uso nelle confezioni di frutta secca del seguente messaggio: "*risultati scientifici suggeriscono, ma non provano, che il consumo di 1,5 onces (circa 42,5 g) al giorno di gran parte della frutta secca, nell'ambito di una dieta povera di grassi saturi e colesterolo, può ridurre i rischi di malattie cardiache*".

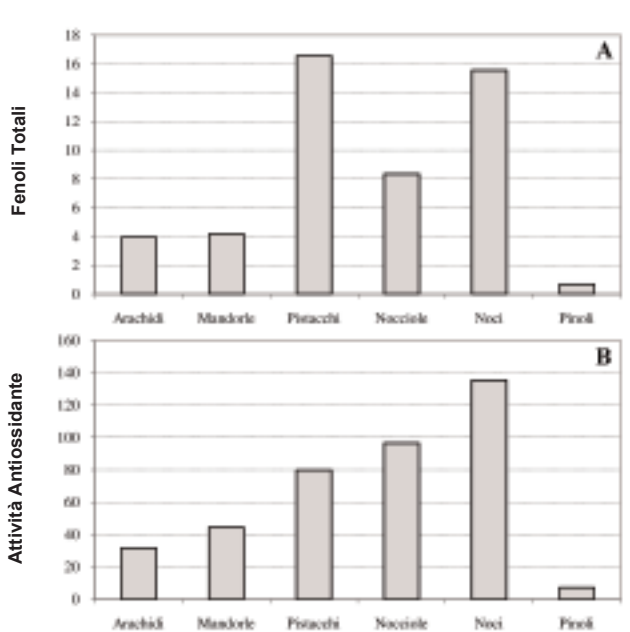


Fig. 1 - Fenoli totali (A) ed attività antiossidante totale (B) della frutta secca.

^aAcido Gallico Equivalenti; ^b6-idrossi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-acido carbossilico, ^ctest ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity). Wu *et al.*, 2004

Fig. 1 - Total phenols (A) and total antioxidant activity (B) of tree nuts and peanut.

^aGalic Acid Equivalent; ^b6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylcroman-2-carboxylic acid, ^ctest ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity). Wu *et al.*, 2004.

Tab. 6 - Composti fenolici rilevati nella frutta secca.
 Tab. 6 - Phenolic compounds found in tree nuts and peanut.

Componenti fenolici	Unità di misura	Arachidi	Mandorle	Pistacchi	Nocciolate	Noci	Pinoli	Rif.
Flavonoidi	mg/100g	0,66	15,24	14,37	11,96	2,71	0,49	USDA, 2006
Proantocianidine	mg/100g	15,6	184,0	237,3	500,7	67,3	-	USDA, 2004; Gu <i>et al.</i> , 2004
Isoflavoni	µg/100g	7,3	18,0	176,9	30,2	53,3	nd ^a	Thompson <i>et al.</i> , 2006
Lignani	µg/100g	27,1	111,7	198,9	77,1	85,7	nd	Thompson <i>et al.</i> , 2006
Fitoestrogeni	µg/100g	34,5	131,1	382,5	107,5	139,5	nd	Thompson <i>et al.</i> , 2006

^aNon disponibile.

Problematiche generali di conservazione della frutta secca in guscio

Nella frutta secca, come in tutti i prodotti ortofruticoli, le fasi di coltivazione, raccolta, trasporto e stoccaggio ne determinano la qualità finale, sia organolettica che nutrizionale. In post-raccolta, i frutti devono essere protetti da qualsiasi danno potenziale, non devono venire a contatto con contaminanti (microrganismi o inquinanti) e, nel caso di lunghi periodi di conservazione, devono essere costantemente sottoposti a refrigerazione. È per questo motivo che la raccolta ed il successivo trasporto al magazzino di stoccaggio vanno eseguiti con cura ed al contempo tempestività. Cura, in quanto il prodotto è suscettibile a danneggiamenti; tempestività, per assicurarne una rapida lavorazione e/o refrigerazione, evitando la permanenza prolungata in ambienti inadeguati. I locali di conservazione devono essere ben areati, al riparo della luce e privi della presenza di possibili contaminanti.

Uno stazionamento protratto dei frutti sul terreno, in attesa della raccolta, è la potenziale causa di contaminazioni fungine, infestazioni da insetti ed assorbimento eccessivo di acqua da parte dei frutti. La prevenzione dall'attacco di muffe e fitofagi è uno dei requisiti fondamentali per una buona conservazione ed ha inizio sin da un mese prima della raccolta; a tal scopo, i materiali, i mezzi, gli attrezzi, i contenitori ed i magazzini di stoccaggio devono essere ben sanizzati prima che i frutti possano venirvi a contatto (Mencarelli, 2004). Una cattiva gestione della filiera ha effetti cumulativi ed irreversibili sulla qualità del prodotto.

La *shelf-life* della frutta secca è influenzata da fattori che includono la maturità alla raccolta, il contenuto di acqua dei frutti, la grandezza dei semi, la temperatura, l'umidità relativa (UR) dell'ambiente di stoccaggio, l'esposizione alla luce ed all'ossigeno, la durata della conservazione ed i processi di lavorazione a cui sono sottoposti (Reed *et al.*, 2002; Lee e Resurreccion, 2006; Mexis e Kontominas, 2010). I fattori in questione condizionano lo sviluppo di muffe, il proliferare degli insetti e la velocità dei processi degradativi a carico del prodotto.

La frazione lipidica della frutta secca, per lo più composta da acidi grassi insaturi, va facilmente incontro ad inacidimento ed irrancidimento, con conseguente scadimento della qualità nutrizionale-salutistica e produzione di odori/sapori sgradevoli (Woodroof, 1983; Reed *et al.*, 2002; Talcott *et al.*, 2005; Passone *et al.*, 2008). La presenza di ossigeno, la temperatura, l'umidità e l'esposizione alla luce

sono i principali fattori coinvolti nei fenomeni di alterazione a carico dei lipidi, in particolare nei frutti sguanciati, rotti e freschi. Tuttavia, l'elemento che condiziona fortemente l'ossidabilità di un olio è la sua composizione in acidi grassi, strettamente influenzata dalla specie e, all'interno di questa, dalla varietà. La resistenza all'ossidazione è inversamente correlata alla durata della conservazione (Pattee *et al.*, 1982) e la velocità di ossidazione incrementa all'aumentare del quantitativo di acidi grassi polinsaturi, di cui la frutta secca è particolarmente ricca (Reed *et al.*, 2002; Passone *et al.*, 2008). Conseguentemente, i frutti con una proporzione superiore di acidi monoinsaturi risultano meno suscettibili all'irrancidimento. Ricchi in poliinsaturi sono noci e pinoli, mentre le nocciole si distinguono per i più bassi contenuti. Naturalmente, anche il patrimonio antiossidante endogeno interviene attivamente nel modulare la velocità dei processi ossidativi, rallentandone l'evoluzione.

L'elevato contenuto in grassi rende altresì la frutta secca facilmente incline ad assorbire composti volatili estranei, con ripercussioni negative sull'odore, sul sapore e talvolta anche sul colore (tracce di ammoniaca, a concentrazioni non rilevabili dall'olfatto umano, determinano l'imbrunimento dei semi). Gli aromi assorbiti dal prodotto risultano intensificati nel frutto crudo ed enormemente enfatizzati nel seme tostato. Anche piccole quantità di inquinanti possono alterare la qualità organolettica, pertanto la conservazione deve avvenire in magazzini puliti, privi di odori estranei ed in assenza di frutta, ortaggi o potenziali contaminanti di altro tipo (es. gasolio, sanitizzanti, detersivi, ecc.). L'assorbimento di cattivi odori può essere causato anche da un erraneo confezionamento del prodotto (Woodroof, 1983).

I tenori di UR influenzano il contenuto di acqua nel frutto, modificandone la resistenza meccanica. Il limite di umidità del seme, oltre il quale perde turgidità ed assume una consistenza gommosa, è definito dal *Critical Water Content* (CWC) ed è tipico per ciascun prodotto. Al superamento del CWC corrisponde anche un'elevata attività dell'acqua (a_w), positivamente correlata ai fenomeni di inacidimento. A tenori di UR troppo bassi, i semi perdono eccessivamente peso e diventano fragili, risultando facilmente danneggiabili durante la manipolazione. La deidratazione eccessiva promuove anch'essa l'ossidazione lipidica.

La frutta secca costituisce un ottimo substrato per lo sviluppo di muffe produttrici di aflatossine (AF) (Passone *et al.*, 2008; Singh e Shukla, 2008), sostanze epatotossiche, immunosoppressive e genotossiche con potente attività cancerogena e teratogena (Ozay *et al.*, 2007). Le AF sono prodotte da due funghi appartenenti

al genere *Aspergillus*, l'uno a diffusione mondiale (*Aspergillus flavus*) e l'altro più frequente in climi tropicali e subtropicali (*Aspergillus parasiticus*). Le AF sono distinte dalle sigle B e G; le AF di tipo B (B1 e B2) sono prodotte da entrambe le specie, mentre quelle di tipo G (G1 e G2) sono sintetizzate soltanto dall'*Aspergillus parasiticus*. Tra tutte le AF la più pericolosa è la B1, per l'elevata tossicità acuta e cronica e la potente attività cancerogena che esplica sull'uomo e sugli animali (Eaton *et al.*, 1994). Nonostante la contaminazione da AF possa avvenire in qualsiasi punto della filiera, a partire dalla coltivazione fino al consumo, è stato osservato che le fasi di raccolta e post-raccolta, conservazione inclusa, rappresentano gli stadi più critici su cui improntare efficaci azioni preventive (Ozay *et al.*, 2008). Le muffe si accrescono ottimamente a temperature comprese tra i 6 e i 46°C ed il loro sviluppo è favorito da una UR pari o superiore all'85%. Le aree geografiche più a rischio sono pertanto le regioni subtropicali e tropicali. Tuttavia, a seguito dei cambiamenti climatici in atto, il problema può coinvolgere anche alcune regioni italiane.

Sul territorio comunitario i limiti di AF ammissibili nelle derrate alimentari sono stabiliti dal Regolamento (CE) 466/2001 della commissione dell'8 marzo 2001 e successive modifiche. Nella frutta secca destinata al consumo diretto, il quantitativo di AF totale non può eccedere i 4 ppb (\square g/kg) e non è ammessa una concentrazione superiore ai 2 ppb per la micotossina B1. Per le arachidi da sottoporre a cernita o ad altri trattamenti fisici prima del consumo umano, i limiti salgono a 15 ppb per le AF totali e 8 ppb per la B1; per la restante frutta secca, con medesima destinazione d'uso, i valori massimi sono rispettivamente di 10 ppb e 5 ppb.

La frutta secca è inoltre soggetta all'attacco di acari, scarafaggi e lepidotteri, se non conservata a bassa temperatura ed in condizioni igieniche adeguate. Lo stoccaggio di prodotti di annate differenti è inopportuno, a seguito del rapido passaggio delle infestazioni dalla derrata più vecchia a quella più fresca, con conseguente drastica riduzione della shelf-life di quest'ultima.

Di seguito saranno affrontate singolarmente le problematiche che coinvolgono la conservazione delle più importanti specie di frutta secca in guscio, analizzando nel contempo le migliori condizioni di stoccaggio in grado di estenderne la conservabilità senza l'impiego di alcun trattamento chimico.

Arachidi

Le arachidi sono un prodotto semideperibile, che può essere mantenuto edule per 5 anni se posto in otti-

me condizioni di conservazione. Contrariamente, in ambienti di mantenimento inadatti, dopo un solo mese sono interessate da perdite di colore, sviluppo di odori estranei, marcescenza e rancidità, nonché attacchi da parte di muffe (*Cercospora* spp., *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp.) ed insetti (*Aphis craccivora*, *Tenebrioides mauritanicus* e *Tinea granella*).

L'esperienza insegna che un buon confezionamento e una refrigerazione ottimale rivestono un ruolo fondamentale nella conservazione delle arachidi. Tuttavia, durante il periodo invernale è possibile stoccare il prodotto a temperatura ambiente, senza incorrere in problemi di mantenimento. È soltanto al sopraggiungere dei caldi primaverili che la qualità delle arachidi rischia di ledersi in poche settimane, se il prodotto non è refrigerato ed adeguatamente isolato dall'atmosfera esterna. A tali miti temperature le arachidi sono soggette all'attacco di insetti e diventano presto stantie; il sapore, piuttosto che la qualità globale, risulta compromesso a seguito di fenomeni ossidativi a carico dei lipidi (Talcott *et al.*, 2005; Lee e Resurreccion, 2006). Con il protrarsi della conservazione, la degradazione dei nutrienti colpisce non solo la frazione lipidica ma anche quella amminoacidica libera ed i carboidrati (Passone *et al.*, 2008).

Ai fini di un buon mantenimento, l'umidità relativa dell'ambiente di stoccaggio deve essere tale da stabilizzare il contenuto di acqua delle arachidi a valori ottimali prossimi al 7%. Sopra al 65% di UR i semi tendono ad assorbire acqua; i conseguenti incrementi di a_w accelerano i fenomeni di inacidimento dell'olio e la suscettibilità allo sviluppo di muffe. Sperimentalmente è stato dimostrato che, a temperature comprese tra 30 e 40 °C, ad ogni incremento di 0,1 nei valori di a_w corrisponde una riduzione media del 50% nella shelf-life del prodotto. Le arachidi sgusciate e tostate assorbono acqua dall'ambiente di conservazione ad una velocità superiore a quella del prodotto fresco (Lee e Resurreccion, 2006). Lo stoccaggio dei semi ad una UR prossima o inferiore al 20% è allo stesso modo deleterio, in quanto può incrementare l'alterazione lipidica in maniera paragonabile ad una conservazione in condizioni di umidità elevata (Reed *et al.*, 2002) e rende il prodotto eccessivamente fragile.

Trattamenti pre-conservativi

La cura delle arachidi ha lo scopo di ridurre il tenore di umidità iniziale a valori inferiori almeno all'11%, al fine di limitare lo sviluppo di muffe e consentirne una conservazione duratura. Le arachidi sono normalmente curate in andane; vengono disposte per uno spessore massimo di 1,5 m all'interno di vagoni perforati, nei quali viene iniettata aria calda. La tem-

peratura di esercizio raccomandata è di 8-11 °C oltre quella ambientale, con l'accortezza di non superare i 35 °C per non incorrere in rischi di alterazioni organolettiche. Essiccature troppo veloci possono provocare la divisione dei cotiledoni ed indurre discolorazioni (Butts *et al.*, 2002).

Il pericolo di infestazioni può essere ridotto mediante stazionamento del prodotto a -18 °C per 24 ore; i fitofagi delle arachidi sono infatti per lo più di origine subtropicale e quindi scarsamente resistenti alle basse temperature.

Recentemente è stata dimostrata l'applicabilità dell'utilizzo di antiossidanti sintetici nell'estensione della shelf-life delle arachidi, quali: butilidrossianisolo (BHA o E320), butilidrossitoluene (BHT o E321) e propilparabeno (E217). I risultati mostrano una ritenzione di qualità nel prodotto ed un effetto di controllo sullo sviluppo fungino (Passone *et al.*, 2008).

Conservazione

Le arachidi stoccate a temperatura ambiente hanno dei tempi di mantenimento ridotti. I legumi in guscio sono eduli fino a 6 mesi di conservazione, che si riducono a 4 nel caso in cui siano dei semi sgusciati. In tali condizioni la *shelf-life* del prodotto può essere estesa soltanto attraverso il trattamento con fumiganti, con impatto negativo sulla salubrità dell'alimento (Woodroof, 1983).

La refrigerazione può prolungare la conservabilità delle arachidi non confezionate fino a 2 anni e vede le migliori condizioni di stoccaggio a temperature comprese tra 0 e 10 °C, ad una UR del 65%. In queste condizioni di temperatura il periodo di conservazione del prodotto sgusciato è pari a 9-18 mesi, quello dei semi in guscio può arrivare a 24 mesi, mentre le arachidi tostate si mantengono inalterate per 90 giorni se conservate ad una UR del 60% (Lee e Resurreccion, 2006).

Lo stoccaggio delle arachidi in gas inerti (N₂ e CO₂) aumenta la conservabilità del prodotto per un periodo di tempo prossimo a 12 mesi. L'atmosfera controllata (AC) non ha effetto sulla germinabilità delle arachidi, ma ne rallenta l'imbrunimento e l'irrancidimento; mantiene inoltre inalterato l'aroma della frazione grassa e dei prodotti trasformati da essa derivati (olio, burro, margarina). Le concentrazioni di gas utilizzate sono elevate, pari al 95-100%. La carenza di ossigeno e gli eccessi di azoto e/o anidride carbonica hanno un'azione fungistatica ed insetticida; la mortalità degli insetti è del 95% circa. Il mantenimento in AC estende la vita del prodotto fino a 2 anni se abbinato alla refrigerazione a 0-10 °C ed al confezionamento cosiddetto "bag-in-box" (Woodroof, 1983),

in cui il prodotto è sigillato in sacche di plastica o alluminio (*bag*), a loro volta inserite all'interno di scatole di cartone (*box*), allo scopo di facilitarne la trasportabilità e lo stoccaggio.

Il sottovuoto è un agevole sistema di conservazione e distribuzione, che riduce la necessità di ricorrere alla bassa temperatura per rallentare l'irrancidimento; mantiene inoltre l'umidità ad una soglia molto vicina a quella alla quale è stato confezionato, elimina virtualmente il problema degli insetti e degli attacchi dei roditori, protegge dai danni meccanici e reprime la germinabilità. La conservazione sottovuoto delle arachidi non tostate consiste nella disposizione del prodotto, precedentemente flussato con anidride carbonica, in confezioni *bag-in-box* ermeticamente sigillate a caldo. Per le arachidi tostate, in guscio e non, la conservazione sottovuoto è preferibile in contenitori di vetro o plastica rigida, data la maggior fragilità del prodotto.

Mandorle

Similarmente agli altri frutti ricchi in grassi, le mandorle richiedono particolari attenzioni durante la conservazione, legate all'alto contenuto di lipidi polinsaturi, alla contaminazione da AF e all'infestazione da insetti. Lo stoccaggio in guscio è tuttavia piuttosto agevole, in quanto il prodotto risulta efficacemente protetto dal contatto con agenti esterni.

La cultivar gioca un ruolo fondamentale nella conservazione delle mandorle. Il contenuto di tocoferoli, il quantitativo di perossidasi, la tipologia di grassi, ecc., sono tutti fattori dipendenti dalla varietà, dalle caratteristiche del terreno di coltura e dal clima della zona di coltivazione (García-Pascual *et al.*, 2003).

Le mandorle di qualità devono avere un kernel bianco e liscio, un aroma tipico ed un sapore pronunciato.

Trattamenti pre-conservativi

Immediatamente dopo la raccolta, il prodotto viene sottoposto a smallatura cui fa seguito l'essiccazione, ancor oggi eseguita per soleggiamento o tramite l'impiego di essiccatoi. Lo scopo è quello di ridurre il tenore di umidità a livelli prossimi a quelli ottimali. Il soleggiamento ha una durata di 3-4 giorni, in relazione al tempo atmosferico. La deumidificazione con essiccatoi richiede dalle 5 alle 8 ore a seconda della temperatura utilizzata (solitamente 70 °C). Dopo l'essiccazione e prima della conservazione, le mandorle in guscio possono essere sottoposte a disinfezione e disinfestazione, soprattutto nel caso di varietà particolarmente sensibili a patologie durante

la conservazione. Escludendo l'impiego di fumiganti, le comuni pratiche di controllo dei parassiti delle mandorle prevedono lo stazionamento del prodotto per alcuni giorni a temperature di -18/-20 °C o l'esposizione ad atmosfere povere di ossigeno ed arricchite di azoto e/o anidride carbonica. Negli ultimi anni è stato sperimentato l'impiego di raggi gamma (Sánchez-Bel *et al.*, 2008), che mantengono inalterate le caratteristiche organolettiche del prodotto fino a dosi di 3 kGy. Tuttavia, il quantitativo di perossidi è positivamente correlato con l'intensità del trattamento (Mexis *et al.*, 2009).

Conservazione

Il metodo classico di conservazione delle mandorle in guscio prevede la naturale disidratazione del prodotto ed il mantenimento a temperatura ambiente, fino al consumo o alla trasformazione industriale. In tali condizioni, i semi possono conservarsi anche per un anno senza mostrare cambiamenti significativi, mentre il prodotto tostato non è più edule dopo 6 mesi. Sono state osservate correlazioni positive tra incremento di perossidi e diminuzione di tocoferoli (García-Pascual *et al.*, 2003). Questo metodo di conservazione non è tuttavia ottimale, in quanto i rischi di alterazioni del prodotto sono elevati. I pericoli di decadimento qualitativo possono essere ridotti facendo ricorso ad alcuni accorgimenti, quali il confezionamento, l'AC e le basse temperature. La temperatura di conservazione ideale è compresa tra -3 e 0 °C, ma può essere estesa fino a 25 °C per brevi periodi. Il tenore di acqua del prodotto stoccato è del 4-7% per le mandorle sgusciate e del 5-8% per quelle in guscio. L'UR ideale è compresa tra il 65 ed il 70%. Il seme viene ottimamente conservato per 12 mesi se posto a temperatura compresa tra -3 e 0 °C ad una UR del 65-70%. Anon (2003) riporta la possibilità di stoccare le mandorle per periodi di tempo più lunghi, mantenendole a 0-5 °C ad una UR del 65%.

Il ricorso al confezionamento aumenta la *shelf-life* del prodotto. Se confezionate, le mandorle sgusciate e pelate presentano una *shelf-life* di 9 mesi. La conservabilità è estesa a 12 mesi nel caso in cui il prodotto venga mantenuto a 2 °C. Una conservazione superiore ai 9 mesi, a 4 °C di temperatura, può essere assicurata dal confezionamento in film metallico, con atmosfera interna alla confezione satura di azoto. L'utilizzo di assorbitori di ossigeno assicura la conservazione delle mandorle crude, intere o macinate, per un periodo superiore ai 12 mesi, rendendo la permeabilità del materiale utilizzato per il confezionamento, l'esposizione alla luce e la temperatura di stoccaggio parametri marginali (Mexis e Kontominas, 2010).

L'impiego di AC a basso tenore di ossigeno ritarda le alterazioni organolettiche, indipendentemente dalla temperatura di conservazione (Ledbetter e Palmquist, 2006).

Nocciole

I requisiti merceologici in base ai quali viene definita la qualità delle nocciole riguardano la forma, la resa allo sgusciato, l'umidità, il calibro, la pelabilità ed il contenuto in grassi. Anche la nocciola presenta le problematiche di conservazione tipiche della frutta secca, legate alla suscettibilità della componente grassa all'ossidazione (Seyhan *et al.*, 2007).

Una UR superiore al 70% porta il prodotto a riassorbire acqua dall'atmosfera, promuovendo l'acidimento idrolitico di natura enzimatica operato dalla lipasi, che liberando acidi grassi facilita i fenomeni di auto-ossidazione (Parcerisa *et al.*, 1997). Congiuntamente la polifenolossidasi, la cui attività dipende prevalentemente dalla varietà e dalla localizzazione geografica della zona di coltivazione, ossida le sostanze polifenoliche, determinando la comparsa di aree necrotiche sul frutto (Bonvehì e Rosù, 1996). Nelle nocciole il CWC è pari al 9,3%, oltre il quale il seme assume una consistenza gommosa (Martinez-Navarrete e Chiralt, 1999).

Come per tutta la frutta secca, la contaminazione fungina vede in prima linea le muffe del genere *Aspergillus* (Mexis e Kontominas, 2009). Tuttavia, a causa del basso contenuto in umidità relativa delle nocciole (6-7%), lo sviluppo di muffe è abbastanza raro ed è per lo più provocato da una inadeguata conservazione. Oltre ad una elevata UR nell'ambiente di stoccaggio, tra le cause favorevoli gli ammuffimenti si elencano: l'eccessiva umidità dei frutti, la scarsa ventilazione e l'inadeguata temperatura di conservazione; svolge un ruolo importante anche la presenza di danni da insetto (*Curculio nucum*, *Gonocerus acuteangulatus*, ecc.).

Trattamenti pre-conservativi

Le nocciole non necessitano di particolari pratiche pre-conservative. Se non sono destinate al consumo fresco, una volta raccolte sono indirizzate alla pulitura a secco e ad un'eventuale essiccazione, con la quale il tenore di umidità viene portato a valori prossimi al 7%.

Con lo scopo di inibire lo sviluppo fungino, sulle nocciole sono state sperimentate tecniche di irradiazione gamma. È stato rilevato che dosi inferiori a 1,5 kGy non causano cambiamenti significativi negli attributi sensoriali dei frutti, ma per contro aumentano il contenuto in perossidi proporzionalmente alla dose adoperata (Mexis e Kontominas, 2009).

Conservazione

Le nocciole possono essere conservate con o senza guscio, allo stato fresco o essiccato. Solitamente sono stoccate sgusciate e semidisidratate, in quanto destinate all'industria dolciaria. Sono caratterizzate da un basso tenore di umidità residua ed un'attività respiratoria molto debole anche a temperatura ambiente; mantengono pertanto un'ottima serbevolezza se adeguatamente conservate. Lo stoccaggio deve essere eseguito in contenitori e cataste che consentano il ricircolo di aria, utile a mantenere omogenei i livelli di temperatura ed umidità: in media sono sufficienti 20-30 ricircoli per ora per un minimo di 4-6 ore al giorno, eseguiti ad intervalli regolari.

Le nocciole in guscio possono essere conservate all'aria per 3-4 mesi a 3-5 °C ed a una UR del 50-70% o per 5-6 mesi nelle medesime condizioni di umidità, ma ad una temperatura inferiore (1-2 °C). Per periodi di conservazione prolungati è consigliabile il ricorso ad ambienti impoveriti di O₂ (tenori inferiori all'1%). L'abbinamento della bassa temperatura con gas inerti estende ulteriormente la conservabilità del prodotto. Nello specifico, l'azoto preserva la qualità delle nocciole ad un livello discreto, anche a 20 °C (Mencarelli *et al.*, 2007). La conservazione in AC permette di estendere la shelf-life del prodotto sgusciato a 14 mesi, nelle seguenti condizioni: UR 55-60%; O₂ inferiore all'1%; CO₂ pari a 0-0,3%; N₂ circa 99%.

Poste all'interno di buste o big-bag (sacche con volumi di capienza molto elevata, dell'ordine di 500-1.000 kg), le nocciole possono essere mantenute sottovuoto per 9 mesi a 3-4 °C, previo flussaggio con azoto e successiva termosaldatura delle confezioni. Nel caso di conservazione a temperatura ambiente, la durata della *shelf-life* è ridotta a 7 mesi. I contenitori adoperati per il sottovuoto assicurano un ottimo isolamento dall'ambiente esterno e sono generalmente composti dal semplice materiale plastico o dalla sovrapposizione di più strati di materiale differente (es. polietilene, nylon ed alluminio).

Il prodotto sgusciato e congelato a -18/-20 °C può essere conservato per periodi prossimi ai 12 mesi. Tra tutti i sistemi di stoccaggio presi in esame, le migliori caratteristiche qualitative sono assicurate dalla conservazione in ambiente refrigerato, sottovuoto.

Noci

Le noci di buona qualità sono caratterizzate da una grande pezzatura, da un endocarpo sottile e da una colorazione chiara. Il deterioramento ed il danneggiamento del prodotto durante la raccolta, il trasporto e

la conservazione, sono causati da insetti, funghi ed umidità (Singh e Shukla, 2008). I fitofagi che comunemente infestano le noci sono la *Cydia pomonella* L., la *Amyelois transitella* Walker e la *Plodia interpunctella* Hübner; i parassiti in questione alterano la qualità del prodotto nutrendosene, tessendo delle tele all'interno dell'endocarpo e promuovendo il proliferare di muffe (Wang *et al.*, 2001; Mitcham *et al.*, 2004).

La raccolta deve essere portata a termine il prima possibile, in quanto le noci mature cadute a terra sono molto ricche in acqua, principalmente in forma libera (elevata a_w). In tale fase, per azione della luce e del conseguente riscaldamento, il prodotto è fortemente soggetto ad irrancidimento. È stato evidenziato che la luce è una delle principali responsabili dell'alterazione ossidativa: nelle noci mantenute al buio, Jensen *et al.* (2001) hanno rilevato un drastico rallentamento nei fenomeni di ossidazione lipidica, nonostante il mantenimento ad atmosfera ambiente.

Successivamente alla raccolta, le noci devono essere poste immediatamente ad asciugare per evitare alterazioni, sviluppo di muffe ed annerimento della mandorla per azione dei tannini (López *et al.*, 1995). Il grado di essiccamento a cui il prodotto è sottoposto dipende dal Paese di commercializzazione. L'umidità alla vendita delle noci essiccate è solitamente variabile tra l'8% ed il 12%, mentre il prodotto fresco ha un contenuto in acqua del 30% circa.

Le noci non devono essere mantenute per lunghi periodi di tempo a temperature superiori a 10 °C. La prolungata esposizione a calori eccessivi (30-40 °C) ne accelera drasticamente l'irrancidimento, così come lo stoccaggio in ambienti sia troppo umidi (UR > 70%) che troppo asciutti (UR < 40%). L'incremento di acidità nel prodotto è associato alla comparsa di sapori sgradevoli, tra cui talvolta il sentore di sapone (Wang *et al.*, 2001). Per assicurare una corretta conservazione delle noci, è d'obbligo che la loro umidità non scenda mai al disotto del 3,5% (López *et al.*, 1995).

Trattamenti pre-conservativi

La lavorazione delle noci appena raccolte prevede una pre-pulitura a secco, cui fanno seguito la smaltatura, il lavaggio e/o la sbiancatura con ipoclorito di sodio (NaClO) o anidride solforosa (SO₂).

Prima della conservazione, le noci sono epurate dalla presenza dei fitofagi mediante un trattamento ipertermico di disinfestazione. Le pratiche convenzionali consistono nel riscaldare le noci con aria o acqua calda (Tang *et al.*, 2000). Tra i due, il trattamento con acqua è il più efficace, anche se per assicurare una totale mortalità dei parassiti entrambi i metodi espon-

gono il prodotto al calore per periodi prolungati, con conseguente perdita di qualità (Wang *et al.*, 2001).

Le radio frequenze (RF) sono una tecnica alternativa di disinfestazione che si basa sulla conversione dell'energia elettromagnetica in termica. In soli 5 minuti la temperatura del gheriglio raggiunge i 55 °C, assicurando una mortalità degli insetti del 100% e riducendo lo sviluppo di microrganismi (Wang *et al.*, 2002). La velocità con la quale viene eseguito il trattamento mantiene inalterate le caratteristiche qualitative del prodotto (Tang *et al.*, 2000). L'utilizzo delle RF ha anche il vantaggio di ridurre in parte l'umidità delle noci (Mitcham *et al.*, 2004), agevolando le successive pratiche di essiccamento.

L'essiccazione delle noci richiede dalle 4 alle 6 ore a 50-55 °C ed è eseguita soltanto se il prodotto è destinato al consumo come frutta secca. Il trattamento è lento a causa della sacca d'aria interna all'endocarpo, la cui azione isolante ostacola la diffusione del calore (Wang *et al.*, 2002). L'operazione è condotta generalmente in tunnel ad aria forzata.

Al fine di ridurre lo sviluppo fungino, sono state anche sperimentate tecniche di irradiazione gamma. Il trattamento è eseguito a 15-18 °C ad una UR del 50-70%; non causa cambiamenti significativi nella composizione chimica, non ha effetti sull'aroma e sul sapore ed è efficace contro lo sviluppo delle muffe. Tuttavia, esposizioni ad alte dosi (superiori a 1,5 kGy) hanno effetti negativi sulla qualità sensoriale del prodotto, oltre i 12 mesi di conservazione (Al-Bachir, 2004).

Conservazione

La conservazione di noci in guscio non essiccate, destinate al consumo fresco, viene effettuata in ambienti refrigerati a 8-10 °C per un periodo non superiore a 15 giorni, ponendo il prodotto in contenitori idonei (bin, casse, sacchetti, cartoni, ecc), puliti e privi di inquinanti che possano alterarne le caratteristiche organolettiche. Il tenore di umidità del prodotto fresco è superiore al 20%.

Le noci destinate al consumo come frutta secca devono avere un'umidità del gheriglio dell'8% circa. La conservazione delle noci essiccate viene fatta in ambiente asciutto, aerato e con bassa illuminazione. Il prodotto non confezionato viene stipato in bin o big-bag. Nel caso di confezionamento si ricorre all'utilizzo di cartoni, sacchi o sacchette.

Il periodo di conservazione delle noci essiccate è funzione delle condizioni di temperatura ed umidità di stoccaggio. Il mantenimento per un periodo di 6-12 mesi è assicurato da una temperatura di 8-10 °C ad una UR del 60-70%. Periodi di conservazione superio-

ri ad un anno sono ottenibili a temperature comprese tra -3 e 0 °C (López *et al.*, 1995).

Se il prodotto è confezionato si ottengono ottimi risultati di conservazione a temperature di 11 °C o inferiori, in combinazione ad assorbitori di ossigeno. Alternativamente, il confezionamento a bassa permeabilità all'ossigeno, abbinato al flussaggio con azoto, permette di conservare le noci per 13 mesi (Jensen *et al.*, 2003).

Pinoli

I pinoli presentano le stesse problematiche di conservazione già viste per l'altra frutta secca; essendo particolarmente ricchi in acidi grassi polinsaturi, sono fortemente sottoposti al rischio di irrancidimento ed al conseguente deterioramento della qualità organolettica. Le migliori condizioni di mantenimento prevedono il controllo dei parametri di stoccaggio quali temperatura ed umidità, limitando l'esposizione alla luce ed all'ossigeno.

Lo sviluppo di muffe e l'infestazione da insetti rappresentano dei fattori di rischio anche per la qualità dei pinoli.

Trattamenti pre-conservativi

Il prodotto è sottoposto al solo lavaggio, se destinato alla conservazione in guscio. Per i pinoli sgusciati, alla rottura del guscio segue la separazione dei semi per immersione in soluzione salina (Peruzzi *et al.*, 1998). Immediatamente dopo la cernita, il prodotto è lavato ed asciugato in essiccatoi che raggiungono temperature prossime ai 90 °C, riducendo l'umidità dei pinoli sino a tenori del 5-6%.

Anche su pinoli sono state sperimentate tecniche di irradiazione con raggi gamma al fine di ridurre lo sviluppo microbico, preservando la qualità e la salubrità dell'alimento. Il trattamento aumenta il quantitativo di perossidi proporzionalmente alla dose adoperata, mentre non ha effetto sulle caratteristiche fisiche (consistenza e colore), sulla composizione degli acidi grassi e sugli attributi di qualità sensoriale (Gölge e Ova, 2008).

Conservazione

I pinoli possono essere conservati sia sgusciati che interi. La buona pratica di conservazione prevede lo stoccaggio in ambienti privi di odori estranei, al buio, ad una temperatura compresa tra 0 e 3 °C ed a una UR non superiore al 65%. In queste condizioni il prodotto sgusciato può essere stipato in sacchi o cartoni dal volume variabile (5-25 kg) per un periodo di circa 12 mesi, che sale a 18 mesi nel caso in

cui si ricorra al sottovuoto. In alternativa, il packaging prevede la sigillatura per termosaldatura delle confezioni (1-5 kg), previo flussaggio con azoto al fine di ridurre il tenore di O₂ a quantità inferiori all'1%.

Pistacchi

Anche i pistacchi, se coltivati in condizioni che espongono la pianta a grandi stress e se malamente ripuliti dal mallo e/o conservati a temperature ed umidità non idonee, possono risultare contaminati da AF (Marín *et al.*, 2008). Per ridurre al minimo la possibilità di sviluppo di muffe, responsabili tra l'altro della comparsa di macchie sul guscio del prodotto stesso, è importante operare la rimozione del mallo il più velocemente possibile.

Il prodotto stoccato è suscettibile all'attacco di acari, scarafaggi e lepidotteri come la *Amyeloides transitella*, se non conservato a bassa temperatura ed in condizioni igieniche adeguate.

I pistacchi appena raccolti hanno un contenuto in acqua compreso tra il 40 ed il 50% e vengono essiccati ad un tenore di umidità del 5% al fine di incrementarne la *shelf-life*. Alla rimozione del guscio e del tegumento, una colorazione verde brillante del seme è indice di un prodotto fresco e ben conservato.

Trattamenti pre-conservativi

Prima di essere stoccati e conservati, i pistacchi sono sottoposti ad una serie di lavorazioni in relazione alla destinazione d'uso del prodotto, alcune delle quali atte ad estenderne la *shelf-life*. Essenziale e tempestiva è la rimozione del mallo per abrasione, che richiede dai 3 ai 5 minuti di esecuzione. I semi sono successivamente lavati in acqua, al fine di rimuovere i residui di mallo che possono alterare l'aspetto qualitativo dei pistacchi, con comparsa sul guscio di macchie scure dovute a contaminazione fungina. Al momento del lavaggio, i pistacchi fluttuanti vengono scartati in quanto guasti o vuoti. Segue la fase di essiccazione dei semi, che tradizionalmente era eseguita al sole. Con questo sistema, il tempo necessario affinché i pistacchi raggiungessero l'umidità desiderata era di 3-4 giorni, in relazione alla temperatura ambientale. Oggi l'asciugatura dei semi è operata in correnti forzate di aria calda ad una temperatura di 70-90 °C ed impiega dalle 5 alle 10 ore per ridurre l'umidità del prodotto fino a circa il 5%. Trattamenti a temperature prossime ai 90 °C, benché più veloci, sottopongono i semi al rischio di separazione del guscio e possono indurre alterazioni organolettiche a scapito del sapore.

Il controllo sull'infestazione da insetti è attuabile mantenendo il prodotto in congelatore per alcuni giorni. Alternativamente è possibile far ricorso all'atmosfera modificata, ponendo i semi in ambienti saturi di azoto (poveri in ossigeno) o arricchiti di anidride carbonica fino al 60% (Kader e Maranto, 1985). I trattamenti esposti uccidono i fitofagi senza alterare qualitativamente i semi.

Conservazione

La *shelf-life* dei pistacchi è massimizzata quando il prodotto raggiunge un'umidità del 5%. È essenziale quindi che le condizioni di UR dell'ambiente di conservazione siano tali da impedire il riassorbimento di acqua dall'aria. L'equilibrio è raggiunto ad una UR del 65%, considerata ottimale.

La temperatura di stoccaggio ideale per una conservazione a lungo termine è 0°C. Valori superiori (fino a 25-30° C) sono ammissibili per brevi tempi o nelle fasi di trasporto del prodotto per piccoli tratti. Nel caso di conservazione per periodi più prolungati, la temperatura non deve superare i 10 °C (Marín *et al.*, 2008). In ambiente ventilato e con UR del 65%, i pistacchi possono essere conservati per 12 mesi a 20 °C, 18 mesi a 10 °C e per 24 mesi a 0 °C, con deterioramenti minimi nella qualità.

L'impiego della AC con tenori di CO₂ del 98% migliora la conservabilità del prodotto, specialmente alle basse temperature (Maskan e Karatas, 1999).

I pistacchi possono essere stoccati in polysack, sacche di iuta ed in casse di legno o cartone.

Conclusioni

La frutta secca è un alimento altamente nutritivo, la cui inclusione in una dieta costituisce un'ottima fonte di antiossidanti fenolici ed altri fitochimici, potenzialmente utili al benessere dell'organismo ed al mantenimento della salute umana. Le sue problematiche di conservazione riguardano principalmente l'irrancidimento dei grassi, la crescita di muffe (*Aspergillus*) produttrici di aflatossine e l'infestazione da insetti. La contaminazione da Aspergilli può avvenire in vari stadi del ciclo produttivo compresa la crescita in campo, ma soprattutto può insorgere durante la conservazione in condizioni non igieniche, in ambienti scarsamente ventilati, caldi e umidi. Se la presenza di aflatossine è un problema di salute pubblica, in quanto sono tra i più potenti cancerogeni e teratogeni che si conoscano, il controllo sull'irrancidimento dei lipidi è di vitale importanza ai fini qualitativi, in quanto l'alterazione ossidativa non solo deteriora irreversibilmente i caratteri organolettici, ma è

anche causa di scadimento nutrizionale (perdita di acidi grassi essenziali e vitamina E) e salutistico (distruzione di antiossidanti preziosi e deleterio accumulo di radicali liberi e perossidi). Per questi motivi sarebbero da prediligere le varietà naturalmente più resistenti al deterioramento ossidativo, in quanto provviste di una cospicua quantità di antiossidanti (specie tocoferoli e composti fenolici) ed aventi una componente lipidica più ricca di acidi grassi monoinsaturi, a scapito dei poliinsaturi. Purtroppo ricerche ad ampio raggio finalizzate all'individuazione di cultivar specifiche, dotate di tali caratteristiche, non sono state ancora improntate.

Il basso tenore di umidità e quindi la limitata a_w rendono la frutta secca un alimento ben conservabile, in condizioni idonee, per periodi di tempo piuttosto lunghi (anche qualche anno) senza necessità di ricorrere a trattamenti chimici o all'ausilio di conservanti. Il mantenimento a temperatura ambiente è possibile, ma solo per brevi periodi; le temperature ottimali di stoccaggio sono in generale comprese tra 0 e 10 °C. La frutta secca si presta anche al congelamento (-18/-20 °C). Il ricorso all'atmosfera controllata ed il confezionamento sottovuoto consentono di prolungare la conservabilità per periodi di tempo superiori a quelli ottenibili con la sola refrigerazione. In ogni caso è essenziale che gli ambienti di stoccaggio siano assolutamente puliti, ben areati, al riparo della luce e privi della presenza di qualsiasi possibile contaminante.

Il contenuto ideale di acqua in fase di conservazione varia da prodotto a prodotto. Il superamento del CWC e una a_w elevata o, al contrario, un'eccessiva disidratazione, sono comunque deleteri. L'umidità relativa ottimale nell'ambiente di stoccaggio è in genere compresa tra il 65 ed il 70%.

In passato la lotta ai fitofagi ed alla contaminazione fungina è stata condotta mediante l'ausilio di fumiganti, talvolta adoperati anche in post-raccolta sul prodotto stoccato. Ad oggi ambienti poveri di ossigeno ($O_2 < 1\%$), ottenuti per miscela di anidride carbonica ed azoto o mediante l'impiego di assorbitori di ossigeno, sono in grado di controllare efficacemente lo sviluppo di muffe ed insetti, rendendo inutili i trattamenti chimici. Anche shock termici a temperature di congelamento (-18 °C) sono impiegati con successo. Nei magazzini di stoccaggio è consigliabile il monitoraggio dei fitofagi mediante il ricorso a trappole.

Trattamenti fisici alternativi per il controllo dei parassiti prevedono l'uso dei raggi gamma e delle radio frequenze. I raggi gamma, in particolare, hanno recentemente fornito risultati molto interessanti, rivelando ottime potenzialità di impiego; resta comunque

da valutare più approfonditamente l'entità dell'impatto negativo, dose-dipendente, esercitato sulla componente grassa dei prodotti, risultata sensibile al trattamento.

Riassunto

La frutta secca in guscio è caratterizzata da un elevato valore energetico per unità di peso, in quanto povera di acqua e ricca in olio. È un alimento altamente nutritivo ma anche salutare, grazie alla presenza di preziosi composti nutraceutici. I principali problemi di conservazione riguardano: l'irrancidimento della frazione grassa; la contaminazione da aflatoxine; le infestazioni da parte di insetti. Data la bassa umidità, si conserva per tempi piuttosto estesi controllando adeguatamente umidità e temperatura di conservazione, eventualmente facendo ricorso all'atmosfera modificata. Trattamenti fisici quali shock termici a -18°C o esposizione a raggi gamma e radio frequenze sono stati sperimentati con successo nel controllo dei parassiti.

Parole chiave: umidità relativa, atmosfera controllata, nutraceutici, fitochimici, stoccaggio.

Bibliografia

- ADAM-PERROT A., CLIFTON P., BROUNS F., 2006. *Low carbohydrate diets: nutritional and physiological aspects*. Obesity Review 7: 49-58.
- ALASALVAR C., SHAHIDI F., 2009. *Tree nuts: composition, phytochemicals, and health effects: an overview*. In: Tree nuts: composition, phytochemicals and health effects. Alasalvar C. e Shahidi F. ed., CRC Press., Taylor & Francis Group, Boca Raton, pag. 5.
- AL-BACHIR M., 2004. *Effect of gamma irradiation on fungal load, chemical and sensory characteristics of walnuts (Juglans regia L.)*. J. Stored Prod. Res. 40: 355-362.
- ANDERSON J.W., SMITH B.M., GUSTAFSON N. J., 1994. *Health benefits and practical aspects of high-fiber diets*. Am. J. Clin. Nutr. 59 (Suppl.): 1242S-1247S.
- ANON, 2003. *The Almond Board of California. "Tips for Technologists" Brochure (PDF)*. <http://www.almondsarein.com/manufacturers/files/tip.pdf>.
- 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.
- AWAD A.B., BRADFORD P.G., 2005. In "Nutrition and Cancer Prevention". CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
- BLOMHOFF R., CARLSEN M.H., ANDERSEN L.F., JACOBS, D.R. JR, 2006. *Health benefits of nuts: potential role of antioxidants*. Br. J. Nutr. 96 (Suppl. 2): S52-S60.
- BONVEHÌ J.S., ROSÚA N.S., 1996. *Enzymatic activities in the varieties of the hazelnut (Corylus Avellana L.) grown in Tarragona, Spain*. Food Chem. 56: 39-44.
- BRUFAU G., BOATELLA J., RAFECAS M., 2006. *Nuts: source of energy and macronutrients*. Br. J. Nutr. 96 (Suppl. 2): S24-S28.
- BUTTS C.L., WILLIAMS E.J., SANDERS T.H., 2002. *Algorithms for automated temperature controls to cure peanuts*. Postharvest

- Biol. Technol. 24: 309-316.
- CONTINI M., BACCELLONI S., MASSANTINI R., ANELLI, A., 2008. *Extraction of natural antioxidants from hazelnut (Corylus avellana L.) shell and skin by-products by long maceration at room temperature.* Food Chem. 110: 659-669.
- DUMLER F., 2009. *Dietary sodium intake and arterial blood pressure.* J. Renal Nutr. 19(1): 57-60.
- EATON D.L., GROOPMAN, J.D., 1994. *The toxicology of aflatoxins, human health, veterinary and agricultural significance.* Academic Press, San Diego CA.
- GARCÍA-PASCUAL P., MATEOS M., CARBONELL V., SALAZAR D.M., 2003. *Influence of Storage Conditions on the Quality of Shelled and Roasted Almonds.* Biosyst. Eng. 84 (2): 201-209.
- GÖLGE E., OVA G., 2008. *The effects of food irradiation on quality of pine nut kernels.* Radiat. Phys. Chem. 77: 365-369.
- GU L., KELM M.A., HAMMERSTONE J.F., BEECHER G., HOLDEN J., HAYTOWITZ D., GEBHARDT S., PRIOR R.L., 2004. *Concentrations of proanthocyanidins in common foods and estimations of normal consumption.* J. Nutr. 134: 613-617.
- JENSEN P.N., SORENSEN G.B., BROCKHOFF P., BERTELSEN G., 2003. *Investigation of packaging systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers.* J. Agr. Food Chem. 51: 4941-4947.
- JENSEN P.N., SORENSEN G., ENGELSEN S.B., BERTWILSEN G., 2001. *Evaluation of quality in walnut kernels (Juglans regia L.) by Vis/NIR spectroscopy.* J. Agr. Food Chem. 49: 5790-5796.
- KADER A.A., MARANTO J., 1985. *Postharvest handling of pistachio nuts on a small scale.* University of California, Cooperative Extension.
- KRIS-ETHERTON P.M., YU-POTH S., SABATÉ J., RATCLIFFE H.E., ZHAO G., ETHERTON T.D., 1999. *Nuts and their bioactive constituents: effects on serum lipids and other factors that affect disease risk.* Am. J. Clin. Nutr. 70 (Suppl.): 504S-511S.
- LEDBETTER C.A., PALMQUIST D.E., 2006. *Degradation of almond pellicle color coordinates at different storage temperatures.* Postharvest Biol. Technol. 40: 295-300.
- LEE C.M., RESURRECCION A.V.A., 2006. *Consumer acceptance of roasted peanuts affected by storage temperature and humidity conditions.* LWT - Food Sci. Tech. 39: 872-882.
- LÓPEZ A., PIQUE M.T., ROMERO A., ALETA N., 1995. *Influence of cold-storage conditions on the quality of unshelled walnuts.* Int. J. Refrigeration 18(8): 544-549.
- 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.
- MARÍN S., HOD IC I., RAMOS A.J., SANCHIS V., 2008. *Predicting the growth/no-growth boundary and ochratoxin A production by Aspergillus carbonarius in pistachio nuts.* Food Microbiol. 25: 683-689.
- MARTINEZ-NAVARRETE N., CHIRALT A., 1999. *Water diffusivity and mechanical changes during hazelnut hydration.* Food Res. Int. 32: 447-452.
- MASKAN M., KARATA P., 1999. *Storage stability of whole-split pistachio nuts (Pistachia vera L.) at various conditions.* Food Chem. 66: 227-233.
- MATTES R.D. 2008. *The energetics of nut consumption.* Asia Pacific J. Clin. Nutr. 17: 337-339.
- MENCARELLI F., 2004. *Postharvest handling and storage of chestnuts- Compendium, FAO, InPhO.* <http://www.fao.org/inpho/isma?m=library&txt=Chestnut&i=INPhO&p=SimpleSearchFrame&lang=en&n=3>.
- MENCARELLI F., FORNITI R., FARDELLI A., DESANTIS D., VALENTINI M., SEQUI P., 2007. *Atmosfera inerti e temperatura nella conservazione delle nocciole essiccate.* Ricerche e innovazioni nell'industria alimentare. Volume VIII. Atti dell'8° Congresso Italiano di Scienza e Tecnologia degli Alimenti (CISETA), RHO (MI), 7-8 Maggio.
- MEXIS S.F., BADEKA A.V., CHOULIARA E., RIGANAKOS K.A., KONTOMINAS M.G., 2009. *Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of raw unpeeled almond kernels (Prunus dulcis).* Innovative Food Sci. Emerging Technol. 10: 87-92.
- MEXIS S.F., KONTOMINAS M.G., 2009. *Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of hazelnuts (Corylus avellana L.).* Radiat. Phys. Chem. 78: 407-413.
- MEXIS S.F., KONTOMINAS M.G., 2010. *Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage conditions on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (Prunus dulcis).* LWT - Food Sci. Technol. 43: 1-11.
- MITCHAM E.J., VELTMAN R.H., FENG X., DE CASTRO E., JOHNSON J.A., SIMPSON T.L., BIASI W.V., WANG S., TANG J., 2004. *Application of radio frequency treatments to control insects in in-shell walnuts.* Postharvest Biol. Technol. 33: 93-100.
- OZAY G., SEYHAN F., PEMBECCI C., SAKLAR S., YILMAZ A., 2008. *Factors influencing fungal and aflatoxin levels in Turkish hazelnuts (Corylus avellana L.) during growth, harvest, drying and storage: a 3-year study.* Food Add. and Contam., 25(2): 209-218.
- OZAY G., SEYHAN F., YILMAZ A., WHITAKER T.B., SLATE A.B., GIESBRECHT F.G., 2007. *Sampling hazelnuts for aflatoxin: effect of sample size and accept/reject limit on reducing the risk of misclassifying Lots.* J. AOAC Int. 90(4): 1028-1035.
- PARCERISA J., RICHARDSON D.G., RAFECAS M., CODONY R., BOATELLA J., 1997. *Fatty acid distribution in polar and nonpolar lipid classes of hazelnut oil (Corylus avellana L.).* J. Agr. Food Chem. 45: 3887-3890.
- PASSONE M.A., FUNES G.J., RESNIK S.L., ETCHEVERRY M.G., 2008. *Residue levels of food-grade antioxidants in postharvest treated in-pod peanuts during five months of storage.* Food Chem. 106: 691-697.
- PATTEE H.E., YOUNG C.T., PEARSON J.L., SINGLETON J.A., GIESBRECHT F.G., 1982. *Storage and moisture effects on peanut composition and roasted flavor.* Peanut Sci. 9: 98-101.
- PERUZZI A., CHERUBINI P., GORRERI L., CAVALLI S., 1998. *Le pinete e la produzione dei pinoli dal passato ai giorni nostri, nel territorio del Parco di Migliarino, S. Rossore, Massaciuccoli.* Ente Parco Regionale Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli.
- PHILLIPS K.M., RUGGIO D.M., ASHRAF-KHORASSANI M., 2005. *Phytosterol Composition of nuts and seeds commonly consumed in the United States.* J. Agr. Food Chem. 53: 9436-9445.
- REED K.A., SIMS C.A., GORBET D.W., O'KEEFE S.F., 2002. *Storage water activity affects flavor fade in high and normal oleic peanuts.* Food Res. Int. 35: 769-774.
- SÁNCHEZ-BEL P., EGEA I., ROMOJARO F., MARTÍNEZ-MADRID M.C., 2008. *Sensorial and chemical quality of electron beam irradiated almonds (Prunus amygdalus).* LWT - Food Sci. Technol. 41: 442-449.
- SEYHAN F., OZAY G., SAKLAR S., ERTAS E., SATIR G., ALASALVAR C., 2007. *Chemical changes of three native Turkish hazelnut varieties (Corylus avellana L.) during fruit development.* Food Chem. 105: 590-596.
- SINGH P.K., SHUKLA A.N., 2008. *Survey of mycoflora counts, aflatoxin production and induced biochemical changes in walnut kernels.* J. Stored Prod. Res. 44: 169-172.
- TALCOTT S.T., DUNCAN C.E., DEL POZO-INSFRAN D., GORBET D.W., 2005. *Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleic acid peanuts.* Food Chem. 89: 77-84.
- TANG J., IKEDIALA J.N., WANG S., HANSEN J.D., CAVALIERI R., 2000. *High-temperature-short-time thermal quarantine methods.* Postharvest Biol. Technol., 21: 129-145.
- TOKUSOGLU Ö., ÜNAL M.K., YEMIS F., 2005. *Determination of the phytoalexin resveratrol (3,5,4'-Trihydroxystilbene) in peanuts and pistachios by high-performance liquid chromatographic*

- diode array (HPLC-DAD) and gas chromatography-mass spectrometry (CG-MS). *J Agric. Food Chem.* 53: 5003-5009.
- THOMPSON G.R., GRUNDY S.M., 2005. *History and development of plant sterol and stanol esters for cholesterol-lowering purposes.* *Am. J. Cardiol.* 96 (Suppl. 1): 3S-9S.
- THOMPSON L.U., BOUCHER B.A., LIU Z., COTTERCHIO M., KREIGER N., 2006. *Phytoestrogen content of foods consumed in Canada, including isoflavones, lignans, and coumestrol.* *Nutr. and Cancer* 54: 184-201.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA), 2004. *Database for the Proanthocyanidin Content of Selected Foods.* www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA), 2006. *Database for the Flavonoid Content of Selected Foods, Release 2.* www.ars.usda.gov/nutrientdata.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA), 2009. *National Nutrient Database for Standard Reference, Release 22.* www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search.
- VAN HA H., POKORNY J., SAKURAI H., 2007. *Peanut skin antioxidants.* *J Food Lipids* 14(3): 298-314.
- VENKATACHALAM M., SATHE S.K., 2006. *Chemical composition of selected edible nut seeds.* *J. Agr. Food Chem.* 54: 4705-4714.
- WANG S., IKEDIALA J.N., TANG J., HANSEN J.D., MITCHAM E., MAO R., SWANSON B., 2001. *Radio frequency treatments to control codling moth in in-shell walnuts.* *Postharvest Biol. Technol.* 22: 29-38.
- WANG S., TANG J., JOHNSON J.A., MITCHAM E., HANSEN J.D., CAVALIERI R.P., BOWER J., BIASI B., 2002. *Process protocols based on radio frequency energy to control field and storage pests in in-shell walnuts.* *Postharvest Biol. Technol.* 26: 265-273.
- WIJERATNE S.S.K., AMAROWICZ R., SHAHIDI F., 2006. *Antioxidant activity of almonds and their by-products in food model systems.* *J. Am. Oil Chem. Soc.* 83: 223-230.
- WELLS B. J., MAINOUS A.G., EVERETT C.J., 2005. *Association between dietary arginine and C-reactive protein.* *Nutr.* 21: 125-130.
- WOODROOF J.G., 1983. *Peanuts: Production, Processing, Products.* Avi Publishing Company.
- WU X. BEECHER G.R., HOLDEN S.M., HAYTOWITZ D.B., GEBHARDT S.E., PRIOR R.L., 2004. *Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States.* *J. Agric. Food Chem.* 52: 4026-4037.