



Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio
Spoleto

Collana divulgativa dell'Accademia

Volume II

CICLO DI SVILUPPO DEL FRUTTO



A cura di
Agostino Tombesi e Riccardo Gucci

Realizzato nell'ambito del progetto "Ricerca ed Innovazione per l'Olivicoltura Meridionale", finanziato dal MiPAAF



Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio
Spoleto

Collana divulgativa dell'Accademia

Volume II

CICLO DI SVILUPPO DEL FRUTTO

A cura di

Agostino Tombesi* e Riccardo Gucci**

* Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali
Università di Perugia
Via Borgo XX giugno, 72
06100 Perugia

E-mail:

**Dipartimento di Coltivazione e Difesa delle Specie Legnose “ G. Scaramuzzi”
Università di Pisa
Via Del Borghetto, 80
56124 Pisa

E-mail: rgucci@agr.unipi.it

Realizzazione editoriale
Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio
Palazzo Ancajani - Piazza della Libertà, 12
06049 Spoleto (PG)
Tel/ Fax 0743-223603 – e-mail: andulivo@virgilio.it

Realizzato nell'ambito del progetto “Ricerca ed Innovazione per l'Olivicoltura Meridionale”, finanziato dal MiPAAF

ISSN 2281-4930

Publicato online nel mese di ottobre 2011

PREFAZIONE

Sono trascorsi cinquanta anni dalla fondazione dell'Accademia Nazionale dell'Olio e dell'Olio. Cinquanta anni che hanno visto alla sua guida personaggi, di cui alcuni, purtroppo, non più presenti tra noi, che attraverso i loro alti comportamenti etici, morali, politici e professionali hanno realizzato le strutture portanti dell'Accademia e dato lustro alle attività svolte.

L'attuale Consiglio Accademico, per celebrare questo importante traguardo, ha deciso, in linea anche con gli obiettivi del "Progetto Network", di realizzare una Collana dell'Accademia, sottoforma di opuscoli, riguardante tutta la filiera produttiva e commerciale dell'olio extravergine di oliva. Sono state individuate numerose tematiche, affrontate alla luce dei più recenti aggiornamenti scientifici e tecnici sia per minimizzare i costi produttivi, sia per ottimizzare la qualità e la sua valorizzazione sui mercati.

In questa direzione notevole enfasi è stata data ai nuovi modelli d'impianto, alle tecniche colturali, alle prospettive della genomica, alle tecnologie di trasformazione, alla valorizzazione dei sottoprodotti, agli aspetti di medicina preventiva e salutistica, alla gestione economica aziendale ed alle strategie di marketing. Nella scrittura degli opuscoli si è cercato di utilizzare una forma divulgativa, ma al tempo stesso rigorosa nei termini scientifici utilizzati.

In ogni opuscolo sono fornite tutte le indicazioni necessarie per contattare, per eventuali approfondimenti, gli Autori.

Gianfrancesco MONTEDORO
Presidente Accademia Nazionale
dell'Olio e dell'Olio

CICLO DI SVILUPPO DEL FRUTTO

Indice

	Pagina
Abstract	2
1. Premessa	3
2. Struttura del frutto	3
3. Valutazione commerciale dei costituenti	4
4. Fasi di sviluppo del frutto	4
5. Composizione chimica: sostanze grasse, carboidrati, fenoli, proteine, pigmenti	5
6. Metabolismo: respirazione, fotosintesi	9
7. Accrescimento del frutto	11
8. Controllo dell'accrescimento del frutto	11
9. Maturazione e raccolta	11
9.1. Evoluzione dei costituenti fisici	11
9.2. Evoluzione delle caratteristiche di qualità del prodotto	12
10. Periodo ottimale di raccolta	12
10.1. Definizione in tempo reale della raccolta	19
Bibliografia	19

The process of olive fruit development

Abstract

Olive fruit structure and composition at harvest are the result of anatomical and developmental features. The olive fruit is a typical drupe consisting of internal stony endocarp, fleshy mesocarp, and external exocarp. The process of olive fruit development is critical for final yield and oil quality and it is the result of complex interactions between genetic, metabolic, hormonal and environmental factors. Although their common origin, the pericarp, the mesocarp and endocarp have a different developmental and metabolic behaviour. The endocarp reaches its final size earlier than the mesocarp and then its cells become lignified in contrast to the basically parenchymatic oil-storing cells of the mesocarp. The overall pattern of olive fruit growth is described by a double sigmoid curve although, under non limiting conditions of soil water availability, growth is almost linear during the central part of the summer. Changes in size, maturation, oil accumulation and quality are related to the cultivar, crop load, temperature, soil moisture, and cultural practices. All these factors affect fruit ripening and oil quality. The mechanisms of olive fruit development, including processes occurring at cellular and molecular levels are here reviewed to provide insights on how the fruit responds to changes in environmental conditions and cultural practices.

CICLO DI SVILUPPO DEL FRUTTO

1. Premessa

L'olivo è coltivato per i frutti e per il suo olio che ha una composizione bilanciata in acidi grassi, con elevate quantità di acido oleico (70-75%) e limitate in acidi grassi saturi (15%). La composizione acidica e la presenza di componenti minori, in particolare fenoli, per le loro capacità antiossidanti e per la possibilità di prevenire le malattie cardiovascolari rendono l'olio di oliva adatto per la salute dell'uomo. Inoltre, essi contribuiscono alla stabilità ossidativa durante la conservazione ed insieme a diversi composti volatili sono responsabili delle peculiari proprietà sensoriali dell'olio di oliva, che lo distinguono dagli altri oli vegetali.

La qualità delle olive da tavola e dell'olio di oliva è condizionata dalla maturazione dei frutti in cui sono coinvolti processi fisiologici e biochimici, molti sono sotto controllo genetico e sono influenzati dalle condizioni ambientali e colturali. Queste concorrono a determinare la dimensione, il rapporto polpa-nocciolo, la composizione chimica, la qualità dell'olio e la presenza di specifici componenti come i polifenoli. La carica dei frutti inoltre può influire sui processi di maturazione, sul contenuto in olio, sul ritardo di maturazione e sulla sintesi delle antocianine.

2. Struttura del frutto

Il frutto dell'olivo è costituito da tessuti derivanti dallo sviluppo dell'ovario indotto dagli ormoni prodotti dall'endosperma del seme. I tessuti esterni costituiscono il pericarpo che avvolge il seme. A sua volta il pericarpo è formato, a cominciare dall'esterno, dall'epicarpo o esocarpo o buccia, dal mesocarpo o polpa, dall'endocarpo legnoso o nocciolo (Figura 1).

L'esocarpo, esterno al frutto, è formato da cellule monostratificate con la parete coperta da chitina e da una membrana, la cuticola, che è uno strato

strati di cera e dalla cutina con proprietà impermeabili.



Figura 1. Componenti del frutto, con evidenza: il peduncolo, l'esocarpo o buccia (sottile), il mesocarpo sviluppato ed al centro l'endocarpo.

Nell'esocarpo si hanno aperture che costituiscono gli stomi che poi si trasformano in lenticelle che provvedono agli scambi gassosi del frutto. In condizioni ambientali di carenza di acqua i frutti incrementano lo spessore della cuticola, degli strati di cutina e di cera per prevenire la perdita di acqua e di nutrienti. In condizioni di larga disponibilità di acqua invece la cuticola si assottiglia.

Il mesocarpo costituisce la parte più sviluppata del frutto, rappresenta il 60-70% circa del peso totale, è costituito da cellule ricche di protoplasma e con un grosso nucleo. Il vacuolo contiene zuccheri, acidi deboli, tannini, pigmenti e, tra questi, la clorofilla all'inizio dello sviluppo del frutto. In seguito raccoglie le goccioline di olio che viene sintetizzato nei plastidi e nei mitocondri del citoplasma. La parete cellulare è rigida ed insieme ai costituenti delle cellule contribuiscono alla consistenza della polpa. Durante la maturazione le pareti cellulari si assottigliano e si ha una graduale separazione delle cellule per la solubilizzazione delle pectine e delle emicellulose con il rammollimento della polpa. La polpa contiene acqua, olio, carboidrati,

minerali, vitamine e proteine. A differenza delle drupe di altre specie, i frutti dell'olivo sono ricchi di olio e poveri di carboidrati solubili. Caratteristica specifica dei frutti di olivo è l'alto contenuto in fenoli, tra cui l'oleuropeina che conferisce il tipico sapore amaro del frutto fresco. L'endocarpo, che rappresenta il 20-40% del peso totale, è costituito da grosse cellule e membrane parietali spesse che induriscono con la deposizione della lignina. L'endocarpo è di colore bruno chiaro ed ha forme, dimensioni e strutture differenti che sono usate per la identificazione delle varietà (Figura 2).



Figura 2. Nocciolo intero (mm16) e sezione dell'endocarpo (mm 18) con vicino il seme.

Il seme è incluso e protetto dall'endocarpo, rappresenta l'1-2% del peso del frutto, ha un contenuto in olio del 20-30%, con una differente composizione rispetto a quello della polpa.

3. Valutazione commerciale dei costituenti

I frutti dell'olivo sono valutati commercialmente per il loro contenuto in olio e per la polpa nelle olive da tavola. L'olio è sorgente di energia, ma anche un indispensabile nutrimento, che fornisce acidi grassi essenziali, vitamine, antiossidanti ed ha un gusto, un colore ed un aroma che contribuiscono alla sua qualità. Nello stesso tempo, la dimensione dei frutti, il rapporto polpa-nocciolo, il contenuto in olio, la consistenza della polpa, la composizione chimica e le

caratteristiche organolettiche sono importanti per le olive da tavola.

I componenti dei frutti sono definiti durante l'accrescimento e sono influenzati dalle pratiche colturali, quindi la conoscenza dei processi morfologici, biochimici e fisiologici che si verificano durante la maturazione permette un razionale uso delle tecniche per migliorare le caratteristiche commerciali e qualitative dei frutti.

4. Fasi di sviluppo del frutto

Il frutto dell'olivo, essendo una drupa, non si discosta dal modello di accrescimento presentato da frutti simili appartenenti ad altre specie. Esso manifesta un accrescimento a doppia sigmoide che può essere suddiviso in 5 stadi (Figura 3).

Stadio 1. Dalla fioritura a 20-30 giorni dopo, con la fecondazione dei fiori e l'allegagione. In questa fase vi è un'intensa moltiplicazione cellulare con l'accrescimento dell'embrione, i frutti sono visibili già 10-15 giorni dopo l'impollinazione con l'ingrossamento dell'ovario del fiore. In questo periodo molti frutti cadono per competizione per le sostanze nutritive, quindi condizioni favorevoli di disponibilità di assimilati favoriscono la loro permanenza e la divisione cellulare che costituisce il presupposto per il raggiungimento delle dimensioni finali dei frutti. Tuttavia un eccesso di allegagione può aumentare la carica dei frutti e ridurre la loro dimensione. Pertanto nelle olive da mensa dove la dimensione è un fattore commerciale importante è necessario non eccedere nella allegagione o procedere al diradamento.

Stadio 2. Sviluppo dell'embrione e dell'endocarpo. Un periodo di 20 giorni caratterizzato da un rapido accrescimento del frutto dovuto ad una intensa divisione e distensione cellulare che interessa principalmente il seme e l'endocarpo.

Stadio 3. Indurimento del nocciolo, si verifica in un breve periodo di 20 giorni circa, durante i quali l'accrescimento in volume del frutto

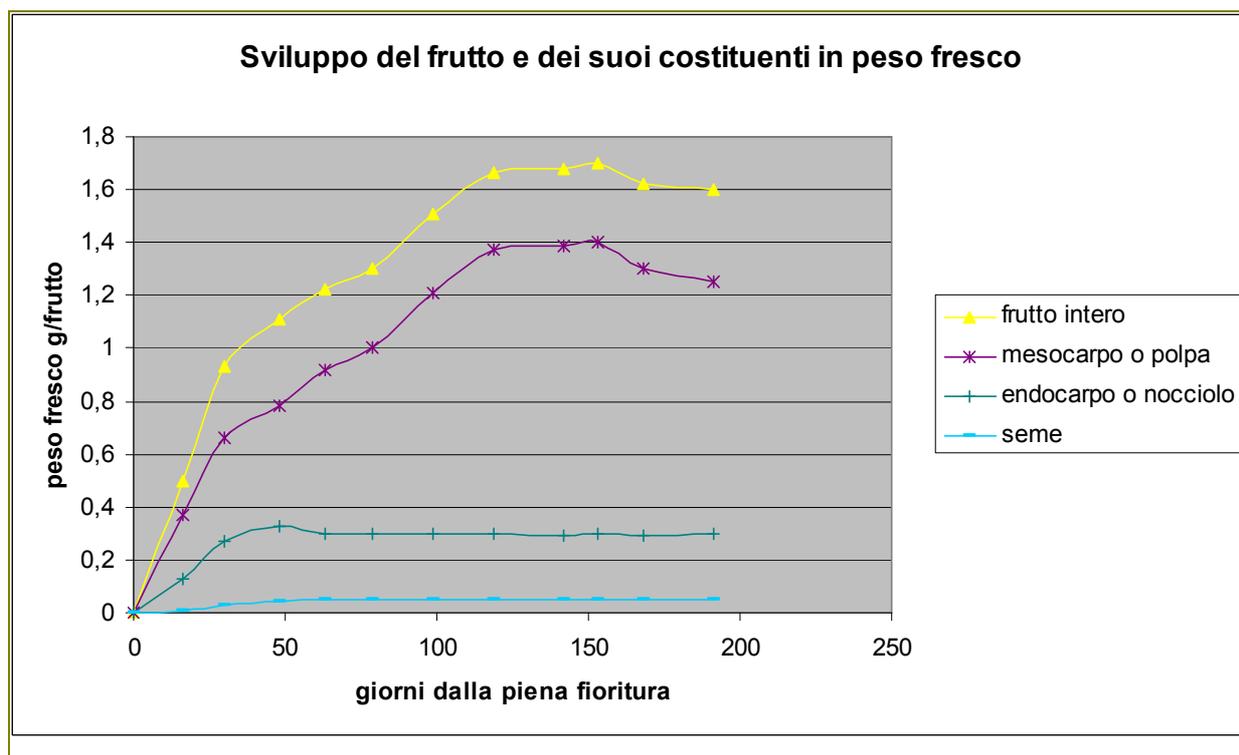


Figura 3. Evoluzione dei principali costituenti delle olive in peso fresco.

rallenta, le cellule dell'endocarpo cessano di dividersi e diventano lignificate.

Stadio 4. Sviluppo del mesocarpo ed accumulo dell'olio, interessa un lungo periodo di circa 60 giorni, rappresenta il secondo maggior periodo di accrescimento del frutto, dovuto allo sviluppo del mesocarpo, principalmente per espansione delle cellule esistenti ed all'intenso accumulo dell'olio. Questo stadio continua in autunno quando le olive iniziano a cambiare colore da verde intenso a verde giallo ed inizio della colorazione. Eventuali stress possono influire riducendo la formazione dell'olio e l'accrescimento del frutto.

Stadio 5. Maturazione dei frutti, è la fase finale durante la quale prosegue la invaiatura fino ad assumere colorazioni nero-violacee o intermedie. L'accumulo dell'olio continua anche se ad un ritmo più basso.

5. Composizione chimica: sostanze grasse, carboidrati, fenoli, proteine, pigmenti

Il frutto dell'olivo, con un peso fresco che varia da meno di 1 g a più di 10 g, a completa

maturazione è formato dalla polpa che contiene circa il 60% di acqua, 30% di olio, 4% di zuccheri, 3% di proteine ed il resto è costituito principalmente da fibre e ceneri. L'endocarpo contiene 10% di acqua, 30% di cellulosa, 50% di altri carboidrati e circa 1% di olio. Il seme ha il 30% di acqua, il 27% di olio, il 27% di carboidrati ed il 10% di proteine.

Sostanze grasse. I lipidi rappresentano il 10-30% del peso fresco del frutto e sono concentrati nella polpa, fino al 98%, sono quasi assenti nell'endocarpo, mentre i semi contengono una percentuale in grassi del 20-28%. Essi sono ripartiti in 1. grassi neutri, 2. grassi polari, 3. acidi grassi liberi. Alla maturazione i grassi neutri rappresentano più del 98% dei grassi totali e per la maggior parte sono trigliceridi, solo l'1,1% sono digliceridi. L'accumulo dei trigliceridi inizia alla fine di luglio e per circa 5 settimane l'accumulo è lento, durante i due mesi successivi vi è un'intensa sintesi e per altre 5 settimane l'accumulo è moderato, poi l'olio rimane costante o subisce una piccola riduzione appena prima

della caduta dei frutti (Figura 4). Durante l'accrescimento del frutto la quantità di tutti gli acidi grassi aumenta, la più evidente è quella dell'acido oleico che rappresenta al termine della maturazione il 70-80%, seguito dall'acido palmitico 10-15%, dall'acido linoleico 5-10%, e dall'acido stearico 2-3%. I grassi polari comprendono i fosfolipidi ed i galattolipidi, il primo contiene acido oleico, il secondo acido linoleico. Essi sono lipidi di membrana e costituenti specifici dei cloroplasti e dei plastidi del frutto (Marzouk e Cherif, 1981), essi aumentano con l'accrescimento del frutto.

Gli acidi grassi liberi, in alta quantità nei giovani frutti (2%), sono metabolizzati durante l'accrescimento delle olive e decrescono fino allo 0,15% alla maturazione, alcuni di loro sono utilizzati per la sintesi dei trigliceridi. L'accumulo dell'olio che avviene dall'indurimento del nocciolo fino alla raccolta può essere precoce o tardivo a seconda della varietà e la composizione è in funzione della varietà, del clima in cui

crescono con alti contenuti in acido oleico nei climi freddi rispetto a quelli caldi.

La formazione dell'olio nei frutti, secondo la rassegna di Mazliak (1970) e secondo studi più recenti (Sanchez et Hardwood 2002) svolti anche su altre specie (Wang e Hildebrand, 1988), inizia dalla generazione dell'Acetil Coenzima A. Questo composto deriva dalla glicolisi dei carboidrati accumulati nei frutti e forniti come composti di assimilazione dalla traslocazione dalle foglie. L'Acetil Coenzima A è trasformato in Malonil Coenzima A, e, con la intermediazione delle Proteine Acil Trasportatrici e del complesso enzimatico delle Sintetasi degli Acidi Grassi, si formano acidi grassi che in combinazione con glicerolo formano goccioline di olio. I fattori che limitano questo fondamentale processo non sono ancora chiari. Essi possono solo essere indicati nella traslocazione degli assimilati e nella disponibilità dell'Acetil Coenzima A Carbossilasi e ATP. La maggior parte sono sotto controllo genetico ed alcuni possono essere influenzati da pratiche colturali e da condizioni ambientali.

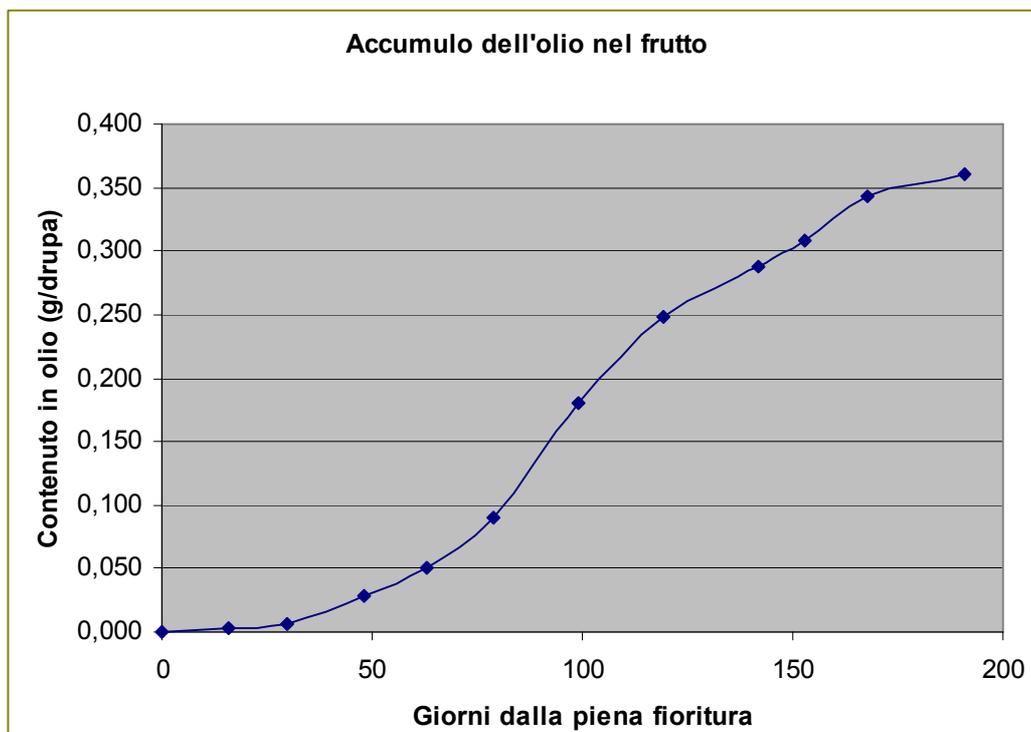


Figura 4. Andamento dell'accumulo dell'olio nel frutto.

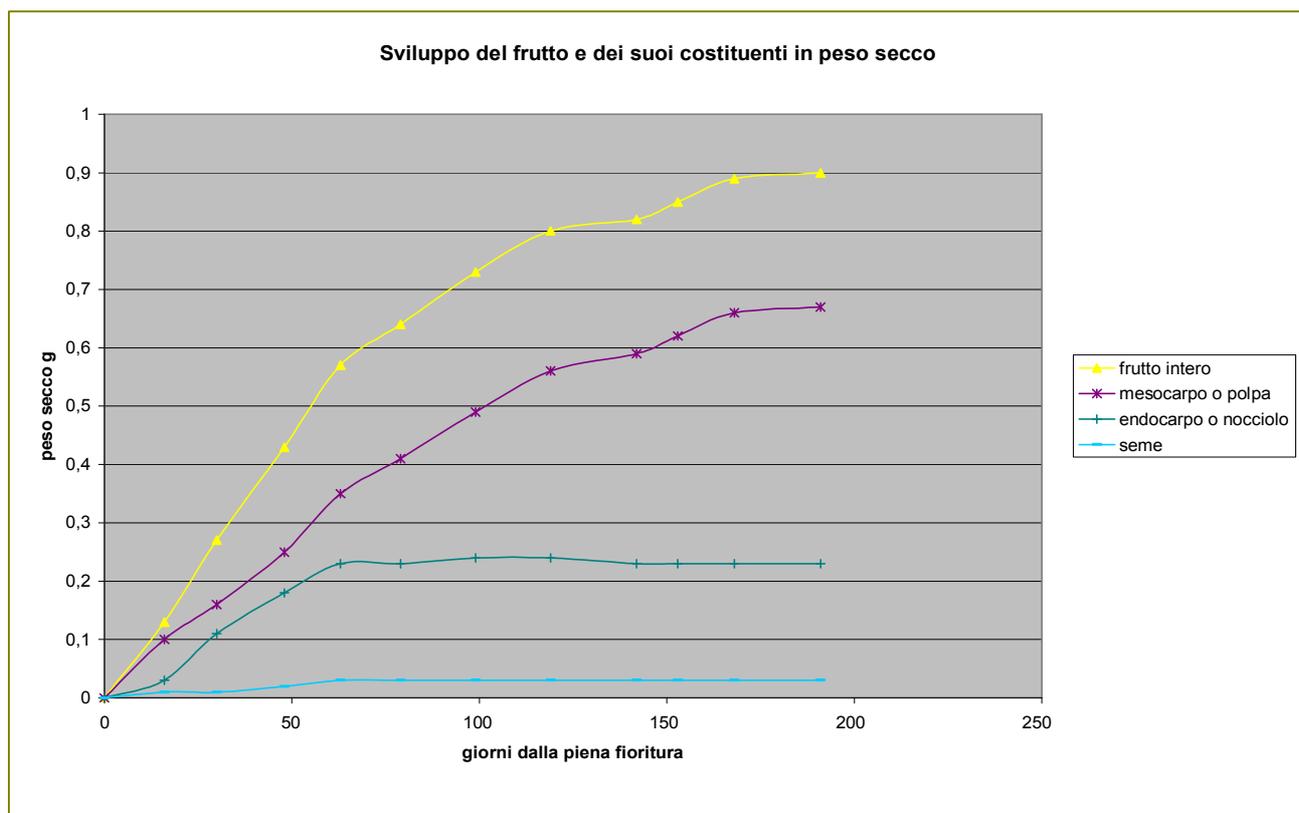


Figura 5. Evoluzione dei principali costituenti delle olive in peso secco.

Carboidrati. Nell'oliva si hanno zuccheri solubili e zuccheri complessi. I principali zuccheri solubili sono il glucosio, il fruttosio ed il mannitolo. I livelli variano dallo 0,5 al 5% a seconda della varietà. Alcune ricerche mostrano maggiori quantità di glucosio in confronto con fruttosio e mannitolo, altri lavori sostengono la prevalenza del mannitolo (Wodner et al. 1988; Romani et al. 1992). Quest'ultimo composto è stato indicato come un derivato degli zuccheri solubili utilizzato per la traslocazione (Flora e Madore, 1993). Gli zuccheri solubili decrescono come i frutti si sviluppano e la sintesi dell'olio inizia, nelle olive verdi si hanno quantità doppie rispetto alle olive in avanzato stadio di maturazione. Più abbondanti sono nelle olive provenienti da oliveti in asciutto rispetto a quelli in irriguo.

Gli zuccheri complessi sono polimeri di quelli semplici e costituiscono la cellulosa, le emicellulose o pectine e la lignina, quest'ultima

concentrata nel nocciolo. Le emicellulose e la cellulosa sono componenti strutturali della parete cellulare e partecipano al collegamento di cellule adiacenti; la consistenza della polpa è dovuta agli strati di pectine legati dagli esteri fra loro e con la parete cellulare; maggiore è il loro numero, più alto è il numero degli strati di protopectine e più alta è la consistenza della polpa. Negli spazi intercellulari, le catene poligalatturoniche sono legate con esteri con i polisaccaridi della parete cellulare e poi fra loro per formare un reticolo tridimensionale rigido (Solinas e Marsilio, 1984-1987). Quando le pectine sono idrolizzate o rotte, la polpa perde la struttura e rammollisce.

Tra i derivati degli zuccheri i più importanti sono un estere del saccarosio con l'acido oleoeuropico (un acido monocarbossilico monoterpeneoide) e l'oleoeuropeina che è un complesso β -glucoside; l'oleoeuropeina, il composto fenolico più abbondante della polpa delle olive, si accumula

durante l'accrescimento del frutto e, con l'avanzare della maturazione, è convertito lentamente a glucoside dell'acido elenolico e alla dimetiloleuropeina (Amiot et al. 1989).

Fenoli. I fenoli, chiamati anche polifenoli, sono composti secondari dei tessuti, con attività antiossidante e di protezione da stress esterni. Tra i fenoli, nelle olive, troviamo oleuropeina, idrossitirosolo, acido caffeico, tirosolo. Sono presenti nella polpa in quantità del 1-2%, con l'oleuropeina in quantità maggiore. Essa si accumula durante l'accrescimento ed è convertita in glucoside dell'acido enolico e dimetiloleuropeina durante la maturazione. L'irrigazione riduce il contenuto in polifenoli nelle olive (Servili et al., 2007). Vi sono inoltre

altri composti: verbascoside, luteolina 7-O-glucoside e rutina.

Proteine. Nella polpa sono presenti bassi livelli di proteine insolubili, 1,5%, con numerosi amminoacidi che le costituiscono.

Pigmenti. Nella polpa troviamo clorofilla a e b (verde), carotenoidi ed idrocarburi (giallo), antocianine (rosa, viola). I pigmenti verdi e gialli sono solubili nell'olio, mentre le antocianine sono solubili in acqua. Inizialmente la clorofilla è il pigmento più importante, poi decresce, quando betacarotene e antocianine aumentano. Le antocianine, tra cui la cianidina è la più diffusa, danno il colore nero violaceo e si sviluppano inizialmente nella buccia, poi si espandono nella polpa fino al nocciolo.

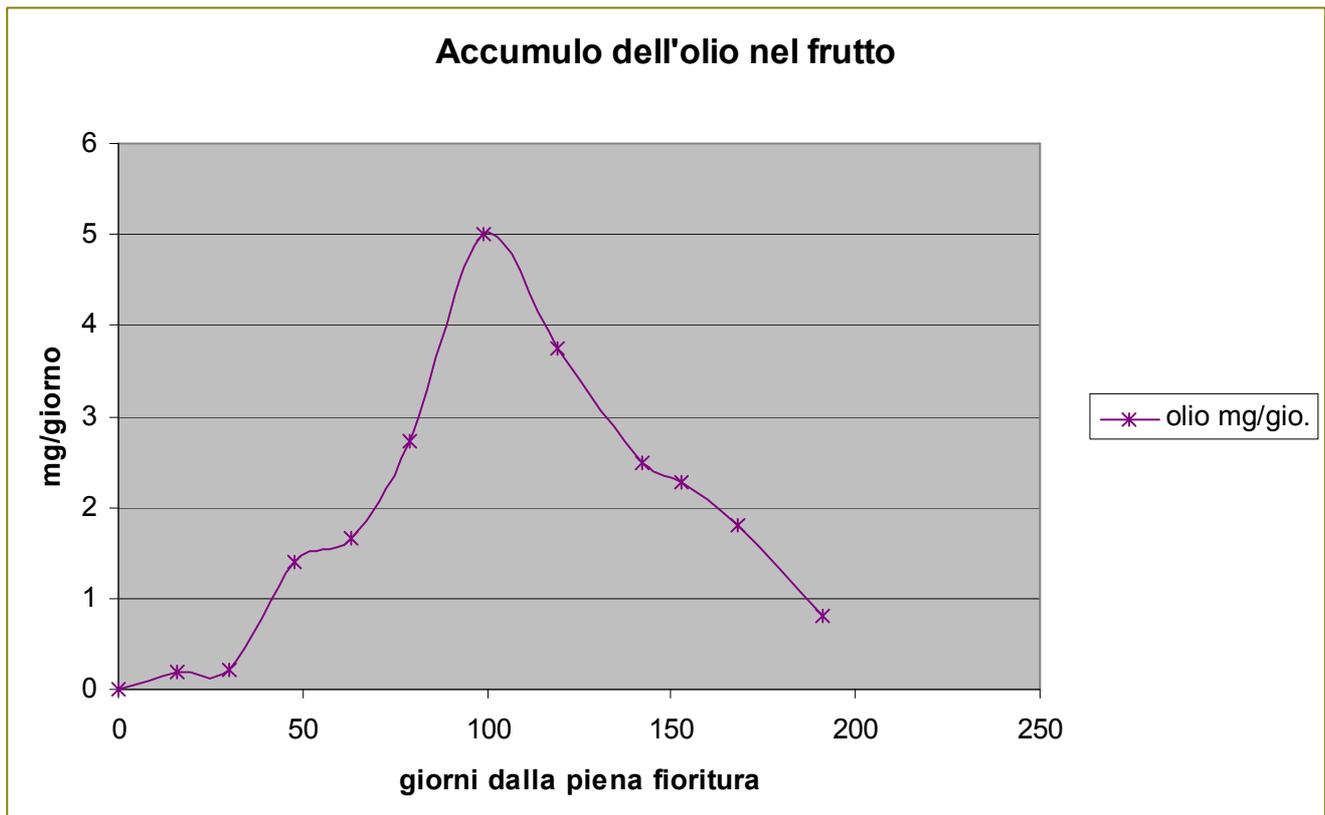


Figura 6. Periodo ed intensità di accumulo di olio nel frutto.

6. Metabolismo: respirazione, fotosintesi

La respirazione, la fotosintesi e la sintesi dell'olio sono processi fisiologici che caratterizzano le olive finché non si distaccano dal ramo. La disponibilità di sostanze alla sorgente, la forza di attrazione delle sostanze, il controllo ormonale e genetico della ripartizione degli assimilati e l'acquisizione dell'olio e delle caratteristiche organolettiche qualificano l'accrescimento delle olive.

Respirazione. La divisione cellulare, la sintesi di nuove proteine e carboidrati e la formazione e

l'accumulo dell'olio sono processi ad alto fabbisogno di energia che i frutti ottengono mediante la respirazione, metabolizzando le sostanze importate. I frutti esibiscono una intensa respirazione al buio appena dopo l'allegagione; che rimane ad elevati livelli, anche se in fase decrescente, fino a 60 giorni dalla piena fioritura, poi per altri due mesi l'emissione di anidride carbonica è media; successivamente vi è un continuo decremento fino allo stadio finale della vita del frutto.

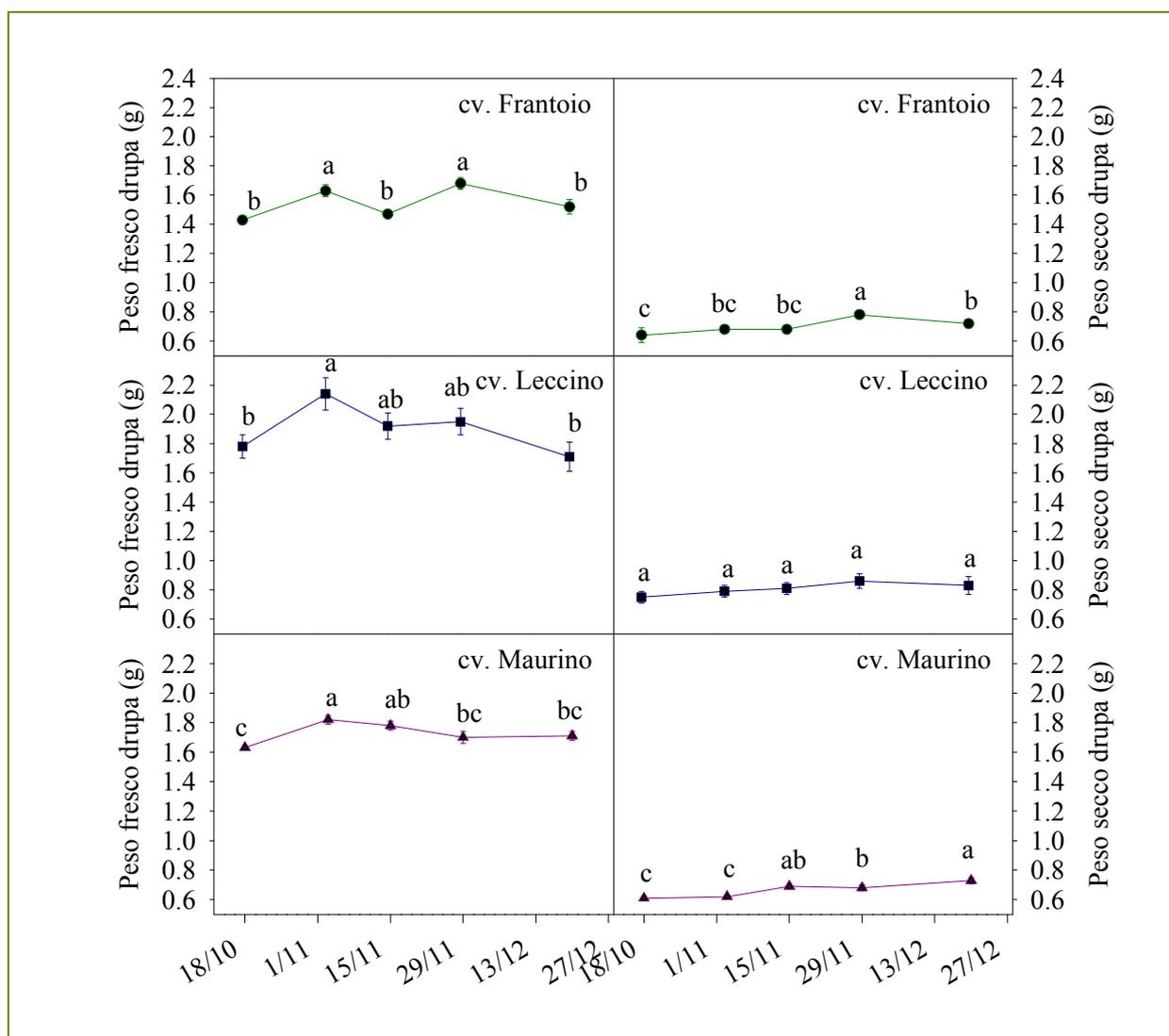


Figura 7. Andamento del peso fresco e secco delle olive durante la fase finale di maturazione.

La respirazione è particolarmente sensibile alla temperatura ed alla elevata divisione cellulare che è intensa durante lo stadio iniziale di sviluppo delle olive. Successivamente essa è influenzata dall'intenso metabolismo delle sostanze importate e dalla sintesi dell'olio.

Fotosintesi. Le olive dopo l'allegagione hanno un intenso colore verde ed una elevata fotosintesi ad alta intensità di luce fino a 20 giorni dalla piena fioritura, poi questa decresce per 60 giorni; successivamente rimane a buoni livelli fino alla

scomparsa della clorofilla. I giovani frutti aumentano l'assorbimento dell'anidride carbonica proporzionalmente con l'incremento della intensità della luce, mentre da 40 ad 80 giorni dalla piena fioritura i frutti mostrano un punto di saturazione di $1000 \mu\text{moli di fotoni m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Proietti e Tombesi 1992). Durante l'accrescimento dei frutti la fotosintesi è correlata al contenuto in clorofilla ed alla esposizione alla luce.

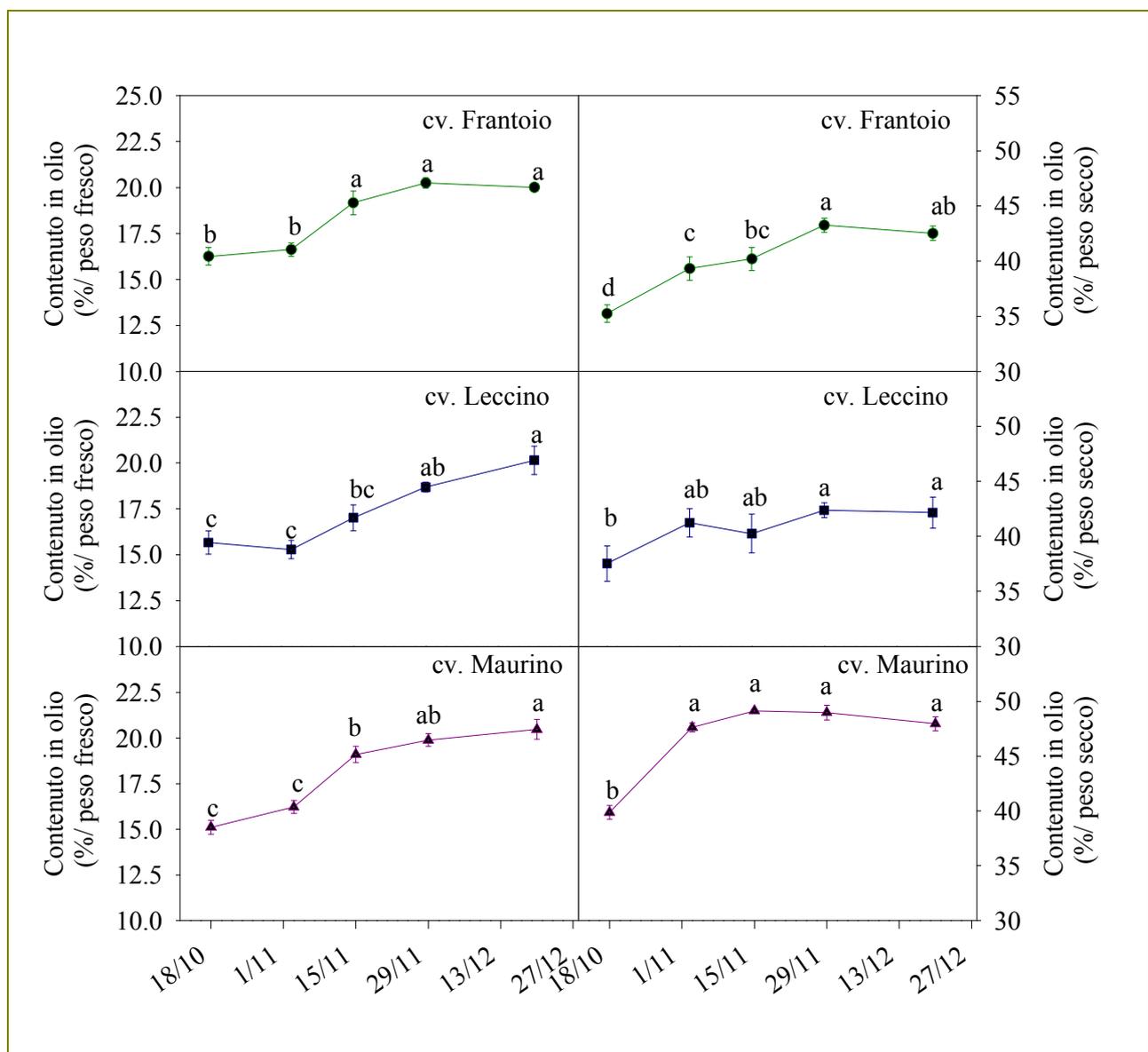


Figura 8. Andamento del contenuto in olio su peso fresco e secco durante la fase finale di maturazione dei frutti delle varietà Frantoio, Leccino e Maurino.

Per la fotosintesi i frutti utilizzano la larga disponibilità di anidride carbonica derivata dalla respirazione dei frutti; tuttavia le olive in fase di sviluppo non sono autotrofe, ma importano la maggior parte dei carboidrati dalle foglie adiacenti.

Comunque, gli assimilati ottenuti dalla fotosintesi dei frutti possono essere un importante contributo energetico durante lo stadio cruciale della divisione cellulare che influenza la dimensione finale delle olive.

7. Accrescimento del frutto

Le olive accumulano sostanza secca con un ritmo costante durante l'accrescimento del frutto, ma ciascun componente mostra un diverso andamento di sviluppo (Figura 5). L'endocarpo cresce rapidamente solo durante i primi 45 giorni. Invece il mesocarpo si sviluppa ad un ritmo regolare durante l'intero periodo di accrescimento del frutto. Il seme mostra un precoce incremento di peso. La sintesi dell'olio, considerata in milligrammi di olio per giorno e per frutto, è molto intensa tra 60 e 120 giorni dalla piena fioritura (Figura 6). Durante i periodi specifici di accrescimento, la limitazione e la disponibilità di risorse influenzano vistosamente lo sviluppo delle componenti del frutto (Proietti et al. 1993).

8. Controllo dell'accrescimento del frutto

Ciascuna fase dell'accrescimento del frutto è sotto controllo genetico e può essere influenzata dalle condizioni ambientali e tecniche colturali. Il controllo genetico dei frutti è realizzato attraverso la sintesi e la polarizzazione dei regolatori di accrescimento della pianta (auxine, gibberelline, citochinine, etilene, acido abscisico) o proteine, prodotte da specifici geni, che sono usate per mandare informazioni riguardanti il controllo dei processi di base. La variazione delle condizioni climatiche della chioma, specie quelle riguardanti la esposizione alla luce, il livello dell'acqua, l'assimilazione delle foglie ed il carico dei frutti,

possono cambiare e regolare l'accrescimento dei frutti interi o favorire specifici fenomeni (Pandolfi et al. 1994).

9. Maturazione e raccolta

La maturazione riguarda la fase finale di accrescimento del frutto, durante la quale l'evoluzione dei costituenti fisici, chimici ed organolettici costituisce un riferimento necessario per definire il periodo di raccolta con cui poter acquisire la maggiore quantità di prodotto della migliore qualità.

9.1. Evoluzione dei costituenti fisici

Durante la fase finale di accrescimento del frutto, a partire da 150-160 giorni dopo la fioritura, si attenua la capacità di polarizzazione delle sostanze nutritive per cui il peso secco del frutto subisce solo un lieve incremento, mentre la quantità di acqua può avere larghe variazioni in funzione delle disponibilità nel terreno e dell'andamento pluviometrico (Figura 7).

Con l'attenuazione del richiamo di sostanze nutritive si riducono le auxine prodotte e le cellule diventano funzionalmente adulte e danno origine ai primi fenomeni di senescenza con la formazione di uno strato di separazione del peduncolo e al distacco del frutto. Prima della caduta delle olive si ha una attenuazione della forza con cui sono legate al peduncolo ed al ramo che non è contemporanea su tutta la popolazione, ma si manifesta con una certa scalarità. Pertanto l'accertamento della diminuzione della forza di distacco in parte dei frutti e la cascola dei primi frutti rappresentano indici importanti delle fasi finali di maturazione. Tuttavia fino a quando i frutti rimangono sulla pianta, con una sufficiente forza di collegamento dei vasi conduttori e delle fibre che li accompagnano, sono in grado di attrarre sostanze e di accrescere i propri componenti.

Il colore dei frutti vira dal verde più o meno intenso a viola, rosso scuro, nero, per la

scomparsa della clorofilla e la sintesi di carotenoidi, flavoni, antociani. Il periodo della invaiatura ed il colore che le olive assumono durante la maturazione sono caratteristiche varietali che variano con la carica dei frutti e con le condizioni ambientali, per cui sono soggette a forti variazioni annuali.

Il contenuto in olio del frutto, riferito alla sostanza secca, aumenta moderatamente dopo il periodo di intensa formazione. Da 150 a 180 giorni dalla piena fioritura si hanno modesti incrementi del contenuto in olio, in media del 10-15%, maggiori in quelle varietà che esprimono una maturazione tardiva (Figura 8). Esso è fortemente influenzato dalla cultivar, dalla carica di produzione e presenta variazioni consistenti da un anno all'altro.

9.2. Evoluzione delle caratteristiche di qualità del prodotto.

La qualità dell'olio è fortemente determinata dalle percezioni rilevate dall'olfatto e dal gusto e si esprimono con un fruttato più o meno intenso che rappresenta il sapore delle olive al giusto grado di maturazione. Ad esso contribuiscono le sostanze fenoliche, che danno all'olio il sapore amaro e piccante e le sostanze volatili ed aromatiche tra le quali quelle gradevoli più importanti sono la trans-2 esenale e la cis-3-esenale che conferiscono all'olio il sapore di verde. In genere le olive raccolte ad uno stadio di maturazione precoce danno oli con fruttato intenso, di tipo verde, amaro e piccante. Da olive raccolte ad uno stadio avanzato di maturazione si ottengono oli con fruttato maturo, meno intenso, meno amari.

10. Periodo ottimale di raccolta

Le olive debbono essere raccolte nel momento in cui si ha la più elevata quantità di olio, della migliore qualità e quando si può ottenere una elevata efficienza delle macchine (Tombesi e Tombesi, 2007).

La miglior epoca di raccolta per ottenere la massima quantità di olio deve considerare:

1. l'incremento del peso dei frutti,
2. l'evoluzione del contenuto in olio
3. il numero dei frutti presenti sulla pianta o quelli che sono caduti per cascola.

Per la qualità, oltre ai principali parametri previsti per gli extravergini, quali la composizione acidica, l'acidità ed il numero di perossidi, anche il contenuto in polifenoli, l'analisi organolettica, la resistenza alla ossidazione ed il colore sono importanti parametri da tenere in considerazione. Questi fattori vengono analizzati direttamente, oppure attraverso l'esame di indici di maturazione, che, in modo semplice e rapido, indicano lo stadio di maturazione dei frutti e sono utili per determinare il periodo ottimale di raccolta. L'attenzione viene concentrata soprattutto nei periodi finali di maturazione dei frutti, della durata di due mesi circa, in cui la raccolta può essere applicata. In questo periodo tra i parametri che influenzano la quantità di olio vi sono il peso fresco ed il peso secco dei frutti che non cambiano vistosamente; in generale si può osservare un leggero incremento del peso secco dei frutti (Figura 7). A variare in modo consistente è il contenuto in olio, infatti in questo periodo vi è ancora la fase di intenso incremento dell'olio a cui segue un periodo di limitata formazione.

Questa transizione, da un incremento intenso ad uno limitato, è una caratteristica legata alle cultivar per cui è precoce per Maurino e si verifica ai primi di Novembre ed è medio per Frantoio e Leccino nei quali si ha a fine novembre (Figura 8).

Nei riguardi della efficienza dei frutti, come capacità di essere ben collegati con i rami della pianta, vi è la forza di distacco. Essa, con un semplice dinamometro, misura la forza di connessione delle cellule ed il loro livello evolutivo, quando i frutti si avvicinano alla senescenza la forza di distacco diminuisce a valori tali che basta un vento leggero per farli cadere.

Pertanto la cascola e la forza di distacco sono due importanti indicatori per la definizione del periodo ottimale di raccolta. Per la loro determinazione i metodi sperimentali usati consistono nello applicare in piccole branche fruttifere della pianta sacchetti a maglie larghe e nel contare periodicamente le drupe che si sono distaccate e si sono accumulate in fondo al sacchetto (Figura 9).



Figura 9. Sacchetto a maglie larghe per la determinazione della cascola.

La forza di distacco viene normalmente misurata su un campione rappresentativo di olive ad intervalli di 10-15 giorni, usando un dinamometro con sensore a forchetta che si applica nel punto di attacco del peduncolo sul frutto (Figura 10). L'andamento della forza di distacco è caratteristica della varietà. Valori di circa 6 N sono comuni prima dell'inizio dei processi che portano alla formazione dello strato di separazione del frutto, di 4-4,5 N in una fase intermedia, ed al di sotto di 3 N nella fase di avanzata maturazione (Figura 14). A valori medi e bassi della forza di distacco inizia la cascola che

avviene quando alcuni frutti che presentano una limitata forza di distacco, in concomitanza con venti forti e temporali, sono sollecitati a cadere.

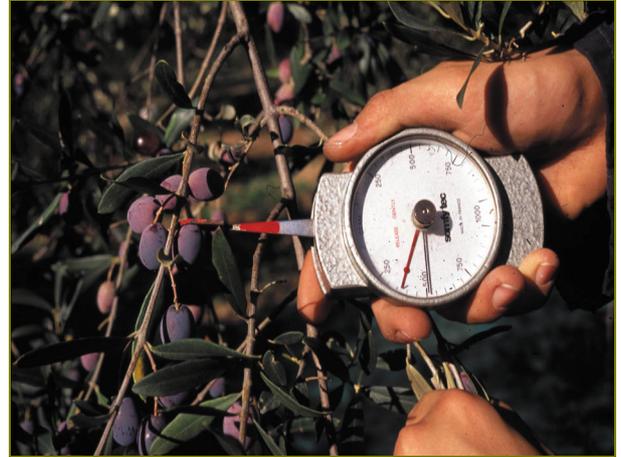


Figura 10. Dinamometro per la determinazione della forza di distacco dei frutti.

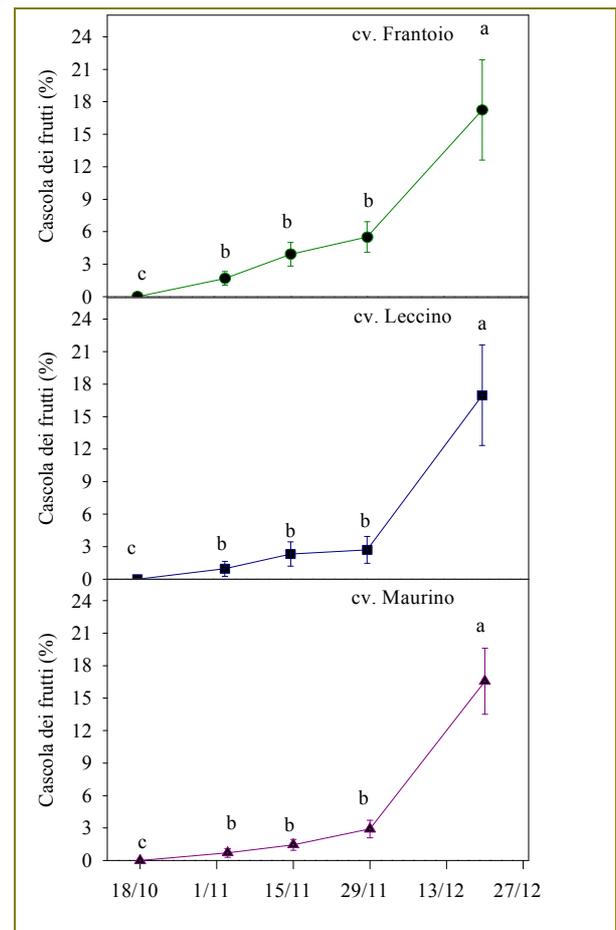


Figura 11. Andamento della cascola nella fase finale di maturazione dei frutti.

Normalmente le forze di distacco inferiori a 3 N sono un segnale di una imminente cascola, e quando la caduta dei frutti supera il 5-10% di quelli presenti sulla pianta, incide in modo consistente sulla quantità dell'olio raccogliabile. Durante la maturazione, se i frutti sono sani, non cambia il livello di acidità e del numero di perossidi dell'olio. Mentre possono variare il contenuto in polifenoli, le caratteristiche organolettiche dell'olio, il colore. Il contenuto in

polifenoli è caratteristico della cultivar ed in genere assume un andamento a leggera campana con un incremento nella fase iniziale di maturazione e poi un decremento. In genere la maggior quantità corrisponde all'inizio della attenuazione della forza di distacco ed i valori ottimali dovrebbero essere superiori a 100 ppm espressi come acido gallico (Figura 12).

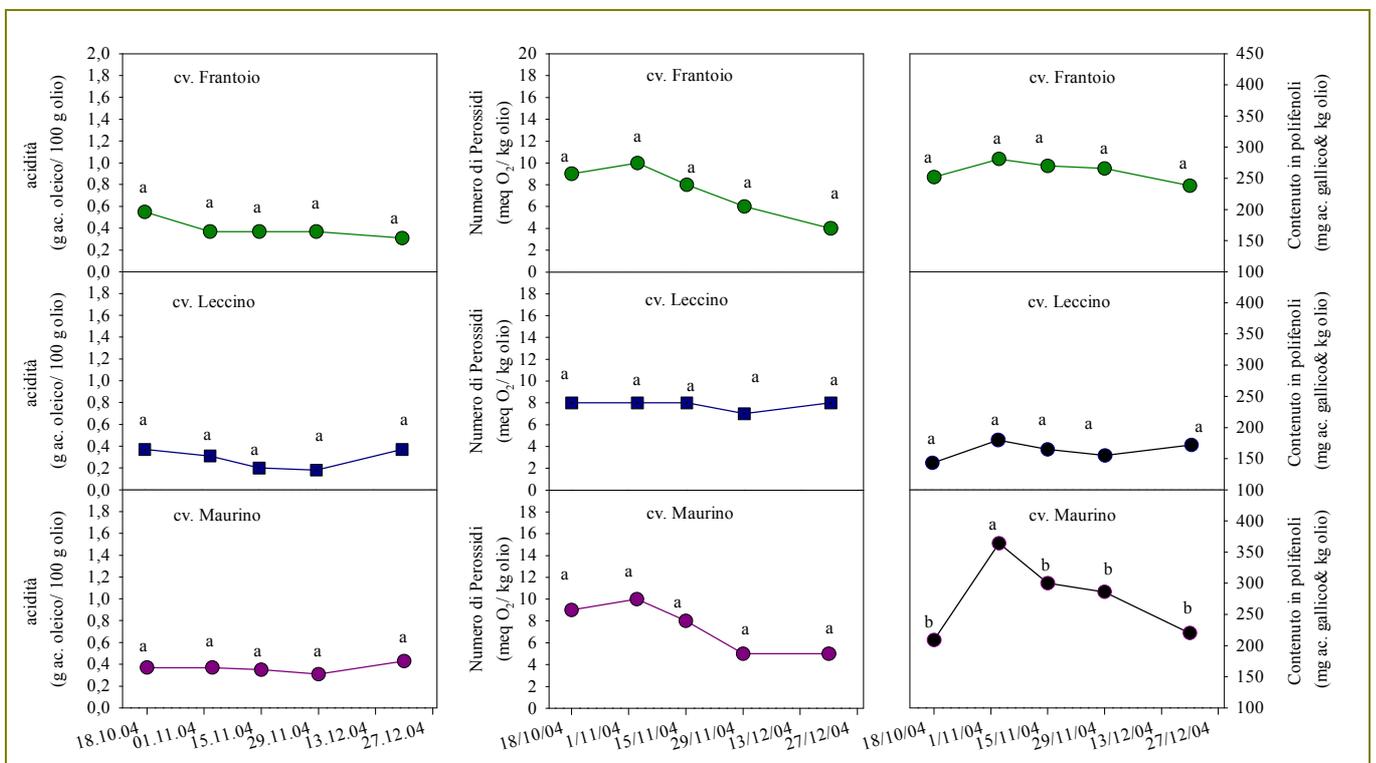


Figura 12. Andamento dell'acidità, del numero di perossidi e dei polifenoli durante la fase finale di maturazione dei frutti.

Le caratteristiche dell'olio sono evidenziate principalmente dalle sensazioni di fruttato, di amaro e di piccante.

Il fruttato segue l'andamento del periodo di intenso accumulo dell'olio e comincia ad attenuarsi quando la forza di distacco dei frutti tende ad assumere valori medi (Figura 13). L'amaro ed il piccante sono caratteristici di oli derivanti da raccolte precoci. In generale gli oli equilibrati di ottima qualità hanno un elevato livello di fruttato ed un equilibrio tra amaro e

piccante che sono presenti con valori di media intensità. I tocoferoli e gli steroli tendono a diminuire nelle fasi avanzate di maturazione. Durante la maturazione l'acido palmitico diminuisce, aumenta l'acido linoleico e aumenta o rimane costante l'acido oleico, per cui si attenua il rapporto tra acidi monoinsaturi ed i polinsaturi. La stabilità all'ossidazione dell'olio dipende essenzialmente dai polifenoli presenti e segue il loro andamento.

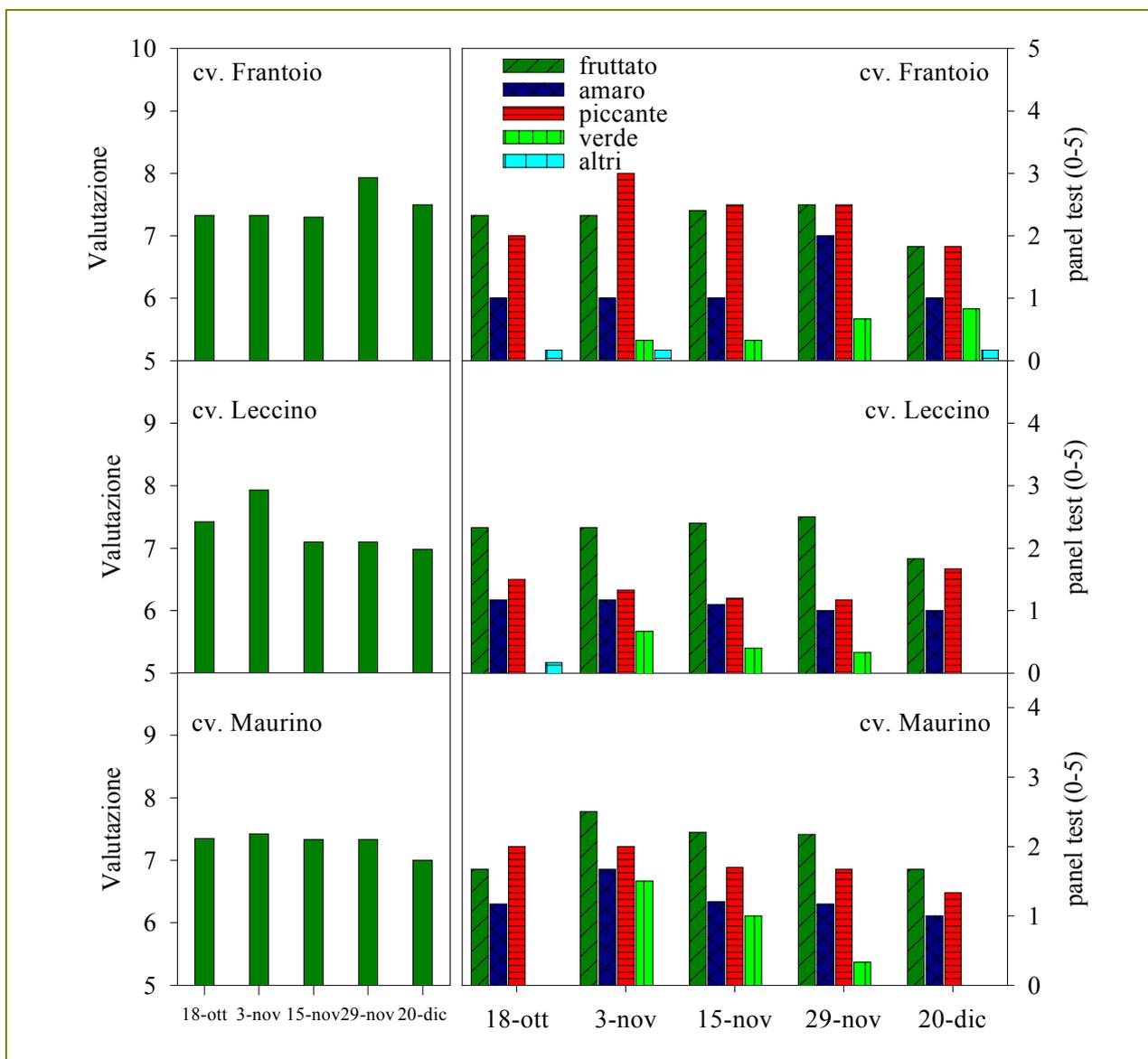


Figura 13. Caratteristiche organolettiche degli oli durante differenti periodi della fase finale di maturazione dei frutti nelle varietà Frantoio, Leccino e Maurino.

Combinando i parametri relativi alla quantità di olio raccogliabile sulla pianta e alla sua qualità è

possibile determinare per ciascuna varietà il periodo ottimale di raccolta (Figura 14).

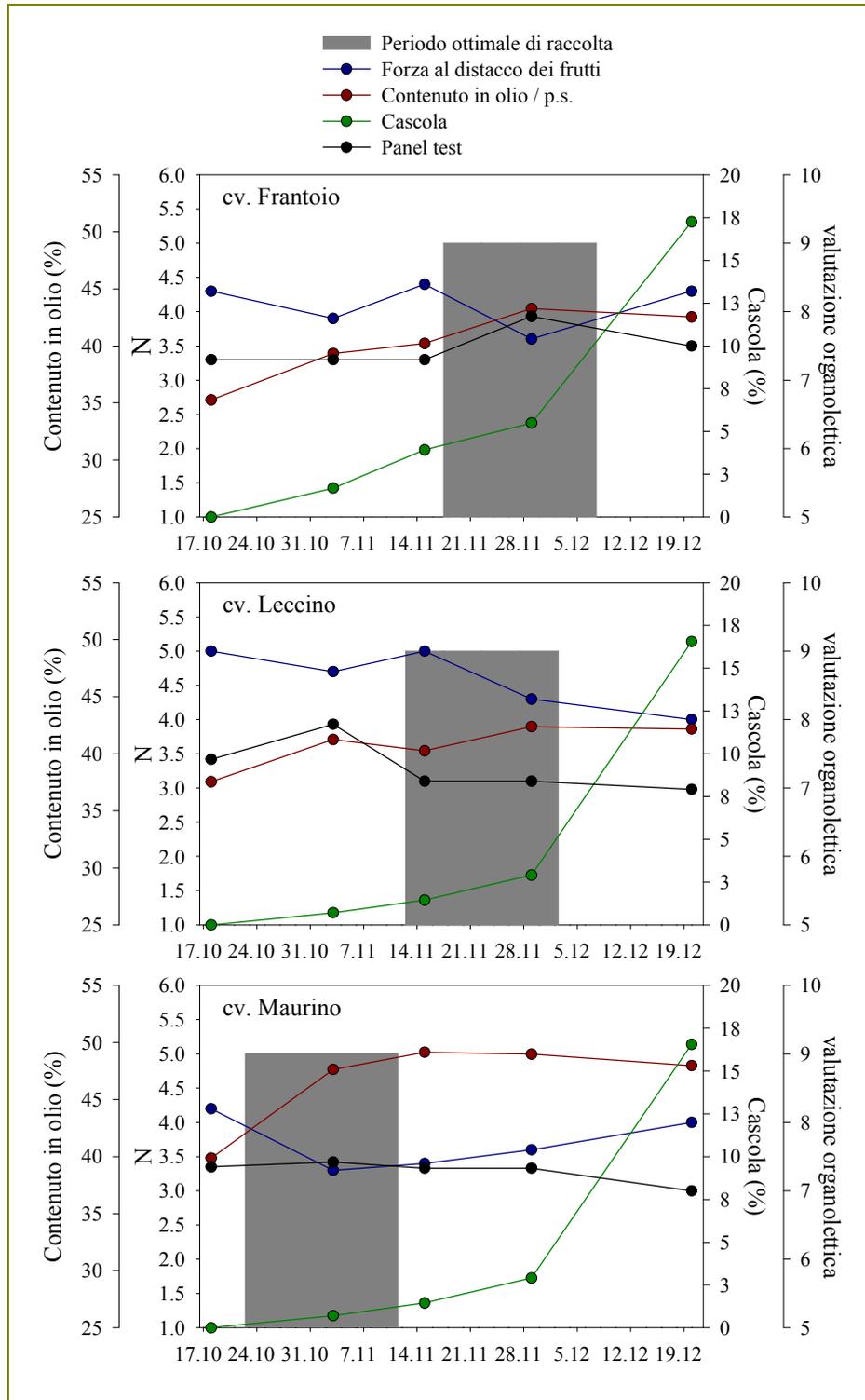


Figura 14. Periodo ottimale di raccolta per le varietà Frantoio, Leccino e Maurino.

Il rapporto tra la forza di distacco ed il peso dei frutti rappresenta un importante parametro che influenza la percentuale di frutti che può essere rimossa dalla pianta con quasi tutte le macchine per la raccolta. Pertanto il periodo ottimale di raccolta può essere ulteriormente definito come quello in cui si ha una quantità elevata di frutti sulla pianta in grado di essere distaccati dalle

macchine in percentuali ragguardevoli e con alti contenuti in olio di buona qualità.

Altre caratteristiche dei frutti che sono soggette a cambiamento sono la invariatura, la durezza della polpa, il contenuto in acqua. La invariatura è caratteristica di ogni cultivar, per alcune i frutti passano dal verde a colori violacei precocemente, per altre le olive rimangono prevalentemente verdi anche a maturità avanzata (Figura 15).

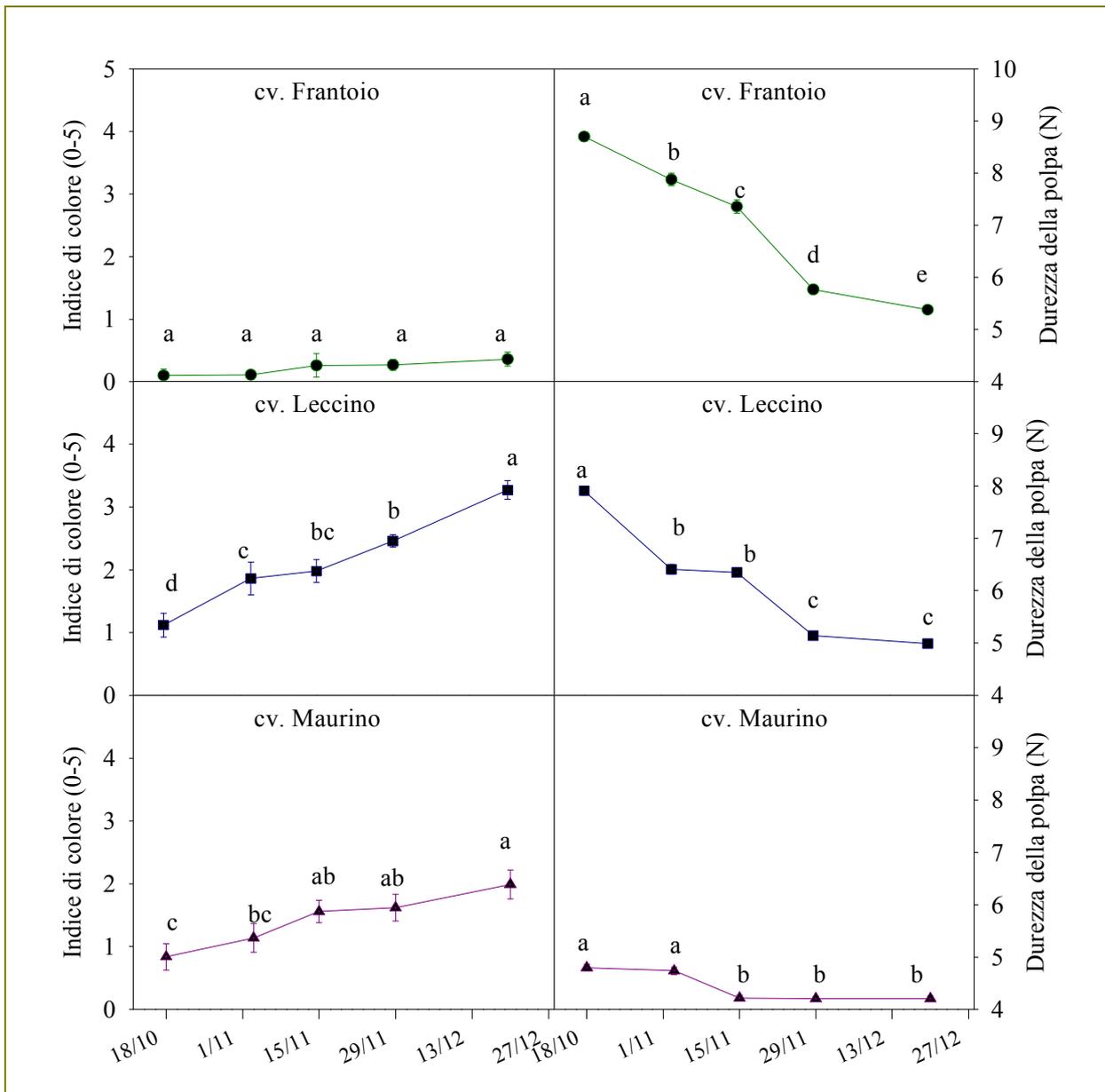


Figura 15. Evoluzione dell'indice di colore e della consistenza della polpa nelle varietà Frantoio, Leccino e Maurino durante le fasi finali di maturazione dei frutti.

E' una caratteristica che risente del carico della produzione e della irrigazione. Il colore dei frutti influenza il colore dell'olio, in quanto la clorofilla rimane in parte nell'olio, invece negli oli di olive invaiate prevalgono i pigmenti gialli ed arancione. Il colore delle olive viene evidenziato da un Indice di Maturazione che esprime il colore medio che le olive hanno in quel momento, il più diffuso è l'Indice di Maturazione di Jaen (Ferreira, 1979) (Figura 16). Esso è ottenuto prelevando intorno all'albero, ad altezza d'uomo, 1 kg circa di olive. Da esse si preleva un campione di 100 olive che vengono ripartite nelle seguenti classi:

Classe 0: Buccia verde intenso

Classe 1: Buccia verde giallognola

Classe 2: Buccia verde con zone rossicce in meno della metà del frutto. Inizio invaiatura.

Classe 3: Buccia rossiccia o invaiata in più della metà del frutto. Fine della invaiatura.

Classe 4: Buccia nera e polpa bianca.

Classe 5: Buccia nera e polpa invaiata meno della metà.

Classe 6: Buccia nera e polpa invaiata senza arrivare al nocciolo.

Classe 7: Buccia nera e polpa invaiata totalmente fino al nocciolo.

Si contano le olive A, B, C, D, E, F, G, H appartenenti alle classi 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e l'Indice di Maturazione risulta dalla media ponderata dei valori rilevati.

$$I.M. = (Ax0 + Bx1 + Cx2 + Dx3 + Ex4 + Fx5 + Gx6 + Hx7)/100$$

La durezza della polpa dipende dallo stadio di polimerizzazione delle pectine, per cui queste tendono a trasformarsi da complesse a semplici e la polpa con la maturazione diventa meno consistente. In queste condizioni i frutti sono più sensibili ai danni derivanti dalle manipolazioni del prodotto durante e dopo la raccolta, per cui per varietà a polpa poco consistente occorre evitare ammaccature e procedere immediatamente alla estrazione dell'olio per evitare che questo subisca delle alterazioni. L'alto contenuto in acqua dei frutti rende la polpa meno resistente e può incidere sui processi di lavorazione per l'estrazione dell'olio. Il contenuto in acqua dipende dalle varietà, dalle condizioni climatiche e dalle tecniche colturali.



Figura 16. Rappresentazione dell'indice di colore con le classi 0-7, rappresentate da due frutti ciascuna, da sinistra a destra.

L'elevata disponibilità di acqua tende a ritardare la maturazione dei frutti.

Pertanto la raccolta delle olive da olio deve essere eseguita in un periodo ottimale corrispondente a quello in cui i frutti sono ancora sulla pianta, ed hanno un elevato contenuto in olio e di buona qualità.

Per le olive da mensa gli indici di maturazione più importanti sono il contenuto in zuccheri, le sostanze pectiche, la resistenza al distacco, il colore e il distacco della polpa dal nocciolo.

Il colore per il trattamento in verde deve essere dal verde al giallognolo (Classe 0-1) e nessun frutto deve avere iniziato l'invasatura ed il nocciolo si distacca dalla polpa. Se la lavorazione è in nero il colore violaceo deve essere profondo fino a 2 mm dal nocciolo, che equivale ad un indice di 5 e 6.

10.1. Definizione in tempo reale della raccolta

Il monitoraggio della evoluzione degli indici di maturazione dovrebbe consentire di definire il momento di inizio della raccolta in tempo reale o con un anticipo di qualche giorno per permettere all'azienda di organizzarsi e di intervenire in tempo utile. Tra i parametri che offrono questa opportunità vi è la verifica della forza di distacco, l'andamento della cascola. Sono indici facilmente determinabili e capaci di predire con una sufficiente attendibilità il momento in cui cominciare l'operazione di raccolta e la durata di questa, prima che la cascola o la qualità dell'olio porti alla diminuzione del valore del prodotto ottenuto.

Il periodo utile per la raccolta dipende dalle capacità operative del cantiere o dell'azienda. Con la meccanizzazione si riesce a rendere più spedita l'operazione e a concentrarla nel periodo migliore. E' da tenere inoltre presente la possibilità di condizioni climatiche avverse che possono ostacolarla, e al rischio che basse temperature possano danneggiare la integrità della polpa e causare danni alla qualità dell'olio.

Quando si prevedono tempi lunghi di raccolta è preferibile anticiparla di qualche giorno, piuttosto che ritardarla per avere una maggiore sicurezza sulla qualità del prodotto. Così pure se vi sono attacchi di mosca occorre procedere immediatamente alla raccolta.

Bibliografia

- Amiot M.J., Fleuriet A., Macheix J.J. (1989). *Accumulation of oleuropein derivatives during olive maturation*. Phytochemistry, 28, 1, 67-69.
- Blanke M.M., Lenz F. (1989). *Fruit photosynthesis*. Plant, Cell and Environment. 12:31-46.
- Cucurachi A., Mascolo A., Di Giovacchino L., Solinas M., Angerosa F. (1978-80). *Incidenza dell'epoca di raccolta e della durata dello stoccaggio delle olive su taluni parametri caratteristici della qualità dell'olio*. Ann. Ist. Sper. Elaiot. Pescara, 129-140.
- Conde C., Delrot S., Geros E. (2008). *Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening*. Journal of Plant Physiology, 165, 15, 1545-1562.
- Ferreira J. (1979). *Explotaciones olivareras colaboradoras, n.5*. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Flora L.L., Madore M.A. (1993). *Stachyose and mannitol transport in olive (Olea europaea L.)*. Planta 189: 484-490.
- King J.R. (1938). *Morphological development of the fruit of the olive*. Hilgardia, 11,8, 437-458.
- Marzouk B., Cherif A. (1981). *La lipogenese dans l'olivier I. Formation des lipids neutres*. Oleagineux, 36, 2, 77-82.
- Marzouk B., Cherif A. (1981b). *La lipogenese dans l'olive II. Formation des lipids polaires*. Oleagineux, 36, 7, 387-391.
- Mazliak P. (1970). *Lipids in "The biochemistry of fruits and their products"* Ed. A.C.Hulme, Ac. Press, London, 1, 209-238.

-
- Pandolfi S., Tombesi A., Pilli M., Preziosi P. (1993). *Fruit characteristics of olive cultivars of different origin grown in Umbria*. Acta Horticulturae 356, 362-366.
- Proietti P., Tombesi A. (1992). *Changes in photosynthetic activity in olive fruits*. Eight Consultation of European Cooperative Research Network on olives. Sept. 10-13. Izmir Turkiye.
- Proietti P., Tombesi A., Boco M. (1994). *Influence of leaf shading and defoliation on oil synthesis and growth of olive fruits*. Acta Horticulturae, 356, 272-277.
- Romani A., Aldi A., Vincieri F.F., Tattini M., Cimato A. (1992). *Analisi quali-quantitativa di oligosaccaridi in piante di olivo (cv. Leccino) sottoposte a stress da NaCl*. Atti Convegno Oil Quality, Firenze, 77-82.
- Sanchez J., Harwood J.L. (2002). *Biosynthesis of triacylglycerols and volatiles in olives*. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 104, 564-573.
- Servili M, Esposito S, Lodolini E, Selvaggini R, Taticchi A, Urbani S, Montedoro GF, Serravalle M, Gucci R. (2007). *Irrigation effects on quality, phenolic composition and selected volatiles of virgin olive oil cv. Leccino*. J. Agric. Food Chem. 55: 6609-6618.
- Solinas M., Marsilio V. (1984-87). *Correlazione tra costituenti pectici e consistenza della polpa delle olive. Nota 1a: Influenza del processo di maturazione*. Ann.Ist. Elaiot. Pescara.
- Tombesi A. (1994). *Olive fruit growth and metabolism*. Acta Hort. 356, 225-232.
- Tombesi A., Tombesi S. (2007). *Olive harvesting and mechanization*, in "Production Techniques in Olive Growing". International Olive Council, Madrid, 317-346.
- Wang X.M., Hildebrand D.F. (1988). *Biosynthesis and regulation of linolenic acid in higher plants*. Plant Physiol. Biochem. 26, 6, 777-792.
- Wodner M., Lavee S., Epstein E. (1988). *Identification and seasonal changes of glucose, fructose, and mannitol in relation to oil accumulation during fruit development in Olea europaea L.*, Scientia Horticulturae, 36, 47-54.
-