

Frutticoltura tropicale e subtropicale: un lungo viaggio tra sfide e innovazioni

mango, papaya, avocado e caffè ormai rientrano ufficialmente tra le produzioni siciliane - due progetti regionali per incentivarne la coltivazione

di

**R. Passafiume¹, I. Tinebra¹, D. Scuderi¹,
A. Culmone¹, G. Salsi¹, P. Roppolo¹,
S. Bellitti¹, M. Mezzano¹, V. Farina¹,
G. Gugliuzza²**

¹ Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali Università degli Studi di Palermo

² Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria - Palermo

In Sicilia l'esperienza della coltivazione dei fruttiferi tropicali è iniziata nei primi anni Settanta principalmente con gli studi di Francesco Calabrese e si è perfezionata nei successivi decenni. Oggi, grazie alle attività di ricerca portate avanti presso il Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali (SAAF) dell'Università di Palermo con il *team* di ricerca di Frutticoltura Tropicale e Subtropicale coordinato da Vittorio Farina, si dispone di un moderno supporto sia per la progettazione che per la gestione degli impianti e per gli aspetti legati al post-raccolta. I risultati delle attività di

ricerca sono desumibili da numerosi articoli scientifici pubblicati su riviste indicizzate a diffusione internazionale e su riviste tecnico-scientifiche nazionali e locali.

La sperimentazione di campo

Mango, avocado e papaya rappresentano la punta di diamante dell'offerta di frutti di origine tropicale in Italia. La coltivazione del **mango** in ambiente mediterraneo è strettamente dipendente dalle variabili ambientali, soprattutto dalla temperatura. Questo fattore influisce sulla tolleranza delle diverse cultivar al freddo (e al caldo) e sulla risposta vegeto-produttiva delle piante. Gli andamenti contemporanei di alcune variabili ambientali come temperatura, umidità e radiazione luminosa sono stati monitorati nelle aziende siciliane per diverse stagioni vegetative e produttive. Gli studi condotti finora hanno dimostrato come capacità di vegetare e qualità dei frutti siano



frutti di mango prossimi alla maturazione (Caronia Marina)

fortemente influenzate dal clima. I progetti di ricerca INNOMAM e TINFRUT finanziati dalla Regione Sicilia, attivi in un quadriennio, mirano a ottimizzare la coltura del mango e delle altre specie frutticole tropicali presenti nell'isola. È ormai assodato che la coltivazione del mango imponga l'uso di frangivento, la protezione delle singole piante durante i mesi invernali (tessuto non tessuto) o il ricorso ad apprestamenti protettivi. Il confronto tra coltivazione in pieno campo e in serra è stato oggetto anche di studi finanziati da questi progetti. La manghicoltura in serra presenta vantaggi e svantaggi specifici. Le serre consentono di gestire meglio l'ambiente di crescita regolando la temperatura, l'umidità e l'esposizione alla luce solare per



giovane impianto di mango sotto rete protettiva (Rocca di Capri Leone)



casco di banane siciliane (Giardinello)

ottimizzare la crescita delle piante. Un parziale anticipo di maturazione legato alla maggiore precocità di fioritura non sempre è garantito dal decorso estivo della maturazione quando è facile che si possano verificare stress importanti che rallentano la crescita del frutto o ne incentivano le scottature della buccia. L'uso di reti o di coperture plastiche parziali o integrali sembrerebbe assicurare risultati migliori rispetto alla serra fredda. Nonostante questa specie si sia adattata al clima mediterraneo con ottimi risultati produttivi, in termini quantitativi e qualitativi, subisce gli effetti del cambiamento climatico soprattutto al verificarsi di eventi estremi. È il caso anche della combinazione di elevate temperature e siccità durante lo sviluppo del frutto oppure il verificarsi di eventi piovosi intensi fuori stagione ed a ridosso di fasi fenologiche sensibili quali la fioritura che, quindi, possono compromettere l'intera produzione in intervalli di tempo ristretti. A questo proposito il *team* del SAAF ha avviato un progetto sperimentale per valutare gli effetti di diverse tipologie di reti fotoselettive sulle piante e sui frutti. I colori individuati per le reti variano dal nero al perla passando attraverso specifiche combinazioni

di colori. Queste attività sono state avviate con lo scopo di valutare quale rete protettiva restituisca i migliori risultati in termini di sviluppo della chioma, fotosintesi, efficienza dell'uso dell'acqua, protezione dalle scottature dei frutti nel periodo caldo ed infine, protezione dai danni biotici e abiotici legati ai freddi invernali. Il presupposto di partenza è che ciascuna rete colorata cambi il microclima di coltivazione con specifici spettri e percentuali di ombreggiamento, utili per controllare la fotoinibizione e la fotossidazione di giornate calde e luminose, proteggere i frutti dalle scottature e limitare la temperatura del suolo (con minore stress per l'apparato radicale). Tuttavia, la padronanza di queste informazioni non è ancora ampiamente sviluppata in Sicilia, in cui solo negli ultimi anni si sta cominciando a prendere in considerazione l'utilizzo di tali strutture protettive per contrastare gli effetti del cambiamento climatico e ottenere produzioni costanti nel tempo ma soprattutto di elevata qualità. Il mango è una specie dove la massimizzazione dell'intercettazione luminosa è legata sia al buon esito della fioritura sia alla qualità dei frutti. Studi sui sestri di impianto variabili e su modelli di sesto dinamico sono già in sperimentazione a qualche anno per valutare la fattibilità di tali tecniche. Ulteriori studi riguardano le relazioni tra sviluppo radicale, baulatura e pacciamatura.

Sempre nella direzione della qualità, sono stati studiati i modelli di crescita e maturazione del frutto e l'individuazione del momento ottimale di raccolta. Gli studi hanno evidenziato come i manghi siciliani raccolti *tree-ripe* abbiano un vantaggio significativo in termini di aroma, sapore e caratteristiche nutraceutiche rispetto ai loro concorrenti importati. Grazie alla favorevole posizione della Sicilia,

possono raggiungere i mercati europei in 24-48 ore con costi ridotti e un impatto ambientale limitato. Questo aspetto è molto apprezzato dai consumatori e dalla grande distribuzione organizzata europea. Attualmente, il contesto pedoclimatico siciliano consente di coltivare il mango con risultati ottimali nelle aree dove era già coltivato il limone sulla costa tirrenica ma non mancano nuovi impianti nella zona ionica, nel siracusano e ragusano e nella Sicilia meridionale tra Sciacca e Menfi. Questo offre opportunità di riqualificazione agricola e paesaggistica in alcune zone costiere ioniche e tirreniche della Sicilia.

Anche la coltivazione dell'**avocado** è strettamente legata alle variabili climatiche. L'adattamento varietale al clima mediterraneo è stato fondamentale per il successo della coltivazione dell'avocado in Italia, soprattutto in Sicilia. La zona ionica dell'Etna sulle coste è particolarmente vocata per la sua coltivazione. Qui si trovano microclimi e terreni ideali per gli avocado, con un elevato standard qualitativo sia dal punto di vista organolettico che nutraceutico in termini di equilibrio degli acidi



frutto di avocado scottato

grassi mono e polinsaturi, componenti principali di questo frutto. Un recente confronto con frutti importati dai paesi produttori ha evidenziato l'elevata qualità del prodotto siciliano. L'avocado è una specie accusata di poca sostenibilità ambientale soprattutto a causa della sua elevata impronta idrica. In Sicilia diventa una scelta sostenibile quando viene coltivato in aree dove sono presenti importanti risorse irrigue, in biologico e con una attenzione particolare alla gestione agronomica. Nuove ricerche appena attivate dal *team* del SAAF vedono infatti lo studio di tecniche di irrigazione di stress con il supporto di tecnologie legate alla progettazione e realizzazione di impianti dedicati alle colture tropicali. Questa strategia gestionale si basa sul principio di regolare gli interventi in campo in funzione delle reali esigenze della coltura e delle caratteristiche fisico-chimiche del suolo avvalendosi di una serie di strumenti e tecnologie quali telerilevamento mediante droni, sensori su pianta e nel suolo, sistemi di rilevamento satellitare. In questo modo è possibile rendere la filiera produttiva, più efficiente e più sostenibile riducendo gli sprechi e massimizzando la produttività delle colture tropicali. Questo progetto si propone attraverso l'integrazione delle tecnologie di informazione, comunicazione e controllo nel processo di irrigazione di ottenere un utilizzo ottimale delle

risorse idriche riducendo al minimo l'impatto ambientale senza ridurre la produttività dell'avocado ma anche del mangheto e senza intaccare lo stato di salute delle piante o la qualità dei frutti. Gli studi sulla fisiologia pre e postraccolta delle piante di mango e avocado sono stati condotti anche in ambienti subtropicali e tropicali in collaborazione con enti di ricerca internazionali come l'ICIA di Tenerife e il CIRAD della Reunion e la UPV di Valencia.

Ulteriori studi ancora in atto riguardano la relazione tra la cascola dei frutti e l'impollinazione entomofila in piante di tipo A e di tipo B facendo ricorso a insetti provenienti da una biofabbrica per aumentare l'indice di allegagione.

Sebbene la produzione siciliana sia ancora limitata, anche la coltivazione della **papaya** offre prospettive interessanti per l'agricoltura locale e la diversificazione delle colture. La coltivazione della papaya in Sicilia è possibile grazie al clima mite e alle temperature calde che caratterizzano l'isola. La papaya è una pianta tropicale che preferisce climi caldi e umidi, ma ha dimostrato di potersi adattare anche a condizioni più temperate del nostro clima mediterraneo sebbene richieda una protezione dai freddi invernali. In Sicilia, la papaya viene infatti coltivata principalmente in serra, per proteggerla dai venti freddi e dalle variazioni di tempera-



papaya siciliana

tura con buoni risultati produttivi e qualitativi. Le ricerche del *team* del SAAF si sono concentrate sull'adattamento in serra di alcune varietà, sulla gestione postraccolta e sugli aspetti nutrizionali che la caratterizzano come 'superfood'. In ultimo, la ricerca di campo continua a esplorare nuove tecniche colturali e a individuare aree potenzialmente vocate, anche nel resto del Sud Italia, per la coltivazione di mango, avocado e papaya, contribuendo alla diversificazione delle colture e alla redditività dell'agricoltura siciliana.

Gestione postraccolta

Negli ultimi anni le nostre attività di ricerca si sono focalizzate sullo studio di alcune delle più recenti tecnologie di conservazione al fine di ottenere un miglioramento della gestione della filiera dei prodotti frutticoli tropicali. Queste tecniche di conservazione hanno avuto, infatti, l'obiettivo di rallentare l'instaurarsi di tutti quei fenomeni fisiologici alterativi responsabili della senescenza. Grazie alle ricerche condotte oggi è possibile individuare il giusto momento di raccolta dei frutti tropicali e controllare i processi fisiologici che ne determinano la perdita di qualità durante la conservazione. Alcuni studi si sono concentrati sullo



impianto commerciale di avocado (Catania)

studio delle temperature di conservazione visto che, notoriamente, i frutti tropicali sviluppano danni da freddo. La temperatura di conservazione gioca un ruolo cruciale nel mantenimento della *shelf-life* di mango, avocado e papaya. Temperature inadeguate, infatti, determinano lo sviluppo di lesioni da raffreddamento (*Chilling injury*) che si manifestano con danni esterni (alla buccia) e interni (alla polpa), mediante imbrunimento, spaccature, o scolorimento.

Tra le tecniche più utilizzate per prolungare la *shelf-life* dei prodotti frutticoli vi è l'applicazione di rivestimenti commestibili (*edible coating - EC*). L'*EC* è una soluzione inodore, incolore e insapore che abbiamo applicato, mediante tecnica *dipping* o *spraying*, sulla superficie di mango e papaya di IV gamma. Abbiamo utilizzato *EC* composti da una fase acquosa in cui si dissolve una componente antiossidante, una antimicrobica e una che gli conferisce caratteristiche di adesività alla frutta. Gli studi più recenti hanno messo in luce gli effetti positivi degli oli essenziali o dei suoi sottoprodotti, gli idrolati (acque aromatiche) come componente antimicrobica sia su mango di IV gamma che su frutto intero di papaya. Il primo studio, effettuato su frutti di mango di IV gamma frigo-conservati per 9 giorni a $4 \pm 1^\circ\text{C}$, ha evidenziato come l'applicazione di un *EC* a base di olio essenziale di neem e idrossipropil-metilcellulosa (HPMC), abbia mantenuto saldi i legami tra le pectine della parete cellulare, limitandone la perdita di peso; inoltre, le caratteristiche antimicrobiche e antiossidanti dell'olio essenziale di neem hanno inibito l'attivazione dell'enzima polifenolossidasi (PPO), responsabile dell'imbrunimento dei frutti, nonché la formazione di microrganismi patogeni alterativi. Nel secondo studio, la papaya siciliana è stata trattata in postraccolta con

oli essenziali e idrolati per migliorare la sua conservazione e ridurre la proliferazione di patogeni. L'olio essenziale di origano (*Origanum vulgare* L. subsp. *viridulum*) misto al gel di *Aloe arborescens* Mill. è stato utilizzato con successo per ridurre l'incidenza dell'antracnosi post-raccolta nella papaya così come gli idrolati (ottoprodotti ottenuti durante la distillazione degli oli essenziali) rappresentando un'alternativa sostenibile ai prodotti chimici sintetici.

Un'altra tecnica di mantenimento delle caratteristiche qualitative dei frutti e di miglioramento della loro *shelf-life* che abbiamo lungamente testato è l'utilizzo di atmosfera modificata per il confezionamento (*modified atmosphere packaging - MAP*). Abbiamo usato gas inerti come l' O_2 , la CO_2 , l' N_2 e l'Ar con ruoli diversi in funzione della matrice vegetale con cui vengono a contatto e della loro concentrazione all'interno della confezione. L' O_2 , è stato utilizzato a basse concentrazioni, per far sì che il frutto continui ad esplicare la sua naturale attività fisiologica senza attivare il metabolismo anaerobico che, altrimenti, causerebbe la formazione di

per prevenire i fenomeni ossidativi e per mantenere i gas all'interno della confezione, mentre l'Ar per mantenere un ambiente salubre, evitando la perdita delle caratteristiche sensoriali iniziali dei frutti confezionati. Abbiamo osservato come in questo sistema le variazioni di concentrazione di O_2 e CO_2 all'interno della confezione variano in funzione di fattori quali la velocità di respirazione del prodotto, la produzione di etilene, lo stadio di maturazione al quale viene conservato, il suo peso e la sua temperatura, nonché le caratteristiche di permeabilità della confezione.

A tal proposito, è stato evidenziato che differenti concentrazioni di gas all'interno della confezione possono inibire i processi di senescenza di diversi prodotti frutticoli. Gli studi su prodotti frutticoli di origine tropicale e subtropicale hanno rispettivamente dimostrato che l'utilizzo della tecnologia MAP determina un rallentamento dell'imbrunimento enzimatico, l'inibizione delle alterazioni microbiche e la formazione di lesioni sul pericarpo del frutto

Grazie ai risultati di queste ricerche oggi abbiamo un quadro più chiaro



mango in serra e in pieno campo protetto con TNT

composti come l'acetaldeide, responsabile della fermentazione dei frutti. La CO_2 è stata utilizzata poiché ha un potente effetto batteriostatico, infatti, sembra allungare la fase di latenza di colonie microbiche e patogeni alterativi. L' N_2 è stato aggiunto

sulle modalità di conservazione dei nostri frutti tropicali siciliani anche per periodi prolungati, mantenendo inalterate le loro caratteristiche organolettiche e nutraceutiche, riducendo il rischio di proliferazione microbica e l'alterazione della qualità sensoriale.

Trasformazione e nuovi prodotti

Nell'ultimo decennio nuovi prodotti alimentari come la frutta disidratata hanno guadagnato popolarità per la loro capacità di conservare gli elementi nutritivi essenziali e soddisfare le esigenze dei consumatori. La frutta disidratata è una buona fonte di energia grazie al suo elevato contenuto di carboidrati, fibre, lipidi, proteine, minerali, vitamine idrosolubili e liposolubili ben note per le loro proprietà antiossidanti. Alla base del processo di disidratazione, oltre all'elemento salutistico, al piacere del gusto e alla praticità di consumo, vi è la necessità di attuare sistemi di conservazione a basso impatto ambientale e che garantiscano il mantenimento della *shelf-life* e della *food safety*. Inoltre, il processamento consente il recupero degli scarti, ovvero frutti appartenenti a categorie commerciali inferiori che sul mercato del fresco non trovano spazio e che puntualmente non vengono consumati. La disidratazione è un metodo antico basato sulla parziale o totale riduzione del contenuto in acqua sotto forma di vapore fino ad una concentrazione finale (10-14% UR) che assicura la stabilità microbica e ne garantisce la conservabilità. Esistono diversi metodi, singoli o combinati, che possono apportare miglioramenti notevoli sui parametri qualitativi dei frutti. L'essiccazione in corrente di aria calda è un metodo alternativo che permette di ottenere un prodotto qualitativamente superiore utilizzando basse temperature e brevi tempi di trattamento. Tuttavia, sebbene sia benefica in termini di riduzione dell'acqua disponibile, la cui presenza invece favorisce reazioni fisico-chimiche dannose e lo sviluppo di agenti patogeni negli alimenti, è estremamente importante la scelta dei parametri di processo, come il tempo e la temperatura, che, se non

fossero idonei per la matrice vegetale trattata, potrebbero causare effetti avversi, come imbrunimenti e perdita delle caratteristiche nutrizionali. In questo scenario e durante gli ultimi anni, abbiamo condotto una serie di studi approfonditi sugli effetti della disidratazione di frutti coltivati nella Sicilia scegliendo frutti subtropicali e tropicali quali, arancia rossa, mango e nespolo del Giappone. Nel contesto specifico della Sicilia, dove la produzione di agrumi come le arance rosse è significativa, la disidratazione vuole diventare una strategia importante per valorizzare la frutta e ridurre gli sprechi. Uno studio inedito condotto recentemente ha esaminato gli effetti di questa tecnica su frutti di scarto di arance rosse siciliane delle varietà Moro, Tarocco e Sanguinello. I frutti sono stati affettati e disidratati in corrente d'aria calda a 70°C per 12 ore e poi conservate per 100 giorni in imballaggi con atmosfera modificata (MAP) attraverso due miscele di gas (100% N₂ e passiva). Le analisi periodiche (ogni 25 giorni) hanno rivelato che le fette si adattano bene alla disidratazione, mantenendo le loro caratteristiche chimico-fisiche (Brix°, AT, colore, consistenza e spessore), sensoriali e microbiologiche. La conservazione in MAP attiva mantiene la durezza e il colore delle fette, suggerendo un potenziale per la produzione di snack salutari e gustosi.

Lo studio sul mango ha esaminato gli effetti della maturazione pre-raccolta su manghi disidratati e l'efficacia della conservazione in atmosfera modificata (MAP) per mantenere la qualità del prodotto. Nello specifico, i manghi, in due stadi di maturazio-

ne (Green e Mature), sono stati disidratati e conservati in sacchetti di poliammide/polietilene (PA/PE) con due trattamenti di atmosfera modificata (100% N₂ e passiva) per 30 giorni. L'analisi ha rivelato cambiamenti significativi nelle proprietà fisico-chimiche dei manghi disidratati allo stadio di maturazione Green, ma quelli Mature hanno mantenuto un colore vivace e brillante, un alto contenuto di nutrienti e sono stati valu-



mango essiccato in corrente d'aria calda

tati positivamente dai consumatori. In conclusione, l'essiccazione è stata efficace nel valorizzare gli scarti della filiera del mango siciliano e si propone come tecnica di valorizzazione dei prodotti frutticoli tropicali e subtropicali. Il mango essiccato prodotto senza l'aggiunta di sostanze chimiche di sintesi, ha ricevuto giudizi molto positivi nella percezione sensoriale da parte di un panel addestrato e di un congruo gruppo di consumatori, ponendosi come prodotto alternativo che offre una serie di benefici nutrizionali, pratici ed economici. Protocolli simili sono stati applicati a frutti di nespolo del Giappone pelati e privati dei semi. Abbiamo ottenuto un prodotto nuovo dalla consistenza interessante e dal gusto gradevole utilizzando frutti non conformi agli standard commerciali. La conservazione in MAP, poi, ci ha consentito di dare ai frutti di nespolo una lunga vita commerciale altrimenti impos-



bacche e semi di caffè siciliano

sibile vista l'elevata suscettibilità del frutto ai danni postraccolta.

La crescente domanda di frutta tropicale in Europa e altrove ha reso cruciale trovare modi innovativi per gestire i rifiuti prodotti durante il processo di produzione o derivanti da frutti che non rientrano nei ristretti standard commerciali. Le perdite lungo la catena di approvvigionamento, dalla produzione al consumo, minacciano la sicurezza alimentare e la sostenibilità economica e ambientale. Tuttavia, lo scarto della frutta tropicale rappresenta un'opportunità di valore aggiunto. Al fine di valorizzare questi prodotti, la disidratazione già sopra descritta è stata una delle tecniche utilizzate dal nostro gruppo di ricerca per riciclare i frutti di avocado


e mango non conformi, convertendoli rispettivamente in polvere ed essiccati. Questa polvere è stata poi utilizzata come ingrediente per la produzione di vari alimenti, come il pane di semola con lievito naturale. La selezione degli ingredienti in polvere di frutta per la preparazione di impasti e/o pane è un processo cruciale che richiede attenzione strategica per ottenere la composizione ottimale e le proprietà fisiche desiderate. Ad esempio, la quantità di polvere di vegetale incorporata ha influenzato la stabilità dell'impasto a causa della fibra contenuta, che rallenta il processo di idratazione e sviluppo del glutine. Tuttavia, la polvere di frutta ha conferito proprietà coloranti e stabilizzanti al prodotto finale grazie alla presenza di carotenoidi e polifenoli.

Altri fruttiferi tropicali e subtropicali

In Sicilia vengono coltivati anche altri fruttiferi tropicali e subtropicali di più limitata diffusione come litchi, passiflora, nespolo del Giappone, guava, pitaya, macadamia e pecan. Il litchi è stato oggetto di alcuni studi volti a valutare le performance vegeto produttive delle varietà introdotte in Sicilia e la gestione postraccolta utilizzando tecnologie innovative come MAP, EC e *rapid refrigeration*. La macadamia è stata oggetto di un

recente studio volto a definirne l'evoluzione fenologica in relazione alle variabili climatiche. Ultimo arrivato è il caffè la cui pianta è già da qualche anno oggetto di osservazioni di campo in termini di adattabilità e di una approfondita analisi qualitativa del chicco verde e trasformato. Sul nespolo sono numerosissimi gli studi compiuti dal nostro team che spaziano dalla qualità dei frutti allo studio dell'ecofisiologia di questa specie considerata siciliana di adozione.

Conclusioni

La produzione di frutta tropicale sta vivendo una crescita esplosiva in molte parti del mondo, grazie a fattori come il vasto territorio geografico, l'alto livello di radiazione solare e il clima temperato favorevole. Anche in luoghi meno tipicamente associati alla produzione tropicale, come la Sicilia, si sta assistendo a un aumento significativo della produzione di frutti come mango, avocado, litchi, papaya e banane. In particolare, la produzione di mango, avocado e papaya in Sicilia sta conoscendo una crescita significativa delle superfici e delle produzioni, trainata dalla domanda sempre crescente del mercato europeo. Uno dei vantaggi distintivi del mango siciliano rispetto al suo omologo importato è la possibilità di essere raccolto con un grado di maturazione ottimale (*ripe on tree*) per il consumo diretto, garantendo così un prodotto di alta qualità, freschezza e sapore direttamente dall'albero; l'avocado siciliano è più sostenibile di quello importato a livello ambientale ed è spesso coltivato in regime biologico; la papaya siciliana è un affermato superfood. Tuttavia, la coltivazione di specie queste tropicali in ambienti mediterranei presenta ancora sfide aperte nella gestione degli impianti e del postraccolta che comporteranno ulteriori e approfonditi studi. 



impianto di caffè (Palermo)