

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI AGRARIA

CORSO DI LAUREA IN *TECNOLOGIE ALIMENTARI*

TESI DI LAUREA

in

Produzioni vegetali (c.i.)

**CARATTERI QUALITATIVI DEI FRUTTI DI 13 VARIETA' DI
FRAGOLA IN FUNZIONE DEL GENOTIPO E DEL MATERIALE
DI PROPAGAZIONE**

CANDIDATO
Mattia Cacchi

RELATORE:
Chiar.mo Prof. Luigi Filippo D'Antuono

CORRELATORI
Dott. Walther Faedi
Dott. Gianluca Baruzzi
Dott. Maria Luigia Maltoni

Anno Accademico 2011-2012

Sessione II

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari

in collaborazione con

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura
Unità di Ricerca per la Frutticoltura di Forlì (CRA-FRF)



CRA-FRF
UNITÀ DI RICERCA
PER LA FRUTTICOLTURA
(FORLÌ)

Indice

PARTE PRIMA: INTRODUZIONE

Capitolo 1: La fragola – botanica e aspetti generali	5
1.1 Origine e evoluzione	5
1.2 La coltura nel mondo e in Italia	5
1.3 Standard varietale italiano	6
1.4 Caratteristiche botaniche della pianta	7
1.5 Classificazione delle cultivar	8
1.5.1 Cultivar brevidiurne (unifere)	8
1.5.2 Cultivar rifioventi longidiurne	8
1.5.3 Cultivar rifioventi neutrodiurne	8
1.6 La qualità dei frutti	9
1.7 Principali fattori che influenzano la qualità	10

PARTE SECONDA: SPERIMENTAZIONE

Capitolo 2: Obiettivi della tesi	12
Capitolo 3: Materiali e Metodi	13
Capitolo 4: Risultati	19
4.1 Caratteri produttivi	19
4.1.1 Indice di precocità di maturazione dei frutti	19
4.1.2 Produzione commerciale e di scarto	19
4.2 Caratteri qualitativi dei frutti	20
4.2.1 Peso medio ponderato	20
4.2.2 Consistenza della polpa	21
4.2.3 Residuo secco rifrattometrico	22

4.2.4 Acidità	22
4.2.5 Caratteristiche colorimetriche	23
4.2.6 Acido ascorbico (vitamina C)	23
4.2.7 Polifenoli totali	24
4.2.8 Antociani	24
4.2.9 Capacità antiossidante totale	25
4.3 Studi di correlazione	30
4.4 Conclusioni	35
Bibliografia	37

PARTE PRIMA: INTRODUZIONE

Capitolo 1

La fragola – botanica e aspetti generali

1.1 Origine e evoluzione

La fragola appartiene alla famiglia delle rosacee. In Europa fino al XVII secolo erano presenti solo specie selvatiche autoctone (*Fragaria vesca*, *F. viridis*, *F. moschata*) caratterizzate da un differente livello di ploidia (diploidi, tetraploidi, esaploidi). La specie ottoploide *Fragaria x ananassa*, a cui appartengono tutte le varietà attualmente coltivate, è un ibrido interspecifico la cui costituzione si deve ad un ufficiale francese di nome A. F. Frezier. Durante i suoi viaggi esplorativi nel Nuovo Continente, importò dal Cile 5 piante pistillifere di *F. chiloensis* ottoploide ($2n=56$), che aveva scelto per i suoi frutti di grossa pezzatura, e alcune a piante staminifere di *F. virginiana* (individuate nell'America settentrionale). L'incrocio fra queste due specie del continente americano avvenne casualmente in Bretagna nel 1712, dove vennero coltivate le une accanto alle altre. Gli acheni vennero raccolti, seminati e originarono dei semenzali alcuni dei quali producevano frutti più grossi di quelli delle specie parentali. Nel corso dei decenni successivi si avviò una attività di breeding che portò alla costituzione delle prime varietà coltivate all'inizio del 1800. Ad oggi sono più di 2000 le varietà costituite nel mondo originate da questo ibrido, gran parte delle quali perse.

1.2 La coltura nel mondo e in Italia

Attualmente la coltura della fragola è diffusa in molti paesi. Nel periodo 1980-2000 la produzione mondiale di fragola è aumentata dell'83%, fino ad oltrepassare i 3 milioni di tonnellate. Dal 2000 al 2010 si è registrato un ulteriore aumento fino a superare i 4 milioni di tonnellate. La superficie coltivata a fragola, stimata nel 2010 in circa 241.000 ettari ha subito, come la produzione, un trend positivo ma con valori meno significativi. Questo denota un aumento delle rese unitarie dovuto sia all'innovazione

varietale che al miglioramento della tecnica colturale. I principali paesi produttori sono USA (28,2% della produzione mondiale), Spagna (6,5%), Turchia (6,4%), Messico (5,1%), Corea (5%), Polonia (5%), Egitto (5%), Giappone(5%), Italia (4%), Germania (4%). Complessivamente questi in 10 paesi vengono prodotti quasi 3 milioni di tonnellate, equivalenti al 73% della produzione mondiale, ottenute sul 58% della superficie.

L'Italia oggi è il quarto Paese produttore di fragole dell'UE, con 3500 ha coltivati e una produzione media annua di 100.000 t. Insieme a Spagna, Polonia, Germania e Regno Unito, vengono forniti oltre tre quarti dei volumi prodotti all'interno dell'UE. Nonostante il dato assoluto evidenzi per l'Italia un posizionamento dimensionale tuttora di primo piano nel panorama internazionale, dalla lettura dei trend di medio-lungo periodo emerge con chiarezza il processo di ridimensionamento che ha caratterizzato il comparto negli ultimi venti anni, portando alla fuoriuscita delle aziende meno professionali ed efficienti. Il crescente apprezzamento spuntato dalla fragola italiana sia sul mercato interno che oltreconfine spesso non è risultato sufficiente a coprire un costo di produzione su cui, ancora oggi, malgrado il lavoro svolto sul fronte varietale, la manodopera arriva a incidere per oltre il 60%. Se a ciò si aggiunge che la qualità organolettica del prodotto è strettamente legata all'incognita climatica e quindi che l'eventualità di piogge persistenti ed elevata umidità compromettano con straordinaria facilità buona parte del raccolto, ecco spiegate le ragioni del ridimensionamento produttivo della fragolicoltura in Italia.

1.3 Standard varietale italiano

Lo standard varietale italiano della fragola è nettamente diversificato in relazione alle aree colturali. Al sud (60% della produzione nazionale) dominano le varietà con piante che necessitano di un basso fabbisogno di freddo invernale principalmente ottenute da programmi di miglioramento genetico stranieri: Candonga®Sabrosa (Spagna), Camarosa e Florida Fortuna (USA). Al nord nell'areale veronese, la principale varietà coltivata è Eva, seguita da Roxana e Irma, mentre nell'areale romagnolo (cesenate) Alba è la varietà leader, seguita a distanza da Roxana e Tecla.

Nelle aree di montagna del cuneese e trentino sono diffuse sia varietà unifere (Elsanta), che rifioranti (Evie 2 ed Elsinore®CIVRI 30) in grado di fornire un flusso produttivo continuo da luglio fino ad ottobre, con piante poste a dimora in aprile.

È importante evidenziare che attualmente le differenti tecniche di coltivazione nelle diverse aree produttive consentono un flusso produttivo nazionale per tutti i mesi dell'anno.

1.4 Caratteristiche botaniche delle piante

La pianta di fragola è perenne, è costituita da un apparato radicale, da un fusto (rizoma o corona) e da un apparato fogliare. La radice è fascicolata e svolge una funzione sia di assorbimento che di riserva. Il rizoma sporge dal terreno: è anch'esso un organo di riserva, contiene i tessuti vascolari e accetendo sviluppa formando alcuni germogli provvisti di radici. Le foglie sono composte, in genere trilobate.

Il fiore è in genere ermafrodita, ma non mancano esempi, soprattutto nelle varietà antiche, di fiori imperfetti con solo organi femminili (pistilliferi) o maschili (staminiferi). Quando le condizioni non sono favorevoli all'impollinazione (sbalzi termici, scarso arieggiamento delle piante in colture protette, scarsa presenza di insetti pronubi, bassa umidità dell'aria, ecc...) una parte degli ovuli può non essere fecondata dando origine a frutti malformati.

Il frutto edule è un falso frutto costituito dall'ingrossamento del ricettacolo sul quale sono inseriti gli acheni (semi).

La fragola coltivata attualmente è propagata quasi unicamente per via vegetativa, grazie alla capacità – anche molto accentuata in molte cultivar – di emettere stoloni. In genere la stolonizzazione avviene in estate durante la fase vegetativa, successiva a quella di fruttificazione. Per gli impianti vengono utilizzate diversi tipi di piante fra cui i più utilizzati negli ambienti settentrionali sono:

- piante “frigoconservate”, moltiplicate in appositi vivai, estirpate nella fase di pieno riposo vegetativo e poste in celle frigorifere a una temperatura di conservazione in inverno che varia da -1,5 a -2 °C, fino alla piantagione.
- piante fresche “cime radicate”, ottenute prelevando da vivai opportunamente

predisposti, cime di stoloni non radicati, ma provvisti di abbozzi radicali. Le cime vengono poi poste a radicare in contenitori alveolati con fori del diametro di 3-4 cm. Nell'arco di 25-30 giorni le piante sono pronte per essere messe a dimora in fragoletti.

1.5 Classificazione delle cultivar

Le numerose cultivar, in base alla loro reazione al fotoperiodo vengono in genere classificate nelle seguenti categorie:

1.5.1 Cultivar brevidiurne (unifere)

In seguito alla differenziazione delle gemme a fiore in autunno, le piante fioriscono una sola volta nell'anno (in primavera), sono quindi unifere e vengono chiamate brevidiurne (SD "short-day") o "Junebearers" (JB). Esse richiedono, per l'induzione a fiore delle gemme, una lunghezza di luce giornaliera inferiore alle 14 ore e temperature inferiori a 15°C. Nel nostro emisfero le cultivar unifere differenziano in autunno, dalla fine di settembre fino a quando lo consente la temperatura. Nei climi temperati, la pianta durante l'inverno entra in riposo vegetativo e la schiusura primaverile (fioritura) delle gemme consente una produzione che matura in un periodo di tempo più o meno lungo a seconda della lunghezza del periodo di differenziazione (25-50 giorni in Valle Padana; 90-100 giorni nelle aree meridionali).

1.5.2. Cultivar rifioventi longidiurne

Le cultivar rifioventi longidiurne sono caratterizzate dalla differenziazione delle gemme a fiore nel periodo primaverile-estivo, quando si hanno giornate con 14 ore di luce o più e fruttificano dalla primavera fino all'autunno. A questo gruppo appartengono numerose antiche varietà rifioventi principalmente ottenute nel Nord Europa.

1.5.3. Cultivar rifioventi neutrodiurne

Le cultivar rifioventi a giorno neutro (carattere rifiovente DN – “day neutral”) sono indifferenti al fotoperiodo e differenziano gemme indipendentemente dalla durata del

giorno: il principale fattore limitante dell'induzione florale è rappresentato dalla temperatura. Appartengono a questa categoria tutte le cultivar “rifioventi” oggi più coltivate nel mondo.

1.6 La qualità dei frutti

Il concetto di qualità è in continua evoluzione ed è in sinergia con le crescenti necessità della catena produttiva. Questo termine comprende aspetti sia legati alle caratteristiche intrinseche del frutto che alle valutazioni che ogni componente della filiera compie.

Dal punto di vista del produttore la qualità di una cultivar di fragola è data dall'elevata produttività, dalla resistenza alle malattie e dall'aspetto esteriore (forma regolare, tronco-conica e colore rosso brillante). Fino agli anni '80 è stato sinonimo principalmente di grossa pezzatura del frutto per il contenimento dei costi di raccolta. Diverso risulta il concetto dal punto di vista del commerciante o del distributore, i quali ricercano una lunga *shelf life* del prodotto per conservarlo più tempo sugli scaffali; sono apprezzati quindi frutti consistenti, resistenti alle manipolazioni, che mantengano il colore dell'epidermide uniforme e brillante, e la freschezza del calice verde, e che siano resistenti ai marciumi.

Il consumatore invece, considera la qualità valutando l'aspetto esteriore del frutto, il sapore, la salubrità e il suo valore nutrizionale: il colore è forse la prima caratteristica che il consumatore percepisce in quanto rende il prodotto più o meno attraente; è dovuto alla presenza preponderante dell'antocianina pelargonidina-3-glucoside appartenente al gruppo dei flavonoidi. Il colore delle fragole fresche varia a seconda della cultivar considerata, dello stadio di maturazione e dalle condizioni di conservazione nel post-raccolta.

Il sapore dei frutti è determinato principalmente dal grado zuccherino e dall'acidità: un equilibrato rapporto fra zuccheri/acidi rende il gusto più gradevole ed esalta l'apprezzamento organolettico della fragola.

La salubrità viene intesa come prodotto controllato soprattutto per quanto riguarda il

contenuto di residui antiparassitari.

Il valore salutistico è dovuto alla presenza di composti bioattivi quali vitamina C, polifenoli, ecc. che se compresi nella dieta alimentare hanno ripercussioni positive sulle salute umana. Queste sostanze hanno un'attività antiossidante, svolgono azione protettiva neutralizzando la formazione e/o proliferazione dei radicali liberi (molecole caratterizzate da elevata instabilità e reattività), che vengono normalmente prodotti nel nostro organismo durante le reazioni del metabolismo ossidativo. La consistente presenza di composti bioattivi rende la fragola un frutto con elevata capacità antiossidante (CAT), più alta rispetto a quella della pesca, mela, kiwi e arancia (Battino et al., 2004).

1.7 Principali fattori che influenzano la qualità

L'espressione delle caratteristiche qualitative e nutrizionali delle fragole è notoriamente sotto controllo genetico. Il miglioramento delle caratteristiche qualitative del frutto è un obiettivo perseguito da tutti i programmi di breeding mondiale. L'attività di breeding ha sicuramente portato in passato a dei miglioramenti delle caratteristiche qualitative della fragola, tuttavia la qualità è la risultante di numerosi fattori, non solo genetici, che interagiscono tra loro. Pertanto l'espressione di alcune caratteristiche qualitative è in funzione sì del fattore genetico, ma anche di quello climatico-ambientale ed agronomico. L'incremento della produzione per pianta e della pezzatura del frutto, così come quello della consistenza della polpa è stato sicuramente privilegiato dai "breeders" mentre l'incremento della dolcezza e dell'aroma dei frutti sono obiettivi che si sono aggiunti in un secondo momento nel processo selettivo. A questi ultimamente si è aggiunto il contenuto di composti bioattivi (polifenoli, acido ascorbico, antociani) a cui il consumatore presta sempre più interesse in quanto la fragola ne rappresenta una buona fonte naturale.

Tuttavia la variabilità di questi caratteri è molto elevata, poiché esiste una forte interazione genotipo x tecnica di coltivazione/ambiente che rende difficile la valutazione dell'espressione dei caratteri qualitativi.

Infatti, numerosi studi hanno mostrato come la tecnica colturale influisca sulla qualità

del frutto. In particolare nel cesenate è stato evidenziato come la coltura protetta comporti un anticipo di maturazione dei frutti, che si presentano più grossi rispetto a quelli in coltura di pieno campo, ma con minor dolcezza, acidità, consistenza e anche più basso contenuto di acido ascorbico. Per contro, i frutti prodotti in coltura protetta hanno mostrato un colore più brillante rispetto a quelli del campo. Negli ambienti meridionali è stato evidenziato che la pianta fresca (radice nuda e cima radicata) fornisce un prodotto qualitativamente migliore, soprattutto in termini di residuo secco rifrattometrico e consistenza della polpa del frutto, rispetto a quello della pianta frigoconservata (Maltoni et al., 2009).

Va evidenziato che al sud il produttore predilige sempre più la pianta fresca, sia radice nuda, sia cima radicata, poiché le condizioni climatiche invernali, piuttosto miti, favoriscono un anticipo di produzione ed un ciclo di fruttificazione più lungo rispetto alle piante frigoconservate. Negli ambienti settentrionali invece è ancora di largo impiego la pianta frigoconservata, anche se, soprattutto negli areali di montagna, quella fresca a cima radicata viene utilizzata con crescente interesse.

PARTE SECONDA: SPERIMENTAZIONE

Capitolo 2

Obiettivi della tesi

La ricerca svolta presso il Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - Unità di Ricerca per la Frutticoltura di Forlì (CRA-FRF) ha riguardato lo studio delle caratteristiche qualitative e di alcuni composti bioattivi dei frutti di 13 diverse accessioni varietali di fragola (5 varietà: Alba, Nora, Garda, Tecla, Pircinque; 8 selezioni: PIR 2, PIR 54, CE 51, CE 56, FC15, FC 32, VR 177.2, VR 4) coltivate nello stesso ambiente con due tipi di pianta differente: frigoconservata e fresca cima radicata.

L'obiettivo principale di questa tesi è finalizzato alla caratterizzazione qualitativa e nutrizionale dei frutti delle varietà di fragola che attualmente stanno dominando lo standard varietale del Nord Italia a confronto con alcune nuove accessioni varietali recentemente ottenute nell'ambito di alcuni programmi di breeding pubblico-privati condotti e coordinati dal CRA-FRF.

Inoltre, considerato il crescente interesse verso l'impiego di piante fresche "cime radicate", un secondo obiettivo è stato quello di verificare l'effetto del tipo di pianta sui diversi caratteri analizzati.

Capitolo 3

Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto presso l'azienda agricola Davide Cacchi localizzata nell'area di Pievesestina-Martorano di Cesena (FC). Si è operato su un terreno di buona fertilità, di tessitura media, composta dal 21% di argilla, 54% di limo e 25% di sabbia. Le operazioni colturali sono state effettuate secondo le tradizionali pratiche della fragolicoltura cesenate: terreno fumigato con la miscela di Cloropicrina e 1,3 dicloropropene e successivamente sistemato in prode alte 15 cm e ben baulate, pacciamate con film di polietilene nero forato (distanza fra i centri delle bine 120 cm) a una distanza di 30 cm fra le file e 35 cm lungo la fila, per una densità di impianto di circa 48.000 piante per ettaro.

Per questo studio sono stati utilizzati due tipi diversi di pianta: piante frigoconservate e piante fresche a cima radicata.

La messa a dimora delle piante è avvenuta in periodi diversi in base al tipo di pianta: 22 luglio 2011 per le piante frigoconservate, 14 agosto 2011 per quelle fresche. Dopo la piantagione nelle piante frigoconservate, è stato necessario asportare manualmente e in più interventi i fiori e gli stoloni emessi. Prima della ripresa vegetativa primaverile, tutte le piante sono state ripulite asportando tutte le foglie secche o deperite e gli stoloni rimasti. A fine fioritura (fine aprile) l'impianto è stato protetto con una struttura ad archi coperti da film protettivo di polietilene trasparente al fine di proteggere la produzione dalle avversità climatiche, senza incidere sulle precocità di maturazione rispetto alla coltura di pieno campo.

L'irrigazione è stata effettuata con ala gocciolante (posta al di sotto del film di pacciamatura) con una portata di 5 l/m/h e tempi di irrigazione medi di 20 min nel periodo estivo-autunnale e di 40 min nel successivo periodo primaverile. Le concimazioni alla ripresa vegetativa sono state effettuate tramite interventi di fertirrigazione somministrando in più volte un totale di 3 g per pianta di un complesso così formato: 8% di N nitrico, 24% di P₂O₅, 16% di K₂O, 10% di CaO.

È stato adottato uno schema sperimentale fattoriale considerando come tesi principale

le 13 accessioni varietali (Alba, Nora, Tecla, Garda, Pircinque, PIR 2, PIR 54, CE 51, CE 56, FC15, FC 32, VR 177.2, VR 4) rappresentate in campo da parcelle di 20 piante ripetute 4 volte all'interno di un blocco randomizzato. Come tesi secondaria sono state considerate le due tipologie di piante (frigoconservate e cime radicate) rappresentate in campo da sub-parcelle di 10 piante, anch'esse ripetute 4 volte.

In ogni parcella sono stati rilevati i tradizionali caratteri produttivi delle piante e qualitativi dei frutti: peso della produzione (commerciale e scarto) e peso medio di un campione di 20 frutti commerciali in ogni raccolta; sullo stesso campione di 20 frutti raccolto in 3° staccata sono state rilevate le caratteristiche colorimetriche, la consistenza della polpa, il residuo secco rifrattometrico, l'acidità titolabile, l'acido ascorbico, gli antociani totali, la quantità di polifenoli totali e la capacità antiossidante totale.

- **Peso della produzione (commerciale e di scarto) e peso medio del frutto**

Su ogni parcella ad ogni raccolta sono stati contati e pesati il numero dei frutti staccati, suddividendo quelli commerciali (frutti integri con diametro > 22 mm) da quelli di scarto, costituiti da frutti piccoli (diametro < 22mm), deformati o colpiti da marciume. Con questi dati sono poi stati calcolati: la produzione commerciale complessiva a pianta, il peso medio ponderato del frutto e l'indice di precocità di maturazione espresso dalla media ponderata dei giorni necessari a raccogliere tutta la produzione a partire dal 1° gennaio (= indice 1).

- **Colore della superficie esterna**

Il colore esterno del frutto è stato rilevato impiegando un colorimetro automatico a riflettanza Minolta (mod. Chromameter reflence II CR-200) con apertura del sensore ottico di 8 mm di diametro. Su ogni frutto sono stati misurati i tre caratteri colorimetrici: L* (luminosità), a* (coordinata cromatica rossa), b* (coordinata cromatica gialla); la determinazione è stata effettuata su entrambi i lati del frutto. Con questi dati è stato poi calcolato il Chroma secondo la formula $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.

- **Consistenza della polpa**

La consistenza della polpa è stata valutata con un penetrometro manuale (mod. Ametek) dotato di un puntale di 6 mm di diametro, a forma di stella, che esprime la forza (in grammi) necessaria per far penetrare perpendicolarmente il puntale per 1 cm nella polpa del frutto. La misura viene effettuata nella zona equatoriale solo su di un lato del frutto.

Sul succo ottenuto dalla spremitura manuale dei 20 frutti del campione sono state eseguite le seguenti analisi e determinazioni:

- **Residuo secco rifrattometrico (RSR)**

Il residuo secco rifrattometrico è stato determinato utilizzando un rifrattometro digitale Atago (mod DBX-55); questa misura si basa sul principio fisico della rifrazione della luce secondo cui all'aumentare della concentrazione zuccherina del campione si ha l'aumento proporzionale dell'indice di rifrazione. Qualche goccia di succo, ottenuto dalla spremitura manuale dei frutti, è stata posizionata sul prisma del rifrattometro e il risultato è stato letto sullo strumento in gradi Brix (1°Brix corrisponde a 1 g di saccarosio su 100 ml).

- **Acidità titolabile**

L'acidità titolabile, intesa come quantità di acidi totali presenti in una soluzione, è stata determinata tramite un titolatore automatico (702 SM Tritino Metrom Swiss). Ad un peso noto di succo di fragola (almeno 5 g) sono stati aggiunti 25 ml di acqua distillata e sono stati titolati fino a neutralità (pH=7) con una soluzione 0.1 N di idrossido di sodio (NaOH). L'acidità titolabile è stata espressa in meq/100g di succo ed è rappresentata principalmente dagli acidi malico, citrico, succinico, ascorbico.

- **Acido ascorbico (vit. C)**

La quantità di acido L-ascorbico è stata determinata con lo strumento Merck Rqflex che analizza la luce riflessa da una striscia contenente acido molibdofosforico.

Quest'ultimo immerso nel succo dell'analita viene ridotto, in presenza di acido ascorbico, in fosfomolibdeno. La quantificazione si basa sulla differenza di intensità della luce emessa e di quella riflessa in funzione della variazione di colore subita dalla striscia (da giallo a blu). I valori sono stati espressi in mg/100 g di peso fresco.

- **Antociani totali**

La quantità degli Antociani totali (espressa in mg/100g di peso fresco) è stata determinata mediante un metodo colorimetrico a differente pH (Wrolstad *et al.*, 2005) su un estratto di fragola. L'estratto è stato ottenuto mettendo 2 g di fragola congelata a -20°C in 10 ml di soluzione Metanolo:HCl (99,9:0,1 v:v), che è stato filtrato dopo una notte a +4°C con il filtro Whatman #1. L'estratto così ottenuto è stato fatto reagire con soluzioni tampone a pH 1.0 (KCl 0,025M) e a pH 4.5 (Acetato di Sodio 0,4M) e lettura spettrofotometrica a due lunghezze d'onda: 510 e 700nm.

Le lettura di Assorbanza sono state convertite in mg di Pelargonidina-3-glucoside (PGN) per 100 g di peso fresco, utilizzando le seguenti formule:

$$\text{Antociani mg/ml} = (A * MW * DF * 100) / \epsilon * L$$

Dove:

$$A = [(A_{510} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5}]$$

MW= peso molecolare dell'antociano referente, quindi per la fragola è la Pelargonidina- 3- glucoside = 433.2 g/mol

DF= fattore di diluizione del campione = 2

ϵ = coefficiente di estinzione molare della pelargonidina - 3- glucoside = 31600 L/cm

L= lunghezza della cuvetta utilizzata nello spettrofotometro = 1cm

- **Contenuto di fenoli totali**

Per la determinazione dei fenoli totali è stato utilizzato il metodo di Folin-Ciocalteu. Su 0.25 g di fragole liofilizzate è stata eseguita una doppia estrazione con 4 ml di metanolo 70%, mantenendo a 70°C per 10 minuti. Successivamente l'estratto è stato centrifugato a 3000 rpm per 15 minuti, a temperatura di 0°C. I surnatanti sono stati raccolti e riuniti in matraccio da 10 ml e portato a volume con metanolo al 70%.

A 0.1 ml di questo estratto, sono stati aggiunti 4 ml di H₂O distillata, 0.5 ml di reattivo di Folin-Ciocalteu e, dopo 2 minuti, 2 ml di soluzione Na₂CO₃ al 15%; dopo aver portato a volume di 10 ml con acqua distillata, la miscela è stata lasciata a riposo a bagnomaria alla temperatura di 40°C per 30 minuti. Infine è stata eseguita la lettura allo spettrofotometro UV-Visibile Shimadzu UV-1601, alla lunghezza d'onda di 750 nm.

Il bianco è stato preparato utilizzando la soluzione estraente (metanolo al 70%), in luogo del campione, nella reazione colorimetrica.

La quantificazione di fenoli totali è stata fatta in base alla curva di taratura ottenuta a partire da soluzioni a concentrazione nota di acido gallico, ed espressa in mg di ac. Gallico su g di peso fresco.

- **Potere antiossidante**

Per la determinazione del potere antiossidante sono stati pesati 0.5 g di fragola liofilizzata ed estratti con 20 ml di metanolo 60%; in seguito il campione è stato agitato in Vortex per 30 secondi e centrifugato a 3000 rpm per 15 minuti. Un'aliquota di surnatante è stata prelevata e conservata a -80°C fino all'esecuzione del saggio colorimetrico.

Il saggio si basa sulla decolorazione di una soluzione contenente il catione radicalico ABTS^{•+} (Sigma-Aldrich) che è colorato in azzurro ed ha un picco di assorbimento a 734 nm. In presenza di molecole antiossidanti, l'ABTS^{•+} si riduce a specie cationica non radicalica ABTS⁺, decolorandosi.

La soluzione contenente il catione radicalico è stata preparata il giorno precedente dell'analisi, aggiungendo 88µl di soluzione ossidante di persolfato di potassio 0.14 M (Sigma-Aldrich) a 5 ml di soluzione 7mM di ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)). Per il saggio colorimetrico è stato utilizzato uno spettrofotometro UV-Visibile Shimadzu UV-1601.

I campioni sono stati preparati a partire da una soluzione di ABTS^{•+} diluita in etanolo assoluto(1/87 v/v), in modo da avere una densità ottica a 734 nm di 0.700 ± 0.10. Per la lettura fotospettrometrica, ad 1 ml di soluzione cationica diluita sono stati

aggiunti 98 µl di metanolo 60% e 2 µl di estratto di fragola. La miscela è stata agitata con vortex per circa 30 secondi, e la lettura è stata fatta in cuvette di plastica, a temperatura di 30°C, a 2'30" dall'aggiunta del campione.

La quantificazione dell'attività antiossidante è stata fatta in base al calcolo della percentuale di inibizione:

$$\% \text{ INIBIZIONE} = [1 - (\text{Abs } 734 \text{ Campione} / \text{Abs } 734 \text{ Bianco})] * 100$$

ed in base alla curva di calibrazione, che è stata ottenuta misurando la percentuale di inibizione di diverse soluzioni a concentrazione nota dell'antiossidante sintetico Trolox (Sigma-Aldrich), rispetto a cui i risultati sono stati successivamente espressi.

Elaborazione statistica

I dati sono stati sottoposti all'analisi della varianza fattoriale e le medie confrontate con l' LSD Test. Successivamente sono stati eseguiti studi di correlazioni e regressione.

Capitolo 4

Risultati

4.1 Caratteri produttivi

4.1.1 Indice di precocità di maturazione dei frutti

L'indice di precocità di maturazione dei frutti è stato significativamente influenzato sia dal tipo di pianta che dal genotipo evidenziando un'interazione significativa fra i due fattori.

Le piante fresche hanno fornito un flusso produttivo più precoce di quelle frigoconservate (mediamente di 1 giorno). L'accessione più precoce è stata decisamente Pircinque (133 giorni) seguita da Alba, Nora e CE 51 (4 giorni dopo); quelle più tardive invece sono risultate Tecla, FC 32, FC 15 e PIR 54 (tab. 1).

Le accessioni varietali hanno evidenziato un differente comportamento in termini di precocità in funzione del materiale di propagazione, come evidenziato dall'interazione significativa dei due fattori. Infatti sette varietà hanno mostrato una maggiore precocità con le piante fresche (molto evidente in FC 15 e CE 51) mentre le restanti 6 non hanno mostrato differenze significative.

4.1.2 Produzione commerciale e di scarto

La produzione commerciale a pianta è risultata significativamente influenzata sia dalle accessioni varietali che dal tipo di pianta evidenziando un'interazione significativa dei due fattori.

Tab. 1 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sull'indice di precocità.

Varietà/tipo di pianta	Indice di precocità di maturazione, 1=1° gennaio	
PIRCINQUE	133	f
ALBA	137	e
NORA	137	e
CE 51	137	e
PIR 2	139	de
CE 56	139	de
VR 177	140	cd
VR 4	140	cd
GARDA	141	bcd
PIR 54	142	abc
FC 15	142	abc
FC 32	143	ab
TECLA	144	a
cima radicata	139	b
Frigo conservata	140	a
interazione		*

In media, la pianta frigoconservata ha prodotto di più (+11%) rispetto alla pianta “fresca cima radicata” (tab. 2).

Il livello produttivo delle accessioni in prova è variato da un minimo di 768 ad un massimo di 1579 g/pianta. L’accessione più produttiva è risultata FC 32 seguita da Garda, Alba, Nora e PIR 54. Al contrario quelle meno produttive sono state CE 56 e Pircinque.

L’interazione significativa ha evidenziato un comportamento differenziato delle accessioni con i due tipi di pianta. Infatti 7 accessioni (Alba, CE 51, CE 56, PIR 54, Pircinque, PIR 2 e Garda) hanno fatto registrare una significativa maggiore produzione con la pianta frigoconservata rispetto a quella fresca mentre al contrario solo FC 15 ha fornito un maggior livello produttivo con la pianta fresca. Le altre 5 accessioni hanno fornito una produzione simile con i due tipi di pianta.

Limitate sono risultate le differenze per quanto riguarda la produzione di frutti di scarto. Solo FC 32 ha evidenziato una maggiore incidenza di frutti colpiti da marciume rispetto alle altre accessioni in studio.

4.2 Caratteri qualitativi dei frutti

4.2.1 Peso medio ponderato

Il peso medio ponderato dei frutti è risultato significativamente influenzato dal genotipo, ma non ha mostrato variazioni significative fra i 2 tipi di pianta pur evidenziando un valore significativo dell’interazione.

Tab. 2 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sulla produzione commerciale

Varietà/tipo di pianta	Produzione commerciale, g/pianta
CE 56	768 g
PIRCINQUE	822 g
CE 51	929 f
PIR 2	954 f
VR 177	978 f
TECLA	1101 e
FC 15	1107 d
PIR 54	1113 cd
NORA	1118 cd
ALBA	1166 cd
VR 4	1209 c
GARDA	1339 b
FC 32	1579 a
cima radicata	1033 b
Frigo conservata	1148 a
interazione	*

Il peso medio ponderato è variato da un minimo di 19 ad un massimo di 30 g/frutto. Le accessioni con frutti di maggiore pezzatura sono risultate FC 15, VR 4 e VR 177 mentre Nora, PIR 2 e PIR 54 hanno prodotto frutti più piccoli (tab. 3). Quattro genotipi (in particolare FC 15) hanno evidenziato frutti più grossi con le piante fresche, mentre al contrario Alba e VR 4 hanno prodotto frutti di minore pezzatura; infine sette accessioni non hanno mostrato differenze significative nel peso dei frutti nei due diversi tipi di pianta.

4.2.2 Consistenza della polpa

La consistenza della polpa, come il peso medio ponderato dei frutti, è risultata influenzata significativamente solo dal genotipo ma non dal tipo di pianta (tab. 4).

Il range di consistenza della polpa è risultato piuttosto ampio, da 430 a 731 g. Le accessioni con frutti più consistenti sono risultate CE 56, PIR 54 e PIR 2, mentre FC 32, VR 177, Nora e Alba quelle meno consistenti.

L'interazione significativa evidenzia un comportamento differenziato delle accessioni con i due tipi di pianta (Fig. 1). Infatti, 8 accessioni varietali non hanno mostrato differenze significative fra i due diversi tipi di pianta, mentre 4 accessioni (in particolare FC 32) hanno avuto la maggiore consistenza dei frutti con

Tab. 3 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sul peso medio del frutto.

Varietà/tipo di pianta	Peso medio ponderato, g/ frutto	
NORA	19,2	f
PIR 2	22,5	e
PIR 54	23,5	de
FC 32	24,8	cd
CE 56	24,8	cd
CE 51	24,8	cd
ALBA	26,2	bc
PIRCINQUE	26,4	bc
TECLA	26,6	bc
Garda	26,7	bc
VR 177	27,7	ab
VR 4	28,0	ab
FC 15	29,7	a
cima radicata	25,9	a
Frigo conservata	25,0	a
interazione	*	

Tab. 4 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sulla consistenza della polpa.

Varietà/tipo di pianta	Consistenza polpa, g	
FC 32	430	g
VR 177	464	fg
ALBA	486	efg
NORA	486	efg
CE 51	503	ef
TECLA	529	ef
GARDA	540	de
VR 4	548	de
FC 15	592	cd
PIRCINQUE	655	bc
PIR 2	685	ab
PIR 54	692	ab
CE 56	731	a
cima radicata	569	a
Frigo conservata	560	a
interazione	*	

piante cime radicate. PIR 2 è stata l'unica accessione a comportarsi in modo opposto evidenziando una maggiore consistenza dei frutti con le piante frigoconservate.

4.2.3 Residuo secco rifrattometrico

Il valore medio di residuo secco rifrattometrico dei frutti è stato significativamente influenzato sia dal tipo di pianta che dall'accessione, senza interazioni significative fra i due fattori (tab. 5). In media, le piante fresche hanno fornito frutti con un grado Brix superiore (+4%) rispetto a quelli delle piante frigoconservate; ciò è verosimilmente in relazione alla minore produzione a pianta.

Fra le accessioni varietali il range dei valori è variato da 4,5 a 6,4° Brix. I frutti “più dolci” sono risultati quelli di VR 177 seguiti da Pircinque e Garda; al contrario quelli con residuo secco rifrattometrico inferiore sono stati quelli di PIR 54, Tecla e di FC 15.

4.2.4 Acidità

L'acidità titolabile del frutto è stata influenzata significativamente solo dal tipo di accessione varietale e non dal tipo di pianta (tab. 6).

Le accessioni con acidità inferiore sono state Tecla, PIR 2, Pircinque e CE 51; sono invece

Tab. 5 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sul residuo secco rifrattometrico.

Varietà/tipo di pianta	Residuo secco rifrattometrico, °Brix	
PIR 54	4,5	h
TECLA	4,7	gh
CE 51	4,9	fg
FC 15	5,1	efg
PIR 2	5,1	ef
VR 4	5,2	ef
ALBA	5,2	ef
CE 56	5,2	ef
FC 32	5,3	de
NORA	5,6	cd
GARDA	5,8	bc
PIRCINQUE	6,1	ab
VR 177	6,4	a
cima radicata	5,4	a
Frigo conservata	5,2	b
interazione	ns	

Tab. 6 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sull'acidità titolabile dei frutti.

Varietà/tipo di pianta	Acidità, mg/100g	
TECLA	6,0	f
PIR 2	6,9	e
PIRCINQUE	7,3	de
CE 51	7,3	de
PIR 54	7,4	d
FC 32	8,3	c
CE 56	8,5	c
VR 177	8,6	c
NORA	8,6	c
FC 15	8,6	c
GARDA	9,3	b
VR 4	9,6	b
ALBA	10,2	a
cima radicata	8,2	a
Frigo conservata	8,2	a
interazione	**	

risultate le più acide Alba, Garda e VR 4.

Per quanto concerne l'interazione significativa tra i due fattori, i frutti di 9 accessioni non hanno mostrato differenze significative fra i due tipi di pianta mentre due accessioni (VR 177 e FC 15) hanno evidenziato valori più alti di acidità con piante frigoconservate. Al contrario Alba e FC 32 hanno mostrato un'acidità maggiore con piante fresche (Fig. 2).

Va evidenziato che le accessioni con rapporto più alto fra residuo secco rifrattometrico e acidità titolabile (indice di maggior qualità organolettica) sono risultate Pircinque, Tecla, PIR 2 e VR 177.

4.2.5 Caratteri colorimetrici: luminosità e tonalità del colore dell'epidermide

Le diverse accessioni hanno frutti di colore molto variabile, indipendentemente dal tipo di pianta. I frutti più attraenti e con tonalità più vivaci sono stati quelli di FC 15 e FC 32 mentre quelli meno luminosi e con tonalità più scure sono stati quelli di Pircinque e Garda (tab. 7).

4.2.6 Acido ascorbico (Vitamina C)

La concentrazione di acido ascorbico nei frutti è risultata molto influenzata solo dal genotipo (da 32,0 a 45,9 mg/100 g) ma non dal tipo di pianta. Le accessioni con un maggiore contenuto di Vitamina C sono risultate VR 177, Garda e PIR 54 mentre quelle più povere sono risultate FC 32, CE 51 e PIR 2 (tab. 8).

Tab. 7 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sulla luminosità e sul colore dell'epidermide.

Varietà/tipo di pianta	L*		C*	
PIRCINQUE	36,6	g	42,2	f
GARDA	37,6	fg	44,9	e
PIR 2	37,6	f	47,1	c
VR 177	38,3	ef	49,7	b
ALBA	38,6	ef	45,7	de
VR 4	38,8	de	46,5	cd
CE 56	39,8	cd	50,5	b
CE 51	40,6	bc	49,8	b
PIR 54	41,0	b	50,6	b
TECLA	41,2	b	49,9	b
NORA	41,2	b	49,7	b
FC 32	42,7	a	53,2	a
FC 15	43,5	a	53,3	a
cima radicata	39,9	a	48,8	a
Frigo conservata	39,7	a	48,6	a
interazione	ns		ns	

Tre accessioni (FC 15, Garda e Tecla) hanno evidenziato un contenuto di Vitamina C superiore nei frutti prodotti dalle piante frigoconservate; al contrario Alba, Pir 2, Pircinque e PIR 54 hanno invece evidenziato un maggiore contenuto nei frutti delle piante fresche; le restanti 6 accessioni varietali non hanno mostrato differenze fra i tipi di pianta (Fig. 3).

4.2.7 Polifenoli totali

La quantità di polifenoli rilevata nei frutti è stata significativamente influenzata dal genotipo ma non dal tipo di pianta (tab. 9).

Il range di valori è risultato abbastanza ampio: da 107 a 188 mg. L'accessione con frutti più ricchi in polifenoli è stata PIR 54, seguita a distanza da VR 177, Pircinque e Nora. Al contrario, le accessioni con i contenuti più bassi sono risultate FC 32, VR 4, Tecla e FC 15.

L'interazione significativa fra i due fattori ha evidenziato che 5 accessioni (VR 177, PIR 2, Garda, FC 32 e FC 15) hanno un contenuto maggiore di polifenoli se coltivate con piante a cima radicata; comportamento opposto è stato invece evidenziato per Nora e Alba nelle quali le piante frigoconservate hanno prodotto frutti a maggior contenuto di questi composti; le restanti 6 accessioni non hanno evidenziato differenze significative fra i due tipi di pianta (Fig. 4).

4.2.8 Antociani

Anche il range del contenuto di antociani dei

Tab. 8 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sulla concentrazione di acido ascorbico.

Varietà/tipo di pianta	Vitamina C, mg/100g	
FC 32	32,0	h
CE 51	33,5	gh
PIR 2	36,1	fg
NORA	37,1	ef
ALBA	39,3	de
TECLA	39,6	cde
VR 4	40,1	cd
FC 15	40,4	bcd
PIRCINQUE	40,8	bcd
CE 56	42,1	bc
PIR 54	43,1	ab
VR 177	45,9	a
GARDA	45,9	a
cima radicata	40,2	a
Frigo conservata	39,2	a
interazione		*

Tab. 9 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sulla concentrazione di polifenoli.

Varietà/tipo di pianta	Polifenoli, mg di ac. gallico in 100 g di fr.
------------------------	---

Tab. 10 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sulla concentrazione di antociani.

Varietà/tipo di pianta	Antociani, mg/100 g di pf	
CE 56	3,1	g
TECLA	4,3	f
PIR 54	4,7	ef
CE 51	4,9	de
NORA	5,3	cd
PIR 2	5,6	c
FC 15	5,7	c
PIRCINQUE	6,6	b
VR 4	6,6	b
FC 32	6,8	b
GARDA	7,0	b
ALBA	8,7	a
VR 177	8,7	a
cima radicata	6,0	a
Frigo conservata	6,0	a
interazione		**

frutti è stato relativamente ampio (da 4,3 a 8,7 mg/100g) fra le accessioni varietali esaminate. Il tipo di pianta non ha influenzato questo importante carattere (tab. 10).

Le accessioni che si sono evidenziate per un maggior contenuto di questi composti bioattivi sono state Alba, VR 177 e Garda, mentre quelle più povere sono risultate CE 56, Tecla, PIR 54 e CE 51.

L'interazione significativa fra i due fattori ha evidenziato: FC 15, Garda e PIR 2 per un maggior contenuto di antociani se si ricorre a piante frigoconservate mentre per Tecla, Pircinque e soprattutto VR 177 la concentrazione maggiore è stata rilevata con piante cime radicate (Fig. 5).

4.2.9 Capacità antiossidante totale

La capacità antiossidante totale (CAT) è risultata significativamente influenzata sia dal tipo di accessione che dal tipo di pianta. Inoltre è stata evidenziata una interazione significativa fra i due fattori (tab. 11).

Il range di valori della CAT è variato fra 12,5 a 20,6. L'accessione con maggiore CAT è risultata PIR 54 seguita da VR177, Alba e Garda, mentre quelle con CAT minore sono state FC 32 seguita da PIR 2, Nora e CE 51. In media le piante fresche hanno mostrato valori di CAT maggiore rispetto a alle piante frigoconservate (15,0 micromoli Trolox/g pf contro 14,4).

L'interazione fra i due fattori ha evidenziato che per 5 accessioni (PIR 54, FC 32, Garda, Tecla, VR 177) i valori più elevati si sono avuti con le piante cime radicate mentre CE 56 e PIR 2 hanno mostrato il miglior comportamento con piante frigoconservate (Fig. 6).

Tab. 11 - : Effetto delle varietà e dei due differenti tipi di pianta sulla capacità antiossidante totale.

Varietà/tipo di pianta	CAT, micromoli Trolox/g pf	
FC 32	12,5	h
PIR 2	12,7	gh
NORA	13,1	fg
CE 51	13,2	fg
FC 15	13,7	ef
TECLA	13,7	ef
CE 56	13,9	e
PIRCINQUE	14,1	e
VR 4	14,7	d
GARDA	15,8	c
ALBA	16,3	c
VR 177	16,9	b
PIR 54	20,6	a
cima radicata	15,0	a
Frigo conservata	14,4	b
interazione	**	

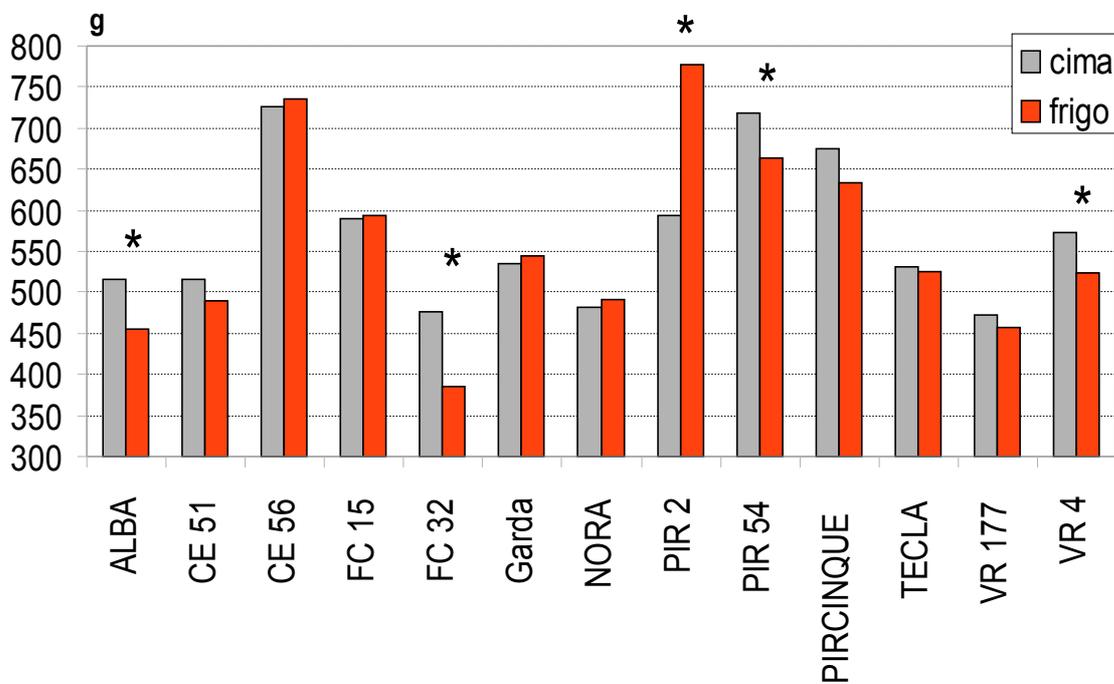


Fig. 1 : Valori di consistenza della polpa delle 13 accessioni varietali a confronto coi due tipi di pianta (frigoconservata e cima radicata).

* differenze significative ($P > 0,05$) fra i due valori della stessa varietà.

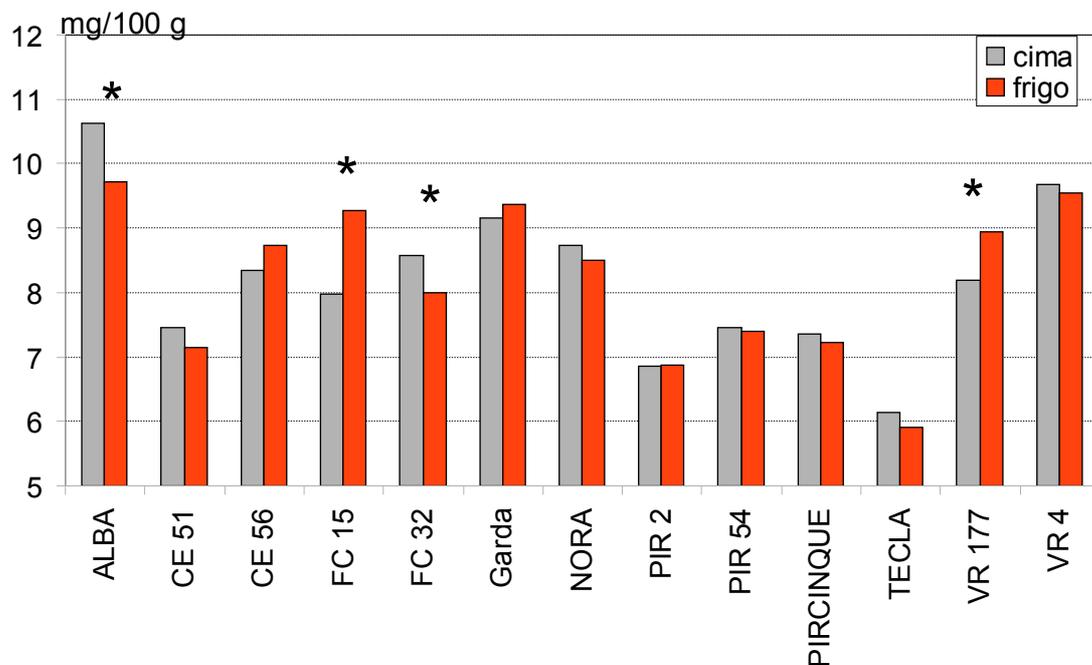


Fig. 2 : Valori di acidità dei frutti delle 13 accessioni varietali a confronto coi due tipi di pianta (frigoconservata e cima radicata).

* differenze significative ($P > 0,05$) fra i due valori della stessa varietà.

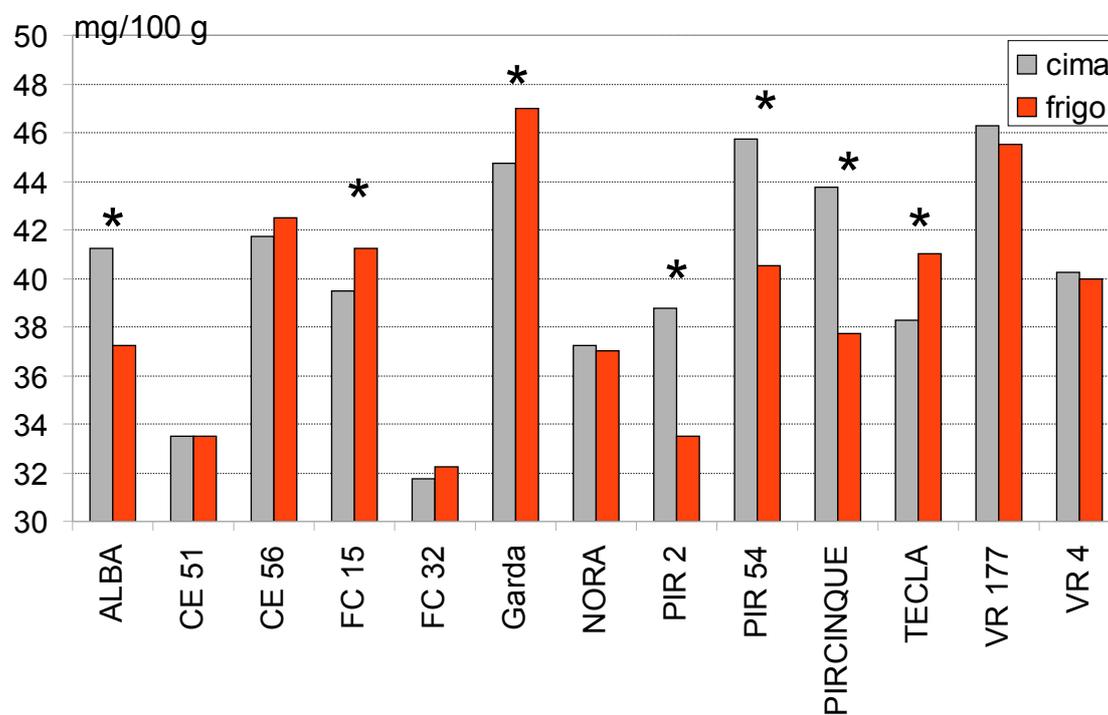


Fig. 3 : Valori di acido ascorbico delle 13 accessioni varietali a confronto coi due tipi di pianta (frigoconservata e cima radicata).

* differenze significative ($P > 0,05$) fra i due valori della stessa varietà.

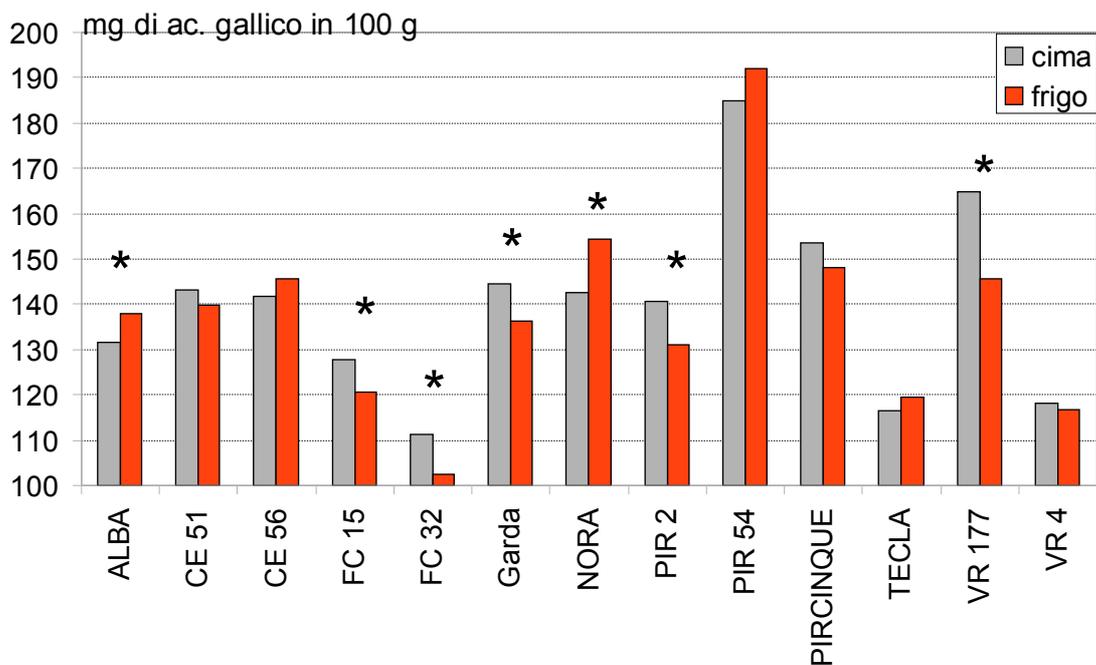


Fig. 4 : Valori di polifenoli delle 13 accessioni varietali a confronto coi due tipi di pianta (frigoconservata e cima radicata).

* differenze significative ($P > 0,05$) fra i due valori della stessa varietà.

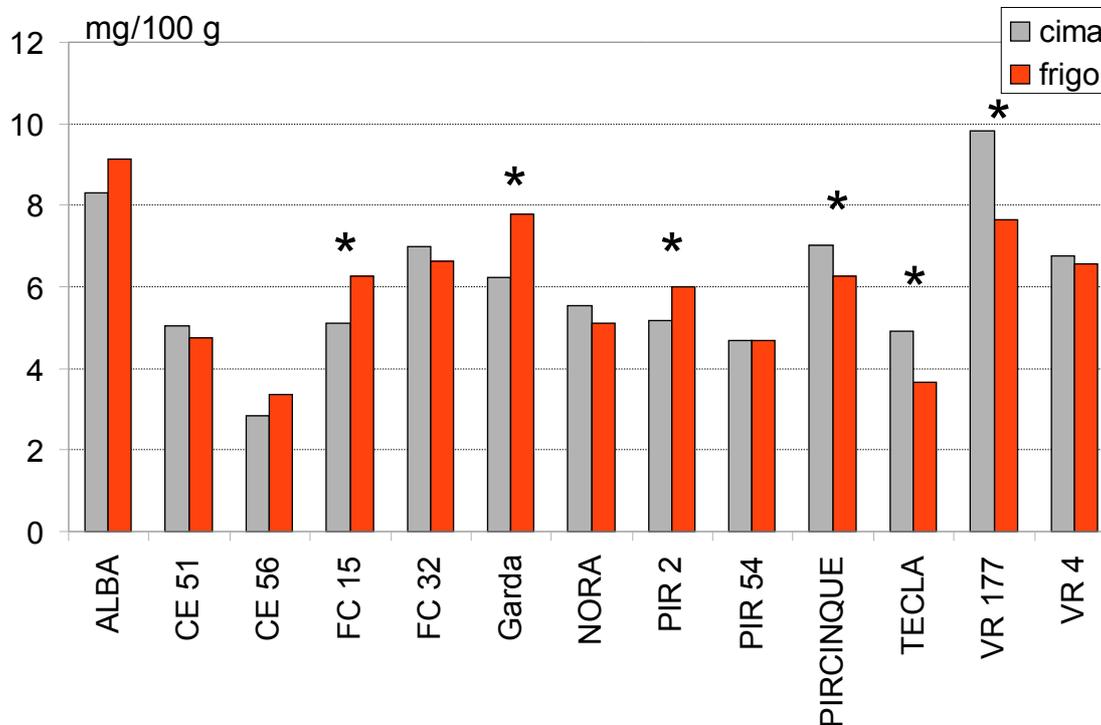


Fig. 5 : Contenuto di antociani dei frutti delle 13 accessioni varietali a confronto coi due tipi di pianta (frigoconservata e cima radicata).

*differenze significative ($P > 0,05$) fra i due valori della stessa varietà.

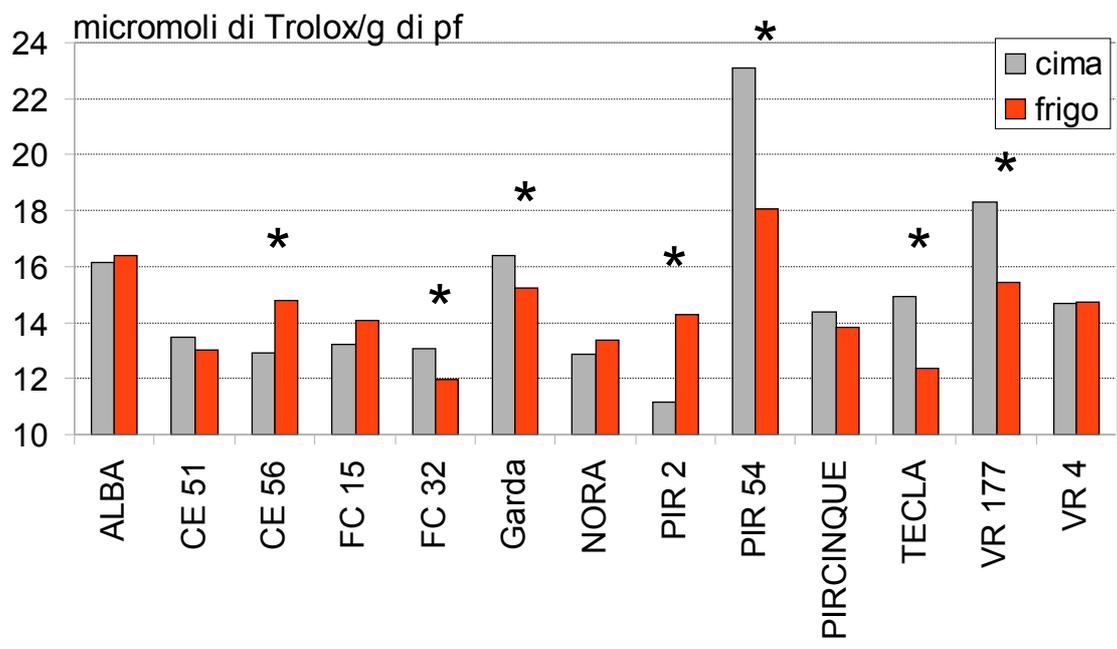


Fig. 6 : Capacità antiossidante totale delle 13 accessioni varietali a confronto coi due tipi di pianta (frigoconservata e cima radicata).

*differenze significative ($P > 0,05$) fra i due valori della stessa varietà.

4.3 Studi di correlazione

La capacità antiossidante (CAT) è risultata correlata positivamente con il contenuto di polifenoli, sostanze antocianiche e vitamina C.(Fig. 7, 8 e 9). Sono quindi stati confermati i risultati ottenuti precedentemente secondo cui l'elevato potere antiossidante delle fragole dipende dalla presenza di un gruppo numeroso e non omogeneo di sostanze bioattive, principalmente polifenoli, vitamine, carotenoidi, flavonoidi, antocianine, tutte accomunate dalla capacità di contrastare l'azione dei radicali liberi. Queste sostanze contribuiscono in quantità diversa alla CAT: polifenoli (tra cui rientra anche l'acido ellagico) per il 50%, vitamina C per il 20% (Guo et al., 2003) e altri composti tra cui spiccano le antocianine per il restante 30% (Andersen et al., 2004). Anche i contenuti in vitamina C e polifenoli sono risultati correlati in modo significativo tra loro (Fig. 10); in questo studio la dispersione varietale evidenzia come "outliers" la selezione PIR 54 per i frutti con più elevato contenuto di polifenoli, unito al medio-elevato contenuto in vitamina C.

Il maggior contenuto di antociani ha influenzato positivamente sia la dolcezza (Fig. 11) che l'acidità del frutto (Fig. 12) mentre ha influito negativamente sulla colorazione del frutto in quanto i frutti più ricchi di antociani sono risultati anche quelli con tonalità di colore più scure e meno brillanti (Fig. 13).

E' importante evidenziare che, contrariamente ad altri studi precedentemente effettuati, non sono state riscontrate correlazioni negative tra produttività della pianta (in media risultata piuttosto elevata) e caratteristiche organolettiche del frutto, dolcezza in particolare.

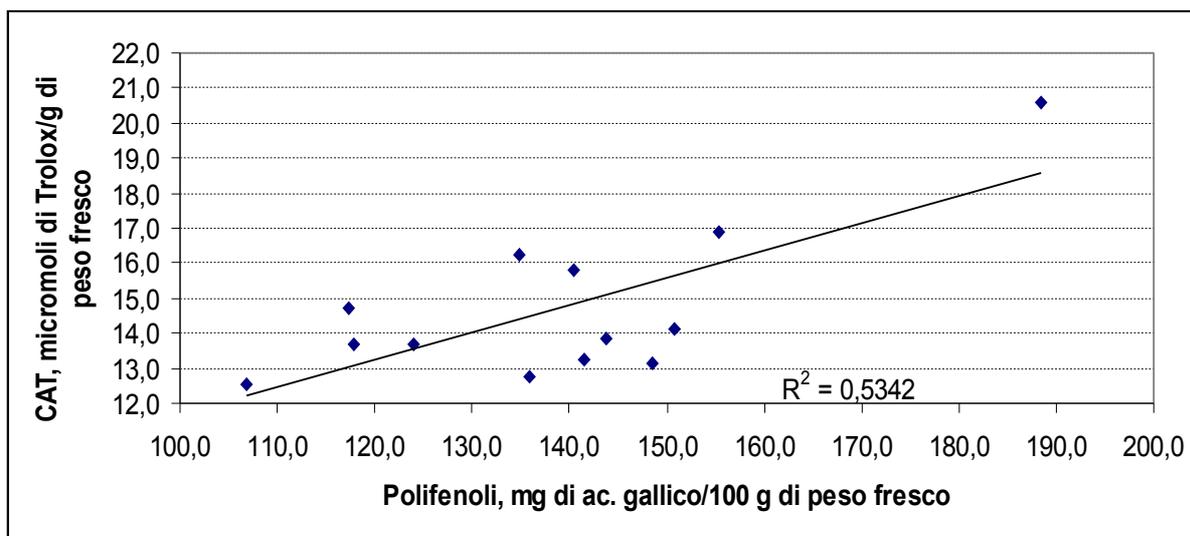


Fig. 7 - Correlazione tra potere antiossidante e il contenuto di polifenoli totali dei frutti di 13 accessioni varietali di fragola.

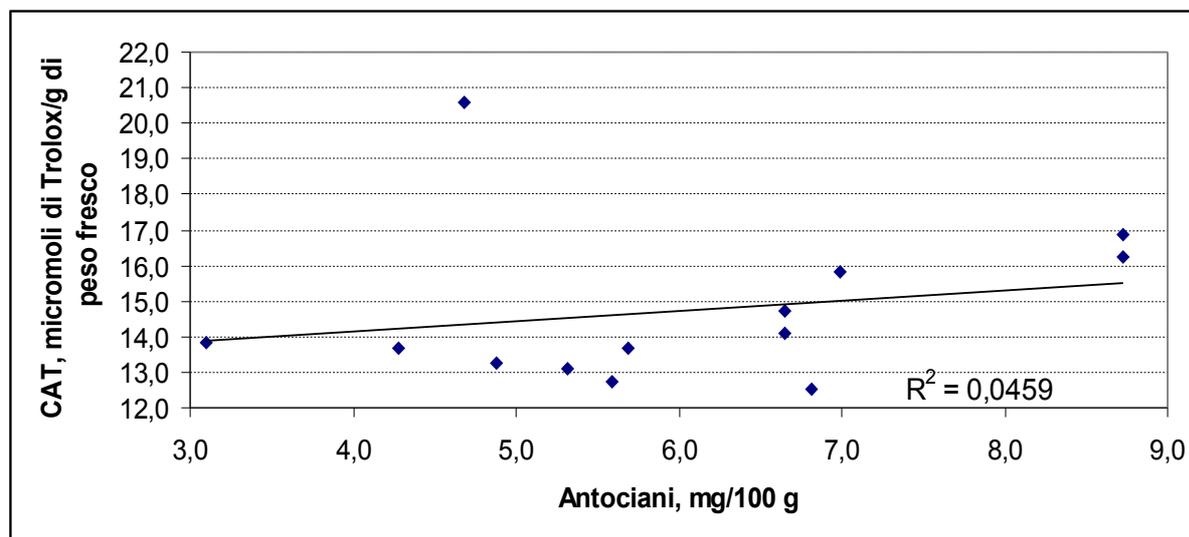


Fig. 8 - Correlazione tra potere antiossidante e il contenuto di antociani dei frutti di 13 accessioni varietali di fragola.

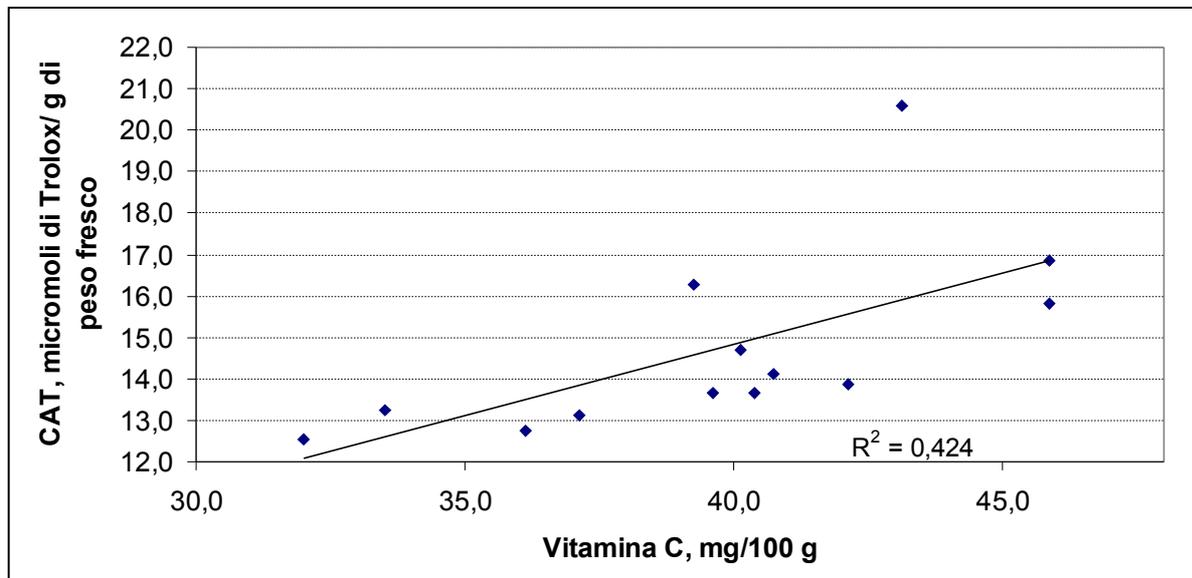


Fig. 9 – Correlazione tra potere antiossidante e il contenuto di Vitamina C dei frutti di 13 accessioni varietali di fragola.

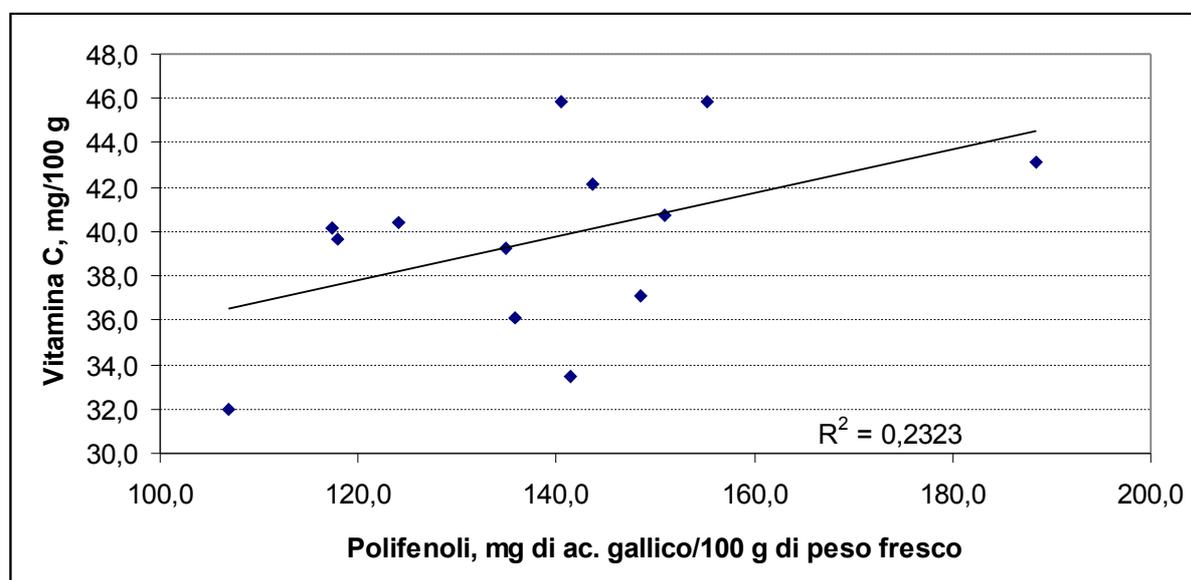


Fig. 10 – Correlazione tra il contenuto di Vitamina C e il contenuto di polifenoli di 13 accessioni varietali di fragola.

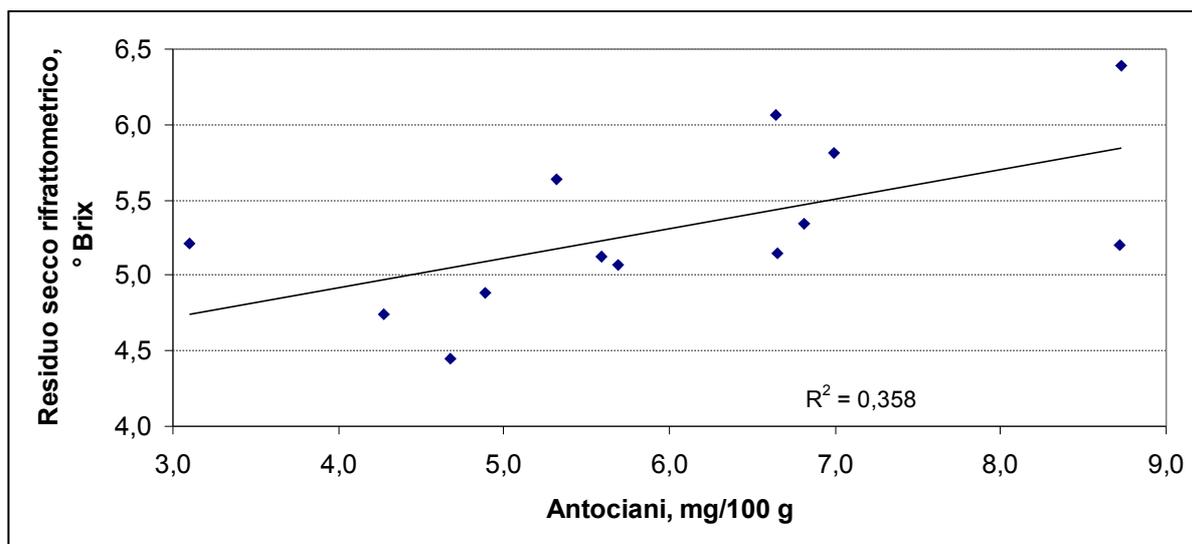


Fig. 11 – Correlazione tra il residuo secco rifrattometrico dei frutti e il contenuto in antociani di 13 accessioni varietali di fragola.

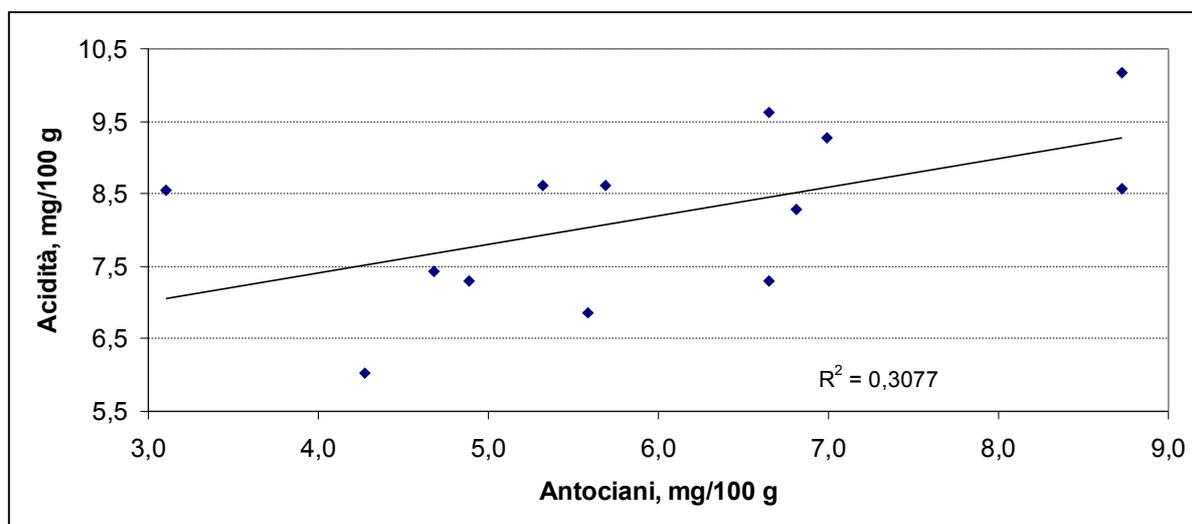


Fig. 12 – Correlazione tra l'acidità dei frutti e il contenuto in antociani di 13 accessioni varietali di fragola.

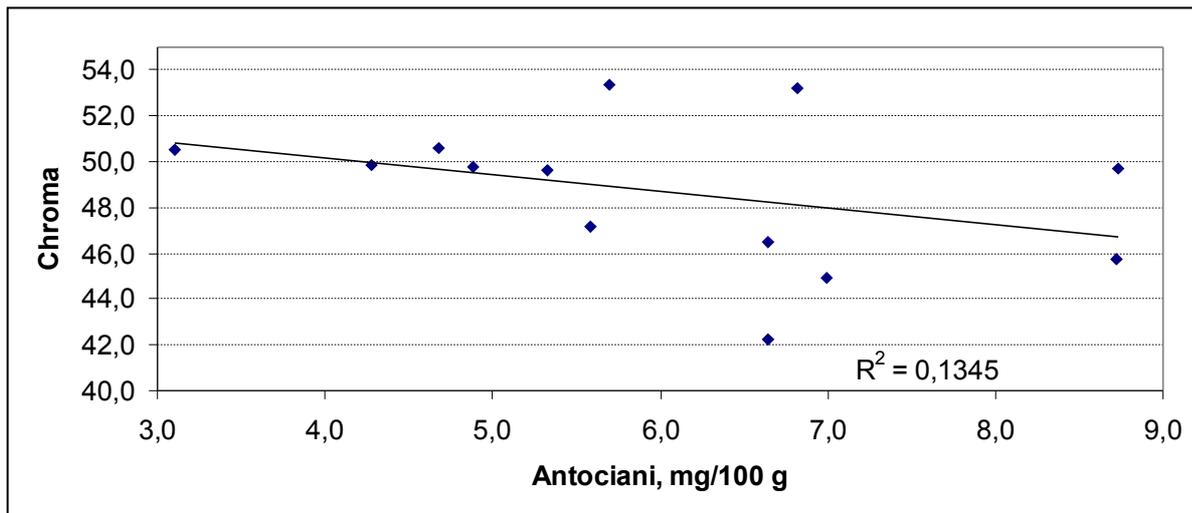


Fig. 13 – Correlazione tra la tonalità del colore dei frutti (indice Chroma) e contenuto in antociani di 13 accessioni varietali di fragola.

4.4 Conclusioni

I risultati di questo studio confermano che la fragola è particolarmente ricca di composti di valore salutistico e nutrizionale. Va evidenziato che la fragola, rispetto ad altri frutti (pesca, mela, kiwi, arance), possiede una capacità antiossidante anche fino a dieci volte superiore (Battino et al., 2004).

Lo studio aggiunge conoscenze a studi già stati condotti (D'Antuono et al., 2005; Mezzetti et al., 2005; Magnani et al., 2007), sull'effetto varietale sui contenuti di questi composti bioattivi nei frutti.

Di particolare interesse il comportamento di due selezioni PIR 54 e VR 177 in quanto combinano elevati valori di tutti i 4 caratteri "nutraceutici" indagati. La prima selezione ha presentato una media produttività della pianta, come pure una media pezzatura del frutto, ma polpa molto consistente e non molto zuccherina. La selezione VR 177 è apparsa ancor più interessante delle prime in quanto oltre agli alti contenuti delle sostanze potenzialmente benefiche per la salute unisce un elevato grado zuccherino e grossa pezzatura del frutto. I frutti, di non elevata consistenza della polpa, sono però ricchi di composti aromatici ben percepiti al gusto.

Oltre agli effetti varietali la verifica dell'influenza del tipo di pianta sui contenuti delle sostanze qualitative e salutistiche nei frutti ha confermato i risultati di altre indagini condotte precedentemente (Magnani *et al.*, 2007). In questo studio si è voluto approfondire le conoscenze sull'effetto del tipo di pianta in quanto il ricorso alle piante fresche si sta sempre più diffondendo nella fragolicoltura dell'areale romagnolo. Questo tipo di pianta ha fornito, in media, frutti con un maggiore valore di capacità antiossidante e leggermente più zuccherini grazie al minore livello produttivo raggiunto rispetto alle tradizionali piante frigoconservate.

Tuttavia le numerose interazioni significative riscontrate fra i diversi caratteri rilevati hanno evidenziato spesso un comportamento delle accessioni varietali non univoco con i due tipi di pianta.

Appare quindi importante sottolineare l'importanza di questi studi al fine di individuare varietà di elevato pregio da coltivare con la tecnica di coltivazione più

appropriata e da valorizzare pienamente sui mercati anche attraverso apposite campagne promozionali tese a pubblicizzarne l'elevato "valore salutistico" dei frutti.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2010). La fragola, coordinamento scientifico di W. Faedi. Collana Coltura&Cultura, ideata e coordinata da R. Angelini, Bayer CropScience, Ed. Script, Bologna.
- Ames B.M., Shigen M.K., Hagen T.M. (1993). Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 90, 7915-7922.
- Andersen M., Fossen T., Torskangerpoll K., Fossen A., Hauge U. (2004) Anthocyanin from strawberry (*Fragaria x ananassa*) with the novel aglycone, 5-carboxypyranopelargonidin. *Phytochemistry*, 65, 405-410.
- Battino M., Scalzo J., Capocasa F., Palandrani A., Mezzetti B. (2004). Fragole e antiossidanti: un primato nutrizionale. *Frutticoltura*, 4, 54-56.
- Brant K., Molgaard J. P. (2001). Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant food?. *Journal of the science of food and agriculture*, 81, 924-931.
- D'Antuono L.F., Maltoni M.L., Foschi S., Elementi S., Borgini E., Baruzzi G., Faedi W. (2004) - Differenze qualitative tra cultivar di fragola in coltura biologica e integrata. *Frutticoltura*, 5, 64-66.
- D'Antuono L.F., Maltoni M.L., Foschi S., Elementi S., Borgini E., Baruzzi G., Faedi W. (2005). Differenze qualitative tra cultivar di fragola in coltura biologica e integrata. *Italus Hortus* 12, (3), 83-92.
- Faedi W., Baruzzi G., Lucchi P., Maltoni M.L., Magnani S., Migani M., Sbrighi P., Turci P. (2006). Nuove varietà e selezioni emergenti per la fragolicoltura del Nord Italia. *Frutticoltura*, 12-16.
- Guo C., Yang J., Wie J., LI Y., Xu J., Jiang Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fraction of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23, 1719-1726.
- Hakkinen S., Torronen R. (2000). Content of flavonol and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food research international*, 33, 517-524.

- Lucchi P., 2002. L'evoluzione delle tecniche vivaistiche in funzione delle nuove esigenze produttive e commerciali della fragolicoltura. *Frutticoltura* (n. 6), 37-42.
- Maltoni M.L., Magnani S., Ranieri M., Faedi W., 2009. Principali fattori che influenzano la qualità delle fragole. *La Fragola Presente e Futuro*, 250-257.
- Mariani Costantini A., Cannella C., Tomassi g., (1999). Fondamenti di nutrizione umana. *Ed. Il pensiero scientifico*, p 544.
- Mezzetti B., Scalzo J., Capocasa F., Palandrani A., Battino M. (2005). Il miglioramento genetico per aumentare qualità e capacità antiossidante delle fragole. *Frutticoltura*, 4, 26-29.
- Scalzo J., Capocasa F., Palandrani A., Battino M., Mezzetti B. (2004). Quality and nutritional value in strawberry breeding and variety evaluation. Cost Action 836 Final Workshop, *Acta Hortic.*, 649, 61-64.
- Slinkard K., Singleton V.L. (1997). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Am. J. Enol. Vitic.*, 28, 49-55.
- Wang H., Cao G., Prior R.L. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 701-705.