

**WP1:**  
***Valutazione non distruttiva dei frutti in pre- e post-raccolta per il conseguimento della massima qualità sensoriale al consumo (QUALIFRU)***

**Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria  
Centro di ricerca per le colture arboree (CREA – CA)**

**Katya Carbone, Ph.D.**

**Laboratorio di Chimica e Tecnologia degli Alimenti  
GdL: Dr.ssa T. Amoriello (CREA AN); Dr R. Ciccoritti; Dr. M. Paliotta**

sviluppare metodiche di spettroscopia molecolare FT-NIR e Vis/NIR in grado di permettere la determinazione del momento ottimale di stacco dei frutti direttamente in campo e di monitorare la qualità, anche in termini nutraceutici e sensoriali oltre che tradizionali, dei frutti alla raccolta e in post-raccolta (i.e. frigo-conservazione).

- utilizzo di strumentazione Vis/NIR portatile per la determinazione del momento ottimale di raccolta dei frutti direttamente in campo, mediante correlazione dei dati spettroscopici con quelli analitici tradizionali. I dati saranno acquisiti su cultivar differenti, considerando anche i diversi calendari di produzione, al fine di individuare un indice oggettivo indipendente dal genotipo considerato all'interno della stessa specie.
- ii) sviluppo di un modello chemiometrico predittivo, basato su spettroscopia FT-IR, per la determinazione dei principali parametri qualitativi, sensoriali e nutraceutici dei frutti alla raccolta e durante frigo-conservazione.
- iii) la possibilità di applicare tecniche di tipo pattern recognition per la costruzione di modelli di classificazione basati sulla qualità alla raccolta, validati sulla base di panel test specifici, e sulle performances in post-raccolta.

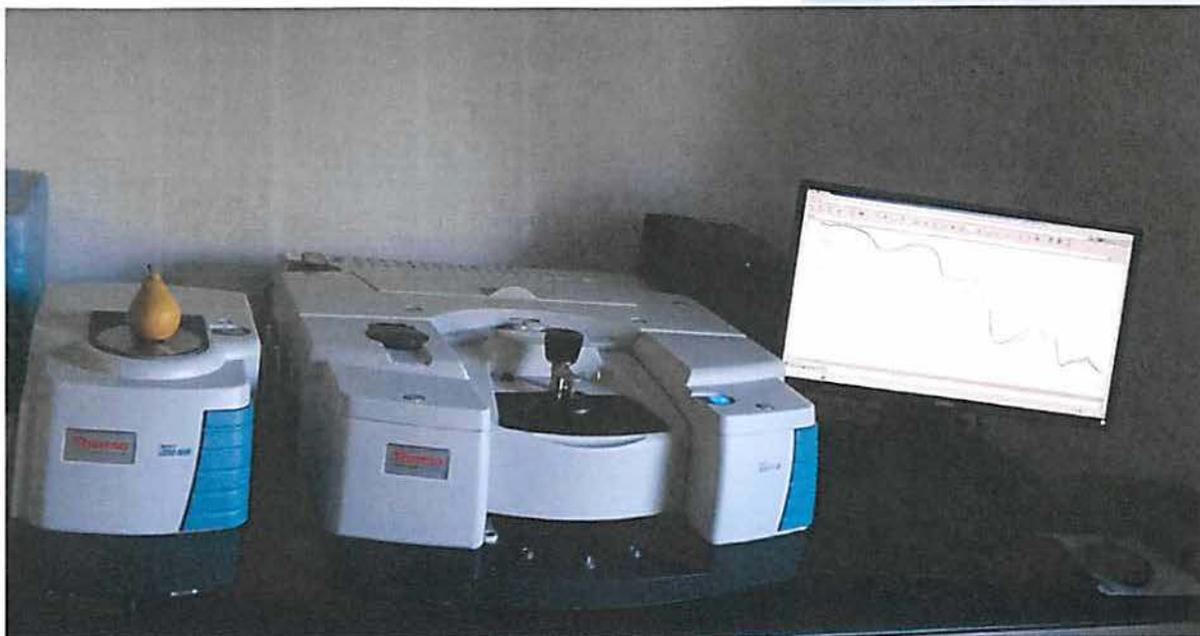
1. Sviluppo di un indice predittivo per il momento ottimale di raccolta direttamente in campo mediante spettroscopio portatile Vis/NIR, nonché mediante spettroscopia FT-NIR. Lo studio sarà applicato a frutti di albicocco, in quanto specie caratterizzata da una forte scalarità di maturazione in pianta e per la quale il momento ottimale dello stacco dei frutti è critico ai fini di un appropriato sviluppo dei caratteri qualitativi e sensoriali. Al riguardo saranno considerate tre cultivar differenti per i tre diversi periodi di produzione (early-to-late ripening genotypes). I dati spettrali saranno quindi calibrati utilizzando i metodi analitici di riferimento per la valutazione dei diversi costituenti che saranno oggetto d'indagine (i.e. spettrofotometrici e cromatografici).

2. Valutazione della potenzialità della tecnica FT-NIR, combinata con l'analisi chemiometrica dei dati, per la determinazione contemporanea dei principali caratteri qualitativi (i.e. contenuto zuccherino, acidità, residuo secco) e dei microcostituenti (i.e. metaboliti secondari, vitamina C) in frutti di albicocco e actinidia, alla raccolta. I valori di riferimento per i parametri individuati saranno determinati mediante metodi analitici convenzionali (i.e. misure rifrattometriche, spettrofotometriche, cromatografiche).

3. Valutazione della potenzialità della tecnica FT-NIR, combinata con l'analisi chemiometrica dei dati, per classificare i diversi frutti sulla base degli attributi sensoriali. I dati spettrali saranno confrontati con dati provenienti da uno screening sensoriale effettuato da opportuno panel addestrato e da analisi convenzionali effettuate mediante gas-cromatografia-spettrometria di massa (GC-MS).
4. Sviluppo di modelli predittivi legati all'evoluzione dei principali parametri qualitativi e sensoriali di albicocche e kiwi durante la conservazione. I dati spettrali saranno calibrati utilizzando i metodi analitici di riferimento per i parametri studiati.



**DA-meter**



**FT-IR/NIR Nicolet iS50 Thermo Fisher Scientific**

## SPECIE ANALIZZATE:

- ALBICOCCHIE  
(precoci, intermedie e tardive)
- KIWI  
(a polpa verde – Hayward;  
a polpa gialla – Soreli e Sungold)

# ***LE ALBICOCCHE***

*INDICI DI MATURAZIONE IN CAMPO*

*VALUTAZIONE DELLA QUALITA' ALL'INGROSSO*

3 cultivar per ogni epoca di maturazione (precoce, intermedia, tardiva), con campioni possibilmente provenienti da areali differenti, reperiti presso il Centro Agroalimentare di Roma



Per ogni cultivar, si considerano 30 frutti tal quali

- Parametri misurati/calcolati: Peso fresco, Compattezza, Colorimetro (L buccia, a buccia, b buccia, indice  $C_{ab}$ , indice  $H_{ab}$ ), indice DA-meter ( $I_{DA}$ )
- Spettri NIR



Per ogni cultivar, si considerano campioni composti di 5 frutti ciascuno

- Parametri misurati/calcolati: °Brix, Acidità, TSS/TA, pH, SS%, TPC, FLC, TCC, DPPH%, ABTS%
- Spettri NIR su campioni liofilizzati



*Analisi statistica multivariata e modellistica*

**3 cultivar precoci:**

- 60 campioni di Mogador (Puglia, Sicilia)
- 60 campioni di Ninfa (Puglia, Basilicata)
  - 30 campioni di Spring Blush (Lazio)

**2 cultivar intermedie:**

- 30 campioni di Flopria (Basilicata)
- 30 campioni di Orange Rubis (Basilicata)

**2 cultivar tardive:**

- 60 campioni di Bergeron (2 località diverse della Francia)
  - 30 campioni di Faralia (Emilia Romagna)

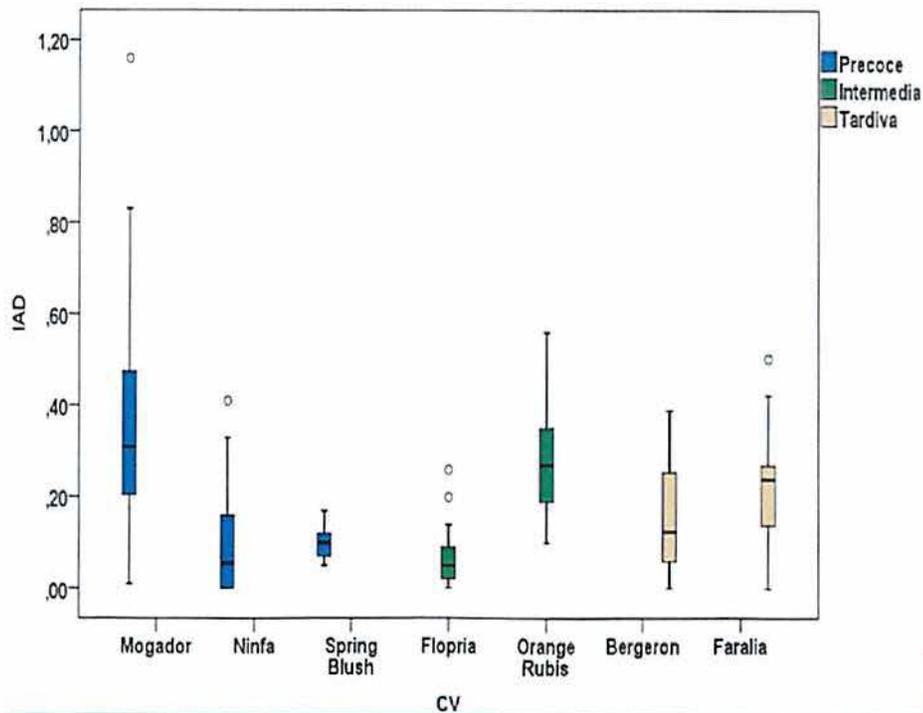
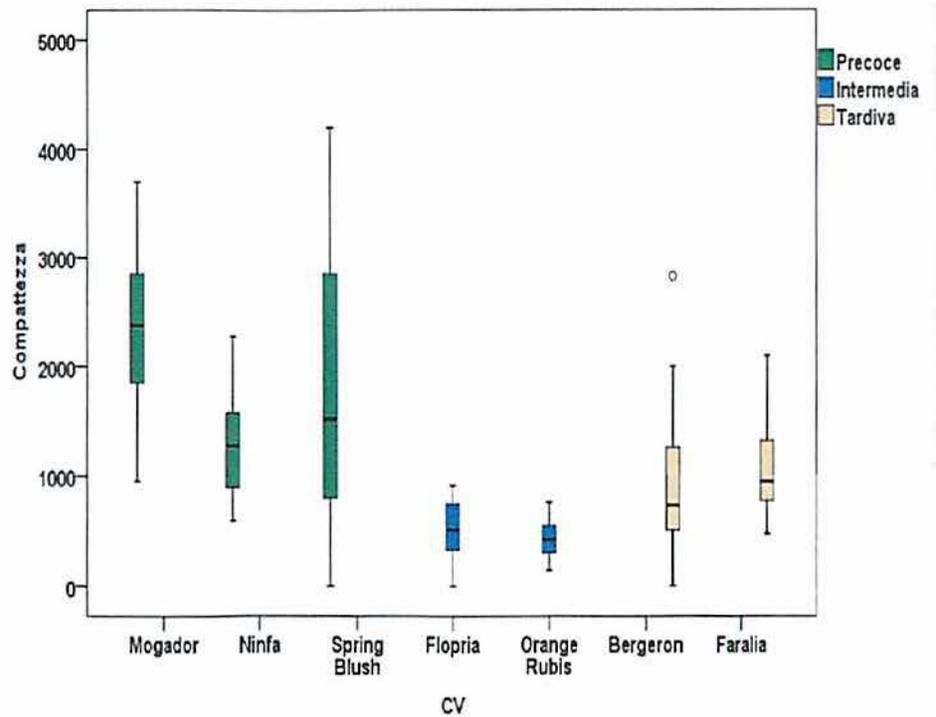
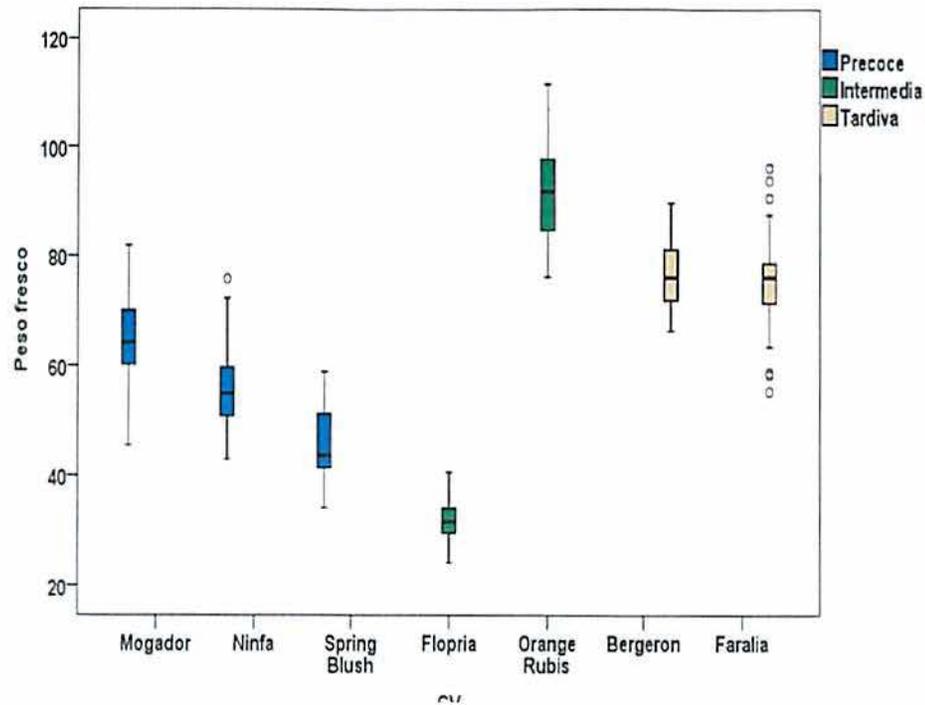
**Numerosità campionaria  
totale: N = 300**



**CENTRO AGROALIMENTARE ROMA**  
LA CITTÀ DEI COMMERCII

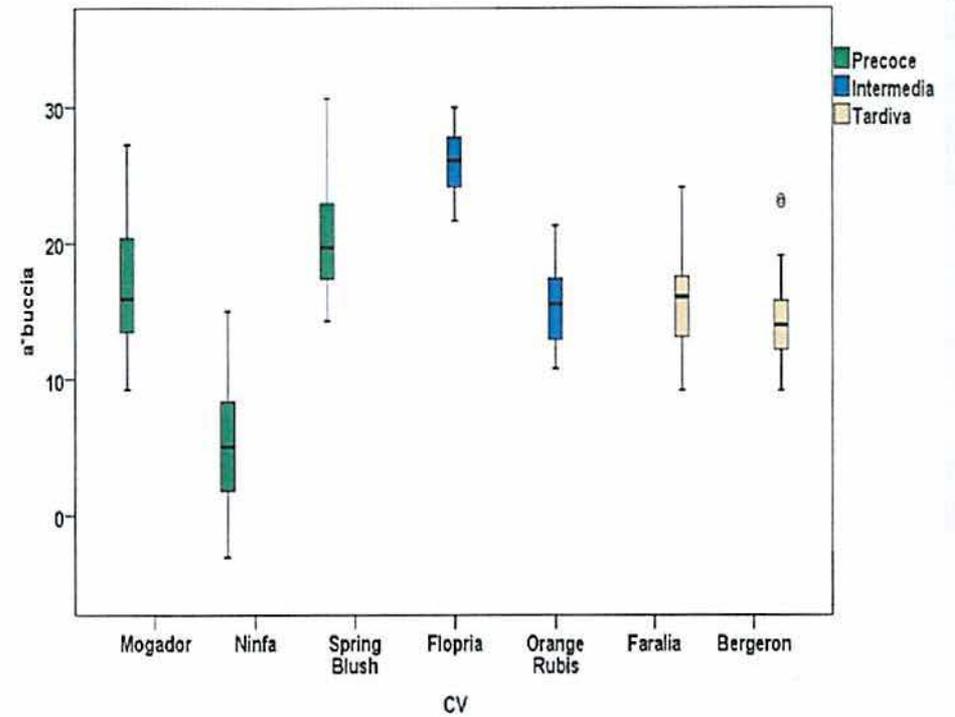
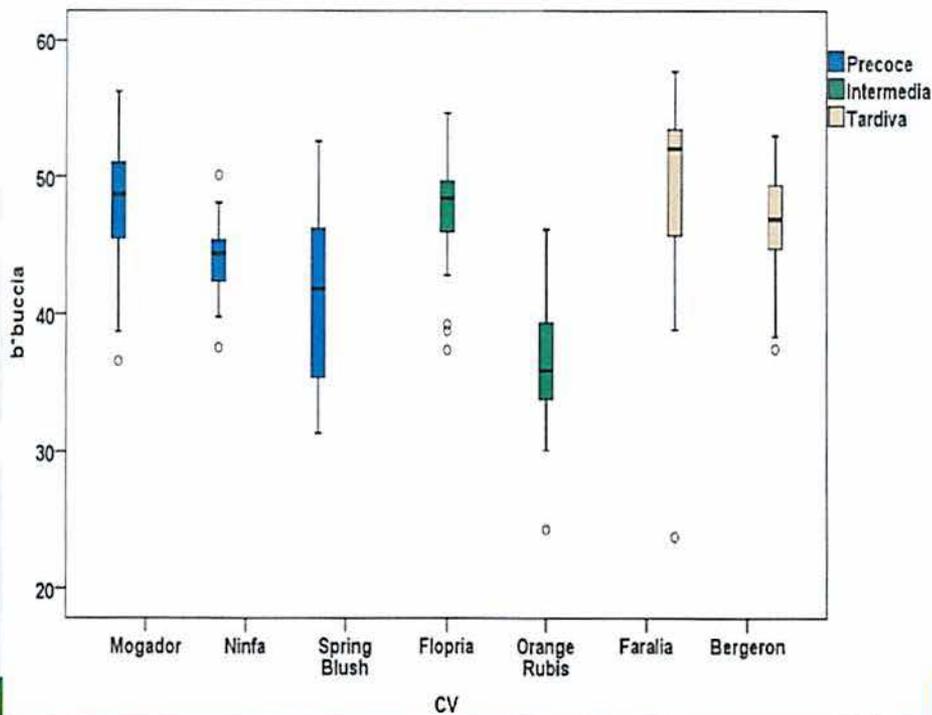
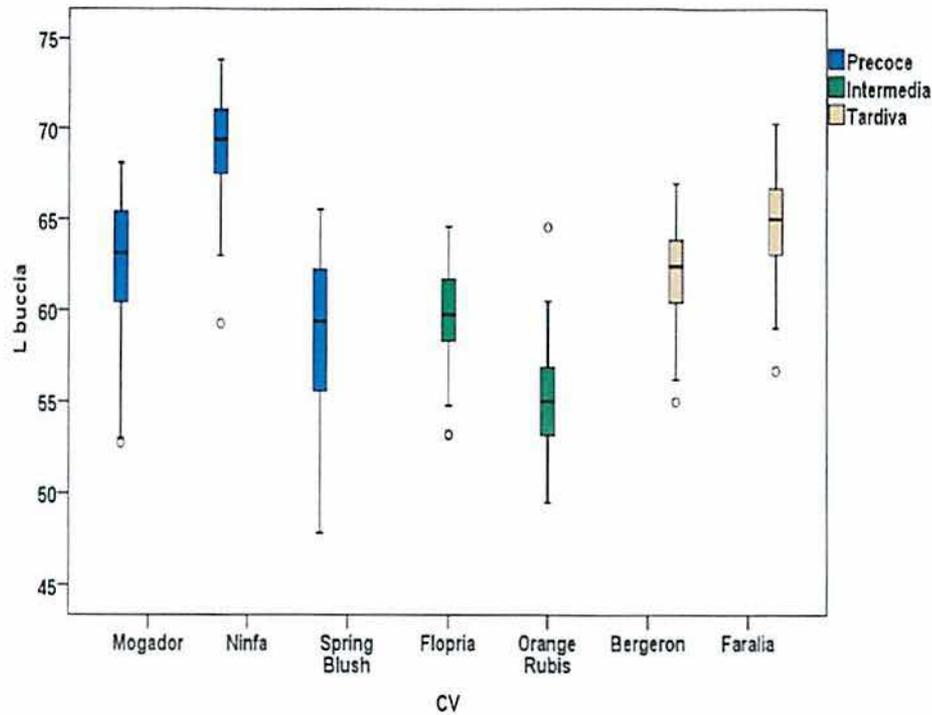


*Analisi esplorativa: peso fresco;  
I<sub>DA</sub>; Compattezza*



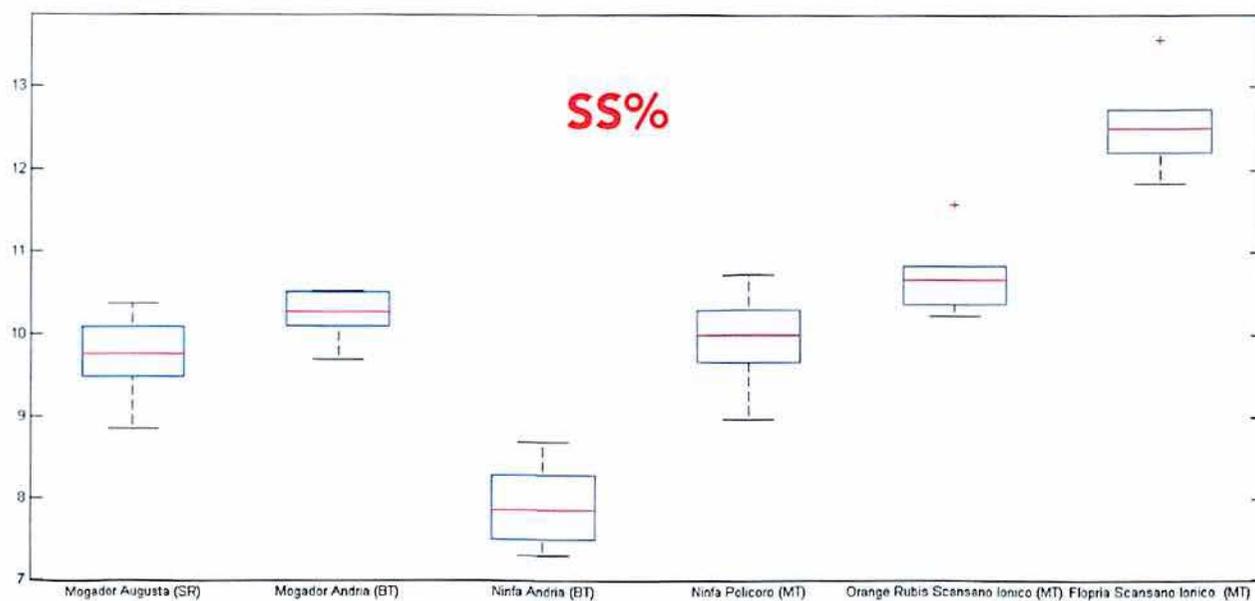
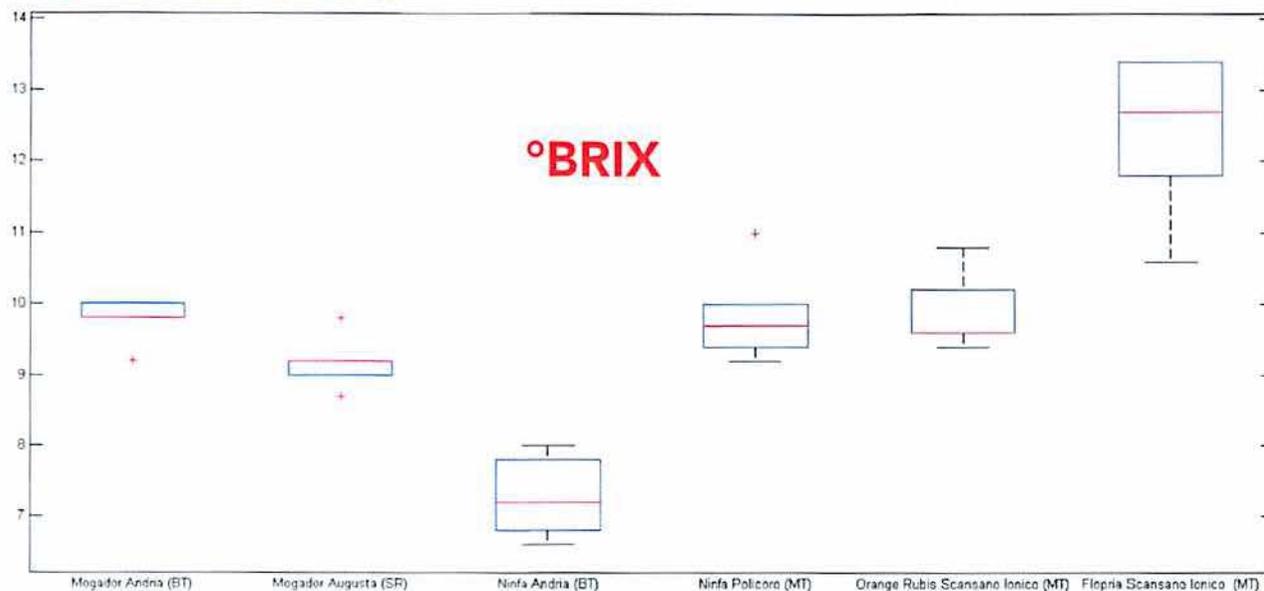
**N = 300**

**Analisi esplorativa:  
caratteristiche colorimetriche**

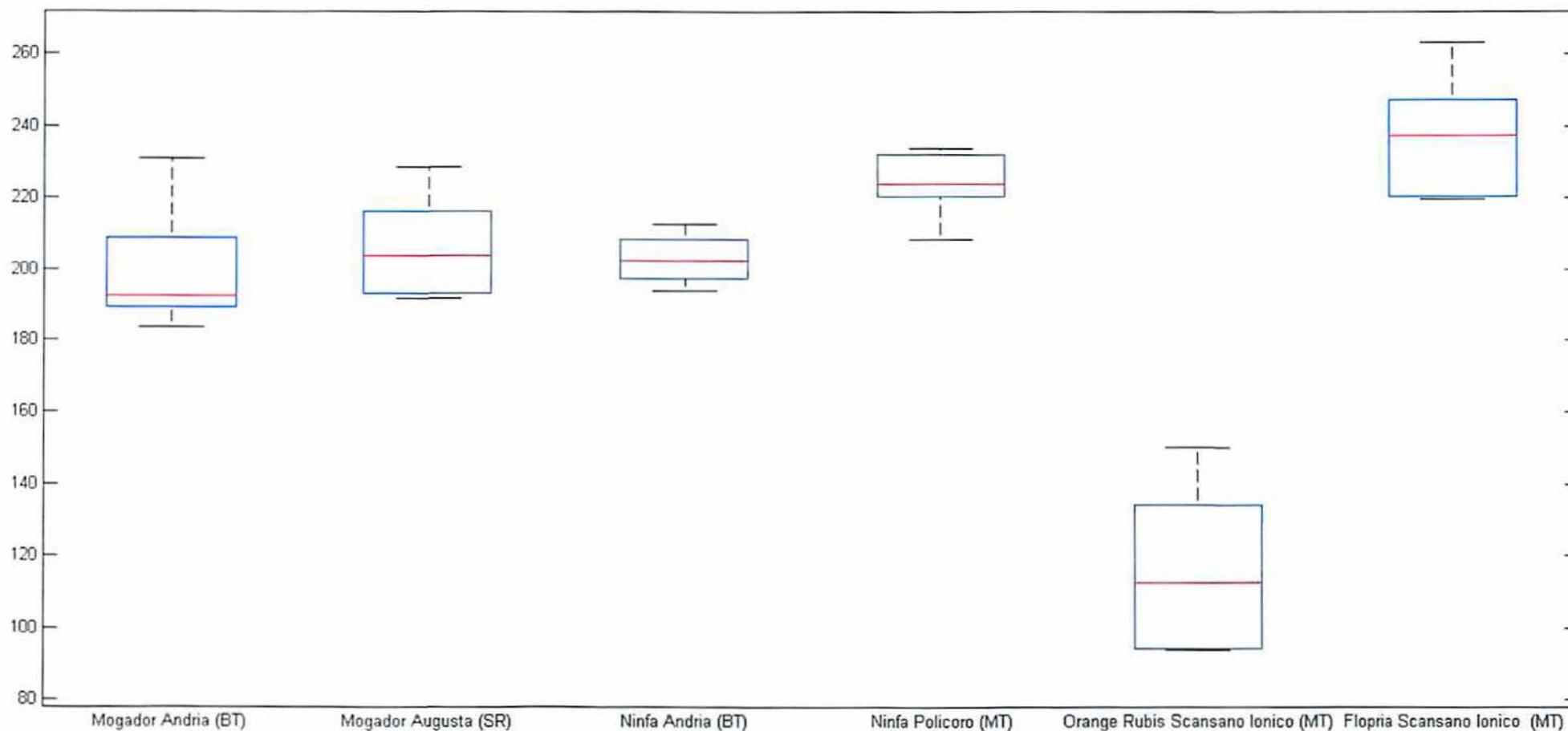


**Analisi colorimetriche  
N = 300**

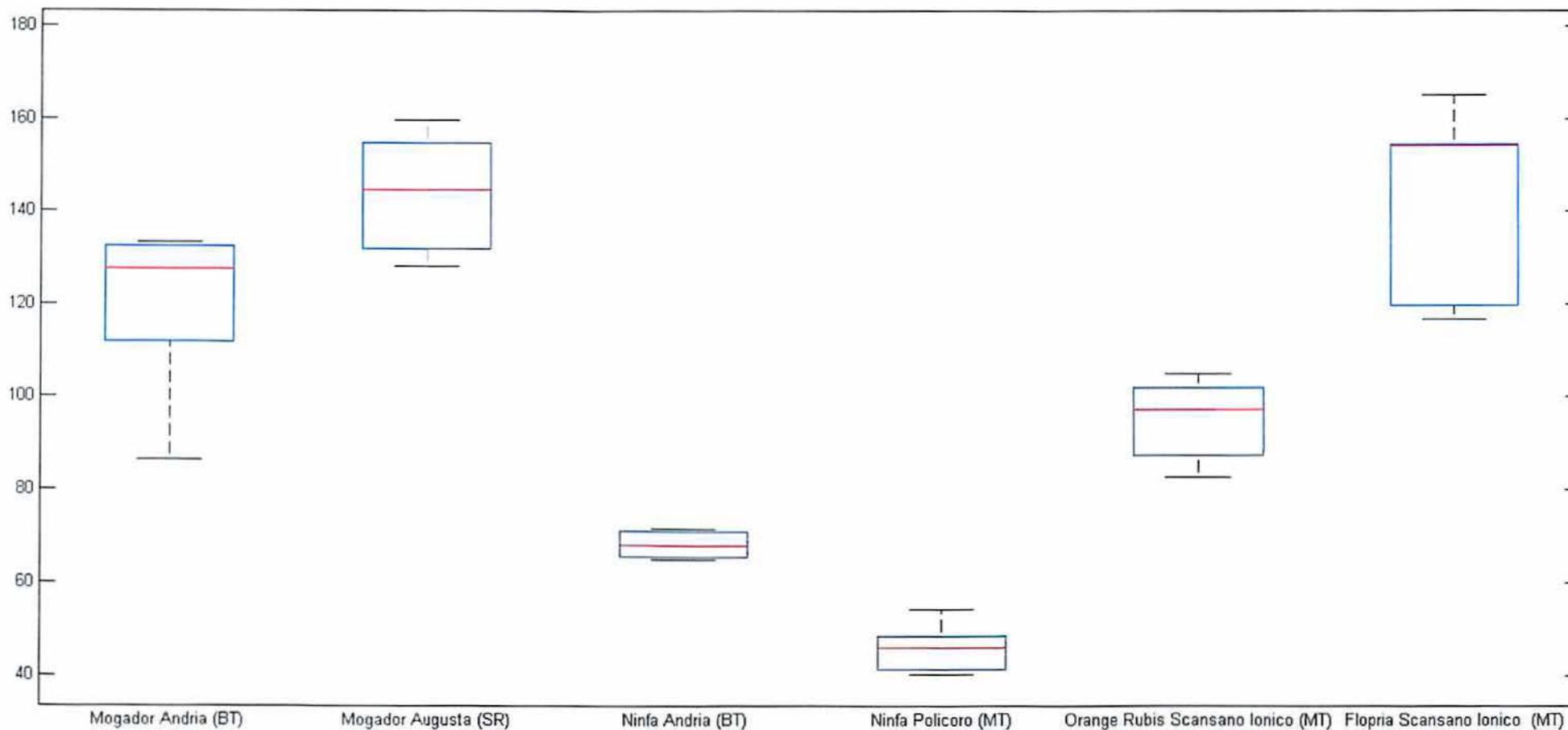
**Analisi esplorativa: °Brix; SS%**



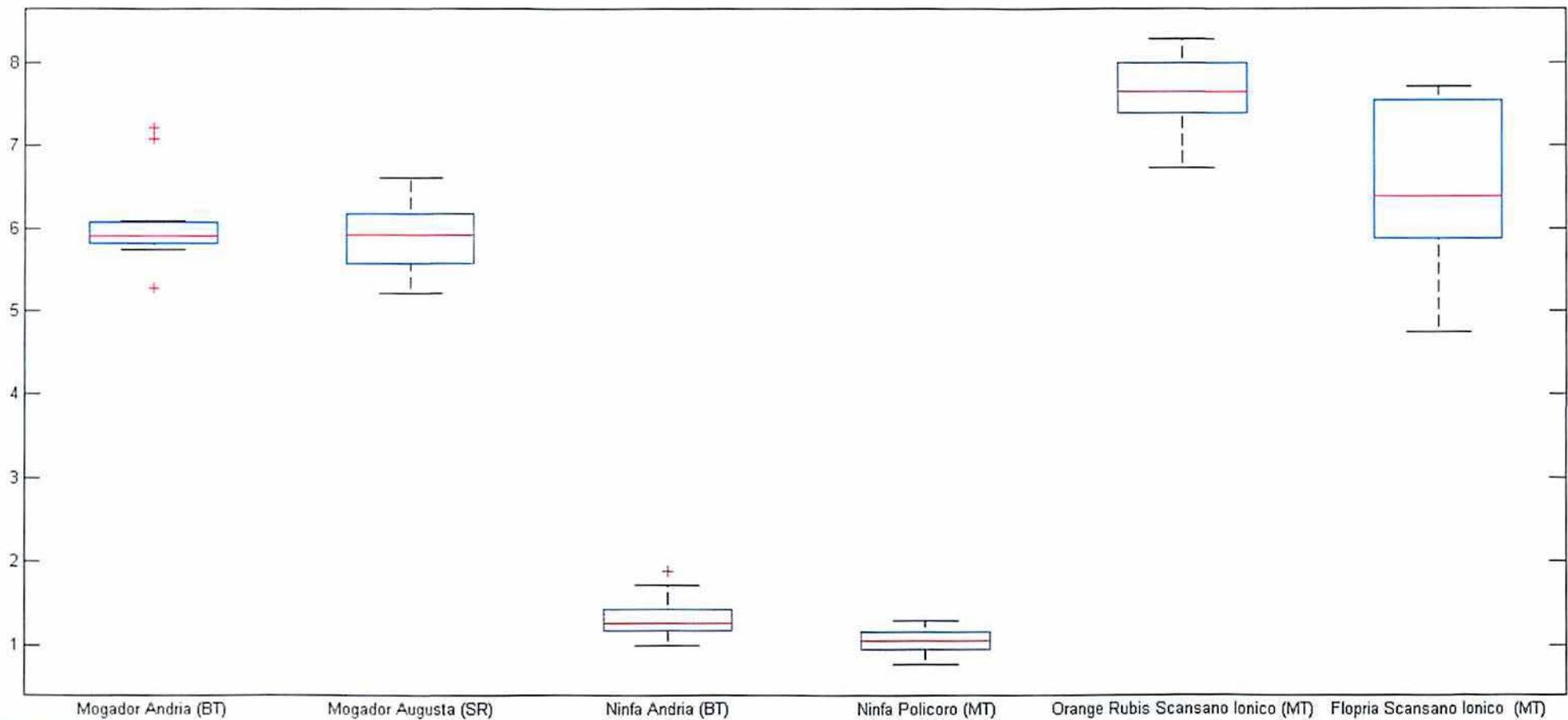
**Analisi esplorativa: Acidità**



## Analisi esplorativa: contenuto di carotenoidi totali



**Analisi esplorativa: contenuto di polifenoli totali**



### Correlazioni bivariate non parametriche Rho di Spearman

	Peso	F	L	a*	b*	C <sub>ab</sub>	H <sub>ab</sub>	I <sub>AD</sub>
Peso	1	-0,171**	-0,121*	-0,180**	-0,021	-0,132*	0,089	0,403***
F		1	0,320***	-0,182**	0,176**	0,094	0,260***	0,379***
L			1	-0,696***	0,486***	0,225***	0,846***	-0,111
a*				1	-0,021	0,323***	-0,946***	-0,069
b*					1	0,923***	0,284***	0,103
C <sub>ab</sub>						1	-0,052	0,050
H <sub>ab</sub>							1	0,037
I <sub>AD</sub>								1

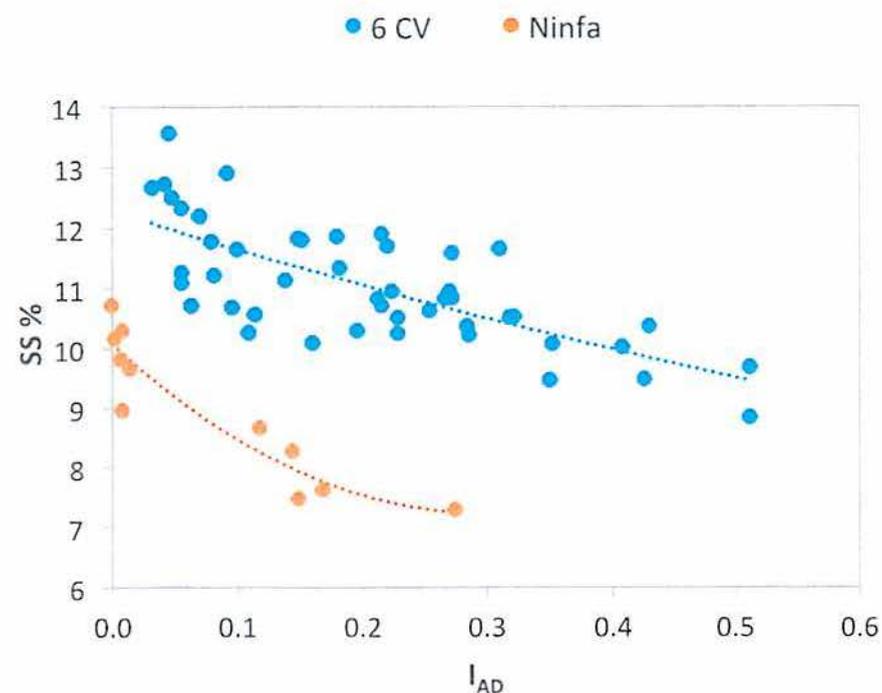
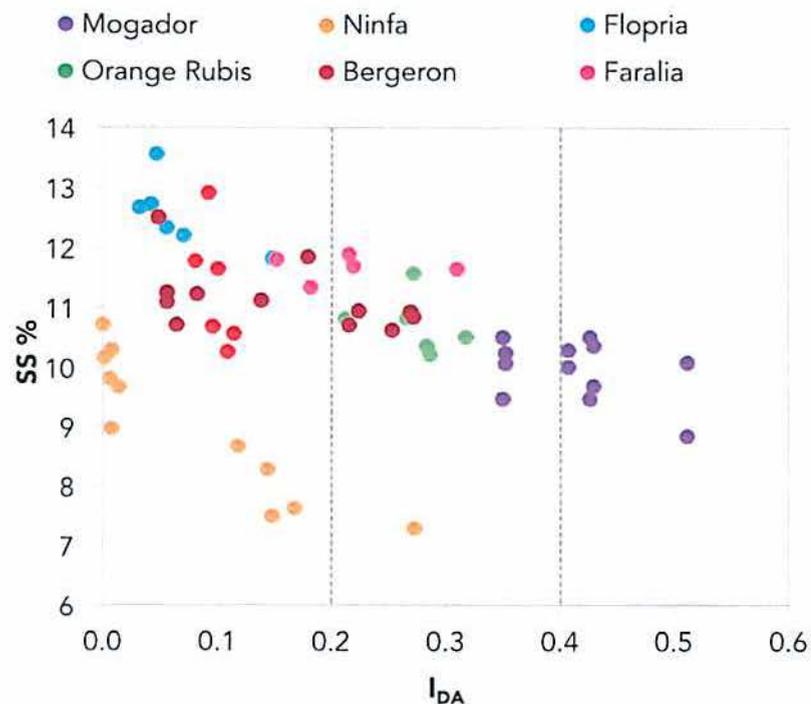
**N = 300**

## Correlazioni bivariate non parametriche Rho di Spearman

	°Brix	SS%	TSS/TA	Acidità	Peso fresco	F	L	a*	b*	C <sub>ab</sub>	H <sub>ab</sub>	I <sub>AD</sub>
°Brix	1	0,836***	0,442***	0,045	-0,094	-0,530** *	-0,413* **	0,546***	0,129	0,365**	-0,532** *	-0,431* **
SS%		1	0,397**	0,116	-0,079	-0,532** *	-0,615* **	0,582***	0,018	0,260	-0,635** *	-0,360* *
TSS/TA			1	-0,814* **	0,618***	-0,572** *	-0,236	0,156	0,212	0,234	-0,210	0,184
Acidità				1	-0,765***	0,282* *	-0,068	0,202	-0,144	-0,009	-0,148	-0,438* **
Peso fresco					1	-0,238	-0,084	-0,237	0,019	-0,172	0,122	0,509* **
F						1	0,342**	-0,058	0,217	0,106	0,238	0,395* *
L							1	-0,682** *	0,328* *	0,077	0,872***	-0,091
a*								1	0,198	0,491***	-0,928** *	-0,019
b*									1	0,918***	0,101	0,226
C <sub>ab</sub>										1	-0,201	0,088
H <sub>ab</sub>											1	-0,036
I <sub>AD</sub>												1

**N = 60**

## Capacità predittiva del DA-meter: SS %



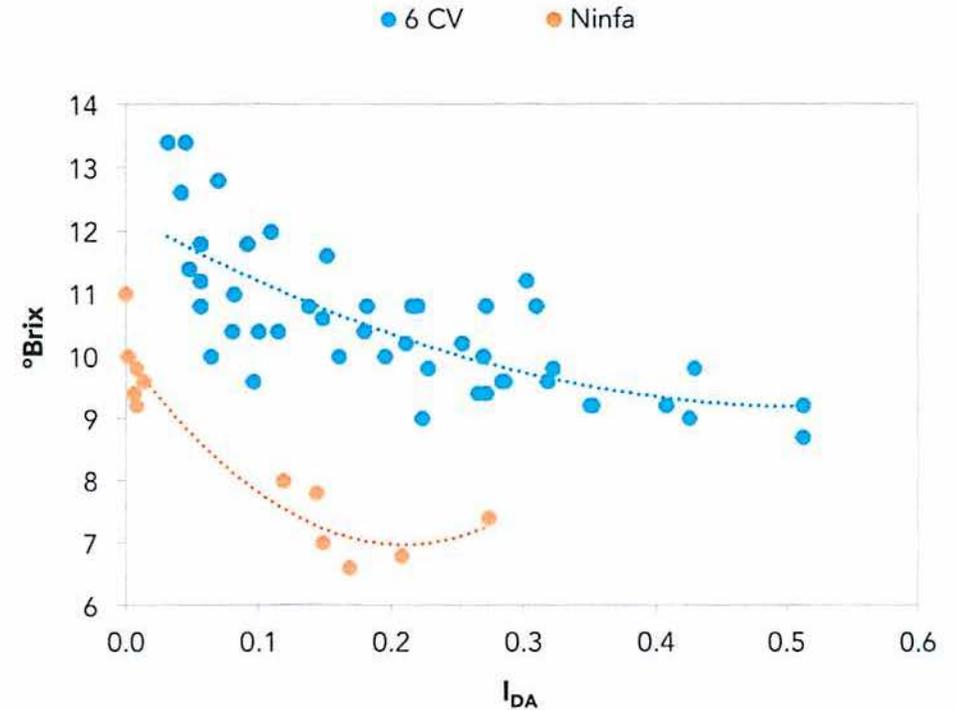
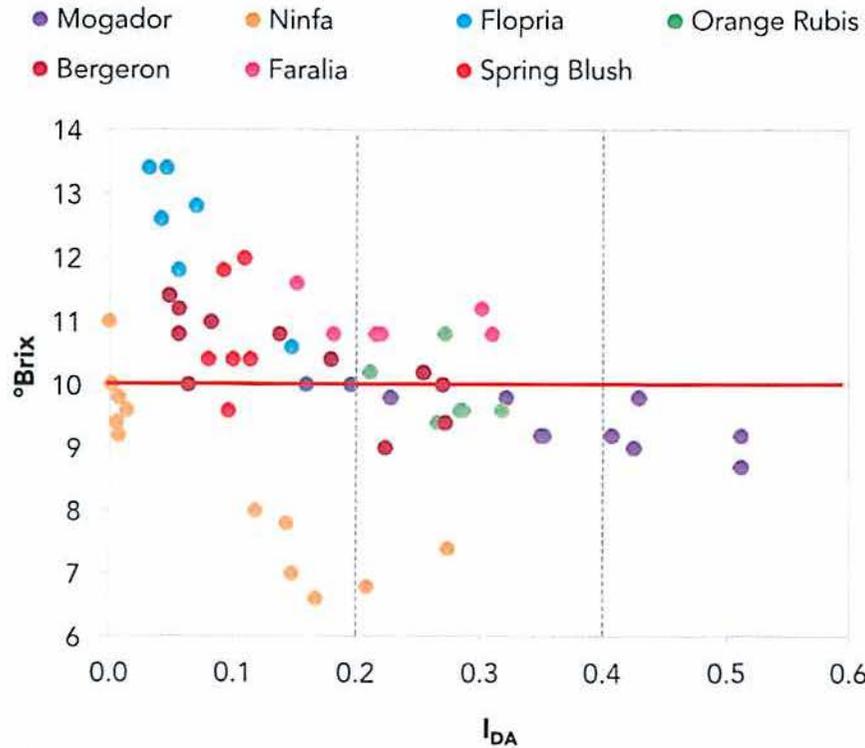
$$SS\% = 2,11 I_{AD}^2 - 6,61 I_{AD} + 12,30$$

$$R^2 = 0,53 \quad p\text{-value} < 0,0001$$

$$SS\% = 32,53 I_{AD}^2 - 19,19 I_{AD} + 10,09$$

$$R^2 = 0,86 \quad p\text{-value} < 0,0001$$

## Capacità predittiva del DA-meter: °Brix



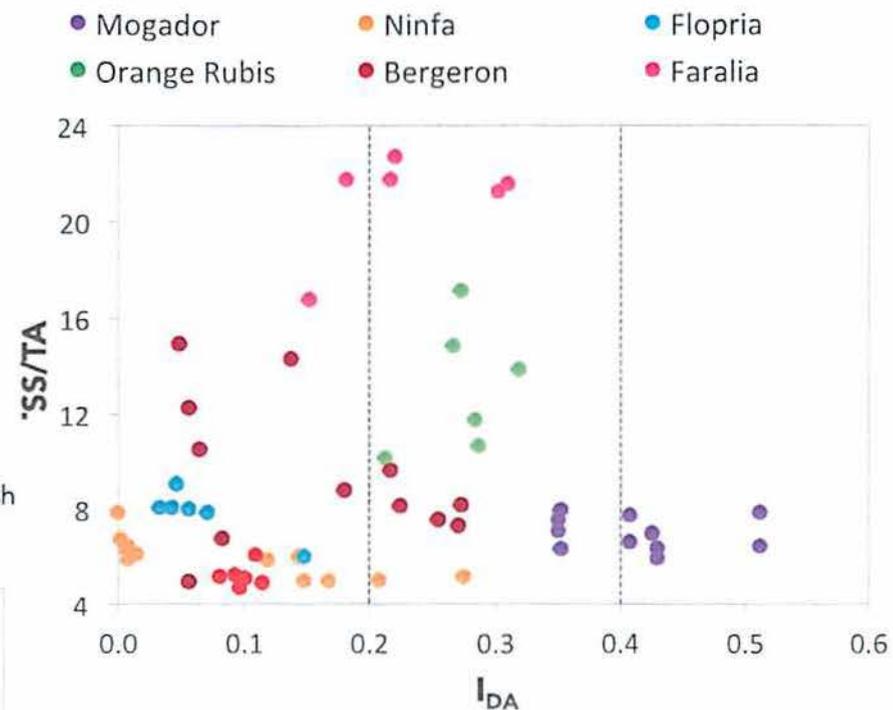
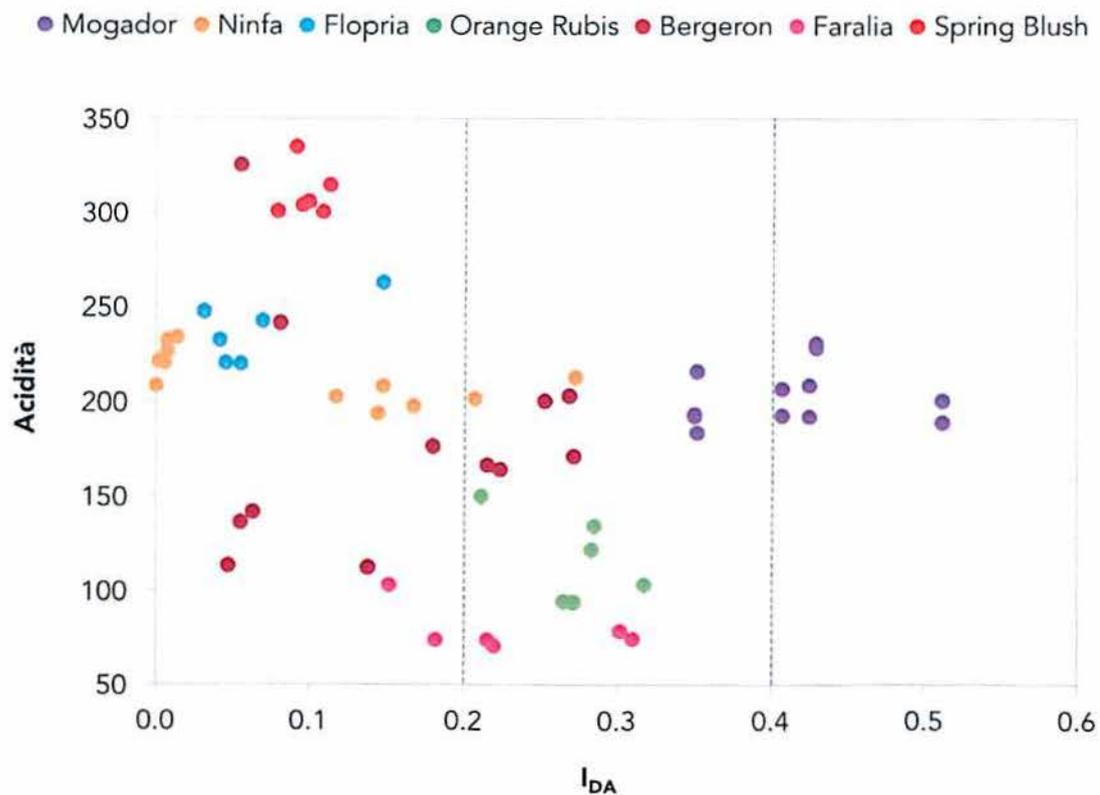
$$\text{°Brix} = 11,45 I_{DA}^2 - 11,91 I_{DA} + 12,28$$

$$R^2 = 0,55 \quad p\text{-value} < 0,0001$$

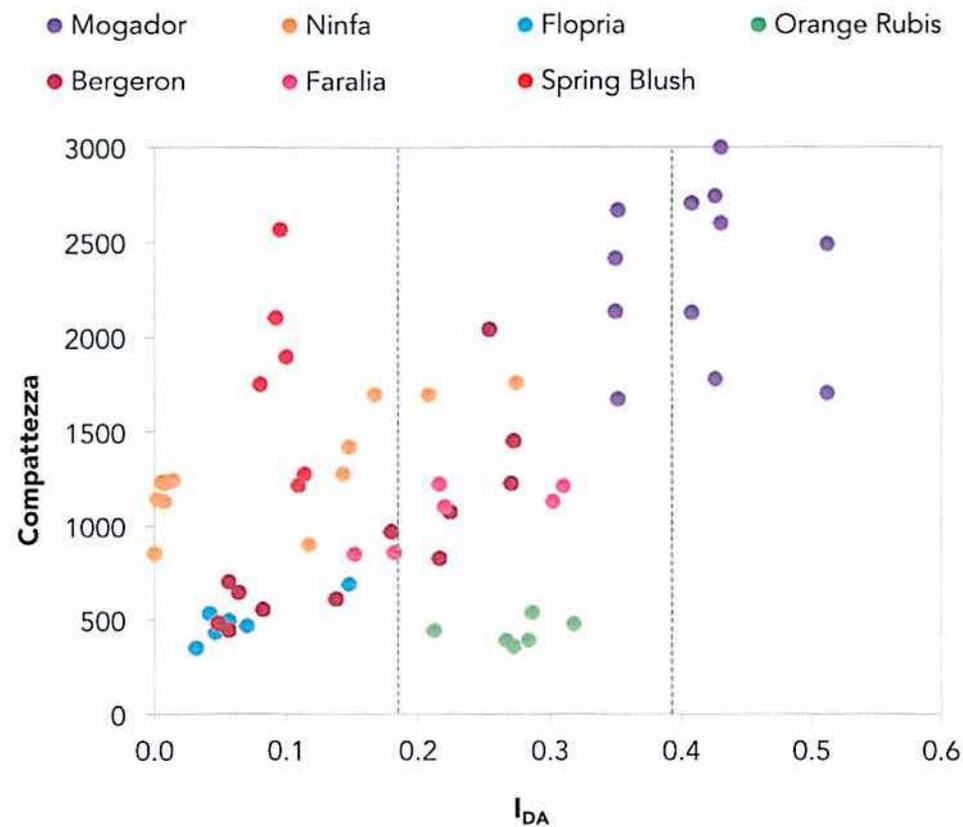
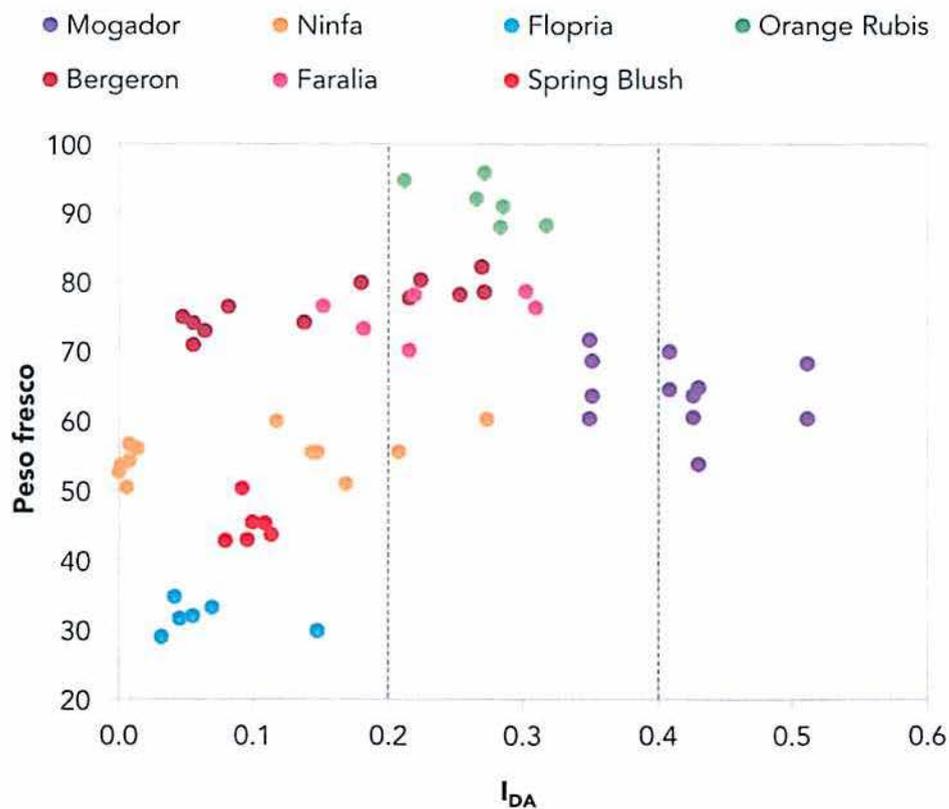
$$\text{°Brix} = 70,12 I_{DA}^2 - 29,35 I_{DA} + 10,05$$

$$R^2 = 0,90 \quad p\text{-value} < 0,0001$$

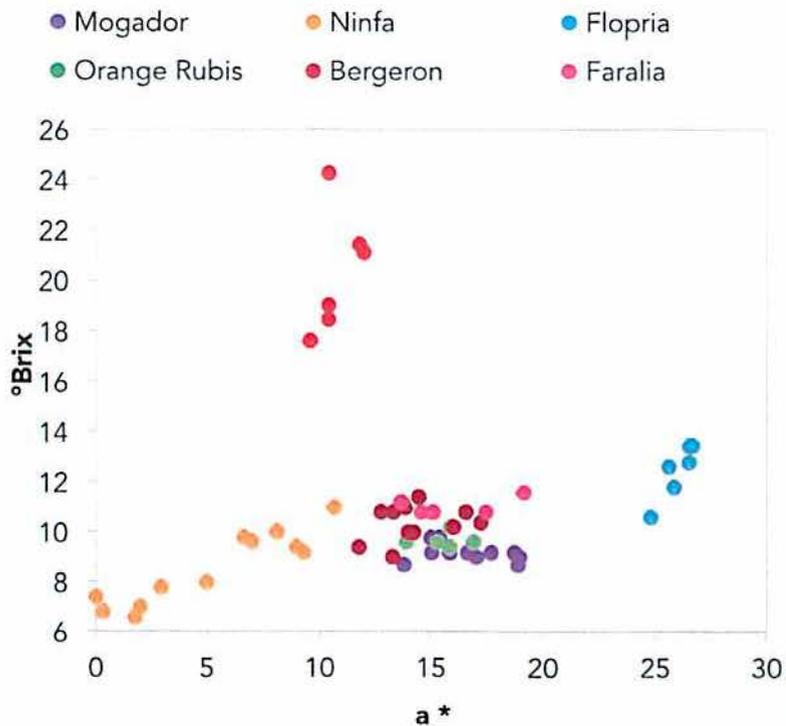
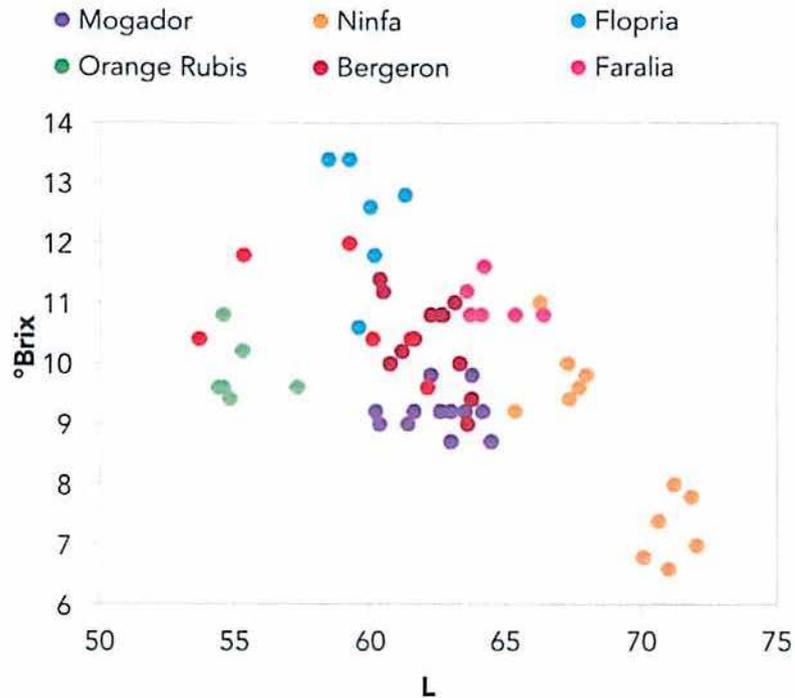
## Capacità predittiva del DA-meter: Acidità, TSS/TA



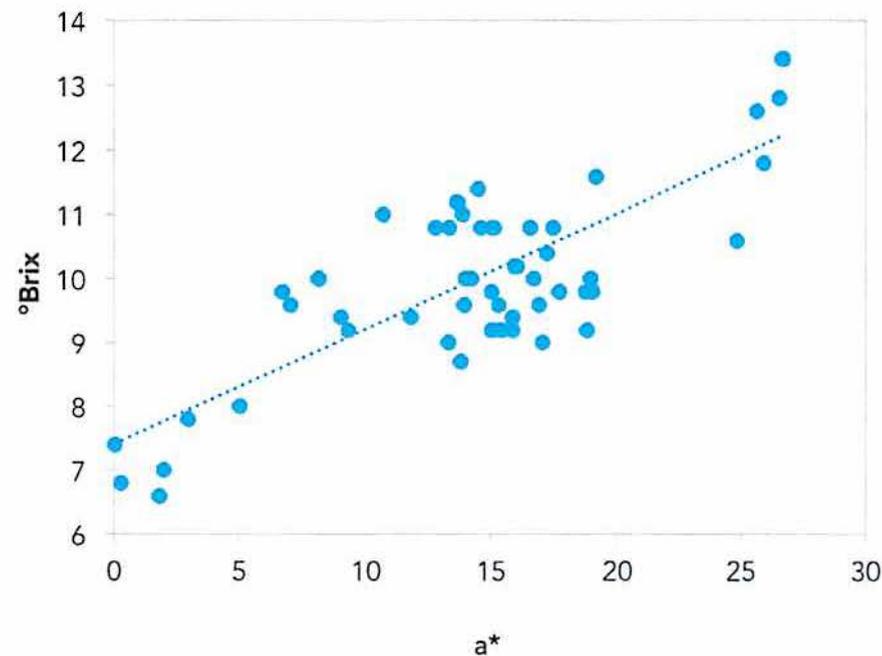
## Capacità predittiva del DA-meter: Peso fresco, Compattezza



Capacità predittiva del Colorimetro: °Brix



6 CV

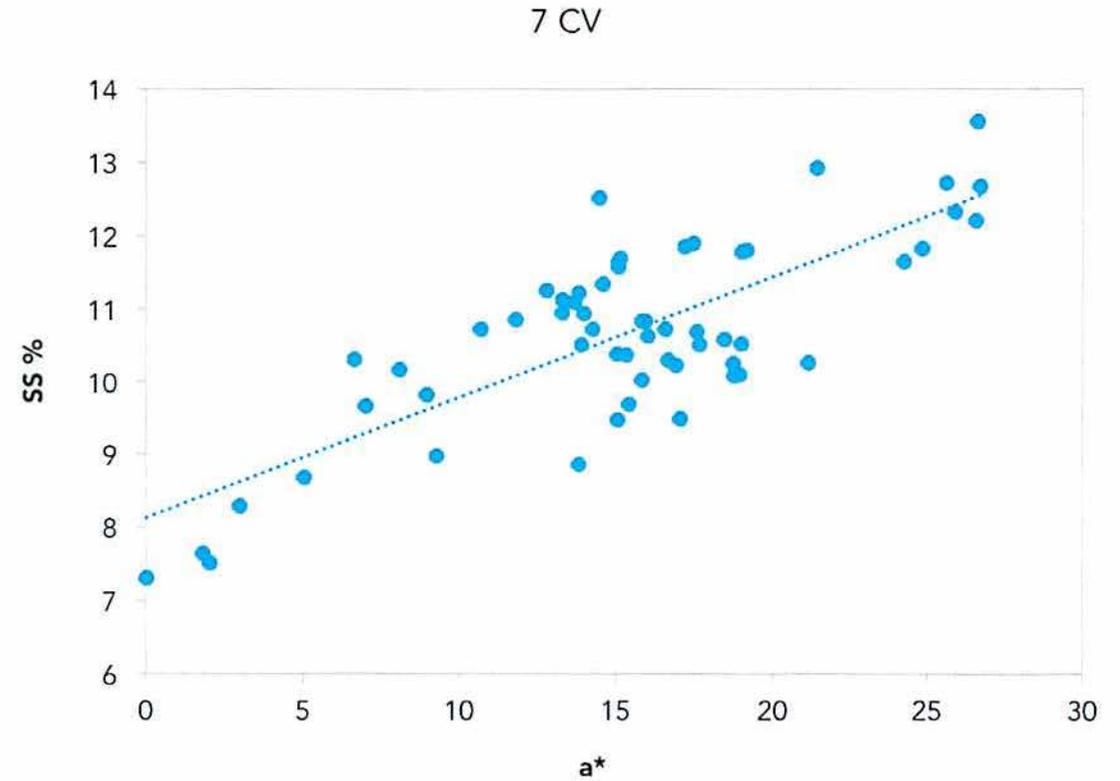
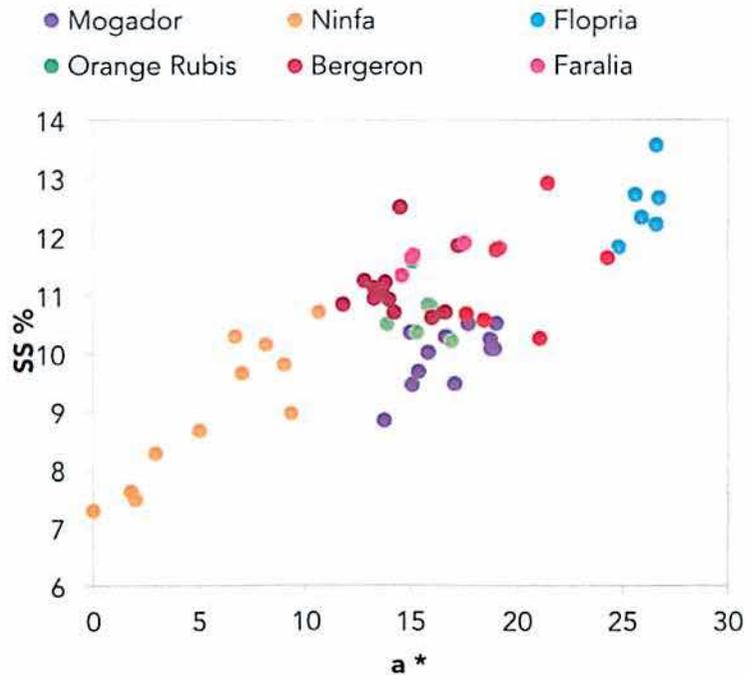
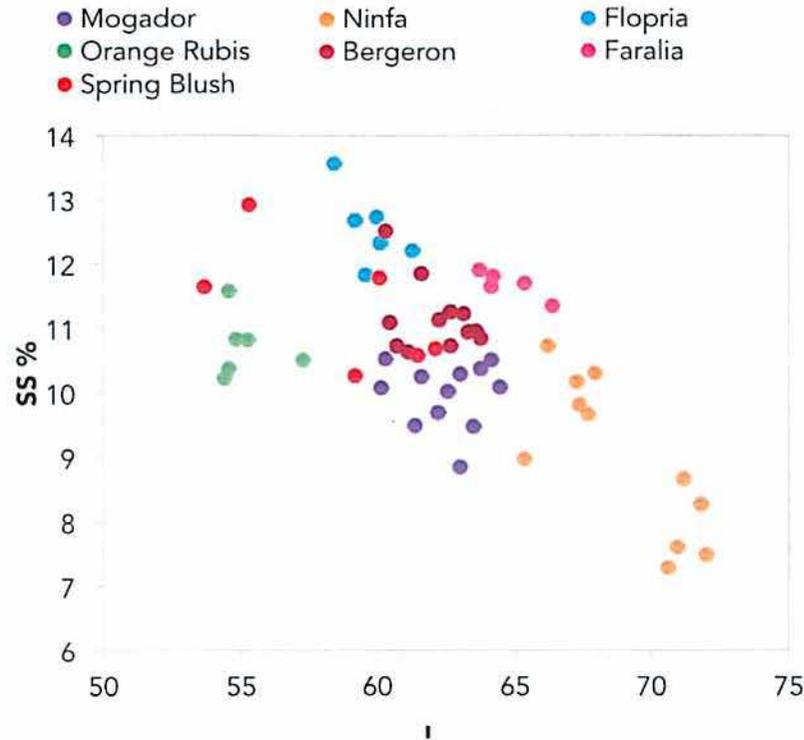


Nota: nel modello non è presente Spring Blush

$$\text{°Brix} = 0,18 a^* + 7,41$$

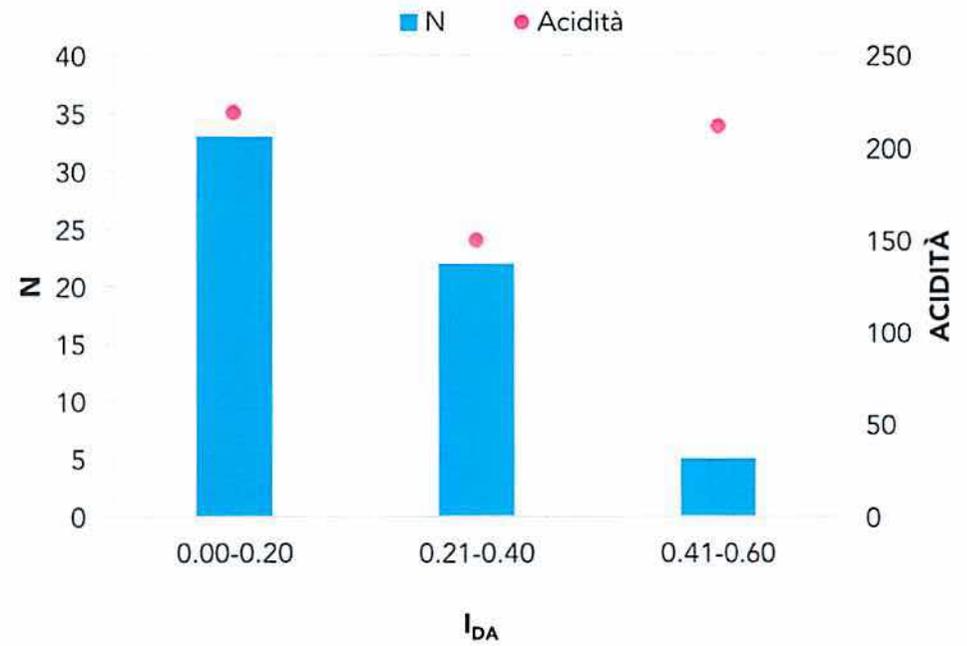
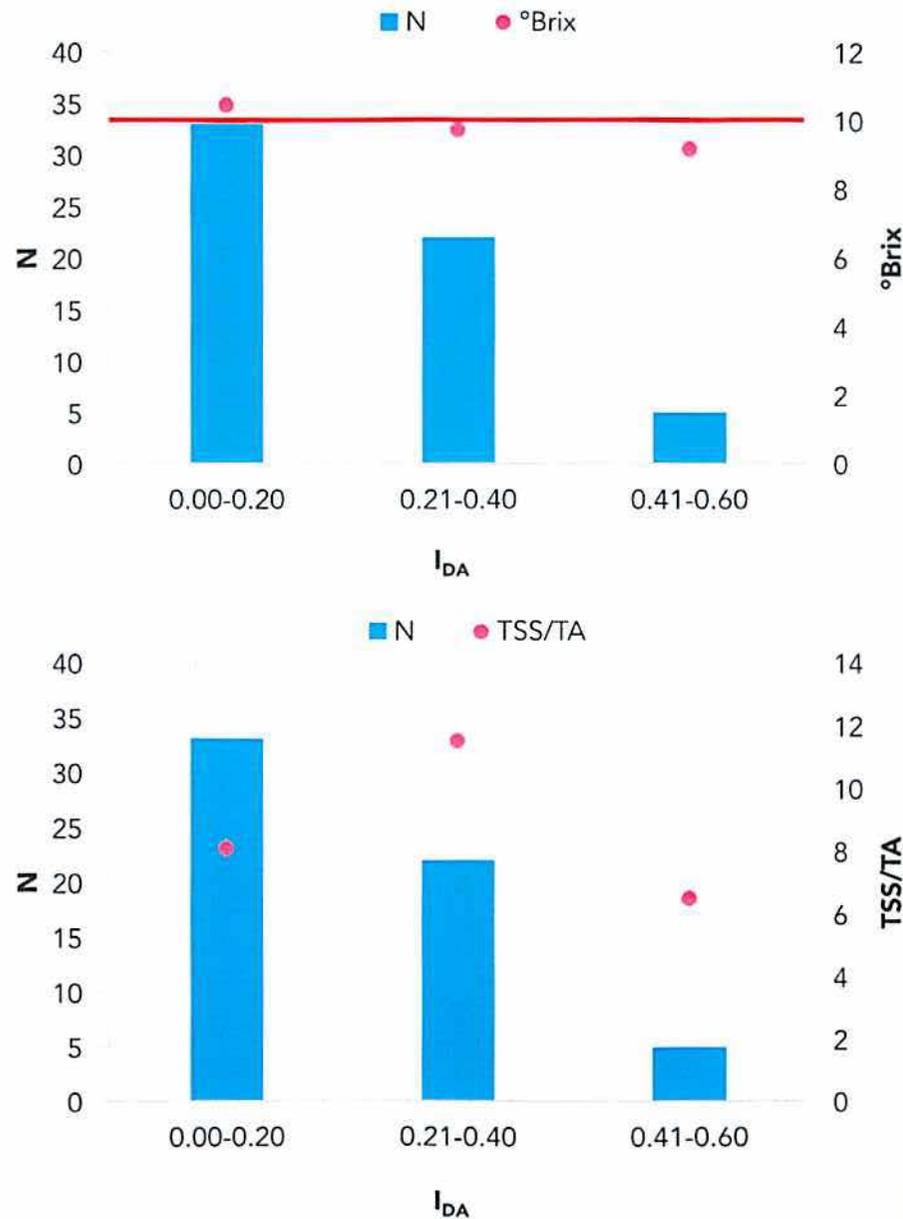
$$R^2 = 0,63 \quad p\text{-value} < 0,0001$$

Capacità predittiva del Colorimetro: SS %

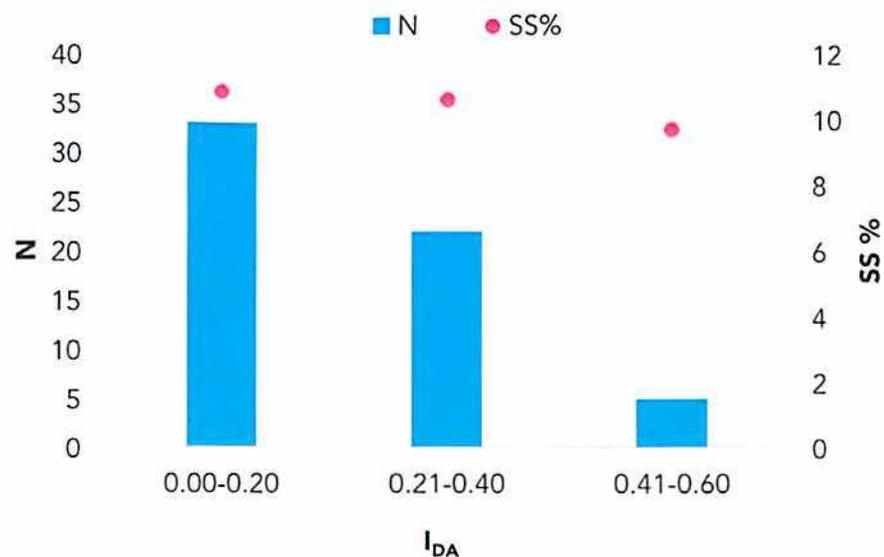


$SS \% = 0,17 a^* + 8,13$   
 $R^2 = 0,61$      $p\text{-value} < 0,0001$

### Classi di omogeneità: °Brix, Acidità, TSS/TA

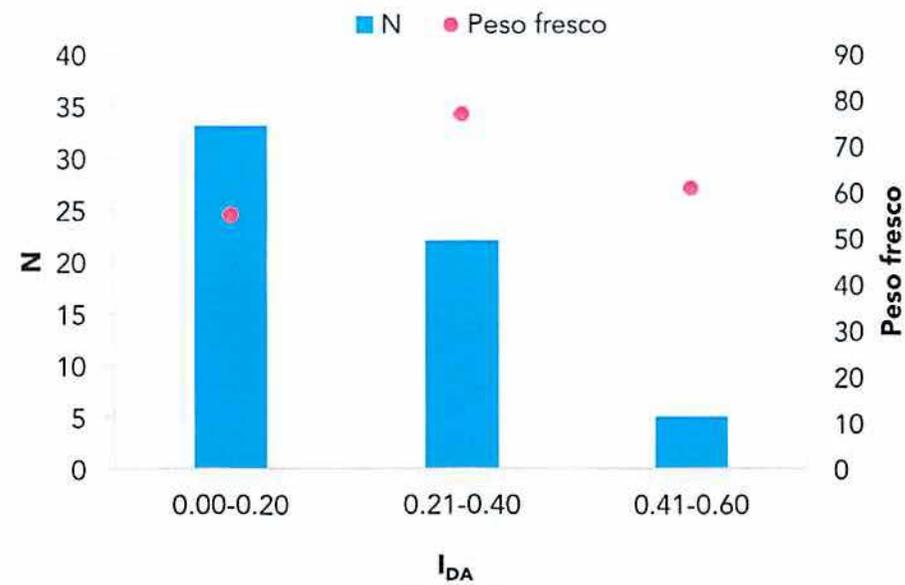
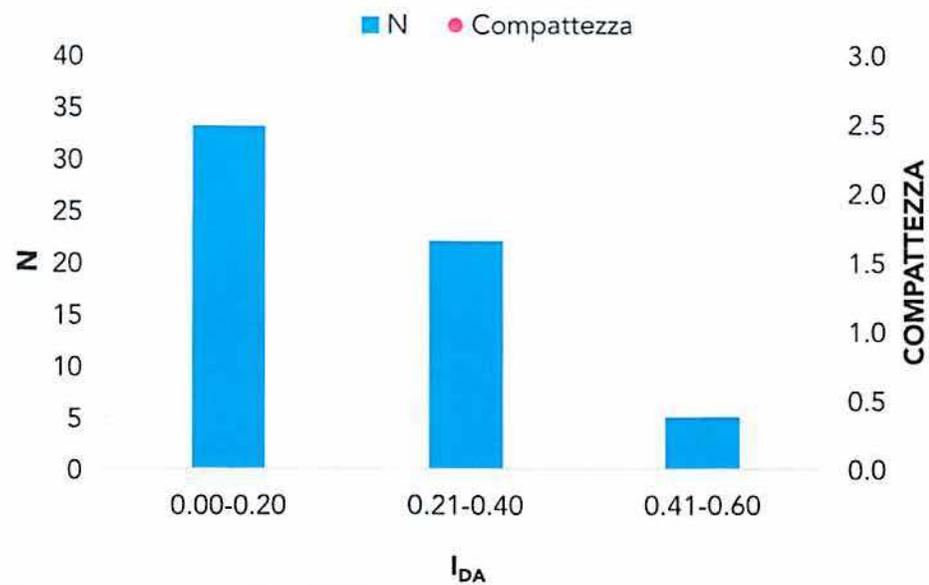


**N = 60**



**Classi di omogeneità: Compattezza, Peso fresco, SS %**

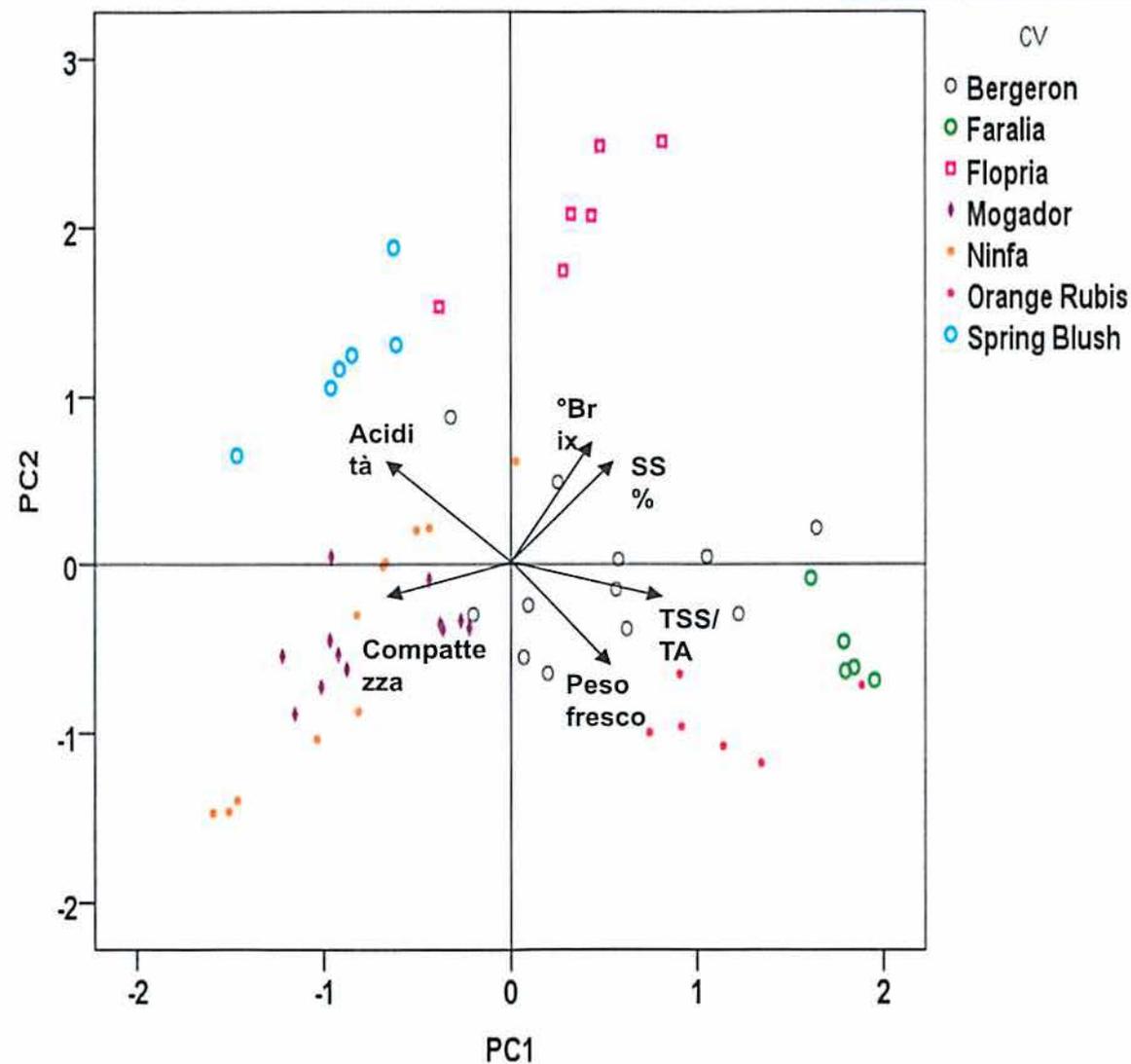
**N = 60**



## Analisi in componenti principali

	% di varianza	% cumulativa
F1	45,92	45,92
F2	34,82	80,74
F3	10,18	90,92
F4	6,51	97,44
F5	1,39	98,84
F6	1,16	100,00

	PC1	PC2
°Brix	0,543	0,800
SS%	0,621	0,701
TSS/TA	0,892	-0,248
Acidità	-0,751	0,595
Peso fresco	0,500	-0,704
Compattezza	-0,682	-0,221



Albicocche Spring blush e Maia  
raccolte a 4 stadi di maturazione diversi:

Analisi non distruttive

- Peso fresco
- Colorimetria

Analisi biochimiche

- Polifenoli totali
- Flavani totali
- Carotenoidi totali
- Capacità antiradicalica

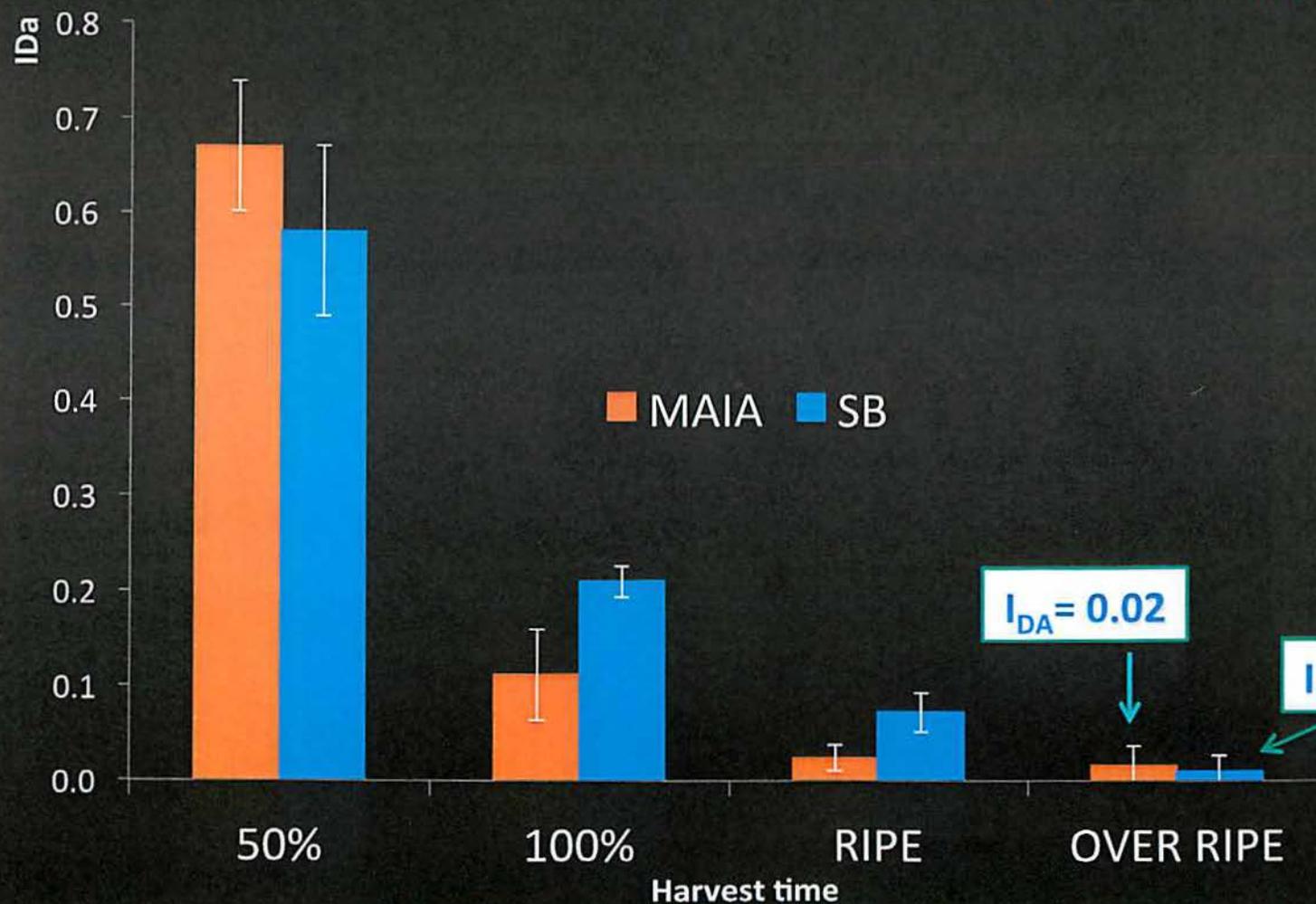
Analisi distruttive

- Consistenza
- SST
- TA
- Sostanza secca
- Ceneri

1. Invaiaatura al 50%
2. Invaiaatura al 100%
3. maturazione
4. Sovra-maturazione



• *Based on vis/NIR spectroscopy*



$p < 0.05$

$I_{DA} = 0.02$

$I_{DA} = 0.01$



	TSS	TA	FIRMNESS	WEIGHT	IDa	L	a*	b*	TPC	FLC	TC	AC	TSS/TA
TSS	1	-0.320	-0.592**	0.725**	-0.583**	0.576**	0.643**	0.695**	-0.594**	-0.254	-0.340	0.642**	0.728**
TA	-0.320	1	0.769**	0.282	0.801**	0.032	-0.842**	-0.547**	-0.015	-0.098	-0.118	-0.303	-0.884**
FIRMNESS	-0.592**	0.769**	1	-0.721**	0.974**	-0.857**	-0.970**	-0.820**	0.109	-0.361*	-0.214	-0.155	-0.911**
WEIGHT	0.725	0.282	-0.721**	1	-0.673**	0.753**	0.691**	0.657**	-0.571**	-0.215	-0.223	0.538**	0.150
IDa	-0.583	0.801**	0.974**	-0.673**	1	-0.844**	-0.987**	-0.833**	0.038	-0.396**	-0.265	-0.128	-0.876**
L	0.576	0.032	-0.857**	0.753**	-0.844**	1	0.821**	0.852**	-0.213	0.172	0.079	0.241	0.276
a*	0.643**	-0.842**	-0.970**	0.691**	-0.987**	0.821**	1	0.855**	-0.112	0.340*	0.185	0.185	0.913**
b*	0.695**	-0.547**	-0.820**	0.657**	-0.833**	0.852**	0.855**	1	-0.267	0.091	0.069	0.329*	0.729**
TPC	-0.594**	-0.015	0.109	-0.571**	0.038	-0.213	-0.112	-0.267	1	0.860**	0.737**	-0.873**	-0.550**
FLC	-0.254	-0.098	-0.361*	-0.215	-0.396**	0.172	0.340*	0.091	0.860**	1	0.811**	-0.754**	-0.353
TC	-0.340	-0.118	-0.214	-0.223	-0.265	0.079	0.185	0.069	0.737**	0.811**	1	-0.697**	-0.331
AC	0.642	-0.303	-0.155	0.538**	-0.128	0.241	0.185	0.329*	-0.873**	-0.754**	-0.697**	1	0.620**
TSS/TA	0.728	-0.884**	-0.911**	0.150	-0.876**	0.276	0.913**	0.729**					1

\*p<0.05; \*\*p<0.01

## ***LE ALBICOCCHE***

- **Completamento analisi multivariata su intero dataset (nutraceutici)**
- **data fusion ed elaborazione multivariata dati ft-ir e nmr su liofilizzati**

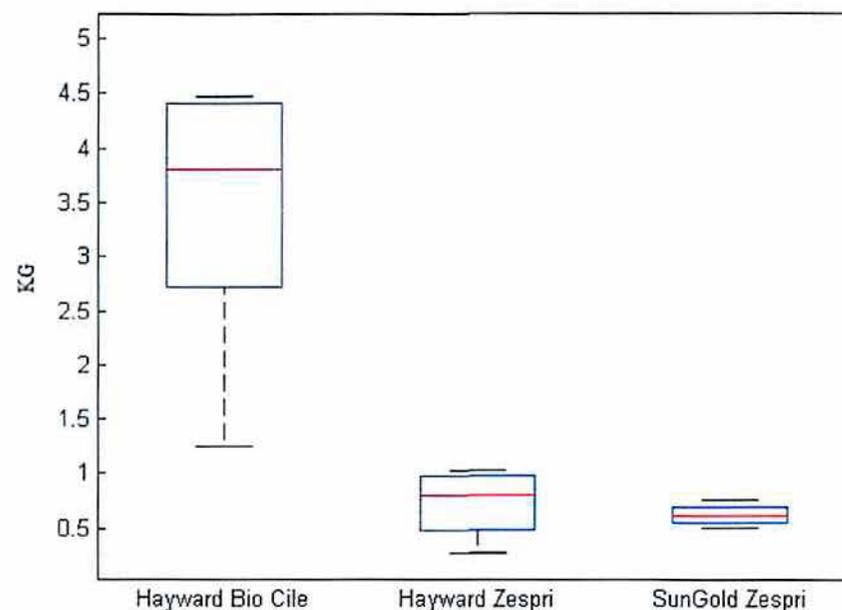
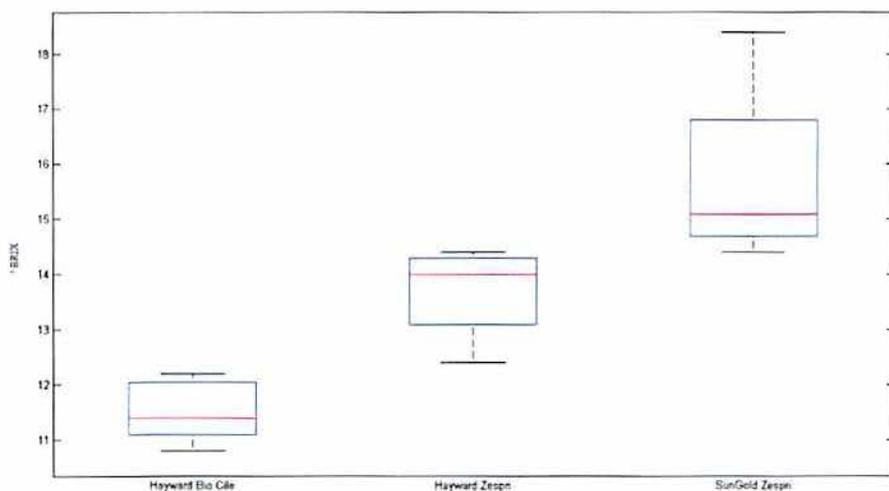
*RISULTATI INTERCONNESSIONE  
WP1 E WP2*

## *I KIWI*

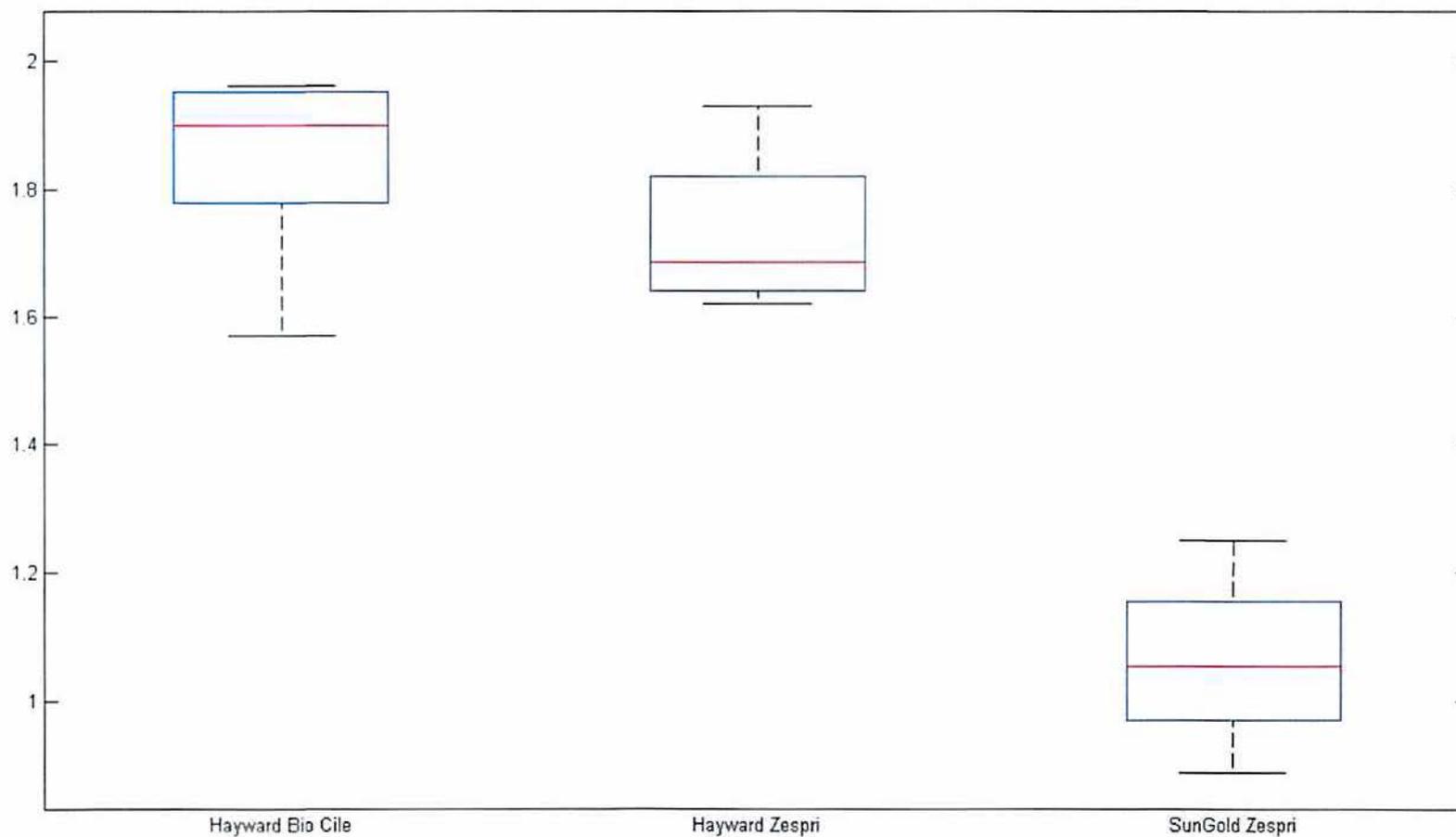
VALUTAZIONE DELLA QUALITA' ALLA GDO

CULTIVAR	DATA	COSTO KG
Hayward Bio Cile	11/08/16	3.56
Hayward Zespri	11/08/16	4.96
SunGold Zespri	11/08/16	7.56

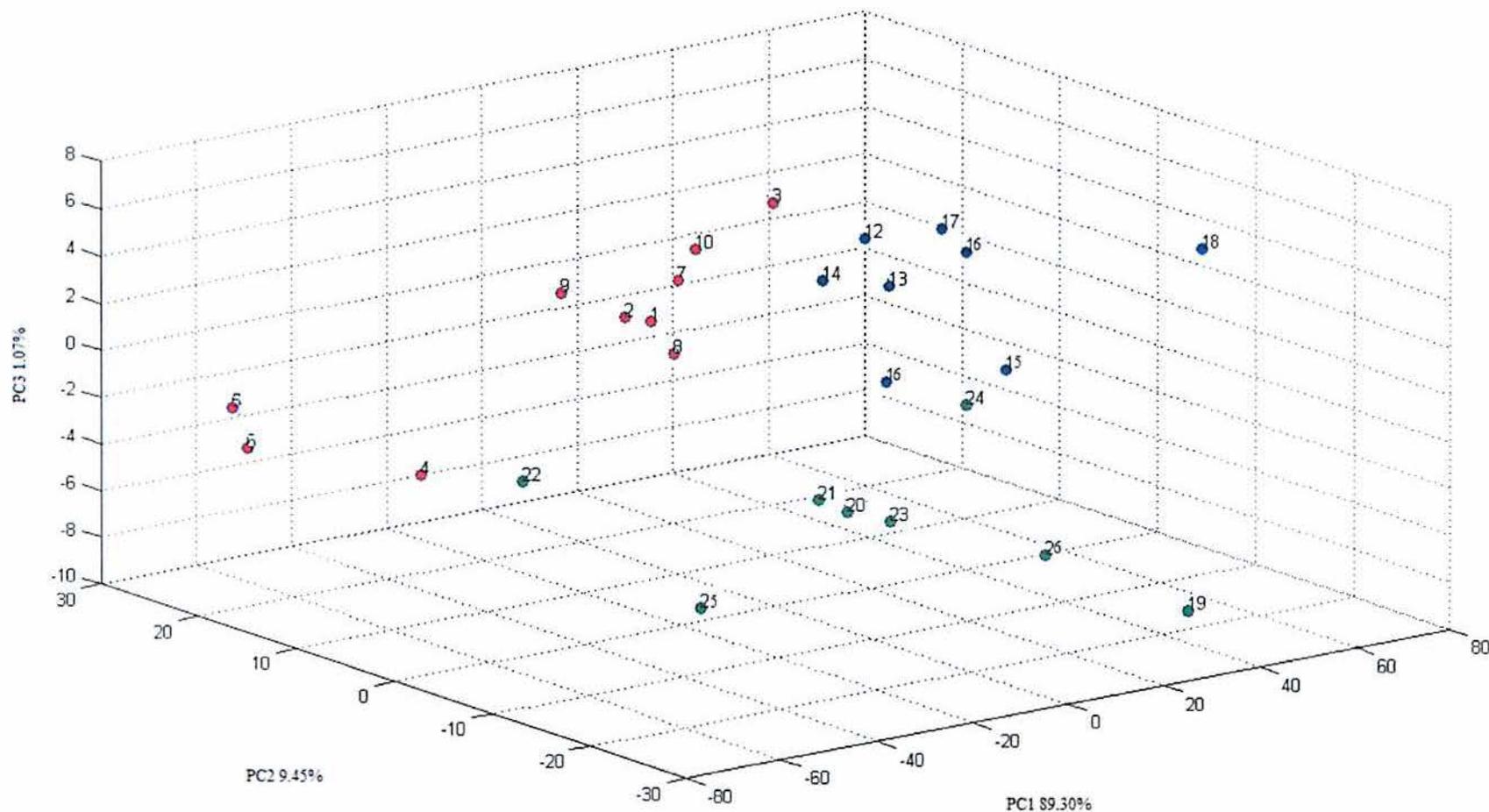
**Analisi esplorativa: °Brix;  
compattezza**



## *Analisi esplorativa: Indice Dameter*



### Analisi in componenti principali



● KiwiSunGoldZespri

● KiwiHaywardBioCile

● KiwiHaywardZespri

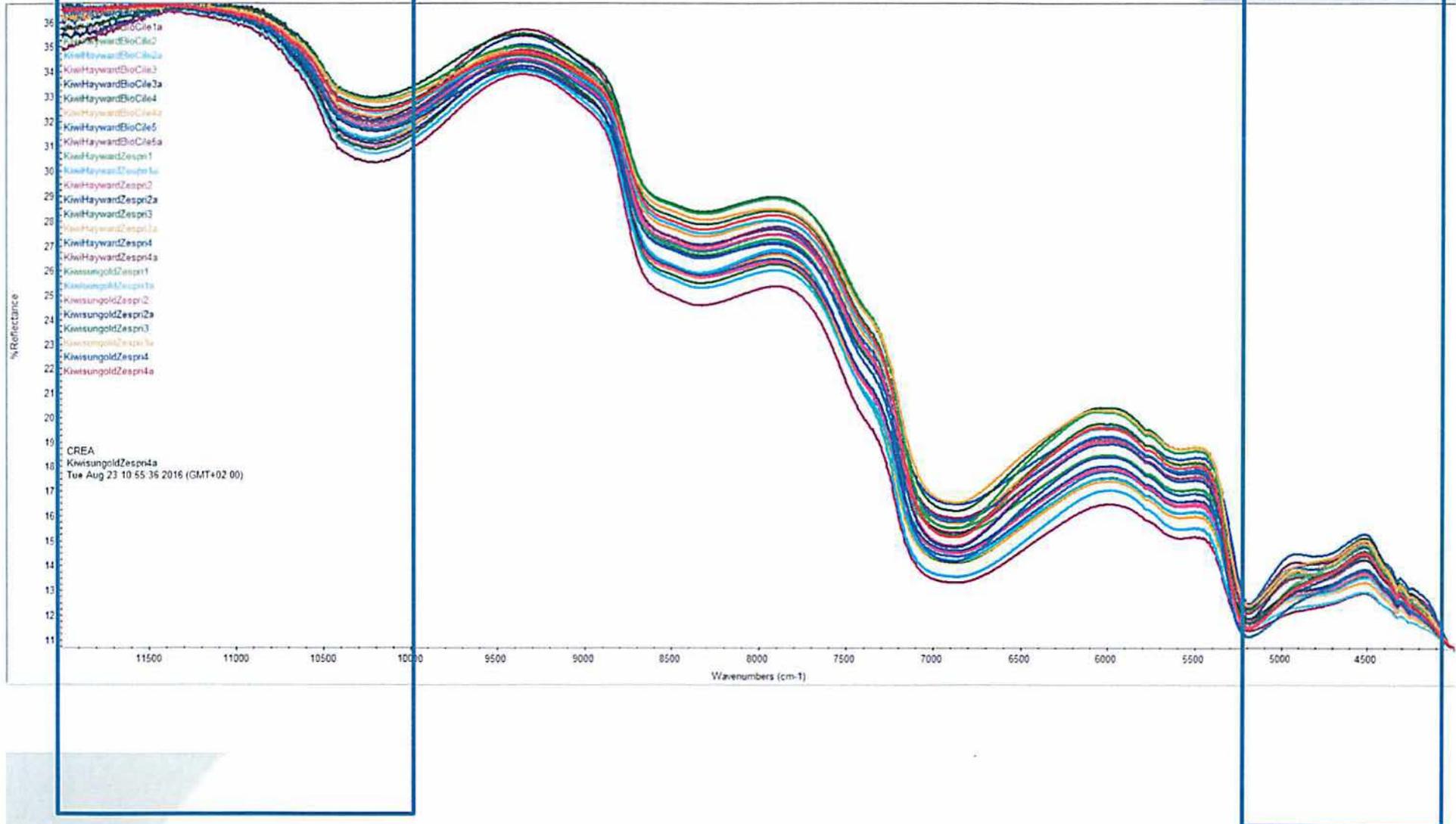
800 nm

1000 nm

Zuccheri

2500 nm

4000 nm



***I KIWI***

- **INIZIO CAMPAGNA  
SPERIMENTALE**