



**GIOVANI SI'**



Regione Toscana



**AMARCORT - Antico gerMoplAsma stoRiCo Ortofrutticolo**



**WP9**

**Report 12: Risultati dello studio quali-quantitativo della produzione ottenuta da sistemi di coltivazione tradizionali (su terreno) e innovativi (coltura fuori suolo, innesto) e studio metabolomico e nutraceutico sulle antiche varietà di ortaggi toscani selezionati**

**Partner:**

**Dipartimento di Scienze Agrarie, Ambientali e Agro-ambientali (DiSAAA-a)**



Le varietà orticole che sono state analizzate nel Progetto sono state coltivate presso le aziende agricole partner (Az. Agr. Persico e Az. Agr. Brunori) con tecniche di coltivazione tradizionali, anche se con scelte differenti tra serra e pieno campo. In **Tab. 1** sono riportate le tecniche di coltivazione scelte dagli agricoltori partners per ogni varietà orticola oggetto di studio.

**Tabella 1.** Tecniche di coltivazione scelte dalle aziende agricole partners del progetto.

<b>Varietà</b>	<b>Az. Agr. Brunori</b>	<b>Az. Agr. Persico</b>
Bietola livornese	Pieno campo con pacciamatura. Impianto di coltivazione: 30 cm tra le file e 25 cm sulla fila.	Pieno campo con semina a spaglio
Cicoria del Marzocco	Pieno campo. Impianto di coltivazione: 30 cm tra le file e 25 cm sulla fila.	-
Cavolo nero fiorentino	Pieno campo con pacciamatura. Impianto di coltivazione: 30 cm tra le file e 25 cm sulla fila.	Pieno campo. Impianto di coltivazione: 30 cm tra le file e 25 cm sulla fila
Pomodoro Pisanello	In pieno campo con minitunnel al momento del trapianto (Fig. 1a).	In serra con pacciamatura (Fig. 1b).
Stringa di Lucca e fagiolo serpente toscano	Pieno campo.	-

Per quanto riguarda il gobbo lucchese e l'asparago grosso di Pescia, il materiale vegetale da analizzare è stato reperito presso aziende socie del Consorzio Ori di Toscana.



(a)

(b)

**Figura 1.** Minitunnel al momento del trapianto delle piantine di pomodoro Pisanello presso l'Az. Agr. Brunori (a) e coltivazione di pomodoro Pisanello in serra presso l'Az. Agr. Persico (b).

Tutti gli ortaggi sono stati campionati presso le aziende in modo standardizzato, ne è stata determinata la produzione totale e sono stati trasportati immediatamente presso il Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali per le analisi nutraceutiche. La maggior parte delle specie orticole è stata campionata durante più stagioni durante l'anno così da confrontare i raccolti e le proprietà nutraceutiche ottenute durante l'anno. Una parte dei campioni raccolti sono stati utilizzati immediatamente per effettuare le analisi organolettiche e nutraceutiche, mentre una seconda parte è stata posta in cella frigo (4 °C) per sette giorni al buio in modo tale da simulare la potenziale conservabilità di tali ortaggi una volta arrivati sul banco del supermercato. Su questa parte di campioni sono state effettuate le stesse analisi nutraceutiche effettuate sui prodotti freschi.

In laboratorio sono state effettuate le seguenti analisi a seconda degli ortaggi da analizzare:

- Dimensione e peso
- Contenuto in solidi solubili
- Acidità titolabile
- Sostanza secca
- Durezza della polpa
- Colore (CIELab)
- Contenuto di flavonoli (Flav), clorofille (Chl) e Nitrogen Balance Index (NBI) attraverso Dualex® Force A
- Contenuto in fenoli totali
- Contenuto in flavonoidi totali
- Contenuto in licopene
- Contenuto in clorofille totali
- Contenuto in carotenoidi totali
- Contenuto in acido ascorbico totale (Vitamina C)
- Capacità antiossidante

Relativamente al gobbo lucchese, è stato effettuato uno studio metabolomico per evidenziare importanti differenze di accumulo di composti bioattivi a seconda della differente tecnica di imbianchimento.

## 1. Ortaggi a foglia

### 1.1. Bietola livornese

La bietola livornese, con la sua caratteristica bollosità nella foglia, è stata coltivata dall'Az. Agr. Persico nelle stagioni autunnale e invernale e dall'Az. Agr. Brunori in tutte le stagioni.

In Tab. 2 sono riportati i risultati ottenuti da bietola campionata presso entrambi le aziende.

**Tabella 2.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche della bietola livornese coltivata presso le aziende partners del Progetto in differenti stagioni. Le aziende non sono state confrontate tra di loro; i risultati ottenuti nelle differenti stagioni nelle singole aziende sono stati confrontati statisticamente. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	Az. Agr. Brunori				Az. Agr. Persico	
		Primavera	Estate	Autunno	Inverno	Autunno	Inverno
Produzione	kg m <sup>-2</sup>	<b>6.23<sup>a</sup> a</b>	4.35 b	2.72 c	5.21 b	1.2	<b>1.8*</b>
Sostanza secca	%	8.5±1.3	10.5±1.0	10.6±0.8	9.9±3.01	12.9±1.2	13.3±1.0
L	L*	35.6±2.0 b	<b>42.5±1.5 a</b>	<b>39.3±2.5 a</b>	<b>41.2±1.6 a</b>	40.8±0.9	41.1±0.6
a*	a*	-7.8±0.7	-7.7±0.3	-7.2±0.8	-7.3±0.4	<b>-9.3±0.5*</b>	-7.0±0.1
b*	b*	19.7±1.1	22.7±2.1	18.8±2.0	20.4±0.4	21.9±3.1	20.0±0.8
NBI	Unità Dualex	18.0±5.2 b	<b>25.2±7.5 a</b>	17.9±2.5 b	<b>27.8±6.3 a</b>	15.9±2.2	<b>23.8±8.4*</b>
Chl	µg cm <sup>-2</sup>	25.7±5.1 b	29.0±4.9 b	26.9±1.9 b	<b>41.5±3.7 a</b>	28.0±3.7	32.2±3.3
Flav	Unità Dualex	1.5±0.5	1.2±0.3	1.5±0.2	1.5±0.3	<b>1.8±0.1*</b>	1.3±0.4
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	1.7±<0.1 b	<b>5.8±1.3 a</b>	1.3±0.3 b	1.0±<0.1 b	<b>3.5±0.4**</b>	0.9±0.1
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	0.2±<0.1 b	<b>2.1±0.6 a</b>	0.4±<0.1 b	0.5±0.1 b	<b>1.4±0.7**</b>	0.6±<0.1
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	783.8±60.5 c	1159.1±510.9 b	<b>1528.25±354.21 a</b>	1085.75±321.75 b	1114.58±312.05	1425.56±285.21
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	87.1±14.5 b	<b>118.9±28.6 a</b>	<b>102.48±25.16 a</b>	95.42±10.41 b	118.46±12.54	115.2±23.21
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	<b>1.35±&lt;0.1 a</b>	<b>0.94±0.1 a</b>	0.14±<0.1 b	0.16±0.03 b	0.74±0.1	0.31±0.07
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PF	0.5±<0.1 b	<b>3.0±0.5 a</b>	0.5±0.1 b	0.38±0.05 b	<b>1.5±0.6*</b>	1.15±0.208

<sup>a</sup>Le produzioni sono riferite ad un singolo sfalcio. Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student per quanto riguarda i dati ottenuti sui prodotti di Persico, mentre per i dati ottenuti sui prodotti di Brunori le differenze statisticamente significative tra le

medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da differenti lettere a seguito dell'analisi della varianza (ANOVA) a una via con la stagione come fattore di variabilità ( $p = 0.05$ ).

La produzione di bietola livornese è risultata maggiore in primavera presso l'Az. Agr. Brunori e in inverno presso l'Az. Agr. Persico. Al contrario, i principali nutraceutici sono risultati maggiori in estate presso l'Az. Agr. Brunori. Tale incremento di nutraceutici potrebbe essere dovuto ad un incremento delle temperature e quindi dell'insorgenza di malattie e attacchi di insetti, tali da far rispondere il sistema di difesa delle piante, incrementando di conseguenza i composti del metabolismo secondario della pianta. Si è riscontrato un maggior contenuto di nutraceutici nella bietola di Persico raccolta durante l'autunno probabilmente perché le piantine erano più piccole e quindi più soggette a stress che porta ad un naturale accumulo di composti bioattivi nella piantina.

In Tab. 3 vengono riportati le caratteristiche organolettiche e le proprietà nutraceutiche della bietola al termine della conservazione al freddo.

**Tabella 3.** Parametri relativi alla prova di conservazione eseguita a tempo 0 (T0) e dopo una settimana di frigo-conservazione a 4°C (T1) su bietola livornese.

		Az. Agr. Brunori		Az. Agr. Persico	
		T0	T1	T0	T1
Sostanza secca	%	10.5±1.0	10.8±2.3	12.9±1.2	11.7±2.4
L	L*	<b>42.5±1.5*</b>	35.9±3.2	<b>40.8±0.9*</b>	36.6±3.0
a*	a*	-7.7±0.3	<b>-8.5±0.5*</b>	<b>-9.3±0.5**</b>	7.7±0.4
b*	b*	<b>22.7±2.1*</b>	19.3±1.9	21.9±3.1	19.3±2.9
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	<b>5.8±1.3**</b>	3.6±0.4	3.5±0.4	3.2±0.2
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	<b>2.1±0.6***</b>	0.6±0.2	<b>1.4±0.7***</b>	0.4±0.1
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	<b>1159.1±510.9**</b>	848.9±135.6	<b>1114.58±312.05*</b>	854.56±112.04
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	118.9±28.6	<b>192.7±85.5*</b>	118.46±12.54	152.1±46.2
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	0.94±0.1	<b>1.5±0.1*</b>	<b>0.74±0.1**</b>	0.1±<0.1
Attività antiox	mg TE g <sup>-1</sup> PF	<b>3.0±0.5**</b>	1.1±0.2	<b>1.5±0.6**</b>	0.6±0.1

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test *t* di Student.

La prova di conservazione della bietola livornese prodotta da entrambe le aziende partners ha riportato una riduzione dei valori delle caratteristiche organolettiche e nutraceutiche, facendo pensare ad una degradazione delle principali molecole antiossidanti.

## 1.2 Cavolo nero

Il cavolo nero fiorentino, con le sue foglie larghe, bollose, verdi con sfumature tendenti al blu, è stato coltivato dall'Az. Agr. Persico nelle stagioni autunnale e invernale e dall'Az. Agr. Brunori in tutte le stagioni.

In Tab. 4 sono riportati i risultati ottenuti da cavolo nero campionato presso entrambi le aziende.

Poche differenze significative sono state trovate in cavolo nero coltivato in entrambe le aziende nelle differenti stagioni, confermando l'alto grado di adattamento di questa varietà a differenti condizioni pedoclimatiche. Un aspetto da evidenziare è la stretta correlazione che si evince tra i risultati delle clorofille analizzate con il Dualex® (strumento non distruttivo) e il contenuto di clorofille analizzato con metodo spettrofotometrico (distruttivo). Come già dimostrato in letteratura (Goulas et al., 2004), i dati ottenuti per il cavolo nero hanno confermato il possibile utilizzo di metodi non distruttivi, e quindi più veloci e pratici, al posto di quelli distruttivi.

**Tabella 4.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche del cavolo nero coltivato presso le aziende partners del Progetto in differenti stagioni. Le aziende non sono state confrontate tra di loro; i risultati ottenuti nelle differenti stagioni nelle singole aziende sono stati confrontati statisticamente. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	Az. Agr. Brunori				Az. Agr. Persico	
		Primavera	Estate	Autunno	Inverno	Autunno	Inverno
Produzione	kg m <sup>-2</sup>	<b>5.51<sup>a</sup></b>	<b>6.56</b>	1.87 b	<b>7.24</b>	<b>12<sup>***</sup></b>	6.2
Sostanza secca	%	15.7±3.6	17.0±4.5	17.85±0.65	16.37±0.40	15.56±1.52	16.04±0.72
L	L*	28.3±6.2 b	<b>43.9±1.4</b>	29.16±2.97 b	30.52±5.2 b	<b>35.02±2.59</b> **	25.03±1.25
a*	a*	-4.3±0.5 c	1.4±0.4 d	-5.01±0.70 b	<b>-6.25±0.85</b> <b>a</b>	-5.21±1.25	-5.28±2.31
b*	b*	4.1±1.1 b	<b>5.6±2.3</b>	<b>4.58±1.11</b>	3.85±2.41 b	4.21±1.20	4.52±3.25
NBI	Unità Dualex	39.8±2.1 b	38.8±6.2 b	<b>45.03±6.83</b> <b>a</b>	<b>52.67±9.0</b> <b>6 a</b>	<b>53.74±7.31</b> **	34.66±3.20
Chl	µg cm <sup>-2</sup>	52.1±5.8 b	<b>56.8±4.9</b>	<b>58.89±6.32</b> <b>a</b>	<b>65.91±4.0</b> <b>8 a</b>	<b>61.09±4.48</b> **	53.26±2.73
Flav	Unità Dualex	1.3±0.1	1.5±0.2	1.32±0.17	1.32±0.14	1.15±0.14	<b>1.60±0.15*</b>
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	<b>7.6±&lt;0.1</b>	3.2±0.6 b	1.27±0.11 c	0.65±0.13 d	0.47±0.06	0.33±0.08
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	<b>1.4±0.2</b>	<b>1.1±0.4</b>	0.36±0.02 b	0.30±0.007 b	0.33±0.01	0.19±0.05
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	1167.7±199.6 b	<b>2435.3±31</b> <b>5.9</b>	<b>2506.21±32</b> <b>6.25</b>	<b>2680.52±3</b> <b>65.21</b>	2605.58±285	2401.36±325.32
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	126.1±43.2 b	<b>251.6±104</b> <b>.4</b>	102.32±15.0 2 b	106.85±16.2 3 b	103.58±10.52	110.52±13.25
Vitamina C	mg ASA	<b>2.9±0.1</b>	<b>1.1±&lt;0.1</b>	0.40±0.07 b	0.46±0.06 b	<b>0.44±0.02*</b>	0.16±0.02

Attività antiossidante	$g^{-1}$ PF mg TE $g^{-1}$ PF	<b>2.2±0.5 a</b>	<b>a</b> 1.8±0.3 b	0.70±0.05 c	1.14±0.11 b	<b>**</b> 0.63±0.06	0.79±0.08
---------------------------	-------------------------------------	------------------	-----------------------	-------------	-------------	------------------------	-----------

<sup>a</sup>le produzioni sono riferite ad un singolo sfalcio. Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student per quanto riguarda i dati ottenuti sui prodotti di Persico, mentre per i dati ottenuti dai prodotti di Brunori le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da differenti lettere a seguito dell'analisi della varianza (ANOVA) a una via con la stagione come fattore di variabilità ( $p = 0.05$ ).

In Tab. 5 vengono riportati le caratteristiche organolettiche e le proprietà nutraceutiche del cavolo nero al termine della conservazione al freddo.

Nella valutazione della conservabilità del cavolo nero, come già osservato per la bietola livornese, si ha una riduzione di tutti i parametri riferiti alle caratteristiche organolettiche e nutraceutiche rispetto al fresco (T0) in prodotti di entrambe le aziende agricole. Il contenuto in fenoli e carotenoidi totali del cavolo nero coltivato da Persico è risultato maggiore nel prodotto al termine della conservazione rispetto al fresco. Questo potrebbe essere dovuto ad una diminuzione della percentuale di acqua (da 84.44% sul fresco a 83.53% sul conservato) e quindi ad una concentrazione dei composti bioattivi.

**Tabella 5.** Parametri relativi alla prova di conservazione eseguita a tempo 0 (T0) e dopo una settimana di frigo-conservazione a 4°C (T1) su cavolo nero fiorentino. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	Az. Agr. Brunori		Az. Agr. Persico	
		T0	T1	T0	T1
Sostanza secca	%	17.0±4.5	16.2±4.2	15.56±1.52	16.47±0.51
L	L*	<b>43.9±1.4***</b>	28.1±3.6	<b>35.02±2.59**</b>	26.01±2.54
a*	a*	<b>1.4±0.4***</b>	-2.9±0.4	-5.21±1.25	-4.63±1.25
b*	b*	<b>5.6±2.3**</b>	3.1±1.4	4.21±1.20	<b>5.24±0.6**</b>
Fenoli totali	mg GAE $g^{-1}$ PF	<b>3.2±0.6**</b>	1.3±0.6	0.47±0.06	<b>1.52±0.6**</b>
Flavonoidi totali	mg RE $g^{-1}$ PF	1.1±0.4	1.4±0.2	0.33±0.01	0.4±0.02
Clorofille totali	$\mu g g^{-1}$ PF	<b>2435.3±315.9***</b>	856.8±175.0	<b>2605.58±285*</b>	952±186.2
Carotenoidi totali	$\mu g g^{-1}$ PF	<b>251.6±104.4**</b>	175.0±22.3	103.58±10.52	<b>145.02±10.2*</b>
Vitamina C	mg ASA $g^{-1}$ PF	1.1±<0.1	<b>3.7±0.1***</b>	0.44±0.02	0.29±0.06
Attività antiossidante	mg TE $g^{-1}$ PF	1.8±0.3	<b>6.4±0.2***</b>	0.63±0.06	1.05±0.02

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student.



Infine, per bietola e cavolo nero e per la maggior parte degli altri ortaggi oggetto di indagine è stato analizzato anche il contenuto di possibili elementi nocivi per la salute come quello di nitrati e di ossalati. Infatti, i nitrati e, di conseguenza, i nitriti non sono cancerogeni, ma possono andare incontro, sia a causa dell'azione del metabolismo sia attraverso la cottura, ad una serie di trasformazioni chimiche che li convertono in N-nitrosammine, composti che invece sono considerati cancerogeni (Song et al., 2015). Allo stesso modo, gli ossalati ingeriti vengono rapidamente assorbiti nell'intestino tenue e vanno a legarsi con il calcio sierico. Combinandosi col calcio, l'acido ossalico dà origine all'ossalato di calcio, un sale insolubile che tende a precipitare sotto forma di cristalli e ad accumularsi nelle vie urinarie (calcoli renali; Tsujihata, 2008). In Tab. 6 vengono riportati i risultati del contenuto di ossalati e nitrati presenti in bietola livornese e cavolo nero coltivati presso l'Az. Agr. Brunori in primavera e estate.

**Tabella 6.** Contenuto di ossalati e nitrati presenti in bietola livornese e cavolo nero coltivati presso l'Az. Agr. Brunori in primavera e estate.

Anali si	Unità di misur a	Bietola		Cavolo nero		Reg. 1258/2011
		Primavera	Estate	Primavera	Estate	
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	3675.03±742.18***	26.43±2.86	1118.90±283.83***	291.24±126.73	Spinaci/rucola 3500-7000
Ossala ti	mg kg <sup>-1</sup> PF	10159.83±283.33**	7492.4 3±1839.90	<lq	46.40±15.71	-

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.01$ : \*\*,  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test *t* di Student tra le due stagioni per ogni singolo ortaggio.

### 1.3 Cicoria del Marzocco

La cicoria del Marzocco è una specie a foglia che una volta in campo non ha bisogno di particolari cure e esigenze. Purtroppo, la reperibilità del suo seme è piuttosto difficile e la sua germinabilità piuttosto bassa. A causa di queste difficoltà riscontrate durante il Progetto, la cicoria è stata coltivata in una sola stagione dall'Az. Agr. Brunori e analizzata sia fresca che conservata in quell'unica stagione ovvero la primavera. In Tab. 7 vengono riportati i risultati delle analisi effettuate su cicoria del Marzocco fresca e conservata per 7 giorni.

**Tabella 7.** Parametri relativi alla prova di conservazione eseguita a tempo 0 (T0) e dopo una settimana di frigo-conservazione a 4 °C (T1) su cicoria del Marzocco. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	Az. Agr. Brunori	
		T0	T1
Produzione	kg m <sup>-2</sup>	2.11	-
Sostanza secca	%	<b>14.66±1.54*</b>	12.04±0.32
L	L*	44.49±4.71	47.4±5.74
a*	a*	-19.87±1.89	-20.19±2.03
b*	b*	<b>44.13±3.58**</b>	32.00±3.61
NBI	Unità Dualex	21.54±4.89	22.65±5.2
Chl	µg cm <sup>-2</sup>	38.89±5.59	35.2±0.02
Flav	Unità Dualex	1.88±0.28	1.5±0.02
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	2.4±0.25	<b>4.1±1.10***</b>
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	0.62±0.11	<b>1.22±0.33***</b>
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	1687.71±318.23	1856.54±315.25
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	285.64±56.83	295±42.02
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	0.41±0.10	0.49±0.20
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PF	<b>2.41±0.25**</b>	0.78±0.14

<sup>a</sup>la produzione è riferita ad un singolo sfalcio. Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student.

La conservazione non ha portato a molte differenze nelle caratteristiche nutraceutiche della cicoria eccetto nel contenuto di fenoli e flavonoidi nel prodotto a fine del periodo di conservazione. I valori ottenuti nel fresco non si discostano molto da ciò che troviamo in letteratura per cicorie commerciali (Ceccanti et al., 2020).

## 2. Pomodoro Pisanello

Il pomodoro Pisanello, con le sue marcate costolature per cui viene spesso confuso con il costoluto fiorentino e la sua rapida deperibilità a causa di una necessità di raccolta con

alto grado di maturazione, è stato coltivato all'interno del Progetto da entrambe le aziende agricole.

Presso l'Az. Agr. Persico sono state coltivate piantine con diverso portainnesto (Beaufort, Maxifort e Arnold) per testare come questo potesse influire sulla qualità organolettica e nutraceutica dei frutti. Il portainnesto risulta fondamentale ai fini della riduzione di malattie radicali nonché per la tolleranza a condizioni di crescita avverse come condizioni di stress idrico e salino (Singh et al., 2020). Poiché il pomodoro viene coltivato in Italia soltanto nel periodo estivo, sono stati effettuati tre campionamenti nella stessa stagione. In Tab. 8 vengono riportati i risultati delle caratteristiche organolettiche e nutraceutiche nonché del possibile contenuto di composti tossici quali nitrati e ossalati del Pomodoro Pisanello coltivato dall'Az. Agr. Persico.

Le produzioni evidenziano come sia fondamentale l'utilizzo di portainnesti nel pomodoro Pisanello. Infatti, la maggiore produzione di prima scelta è stata osservata in piante innestate su Maxifort e Arnold e la seconda scelta in piante innestate su Maxifort e Beaufort. Le piante non innestate hanno riportato la maggiore produzione di pomodoro scarto e quindi non commercializzabili. Poche differenze dal punto di vista organolettico sono state evidenziate in pomodori da piante innestate e non innestate mentre il contenuto di nutraceutici è spesso risultato maggiore in piante non innestate, proprio per una maggiore condizione di stress in cui erano costrette ad accrescersi.

**Tabella 8.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche del pomodoro Pisanello coltivato dall'Az. Agr. Persico. I risultati ottenuti da pomodori provenienti da piantine con differente portainnesto sono stati confrontati statisticamente (ogni campionamento è stato analizzato singolarmente). I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	Primo Campionamento				Secondo Campionamento				Terzo Campionamento			
		Non innesto	Beaufort	Maxifort	Arnold	Non innesto	Beaufort	Maxifort	Arnold	Non innesto	Beaufort	Maxifort	Arnold
Biomassa (prima scelta)	kg m <sup>-2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.48 c	2.86 b	<b>4.23 a</b>	<b>3.92 a</b>
Biomassa (seconda scelta)	kg m <sup>-2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.57 b	<b>4.38 a</b>	<b>4.72 a</b>	3.97 b
Biomassa (scarto)	kg m <sup>-2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>3.10 a</b>	2.71 b	2.23 c	<b>3.22 a</b>
S.S.	%	<b>4.9±0.5 a</b>	<b>4.8±0.7 a</b>	4.1±0.3 b	4.3±0.3 b	4.9±0.3	4.5±0.5	4.1±0.2	4.2±0.4	5.5±0.7	4.9±0.4	4.3±0.8	4.5±0.
Peso frutto	g	218.3±81.6	220.4±61	195.4±58.9	219.1±56.6	194.4±38.4	178.6±44.6	185.2±87	237.2±66.4	133.4±33 b	159.5±19 b	<b>199.3±32 a</b>	<b>200.4±39 a</b>
Indice del frutto (diametro/altezza)	-	1.6±0.4	1.7±0.1	1.7±0.1	1.8±0.1	1.7±0.2	1.8±0.1	1.8±0.3	1.9±0.2	1.9±0.2	1.8±0.1	1.9±0.2	1.8±0.1
pH	-	4.5±0.1	4.4±0.1	4.4±0.1	4.5±0.1	4.4±0.1	4.3±0.1	4.3±0.1	4.3±0.1	4.6±0.1	4.6±0.1	4.6±0.1	4.6±0.1
Acidità titolabile	%	0.3±0.1	0.4±0.1	0.5±0.1	0.4±0.1	0.4±0.1	0.4±0.1	0.4±0.1	0.5±0.2	0.4±0.1	0.4±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1
Solidi solubili	°Brix	4.6±0.5	5.3±0.5	4.5±0.5	4.3±0.4	5.2±0.5	4.6±0.5	4.5±0.6	4.2±0.5	5.1±0.5	4.7±0.4	4.5±0.4	4.6±0.4
Durezza	N	<b>11.5±2.5 a</b>	8.4±3.0 b	7.2±2.5 b	8.5±1.7 b	6.4±1.7	8.2±1.9	8.3±2.4	7.9±1.5	<b>9.3±3.4 a</b>	4.8±2.4 b	5.3±1.7 b	6.5±2.2 b
Colore (luminosità)	L*	32.4±1.8	32.2±0.8	34.7±3.5	34.6±3.9	30.6±0.9	32.1±1.6	32.2±1.3	32.4±0.9	32.1±2.0	33.4±1.0	35.4±4.6	32.9±4.3
Colore (rosso-verde)	a*	19.4±1.8	21.5±1.6	21.0±6.2	21.0±2.5	18.8±1.2	20.5±3.2	20.0±3.1	19.1±4.2	<b>23.9±2.6 a</b>	<b>22.9±5.3 a</b>	<b>21.9±5.3 ab</b>	18.7±2.9 b
Colore (giallo-blu)	b*	15.5±1.5	19.4±0.6	23.3±5.7	23.3±4.3	16.4±1.7	17.8±2.8	19.9±3.1	17.7±3.3	20.7±2.6	21.2±2.2	22.7±5.2	19.7±4.2
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PS	<b>13.1±3.9 a</b>	8.1±2.6 b	<b>15.1±3.8 a</b>	8.3±5.0 b	<b>12.4±3.5 a</b>	9.7±3.2 b	9.8±2.5 b	8.7±4.2 b	11.6±2.4	12.2±2.7	9.2±2.1	9.9±2.3
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PS	<b>4.7±0.5 a</b>	0.5±0.2	2.2±1 b	2.8±0.2 b	<b>3.5±0.5 a</b>	2.2±0.6 b	2.3±1.5 b	<b>3.5±2.0 a</b>	<b>2.2±0.2 a</b>	0.8±0.1 b	0.6±0.3 b	0.7±0.5 b
Licopene	mg kg <sup>-1</sup> PS	639.5±100.	<b>899.0±82.9</b>	526.9±156.1	<b>959.0±192.</b>	1042.2±18	940.4±132	830.9±170	932.5±32	422.8±43.	579.2±237.	514.796±256.	<b>1010.3±282.</b>

Progetto AMARCORT-Valutazione quali-quantitativa produzioni ortaggi (WP 9- Report 12)

		2 b	a	b	7 a	9				2 c	6 b	8 b	3 a
Carotenoidi totali (beta-carotene)	$\mu\text{g g}^{-1}$ PS	<b>179.5±64.9</b> a	<b>175.6±27.8</b> a	119.6±38.5 b	115.7±41.6 b	<b>190.3±24.</b> 2 a	113.4±19. 8 b	96.6±12.4 b	<b>196.4±68.</b> 4 a	<b>122.9±58</b> a	95.7±20.8 b	113.3±8.3 ab	<b>116.8±21.5</b> a
Vitamina C	$\text{mg ASA g}^{-1}$ PS	<b>3.8±0.9 a</b>	2.5±0.3 b	<b>3.5±1.7 a</b>	<b>3.7±1.7 a</b>	1.6±0.3 b	<b>2.7±1.4 a</b>	<b>3.0±1.2 a</b>	<b>2.7±0.6 a</b>	2.8±0.5 b	<b>4.8±1.8 a</b>	2.7±1.6 b	2.5±0.5 b
Attività antiossidante	$\text{mg TE g}^{-1}$ PS	8.9±3.8 b	5.8±1.9 c	<b>10.5±2.0 a</b>	9.3±3.9 b	8.9±5.0	8.6±2.0	7.1±2.9	7.3±3.0	12.8±2.2	11.7±2.7	10.8±2.9	10.7±2.1
Nitrati	$\text{mg kg}^{-1}$ PF	38.22±6.01 d	69.52±11.8 8 c	<b>220.25±14.5</b> 8 a	91.71±13.3 2 b	12.12±2.8 8 c	42.74±5.8 2 b	<b>157.15±34.7</b> 1 a	59.71±4.6 2 b	5.94±2.45	-	-	17.09±9.99
Ossalati	$\text{mg kg}^{-1}$ PF	<lq	68.11±15.7 3	53.30±2.53	<lq	<lq	<lq	57.53±8.68	54.90±8.0 1	8.41±3.55	-	-	56.03±16.83

Le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da differenti lettere a seguito dell'analisi della varianza (ANOVA) a una via con il portainnesto come fattore di variabilità ( $p = 0.05$ ). La produzione indicata al terzo campionamento è la produzione totale ottenuta durante la stagione. È stata suddivisa tra prima scelta, seconda scelta e scarto in base a parametri visivi e al calibro dei pomodori ottenuti. <lq: al di sotto del limite di quantificazione.

È importante evidenziare come piante innestate avessero un valore di durezza in N maggiore rispetto a pomodori di piante innestate che predispone una maggiore conservabilità di tali frutti. Comunque, i valori di durezza osservati in pomodori commerciali riportati in letteratura scientifica sono molto più alti di quelli osservati nel pomodoro Pisanello nel presente Progetto (Fernández-Garcí et al., 2004; Al-Dairi et al., 2021).

Come riportato per gli ortaggi da foglia, anche il pomodoro Pisanello è stato sottoposto ad una conservazione al freddo per sette giorni e in Tab. 9 si riportano i valori delle caratteristiche organolettiche e nutraceutiche di pomodori di piante innestate e non innestate coltivate dall'Az. Agr. Persico freschi e in seguito alla conservazione.

**Tabella 9.** Parametri relativi alla prova di conservazione eseguita a tempo 0 (T0) e dopo una settimana di frigo-conservazione a 4 °C (T1) su pomodoro Pisanello coltivato dall'Az. Agr. Persico. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	T0				T1			
		Non innesto	Beaufort	Maxifort	Arnold	Non innesto	Beaufort	Maxifort	Arnold
Solidi solubili	°Brix	5.2±0.5	4.6±0.5	4.5±0.6	4.2±0.5	5.8±0.7	4.3±0.2	3.9±0.1	4.7±0.2
Colore (luminosità)	L*	30.6±0.9	32.1±1.6	32.2±1.3	32.4±0.9	30.5±0.8	30.0±1.2	28.6±2.8	31.6±2.1
Colore (rosso-verde)	a*	18.8±1.2	20.5±3.2	20.0±3.1	19.1±4.2	21.3±3.6	21.9±3.3	20.9±3.0	21.7±1.9
Colore (giallo-blu)	b*	16.4±1.7	17.8±2.8	19.9±3.1	17.7±3.3	19.1±1.7	19.6±1.7	<b>24.8±5.8</b> *	<b>22.5±3.4</b> *
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PS	<b>12.4±3.5*</b>	9.7±3.2	9.8±2.5	<b>8.7±4.2**</b> *	8.7±2.1	7.2±1.7	9.0±1.9	4.7±3.8
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PS	<b>3.5±0.5**</b>	<b>2.2±0.6*</b>	2.3±1.5	3.5±2.0	1.2±0.4	1.3±0.1	1.2±0.2	3.4±0.9
Licopene	mg kg <sup>-1</sup> PS	<b>1042.2±189**</b>	<b>940.4±132**</b>	<b>830.9±170*</b>	<b>932.5±32*</b>	242.9±32.9	423.2±51.0	609.2±74.1	408.0±21.0
Carotenoidi (beta-car)	µg g <sup>-1</sup> PS	<b>190.3±24.2**</b>	113.4±19.8	96.6±12.4	<b>196.4±68.4**</b>	86.0±32.2	<b>166.2±82.3*</b>	<b>129.5±5.0*</b>	104.1±78.4
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PS	1.6±0.3	2.7±1.4	3.0±1.2	2.7±0.6	3.1±0.8	<b>6.0±0.4**</b> *	<b>7.8±4.1*</b> **	2.4±0.5
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PS	8.9±5.0	8.6±2.0	7.1±2.9	7.3±3.0	9.4±2.2	7.4±0.8	<b>8.0±1.3*</b>	6.4±0.6

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student. Ogni innesto è stato confrontato singolarmente.

Durante la conservazione, le caratteristiche organolettiche (colore e solidi solubili) del pomodoro sono risultate cambiare, indipendentemente dal tipo di innesto utilizzato. Al contrario, il contenuto di licopene è risultato essere molto influenzato dalla conservazione, degradandosi in tutti i pomodori, indipendentemente dal tipo di innesto.

L'Az. Agr. Brunori ha coltivato il pomodoro Pisanello in pieno campo e la Tab. 10 riporta i risultati delle analisi effettuate sul fresco e sul prodotto conservato.

**Tabella 10.** Parametri relativi alla prova di conservazione eseguita a tempo 0 (T0) e dopo una settimana di frigo-conservazione a 4 °C (T1) su pomodoro Pisanello coltivato dall'Az. Agr. Brunori. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	Az. Agr. Brunori	
		T0	T1
Sostanza secca	%	5.7±0.3	5.8±0.3
Peso frutto	g	123.7±8.3	-
Indice del frutto (diametro/altezza)	-	1.7±0.2	-
pH	-	4.6±0.1	4.7±0.1
Acidità titolabile	%	0.5±0.1	0.4±0.1
Solidi solubili	°Brix	5.7±0.3	6.1±0.6
Durezza	N	8.2±3.1	-
Colore (luminosità)	L*	<b>38.4±3.7*</b>	34.6±1.7
Colore (rosso-verde)	a*	26.7±5.1	31.3±2.4
Colore (giallo-blu)	b*	32.3±8.	29.2±2.7
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PS	9.7±0.5	10.9±0.2
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PS	1.8±0.3	1.5±0.1
Licopene	mg kg <sup>-1</sup> PS	<b>691.6±97.4*</b>	519.3±274.2
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PS	80.8±38.1	<b>107.5±23.7*</b>
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PS	6.0±1.6	5.3±2.5
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PS	6.2±0.9	<b>8.9±3.4*</b>
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	17.39±0.62	<b>30.09±12.21***</b>
Ossalati	mg kg <sup>-1</sup> PF	72.12±41.00	67.49±4.05

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test t di Student.

Come osservato per il pomodoro Pisanello coltivato dall'Az. Agr. Persico, anche in questo caso non si sono verificate differenze tra i risultati ottenuti sul fresco e sul conservato. La degradazione del licopene in fase di conservazione è stata osservata anche in questo caso.

### 3. Asparago grosso di Pescaia

L'asparago grosso di Pescia ha una produzione media di 5-6 kg m<sup>-2</sup>. La raccolta dei turioni, unica parte commestibile dell'asparago, avviene nei mesi di aprile e maggio. Le peculiarità di tale varietà donate dal suo habitat pedoclimatico sono la maggiore tenerezza, la minore fibrosità e il minor sapore amaro. Per il Progetto AMARCORT, il materiale vegetale è stato reperito presso un'azienda afferente al Consorzio Ori di Toscana. La Tab. 11 riporta i risultati delle analisi effettuate sul fresco e sul prodotto conservato.

**Tabella 11.** Parametri relativi alla prova di conservazione eseguita a tempo 0 (T0) e dopo una settimana di frigo-conservazione a 4 °C (T1) sull'asparago grosso di Pescia. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	Az. Agr. Ori di Toscana	
		T0	T1
Sostanza secca	%	8.3±0.5	8.9±0.7
Colore (luminosità)	L*	<b>64.5±7.1**</b>	49.8±8.7
Colore (rosso-verde)	a*	<b>-8.3±0.5**</b>	-4.8±3.4
Colore (giallo-blu)	b*	28.8±4.9	20.7±9.4
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	<b>4.4±0.3***</b>	1.8±0.6
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	<b>4.0±0.1***</b>	1.7±0.2
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	<b>108.4±15.8***</b>	39.6±5.5
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	<b>18.5±5.5***</b>	9.9±1.2
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	0.2±<0.1	0.2±<0.1
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PF	<b>2.2±&lt;0.1***</b>	1.2±0.3
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	8.23±1.82	11.21±1.83
Ossalati	mg kg <sup>-1</sup> PF	35.27±4.39	31.25±2.24

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test *t* di Student.

I risultati non sono risultati diversi da quelli riportati in letteratura in termini di contenuto in fenoli e vitamina C, mentre una più alta attività antiossidante è stata riscontrata negli asparagi analizzati nel progetto AMARCORT rispetto a quelli commerciali (Palfi et al., 2017). Una possibile spiegazione di tale risultato potrebbe essere la presenza nell'asparago grosso di Pescia di molecole antiossidanti appartenenti ad altre classi di metaboliti secondari diverse dai fenoli.

Durante la conservazione, una riduzione di tutti i parametri analizzati si è osservata nei prodotti conservati rispetto a quelli freschi.

#### 4. Stringa di Lucca e Fagiolo Serpente Toscano

La stringa di Lucca e fagiolo serpente toscano sono due varietà caratteristiche dell'areale lucchese caratterizzate da un fagiolino più chiaro e più fibroso il primo e più scuro e meno fibroso il secondo. Questi sono stati coltivati presso l'Az. Agr. Brunori in una sola stagione e sottoposti alla



frigo-conservazione. In Tab. 12 sono riportati i risultati delle analisi sulla stringa di Lucca, mentre, in Tab. 13 quelli del fagiolo serpente toscano.

Sia nella stringa di Lucca sia nel fagiolo serpente si è evidenziata una riduzione del contenuto di composti bioattivi come conseguenza del periodo di frigo-conservazione, nonostante la stringa di Lucca avesse perso una buona percentuale di acqua al suo interno. Le motivazioni potrebbero essere molteplici e studi più approfonditi servirebbero per delinearne una causa.

**Tabella 12.** Parametri relativi alla prova di conservazione eseguita a tempo 0 (T0) e dopo una settimana di frigo-conservazione a 4 °C (T1) sulla stringa di Lucca. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	Az. Agr. Brunori	
		T0	T1
Sostanza secca	%	9.51±0.33	<b>11.26±0.55**</b>
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	<b>1.08±0.12**</b>	0.85±0.01
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	<b>0.21±0.14*</b>	0.13±0.06
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	<b>43.25±8.40**</b>	33.49±0.17
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	1.56±0.01	<b>3.45±0.27**</b>
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	0.30±0.01	0.31±0.08
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PF	<b>0.56±0.19**</b>	0.41±0.05
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	109.84±16.29	92.54±20.48
Ossalati	mg kg <sup>-1</sup> PF	30.56±6.25	36.82±5.44

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test *t* di Student.

**Tabella 13.** Parametri relativi alla prova di conservazione eseguita a tempo 0 (T0) e dopo una settimana di frigo-conservazione a 4°C (T1) sul fagiolo serpente toscano. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Analisi	Unità di misura	Az. Agr. Brunori	
		T0	T1
Sostanza secca	%	13.15±1.65	12.94±0.28
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	1.17±0.45	1.05±0.41
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	<b>0.31±0.14**</b>	0.16±0.04
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	<b>106.14±12.71**</b>	29.96±8.63
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	<b>10.12±2.72*</b>	6.77±1.61
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	0.24±0.04	<b>0.44±0.01*</b>
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PF	<b>0.82±0.29*</b>	0.5±0.2
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	88.89±5.41	<b>125.26±31.43**</b>
Ossalati	mg kg <sup>-1</sup> PF	<lq	<lq

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*) a seguito dell'analisi del test *t* di Student. <lq: al di sotto del limite di quantificazione.

## 5. Gobbo Lucchese

Il gobbo lucchese è una varietà antica coltivata in terreni sciolti; la sua caratteristica fondamentale è la necessità del processo di imbianchimento che solitamente viene svolto con l'interramento, anche se oggi, per ridurre i costi di manodopera, si utilizza anche la copertura dell'intero appezzamento con telo in polietilene oppure sono presenti sul mercato anche i semi di una selezione Clause che è autoimbiancante e non ha bisogno del processo di imbianchimento. All'interno del progetto AMARCORT le due tecniche di imbianchimento sono state messe a confronto e i risultati sono riportati in Tab. 14.

Analisi	Unità di misura	Interramento	Con Telo
Produzione	kg pianta <sup>-1</sup>	0.5±0.1	<b>1.7±0.6***</b>
Sostanza secca	%	<b>6.4±0.9**</b>	4.3±0.4
Colore (luminosità)	L*	52.6±12.7	56.7±6.2
Colore (rosso-verde)	a*	<b>1.1±0.4***</b>	-2.4±0.3
Colore (giallo-blu)	b*	<b>13.1±3.6*</b>	10.7±0.9
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	0.6±0.1	0.7±0.2
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	0.3±0.1	0.2±0.1
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	<b>6.6±1.6**</b>	4.5±0.2
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	1.2±0.1	1.5±0.4
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	52.9±19.3	<b>69.4±0.2***</b>
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PF	26.5±10.0	24.5±6.9

**Tabella 14.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche del gobbo lucchese interrato o coperto con telo. I risultati ottenuti sono stati confrontati statisticamente. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student.

Poche differenze significative sono state evidenziate nelle proprietà nutraceutiche del gobbo interrato rispetto a quello coperto con telo, confermando la possibilità di utilizzare quest'ultima tecnica di imbianchimento e riducendo la richiesta di manodopera per questa coltura.

In Tab. 15 sono riportati i risultati relativi alla prova di conservazione del gobbo lucchese.

**Tabella 15.** Parametri relativi alla prova di conservazione eseguita a tempo 0 (T0) e dopo una settimana di frigo-conservazione a 4 °C (T1) su gobbo lucchese una volta interrato oppure coperto con telo. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto. Ogni tipo di imbianchimento è stato analizzato singolarmente.

Analisi	Unità di misura	Interrato		Con telo	
		T0	T1	T0	T1
Sostanza secca	%	6.4±0.9	<b>8.6±0.8**</b>	4.3±0.4	4.3±0.2
Colore (luminosità)	L*	52.6±12.7	60.5±9.9	56.7±6.2	55.9±5.2

Colore (rosso-verde)	a*	1.1±0.4	0.6±0.5	-2.4±0.3	-1.3±0.8
Colore (giallo-blu)	b*	13.1±3.6	12.1±1.0	10.7±0.9	13.1±1.8
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	0.6±<0.1	<b>3.9±1.0***</b>	0.7±0.2	0.9±0.2
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	0.3±<0.1	<b>2.3±0.3***</b>	0.2±0.1	<b>0.6±0.2**</b>
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	6.6±1.6	<b>8.9±1.6**</b>	4.5±0.2	<b>9.8±2.4**</b>
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	1.2±0.1	<b>8.6±2.3***</b>	1.5±0.4	2.0±0.5
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	52.9±19.3	<b>119.0±25.4***</b>	<b>69.4±0.2*</b>	53.1±6.7
Attività antiox	mg TE g <sup>-1</sup> PF	26.5±10.0	<b>111.6±34.4***</b>	24.5±6.9	21.4±1.1
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	<b>702.75±94.45***</b>	59.15±3.81	1455.64±117.17	<b>1860.67±124.18***</b>
Ossalati	mg kg <sup>-1</sup> PF	48.55±4.80	<b>121.39±18.70*</b>	<lq	<lq

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student. <lq: al di sotto del limite di quantificazione.

Il contenuto in nutraceutici del gobbo lucchese interrato è risultato maggiore nel prodotto al termine della conservazione rispetto al fresco. Questo potrebbe essere dovuto ad una diminuzione della percentuale di acqua (da 93.6% sul fresco a 91.4% sul conservato) e quindi ad una concentrazione dei composti bioattivi. La stessa considerazione non può essere fatta per il gobbo coperto con telo, poiché poche differenze sono state riscontrate nel contenuto di nutraceutici prima e dopo il processo di conservazione.

Il gobbo lucchese è stato considerato, tra le varietà antiche oggetto di indagine, uno dei più promettenti e di maggiore interesse sia dal punto di vista nutrizionale che commerciale e di impatto sul consumatore. Uno studio metabolomico è stato effettuato all'interno del Progetto AMARCORT. All'interno dello studio metabolomico sono stati analizzati per il loro contenuto in metaboliti secondari il gobbo interrato, quello coperto con telo e la selezione Clause (autoimbiancante). Tutti sono stati analizzati prima del processo di imbianchimento e alla fine di tale processo, nonostante per il gobbo selezione Clause non fosse necessario il trattamento di imbianchimento.

L'analisi metabolomica "untargeted" effettuata sulle coste di cardo ha permesso di identificare 2303 metaboliti secondari nel cardo selezione Clause e 2327 nel cardo lucchese. Le due varietà di cardo sono state analizzate separatamente, ma le analisi hanno confermato la ricchezza in polifenoli di questa specie. Successivamente, i polifenoli identificati sono stati distinti nelle loro classi fenoliche. La Fig. 2 mostra il modello OPLS-DA per il cardo lucchese in cui l'inizio (1) e fine imbianchimento (2) discriminano per la componente 2, mentre le differenti modalità di imbianchimento (gobbo lucchese con telo: LF; gobbo lucchese interrato: LI) discriminano rispetto al controllo (gobbo lucchese controllo: LCNT) ovvero il cardo non imbiancato.

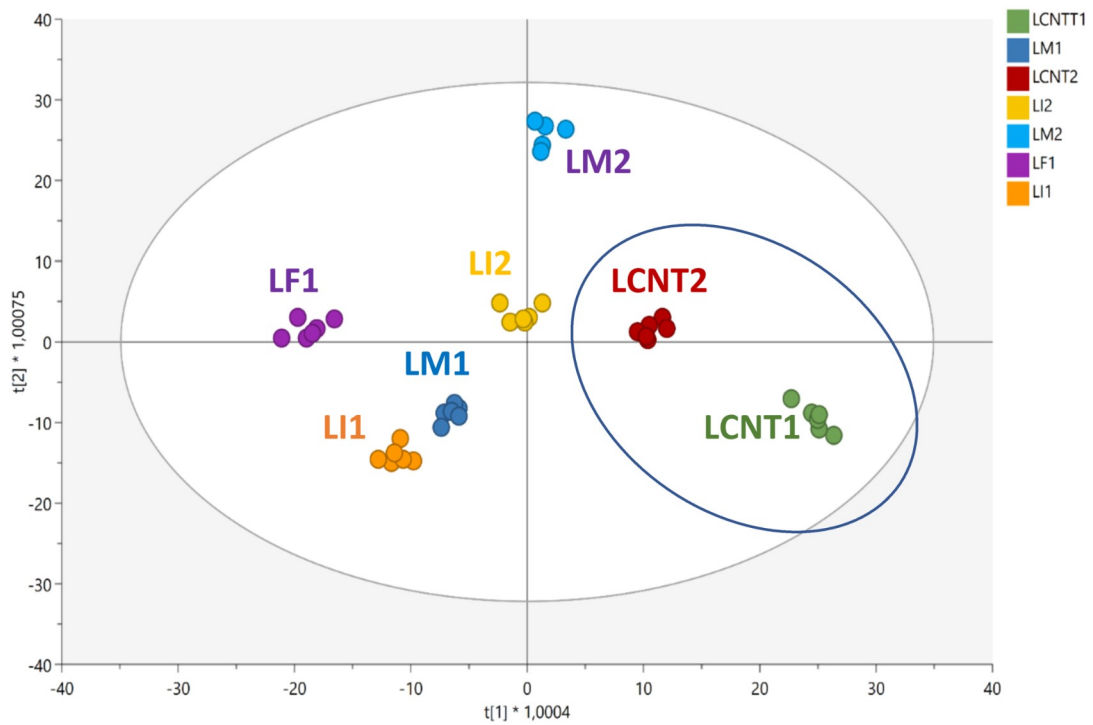


Figura 2. Modello OPLS-DA per il cardo lucchese.

Fig. 3 mostra il modello OPLS-DA per il cardo selezione Clause.

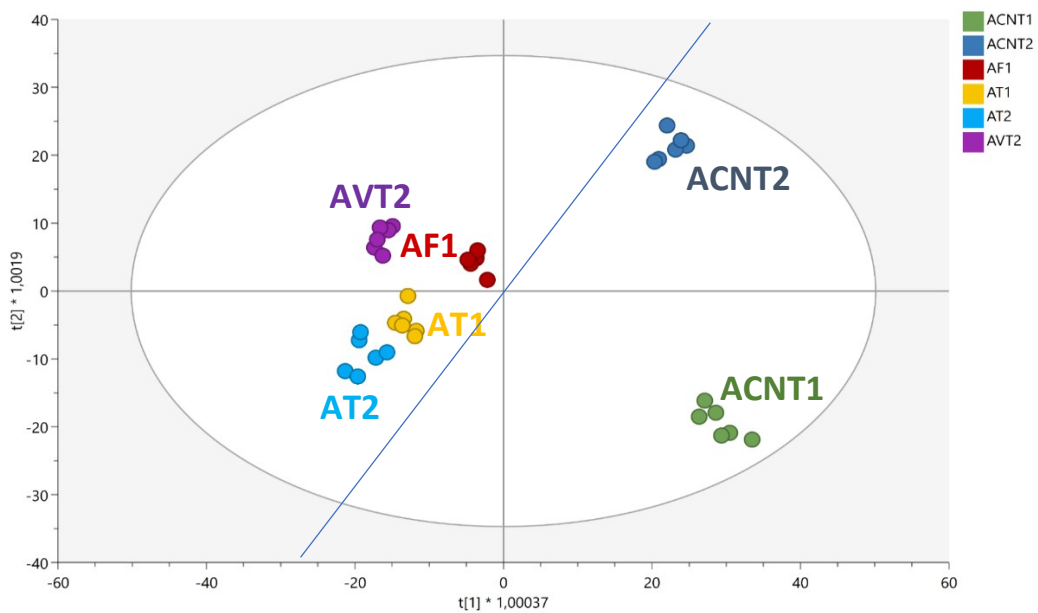


Figura 3. Modello OPLS-DA per il cardo selezione Clause.

In Fig. 3, nel cardo imbiancato selezione Clause non vi è una discriminazione dovuta al tempo di trattamento (inizio; 1 e fine imbianchimento; 2) ma una discriminazione tra imbianchimento (AVT, AT, AF) e non imbianchimento (ACNT), indipendentemente dalla metodologia di imbianchimento utilizzata.

## 6. Tecniche innovative: risultati dello studio quali-quantitativo della produzione ottenuta da sistemi di coltivazione innovativi (coltura fuori suolo e salinità) e proprietà nutraceutiche

### 6.1 Coltivazione fuori suolo per ortaggi da foglia

Gli ortaggi da foglia oggetto di indagine (bietola livornese, cavolo nero e cicoria del Marzocco) sono stati coltivati in aeroponica, come riportato nel dettaglio nel **Report 11 del WP9**. In Tab. 16, 17 e 18 vengono riportate le produzioni, i risultati delle analisi nutraceutiche e il contenuto di possibili composti tossici quali ossalati e nitrati in bietola, cavolo nero e cicoria, rispettivamente, coltivati in aeroponica presso le serre del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali.

Come osservato nella bietola coltivata presso le aziende agricole, anche quella coltivata in aeroponica ha portato ad una maggiore produzione durante la primavera e ad un incremento del contenuto in composti bioattivi durante l'estate (Tab. 16). Si deduce che questa varietà sia particolarmente sensibile alle alte temperature e che la coltivazione sia con tecniche innovative che in campo possa risultare difficoltosa durante questa stagione. Inoltre, in questa stagione si ha anche un eccesso di ossalati e nitrati nella foglia che potrebbero risultare tossici se ingeriti in grande quantità.

**Tabella 16.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche della bietola livornese coltivata in aeroponica in differenti stagioni. I risultati ottenuti nelle differenti stagioni nelle singole aziende sono stati confrontati statisticamente. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto. Le produzioni si riferiscono ad un singolo sfalcio.

Analisi	Unità di misura	Primavera	Estate
Produzione	kg m <sup>-2</sup>	<b>5.1*</b>	4.0
Sostanza secca	%	8.6±0.9	<b>11.5±1.4**</b>
L	L*	<b>40.8±4.6***</b>	22.1±4.9
a*	a*	-7.7±1.5	<b>-3.9±1.8*</b>
b*	b*	<b>16.0±4.8***</b>	8.6±3.6
NBI	Unità Dualex	<b>41.3±11.9**</b>	33.9±3.8
Chl	µg cm <sup>-2</sup>	<b>31.3±2.7*</b>	26.7±2.4
Flav	Unità Dualex	0.8±0.1	0.8±<0.1
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	0.9±0.2	<b>1.5±0.1*</b>
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	0.03±0.01	<b>0.8±&lt;0.1*</b>
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	366.7±46.0	<b>1116.9±284.1***</b>
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	36.1±0.7	<b>68.1±13.0**</b>
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	0.6±0.1	0.5±0.1
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PF	0.3±<0.1	<b>0.8±0.1**</b>
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	984.31±466.01	<b>5018.58±2240.68***</b>
Ossalati	mg kg <sup>-1</sup> PF	30.98±22.87	<b>10400.10±4244.90***</b>

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student.

**Tabella 17.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche del cavolo nero coltivato in aeroponica in differenti stagioni. I risultati ottenuti nelle differenti stagioni nelle singole aziende sono stati confrontati statisticamente. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto. Le produzioni si riferiscono ad un singolo sfalcio.

<b>Analisi</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Primavera</b>	<b>Estate</b>
Produzione	kg m <sup>-2</sup>	2.9	2.85
Sostanza secca	%	10.9±0.3	10.5±1.0
L	L*	47.4±14.1	34.4±6.1
a*	a*	-5.8±5.1	-3.1±0.8
b*	b*	9.8±5.1	4.52±0.21
NBI	Unità Dualex	58.2±9.1	46.4±8.3
Chl	µg cm <sup>-2</sup>	46.4±6.5	43.6±6.8
Flav	Unità Dualex	0.8±0.1	0.9±0.2
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	1.7±0.1	1.9±0.1
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	<b>1.0±0.2**</b>	0.4±0.1
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	740.8±120.8	673.1±231.0
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	90.8±18.9	107.0±16.2
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	2.6±0.1	2.0±0.5
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PF	2.9±0.2	3.13±0.6
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	7846.13±1678.42	<b>12373.18±859.54**</b>
Ossalati	mg Kg <sup>-1</sup> PF	53.04±37.00	46.40±15.71

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.01$ : \*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student.

**Tabella 18.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche della cicoria del Marzocco coltivata in aeroponica in differenti stagioni. I risultati ottenuti nelle differenti stagioni nelle singole aziende sono stati confrontati statisticamente. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto. Le produzioni si riferiscono ad un singolo sfalcio.

<b>Analisi</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Inverno</b>	<b>Primavera</b>
Produzione	kg m <sup>-2</sup>	1.76	1.68
Sostanza secca	%	8.85±0.90	8.48±0.59
L	L*	28.71±2.65	25.47±5.09
a*	a*	-15.85±3.75	-16.30±1.56
b*	b*	22.92±8.21	29.93±2.43
NBI	Unità Dualex	44.51±5.6	49.67±7.6
Chl	µg cm <sup>-2</sup>	23.68±4.1	24.68±3.70
Flav	Unità Dualex	0.6±0.05	0.50±0.09
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	<b>0.55±0.22*</b>	0.22±0.02
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	<b>0.21±0.05*</b>	0.10±0.03
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	<b>1882.24±388.32**</b>	1436.75±332.69
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	<b>237.10±37.07**</b>	147.74±58.46
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	0.12±0.02	0.08±0.04
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup> PF	0.39±0.06	<b>0.61±0.12*</b>

Le differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da asterischi ( $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*) a seguito dell'analisi del test  $t$  di Student.

Il cavolo nero non ha mostrato nessuna differenza tra la coltivazione in primavera e in estate (Tab. 17); questo potrebbe essere considerato un aspetto importante per il mantenimento delle caratteristiche organolettiche e nutraceutiche anche se, confrontando le produzioni ottenute in pieno campo (Tab. 4), le produzioni dell'aeroponica risultano nettamente inferiori rispetto a quelle del pieno campo. Probabilmente tali valori possono essere dovuti a sfalci più frequenti rispetto a quelli effettuati in pieno campo.

Un maggior contenuto di fitochimici è stato osservato nella cicoria raccolta in inverno rispetto a quella raccolta in primavera (Tab. 18); anche se si parla di una coltivazione in serra, le minor temperature che potrebbero verificarsi anche in un ambiente protetto durante l'inverno potrebbero aver influito sul contenuto in fitochimici.

#### *6.2 Coltivazione fuori suolo per Pomodoro Pisanello*

Il pomodoro Pisanello è stato coltivato per due anni consecutivi presso le serre del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, con due coltivazioni l'anno. I dettagli dell'impianto sperimentale è stato già descritto nel **Report 11 del WP9**. La produzione e tutti i parametri qualitativi sono stati determinati nelle quattro coltivazioni (2 per ogni anno) e due volte all'interno dello stesso campionamento, su piante non innestate e innestate su Maxifort, Beaufort e Arnold e a differenti condizioni di stress salino (Controllo, C; salinità 1, S1 e salinità 2, S2). Vista la poca variabilità dei dati ottenuti tra le varie stagioni e tra i diversi anni, in Tab. 19 vengono riportati i dati ottenuti nell'estate 2021. La Fig. 4 mostra la coltivazione in idroponica del pomodoro Pisanello effettuate presso le serre dell'Università di Pisa.



**Figura 4.** Coltivazione in idroponica del Pomodoro Pisanello presso le serre del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali dell'Università di Pisa.



**Tabella 19.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche del pomodoro Pisanello coltivato in idroponica nella primavera-estate 2021. I risultati ottenuti da pomodori provenienti da piantine con differente portainnesto e coltivate a differenti condizioni di salinità (Controllo, C; salinità 1, S1 e salinità 2, S2) sono stati confrontati statisticamente. Il *p*-value dell'interazione di innesto e salinità (IxS) e del solo fattore salinità è riportato in tabella.

Analisi	Unità di misura	C				S1				S2				IxS <i>p</i> - val ue	S <i>p</i> - val ue
		Non innesto	Beaufort	Maxifort	Arnold	Non innesto	Beaufort	Maxifort	Arnold	Non innesto	Beaufort	Maxifort	Arnold		
Produzione	kg m <sup>-2</sup>	1.29 a				0.79 b				0.54 c				-	***
S.S.	%	6.08±0.1	5.57±0.04	5.75±0.08	5.48±0.17	6.04±8.0	5.97±0.42	6.23±0.15	7.00±0.16	8.06±0.20	8.63±0.07	7.61±0.24	8.70±0.15	***	***
pH	-	2.84±2.3	4.01±0.01	4.19±0.04	4.11±0.01	4.12±0.05	4.11±0.01	4.11±0.02	4.15±0.01	4.19±0.01	4.16±0.01	4.10±0.01	4.17±0.01	ns	ns
Acidità titolabile	%	0.90±0.1	0.86±0.03	0.87±0.02	0.90±0.02	0.95±0.01	0.96±0.04	0.94±0.02	0.95±0.01	0.98±0.03	1.11±0.02	1.01±0.04	1.01±0.05	*	***
Solidi solubili	°Brix	5.43±0.1	4.97±0.12	4.87±0.23	5.43±0.06	6.47±0.06	6.00±<0.01	6.40±0.17	6.50±0.10	7.20±0.26	7.53±0.08	7.43±0.21	7.37±0.12	***	***
Durezza	kg	1.27±0.22	1.27±0.19	0.95±0.08	1.41±0.42	0.96±0.19	1.18±0.14	1.13±0.17	1.18±0.32	1.29±0.16	1.66±0.33	1.56±0.22	1.25±0.24	ns	**
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup>	15.05±3.8		10.95±3.7									17.83±1.7	*	**
	PS	0	12.84±2.19	6	7.71±1.14	10.42±2.66	14.48±4.18	14.26±0.30	10.15±2.39	14.19±3.64	17.83±3.51	14.41±1.21	2		
Licopene	mg kg <sup>-1</sup>	819.9±92.	2379.92±62	880.89±3	1578.60±26	2005.56±42	1802.64±33	1312.18±32	1195.85±2	1437.22±28	1086.76±35	910.52±20.	845.79±14	***	**
	PS	58	3.85	1.70	6.04	3.22	8.62	8.79	3.03	7.96	4.28	498	.90		
Carotenoidi totali (beta-carotene)	mg kg <sup>-1</sup>	77.24±5.2	172.85±14.	161.79±3.	138.31±36.	126.74±32.	145.49±20.	184.45±10.	180.46±33.	177.71±29.	100.36±15.	130.98±18.	123.81±7.	***	*
	PS	0	10	57	77	62	81	82	62	52	66	20	28		
Attività antiossidante	mg TE g <sup>-1</sup>	12.04±2	11.05±1.	9.51±1.	7.91±0.4	9.99±2.8	12.33±3.	10.33±2.	10.29±1.	9.09±0.2	12.67±1.	9.17±0.7	10.01±2	ns	ns
	PS	.00	43	93	5	6	71	77	87	0	55	7	.99		

Le medie dei valori dei parametri considerati sono state valutate statisticamente a seguito dell'analisi della varianza (ANOVA) a due vie con il portainnesto e la salinità come fattore di variabilità (*p* > 0.05: ns; *p* < 0.05: \*; *p* < 0.01: \*\*; *p* < 0.001).

La prova di coltivazione fuori suolo del pomodoro Pisanello ha evidenziato che l'aumento della salinità nella soluzione nutritiva permette di aumentare positivamente la qualità della produzione, aumentando la percentuale di sostanza secca del frutto, l'acidità titolabile, la durezza, la quantità di solidi solubili totali, i fenoli e il licopene, mentre riduce la quantità della produzione. L'effetto di riduzione della produzione fresca di pomodoro indotta dalla salinità, accompagnata da un incremento del contenuto di zuccheri e degli acidi organici e da un incremento del livello di carotenoidi è un aspetto ben conosciuto in bibliografia (De Pascale et al., 2001).

Vista la riproduzione del set up sperimentale durante due periodi dell'anno e l'ottenimento di risultati simili nei due periodi, un altro interessante risultato di questa coltivazione è che anche durante il periodo invernale è possibile, con una adeguata gestione della salinità della soluzione nutritiva, produrre pomodori con qualità eccellente e con elevato contenuto di composti nutraceutici. L'uso dei portinnesti può aiutare ad aumentare la resistenza sia alle malattie che a condizioni di stress salino di vecchie varietà non resistenti e non migliorate per queste caratteristiche, rendendo di nuovo redditizia la loro coltivazione per l'agricoltore. In prospettiva, proseguire nella ricerca delle condizioni di coltivazione ottimali per aumentare il valore nutraceutico può essere una strategia vincente nella valorizzazione del germoplasma autoctono di pomodoro.

### 6.3 Coltivazione fuori suolo per stringa lucchese e fagiolo serpente toscano

La stringa lucchese e il fagiolo serpente toscano oggetto di indagine del Progetto AMARCORT sono stati coltivati in aeroponica, in vaso e in idroponica con lana di roccia come substrato (vedi pomodoro Pisanello) come riportato nel dettaglio nel **Report 11 del WP9**. In Tab. 20 e 21 vengono riportate le produzioni, i risultati delle analisi nutraceutiche e il contenuto di possibili composti tossici quali ossalati e nitrati in stringa di Lucca e fagiolo serpente, rispettivamente, coltivati in aeroponica, in vaso e in idroponica con lana di roccia come substrato presso le serre del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali. In Fig. 5 sono riportate le differenti coltivazioni delle due varietà di fagiolino.



(a)



(b)

**Figura 5.** Coltivazione in idroponica (a) e aeroponica (b) di una delle varietà antiche di fagiolino.

**Tabella 20.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche della stringa lucchese coltivata in idroponica, aeroponica e vaso. I risultati ottenuti nei differenti metodi di coltivazione sono stati confrontati statisticamente. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

<b>Analisi</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Idroponica</b>	<b>Vaso</b>	<b>Aeroponica</b>	<b>p-value</b>
Produzione	kg m <sup>-2</sup>	3.5±0.2	-		3.8±0.2
Sostanza secca	%	9.88±0.54	11.48±0.90	10.32±0.46	ns
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	1.43±0.57c	<b>3.77±0.63a</b>	2.66±0.15b	**
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	0.02±0.01c	<b>3.03±0.48a</b>	2.02±0.20b	***
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	73.34±0.49b	<b>95.40±13.61a</b>	78.95±2.69b	*
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	6.41±0.48b	<b>16.71±6.64a</b>	8.15±1.09b	*
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	0.12±0.01b	<b>0.37±0.04a</b>	<b>0.29±0.09a</b>	**
Attività antiox.	mg TE g <sup>-1</sup> PF	0.39±0.12c	<b>4.59±0.41a</b>	2.98±0.34b	***
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	407.2±1.9b	<b>534.14±80.03a</b>	<b>532.9±3.3a</b>	*
Ossalati	mg kg <sup>-1</sup> PF	41.4±1.9b	<b>64.23±11.47a</b>	<b>55.1±4.9a</b>	*

Differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da differenti lettere a seguito dell'analisi della varianza (ANOVA) a una via con la tecnica di coltivazione come fattore di variabilità ( $p > 0.05$ : ns;  $p < 0.05$ : \*;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*).

**Tabella 21.** Caratteristiche organolettiche e nutraceutiche del fagiolo serpente toscano coltivato in idroponica, aeroponica e vaso. I risultati ottenuti nei differenti metodi di coltivazione sono stati confrontati statisticamente. I valori risultati significativamente maggiori sono riportati in grassetto.

<b>Analisi</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Idroponica</b>	<b>Vaso</b>	<b>Aeroponica</b>	<b>p-value</b>
Produzione	kg m <sup>-2</sup>	1.7±0.1	-	3.8±0.2	
Sostanza secca	%	11.37±0.21b	<b>12.68±0.38a</b>	10.53±0.41c	***
Fenoli totali	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	1.96±0.17	1.61±0.84	1.71±0.70	ns
Flavonoidi totali	mg RE g <sup>-1</sup> PF	1.03±0.27 b	0.86±0.51 b	<b>1.34±0.09 a</b>	**
Clorofille totali	µg g <sup>-1</sup> PF	18.47±4.28b	26.19±2.28b	<b>56.30±10.95a</b>	***
Carotenoidi totali	µg g <sup>-1</sup> PF	1.49±0.52b	2.11±0.06b	<b>3.74±0.41a</b>	**
Vitamina C	mg ASA g <sup>-1</sup> PF	<b>0.33±0.06 a</b>	0.13±0.02 b	0.19±0.02 b	**
Attività antiox.	mg TE g <sup>-1</sup> PF	2.20±0.09	1.80±1.07	2.44±0.11	ns
Nitrati	mg kg <sup>-1</sup> PF	436.2±6.5b	<b>492.36±28.35a</b>	321.5±34.1c	
Ossalati	mg kg <sup>-1</sup> PF	<b>78.3±5.04a</b>	<b>77.42±11.74a</b>	56.2±8.9b	

Differenze statisticamente significative tra le medie dei valori dei parametri considerati sono state indicate da differenti lettere a seguito dell'analisi della varianza (ANOVA) a una via con la tecnica di coltivazione come fattore di variabilità ( $p > 0.05$ : ns;  $p < 0.01$ : \*\*;  $p < 0.001$ : \*\*\*).

La coltivazione in vaso della stringa lucchese ha riportato un maggior contenuto di composti nutraceutici (fenoli, flavonoidi, clorofille, carotenoidi e vitamina C) e una maggiore attività antiossidante rispetto alle altre coltivazioni fuori suolo. Le produzioni di idroponica e aeroponica sono risultate simili e molto maggiori rispetto a quelle riscontrate nel fagiolo serpente.

La coltivazione in aeroponica del fagiolo serpente è risultata molto promettente, con una produzione maggiore e un maggior contenuto di flavonoidi, clorofille e carotenoidi.

## Conclusioni

In conclusione, i dati contenuti in questo report confermano che le varietà antiche di ortaggi analizzate dovrebbero essere rivalorizzate per le loro peculiari proprietà organolettiche e nutraceutiche, in particolar modo il pomodoro Pisanello che vanta di un'ottima qualità. Inoltre, molto interessante è risultato l'effetto delle diverse tecniche di imbianchimento sul gobbo lucchese.

I dati ottenuti in questo progetto potranno arricchire le conoscenze riguardanti le caratteristiche nutritive e nutraceutiche di queste antiche varietà, e inoltre, aiutare i piccoli produttori a valorizzare questi "prodotti antichi" preservando quindi le tradizioni agricole della Toscana.

## Bibliografia

- Goulas, Y., Cerovic, Z. G., Cartelat, A., & Moya, I. (2004). Dualex: a new instrument for field measurements of epidermal ultraviolet absorbance by chlorophyll fluorescence. *Applied Optics*, 43(23), 4488-4496.
- Song, P., Wu, L., & Guan, W. (2015). Dietary nitrates, nitrites, and nitrosamines intake and the risk of gastric cancer: a meta-analysis. *Nutrients*, 7(12), 9872-9895.
- Tsujihata, M. (2008). Mechanism of calcium oxalate renal stone formation and renal tubular cell injury. *International Journal of Urology*, 15(2), 115-120.
- Ceccanti, C., Landi, M., Incrocci, L., Pardossi, A., Venturi, F., Taglieri, I., et al. (2020). Comparison of three domestications and wild-harvested plants for nutraceutical properties and sensory profiles in five wild edible herbs: Is domestication possible?. *Foods*, 9(8), 1065.
- Singh, H., Kumar, P., Kumar, A., Kyriacou, M. C., Colla, G., & Roupael, Y. (2020). Grafting tomato as a tool to improve salt tolerance. *Agronomy*, 10(2), 263.
- Fernández-García, N., Martínez, V., Cerdá, A., & Carvajal, M. (2004). Fruit quality of grafted tomato plants grown under saline conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(6), 995-1001.
- Al-Dairi, M., Pathare, P. B., & Al-Yahyai, R. (2021). Chemical and nutritional quality changes of tomato during postharvest transportation and storage. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(6), 401-408.
- Palfi, M., Jurković, Z., Čosić, J., Tomić Obrdalj, H., Jurković, V., Knežević, N., & Vrandečić, K. (2017). Total polyphenol content and antioxidant activity of wild and cultivated asparagus in Croatia. *Poljoprivreda*, 23(1), 56-62.
- De Pascale, S., Maggio, A., Fogliano, V., Ambrosino, P., Ritieni, A. (2001) Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76:4, 447-453.