

Finanziatore	Regione Lombardia
Bando	Bando 2018 per Progetti di ricerca in campo agricolo e forestale – d.d.s. n. 4403 del 28/03/2018 – Scorrimento della graduatoria, d.d.s. 2955/2020
Titolo	Economia circolare e sostenibilità della filiera della pera IGP del Mantovano
Acronimo	ESPERA
Numero identificativo	17

D4.2 RAPPORTO SULLA TRASFORMAZIONE E ESTRAZIONE: PRIMA CAMPAGNA DI MISURA

Work Package	WP 4 – Trasformazione dei frutti per recupero dello scarto
Responsabile	UNIMI ESP
Partecipanti	UNIMI ESP, CREA-IT.MI
Classificazione	CO (Confidenziale)
Data	17/11/2022
Versione	1.1

Versioni

Versione	Data	Commenti	Autori
1.0	16/11/2022	Prima versione	CREA-IT.MI
1.1	17/11/2022	Revisione	A.Torricelli (POLIMI-DFIS)

Dichiarazione di originalità:

Questo rapporto contiene materiale originale non pubblicato precedentemente, eccetto dove diversamente indicato mediante citazioni e riferimenti bibliografici.

Le attività che hanno condotto a questi risultati hanno ricevuto finanziamento da Regione Lombardia nell'ambito del bando Bando 2018 per Progetti di ricerca in campo agricolo e forestale – d.d.s. n. 4403 del 28/03/2018.

The information in this document is provided "as is", and no guarantee or warranty is given that the information is fit for any particular purpose. The above referenced consortium members shall have no liability for damages of any kind including without limitation direct, special, indirect, or consequential damages that may result from the use of these materials subject to any liability which is mandatory due to applicable law.

Indice

1.	RIEPILOGO GENERALE.....	9
2.	INTRODUZIONE	10
3.	MATERIALI E METODI.....	11
3.	RISULTATI E DISCUSSIONE.....	13
4.	CONCLUSIONE	22
5.	BIBLIOGRAFIA.....	23

Lista delle figure

- Fig. 1** – Rondelle di pera fresche, essiccate e confezionate (cv Abate Fetel). Pag 11
- Fig. 2** - Bending-snapping test. Pag 12
- Fig. 3** – Pere Abate Fetel (sx) affette da riscaldamento superficiale (da dx a sx lieve, medio, forte) e Pere Conference (dx) affette da riscaldamento nero (da sx a dx sane, lieve, medio, forte).
Pag 13
- Fig. 4** – Contenuto di umidità di rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 15
- Fig. 5** – Attività dell'acqua (aw) di rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 15
- Fig. 6** – Calo peso di rondelle da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) dovuto al processo di essiccamento in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione.
Pag 16
- Fig. 7** – Indice di contrazione dell'area (A/A_0) di rondelle da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) dovuto al processo di essiccamento in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 16
- Fig. 8** – Indice di imbrunimento di rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 17
- Fig. 9** – Modificazione del colore (ΔE) dovuto al processo di essiccamento di rondelle da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 17
- Fig. 10** – Indice di imbrunimento e modificazione del colore (ΔE) dovuto al processo di essiccamento di rondelle essiccate in base al grado di gravità del difetto. Pag 18
- Fig. 11** – Durezza (N) delle rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 18
- Fig. 12** – Indice di croccantezza (MPa) delle rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione.
Pag 19
- Fig. 13** – Durezza (N) e Indice di croccantezza (MPa) di rondelle essiccate in base al grado di gravità del difetto. Pag 20
- Fig. 14** – Numero totale di picchi acustici prodotti dalla rottura delle rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 21
- Fig. 15** – Valore medio (dB) dei picchi prodotti dalla rottura delle rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 21
- Fig. 16** – Numero di picchi acustici > 60dB prodotti dalla rottura delle rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 22
- Fig. 17** – Valore medio (dB) dei picchi > 60dB prodotti dalla rottura delle rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione. Pag 22

Lista delle tabelle

Tab. 1 – Pere Abate Fetel: numero di frutti sani, eliminati, affetti da riscaldamento superficiale (lieve, medio, forte) e al termine di ogni periodo di conservazione + 7 giorni a 20°C. Pag 14

Tab. 2 – Pere Conference: numero di frutti sani, eliminati, affetti da riscaldamento superficiale (lieve, medio, forte) e da riscaldamento nero (lieve, medio, forte) al termine di ogni periodo di conservazione + 7 giorni a 20°C. Pag 14

1. Riepilogo generale

Il progetto ESPERA, che si prefigge di migliorare la gestione e la sostenibilità della filiera IGP del Mantovano, prevede il recupero del materiale di scarto mediante un approccio combinato: l'utilizzo di frutti con fisiopatie o difettati per la produzione di rondelle essiccate di pera, un nuovo prodotto ad elevato valore nutrizionale, e l'uso dello sfrido della produzione di rondelle per l'estrazione di composti ad alto valore tecnologico.

2. Introduzione

Nel corso della conservazione post-raccolta le pere possono sviluppare alcune fisiopatie, in particolar modo riscaldamento superficiale e riscaldamento nero. I frutti difettati risultano fortemente deprezzati e normalmente vengono destinati a produzioni poco remunerative per i produttori. Considerata la domanda crescente di snack sani e appetitosi e che la croccantezza è una caratteristica particolarmente apprezzata dai consumatori, la produzione di rondelle essiccate croccanti di pera rappresenta una valida alternativa al fine di valorizzare commercialmente questi frutti. La consistenza di un prodotto essiccato è determinata dalle sue caratteristiche strutturali che dipendono non solo da fattori tecnologici, quali temperatura/tempo e spessore, ma anche dalle proprietà della materia prima al momento della trasformazione, in particolare specie, cultivar e grado di maturazione.

3. Materiali e metodi

Le attività svolte hanno riguardato la valutazione qualitativa di rondelle essiccate croccanti ottenute da pere cv Abate Fetel (AF) e Conference (CF) affette da riscaldamento superficiale o da riscaldamento nero, due fisiopatie caratterizzate dalla presenza di macchie brune o nere sulla buccia, causa principale di deprezzamento e/o scarti.

Le prove sperimentali svolte nei mesi febbraio-marzo hanno previsto la trasformazione di 12 batch di pere Conference (2022) e Abate Fetel (2023), fornite dalla Cooperativa C.OR.MA nel settembre precedente (2021-2022). I 12 batch, ciascuno costituito inizialmente da 20 frutti, differiscono per classe di maturazione (poco, medio, molto) valutata alla raccolta mediante spettroscopia di riflettanza risolta nel tempo (TRS), durata (5 mesi/febbraio, 6 mesi/marzo) e atmosfera di conservazione (AN/aria e AC/atmosfera controllata), fattori che influiscono da un lato sullo sviluppo delle fisiopatie e dall'altro sulla qualità delle rondelle.

La composizione dell'atmosfera controllata differiva per cultivar: Conference (2% O₂ + 1% CO₂) e Abate Fetel (1% CO₂ + 8 - 14% O₂, rispettivamente per i primi quattro e i successivi 1-2 mesi). Al termine della conservazione a -1°C e dopo un periodo di 7 giorni a 20°C, è stato valutato lo sviluppo di fisiopatie per tipologia e livello di gravità.

La trasformazione dei frutti affetti da fisiopatie, considerati non idonei al consumo fresco, in rondelle essiccate è stata condotta utilizzando un impianto pilota a flusso d'aria alternato (Thermo-Lab. Lodi, Italy). Il protocollo ha previsto i seguenti parametri:

- spessore rondella fresca 4 mm
- temperatura 80 °C
- raggiungimento peso costante (≈ 7-8 h)

Da ciascun frutto sono state preparate tre rondelle (Fig. 1); la parte rimanente è stata congelata a -20°C e fornita a UNIMI per l'ulteriore recupero dello scarto.

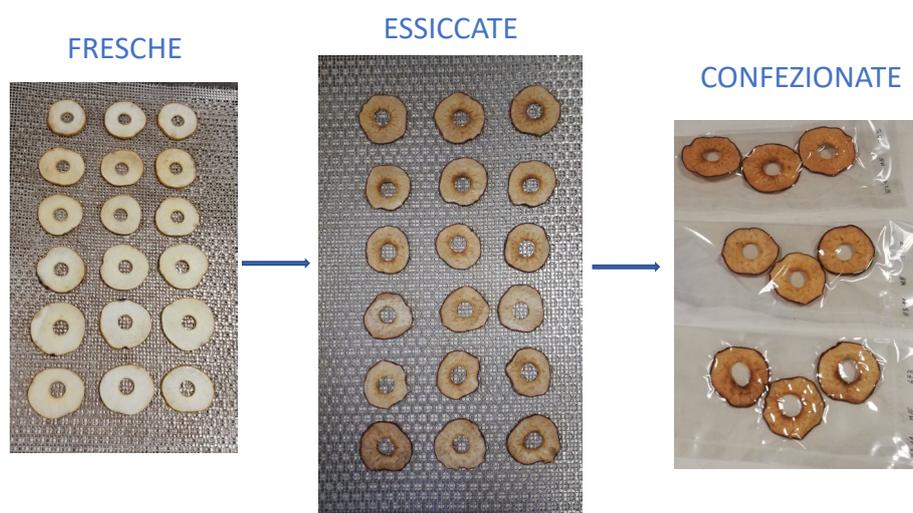


Fig. 1 – Rondelle di pera fresche, essiccate e confezionate (cv Abate Fetel).

Sulle rondelle sia fresche che essiccate sono stati valutati:

- peso
- area mediante analisi dell'immagine (Image Pro Plus 7, Media Cybernetics, Silver Spring MD, USA)
Indice di contrazione A/A_0 , dove A (area finale) e A_0 (area iniziale)
- colore mediante Spettrofotometro CM 2600d (Minolta Co, Japan) nello spazio di colore L^* , a^* , b^* calcolando:
 - $\Delta E = \text{RADQ} (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)$
 - indice di imbrunimento (BI)
$$\text{BI} = [100 (x - 0.31)] / 0.17 \text{ e } x = (a^* + 1.75L^*) / (5.645L^* + a^* - 3.012)$$

Sulle rondelle essiccate sono state valutate:

- attività dell'acqua (a_w), mediante igrometro Aqualab CX4-TE (Decagon Devices, Pullman, WA); (n= 5 / batch)
- contenuto di umidità con metodo Karl Fischer (n=3/batch)
- caratteristiche di texture mediante test meccanico-acustico bending-snapping (Fig 2), utilizzando lo strumento TA-XT plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Godalming, UK) dotato di un microfono 4188-A-021 (Brüel & Kjær) connesso a un detector di emissione acustica acoustic (AED, Stable Microsystems). Le caratteristiche meccaniche e acustiche sono state estratte dai dati mediante Texture Exponent 32 software (Stable Microsystems). (n=3/frutto)



Fig. 2 - Bending-snapping test

L'analisi della varianza (ANOVA) e il Bonferroni test sono stati utilizzati per determinare le differenze statisticamente significative ($P \leq 0.05$). Lettere differenti corrispondono a differenze significative.

4. Risultati e discussione

Come si evince dalle Tabelle 1 e 2, eccetto una parte molto limitata dei frutti che si presenta sana a fine conservazione e una piccola parte che viene completamente eliminata per la presenza di marciumi, la maggior parte sviluppa diversi gradi di riscaldamento superficiale e di riscaldamento nero (Fig.3). Le pere Abate Fetel (Tab.1) sviluppano fortemente il riscaldamento superficiale, in quanto circa l'80% dei frutti (100 dopo 5 mesi e 99 dopo 6 mesi) risulta affetto da questo difetto.

Le pere Conference (Tab.2), a differenza di quanto osservato per i frutti Abate Fetel, sviluppano in minima parte il riscaldamento superficiale (20 frutti dopo 5 mesi e 15 frutti dopo 6 mesi di conservazione), mentre la maggior parte dei frutti risulta affetta da riscaldamento nero (71 e 90 frutti rispettivamente dopo 5 e 6 mesi).

Specificatamente, solo i frutti con riscaldamento superficiale/nero di grado lieve risultano commerciabili seppur fortemente deprezzati, mentre i frutti che sviluppano questi difetti di grado medio e forte (Fig. 3) sono di consueto destinati a trasformazioni economicamente non vantaggiose.

Relativamente alla capacità dell'atmosfera controllata di preservare i frutti dallo sviluppo del riscaldamento superficiale, i risultati ottenuti non sono omogenei per le due cultivar, ciò può essere dovuto alla diversa composizione dell'atmosfera utilizzata (8-14% O₂ per Abate e 2% O₂ per Conference). Infatti, la conservazione in AC preserva parzialmente i frutti Abate dallo sviluppo più grave del riscaldamento superficiale dopo sei mesi (44 frutti in AN / 29 in AC) e solo leggermente dopo cinque mesi di conservazione (27 frutti in AN / 22 in AC), mentre preserva efficacemente i frutti Conference sia dopo 5 mesi (19 frutti in AN / 1 in AC) che dopo 6 mesi (14 frutti in AN / 1 in AC). Allo stesso tempo, i risultati relativi alla Conference evidenziano che la conservazione in AC controlla in modo estremamente limitato lo sviluppo del riscaldamento nero dopo 5 mesi (39 frutti in AN / 32 in AC) ma non dopo 6 mesi (41 frutti in AN / 49 in AC).

Per quanto riguarda il grado di maturazione valutato alla raccolta mediante TRS, esso non sembra influenzare lo sviluppo di riscaldamento superficiale per entrambe le cultivar, mentre si evidenzia un lieve effetto sullo sviluppo del riscaldamento nero, in quanto i frutti classificati più maturi risultano leggermente meno affetti da questo difetto.



Fig.3 – Pere Abate Fetel (sx) affette da riscaldamento superficiale (da dx a sx lieve, medio, forte) e Pere Conference (dx) affette da riscaldamento nero (da sx a dx sane, lieve, medio, forte)

Tab.1 – Pere Abate Fetel: numero di frutti sani, eliminati, affetti da riscaldamento superficiale (lieve, medio, forte) al termine di ogni periodo di conservazione + 7 giorni a 20°C

Mesi conservazione	Atmosfera	Grado di maturazione	Eliminate	Riscaldamento lieve	Riscaldamento medio	Riscaldamento forte	Sane
5 mesi	AN	poco		9	8	1	2
	AN	medio		8	9		3
	AN	molto	1	7	5	4	3
	AC	poco		9	8	2	1
	AC	medio	3	3	5	5	4
	AC	molto		5	8	4	3
6 mesi	AN	poco	2	4	10	4	
	AN	medio		3	9	7	1
	AN	molto		3	7	7	3
	AC	poco	3	6	6	4	1
	AC	medio	5	5	5	2	3
	AC	molto	3	5	9	3	

Tab.2 – Pere Conference: numero di frutti sani, eliminati, affetti da riscaldamento superficiale (lieve, medio, forte) e da riscaldamento nero (lieve, medio, forte) al termine di ogni periodo di conservazione + 7 giorni a 20°C

Mesi di conservazione	Atmosfera	Grado di maturazione	Eliminate	Sane	Riscaldamento nero lieve	Riscaldamento nero medio	Riscaldamento nero forte	Riscaldamento superficiale lieve	Riscaldamento superficiale medio	Riscaldamento superficiale forte
5 mesi	AN	poco	1	3	6	3	5	3	1	2
	AN	medio	–	1	5	4	8	3	2	1
	AN	molto	1	6	3	4	1	2	1	4
	AC	poco	2	5	4	4	4	1	–	–
	AC	medio	3	6	1	6	4	–	–	–
	AC	molto	–	11	5	2	2	–	–	–
6 mesi	AN	poco	1	1	1	2	15	1	1	
	AN	medio	1	3	2	4	8	1	–	2
	AN	molto	1	4	1	3	5	1	1	7
	AC	poco	3	1	2	10	5	–	–	–
	AC	medio	1	2	4	7	6	–	–	–
	AC	molto	2	2	1	5	9	–	1	–

Per esigenze di sintesi in grafico sono presentati gli effetti dei tre fattori di variabilità: grado di maturazione valutato alla raccolta, durata e atmosfera di conservazione.

Complessivamente le rondelle sono caratterizzate da contenuti di umidità estremamente bassi, condizione necessaria affinché risultino croccanti (Fig.4). Questo parametro è influenzato significativamente dalla cultivar ($P=0,0070$) in quanto le rondelle ottenute da pere Conference si distinguono per valori più elevati (1,28-1,49%) rispetto alle rondelle ottenute da pere Abate Fetel (1,22-1,29%). Le variabili tempo e atmosfera di conservazione non influiscono su questa caratteristica. Si evidenzia che il campione Conference con grado di maturazione medio è caratterizzato da un contenuto di umidità (1,49 %) significativamente più elevato.

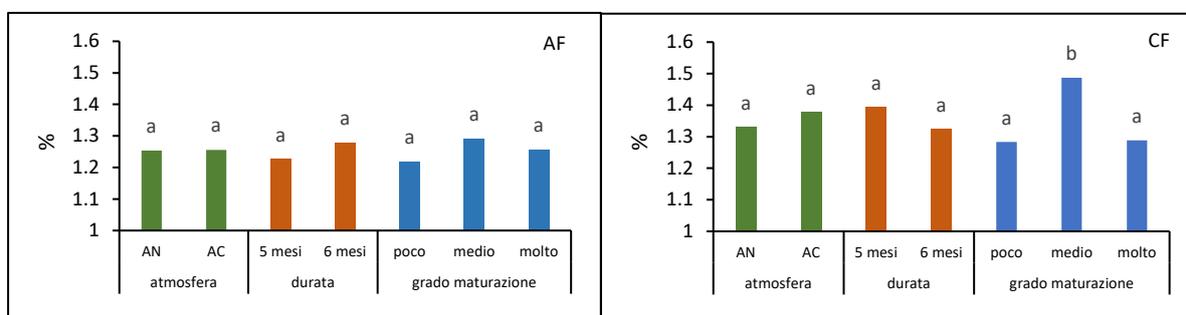


Fig. 4 – Contenuto di umidità di rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione.

Anche i valori dell'aw sono molto bassi e piuttosto simili tra loro, come evidenziato dal range 0,18-0,20 (Fig. 5); questi valori sono tali da rendere il prodotto assolutamente stabile dal punto di vista microbiologico. Sebbene il range di valori sia molto ristretto si evidenzia una leggera ma significativa influenza della cultivar ($P=0,0148$), con valori leggermente più elevati per la cv Abate. Il parametro aw risulta significativamente più elevato per i campioni ottenuti da pere Conference conservate in AC, per 6 mesi e più mature, e da pere Abate meno mature. Il grado di severità dei difetti non ha significativi effetti su entrambi i parametri indipendentemente dalla cultivar.

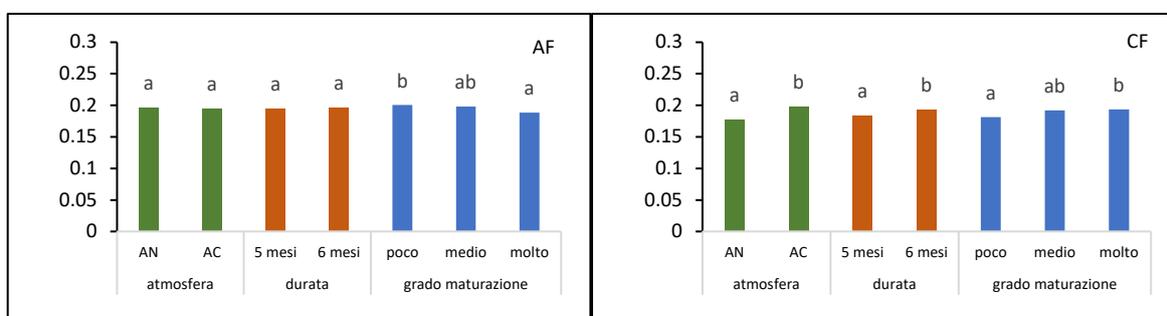


Fig. 5 – Attività dell'acqua (aw) di rondelle essiccate da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione.

Con il processo di essiccamento si registra un calo peso importante per entrambe le cultivar (Fig.6), leggermente superiore, sebbene in modo significativo ($P=0,0011$), per le rondelle Conference (80,8-82,3%) rispetto alle Abate (80,6-81,9%). Il calo peso diminuisce significativamente con l'aumentare del grado di maturazione e l'atmosfera di conservazione influisce significativamente ma in modo opposto per le due cultivar.

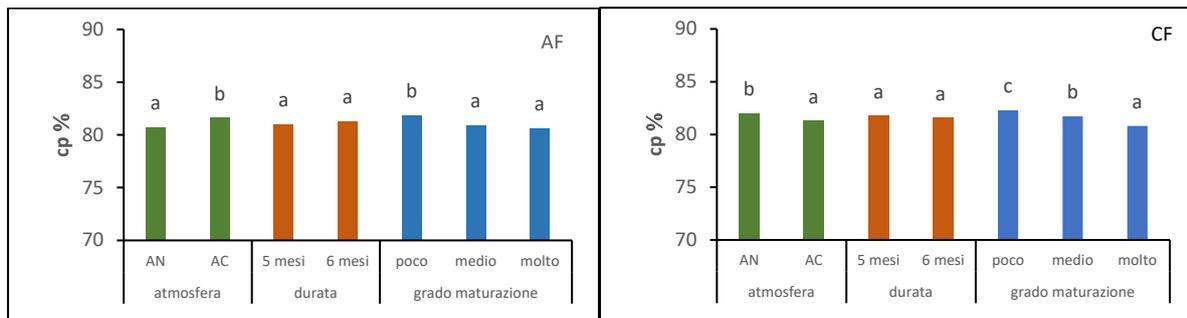


Fig. 6 – Calo peso di rondelle ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione.

Oltre al calo peso, con l'essiccamento si verifica un fenomeno di contrazione dei tessuti con conseguente riduzione dell'area della rondella di circa il 30% (Fig.7). La variabile che influenza maggiormente questo parametro è la cultivar ($P=0,0000$), come evidenziato dal range di contrazione più elevato per le rondelle Abate (34-31%) rispetto a quello (30-24%) per le rondelle Conference. Per quanto riguarda l'influenza delle altre variabili si rileva che le rondelle da frutti Abate più maturi e Conference conservati in AC subiscono una minore contrazione. Come evidenziato precedentemente per contenuto di umidità e attività dell'acqua anche per questi due parametri non si verifica alcuna influenza significativa del grado di severità dei difetti.

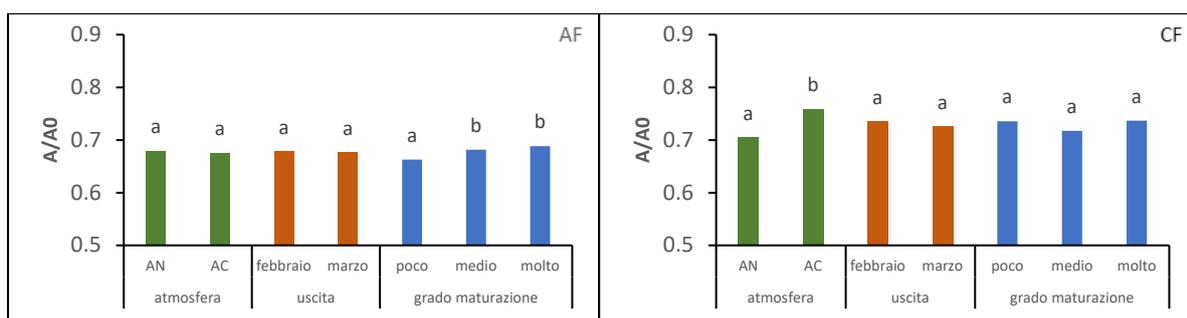


Fig. 7 – Indice di contrazione dell'area (A/A_0) di rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione.

Con l'essiccamento si verificano importanti modificazioni, cultivar dipendente ($P=0,0000$), del colore delle rondelle, in particolare le tesi ottenute dai frutti Conference risultano particolarmente imbrunite a fine processo ($BI= 114,8-123,2$) rispetto a quelle ottenute da frutti Abate ($BI=73,5-82,8$) (Fig. 8).

La durata della conservazione e il grado di maturazione influenzano l'indice d'imbrunimento delle rondelle ottenute da frutti Abate, con valori più elevati per le tesi ottenute da pere poco mature e conservate 5 mesi; mentre l'atmosfera di conservazione influisce su questo parametro per le tesi Conference, con valori più elevati per quelle ottenute da pere conservate in AN.

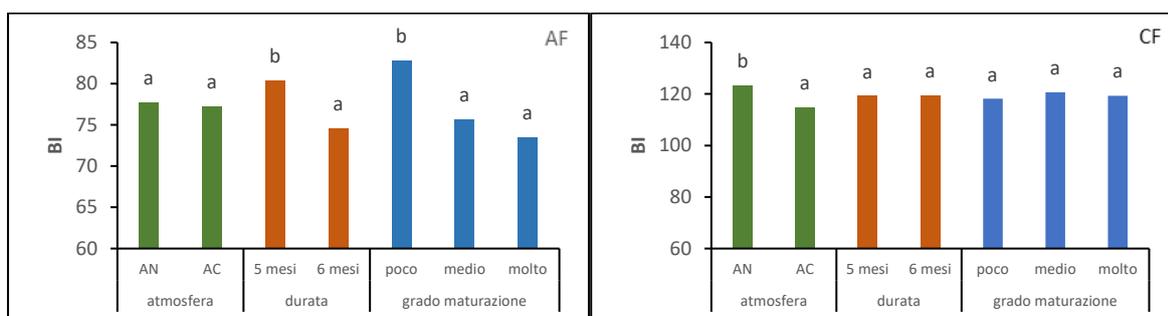


Fig. 8 – Indice di imbrunimento di rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione

Le variazioni di colore (ΔE) sono piuttosto consistenti per entrambe le cultivar (Fig. 9), con valori significativamente ($P=0,0000$) superiori per le rondelle ottenute da pere Conference (range 29,2-29,8), indipendentemente dall'atmosfera/durata della conservazione e dal grado di maturazione, rispetto alle rondelle ottenute da pere Abate (22,4-24,0), che risultano influenzate solo dal periodo di conservazione. Complessivamente le variazioni di colore sono più elevate rispetto a quanto riscontrato su rondelle ottenute da mele conservate 5 mesi ($\Delta E=15-18$) (Rizzolo et al, 2011).

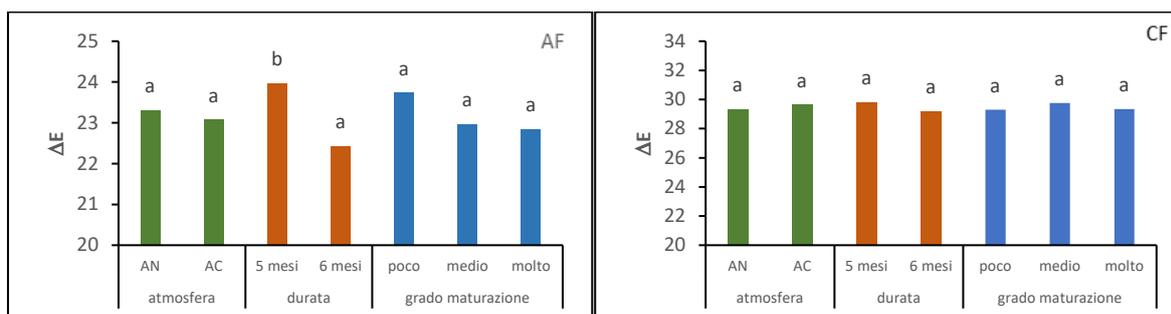


Fig. 9 – Modificazione del colore (ΔE) di rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione

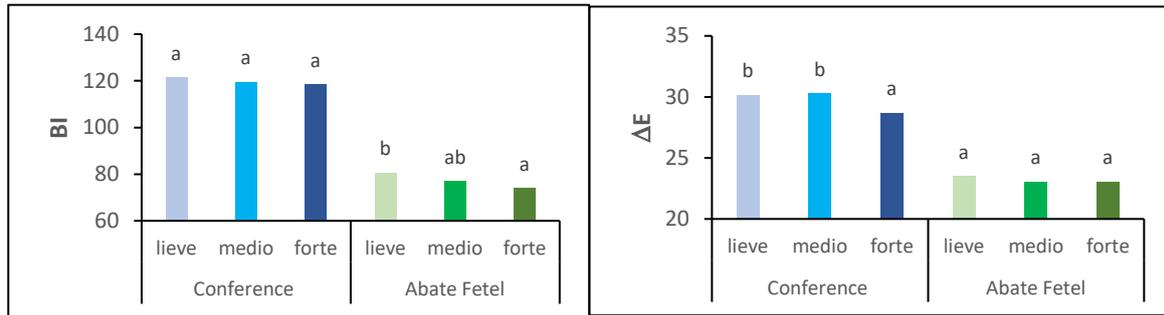


Fig. 10 – Indice di imbrunimento (sx) e modificazione del colore (ΔE) (dx) di rondelle essiccate ottenute da frutti Conference e Abate Fetel in base al grado di gravità del difetto

Per quanto riguarda la gravità dei difetti (Fig. 10), le rondelle ottenute da pere Abate lievemente difettate risultano caratterizzate da indici di imbrunimento più elevati, mentre quelle ottenute da pere Conference lievemente/mediamente difettate subiscono una variazione di colore più elevata.

Dall'acquisizione del profilo meccanico sono stati ottenuti i valori di durezza (F_{max} , N) e un indice di croccantezza (E_{mod} , MPa) (Farris et al, 2008). Complessivamente le rondelle risultano poco dure (Fig. 11), come si evince dal range di valori acquisito per le rondelle ottenute da pere Conference (5,75-6,49 N), leggermente ma significativamente ($P=0,0000$) superiore rispetto al range acquisito per le rondelle Abate Fetel (4,78-5,45 N), entrambi confrontabili con quelli ottenuti su rondelle di mele (~4,5-7 N) (Rizzolo et al, 2011). Questo parametro è influenzato da tutte e tre le variabili considerate, in quanto le rondelle ottenute da pere Abate conservate in AN, per 5 mesi e con grado di maturazione medio risultano più dure, mentre le rondelle da pere Conference sono influenzate solo dalle condizioni di conservazione con valori più elevati per le tesi ottenute da frutti conservati in AC e per 5 mesi.

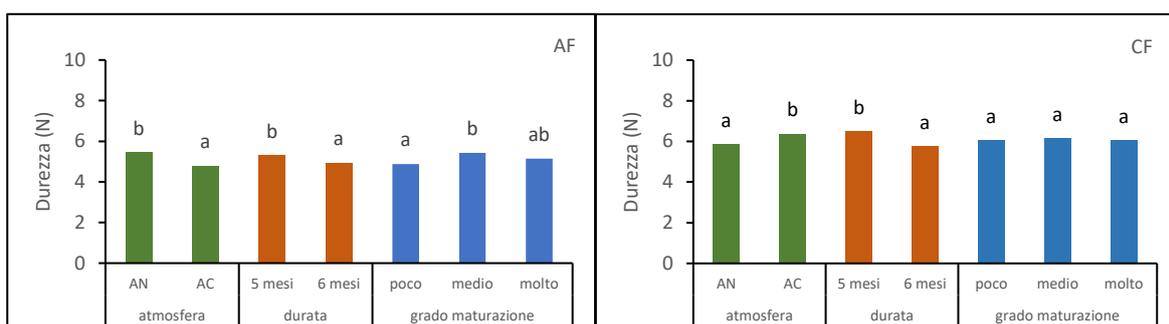


Fig. 11 – Durezza delle rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione

Relativamente all'indice di croccantezza (E_{mod}) (Fig. 12) le rondelle ottenute da pere Conference risultano ($P=0,0162$) leggermente meno croccanti (183,3-218,5 MPa) rispetto a quelle ottenute da Abate Fetel (201,8-234,3). Inoltre, le rondelle ottenute da frutti poco maturi di entrambe le cultivar e da frutti Abate conservati in AN sono caratterizzate da indici di

croccantezza significativamente più elevati. Non si evidenzia alcuna influenza della durata della conservazione su questo parametro. Nel complesso questi risultati sono superiori a quanto riscontrato in precedenza per le mele (29,7-103 MPa) (Rizzolo et al, 2011). Questa discrepanza può essere dovuta non solo al diverso spessore delle rondelle, 4 mm per la pera e 5 mm per la mela, ma anche alla struttura più compatta (minori spazi intracellulari) della pera rispetto alla mela.

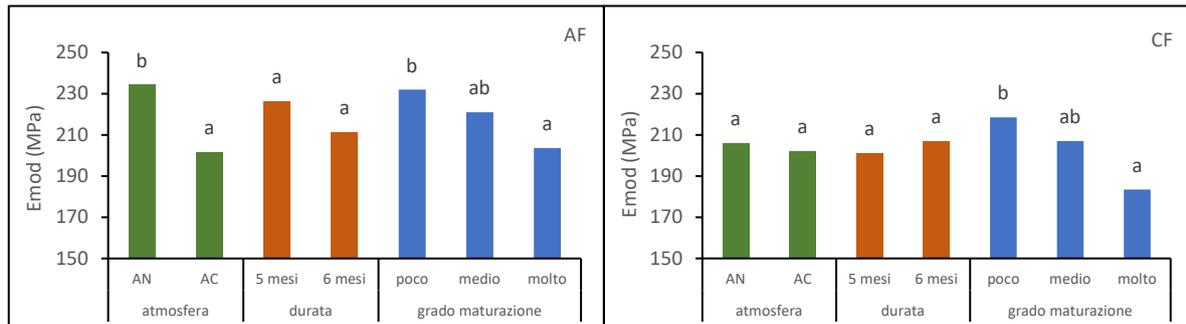


Fig. 12 – Indice di croccantezza delle rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione

Inoltre, si evidenzia che le rondelle ottenute da frutti Conference che hanno sviluppato un difetto classificato grave risultano meno dure rispetto a quelle ottenute da frutti con difetti meno gravi (Fig. 13), mentre per il medesimo parametro per la cv Abate e per l'indice di croccantezza di entrambe le cultivar non si evidenziano differenze riconducibili ai difetti.

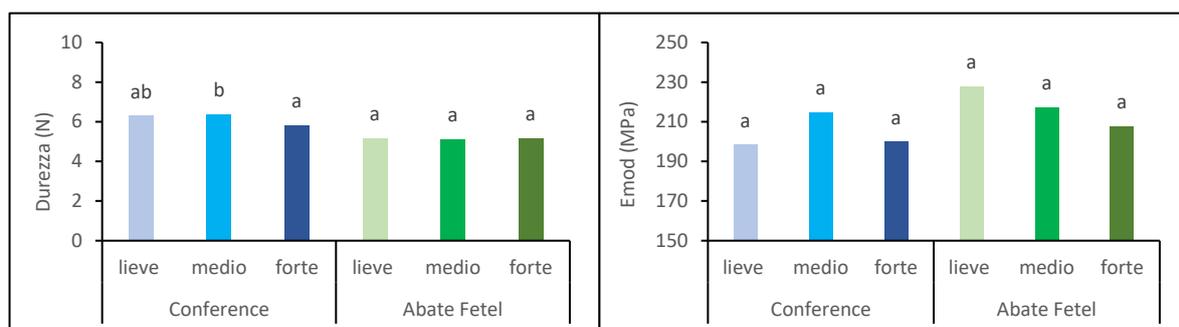


Fig. 13 – Durezza e Indice di croccantezza di rondelle essiccate in base al grado di gravità del difetto

Il profilo acustico è stato acquisito applicando il filtro per il rumore di base e ponendo il parametro "gain" uguale a 2, che aumenta il segnale di un valore pari a +12 dB (2 x 6 dB), e la soglia di frequenza a 3,125 KHz. I dati relativi ai picchi acustici sono stati elaborati applicando la correzione (-12 dB) derivante dall'aver posto il gain uguale a 2. Dell'elaborazione del profilo acustico si presenta il numero (Fig. 14) e il valore medio (Fig. 15) dei picchi, oltre al numero (Fig. 16) e valore medio (Fig. 17) dei picchi superiori a 60 dB, in quanto i suoni con intensità più elevata sono quelli che influiscono maggiormente sulla percezione della

croccantezza (Rizzolo et al., 2014). Complessivamente, i dati relativi al numero di picchi (Fig. 14) e al loro valore medio (Fig. 15) sia per Abate Fetel ($n=7,2-11,1; 62,9-68,6$ dB) che per Conference ($n=14,4-16,5; 60,4-62,2$ dB) dimostrano che il prodotto ottenuto presenta caratteristiche di croccantezza.

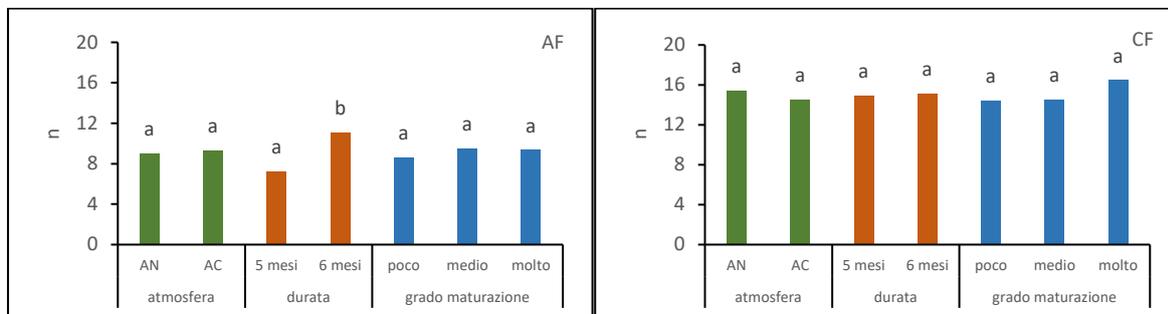


Fig. 14 – Numero totale di picchi acustici prodotti dalla rottura di rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione

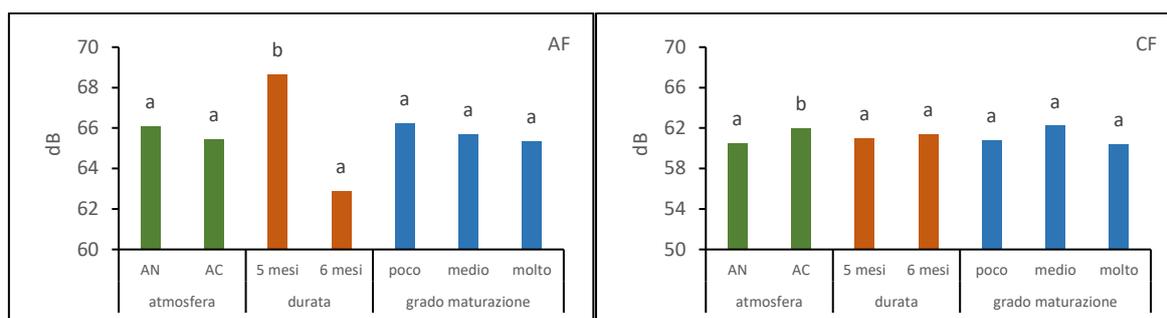


Fig. 15 – Valore medio dei picchi prodotti dalla rottura di rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione

La cultivar influenza significativamente il valore medio ($P=0,0000$), il numero totale ($P=0,0000$) e il numero dei picchi superiori alla soglia dei 60 dB ($P=0,0000$). Nel contempo non si evidenzia alcuna influenza del grado di severità dei difetti su tutti i parametri acustici considerati (dati non mostrati). Relativamente alle rondelle ottenute da frutti Abate Fetel, quelle ottenute da pere conservate per 5 mesi producono un numero inferiore di picchi ma di intensità media più elevata. Per le rondelle ottenute da pere Conference, la sola influenza significativa è riconducibile all'atmosfera di conservazione sul valore medio dei picchi, che è risultato più elevato nelle rondelle ottenute da frutti conservati in AC.

Considerando i picchi con intensità superiore a 60 dB, si evidenzia che il valore medio (Fig. 16) per le rondelle ottenute da pere Conference è influenzato da tutte e tre le variabili considerate, con valori più elevati per le tesi ottenute da pere più mature, conservate in AC e per 5 mesi. Relativamente alla cv Abate solo la durata della conservazione influisce su questa tipologia di picchi (>60 dB), in quanto le tesi ottenute da frutti conservati 6 mesi producono un maggior numero di picchi (Fig. 17), ma il valore medio (Fig. 16) più elevato è riconducibile ai frutti conservati 5 mesi.

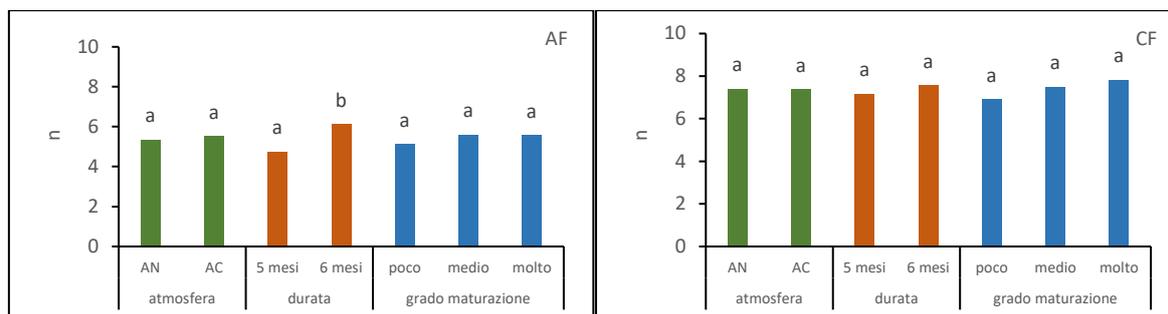


Fig. 16 – Numero di picchi acustici > 60dB prodotti dalla rottura di rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione

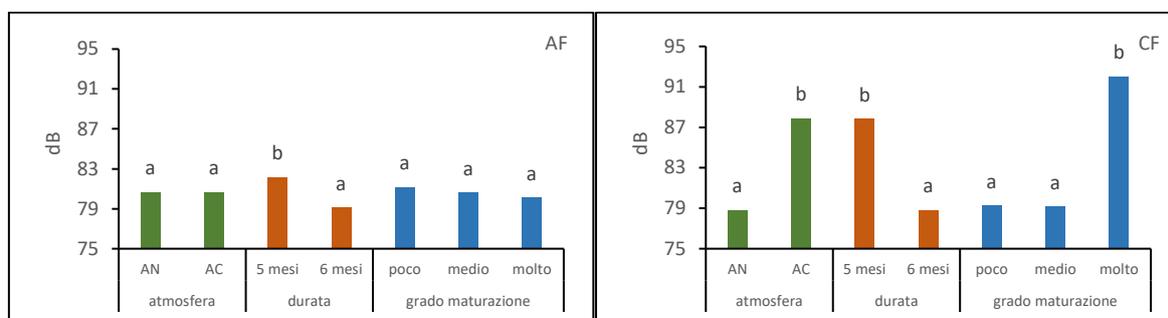


Fig. 17 – Valore medio dei picchi > 60dB prodotti dalla rottura di rondelle essiccate ottenute da frutti Abate Fetel (sx) e Conference (dx) in base al grado di maturazione e alla durata/atmosfera di conservazione

L'insieme dei risultati suggerisce che le rondelle prodotte dalle due cultivar abbiano un comportamento diverso in quanto le rondelle ottenute da pere Conference producono un maggior numero di picchi sia totali che superiori a 60dB ma mediamente meno intensi rispetto alle rondelle ottenute da pere Abate.

5. Conclusione

Complessivamente il progetto ha dimostrato che è possibile ottenere uno snack croccante sia da pere Abate Fetel che da Conference, valorizzando i frutti che, soprattutto a fine conservazione sviluppano fisiopatie superficiali, in particolar modo riscaldamento superficiale e riscaldamento nero. Le rondelle essiccate, dato il loro contenuto di umidità e attività dell'acqua estremamente limitato, sono un prodotto microbiologicamente stabile, che non necessita di additivi e/o conservanti e con buone prospettive commerciali.

L'insieme dei risultati ha indicato che le caratteristiche del prodotto essiccato sono influenzate significativamente dalla cultivar piuttosto che dalle condizioni di conservazione (durata/atmosfera), dal grado di maturazione alla raccolta e dalla gravità dei difetti superficiali sviluppati.

Le rondelle ottenute da pere Abate Fetel sono risultate molto meno imbrunite, oltre che leggermente meno dure e più croccanti, rispetto a quelle ottenute da pere Conference. Questi dati indicano che i frutti della cv Abate Fetel sono particolarmente adatti per la produzione di rondelle essiccate.

6. Bibliografia

Farris S., Gobbi S., Torreggiani D., Piergiovanni L., 2008. Assessment of two different rapid compression tests for the evaluation of texture differences in osmo-air-dried apple rings. *Journal of Food Engineering* 88, 484-491.

Rizzolo A., Vanoli M., Cortellino G., Spinelli L., Torricelli A. 2011. Quality characteristics of air-dried apple rings: influence of storage time and fruit maturity measured by time-resolved reflectance spectroscopy. *Procedia Food Science* 1, 216 – 223.

Rizzolo A., Vanoli M., Cortellino G., Spinelli L., Contini D., Herremans E., Bongaers E., Nemeth A., Leitner M., Verboven P. Nicolai B.M., Torricelli A. 2014. Characterizing the tissue of apple air-dried and osmo-air-dried rings by X-CT and OCT and relationship with ring crispness and fruit maturity at harvest measured by TRS. *Innovative Food Science and Emerging Technology* 24, 121-130.