



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

D21 PROTOTIPO OTTIMIZZATO PER MISURE SU PERE

Work Package	WP2
Responsabile	Lorenzo Spinelli (CNR-IFN)
Partecipanti	CNR-IFN, POLIMI-DFIS
Classificazione	CO (Confidenziale)
Data	17/12/2020
Versione	2.0



Versioni

Versione	Data	Commenti	Autori
1.0	01/09/2020	Versione preliminare	L.Spinelli (CNR-IFN)
1.0	01/09/2020	Revisione	A.Torricelli (POLIMI-DFIS)
2.0	17/12/2020	Versione finale	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.



Indice

1.	RIEPILOGO GENERALE	4
2.	INTRODUZIONE	5
3.	CONTENUTO	6
	Nuova versione dello strumento TRS.....	6
	Validazione della nuova versione dello strumento TRS.....	8
4.	CONCLUSIONE E SVILUPPI FUTURI.....	10

Lista delle figure

Fig 1: Schema dello strumento TRS. GRIN: graded-index; SYNC: segnale di sincronismo; CFD: segnale di controllo; TCSPC: scheda per il conteggio di singolo fotone correlato nel tempo.

Fig 2: Immagini dello strumento TRS: come era in origine, disposto su un carrello (a) e come si presenta ora la nuova versione nell'armadio per rack 19" (b).

Fig 3: Kit di fantocci solidi con proprietà ottiche variabili, simili a quelle dei tessuti biologici. Le frecce tratteggiate indicano le serie di campioni utilizzate per la caratterizzazione dello strumento: serie B1, B2, ..., B8 (freccia rossa); serie A2, B2, C2, D2 (freccia blu).

Fig 4: Risultati delle misure di linearità effettuate sullo strumento TRS: il valore del coefficiente di assorbimento (a) e del coefficiente di dispersione ridotto (b) è riportato al variare del fantoccio delle 2 serie individuate in Fig. 3. Nei grafici sono riportate anche le rette che meglio interpolano i dati e le corrispondenti equazioni.



1. Riepilogo generale

L'obiettivo del Task 2.1 del progetto ESPERA è quello di ottimizzare un prototipo esistente per misure di spettroscopia laser a picosecondi nel vicino infrarosso (TRS) sviluppato da POLIMI DFIS e CNR IFN, con lo scopo di acquisire misure non distruttive del grado di maturazione delle pere, anche direttamente sul luogo di raccolta.

2. Introduzione

Una strumentazione portatile esistente per la spettroscopia ottica risolta nel tempo (TRS) sviluppata in collaborazione tra il Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano (POLIMI DFIS) e l'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del CNR (IFN-CNR) è stata ottimizzata e riassemblata all'interno di un armadio per rack 19", in un modo da renderla più modulare e robusta. Per mezzo di fantocci solidi, che imitano le proprietà ottiche dei tessuti biologici, la nuova versione dello strumento è stata completamente caratterizzata per quanto riguarda la sua capacità di valutare il coefficiente di assorbimento e il coefficiente di dispersione ridotto dei campioni misurati a diverse lunghezze d'onda. La nuova versione dello strumento TRS è risultata sufficientemente affidabile da consentire misurazioni non distruttive del grado di maturazione delle pere "Abate Fetel" considerate in questo progetto, anche direttamente sul luogo di raccolta.

3. Contenuto

Nuova versione dello strumento TRS

Una strumentazione portatile esistente in grado di effettuare misure di spettroscopia risolta nel tempo (TRS) sviluppata in collaborazione tra il Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano (POLIMI DFIS) e l'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del CNR (IFN-CNR) è stata ottimizzata per essere usata in questo progetto. In particolare, lo strumento è costituito da un laser supercontinuo (SC450-6W, Fianium, UK) come sorgente luminosa di luce bianca, che fornisce impulsi di durata di decine di picosecondi, regolabili in potenza mediante un attenuatore variabile; due ruote portafiltri caricate con 14 filtri interferenziali passa-banda utilizzati per la selezione spettrale nell'intervallo di lunghezze d'onda 540-940 nm; un rivelatore allo stato solido SiPM sviluppato anch'esso presso il Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano. La distribuzione del tempo di volo dei fotoni è misurata da una scheda per il conteggio di singolo fotone correlato nel tempo (SPC-130, Becker & Hickl, Germania). La luce viene portata al campione tramite una fibra ottica multimodale graded-index dal diametro di 200 μm e raccolta a una distanza di 1.5 cm in geometria di riflettanza mediante una fibra ottica multimodale grade-index in plastica dal diametro di 1 mm. Lo strumento è controllato tramite computer e tutte le operazioni sono completamente automatizzate. In Fig.1 è riportato lo schema del set-up.

In origine lo strumento era disposto su un carrello per facilitarne il trasporto (vedi Fig. 2a). Per renderlo più modulare e robusto, le diverse parti dello strumento sono state riassemblate all'interno di moduli rack 19", che a loro volta sono stati inseriti in un armadio per rack 19" dotato di ruote. In Fig. 2b è riportata l'immagine dello strumento allo stato attuale.

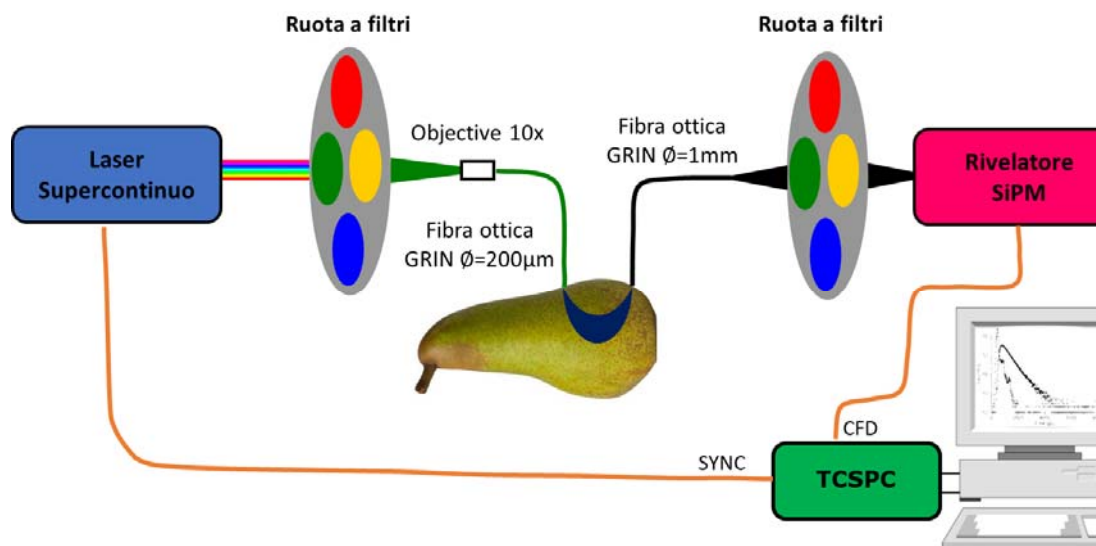


Fig 1: Schema dello strumento TRS. GRIN: graded-index; SYNC: segnale di sincronismo; CFD: segnale di controllo; TCSPC: scheda per il conteggio di singolo fotone correlato nel tempo.



(a)



(b)

Fig 2: Immagini dello strumento TRS: come era in origine, disposto su un carrello (a) e come si presenta ora la nuova versione nell'armadio per rack 19" (b).

Validazione della nuova versione dello strumento TRS

La nuova versione dello strumento TRS è stata caratterizzata sfruttando un kit di campioni solidi che avessero le proprietà ottiche simili a quelle dei tessuti biologici che successivamente si dovranno misurare. In particolare, sono stati utilizzati 8 campioni (indicati con la sigla B1, B2, ..., B8) che avessero coefficiente di dispersione ridotto costante e valori crescenti del coefficiente di assorbimento, e 4 campioni (indicati con le sigle A2, B2, C2 e D2) che avessero coefficiente di assorbimento costante e valori crescenti del coefficiente di dispersione ridotto. Un'immagine del kit completo dei fantocci solidi è riportata in Fig. 3, dove sono indicati anche quelli effettivamente utilizzati per la caratterizzazione dello strumento.

A titolo di esempio, in Fig. 4 sono riportati i risultati delle misure di linearità effettuate a 671 nm per il coefficiente di assorbimento e per il coefficiente di diffusione ridotto. Come si può vedere dai grafici la linearità risulta molto buona, con un valore per il coefficiente di determinazione R^2 molto vicino a 1. Risultati analoghi si sono osservati alle altre lunghezze d'onda.

Per quanto riguarda la precisione dello strumento, sono state effettuate sugli stessi campioni misure ripetute in diversi giorni, ottenendo valori medi del coefficiente di variazione del 3.3% sulla determinazione del coefficiente di assorbimento e del 3.6% quando si considera il coefficiente di dispersione ridotto, sempre a 671 nm. Di nuovo, risultati analoghi sono stati ottenuti per le altre lunghezze d'onda.

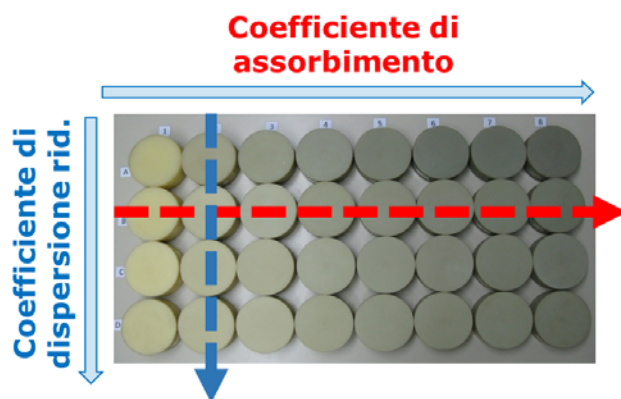
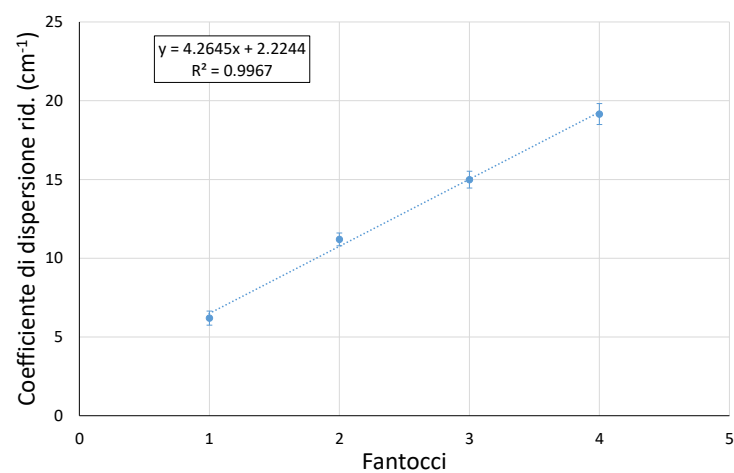
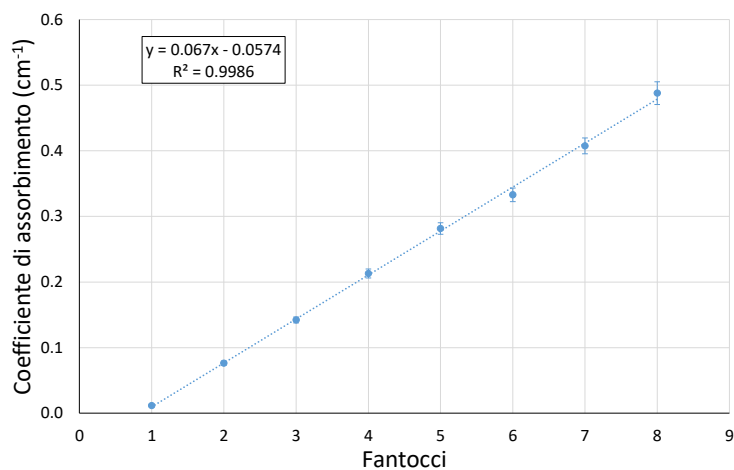


Fig 3: Kit di fantocci solidi con proprietà ottiche variabili, simili a quelle dei tessuti biologici. Le frecce tratteggiate indicano le serie di campioni utilizzate per la caratterizzazione dello strumento: serie B1, B2, ..., B8 (freccia rossa); serie A2, B2, C2, D2 (freccia blu).



(a)

(b)

Fig 4: Risultati delle misure di linearità effettuate sullo strumento TRS: il valore del coefficiente di assorbimento (a) e del coefficiente di dispersione ridotto (b) è riportato al variare del fantoccio delle 2 serie individuate in Fig. 3. Nei grafici sono riportate anche le rette che meglio interpolano i dati e le corrispondenti equazioni.

4. Conclusione e sviluppi futuri

Una strumentazione portatile esistente per effettuare misure di spettroscopia ottica risolta nel tempo è stata riassembleata all'interno di un armadio per rack 19", in un modo da renderla più modulare e robusta.

La caratterizzazione della nuova versione dello strumento TRS è stata completata utilizzando fantocci solidi con proprietà ottiche simili a quelle dei tessuti biologici, fornendo ottimi risultati in termini di linearità della risposta al variare delle proprietà ottiche e di riproducibilità dei valori ottenuti quando si considerano misure di uno stesso campione ripetute nel tempo.

In definitiva, lo strumento riassembleato nella nuova struttura a rack 19" è risultato adatto a svolgere le misure contemplate in questo progetto, volte in particolare alla determinazione non distruttiva del grado di maturazione delle pere "Abate Fetel".

Nei prossimi anni di progetto, oltre a svolgere le campagne di misura previste con la versione attuale, sarà progettata e realizzata una nuova versione dello strumento TRS, adatta all'inserimento in una linea industriale di selezione dei frutti.