

Monitorare la qualità di un prodotto durante la disidratazione

Christian Kopp, Michael Bantle

Affiliation: SINTEF Energi AS + Thermal energy

Trondheim (Norway)

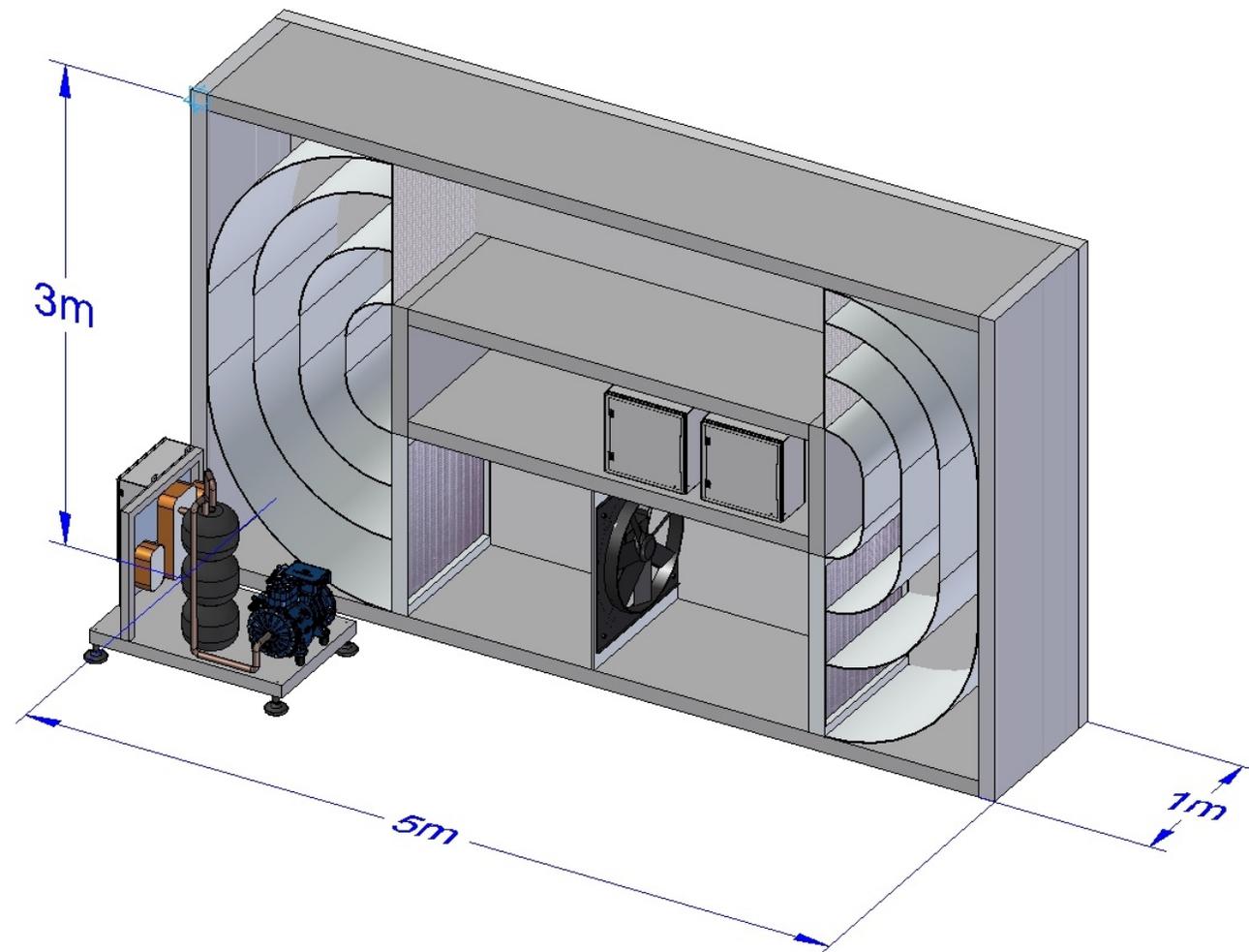
Christian.Kopp@Sintef.no

Michael.Bantle@Sintef.no

Situazione iniziale

Possibili impostazioni

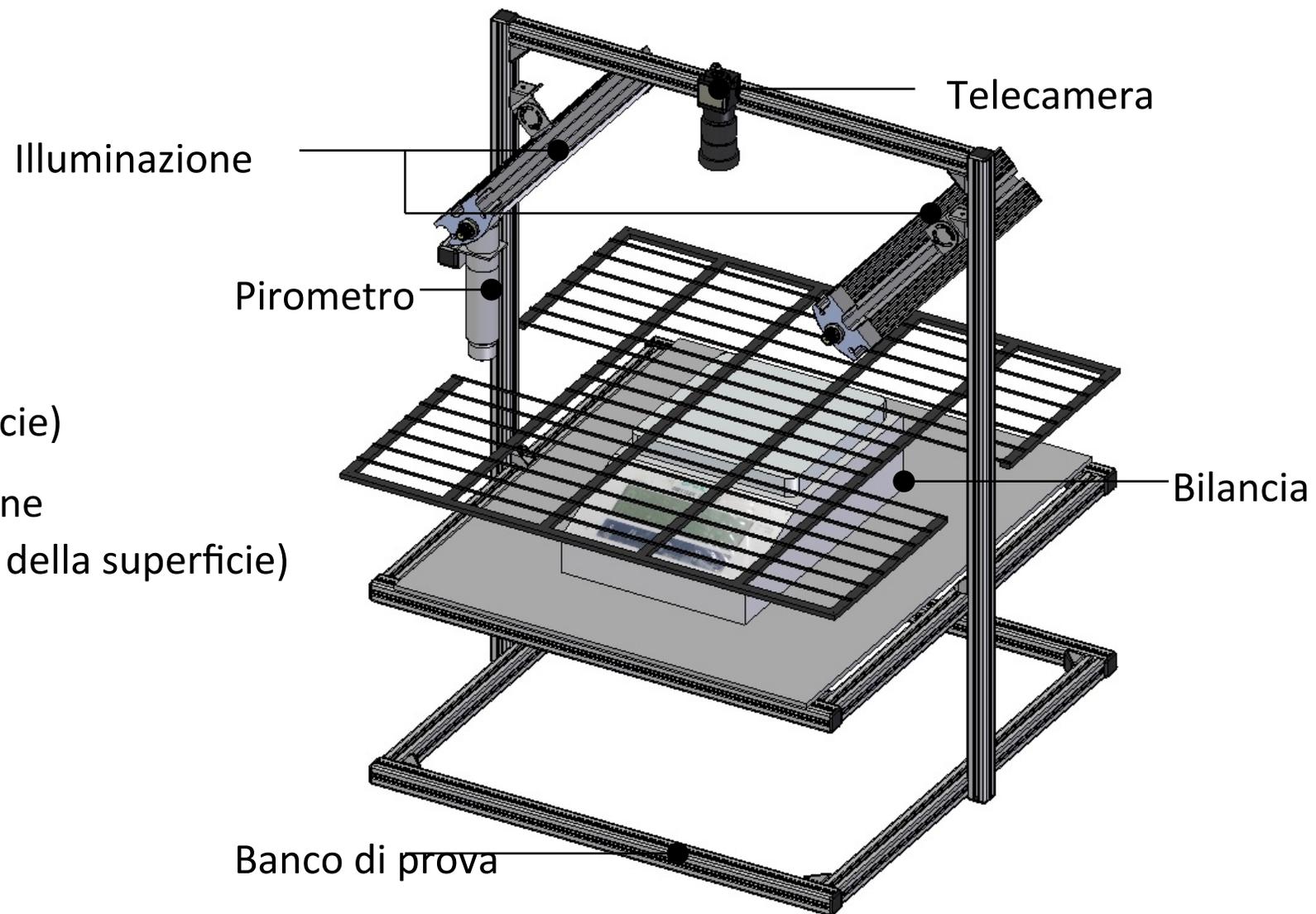
- Impostazione temperatura
- Impostazione velocità dell'aria
- Impostazione della temperatura del glicole
- Registrazione della temperatura
- Registrazione dell'umidità relativa
- Registrazione della velocità dell'aria



Modifiche

Nuovi sensori

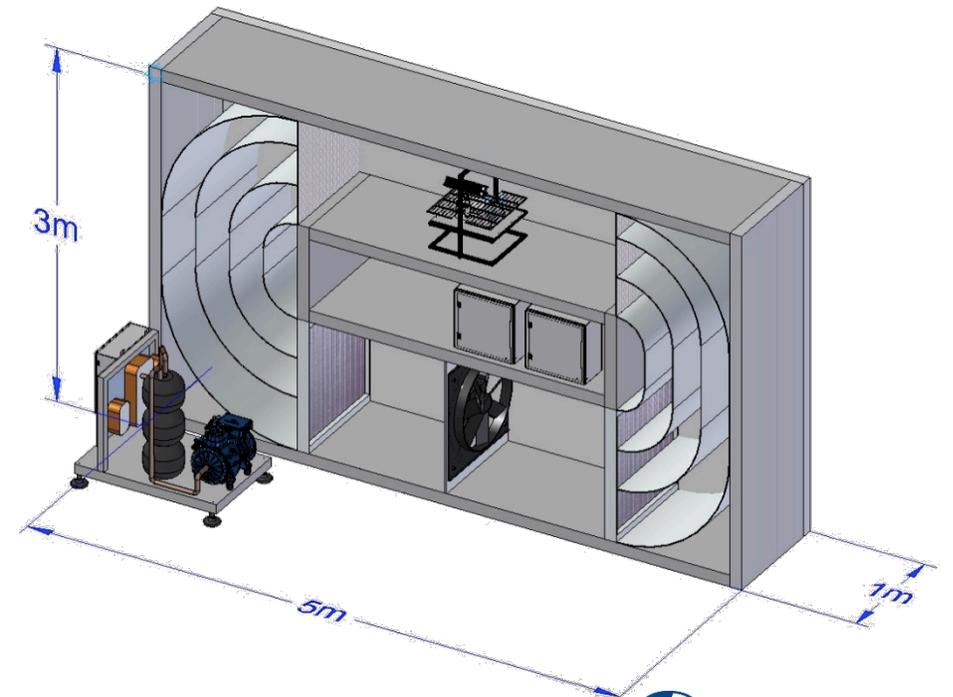
- Bilancia (cinetica di disidratazione)
- Pirometro (temperature della superficie)
- Sistema di telecamera con illuminazione (alterazione del colore, deformazione della superficie)



Modifiche

Nuove funzioni

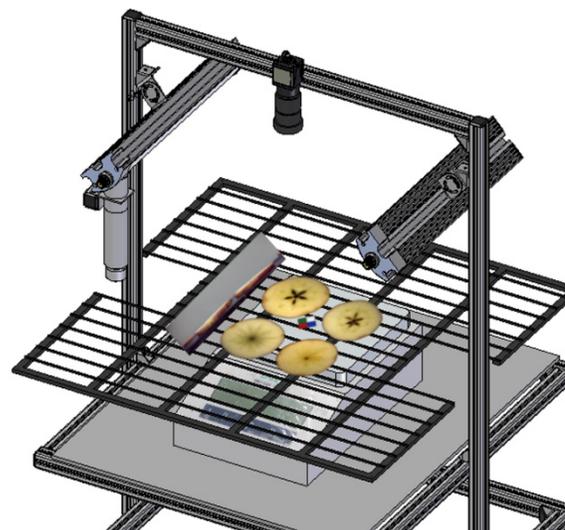
- Interfaccia grafica per l'utente con Sistema di controllo
- Regolazione della temperature, dell'umidità relativa e della velocità dell'aria
- Acquisizione dati in continuo
- Nessuna interruzione del processo di disidratazione
- Analisi dei parametri ottici
- Condizioni di processo di disidratazione programmabili



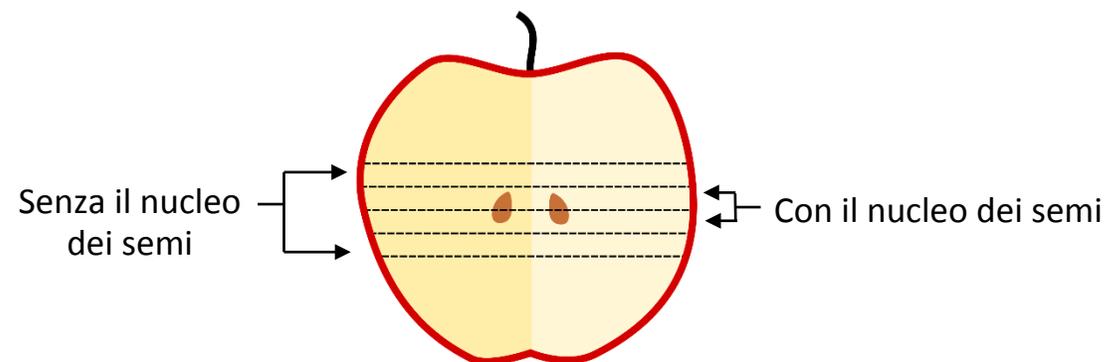
Esperimenti di setup

Setup

- Spessore delle fette di 5 mm
- Una sotto il pirometro
- I test sono stati replicati tre volte
- Quattro serie di test sono stati eseguiti al centro della camera di disidratazione



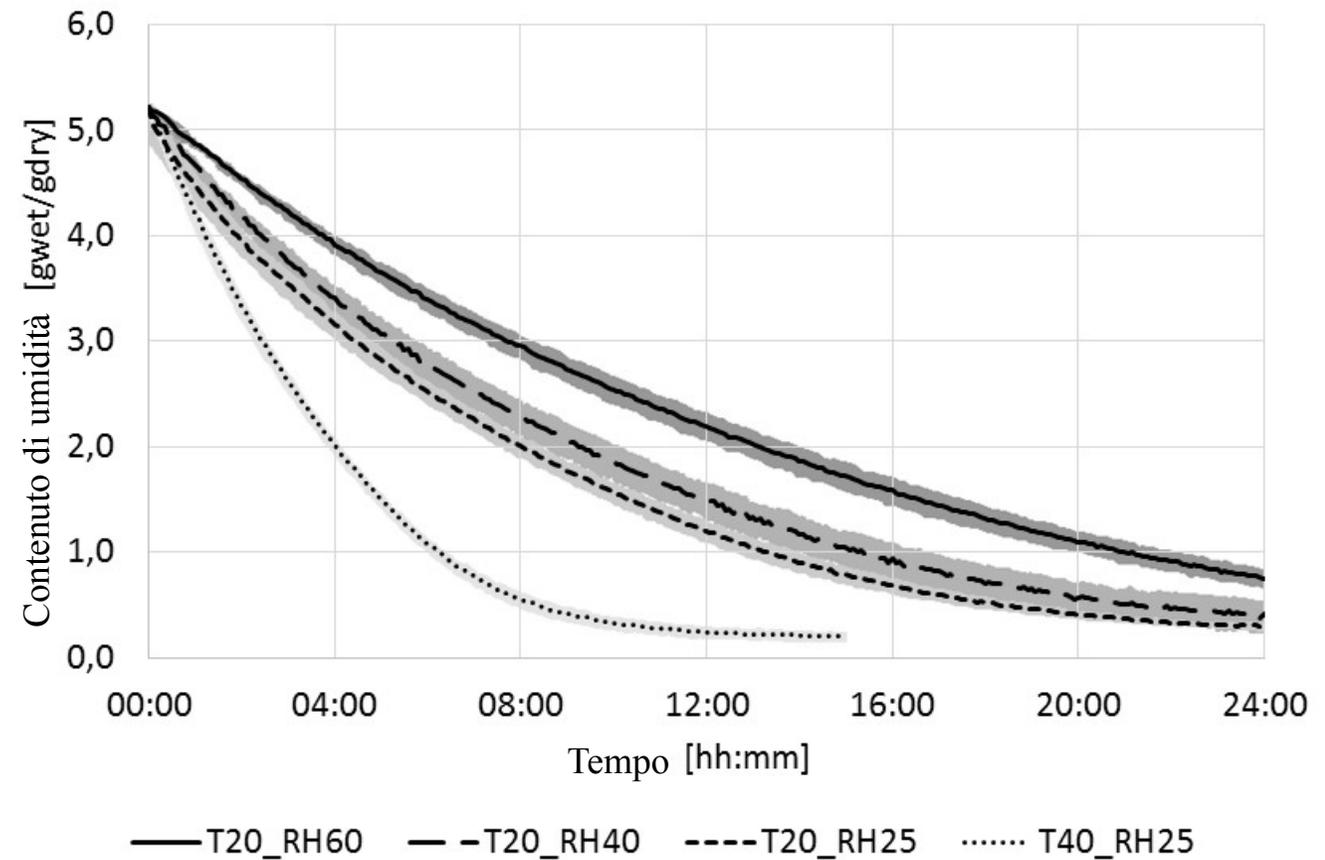
Nome del test	Temperatura dell'aria	Umidità relativa	Velocità dell'aria
T20_RH60	20 GradC	60%	1,5m/s
T20_RH40	20 GradC	40%	1,5m/s
T20_RH25	20 GradC	25%	1,5m/s
T40_RH25	40 GradC	25%	1,5m/s



Risultati della cinetica di disidratazione

Umidità

- risultato della disidratazione con a liofilizzazione sotto vuoto
- Determinazione del contenuto di umidità all'equilibrio con la camera climatica (**una settimana di disidratazione**)

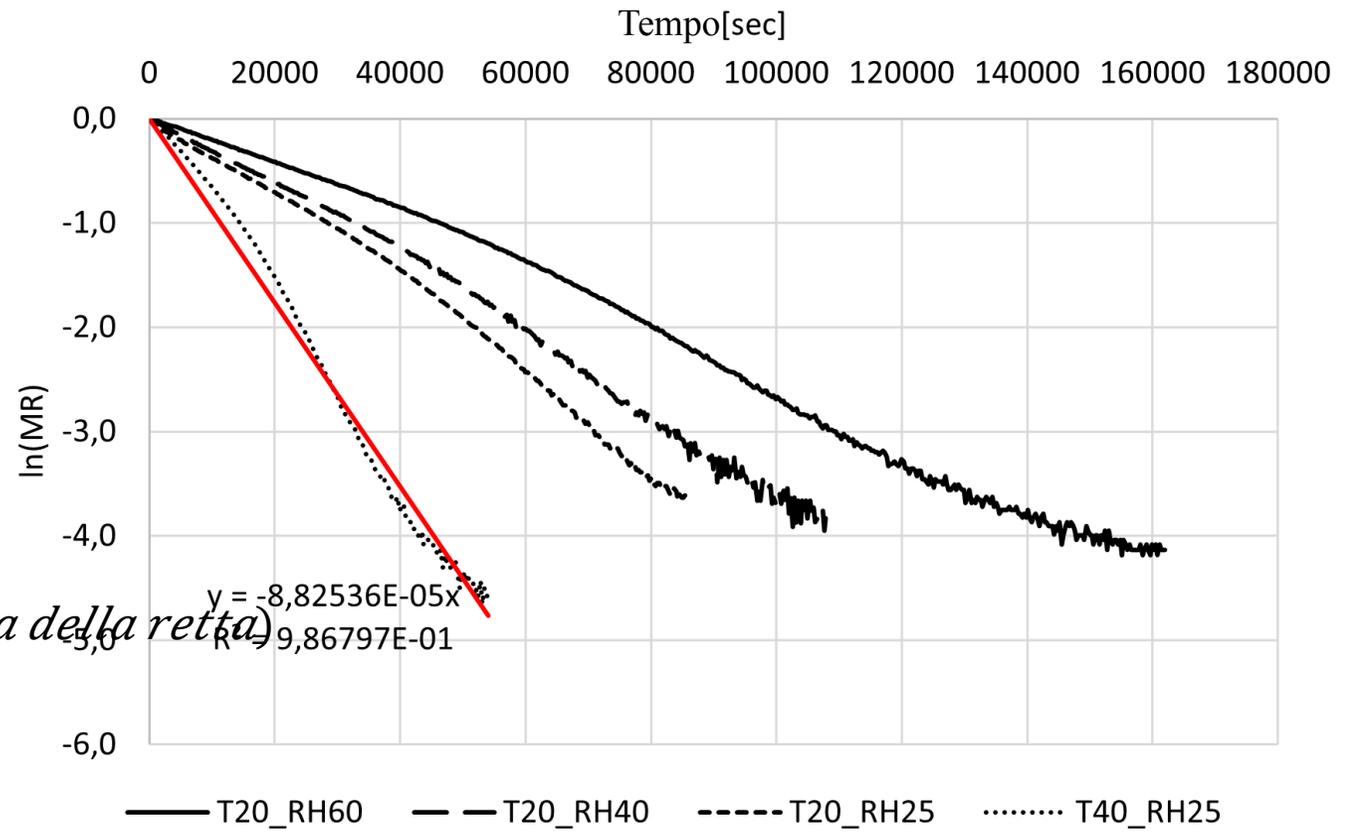


Risultati della cinetica di disidratazione

Diffusione effettiva^[1]

	D_{eff} [m ² /s]
T20_RH60	2,7E-10
T20_RH40	3,6E-10
T20_RH25	4,1E-10
T40_RH25	8,9E-10

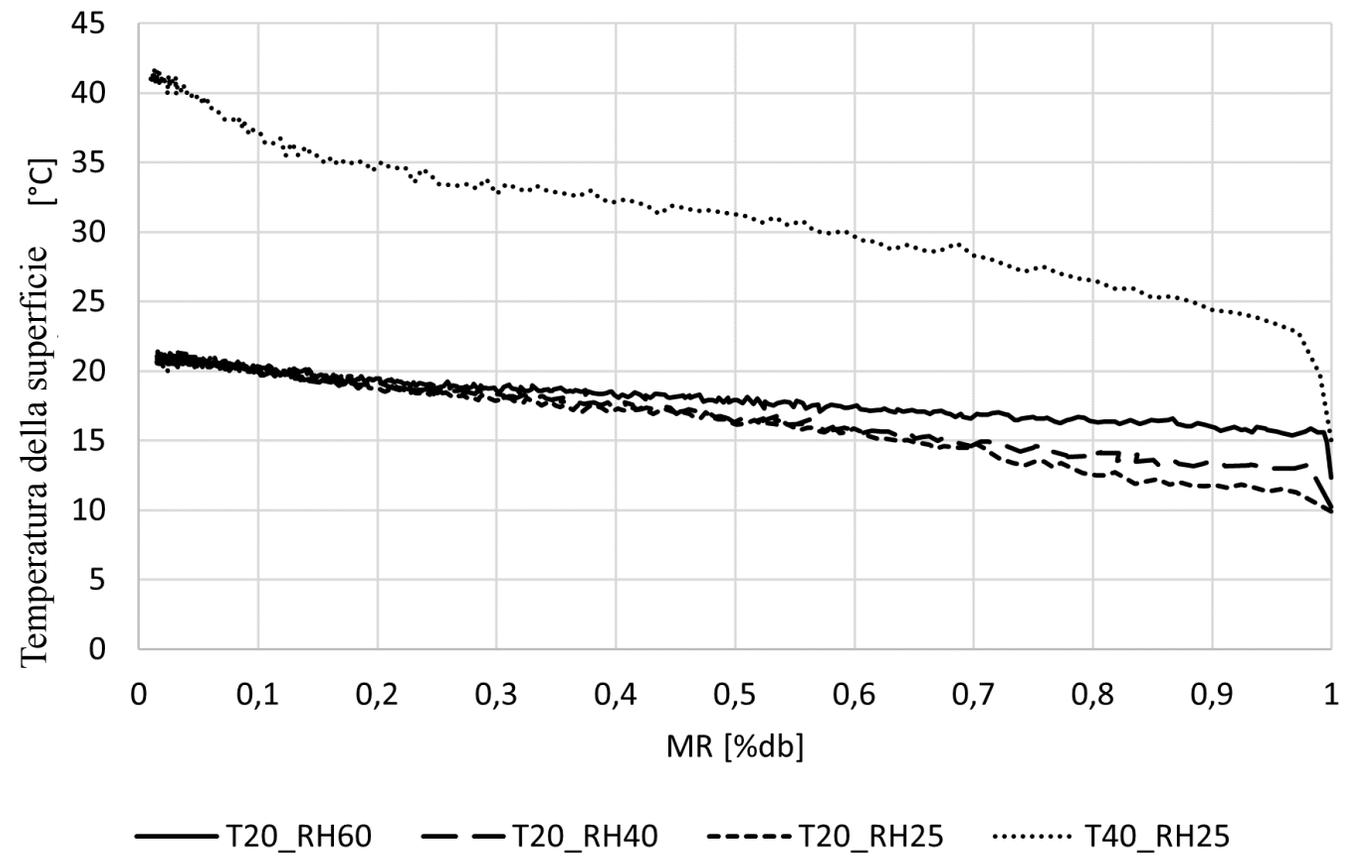
$$D_{eff} = - \left(4 \left(\frac{\text{spessore}}{2} \right)^2 / \pi^2 \right) * (\text{pendenza della retta})$$



Risultati degli esperimenti di disidratazione

Temperatura della superficie

- Una fetta di mela sotto il pirometro
- media delle acquisizioni su tre fette di mela
- Riscaldare all'inizio
(conservare a 8°C in frigorifero)
- Incremento lineare con l'umidità relativa

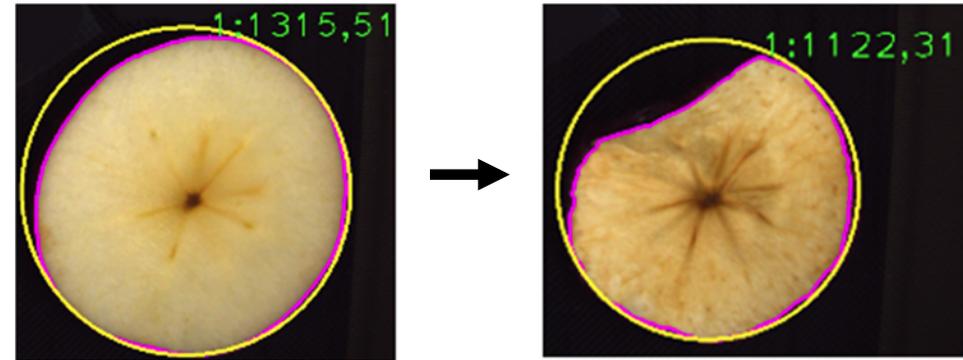


Parametri ottici (ritiro e deformazione)

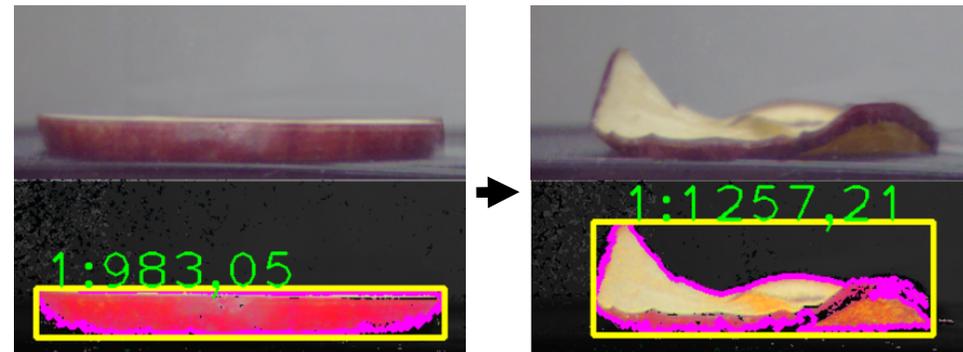
Principi di misura

- Analizzato con Java Tool and OpenCV [2]
- restringimento A_{actual} / A_{t0}
- deformazione A_{actual} / A_{ref}
- A_{ref} è la forma minima di riferimento

Visto dall'alto, il cerchio come forma di riferimento



Vista laterale, rettangolo come forma di riferimento



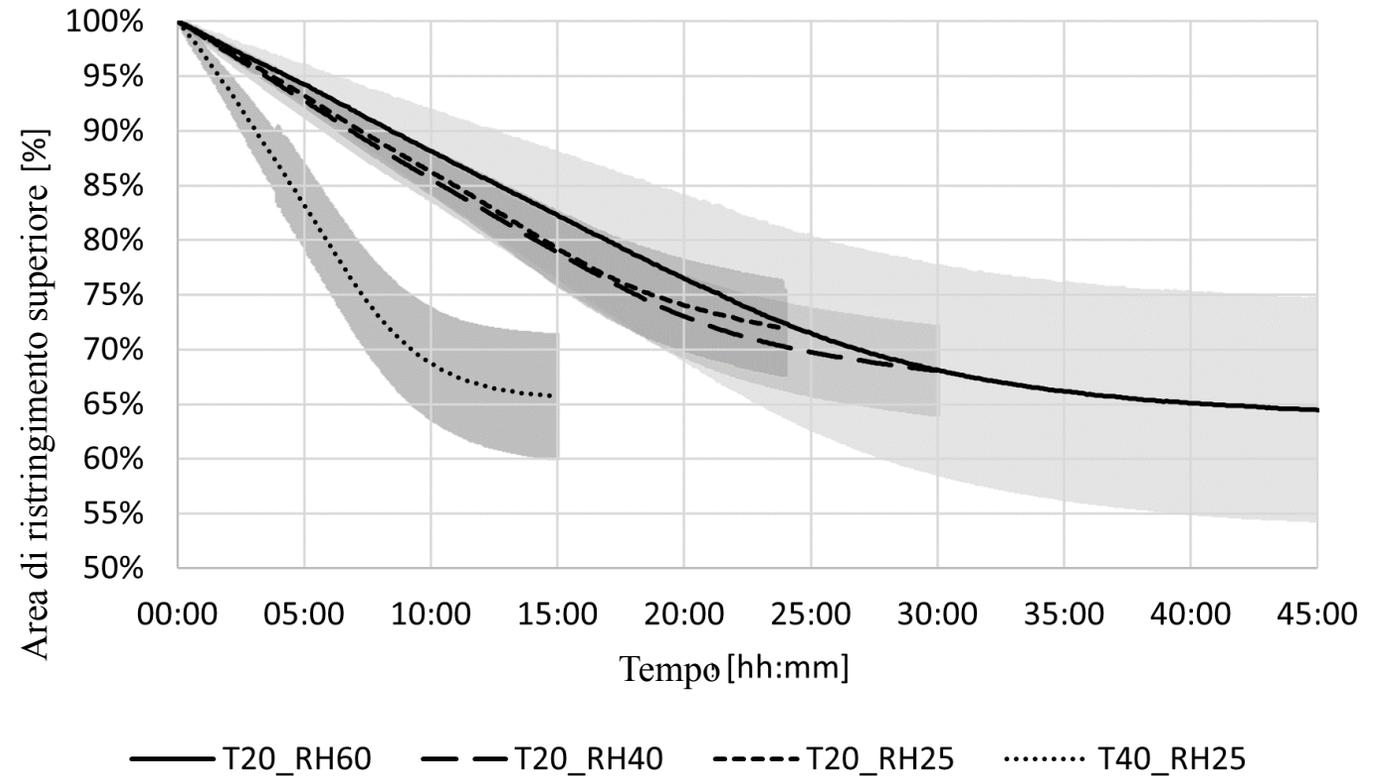
[Demo Video Top View\(30sec\)](#)

[Demo Video Sidelong View \(30sec\)](#)

Risultati dei parametri ottici

Ristringimento visto dall'alto

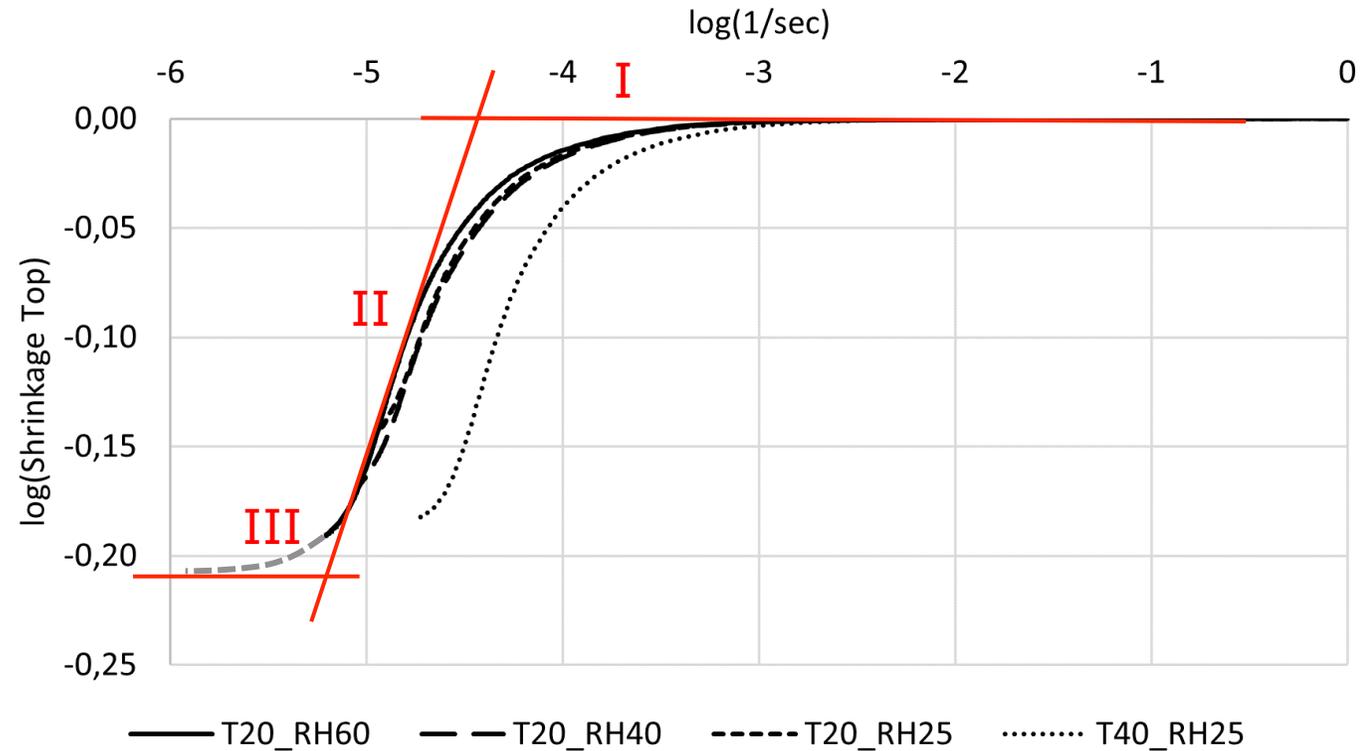
- Restringimento a 20°C e RH25%, RH40%
- Restringimento molto veloce a 40°C
- Grandezza simile del restringimento



Risultati dei parametri ottici

Ristringimento visto dall'alto

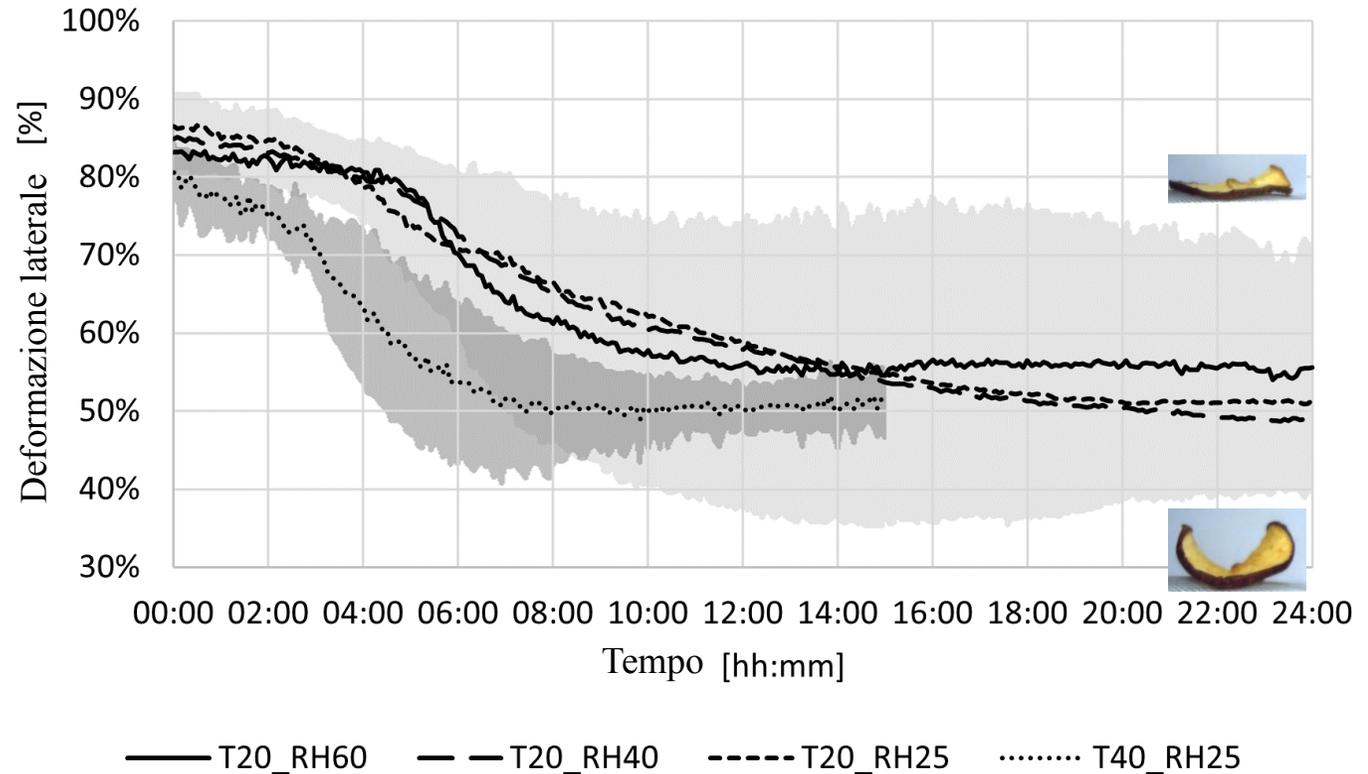
- differenti stati di restringimento
- Allo stato II si ha il più alto tasso di restringimento
- Circa il 90% dell'essiccazione è nello stato II



Risultati dei parametri ottici

Ristringimento laterale

- Deformazione simile a 20°C
- Elevata fluttuazione dell'entità della deformazione



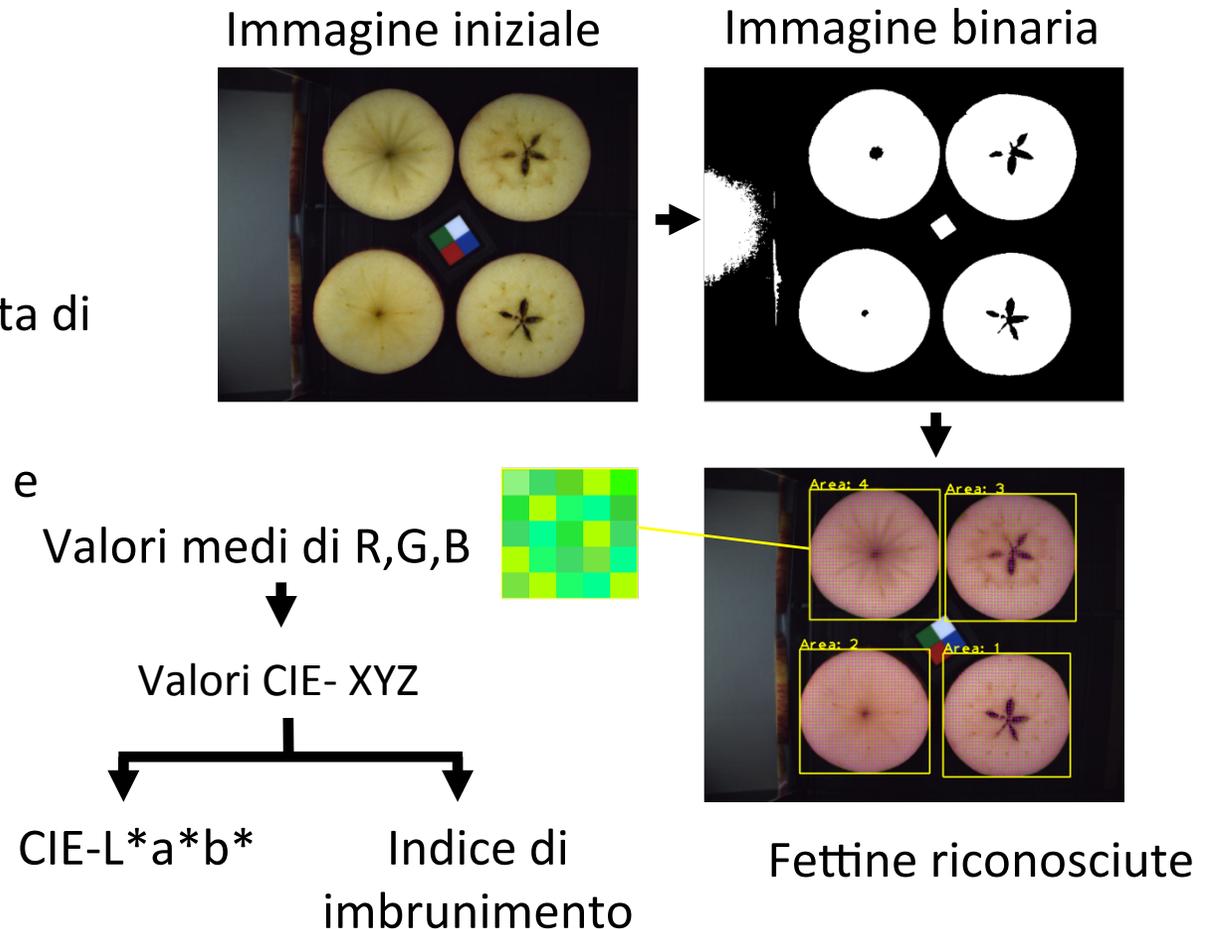
[Demo Video Deformation Side View \(30sec\)](#)

Parametri ottici (alternanza di colore)

Principi per la misurazioni

- Analizzati con Java Tool and OpenCV
- Lettura e media dei valori RGB per ogni fetta di mela e per ogni immagine
- Conversione in spazio colore CIE-L*a*a*b* e indice di imbrunimento ^[3]

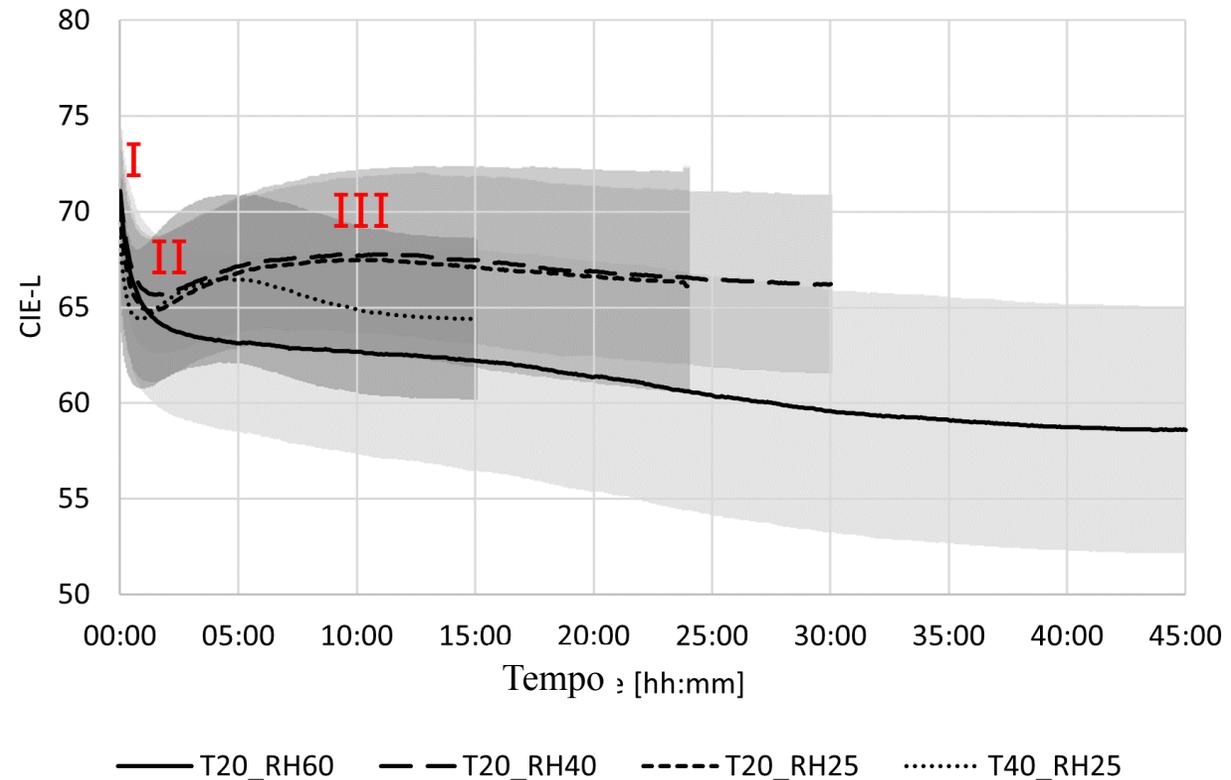
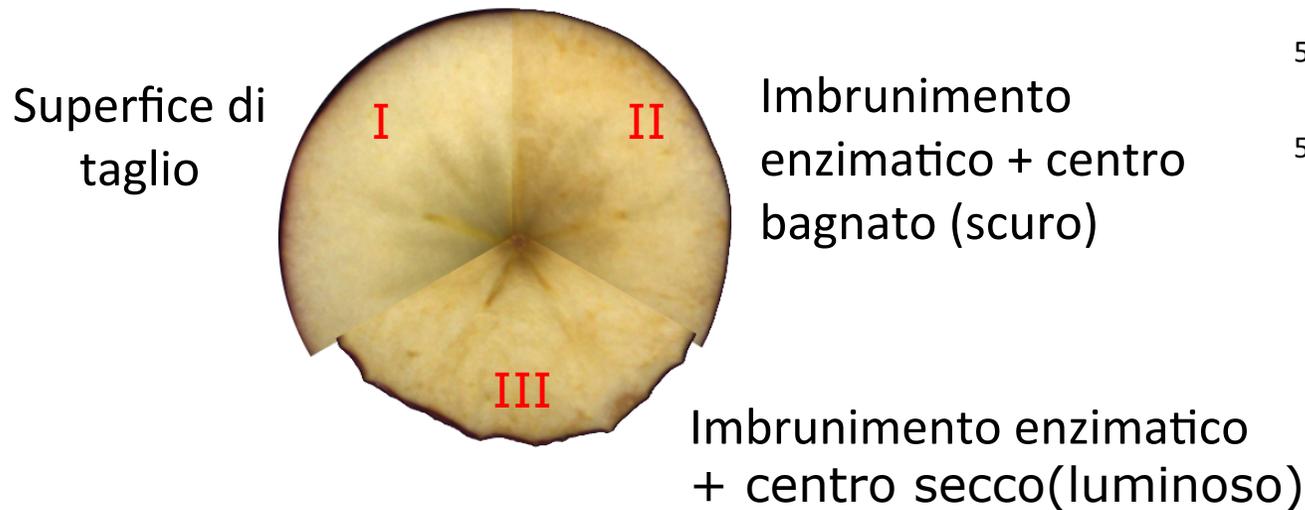
[Demo Video \(30sec\)](#)



Risultati parametri ottici

Valore della coordinate CIE-L (luminosità)

- T20_RH40 e T20_RH25 sono simili
- Minimo dopo ca. 3-4h

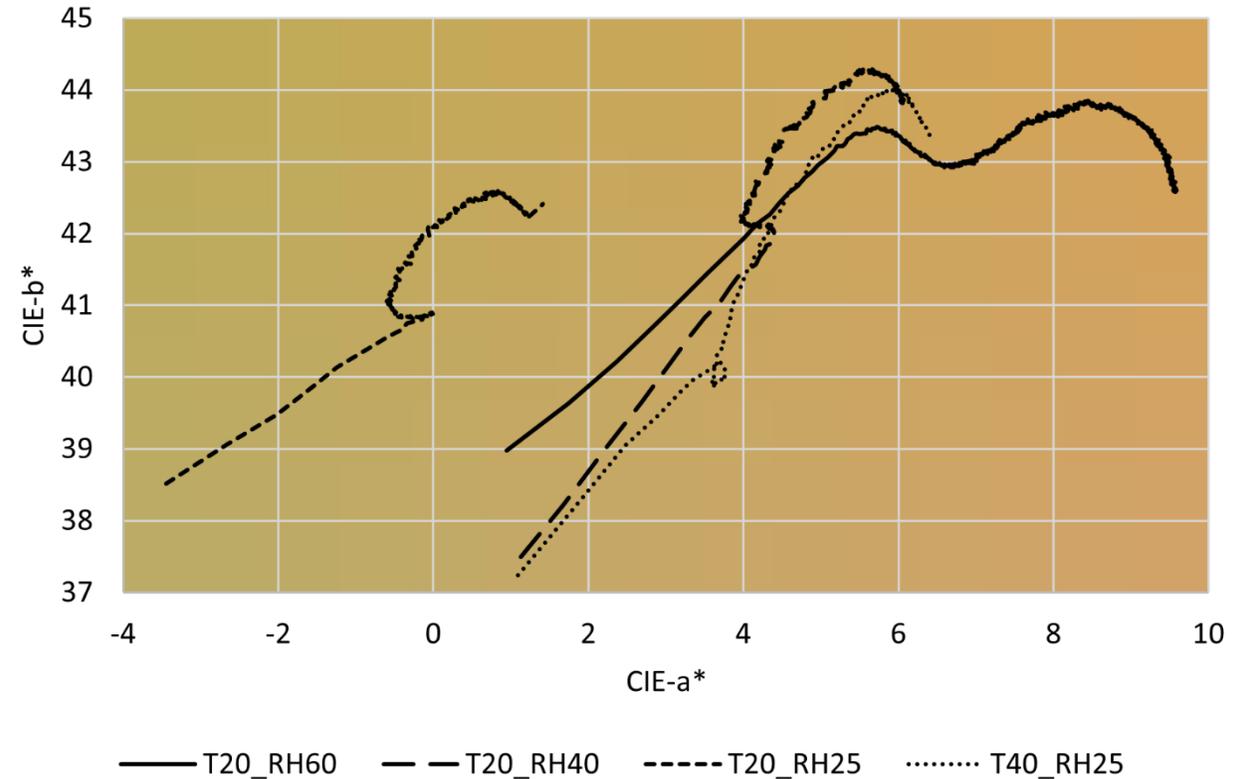


Risultati parametri ottici

Valori delle coordinate CIE-a e CIE-b

- Le maggiori alterazioni nelle prime ore

[Demo Video \(30sec\)](#)

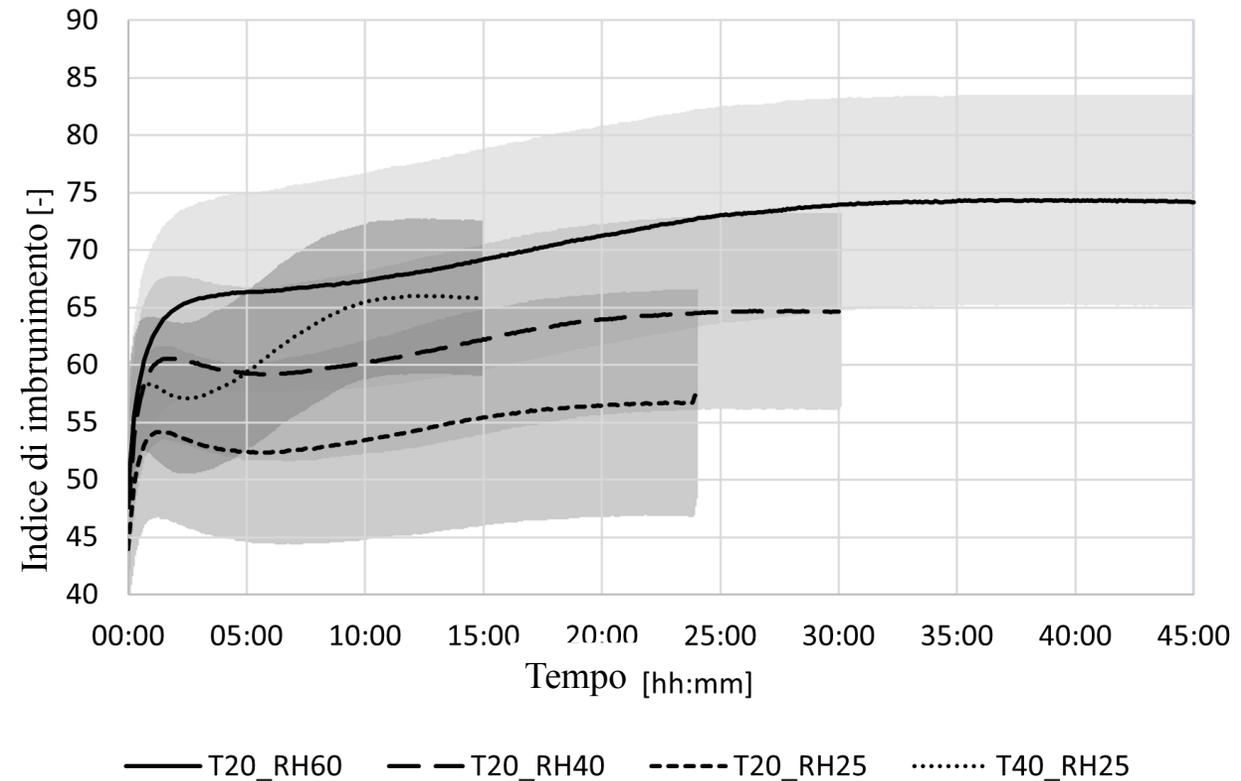


Risultati parametri ottici

Indice di imbrunimento

- Aumenta con l'umidità
- Risultati minimi dal valore CIE-L
- Buera et al. [4]

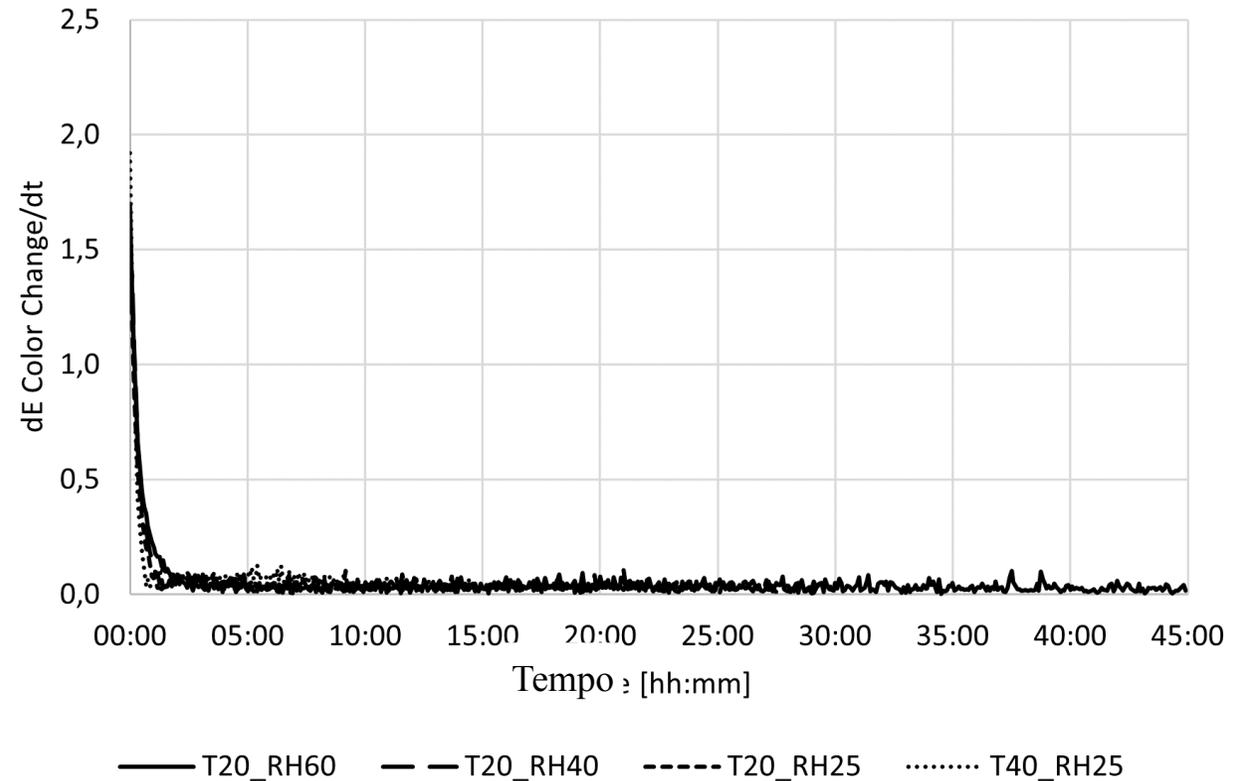
$$BI = (x \downarrow D65 - 0,32) / 0,162 * 100$$



Risultati parametri ottici

Tasso di variazione del colore

- La variazione di colore è avvenuta entro le prime 2-3 ore
- Il processo di disidratazione non ha influenzato la variazione di colore



Conclusioni

- Le mele sono state conservate per circa tre mesi → non si esclude l'influenza della conservazione
- Il riconoscimento della forma funziona in modo molto accurato ed affidabile (non solo per le mele)
- Per la determinazione del colore si richiede un'ottima qualità dell'immagine (condizioni di illuminazione, impostazioni della fotocamera, livello del nero, bilanciamento del bianco, spazi colore, formato file, ecc....).
- L'analisi di immagine inLabVIEW → risponde velocemente ai cambiamenti ottici
- La disidratazione intelligente ha un particolare riguardo per la qualità del prodotto e per gli aspetti energetici
- L'intelligenza artificiale potrebbe essere utilizzata per riconoscere i gradi di disidratazione (ad esempio, se la diffusione è il processo di trasporto principale, la temperatura diminuisce)

Linee Generali: strategie di essiccazione migliorate – Concetto dell'Essiccazione Entalpica Controllata

Author(s) Christian Kopp, Michael Bantle

Affiliation: SINTEF Energi AS + Thermal energy

Trondheim (Norway)

Christian.Kopp@Sintef.no

Michael.Bantle@Sintef.no

Concetto di Essiccazione Entalpica Controllata

Author(s) Christian Kopp, Michael Bantle

Affiliation: SINTEF Energi AS + Thermal energy

Trondheim (Norway)

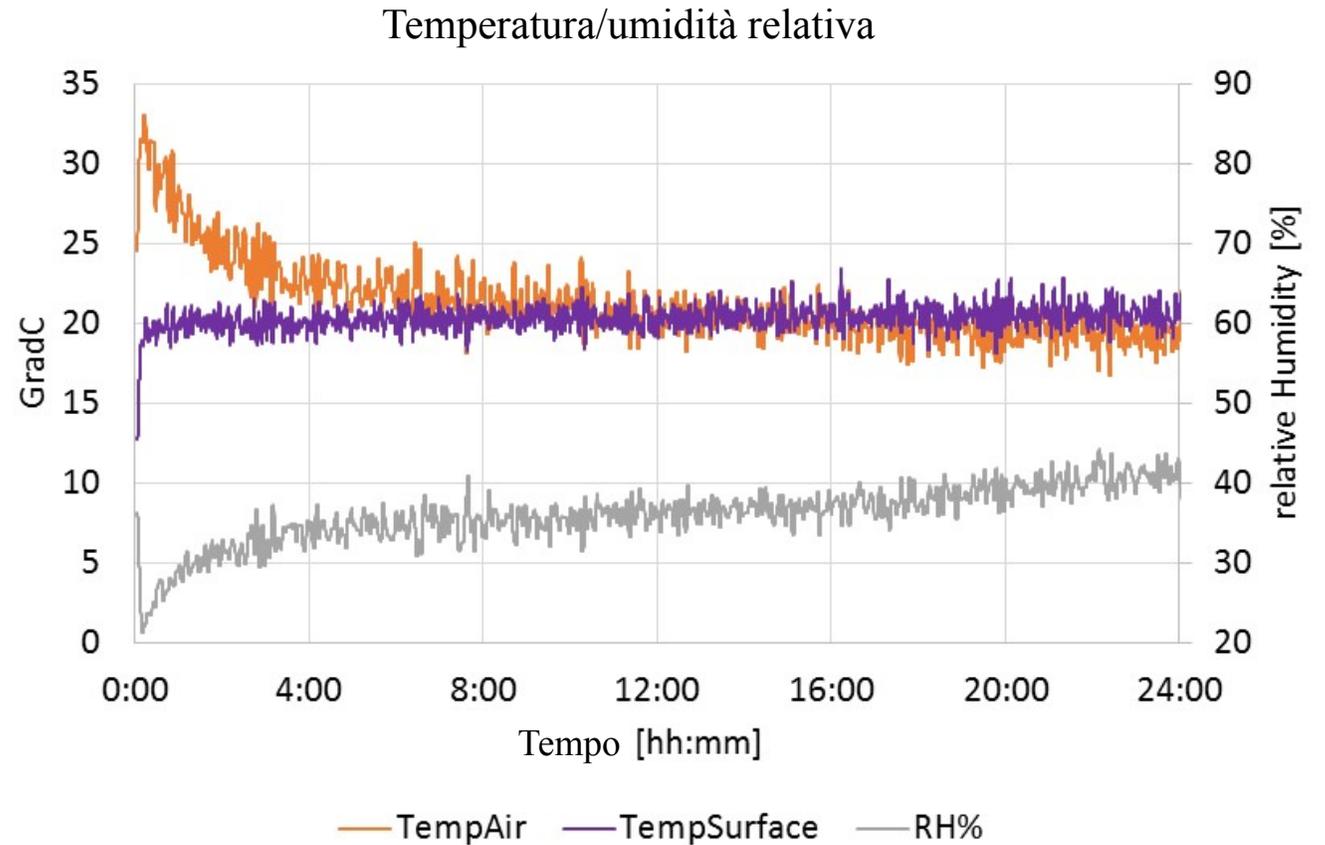
Christian.Kopp@Sintef.no

Michael.Bantle@Sintef.no

Primi risultati

Normative

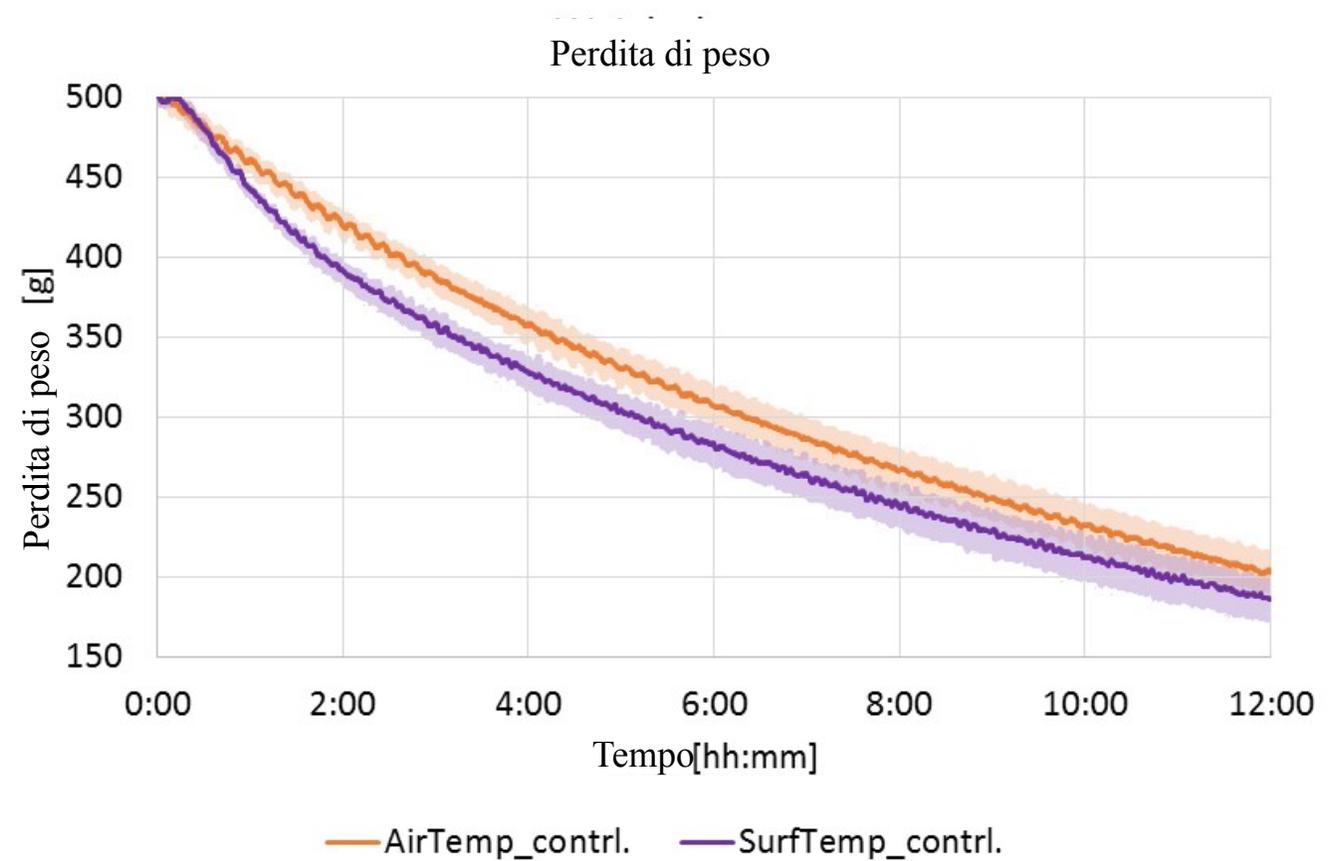
- Temperatura di superficie costante
- Ancora nessuna regolazione dell'umidità
- Fluttuazioni dovute alle oscillazioni dei sensori



Primi risultati

Perdita di peso

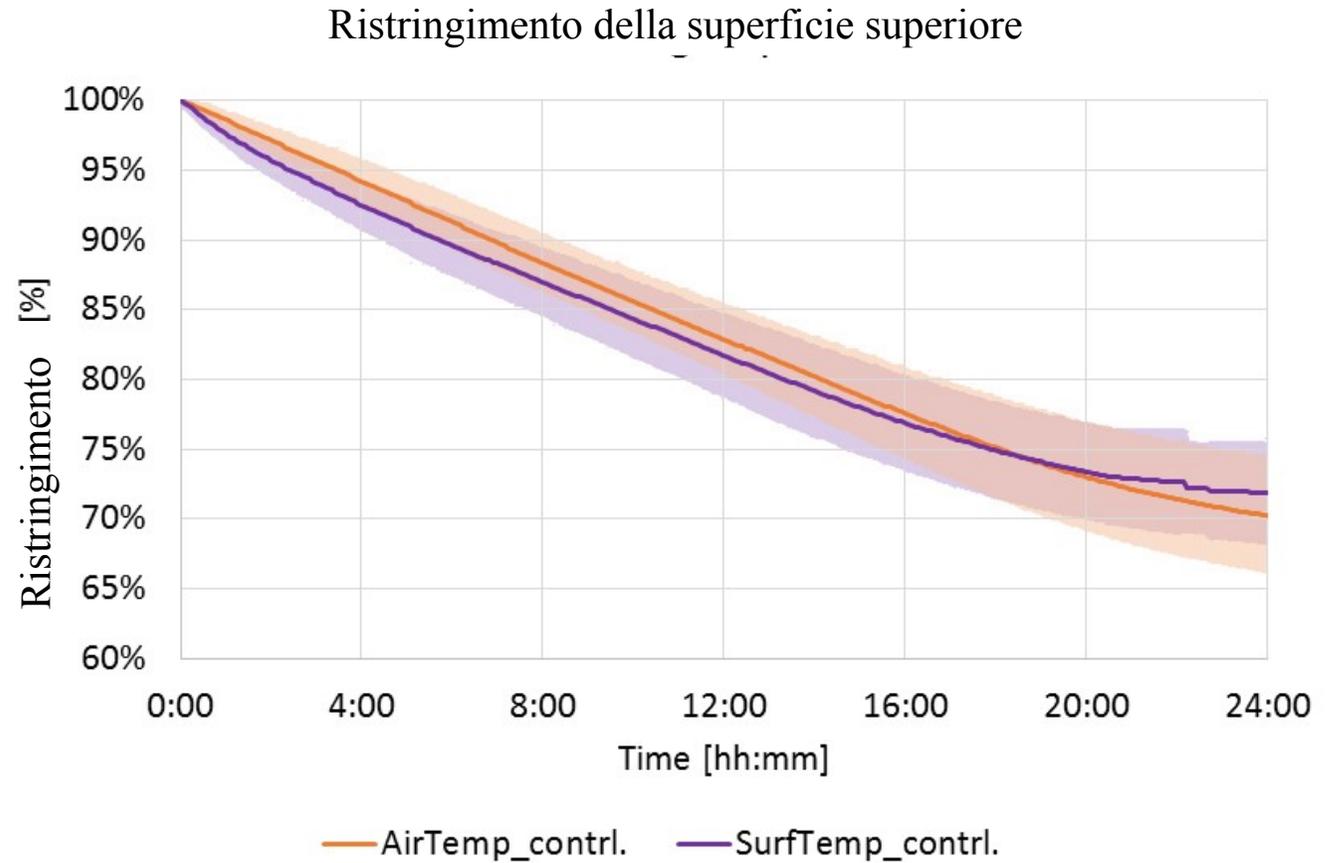
- Disidratazione più rapida all'inizio grazie alla temperature più alta



Primi risultati

Ristringimento della superficie superiore

- Risultati: media di 8 fette di mela ciascur
- Progressione simile al restringimento



Primi risultati

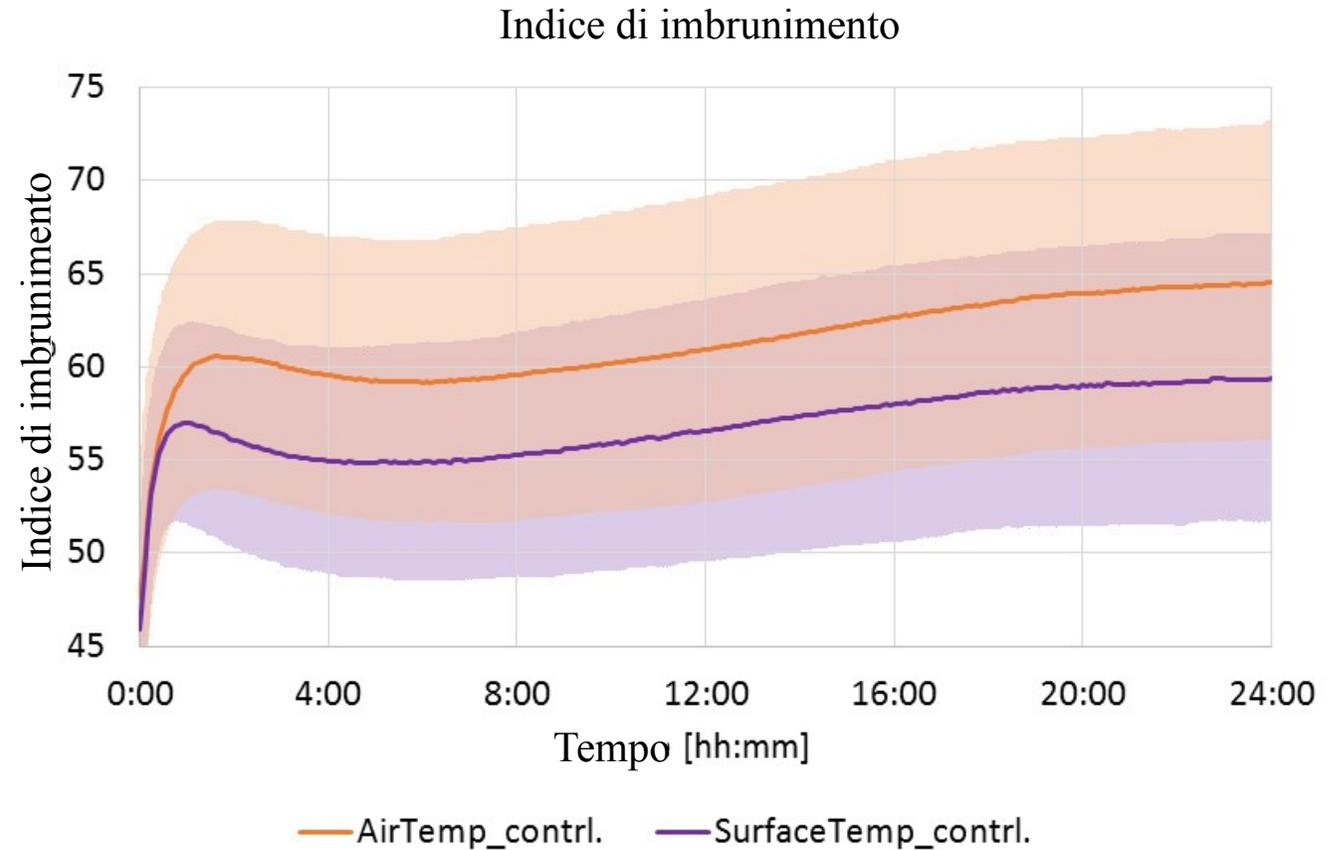
Indice di imbrunimento

- Media su 8 fette di mela
- RGB → XYZ → $x = X/(X+Y+Z)$
 $BI = (x \downarrow D65 - 0,32) / 0,162 * 100$

BI=60



BI=55



Conclusioni

- Miglioramento della normativa
- Altri esperimenti
- Accelerazione del processo di disidratazione
- Nessun danno del prodotto a causa del superamento della temperature superficiale
- Influenza positive sulla vitamina c e sull'alterazione del colore [Chou and Chua 2003]
- Utile per I prodotti sensibili alla disidratazione

Bibliografia

1. **BEIGI, M., Energy efficiency and moisture diffusivity of apple slices during convective drying. Food Science and Technology, 2016. 36: p. 145-150.**
2. **Bradski, G., The OpenCV Library, Dr. Dobb's Journal of Software Tools, 2000. Opencv.org**
3. **al., B.e., Definition of colour in the non enzymatic browning process. Die farbe, 1986. 32: p. 318-322.**
4. **Hirschler, R., Whiteness, Yellowness and Browning in Food Colorimetry, in Color in Food: Technological and Psychophysical Aspects, M.d.P. Buera, Editor. 2016.**