



Essiccamento della frutta

Barbara Sturm, Gardis von Gersdorff

Università di Kassel, Dipartimento di Agricoltura ed Ingegneria
dei Biosistemi

Witzenhausen (Germania)

barbara.sturm@uni-kassel.de

Contributo alla traduzione in italiano: Rachele Rocchi

- Obiettivi generali e cambiamenti dovuti alla disidratazione
- Approcci scientifici
- Disidratazione del prodotto degli alberi da frutto
- Parametri di qualità della frutta disidratata
- Obiettivi dell'essiccamento della frutta disidratata
- Fattori che influenzano la qualità della frutta
- Miglioramenti nella disidratazione della frutta
- Produzioni di polveri

Questo modulo ha l'obiettivo di fornire una maggiore conoscenza del **processo di essiccamento della frutta** ed evidenziare i **fattori che influenzano** la qualità del prodotto e **l'efficienza del processo**.

Obiettivi generali della disidratazione

- **Riduzione** dell'umidità
 - **Riduzione** dell'attività chimica e biologica
 - Estensione della **shelf-life**
 - **Limitata** perdita di sostanza secca
 - Trasporto **facile ed economico** dei prodotti
 - **Conservazione** delle proprietà nutrizionali, biologiche e tecnologiche del prodotto
- ⇒ La disidratazione di un alimento è responsabile del **15-25%** del consumo energetico industriale **a basso consumo energetico** (35-45%) e della qualità del prodotto spesso insoddisfacente

Umidità o contenuto d'acqua

Il contenuto di acqua o umidità sulla sostanza secca (**MC_{wb}**, conosciuto anche come **W**) è comunemente usato dai produttori e trasformatori ed è definito come:

$$MC_{wb} = \frac{\textit{peso dell'acqua}}{\textit{peso della sostanza secca + peso dell'acqua}} \cdot 100$$

I frutti sono stabili se al $MC_{wb} \leq \mathbf{10\%}$

Il contenuto di acqua o umidità sulla sostanza secca (MC_{db} , conosciuto anche come X) è comunemente usato dai ricercatori ed è definito come:

$$MC_{db} = \frac{\text{peso dell'acqua}}{\text{peso della sostanza secca}} \cdot 100$$

Viene convertito come segue :

$$MC_{wb} = \frac{MC_{db}}{100 + MC_{db}} \cdot 100 \quad \text{oppure} \quad MC_{db} = \frac{MC_{wb}}{100 - MC_{wb}} \cdot 100$$

Cambiamenti che hanno luogo durante l'essiccamento

➤ **Degradazione di vitamine**

- La maggior parte delle vitamine sono termolabili o ridotte dall'ossidazione enzimatica

➤ **Cambiamenti in struttura, consistenza, colore, sapore e gusto**

- Denaturazione proteica
- Ossidazione proteica/lipidica
- Reazioni non-enzimatiche (es. imbrunimento)

➤ **Limitata ricostituzione (reidratabilità)**

- La completa riumidificazione non è possibile; può essere riassorbita meno acqua rispetto a quella persa

Evoluzione nell'industria dei prodotti essiccati

Situazione iniziale (Mujumdar, 2007)

- ⇒ Dispositivi tecnici obsoleti
- ⇒ Tempi di disidratazione inutilmente lunghi
- ⇒ Aumento della domanda di energia
- ⇒ Dipendenza dai prezzi del petrolio e del gas
- ⇒ Necessità di personalizzazione
- ⇒ La temperatura del prodotto di solito non è nota

Obiettivi

- ⇒ Controllo mirato del processo
- ⇒ Soluzioni tecniche facilmente implementabili (aggiornamento dei dispositivi)
- ⇒ Aumento della capacità o dispositivi più piccoli
- ⇒ Flessibilità nella produzione
- ⇒ Riduzione dei costi e delle richieste di energia

Analisi e ottimizzazione del processo

- ⇒ Aspetti termodinamici
- ⇒ Qualità del prodotto
- ⇒ Funzionamento dell'unità o parte dell'intero processo
- ⇒ Controllo del processo (temperatura dell'aria, velocità e umidità relativa)
- ⇒ Singolo stadio
- ⇒ Multi stadio, tempo controllato (Chua et al., 2000)
- ⇒ Multi stadio, basato sull'analisi ottica (Martyntenko, 2008)

I valori misurati devono essere utilizzati come feedback dal sistema, es. adattamento dei parametri di processo

- ⇒ Ad ogni punto del processo di essiccamento, la relazione tra **temperatura dell'aria, velocità e umidità relativa** devono essere bilanciate

Disidratazione dei frutti da albero

⇒ **I frutteti sono ampiamente utilizzati per l'alto significato ambientale**

- Conservazione del paesaggio culturale
- Conservazione delle specie
- Coltivazione di frutti regionali

Effetti negativi: Rese inferiori rispetto alla coltivazione intensiva di frutta

Il valore aggiunto dei prodotti trasformati e disidratati può essere impiegato per aumentare il valore economico dei frutteti

E' necessario sviluppare un processo efficiente!

Parametri di qualità per la frutta disidratata

⇒ Cosa significa qualità?

- **E' definita come il punto d'incontro tra esigenza/aspettativa di un prodotto e le sue caratteristiche effettive**
 - Qualità di un prodotto
 - Qualità di un processo
 - Qualità orientata ai consumatori (retailers)

Parametri di qualità della frutta disidratata

- Colore (aspetto)
- Quantità di oli essenziali/aroma (odore, sapore, valore nutrizionale)
- Valore nutrizionale (vitamine etc.)
- Metaboliti secondari delle piante (valore nutrizionale)
- Struttura (aspetto)

Non è possibile influenzare negativamente su alcuni importanti parametri qualitative durante la disidratazione causati da ossidazione ed evaporazione, **ma i cambiamenti possono essere ridotti al minimo**

⇒ La disidratazione **non può** migliorare la qualità della materia prima!

- Contaminazione microbica (muffe, lieviti, batteri patogeni)
 - ⇒ **Non può** essere diminuita dalla disidratazione, ma la crescita può essere inibita

Fasi della disidratazione della frutta

- **Fase I** (solo se la materia prima è bagnata dalla pioggia)
 - Evaporazione superficiale
 - Velocità di disidratazione costante

- **Fase II**
 - Evaporazione dall'interno del prodotto e diffusione attraverso gli strati già disidratati
 - Aumento della temperatura all'interno del prodotto
 - Diminuzione della velocità di disidratazione

- **Fase III**
 - Ulteriore evaporazione dell'acqua legata fino al raggiungimento di un valore di equilibrio dell'umidità

Obiettivi della disidratazione della frutta

⇒ Il processo di disidratazione della frutta dovrebbe essere il più breve possibile

- **Tempi lunghi di disidratazione riducono la qualità del prodotto** a causa di cambiamenti fisici e chimici
- Raggiungibile attraverso **processi di disidratazione mirati** e **controllo** dei parametri di disidratazione
- **Evitare l'eccessivo essiccamento**
 - E la conseguente perdita di composti preziosi, colori, ecc.
 - Il processo di disidratazione deve essere interrotto quando viene raggiunto il contenuto finale di umidità, non dopo un tempo definito!
- **Elevato potenziale di risparmio energetico** ⇒ **riduzione dei costi di processo**

Obiettivi dell'essiccamento della frutta

Il processo di essiccamento ha lo scopo di eliminare l'umidità del prodotto più velocemente possibile, per evitare:

- **Crescita microbica** (che ha bisogno di alta umidità e temperature di circa +/- 37°C)
- **Processi di degradazione** del colore e dei componenti di importanza qualitativa dovuti all'ossidazione

La velocità dell'aria deve essere sufficiente per ottenere un adeguato flusso d'aria (almeno 0.12 m/s)

- **Troppo alta** -> aria insatura, inefficiente
- **Troppo bassa**-> aria satura, l'umidità rimane sulla superficie del prodotto, tempi di essiccamento inefficienti e troppo lunghi
- **Rischio di accumulo di umidità** dovuti ad un essiccamento non equilibrato

Soprattutto in caso di essiccamento a bassa temperatura, la velocità dell'aria è il parametro di essiccamento più importante!

Obiettivi nell'essiccamento della frutta

- **Tempi brevi di disidratazione comportano l'utilizzo di alte temperature di essiccamento**
 - Superfici porose e danni cellulari del prodotto finale
 - Degradazione dei composti di valore

 - **Temperature troppo basse comportano tempi troppo lunghi ed inutili di essiccamento**
 - Peggioramento della qualità a causa di processi di degradazione per i tempi di reazione troppo lunghi
 - Consumi di energia elevati
- ⇒ **Condizioni ottimali sono quelle che permettono di ottenere le minori perdite di qualità ed adeguati consumi energetici**

Fattori che influenzano la qualità

➤ **Pre-essiccamento:**

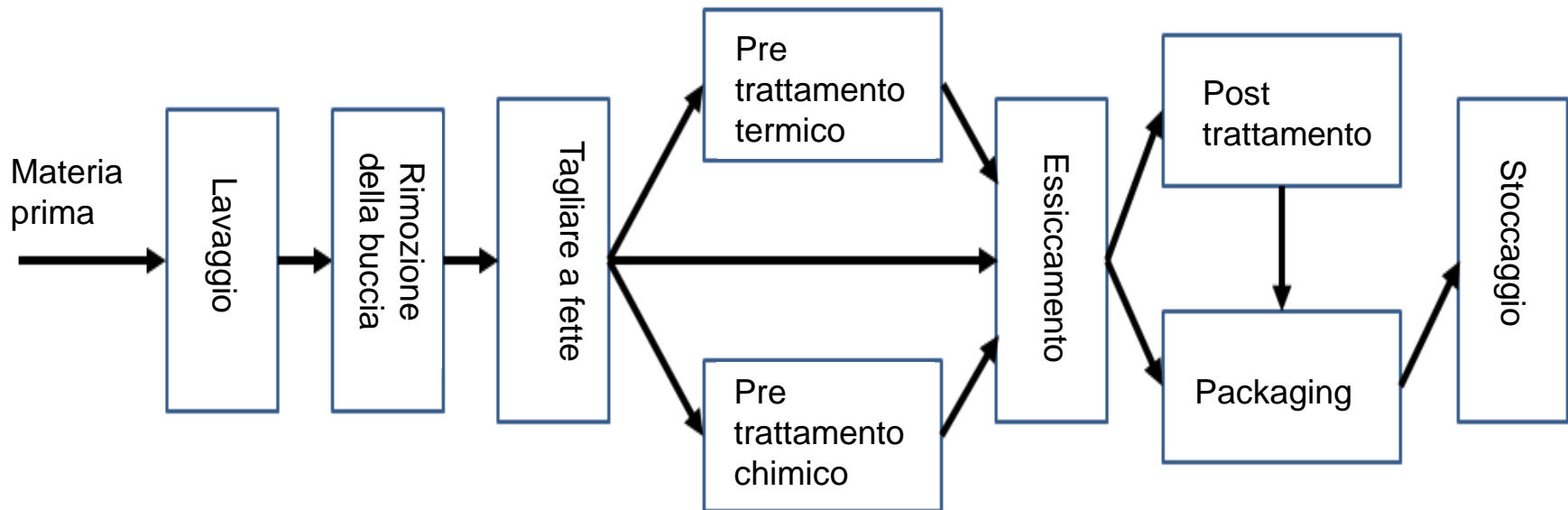
- Iniziale umidità
- Condizioni durante la raccolta
- Tempo che intercorre tra la raccolta ed il processo
 - Degradazione durante lo stoccaggio attraverso auto-riscaldamento, enzimi, ecc.
 - Contaminazione microbica

➤ **Durata dell'essiccamento**

- Temperatura dell'aria
 - Impatto significativo sulla temperatura del prodotto
 - Perdite di componenti preziosi
- Umidità relativa all'interno dell'essiccatore
- Flusso dell'aria (rischio di ricircolo ⇒ accumulo di patogeni)
- Massa (peso/altezza)

- Le perdite di qualità durante qualsiasi fase del processo **non possono** essere compensate in ulteriori fasi del processo!

L'intera catena del processo deve essere ottimizzata



- Il processo di essiccamento (durata, parametri di processo) dipende dalla materia prima
 - Ogni processo di essiccazione è individuale e dovrebbe essere controllato in base alla qualità della materia prima e alla capacità di carico

Pre trattamenti

I pre-trattamenti della frutta hanno lo scopo di ridurre processi degradative, quali l'imbrunimento enzimatico

⇒ Azioni chimiche:

- **Acido ascorbico/acido citrico**

⇒ Azioni di natura fisica: uso del calore

- **Scottatura (Blanching) (Perdita di composti solubili!!!)**

Tuttavia, tutti i processi chimici e microbiologici hanno bisogno di alto contenuto di acqua

⇒ Durata minima tra pre-trattamento ed essiccamento per mantenere la qualità, tempi brevi di essiccamento



Ulteriori fattori che influenzano la qualità

Distribuzione dell'aria: l'aria dovrebbe essere ugualmente distribuita nell'impianto di essiccamento)

- ⇒ Una distribuzione dell'aria non uniforme provoca un essiccamento disomogeneo della massa
- ⇒ Può essere migliorato con piccoli cambiamenti alla struttura dell'essiccatore per ottenere una distribuzione dell'aria uniforme
- ⇒ Può essere migliorato con l'utilizzo di appropriate ventole

Materia prima

- ⇒ Presenza/assenza di bucce
- ⇒ contenuto iniziale di umidità
- ⇒ spessore

Azioni per migliorare la disidratazione della frutta

⇒ **Specifico essiccamento del prodotto**

- Specie del prodotto, forma
- Conoscenza dei componenti qualitative di interesse del prodotto

⇒ **Controllo della velocità dell'aria**

- Rimozione dell'umidità
- Uguale distribuzione dell'aria

⇒ **Essiccamento del prodotto a temperatura controllata**

Fase di disidratazione: Temperature più alte all'inizio fino a quando la superficie è asciutta, ulteriore disidratazione a temperature tali da preservare la qualità

- I parametri di qualità devono essere definiti
- La temperature critica deve essere conosciuta

⇒ **Tempi di essiccamento ridotti, prodotto di alta qualità**

Produzione di disidratati in polvere

Grande richiesta di frutta disidratata in polvere in tutto il mondo

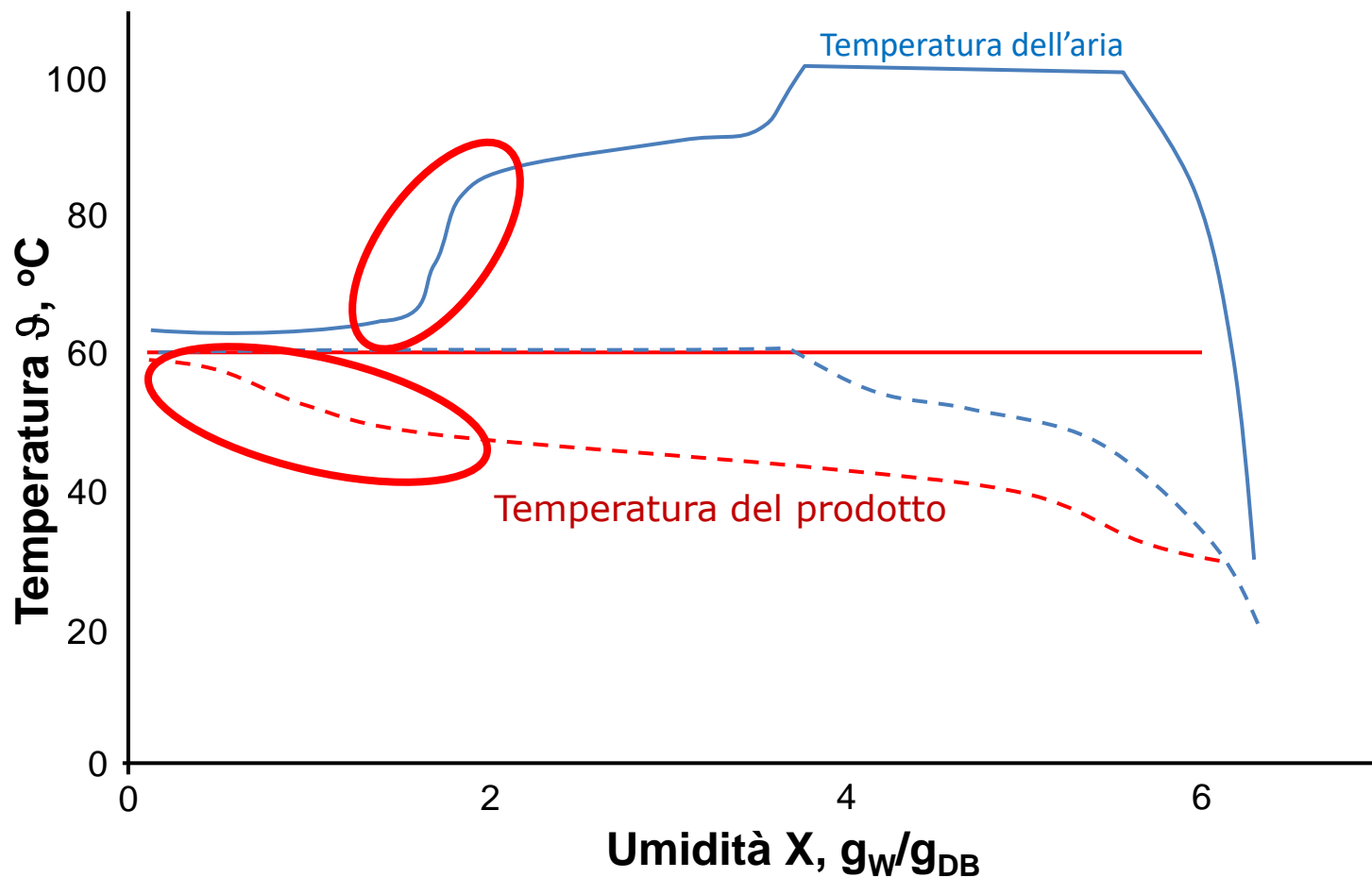
- ⇒ Coloranti naturali
- ⇒ Integratori alimentari
- ⇒ Farmaceutica

Possibilità di ottenere > 80 €/kg di frutta in polvere

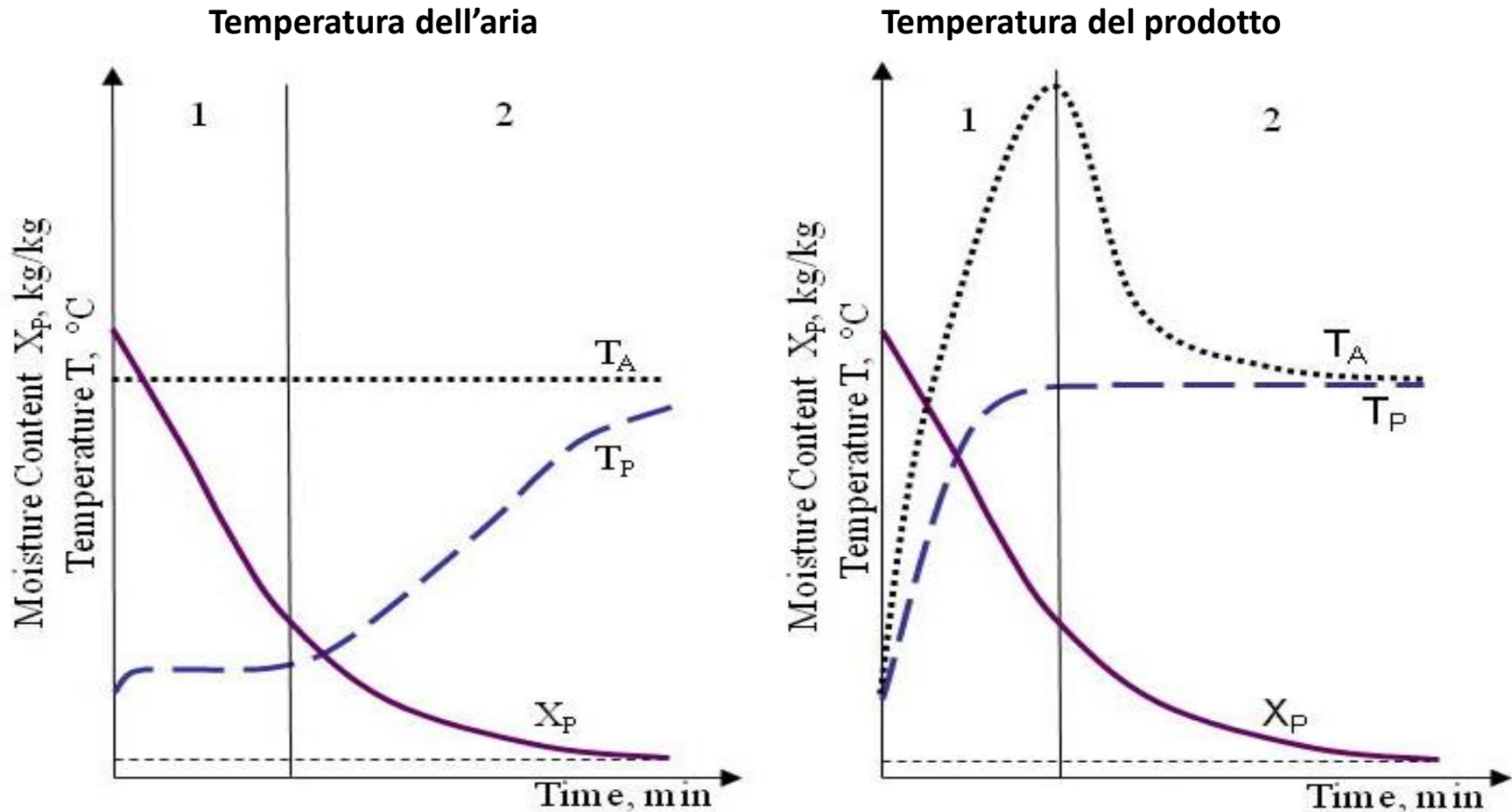
Requisiti:

- ⇒ < 5 % umidità
- ⇒ Delicata macinatura per evitare lo stress da calore ⇒ perdita di qualità!
- ⇒ Packaging e stoccaggio specifici per il prodotto per evitare riumidificazione

Variazione delle temperature in funzione dell'umidità



Confronto tra l'essiccamento controllato relativo alla temperatura dell'aria (T_A) ed alla temperatura del prodotto (T_P)



Dispositivi economici per la misurazione della temperatura superficiale del prodotto

➤ **Pirometro**

➤ **Infrarossi (IR)**

- I dati raccolti possono essere inviati al Sistema di controllo

Essiccamento del prodotto con temperature controllata

Inoltre:

➤ **Strategie di disidratazione basate sul colore**

- Utilizzo di sensori CCD (telecamere RGB ecc.)

➤ **Strategie di disidratazione basate su informazioni spettrali**

- Spettrofotometro, hyper spectral imaging, ecc.

Conclusioni

La disidratazione della frutta mira ad ottenere un prodotto di alta qualità e bassi consumi energetici

pertanto:

- **Il tempo di disidratazione dovrebbe essere il più breve possibile**
- **I parametri di processo variano a seconda del prodotto**
- **I parametri della disidratazione non sono fissi ed il loro controllo è correlato ai cambiamenti del prodotto durante l'essiccamento**

Bibliografia

- Chua, K. J.; S. K. Chou; J. C. Ho; A. S. Mujumdar & M. N. Hawlad. 2000. Cyclic Air Temperature during drying of guave pieces: Effects on moisture and ascorbic acid contents. *Food and Bioproducts Processing* 78 (2): 28-72.
- Krischer, O. & W. Kast. 1978. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Bd. 1. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Martynenko, A. 2008. Computer Vision System for Ginseng Drying: Remote Sensing, Control and Optimization of Quality in Food Thermal Processing. VDM Verlag, Saarbrücken
- Mujumdar, A. S. 2007. Handbook of Industrial Drying. CRC Press, Boca Raton, New York, Oxon
- Sturm, B. 2018. *Automatic control of apple drying with respect to product temperature and air velocity in*

- 1. Qual'è la velocità minima dell'aria richiesta per l'essiccamento della frutta?**
- 2. Cosa causa la perdita della qualità nella frutta disidratata**
 - pre-essiccamento?**
 - durante l'essiccamento**
- 3. Assegna un nome a un rischio che può verificarsi durante la scottatura (pre trattamento)**
- 4. Qual'è l'umidità finale per la produzione di frutta in polvere?**