

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

- 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:

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

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:**

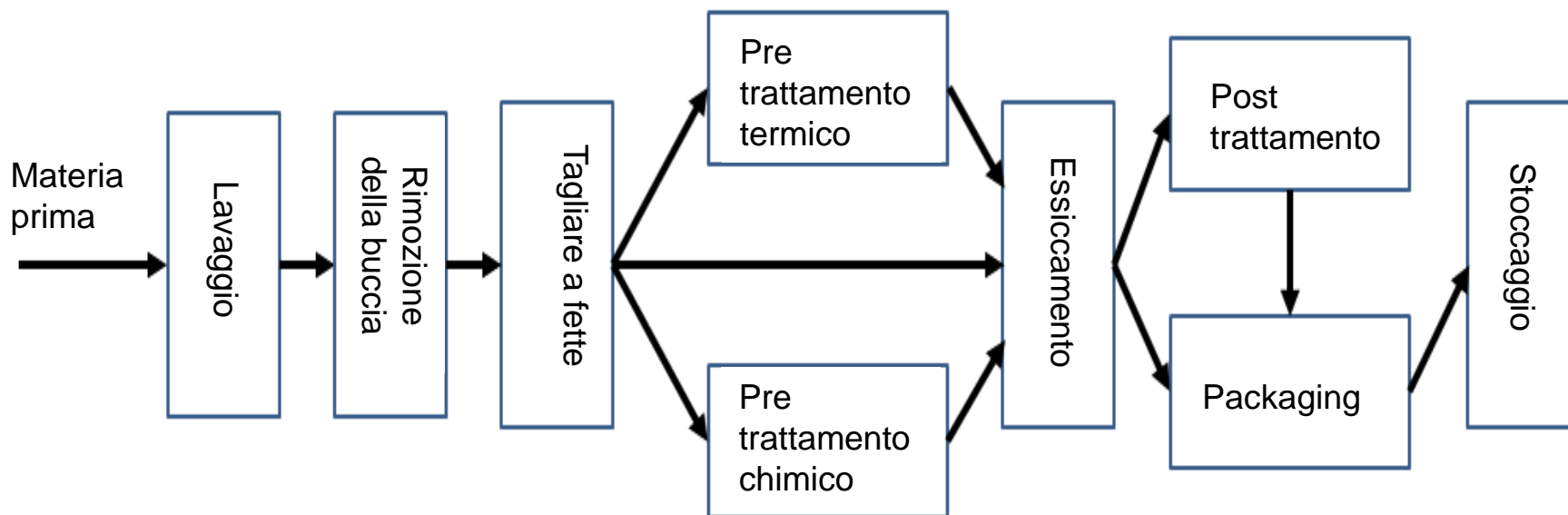
- Iniziale umidità
- Condizioni durante la raccolta
- Tempo che intercorre tra la raccolta ed il processo
 - Degradazione durante lo stoccaggio attraverso auto-riscaldamento, enzimi, ecc.
 - Contaminazione microbica

➤ **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

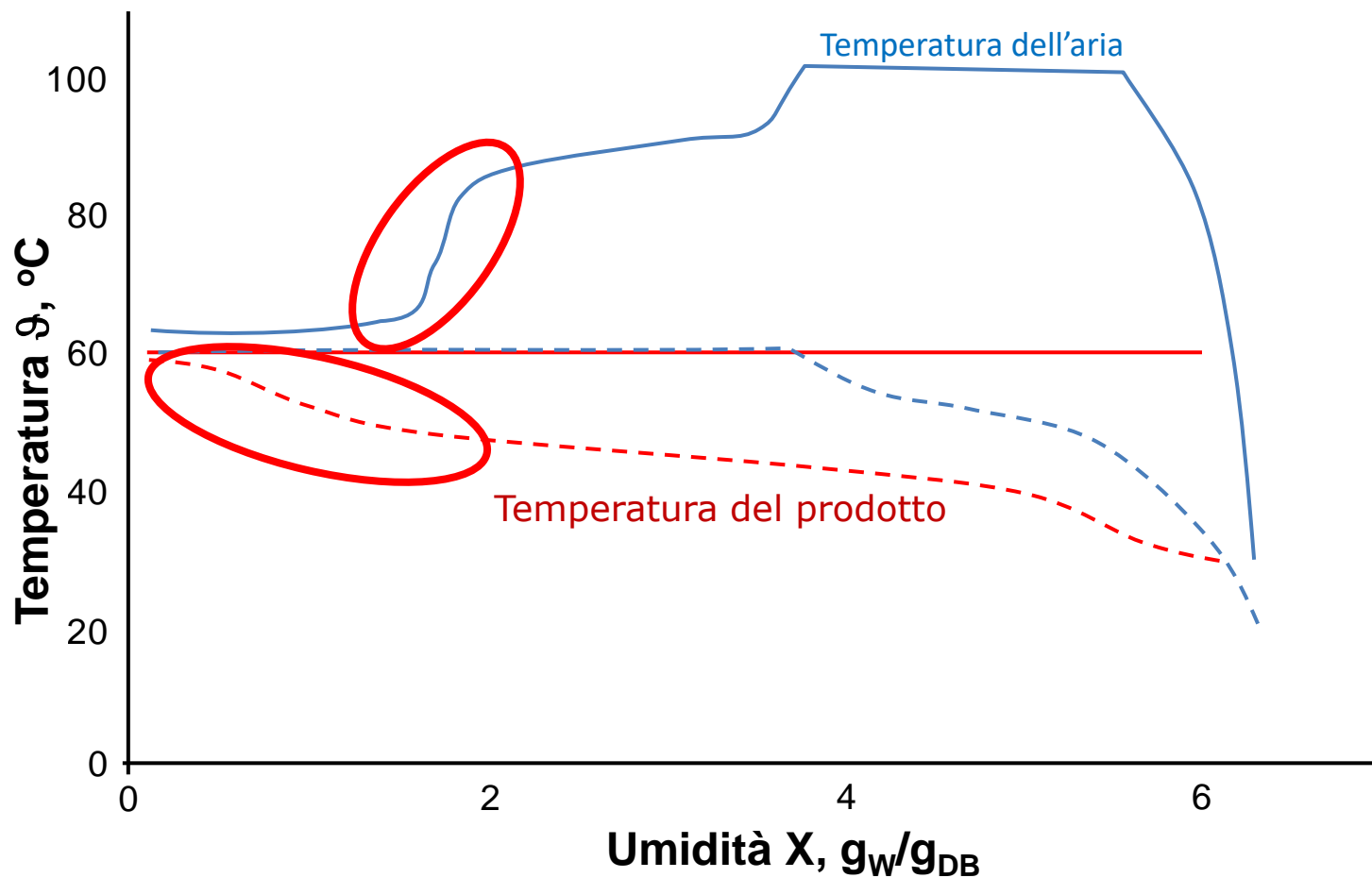
- ⇒ Coloranti naturali
- ⇒ Integratori alimentari
- ⇒ Farmaceutica

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

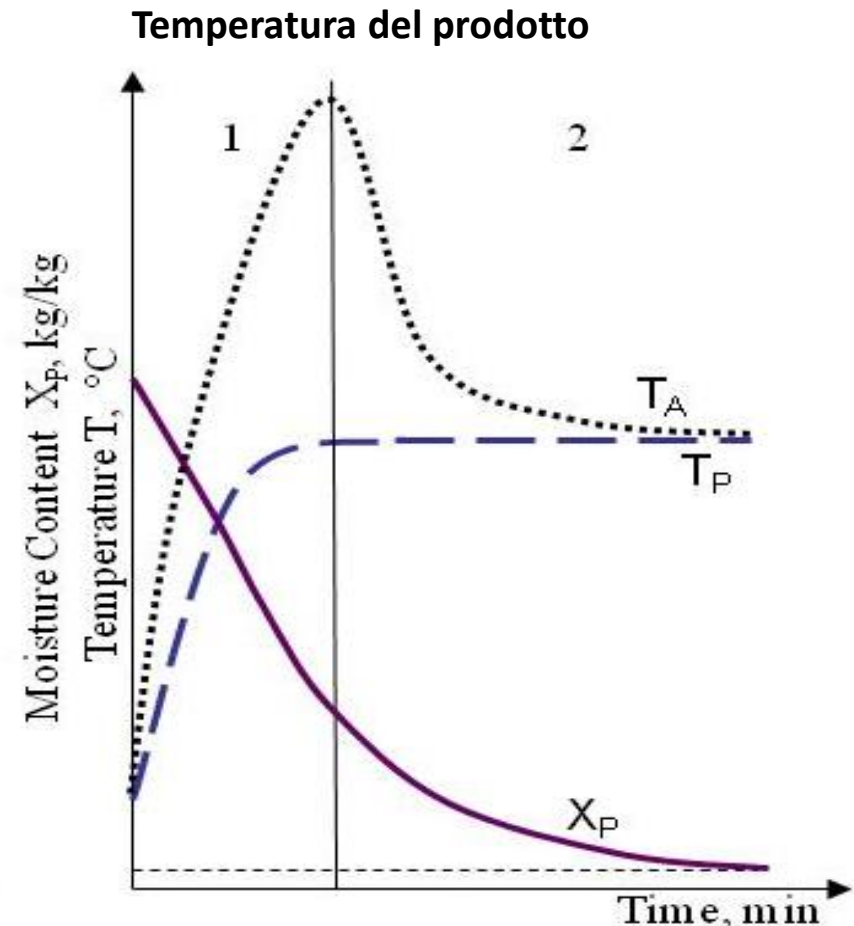
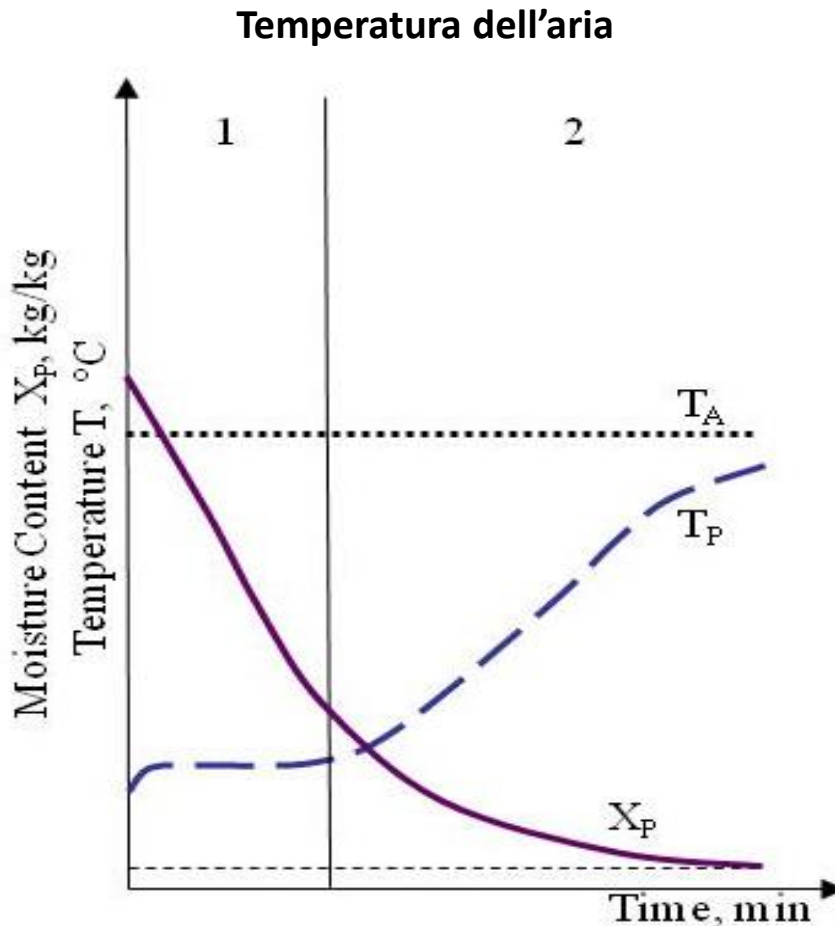
Requisiti:

- ⇒ < 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 (TA) ed alla temperatura del prodotto (TP)



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

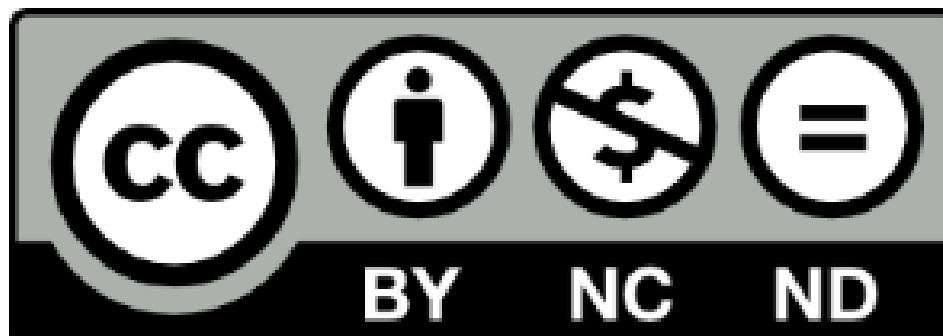
pertanto:

- **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?**



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.