

Il principio di essiccazione con curve di equilibrio applicato alla pasta alimentare

Drying principle with equilibrium curves: application to pasta

Domenico De Rubertis - Michela Testa - Ivan De Rubertis

D.R.D. Automazione - Via XXIV Maggio - 86010 S. Giovanni in Galdo - Cb - Italia

Luigi De Lisio - Maria Carmela Trivisonno - Martina Schiavone

Parco Scientifico e Tecnologico del Molise - Università del Molise - Via De Sanctis - 86100 Campobasso - Italia

Come noto, in relazione al tipo di formato della pasta, le moderne linee per l'essiccazione si possono dividere in tre gruppi principali: linee per pasta lunga, linee per pasta corta e linee per nidi e formati speciali. Dal punto di vista termico, invece, esistono essenzialmente quattro diverse tecnologie o tipologie di essiccamento: a basse temperature (LT), a medie temperature (MT), ad alte temperature (HT) e ad altissime temperature (THT). Indipendentemente dal tipo di formato della pasta o dal ciclo termico adottato, tutte le linee per l'essiccazione della pasta attualmente in commercio presentano alcuni aspetti in comune, ovvero quello di dover fissare o stabilire per ogni fase del ciclo di essiccamento i tre parametri temperatura, umidità relativa e durata. Pertanto, una volta stabiliti tali parametri, inter-

vengono lungo il processo produttivo dei sistemi e dei meccanismi di rilevazione e di regolazione parametrica affinché vengano rispettati quanto più possibile i valori prestabiliti.

Il sistema sviluppato dalla D.R.D. Automazione si basa sulla teoria cinetica di essiccazione della pasta e sul principio delle curve di equilibrio (termo)-igrometrico tra pasta ed aria (ambiente essiccante). Esso consiste nell'essicare la pasta alimentare ponendo in relazione l'attività (o umidità relativa) dell'aria con l'umidità del prodotto e nel raggiungimento per ogni fase del processo dell'equilibrio igrometrico tra i due detti sistemi, che è funzione delle condizioni ambientali (ambiente essiccante) e delle caratteristiche strutturali, della temperatura e dell'umidità della matrice (prodotto).

Una relazione empirica, dovuta a Oswin, descrive l'andamento delle curve, che rappresentano l'equilibrio termodinamico tra il solido umido e l'atmosfera circostante, tramite la formula

$$X = K \times \left(\frac{a_w}{1-a_w} \right)^n$$

dove K e n dipendono dalla temperatura e

$$a_w = \frac{p}{p'}$$

in cui p = pressione di vapore dell'acqua nel prodotto e p' = pressione di vapore dell'acqua pura alla stessa temperatura.

Dal punto di vista pratico-impiantistico il sistema ideato prevede che si debbano fissare esclusivamente la curva di equilibrio dell'umidità per il ciclo di essiccamento o meglio, nel caso della pasta alimentare, la curva di equilibrio per ogni singola fase del ciclo di essiccamento (fig. 1). Fissare le curve di equilibrio implica che si debba individuare per ogni fase del processo l'umidità del prodotto in modo da giungere progressivamente (senza provocare danni) al valore percentuale che si vuole ottenere nel prodotto finale (che come



Rappresentazione grafica di alcune curve d'equilibrio per i diversi step di una cella statica (in ascissa l'umidità di processo, in ordinata la temperatura di processo).

fig. 1

è noto non dovrebbe superare il 12,5%). Tutto ciò comporta che si debbano impostare, soltanto negli impianti con immissione di vapore, le temperature di sicurezza nelle diverse zone dell'essiccatoio.

Il principio mette in relazione l'umidità relativa dell'aria con la temperatura, calcolando istante per istante i set point dinamici e tenendo conto della curva di equilibrio impostata. Tali set point vengono elaborati dal software. Per fare in modo che tali valori vengano raggiunti più rapidamente possibile, nel controllo del processo viene usato un controllore a logica "Fuzzy". La stessa logica viene utilizzata anche per calcolare, in una macchina industriale non statica, la curva di equilibrio più conveniente tenendo conto della quantità di aria espulsa nel ricambio e di tutti i possibili transitori (blocchi dell'impianto, cambi formati, ecc.).

Esperimenti condotti sulla cella statica hanno portato al raggiungimento del risultato finale con un margine di errore dello 0,2%. Il programma realizzato richiede che l'operatore si limiti ad impostare la quantità di acqua (o umidità percentuale) da ottenere nel prodotto finito (dando la possibilità di lavorare con curve di equilibrio fisse o dinamiche) o in alternativa che fissi i set point di temperatura ed umidità per consentire il trattamento di qualsiasi esperimento. Anche nel caso di controllo "tradizionale" mediante i parametri tem-

peratura ed umidità viene comunque verificata la relazione tra umidità e temperatura in base ai set point impostati e, pertanto, il processo lega il raggiungimento della temperatura all'umidità presente nell'ambiente.

Il programma realizzato consente quindi di gestire l'essiccazione sia con le curve di equilibrio che con l'impostazione tradizionale di temperatura ed umidità, mettendo in relazione istante per istante la temperatura all'umidità relativa. Esso si compone di un menù (**fig. 2**) attraverso il quale è possibile accedere alle pagine di impostazione del processo ("processo"), alle pagine di controllo in tempo reale ("trend realtime") e alle pagine di archivio dati ("leggi storico"). Mediante il pulsante denominato "equilibrio" si può accedere al programma di gestione e controllo dell'essiccazione tramite le curve di equilibrio, come descritto precedentemente.

L'operatore deve comunque impostare un programma di essiccazione limitandosi a fissare le temperature di sicurezza in ciascuno step, la durata di ciascuno step e le curve desiderate. Per fare questo egli deve accedere ed impostare la ricetta da eseguire (**fig. 3**).

La creazione di una ricetta avviene impostando il numero di passi per ciascuno step, la curva di equilibrio e la temperatura massima (**fig. 4**). L'umidità viene calcolata autonomamente se si è scelta la curva d'equi-



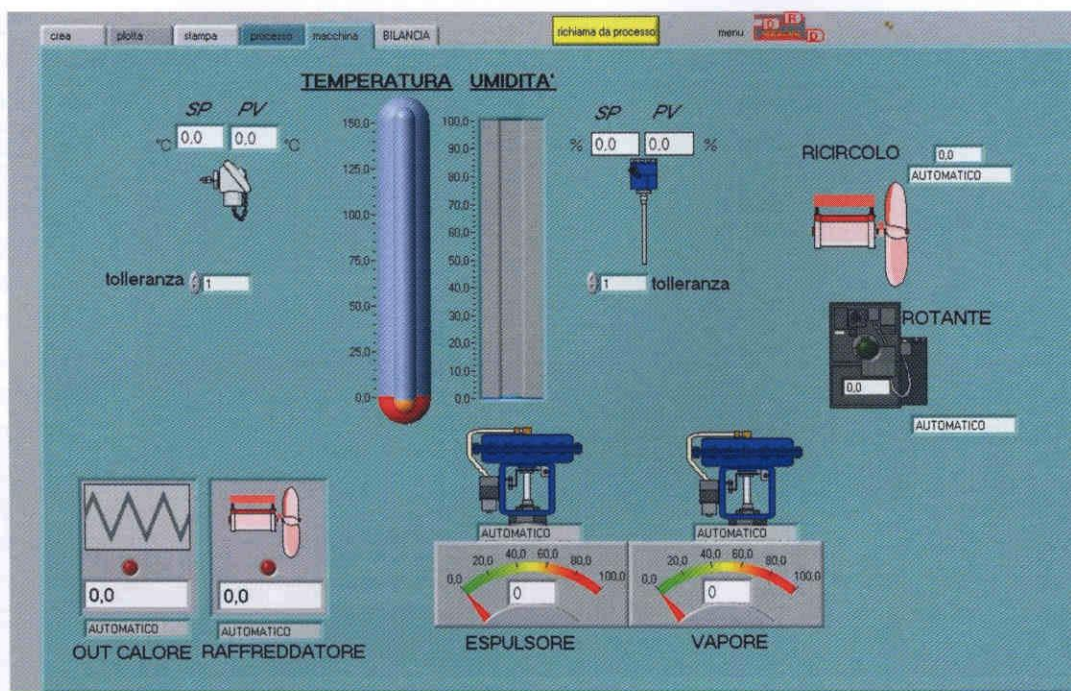
Menù del programma. **fig. 2**



La rappresentazione grafica di una ricetta. **fig. 3**



Pagina per l'inserimento dei parametri di processo del programma. **fig. 4**



I vari componenti della cella statica (con controllo di tipo automatico o manuale). **fig. 5**

librio, oppure può essere impostata se si vuole immettere l'umidità in modo tradizionale.

Ogni singolo componente della cella statica può essere controllato e comandato in automatico o in manuale consentendo, nel caso di cella statica, la massima elasticità per la sperimentazione (**fig. 5**).

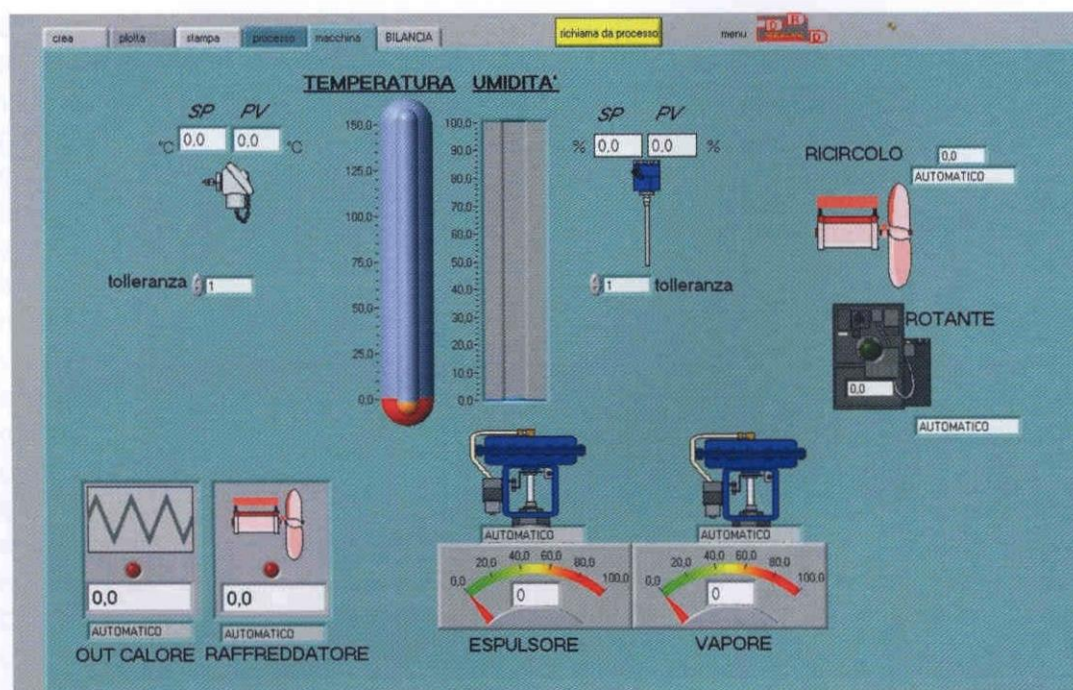
Questo programma è stato testato con successo su una cella statica dell'impianto pilota di pastificazione (estrusore+essiccatoio) installato presso il Centro di ricerca e sperimentazione del Parco Scientifico Tecnologico del Molise - MoliseInnovazione. Relativamente all'essiccatoio esso presenta le seguenti caratteristiche tecniche: capacità d'immissione circa 10 kg di prodotto per ciclo; programmabile per cicli di essiccamento a basse, medie ed alte temperature (tempera-

tura max 100°C); regolazione termometrica mediante batteria di riscaldamento e gruppo di raffreddamento; sistema di regolazione automatica dell'umidità relativa (0-100%); velocità dell'aria regolabile; essiccazione su supporti a canne per paste lunghe e mediante tamburo rotativo per paste corte.

Il prosieguo dell'attività prevede una serie di valutazioni qualitative e comparative tra paste alimentari prodotte mediante il sistema di essiccazione con curve di equilibrio e paste processate con i sistemi tradizionali.

BIBLIOGRAFIA

Andrieu, Stamatopoulus, Zefiropoulos, "Equation for fitting desorption isotherms for durum wheat pasta", *Journal of Food Technology*, 1985.



I vari componenti della cella statica (con controllo di tipo automatico o manuale). **fig. 5**

librio, oppure può essere impostata se si vuole immettere l'umidità in modo tradizionale.

Ogni singolo componente della cella statica può essere controllato e comandato in automatico o in manuale consentendo, nel caso di cella statica, la massima elasticità per la sperimentazione (**fig. 5**).

Questo programma è stato testato con successo su una cella statica dell'impianto pilota di pastificazione (estrusore+essiccatoio) installato presso il Centro di ricerca e sperimentazione del Parco Scientifico Tecnologico del Molise - MoliseInnovazione. Relativamente all'essiccatoio esso presenta le seguenti caratteristiche tecniche: capacità d'immissione circa 10 kg di prodotto per ciclo; programmabile per cicli di essiccamento a basse, medie ed alte temperature (tempera-

tura max 100°C); regolazione termometrica mediante batteria di riscaldamento e gruppo di raffreddamento; sistema di regolazione automatica dell'umidità relativa (0-100%); velocità dell'aria regolabile; essiccazione su supporti a canne per paste lunghe e mediante tamburo rotativo per paste corte.

Il prosieguo dell'attività prevede una serie di valutazioni qualitative e comparative tra paste alimentari prodotte mediante il sistema di essiccazione con curve di equilibrio e paste processate con i sistemi tradizionali.

BIBLIOGRAFIA

Andrieu, Stamatopoulus, Zefiropoulos, "Equation for fitting desorption isotherms for durum wheat pasta", Journal of Food Technology, 1985.