

Pasta & Pastai

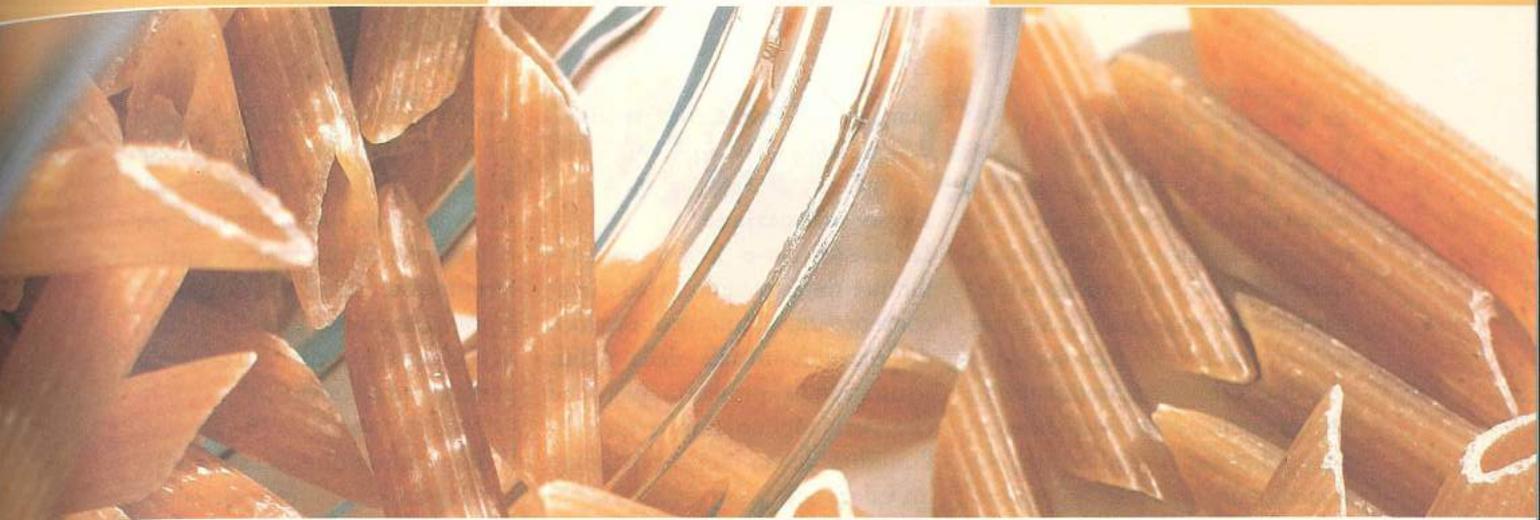
L'INFORMAZIONE PROFESSIONALE
PER LA PASTA FRESCA E SECCA

ECONOMIA
**PastaTrend all'Expo
di Shanghai:
un'occasione unica
per la pasta italiana**

MERCATO
**Nasce il marchio di qualità
pasta Made in Sicily**

TECNICHE DI PRODUZIONE

**I principali parametri
per l'essiccazione della pasta**



Principali parametri di processo nell'essiccazione della pasta

di **Gianni Mondelli**

Nell'essiccazione della pasta i principali parametri di gestione tecnologica degli essiccatori, siano essi statici o continui, sono la temperatura e l'umidità dell'aria all'interno degli essiccatori stessi, nonché l'intensità e la durata delle fasi di ventilazione del prodotto, alternate ad altre fasi di riposo (assenza di ventilazione) per consentire la redistribuzione delle molecole di acqua dagli strati interni verso quelli superficiali della pasta (rinvimento).

Poiché le caratteristiche della pasta cambiano continuamente durante l'essiccazione, la sua gestione tecnologica deve pertanto corrispondere allo stato fisico attuale del prodotto, specifico per ogni momento del processo.

Le modalità di gestione del processo di essiccazione ed i presupposti tecnologici che lo caratterizzano sono stati ampiamente descritti in articoli già pubblicati

su questa rivista e nel volume "Essiccazione statica della pasta - Tecnologia e pratica operativa" ai quali pertanto rimandiamo per i necessari approfondimenti.

Ciò che ora mi interessa evidenziare è l'aspetto dinamico dell'essiccazione, con particolare riferimento alla velocità (durata) dell'essiccazione medesima, in relazione sia alle caratteristiche di forma e di struttura dei formati di pasta che ai valori dei parametri tecnologici adottati, soprattutto per quanto riguarda i valori massimi e medi della temperatura dell'aria durante lo svolgimento del processo, parametri normalmente presi a riferimento per l'identificazione delle tecnologie di essiccazione della pasta (tecnologia a bassa, media, alta temperatura).

Le caratteristiche di forma e struttura dei formati sono determinanti per la scelta del corretto diagramma di essiccazione, indi-

pendentemente dalle temperature di processo. Poiché la velocità di essiccazione dipende essenzialmente dal tempo impiegato dall'acqua presente negli strati interni del prodotto per raggiungere la sua superficie, è evidente che i formati di pasta aventi spessore maggiore richiederanno, a parità di temperatura, tempi di essiccazione più lunghi rispetto a quelli di spessore minore.

La velocità di migrazione delle molecole di acqua dagli strati interni verso quelli esterni della pasta dipende, infatti, dall'energia termica (calore) fornita al prodotto e dalla sua temperatura media. Questo spiega perché con tecnologia ad alta temperatura i tempi di essiccazione sono minori (per uno stesso tipo e formato di pasta) rispetto a quelli richiesti quando la tecnologia di essiccazione utilizza temperature basse o medio-basse.

Le tecnologie miste

A parte le opinioni personali dei tecnici pastai circa l'influenza della temperatura di essiccazione sulla qualità della pasta, è fuori discussione il fatto che nel processo di essiccazione sono possibili (ed a volte utili e/o necessarie) tecnologie per così dire "miste", caratterizzate cioè da parametri tecnologici differenziati, ad esempio temperatura alta o medio-alta nella fase di pre-essiccazione e temperatura medio-bassa o bassa in quella di essiccazione vera e propria; ciò anche in relazione alle caratteristiche costruttive e funzionali degli impianti utilizzati. Esempio tipico, a questo proposito, è l'essiccazione lenta a bassa temperatura della pasta però precedentemente sottoposta, subito dopo la formatura, ad un energico trattamento igrotermico (pastorizzazione) con temperatura del prodotto di circa 80-85°C. In questo caso il trattamento igrotermico è finalizzato alla disattivazione delle attività enzimatiche responsabili dell'ossidazione progressiva dei pigmenti gialli presenti nella semola e della formazione di composti che tolgono luminosità alla pasta essiccata, facendo prevalere tonalità di colore tendente al grigio e al bruno, impoverendo pertanto l'aspetto del prodotto. È chiaro, tuttavia, che, anche senza disporre in linea di un pastoreizzatore vero e proprio, questo trattamento igrotermico può essere effettuato durante la fase di pre-essiccazione, non solo disattivando (in tutto o in parte) le attività enzimatiche, ma utilizzando il calore della pasta per ottenere un rapido abbassamento del suo contenuto di umidità, predisponendola così, in modo tecnologicamente corretto, alla successiva fase di essiccazione, che può essere gestita con temperature basse o medio-basse, a seconda delle caratteristiche funzionali dell'im-

pianto o delle preferenze personali del tecnologo pastaio.

La pre-essiccazione

La fase di pre-essiccazione, qualunque sia la tecnologia adottata, consente una diminuzione veloce dell'umidità iniziale della pasta, sfruttando le proprietà plastiche che permangono fino a quando l'umidità del prodotto raggiunge un valore compreso tra il 23-21% se la sua temperatura effettiva è relativamente bassa, cioè di circa 45-50°C. È evidente, pertanto, che questa peculiarità della fase può e deve essere sfruttata nella gestione tecnologica complessiva dell'essiccazione della pasta.

Tempi eccessivamente lunghi della pre-essiccazione, con temperatura dell'aria troppo bassa (>45°C) sono un non-senso non solo dal punto di vista tecnologico, ma anche da quello organolettico ed igienico, dato che la permanenza prolungata della pasta ancora molto umida nel pre-essiccatore, con conseguenti elevati valori di attività dell'acqua ai livelli di temperatura indicata, determina una situazione ottimale sia per le

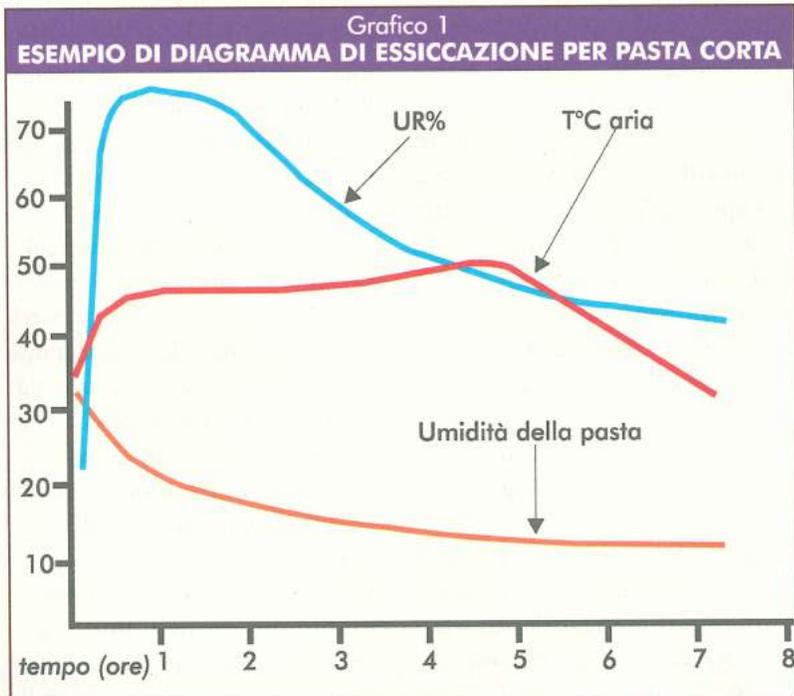
attività enzimatiche prima citate, sia per la proliferazione microbica, con conseguente elevato rischio igienico, in particolare per la possibile formazione di tossine termoresistenti ad opera di *Staphylococcus aureus*. Questo rischio, ovviamente, è ancora più concreto per la pasta all'uovo.

Il diagramma di essiccazione

Il diagramma di essiccazione è un grafico che indica la dinamica di disidratazione della pasta in funzione della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria all'interno degli essiccatori.

Nel diagramma sono normalmente rappresentate tre linee curve che indicano i valori di temperatura e umidità dell'aria, rapportate con l'umidità della pasta. L'asse orizzontale del grafico indica il tempo del processo. Un esempio tipico di diagramma di essiccazione della pasta è riportato nel grafico 1.

Da notare che il diagramma della figura 1 indica la dinamica dell'essiccazione, ma non le modalità di esecuzione del processo, che evidentemente variano a seconda delle caratteristiche dell'essiccatore.



Nell'impostazione dei parametri tecnologici di essiccazione occorre, infatti, prevedere anche la frequenza e la durata della ventilazione, come pure la frequenza e la durata delle pause di rinvenimento.

Con la ventilazione della pasta, com'è noto, si provvede sia a riscaldarla cedendole calore, sia a rimuoverla cedendole calore, sia a rimuovere l'acqua evaporata dallo strato superficiale della pasta stessa.

Il vapore ceduto dalla pasta e distribuito con la ventilazione nell'ambiente interno dell'essiccatore, ne modifica l'umidità relativa. Il valore di umidità relativa dell'aria all'interno dell'essiccatore, rapportato a quello della temperatura, fornisce un'indicazione fondamentale sulla dinamica dell'essiccazione, dato che la concentrazione di vapore acqueo nell'ambiente interno all'essiccatore influenza l'intensità dell'evaporazione superficiale della pasta e, quindi, la sua velocità di essiccazione. L'eccesso di umi-

dità presente nell'essiccatore viene pertanto eliminato per mezzo di aspiratori che estraggono l'aria umida, scaricandola all'esterno. La quantità d'aria estratta deve essere commisurata al valore di umidità relativa impostato per ogni specifica fase del processo e deve, ovviamente, essere sostituita da una corrispondente quantità di aria più asciutta immessa dall'ambiente esterno.

Poiché l'aria immessa nell'essiccatore è prelevata dall'ambiente del pastificio, le sue condizioni climatiche ambientali (temperatura e umidità relativa) influenzano anch'esse, indirettamente, il processo di essiccazione della pasta. A questo punto risulta chiaro che, per impostare correttamente un processo di essiccazione, le variabili da gestire sono molteplici.

Ma che, soprattutto, esse debbono continuamente essere adeguate ai progressivi cambiamenti nelle caratteristiche fisiche della pasta.

Il diagramma può, pertanto, essere integrato come riportato dal grafico 2, nel quale sono indicate anche le fasi di ventilazione e rinvenimento.

Il diagramma integrato del grafico 2 ha solo un valore indicativo, dato che i valori riportati (comprese la durata delle fasi di ventilazione e di pausa di rinvenimento) sono virtuali e, per avere corrispondenza con una situazione reale, debbono essere adattati alle caratteristiche meccaniche e funzionali dell'essiccatore, oltre che al tipo e formato di pasta da essiccare. Il diagramma del grafico 2 è, tuttavia, utile per comprendere la dinamica dell'essiccazione e consentire di impostare valori tecnologicamente corretti per la gestione del processo, in relazione alle caratteristiche sia dell'impianto che del tipo e formato della pasta.

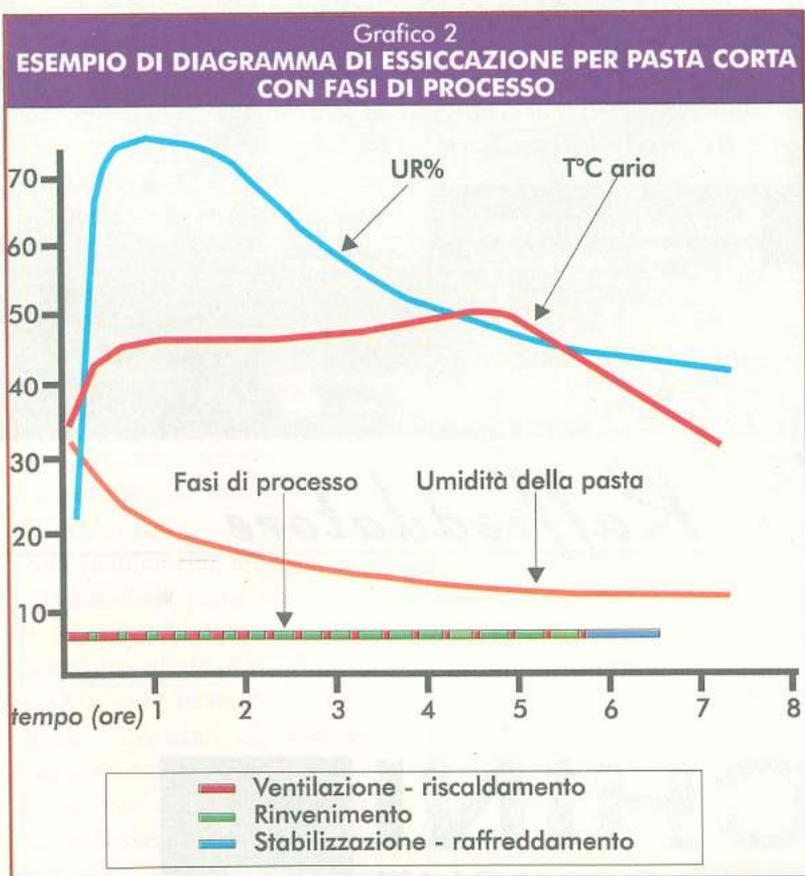
Determinazione della durata delle fasi di ventilazione

Un errore comune nell'essiccazione della pasta è quello di prolungare oltre il necessario la ventilazione del prodotto, errore che comporta gli effetti seguenti:

- inutile prolungamento del tempo complessivo di essiccazione;
- disidratazione eccessiva dello strato superficiale della pasta e conseguente sua contrazione anomala, tale da ridurre pericolosamente o impedire il trasferimento in superficie e l'evaporazione dell'acqua rimasta negli strati interni. In queste condizioni, la pasta si frattura più o meno gravemente, diventando fragile fino a rompersi anche con sollecitazioni meccaniche minime. Per meglio comprendere quali siano i criteri per definire la durata della ventilazione si può fare riferimento alla tabella 1.

La tabella ipotizza la situazione seguente:

- peso complessivo della pasta umida da essiccare: 100 kg;



- umidità iniziale della pasta: 28%;
- umidità finale della pasta: 12%;
- temperatura dell'aria all'interno dell'essiccatore: 50°C;
- umidità relativa dell'aria all'interno dell'essiccatore: 60%.

In corrispondenza a questi valori la tabella ne fornisce altri, vale a dire:

- quantità di acqua da estrarre dalla pasta per ogni punto percentuale in meno di umidità;
- quantità di aria umida da estrarre dall'essiccatore, alla temperatura indicata nella tabella, per rimuovere la quantità d'acqua (vapore acqueo) corrispondente ad ogni punto percentuale in meno dell'umidità della pasta;
- tempo richiesto per l'espulsione dell'aria contenente la quantità di acqua estratta dalla pasta, supponendo una velocità di estrazione di 600 mc/ora;
- numero di kcal/ora richieste per l'evaporazione superficiale dell'acqua nella quantità corrispondente ad ogni punto percentuale di umidità in meno della pasta.

La tabella fornisce, ovviamente, oltre ai dati parziali, anche quelli complessivi per l'intero processo

di essiccazione della pasta, riferiti alla quantità del prodotto umido per ridurne l'umidità dal 28 al 12% ai valori di temperatura e di UR% indicati nella tabella stessa. La funzione della tabella, (ricavata dalla serie da me elaborata originariamente per lo studio dell'essiccazione statica della pasta, ma comunque utilizzabile anche per impostare i parametri di processo negli essiccatori continui) è quella di fornire le informazioni necessarie per stabilire correttamente la durata della ventilazione ed il tempo occorrente per estrarre dall'essiccatore l'umidità dell'aria in eccesso (oltre il valore di UR% previsto, nel caso specifico del 60%), supponendo naturalmente che la temperatura dell'aria rimanga costante a 50°C.

Risulta così evidente che mentre nella fase iniziale dell'essiccazione, con umidità della pasta in diminuzione dal 28 al 26%, occorre estrarre quasi 42 m³ di aria per rimuovere dall'ambiente interno dell'essiccatore i due chilogrammi di acqua tolti alla pasta, nella fase conclusiva dell'essiccazio-

ne, quando l'umidità della pasta scende dal 13 al 12%, la quantità d'aria da estrarre è di soli 17,7 m³, i quali conterranno gli 870 g di acqua ceduta dalla pasta per raggiungere il valore finale di umidità indicato.

La durata della ventilazione

I tempi indicati nella tabella per l'estrazione del vapore acqueo corrispondente al peso dell'acqua sottratta alla pasta non sono ovviamente quelli richiesti per la ventilazione del prodotto.

Per valutare la durata della ventilazione occorre, infatti, conoscere il volume di aria movimentato all'interno dell'essiccatore nell'unità di tempo, ma anche considerare la superficie di scambio del formato di pasta essiccato e, soprattutto, il rapporto esistente tra questa superficie e la massa del formato stesso, così come le sue caratteristiche di struttura e forma.

La tabella, inoltre, fornisce dati relativi ad una situazione statica dei valori tecnologici considerati, mentre nell'essiccazione della pasta questi valori cambiano costantemente, come indicato nel diagramma di essiccazione della figura 1, per cui si rendono necessarie le altre tabelle della serie prima citata, con valori di temperatura e umidità relativa corrispondenti a quelli del diagramma. L'esempio fornito dalla tabella contribuisce a comprendere i meccanismi dinamici dell'essiccazione della pasta e ad applicare parametri tecnologici che permettano di non prolungare inutilmente i tempi di essiccazione, non danneggiare il prodotto, scegliere il diagramma più appropriato in relazione al formato ed al tipo di essiccatore utilizzato.

Nella determinazione della durata delle fasi di ventilazione occorre tenere presente il fatto che, non appena l'acqua presente sulla

Tabella 1
TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI TECNOLOGICI E DI PROCESSO RIFERITI A VALORI DETERMINATI DI TEMPERATURA E UMIDITÀ RELATIVA

Carico pasta umida (kg)	T°C dell'aria = 50			UR% dell'aria = 60			
	Umidità della pasta (%)	Umidità della pasta (%)	Δ di umidità (%)	Quantità di acqua estratta (kg)	Quantità di aria estratta (mc)	Energia termica richiesta (kCal/h)	Tempo di estrazione aria (min.)
100,00	28	26	2	2,04	41,65	624,74	5,95
97,96	26	25	1	0,99	20,19	302,90	2,88
96,97	25	24	1	0,98	19,99	299,84	2,86
95,99	24	23	1	0,97	19,79	296,82	2,83
95,02	23	22	1	0,96	19,59	293,82	2,80
94,06	22	21	1	0,95	19,39	290,85	2,77
93,11	21	20	1	0,94	19,19	287,91	2,74
92,17	20	19	1	0,93	19,00	285,00	2,71
91,24	19	18	1	0,92	18,81	282,12	2,69
90,32	18	17	1	0,91	18,62	279,28	2,66
89,41	17	16	1	0,90	18,43	276,45	2,63
88,50	16	15	1	0,89	18,24	273,66	2,61
87,61	15	14	1	0,88	18,06	270,90	2,58
86,72	14	13	1	0,88	17,88	268,16	2,55
85,85	13	12	1	0,87	17,70	265,45	2,53
				15,20	306,53	4.597,91	43,79

Grafico 3
**GRAFICO INDICATIVO DELLA DURATA DELLE FASI
 DI VENTILAZIONE E DI RINVENIMENTO
 IN UN PROGRAMMA DI ESSICCAZIONE STATICA**



superficie della pasta è completamente evaporata, ogni secondo in più nella ventilazione del prodotto non solo è inutile, ma anche dannoso. In pratica, la durata della ventilazione è maggiore nelle fasi iniziali dell'essiccazione, quando l'evaporazione superficiale è maggiormente intensa e lo scambio termico aria-prodotto è più lento a causa della elevata quantità d'acqua presente nel prodotto stesso, mentre si riduce progressivamente con la diminuzione dell'umidità della pasta, dal momento che l'evaporazione superficiale si riduce anch'essa e che, soprattutto, diminuisce la velocità di trasferimento verso la superficie dell'acqua rimasta nella pasta, per effetto della progressiva contrazione del prodotto.

Il grafico 3 riporta le curve indicative della durata delle fasi di ventilazione e di rinvenimento, riferite ad un ipotetico prodotto con caratteristiche standard di forma e di massa.

Diagrammi di essiccazione reali: essiccazione statica

Nell'essiccazione statica della pasta, l'ambiente interno dell'essiccatore si modifica progressivamente in relazione allo stato fisico del prodotto (temperatura, umidità residua)

ed alle variazioni climatiche indotte dalle operazioni e fasi del processo. Durante la ventilazione, l'aria umida viene rimossa dalle superfici di scambio della pasta, sia essa disposta a strati nei telai orizzontali, sia essa disposta a cortine affiancate nei sistemi di supporto verticali. L'aria umida viene, pertanto, distribuita in modo più o meno uniforme nell'ambiente interno dell'essiccatore, incrementandone conseguentemente sia l'umidità assoluta che quella relativa.

È fondamentale che l'energia termica spesa per l'evaporazione superficiale della pasta sia adeguatamente compensata dal sistema di scambio termico dell'essiccatore, altrimenti la temperatura al suo interno tenderebbe a diminuire anche drasticamente, determinando situazioni ambientali critiche o severamente critiche per il processo di essiccazione. Poiché, inoltre, l'intensità dell'evaporazione superficiale si riduce progressivamente, via via che l'umidità relativa dell'aria aumenta, si comprende come, oltre alla temperatura, sia necessario tenere sotto controllo anche questo parametro tecnologico, in modo che non si discosti eccessivamente dal valore previsto nel diagramma di essiccazione ed impostato nel proces-

so. In pratica, dunque, occorrerà estrarre velocemente l'aria umida in eccesso dall'essiccatore, oppure bloccare completamente qualsiasi uscita di aria dall'essiccatore stesso nel caso l'umidità relativa abbia un valore inferiore a quello impostato. Queste funzioni debbono essere svolte in modo dinamico, in relazione come si è detto allo stato fisico del prodotto, che cambia continuamente durante il processo di essiccazione.

L'aria umida, essendo più pesante, tende a concentrarsi nella parte bassa dell'essiccatore, dove oltretutto la temperatura è sempre inferiore rispetto a quella della zona alta, in parte per una normale proprietà fisica, in parte perché la parte bassa dell'essiccatore è quella che presenta le maggiori perdite di energia termica (assorbimento di calore da parte del pavimento, minore quantità di calore ceduto dalla circolazione dell'aria calda, insufficiente tenuta delle porte, ecc.). Se l'umidità dell'aria non è mantenuta a valori corrispondenti, in modo corretto, alla temperatura, sono inevitabili fenomeni sia di condensazione del vapore (effetto rugiada), che di rallentamento dell'evaporazione superficiale della pasta, la quale conseguentemente essiccherà meno rispetto a quella posta nella parte più alta dell'essiccatore.

L'estrazione dell'aria umida in eccesso

Per questo l'estrazione dell'aria umida in eccesso deve essere effettuata nella zona bassa dell'essiccatore ed in modo il più possibile uniforme rispetto alla superficie del pavimento e alla dislocazione del prodotto.

L'aspirazione dall'interno verso l'esterno dell'aria umida e relativamente "fredda" nella parte bassa dell'essiccatore richiama aria più calda ed asciutta dall'alto, creando

le condizioni per una situazione di equilibrio nell'essiccazione della pasta posta nelle diverse zone dell'essiccatore, comprese quelle più vicine al pavimento.

Questa condizione è particolarmente importante durante le fasi di rinvenimento, nelle quali, a causa dell'assenza totale di ventilazione, la forte concentrazione di umidità nella parte bassa dell'essiccatore e la concomitante diminuzione della temperatura determinano facilmente fenomeni di condensazione che sono sempre molto dannosi per la qualità tecnologica del processo e per quella del prodotto.

Il diagramma di essiccazione relativo ad un processo statico non è diverso da quello già descritto precedentemente ed indicato nel grafico 1. Sono, tuttavia, del tutto particolari le condizioni di processo, caratterizzate dai parametri definiti appositamente per questo tipo di impianto. La figura ne fornisce un chiaro esempio: essa, infatti, riporta per esteso una ricetta di essiccazione prevista per la scheda a microprocessore SM2 installata su un essiccatore per pasta corta a un carrello (circa 100 kg di prodotto umido), con il dettaglio della curva reale di essiccazione per il formato considerato.

Essiccazione continua

Per essiccazione continua si intende il processo nel quale i parametri tecnologici sono definiti ed impostati per zone successive dell'impianto attraverso le quali transita la pasta, movimentata e trasportata da sistemi meccanici. Diversamente dall'essiccazione statica, dunque, nella quale la pasta se ne sta completamente immobile e variano le condizioni climatiche ambientali dell'essiccatore, nell'essiccatore continuo la pasta "viaggia" continuamente, mentre sono "fisse" le condizioni climatiche

ambientali delle varie zone dell'essiccatore che essa percorre nel suo movimento continuo, fino all'ultima fase del processo che coincide con la stabilizzazione del prodotto al valore finale previsto di umidità.

Negli impianti continui, pertanto, vi sono zone di ventilazione e zone di rinvenimento, determinate nella fase progettuale e costruttiva dell'impianto, zone che caratterizzano la "geometria" specifica

Grafico 4
DIAGRAMMA REALE DI ESSICCAZIONE STATICA
DI UN FORMATO STANDARD (PASTA CORTA)

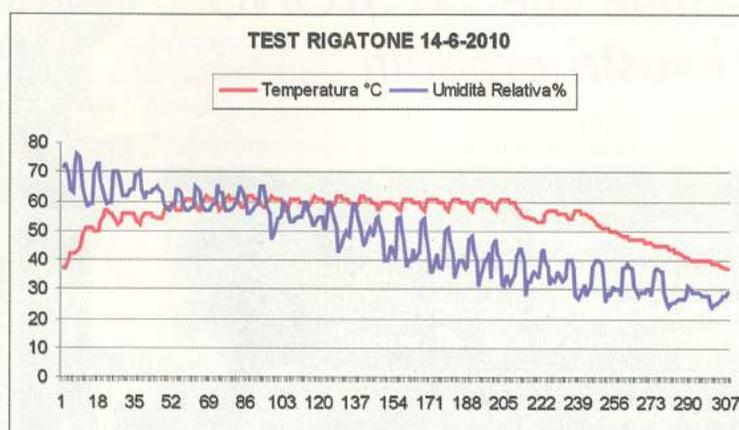


Tabella 2
PROGRAMMA DI ESSICCAZIONE DI UN FORMATO STANDARD
DI PASTA CORTA (RIGATONE)

Ciclo (n°)	Ciclo(*) (tot. min.)	Umidità pasta (%)	Ventilazione			Rinvenimento					
			T°C	UR%	Tempo (min.)	T°C (*)	UR%	Tempo (min.)			
1	9	30,0	45	85	6	10	85	2			
2	16	29,2	50	80	10	10	75	5			
3	16	27,8	55	75	10	10	75	5			
4	18	26,4	55	70	10	10	75	7			
5	18	25,2	55	70	10	10	70	7			
6	16	24,4	60	65	8	10	65	7			
7	17	23,6	60	65	8	10	65	8			
8	19	22,8	60	65	8	10	60	10			
9	19	22,0	60	65	8	10	60	10			
10	19	21,2	60	65	8	10	60	0			
11	19	20,4	60	65	8	10	55	10			
12	19	19,6	60	60	8	10	55	10			
13	21	18,9	60	60	8	10	55	12			
14	21	18,2	60	60	8	10	50	12			
15	21	17,5	60	60	8	10	50	12			
16	19	16,8	60	55	6	10	45	12			
17	21	16,1	60	55	6	10	45	14			
18	21	15,6	60	55	6	10	40	14			
19	21	15,1	60	55	6	10	40	14			
20	21	14,6	60	55	6	10	40	14			
21	21	14,1	60	50	6	10	35	14			
22	21	13,6	55	50	6	10	35	14			
23	23	13,1	55	50	6	10	35	16			
24	23	12,6	55	50	6	10	30	16			
25	27	12,4	40	45	10	10	30	16			
26	27	12,2	40	45	10	10	30	16			
27	31	12,0	35	45	10	10	15	20			
28	41	11,8	30	15	20	10	15	20			
			585			230			327		

(*) valore impostato per mantenere spente le resistenze elettriche durante l'assenza di ventilazione

dell'impianto stesso. Se (come nella maggior parte dei casi avviene) le zone di ventilazione e di rinvenimento sono fisse, nel senso che non è possibile modificarne la funzione, la gestione tecnologica degli impianti continui si basa essenzialmente sui parametri di temperatura e umidità relativa dell'aria impostati per ognuna di tali zone. La durata delle fasi è, quindi, determinata dalla velocità di trasporto del prodotto, mentre la loro funzionalità è in relazione ai parametri tecnologici stessi. In parole più semplici, la pasta che attraversa una zona ventilata può essiccare più o meno rapidamente ed intensamente in relazione sia alla temperatura che all'umidità relativa dell'ambiente specifico della zona considerata. Così, se si vuole accelerare o rallentare l'evaporazione superficiale (quindi la disidratazione della pasta) occorre impostare adeguatamente temperatura e umidità dell'aria, dato che questi parametri influenzano direttamente l'intensità dell'evaporazione. Stessa cosa nelle zone di rinvenimento nelle quali transita la pasta con un tempo che normalmente non può essere variato, ma nelle quali le condizioni climatiche interne possono essere

impostate in modo da ottenere l'ottimale migrazione dell'acqua dagli strati interni del prodotto verso quelli esterni, dai quali verrà rimossa quando percorrerà la successiva zona di ventilazione.

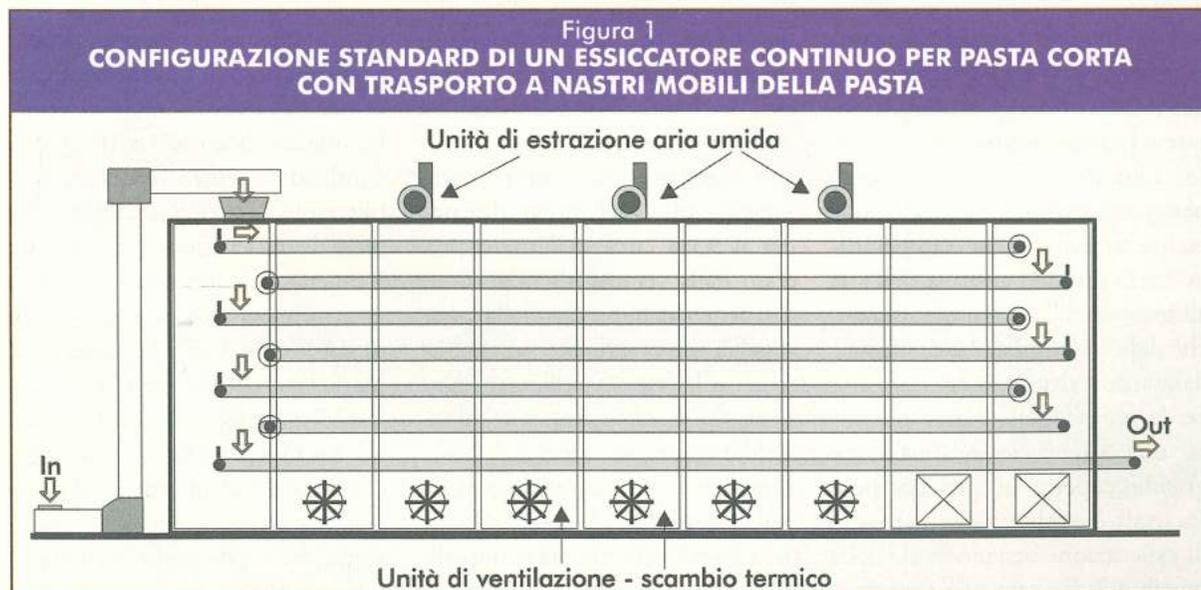
Questa impostazione costruttiva e funzionale degli impianti continui tende a ridurre la loro flessibilità di impiego relativamente ai tipi e soprattutto ai formati di pasta da essi gestibili. Non a caso vi sono impianti continui che presentano differenze di rendimento (capacità produttiva) anche notevoli a seconda dei formati, oppure che non sono in grado di essiccare formati significativamente diversi da quelli di riferimento standard, per la loro logica di progettazione e costruzione.

Non mancano, ovviamente, le eccezioni a questi criteri generali di funzionamento degli impianti continui, come ad esempio, negli essiccatori rotanti, provvisti di colonne affiancate di ventilazione che possono essere attivate o disattivate a seconda delle esigenze, consentendo così di impostare liberamente le zone di ventilazione e di rinvenimento, ma anche la loro durata effettiva nel caso in cui possa essere variata la velocità di rotazione del tamburo rotante,

quindi la velocità di transito della pasta attraverso le due distinte fasi del processo tecnologico.

Naturalmente gli impianti continui offrono il grande vantaggio, rispetto al processo statico, della migliore efficienza nel controllo del processo di essiccazione e, conseguentemente, possono essere dimensionati per grandi capacità produttive (fino a 6-8 mila kg/ora per la pasta corta e 4 mila kg/ora per la pasta lunga). L'impiego di alte temperature ($>72^{\circ}\text{C}$) è una situazione standard per la generalità di questi impianti, che in tal modo consentono velocità di essiccazione elevate e soprattutto uniformità nella qualità e nelle caratteristiche del prodotto essiccato.

La computerizzazione del processo produttivo, con la gestione a logica programmabile degli impianti continui, ne ha incrementato grandemente il livello di automazione, facilitandone la gestione complessiva e consentendo un rapporto molto favorevole "capacità produttiva/personale addetto". La figura 1 riporta la configurazione standard di un impianto continuo per pasta corta con trasporto a nastri mobili della pasta.



L'influenza delle caratteristiche di forma e massa della pasta per la definizione del diagramma e delle modalità di essiccazione

Poiché il processo di essiccazione della pasta si basa essenzialmente sull'evaporazione dell'acqua presente negli strati superficiali del prodotto, è evidente che tutte le operazioni, le fasi ed i parametri tecnologici del processo stesso debbono assecondare due condizioni fondamentali:

- fornire l'energia termica richiesta per l'evaporazione superficiale e la migrazione delle particelle d'acqua dall'interno verso la superficie della pasta stessa, indipendentemente da e/o per qualsiasi valore di temperatura adottato per l'essiccazione;

- gestire correttamente la relazione tra la velocità di evaporazione superficiale e quella di migrazione dell'acqua.

Nella pratica, comunque, è proprio la velocità di migrazione dell'acqua ciò che determina la durata dell'essiccazione. Solo nei primi minuti del processo, infatti, quando la pasta presenta un'umidità elevata (>30%) la velocità dell'essiccazione dipende da quella di evaporazione superficiale. Per tutte le successive fasi è, invece, determinante la velocità con la quale le particelle d'acqua raggiungono gli strati superficiali della pasta, dove possono evaporare ed essere rimosse dal prodotto. Dunque, il tempo richiesto per l'essiccazione non dipende esclusivamente dalla temperatura e dall'umidità relativa dell'aria all'interno dell'essiccatore, ma anche dalle caratteristiche di forma e dalla massa del prodotto.

Se la forma della pasta presenta una superficie relativamente grande rispetto al proprio peso (massa), è evidente che il tempo di essiccazione beneficerà sia della possibilità di avere una superficie



di scambio tra la pasta e l'aria particolarmente favorevole, sia della relativamente piccola distanza che le particelle d'acqua dovranno coprire per raggiungere la superficie della pasta dagli strati interni. Se, invece, il rapporto superficie/massa è ribaltato (formato di pasta con una superficie piccola rispetto al peso) è altrettanto evidente che il tempo di essiccazione sarà tanto maggiore quanto più nel rapporto citato prevarrà la massa rispetto alla superficie. Essiccare un fusillo a tre principi con spessore di 0,8-1 mm richiede, pertanto, un tempo sensibilmente minore di quello richiesto per essiccare una "casareccia". La figura 2 visualizza questa differenza.

Dal momento che il tempo complessivo di essiccazione dipende per il 95% circa dell'intero processo dalla velocità di migrazione dell'acqua dall'interno della pasta verso la sua superficie, risulta chiaro come la fase di ventilazione (che svolge la duplice funzione di riscaldamento della pasta e di rimozione del vapore acqueo generato dalla evaporazione superficiale) deve essere armonizzata con quella di rinvenimento che è quella che

determina effettivamente la velocità del processo di essiccazione. Se l'intensità della ventilazione e le caratteristiche fisiche dell'aria che lambisce la superficie della pasta fossero in equilibrio con la velocità di migrazione dell'acqua dall'interno della pasta verso la superficie, in teoria si potrebbe ventilare la pasta senza soluzione di continuità, per tutta la durata del processo di essiccazione. In questa particolare situazione, infatti, il bilancio tra la quantità d'acqua evaporata e rimossa e quella trasferitasi alla superficie della pasta sarebbe costantemente in pareggio, per cui nessuna pausa di rinvenimento, da attuarsi in assenza totale di ventilazione, sarebbe necessaria. Questa condizione, più teorica che attuabile, è quella che più soddisfa il criterio di "essiccazione lenta a bassa temperatura", criterio caro non tanto o non solo a molti pastai, quanto piuttosto agli addetti al marketing ed alla comunicazione pubblicitaria per la pasta. In realtà, la logica della moderna tecnologia della pasta si è appropriata di concetti e criteri che presuppongono situazioni anche molto distanti da questo antefatto storico dell'essic-



cazione della pasta. Alla luce di quanto fin qui messo in evidenza, le caratteristiche del formato debbono essere attentamente valutate prima di impostare i parametri di essiccazione per l'impianto, statico o continuo che sia, di cui si dispone. Gli essiccatori statici, se ben progettati e costruiti, presentano una flessibilità di impiego molto superiore a quella degli impianti continui, dal momento che con essi è possibile impostare tempi di ventilazione e rinvenimento adatti ad ogni esigenza, indipendentemente dal valore massimo e medio della temperatura di esercizio. In pratica con l'essiccazione statica è possibile essiccare adeguatamente sia formati di grande superficie e poco peso, sia altri tipi di pasta con caratteristiche di forma e struttura diametralmente opposte: la condizione per ottenere comunque buoni risultati è una corrispondente corretta impostazione di tutti i parametri di processo, in sintonia con le situazioni tecnologiche fin qui descritte e scrupolosamente adeguate al formato da essiccare.

Essiccazione e raffreddamento finale della pasta sfruttando l'evaporazione superficiale

Vi sono tipi di pasta con caratteristiche di forma particolari che complicano ulteriormente la loro essiccazione. Si tratta, in genere, di quei formati che hanno spessore diverso, oppure parti superficiali diversamente esposte alla ventilazione, quindi con modalità di scambio termico e velocità di evaporazione specifiche per zone diverse dello stesso formato. Tipici esempi sono le paste con forma o sezione a fuso, come i "grani" in generale e le "trofie" per le paste corte, le "linguine" per le paste lunghe. Analoghe difficoltà sono prevedibili per certi formati stampati, come ad esempio "farfalle" e "farfalloni", ma anche per formati estrusi come le "penne" con angolo di taglio molto accentuato e punte particolarmente aguzze e sottili, come pure le stesse orecchiette (sottili al centro e spesse sui bordi). Tutti questi formati sono soggetti a fragilità eccessiva nelle parti più sottili (le punte dei grani e delle trofie, i bordi delle linguine, i festoni marginali delle

farfalle, la punta delle penne, ecc.). La causa consiste nell'eccesso di ventilazione per queste zone rispetto a quelle di maggiore spessore o diametro, o per essere più precisi, nella loro troppo rapida contrazione superficiale, con conseguente creazione di tensioni interne sufficienti a determinarne microfessurazioni locali, cioè fragilità e/o rotture. In teoria queste zone del formato richiederebbero intensità e tempi di ventilazione e pause di rinvenimento specifici, diversi da quelli invece richiesti per le altre zone a maggiore spessore e/o minore superficie di scambio. Poiché ciò non è possibile, non resta che adottare parametri tecnologici idonei a favorire il miglior equilibrio ottenibile tra la velocità di evaporazione, che deve essere sufficientemente rallentata per evitare eccessive contrazioni delle zone più sottili ed esposte del formato, e quella di migrazione delle particelle d'acqua soprattutto nelle zone a maggior spessore. Per la prima condizione sarà necessaria una ventilazione sempre più moderata e "dolce", con aria opportunamente umida,

Figura 3
**CONFIGURAZIONE FUNZIONALE DI UN ESSICCATORE CONTINUO FINALE
 A TAMBURO ROTANTE**



via via che la pasta perde progressivamente la propria umidità. Per la seconda, sarà necessario disporre di energia termica e di temperatura dell'aria preferibilmente alta per mantenere ben calda la pasta fino al momento in cui non si sarà stabilizzata, in concomitanza con un'umidità ambientale sufficientemente elevata per evitare la contrazione anomala delle parti più sottili e la formazione di una "crosta" superficiale che causerebbe inevitabilmente la fragilità e le rotture prima citate.

Un'ulteriore possibilità è quella di creare i presupposti per favorire l'evaporazione superficiale in assenza di ventilazione, mantenendo il prodotto ben caldo e compensando continuamente le perdite di energia termica dovute alla evaporazione stessa. A causa dell'evaporazione superficiale, infatti, la pasta si raffredda internamente, rallentando così la migrazione delle particelle d'acqua verso la superficie, situazione questa che deve essere evitata. In pratica la pasta, ben calda e umida in superficie, deve situarsi in un ambiente caratterizzato da temperatura sufficientemente elevata (ad esempio $>65^{\circ}\text{C}$), umidità relativa tale da consentire un'evaporazione superficiale proporzionata all'umidità residua interna al prodotto, assenza totale di ventilazione, estrazione rapida ed efficace dell'umidità in eccesso rispetto

al parametro di umidità relativa impostato. Nella parte conclusiva dell'essiccazione, quando il prodotto conserva un'umidità residua inferiore al 15%, si può sfruttare l'evaporazione superficiale per raffreddare internamente la pasta senza ventilarla, senza cioè compensare le perdite di energia termica spesa per l'evaporazione stessa. In tal modo, si ottiene una riduzione di umidità, senza tuttavia sottoporre a stress e tensioni le zone del formato più sensibili alla disidratazione, dato che l'assenza di ventilazione evita o limita la formazione della crosta superficiale. Poiché in queste condizioni la temperatura della pasta e quella ambientale tendono a scendere abbastanza rapidamente, è indispensabile diminuire progressivamente l'umidità relativa dell'aria all'interno dell'essiccatore per evitare qualsiasi fenomeno di condensazione, soprattutto sulla superficie della pasta che tenderebbe a riassorbire umidità per perderla poi, in modo traumatico, a processo concluso, all'uscita dall'essiccatore, nei silos di stoccaggio o addirittura nella confezione.

La procedura descritta è possibile, sia pure con una certa difficoltà, negli essiccatori statici, ma la macchina che meglio si presta ad eseguirla è certamente l'essiccatore continuo a tamburo rotante.

Grazie alla movimentazione continua del prodotto, infatti, l'evapo-

razione superficiale della pasta può essere uniforme anche in assenza di ventilazione e il vapore acqueo in eccesso nell'ambiente interno dell'essiccatore può essere rimosso efficacemente, evitando in tal modo anche il minimo fenomeno di ristagno di umidità sulla superficie della pasta. Se questa procedura è adottata nel settore dell'essiccatore corrispondente all'uscita del prodotto, è possibile impostare un valore di temperatura più basso rispetto a quello del settore precedente, ottenendo un progressivo raffreddamento della pasta, proporzionato alla sua disidratazione finale, fatto questo che contribuirà a stabilizzarla e a favorire la successiva fase di raffreddamento nel raffreddatore normalmente in linea con lo scarico dell'essiccatore, pronta dunque per il confezionamento o lo stoccaggio in silos.

Considerazioni conclusive

La dinamica dell'essiccazione della pasta è relativamente complessa in conseguenza delle tante variabili che influenzano il processo, dalle proprietà chimico-fisiche della materia prima utilizzata alle caratteristiche funzionali e tecniche dell'impianto utilizzato.

La pratica quotidiana del pastificio, tuttavia, insegna che vi sono alcune regole fondamentali che non possono e non devono essere trascurate, per evitare insuccessi o successi solo parziali: a queste regole ci siamo ispirati nella stesura del presente articolo, cercando di evidenziarle pur nella necessità di sintesi e semplicità di linguaggio, evitando riferimenti tecnici e tecnologici che avrebbero certamente dato maggiore consistenza e precisione scientifica ai contenuti, ma anche minore accessibilità e facilità di lettura per gli addetti ai lavori non abituati alle terminologie ed alle formule normalmente utilizzate in questo tipo di comunicazione.