

Un secadero de fideos de bajo costo

Ángel Bermejo⁽ⁱ⁾, Christian Carri⁽ⁱ⁾, Marcela Cordara⁽ⁱ⁾, Pedro Cozza⁽ⁱ⁾, Jorge Fiora⁽ⁱ⁾, Graciela Freile⁽ⁱⁱ⁾, Omar Herrera⁽ⁱ⁾, Alberto Nanami⁽ⁱ⁾, Guillermo Tierno⁽ⁱ⁾, Lucía Tomada⁽ⁱⁱ⁾

⁽ⁱ⁾INTI-Energía

⁽ⁱⁱ⁾INTI-Cereales y Oleaginosas

Introducción

Se presenta un caso concreto de asistencia técnica a una pequeña planta de elaboración de fideos secos¹, el que derivó a posteriori en el desarrollo integral de un secadero de pasta.

El problema original de la planta en cuestión era, sencillamente, que con las instalaciones disponibles, en época invernal, el secado de la pasta llegaba a tardar una semana con lo que no resultaba una operación rentable y eventualmente se malograba el producto.

Este tipo secado se realiza moviendo aire caliente sobre los fideos (cortos) en bandejas de alambre colocadas en estantes en una cámara de secado. El aire de la cámara debe mantenerse en condiciones adecuadas de temperatura y humedad, para lo cual debe calentarse, para mantener la temperatura, y renovarse convenientemente, para mantener la humedad.

El problema fue resuelto modificando las instalaciones existentes con muy escasos recursos. Fue entonces cuando la dirección del INTI decidió iniciar el desarrollo de un equipo de secado de pasta, el cual se encuentra en este momento en las etapas finales de la construcción del prototipo. Estas unidades serán presentadas como alternativa de trabajo para emprendimientos de autoabastecimiento e instituciones de bien público.

Metodología y solución preliminar

Se trataron de determinar los parámetros básicos de funcionamiento y las modificaciones, para reducir el tiempo de secado de 1 semana (inicialmente) a cerca de un día.

¹ de la Cooperativa "Manos Jóvenes" de la localidad de Haedo.



Fig. 1 La planta de elaboración: a la izquierda la cámara de madera donde se secan los fideos. Con nuestra modificación solo se usa una tercera parte. Sobre el techo de la cámara se instaló el equipo de reacondicionamiento dentro de una estructura a dos aguas que apenas se ve.

Las causas del funcionamiento deficiente parecían debidas a que: 1) no se renovaba convenientemente el aire desde el exterior; 2) El aire no circulaba convenientemente en el interior; 3) La temperatura del aire era baja

Basados en un balance preliminar de calor y materia se indicaron modificaciones y se construyó un módulo calefactor ventilador para ser instalado en el secadero. El equipo fue construido en y con materiales de INTI-Energía y se entregó a la cooperativa que opera la fábrica, en su sede. Se entregó además una memoria con un esquema de las modificaciones para la cámara.

Una vez instalado el módulo:

—Se realizaron ensayos con un material húmedo barato (trapos limpios mojados) para determinar falta de homogeneidad de secado y corregirla con deflectores de posición variable que se instalaron a

propósito.

—Se confirmó experimentalmente que los coeficientes de transferencia utilizados en el diseño preliminar eran razonables (ver fig. 2).

—Se determinó además que podría ser conveniente invertir el flujo de aire del ventilador en forma periódica (lo que no se llevó a cabo en esta primera etapa).

Durante estos ensayos de puesta a punto se registró continuamente la temperatura y humedad en el recinto utilizando una computadora personal con sistemas de rutinas de adquisición, control y graficado desarrollados en INTI-Energía.

Una vez establecido un funcionamiento razonablemente homogéneo se pasó a un ensayo piloto con fideos, obteniéndose en el primer intento un adecuado secado de la masa. No se produjeron roturas y el aspecto del producto era adecuado. Después de algunos ajustes de la receta se logró un producto de buena calidad comercial. Entonces se entregó la receta de la masa para la producción deseada y se instruyó al personal en su preparación

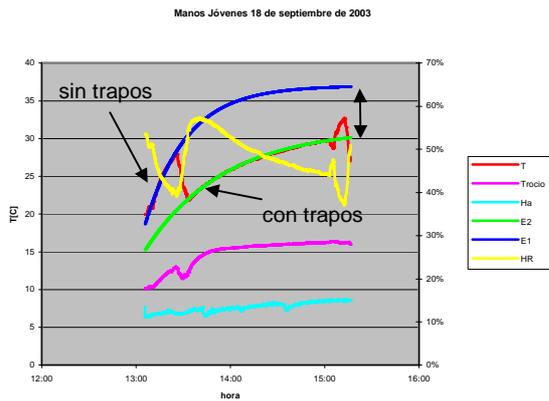


Fig. 2 La temperatura del aire medida en la cámara con una potencia de calefacción de 3kW es la curva roja que está tapada en el primer sector por la curva azul, cuando la cámara estaba seca, y luego por la curva verde cuando se encontraba con trapos húmedos. Estas curvas son ajustes de un modelo para la evolución de la temperatura como función de la evaporación de agua. Con la diferencia asintótica de temperatura entre estas dos curvas puede estimarse la evaporación según (3). La curva amarilla es la humedad relativa, nótese el aumento al introducir los trapos húmedos así como la disminución de la temperatura. La curva magenta es la temperatura de rocío, la que fue efectivamente medida y con la que se calcularon la humedad relativa (amarilla) y la humedad absoluta del aire (celeste, sin escala).

$$\frac{W_{lat}}{W_{elect}} = \frac{T_{\infty}^{hum} - T_{\infty}^{seco}}{T_{\infty}^{seco} - T_e} \quad (3)$$

Resultado colateral: un modelo simple

Aunque los ensayos realizados en una cámara de construcción precaria no tienen interés en sí mismos

debido a multitud de factores fuera de control (hendiduras y ajustes deficientes en todo el equipo), es interesante hacer notar que un modelo sencillo del fenómeno de secado, basado en la suposición de aire perfectamente agitado y conducción lineal del calor tal como el que se presenta en las ecuaciones (1) es capaz de describir el funcionamiento con una singular precisión tal como se observa en la Fig.2.

La primera ecuación de (1) indica que la transferencia

$$C_e M \frac{dT}{dt} = -\lambda(T - T_e) + W \quad (1)$$

$$W = W_{elect} - W_{lat}$$

$$W_{lat} = h_{fg} E$$

$$\lambda = UA + C_{e\text{aire}} F$$

global de energía del interior al exterior es proporcional a la diferencia de temperatura. Vease la nomenclatura en la tabla 1

El coeficiente λ incluye la renovación del aire. La cantidad W indica la potencia "sensible" disponible es decir la potencia eléctrica menos la que se emplea en evaporar agua W_{lat} . La tercera ecuación calcula esta potencia como proporcional a la evaporación por unidad de tiempo. Por fin el coeficiente global de transferencia se hace igual a la suma del coeficiente de transferencia térmica UA más un término debido al intercambio F de aire con el exterior.

Si la evaporación E , el caudal de renovación de aire F y la temperatura exterior T_e son constantes, entonces la solución de (1) con $T(0)=T_0$ resulta

$$T = T_{\infty} + (T_0 - T_{\infty}) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2)$$

$$\text{donde } T_{\infty} - T_e = \frac{W}{\lambda}, \tau = \frac{C_e M}{\lambda}$$

Aquí T_{∞} es la temperatura asintótica de la sala y el tiempo característico τ pueden obtenerse de los datos experimentales de la manera siguiente: según (2) $\ln(T - T_{\infty})$ es una función lineal del tiempo con pendiente $1/\tau$. Dado un valor tentativo para T_{∞} se ajusta una recta a los datos experimentales y así se determina un valor para τ . Los valores de T_{∞} pueden variarse hasta obtener el mejor ajuste lineal. Se tienen así valores para T_{∞} y τ . El valor de λ no depende de la evaporación así debe ser el mismo ya en el caso seco como en el caso húmedo. De la segunda ecuación de (2), teniendo las temperaturas asintóticas para los casos seco y

húmedo

De aquí se obtiene la evaporación según (1) y como W_{elect} se miden directamente los demás parámetros se

siguen de la (4)

$$C_e M = \frac{\tau W}{T_\infty - T_e} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{W}{T_\infty - T_e}$$

Tabla I. Nomenclatura

Símbolo	unidades	Descripción
$C_e M$	J/K	Capacidad térmica global de la cámara
T	C	Temperatura de la cámara (del aire)
λ	W/K	Coefficiente global de transferencia, que incluye el intercambio de aire con el exterior
T_e	C	Temperatura exterior (del aire)
W_{elect}	W	Potencia eléctrica
W_{lat}	W	Potencia en evaporación de agua
Hfg	J/kg	Calor de evaporación del agua
E	kg/s	Velocidad de evaporación de agua
UA	W/K	Coefficiente global de transferencia térmica
$C_{e\ aire}$	J/kgK	Calor específico del aire
F	kg/s	Caudal de aire intercambiado con el exterior

Conclusiones

Aspectos de la construcción prototipo del secadero se muestran en la siguiente Fig. 3



Fig. 3 A la izquierda, parte del equipo de reacondicionamiento en una prueba en la cámara. A la derecha: la cámara es el gabinete blanco al fondo en la planta piloto de INTI-Cereales y Oleaginosas.

Este nuevo equipo se encuentra en las etapas finales de su construcción y se basa en tres módulos relativamente independientes: la cámara, el sistema de reacondicionamiento de aire y el sistema de control. La cámara es una comercialmente disponible y que se usa generalmente para aplicaciones frigoríficas, se vende desarmada y puede ser montada en medio día por personal no especializado. El equipo de acondicionamiento fue diseñado por nosotros y se monta sobre la cámara armada con relativa facilidad. Este equipo consta de los ventiladores de movimiento del aire interior, resistencias calefactores y el sistema de renovación de aire todo en un módulo compacto,

ver Fig. 4, más ciertos paneles divisorios que deben montarse aparte. El montaje puede ser realizado por personal no especializado.

Como las condiciones de funcionamiento de estos equipos requieren operación intermitente de los calefactores y ventiladores, y dado el tiempo de proceso (del orden de 24 hs) es altamente conveniente un mando automático basado en indicaciones de temperatura y humedad. En el prototipo el control está a cargo de una computadora que registrará asimismo algunas variables adicionales. En equipos de producción el control será embebido en un microprocesador a propósito. Estas unidades serán presentadas como alternativa de trabajo a pequeños emprendimientos de autoabastecimiento e instituciones de bien público.



Fig. 4: El equipo de reacondicionamiento construido en INTI-Energía con la generosa colaboración de Eduardo Cidrón del Taller de Mecanizado de INTI-Mecánica.

Referencias

[1] F.Kneule, "El Secado" Ed. Urmo S.A., Bilbao, 1966