

El yacón y sus curvas de secado

Rodolfo O. Guzmán¹, Alfredo Grau² y Carlos Correa¹

(1)Departamento de Ing. de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

(2) Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Resumen

Domesticada agrónomicamente la tuberosa yacón, se torna importante cuantificar y especificar su potencialidad nutricional y medicinal, para darle valor agregado, y volcarla a un mercado que prevemos, de gran futuro. Dentro de todas las alternativas de industrialización factibles, se optó en principio por la producción de harina de yacón con la finalidad de realizar la evaluación biológica en condiciones de laboratorios controlados.

La producción, en primera etapa en escala semi-Industrial de harinas de yacón, permite optimizar progresivamente todas las condiciones y metodologías atinentes a la deshidratación o secado de productos, en la intencionalidad de abaratar costos de transporte y prolongar la vida útil y conservación de esta tuberosa y en una segunda etapa plantear la Escala Industrial de Producción.

Conocer el comportamiento de las variables características del secado, tanto estático como dinámico, para el caso específico del yacón, resulta de gran importancia para optimizar el uso energético y lograr calidad de producto.

En este contexto y con los medios disponibles, Balanza Brabender para realización de curvas de secado, se planteó la elaboración de curvas de secado específicas para el producto en condiciones prefijadas de las variables correspondientes (temperatura, velocidad de aire secante, superficie de intercambio) y en etapa posterior con metodología adecuada, alterar las condiciones prefijadas hasta lograr curvas adecuadas generalizadas para diferentes condiciones de las variables y sistemas de secado.

Palabras clave: tuberosa, fructooligosacaridos (FOS), valor agregado, deshidratación, curvas de secado.

Yacon drying curves

Abstract

*The yacon (*Smallanthus tuberosus*), is a tuberous species domesticated in the Andean region, that has spread to different countries outside Latin America. The fine tuning of processing techniques is a critical requisite for the development of its nutritional and medicinal uses, and essential one to add value to the production chain.*

Flour production for the roots is one of the feasible industrial alternatives. At a first stage, the semi-industrial flour production enables the progressive optimization of methodologies and conditions required for the dehydration or drying of the products. The aim is to increase its commercial life span and reduce transport costs. The industrialization of the process will come next.

It is extremely important to know the behavior of the drying specific variables of yacon, either static or dynamic, in order to optimize energy use and product quality.

Specific drying curves under pre-determined conditions for the variables temperature, air speed and exchange surface were measured using a Brabender scale. At a second stage, the predetermined conditions were modified to obtain adequate drying curves using the proper methodologies for the different conditions of the variables and drying systems.

Key words: tuberous, fructooligosaccharides, added value, dehydration, drying curve.

Introducción

La forma tradicional de consumo de las raíces de yacón en los Andes es en estado crudo, como una "fruta". También pueden deshidratarse, al sol o artificialmente, como si fueran frutas desecadas. Otras formas de procesamiento son como conserva dulce, como pickles en medio ácido, como jugo o como jarabe de jugo concentrado por calentamiento.

El Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas (LIEY) del Instituto de Ecología Regional (IER) que depende de la Facultad de Ciencias Naturales y del Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán, ha realizado ensayos con el cultivo en los últimos años, demostrando que puede ser realizado de manera altamente productiva en Tucumán.

Desde el año 2002 el Laboratorio Tecnológico Planta Piloto de Ingeniería Química, ha comenzado la realización de una amplia gama de ensayos preliminares de distintas técnicas de procesamiento a escala semi-industrial, con el objetivo de cuantificar y especificar su potencialidad para darle Valor Agregado y volcarla a un mercado que podría ser de gran significación y trascendencia.

Acerca del yacón

El yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson) es una tuberosa originaria de la región Andina desde Colombia hasta el Noroeste Argentino. Ha sido consumida durante siglos y su uso se mantiene, particularmente por parte de comunidades indígenas de la región.

En las últimas décadas del siglo XX se inició su cultivo con tecnología moderna y se ha expandido a distintos países: Brasil, Estados Unidos, República Checa, Nueva Zelanda, Japón, Corea y China, entre otros. Perú y China son aparentemente los países con mayor producción, aunque no existen estadísticas publicadas.

Desde sus orígenes precolombinos su uso primordial en los Andes fue como "fruta", ya que sus raíces carnosas pueden ser consumidas crudas, con una textura similar a la manzana y un sabor dulce particular. Sin embargo en los últimos años se han descubierto una serie de propiedades medicinales que han cambiado radicalmente su utilización. Sus raíces tuberosas, ricas en fructooligosacáridos (FOS), constituyen un alimento de bajas calorías y con propiedades prebióticas, con potencial empleo en la dieta de personas con sobrepeso y diabetes.

Un aspecto crítico para el uso de las raíces como alimento dietético es su formulación de una manera estable.

Las raíces de yacón tienen grandes cantidades de agua (85-90%), hidratos de carbono, fibras, minerales y vitaminas, la humedad constituye un problema ya que aumenta los costos de transporte. Por otro lado el almacenamiento de raíces vivas lleva aparejada una paulatina hidrólisis de los FOS y pérdida de las cualidades dietéticas.

Los hidratos de carbono presentes son en su mayor parte oligofructanos, azúcares solubles con cierto poder edulcorante pero de baja digestibilidad para los humanos. El valor calórico de los frútanos se estima en 1.5-1.7 kcal/g.

Tradicionalmente la raíz ha sido consumida al estado fresco. Sin embargo en los mercados desarrollados ha empezado a aparecer con frecuencia como producto procesado, chips deshidratados y jarabe, como una alternativa a partir del jugo prensado.

El jugo prensado debe ser procesado inmediatamente ya que el proceso de destrucción de los tejidos celulares de las raíces desencadena un rápido proceso de transformación de los componentes.

Por otro lado el secado directo de trozos de raíz es una alternativa que presenta ventajas prácticas, ya que es simple y mantiene las cualidades dietéticas.

Los ensayos agrícolas de este cultivo fue exitoso y hoy se cultiva en Tucumán, con muy buenos rendimientos.

Composición química del yacón por cada 1 kg de raíz tuberosa fresca, tomado de Hermann et al.(1999)	
Materia seca (g) (*)	115
Carbohidratos solubles (g)	95
Proteína (g)	4
Grasa (g)	0.3
Fibra (g)	4
Energía (Kcal.)	174
Calcio (mg)	87
Fósforo (mg)	240
Potasio (mg)	3
(*) $Hb^{\circ}seca=(885/115)=7,695$ (Kg Agua/Kg seco)	

Los frútanos son compuestos en los cuales las moléculas de fructosa se unen a una glucosa inicial for-

mando cadenas, que en el yacón llegan a tener hasta 10 u 11 unidades.

Porcentajes de los distintos azúcares en los meses de cosecha en Tucumán (Kortsarz & Grau, 2001. GP=grado de polimerización, es decir número de fructosas de la cadena.		
Compuesto	Junio	Julio
Glucosa	2.5	3.1
Fructosa	3.6	4.2
Sacarosa	4.8	5.2
GP 2	12.0	15.1
GP 3	21.4	24.7
GP 4	14.3	15.6
GP 5	10.9	11.1
GP 6	5.4	5.3
GP 7	4.1	3.6
GP 8	17.6	10.0

Las uniones son de tipo β (2+1), que no pueden ser desdobladas por las enzimas del hombre.

En cambio, si son metabolizadas activamente por los lactobacilos y las bifido bacterias. Este es un descubrimiento que ha cobrado relevancia en la década de los 90. Este hecho ha determinado que se comiencen a agregar frútanos a distintas formulaciones comerciales como por ejemplo la leche NIDO CRECIMIENTO, que posee Prebio1, una mezcla de frútanos obtenidos de las raíces de achicoria.

Recientemente, en Perú se ha demostrado que distintas cepas de *L. plantarum*, *L. acidophilus* y *B. bifidum*, naturalmente presentes en el intestino humano, son capaces de fermentar los fructanos de yacón. En un trabajo que se está llevando a cabo en Tucumán en el CERELA (Centro de Referencia de Lacto Bacilos, CONICET), se han obtenido muy buenos crecimientos en distintas cepas de Lactobacilos cultivadas en un medio con jugo de yacón.

Es evidente que los frútanos de yacón tienen condiciones de **prebióticos**, es decir sustancias capaces de estimular el crecimiento de las bacterias benéficas en el colon. Se sabe además que los frútanos no pueden ser metabolizados por las bacterias nocivas del colon, como *Escherichiacoli* o *Clostridium*. Con la ingesta regular de frútanos se produce una paulatina reducción en las poblaciones de estas bacterias y una proliferación de *Lactobacilus* y *Bifidobacterium*.

Los beneficios resultantes de la transformación de la flora bacteriana por la ingesta de fructanos pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Mejoramiento de la flora intestinal con un balance más saludable.
2. Protección contra infecciones intestinales.
3. Prevención de la constipación.
4. Reducción del colesterol sérico.
5. Mejoramiento de la absorción de calcio y magnesio.
6. Efecto anticarcinogénico en el colon.
7. Aumento de la síntesis de vitaminas del complejo B en el colon.

Las raíces poseen además cantidades apreciables de triptofano y ácido clorogénico, compuestos con una importante acción antioxidante.

Procedimiento experimental - Ensayo de secado en balanza Brabender, realizados en el Laboratorio Tecnológico Planta Piloto- FACET

Se extrajo una muestra constituida por diez trozos de forma cúbica empleando un molde de 22 mm de arista. Cada trozo se llevó a una balanza de precisión y se recortaron sus aristas hasta obtener un peso aproximado de 10 gramos. El peso total de la muestra original se redujo en un 13 % y los trozos individuales se ajustaron en un peso promedio de 9,80 gramos. En consecuencia, y asumiendo que cada trozo perdió el 13 % de su volumen original, cada uno de ellos se redujo a un cubo equivalente de 21,0 mm de arista.

Se colocaron 4 de estos cubos grandes en sendas bandejas de la balanza. Se tomaron otros 3 cubos y cada uno fue fraccionado en 8 cubos medianos mediante cortes simétricos y colocados en otras tantas bandejas de la balanza. Finalmente, cada uno de los 3 cubos remanentes fue fraccionado simétricamente en 8 segmentos y cada uno de estos segmentos a su vez en otras 8 porciones simétricas, obteniéndose 64 cubos pequeños de cada cubo original, y se colocaron en sus bandejas correspondientes.

De este modo, la muestra quedo estratificada por tamaño en tres categorías y cuyas respectivas áreas laterales específicas se consignan en **cm²/gr** en la última fila de tabla 1:



Tabla 1: Muestras en diferentes tamaños para ensayos

	Tamaño 1	Tamaño 2	Tamaño 3
Cant. cubos	1cubo grande	8 cubos medianos	64 cubos pequeños
Cant. muestras	4 bandejas	3 bandejas	3 bandejas
Área específica(cm2/grs)	2,7064	5,4129	9,0215

A intervalos convenientes de tiempo, se registraron las pérdidas porcentuales de peso acumuladas de cada bandeja, obteniéndose los registros promedios por tamaño y los tiempos en horas que se detallan en tabla 2:

Tabla 2: Registros experimentales de pérdida de peso (%) por tamaño

Tiempo (hs)	Tamaño 1	Tamaño 2	Tamaño 3
0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	13,50	25,00	47,69
1,00	28,50	51,00	69,40
1,50	49,50	68,00	79,68
2,00	56,25	77,00	84,54
2,50	62,75	81,33	86,81
3,00	65,50	83,67	87,85
3,50	71,00	84,67	88,32
4,00	74,25	85,33	88,53
4,50	76,75	86,33	88,62
5,00	78,00	87,67	88,66

La figura 1 muestra las curvas tradicionales de secado por tamaño, pérdida de peso (%) vs tiempo (hs) obtenidas.

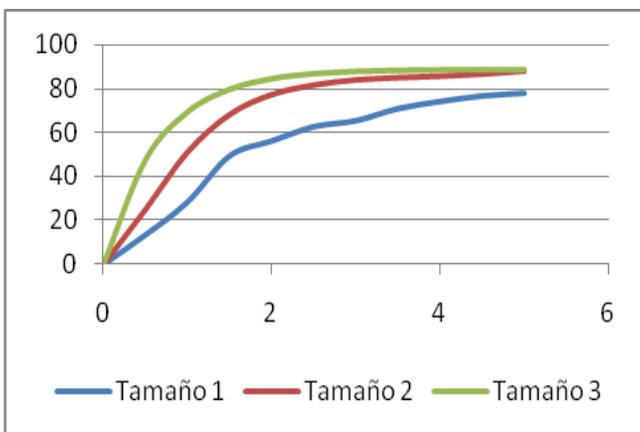


Fig. 1 Curvas tradicionales.

Condiciones del gas de secado

Si estos registros se grafican en función del tiempo, se obtienen tres líneas de tendencia netamente diferenciadas y que permiten visualizar el ritmo de secado por tamaño. A los efectos del análisis cuantitativo de estos datos, es más conveniente procurar obtener una sola línea de tendencia generalizada que incorpore todos los registros sin dispersarlos por tamaño.

Con este objetivo, se introdujo como parámetro de tamaño el área específica correspondiente y se redefinió como nueva variable independiente general el producto (**Tiempo*Área**).

Multiplicando los tiempos de tabla 2 por las áreas específicas de tabla 1 correspondientes a cada tamaño, se obtiene el conjunto de registros integrados que se detalla en tabla 3:

Tabla 3: Relación pérdida % vs variable (Tiempo*Área)

Tiempo*Área	Tamaño 1	Tiempo*Área	Tamaño 2	Tiempo*Área	Tamaño 3
0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
1,353	13,50	2,706	25,00	4,511	47,69
2,706	28,50	5,413	51,00	9,021	69,40
4,060	49,50	8,119	68,00	13,532	79,68
5,413	56,25	10,826	77,00	18,043	84,54
6,766	62,75	13,532	81,33	22,554	86,81
8,119	65,50	16,239	83,67	27,064	87,85
9,473	71,00	18,945	84,67	31,575	88,32
10,826	74,25	21,652	85,33	36,086	88,53
12,179	76,75	24,358	86,33	40,597	88,62
13,532	78,00	27,064	87,67	45,107	88,66

Graficando las pérdidas porcentuales de peso en función de la variable Tiempo*Área, se obtiene la línea de tendencia que se observa en la figura 2, evidenciándose una excelente correlación de los registros con una mínima dispersión. Se comprueba así que la variable compuesta (Tiempo*Área) es muy adecuada para anular la dispersión por tamaños.



REVISTA DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA

Visite nuestra página:
www.herrera.unt.edu.ar/revistacet

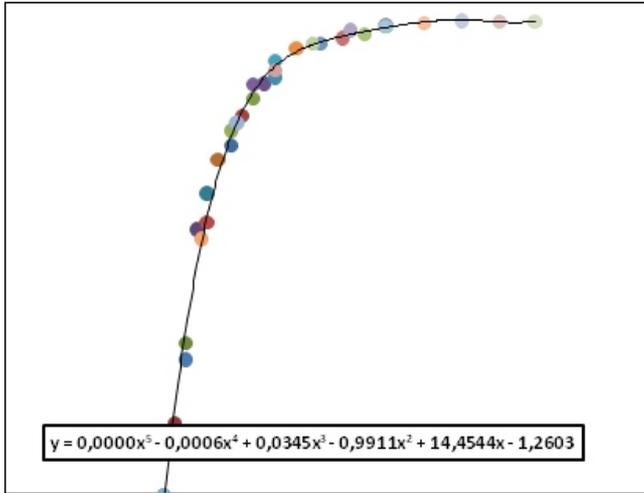


Fig. 2 Gráfico generalizado pérdidas (%) vs variable (Tiempo*Área).

Mediante prueba y error, se ensayaron diversas estructuras funcionales de las variables fundamentales (registros de pérdidas de peso y tiempo*área), procurando obtener por mínimos cuadrados una correlación lineal entre dichas estructuras.

Las estructuras funcionales detectadas como más satisfactorias fueron:

$$x = \left\{ \left(1 + \frac{\text{tiempo} * \text{área}}{P} \right) * \exp\left(\frac{\text{tiempo} * \text{área}}{P} \right) \right\} \quad (1)$$

$$y = \left\{ \exp\left(\frac{y}{100} \right) - \left(1 + \frac{y}{100} \right) \right\} \quad (2)$$

En estas estructuras, la variable **y** es la pérdida porcentual de peso y **P** es una constante de ajuste de la correlación.

La regresión lineal de Y sobre X es extrapolable a un tiempo infinito (X = 0), lo que posibilita estimar la máxima pérdida porcentual de peso, que se correspondería con un estado de humedad de equilibrio. Este valor máximo extrapolado permite determinar la **humedad inicial en base seca** del material procesado ($k_{\text{agua}}/k_{\text{solidoseco}}$):

$$H^{\circ}_{bseca} = \frac{y_{\text{max}}}{(100 - y_{\text{max}})} \quad (3)$$

Procesando los registros de tabla 3 para conformarlos a las estructuras funcionales convenientes, y adoptando tentativamente una constante de ajuste **P = 5**, se obtienen los valores consignados en tabla 4:

Tabla 4: Registros experimentales por tamaño reestructurados como pares (X,Y), con P=5

Tamaño Grande-1		Tamaño Mediano-2		Tamaño Pequeño-3	
X	Y	X	Y	X	Y
1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
0,969	0,010	0,897	0,034	0,772	0,134
0,897	0,045	0,705	0,155	0,462	0,308
0,804	0,145	0,517	0,294	0,247	0,422
0,705	0,193	0,363	0,390	0,125	0,484
0,608	0,245	0,247	0,442	0,061	0,514
0,517	0,270	0,165	0,472	0,029	0,529
0,435	0,324	0,108	0,485	0,013	0,535
0,363	0,359	0,070	0,494	0,006	0,538
0,301	0,387	0,045	0,508	0,003	0,540
0,247	0,401	0,029	0,526	0,001	0,540

Graficando los valores de Y contra los de X, y ajustando la constante P con el objetivo de compatibilizar un elevado coeficiente de correlación R^2 con una suficiente aproximación a cero del valor de Y en X = 1, se obtiene la línea de tendencia que se observa en figura 3.

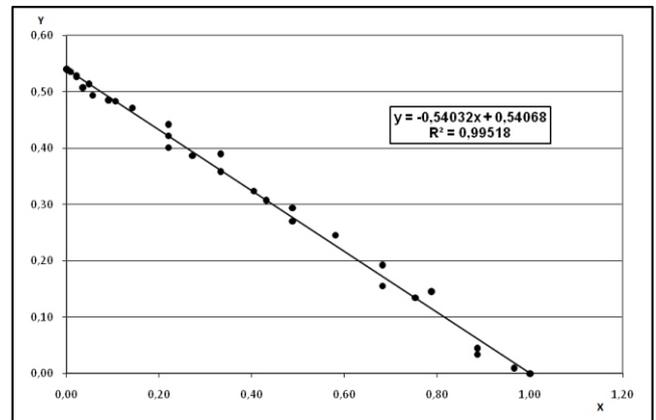


Fig. 3 Gráfico linealizado de pérdidas (%) vs variable (Tiempo*Área), ajustado con P = 4,725.

El valor final de ajustes es **P = 4,725**, y extrapolando a X = 0, se obtiene Y = 0,54068, de lo que resulta un valor $y_{\text{max}} = 88,69$, y una humedad inicial en base seca $H^{\circ}_{bseca} = 7,842$.

La constante de ajuste **P** y la pendiente **m** de la línea de tendencia son los parámetros necesarios para determinar la velocidad de secado, de acuerdo con (4):

$$\frac{(dy/dt)}{A} = -\left(\frac{100 * m}{P^2}\right) * (t * A) * \exp\left(\frac{-Tiempo * \dot{A}rea}{P}\right) * \exp\left(1 - \frac{y}{100}\right) \quad (4)$$

Esta expresión define la velocidad de secado en términos de (% de agua)/ Tiempo / Área, siendo **Área** el área específica inicial del material húmedo.

Si se multiplica (4) por el factor $(1 + H_{bseca}^o)/100$, se obtiene la expresión de la velocidad de secado en términos de $(k_{agua}/k_{seco})/Tiempo / \dot{A}rea$.

Obtención de la curva de secado

Para generar la curva de secado $(dy/dt)/\dot{A}rea$, se selecciona un intervalo de valores de la variable tiempo*área, y empleando la correlación de figura 2, se determinan todas las variables intermedias necesarias para evaluar (4) Los valores obtenidos se detallan en tabla 5.

Tabla 5: Datos para generar la curva de secado

Tiempo*área	X	Y	y	Hbseca	(dy/dt)/Área
0,0	1,000	0,000	0,00	7,842	0,000
1,0	0,981	0,011	14,40	6,569	2,262
2,0	0,932	0,037	26,04	5,539	4,113
3,0	0,866	0,073	35,81	4,676	5,505
4,0	0,792	0,113	44,01	3,950	6,447
5,0	0,714	0,155	50,91	3,340	6,988
5,5	0,676	0,176	53,94	3,072	7,128
6,0	0,638	0,196	56,73	2,826	7,193
6,5	0,600	0,216	59,29	2,599	7,192
7,0	0,564	0,236	61,65	2,391	7,133
7,5	0,529	0,255	63,82	2,199	7,026
8,0	0,495	0,273	65,81	2,023	6,877
9,0	0,432	0,307	69,33	1,711	6,486
10,0	0,375	0,338	72,32	1,447	6,009
12,0	0,279	0,390	77,00	1,033	4,949
14,0	0,205	0,430	80,37	0,736	3,910
16,0	0,148	0,460	82,78	0,522	2,998
20,0	0,076	0,500	85,74	0,261	1,656
24,0	0,038	0,520	87,24	0,128	0,865
28,0	0,018	0,531	87,99	0,062	0,436

Se grafican los valores de las dos últimas columnas de la derecha y se obtiene la curva de secado de figura 4:



Fig. 4 Curva de secado para velocidad aire 0,7 m/seg. - Temperatura. Aire 60°C – Humedad: condiciones prefijadas.

Se observa que mientras la H_{bseca} evoluciona entre los valores 2,20 y 3,34, la velocidad de secado se mantiene en niveles máximos, acusando un valor promedio de 7,127 (% agua/hr)/(cm²/gr), que equivale a una velocidad de secado constante de 6,30 $(k_{agua}/k_{seco}/hr)/(m^2/k_{humedo})$.

El área bajo la curva de secado en un intervalo de valores de H_{bseca} , proporciona información sobre la velocidad media de secado en ese intervalo, con la cual se puede estimar el tiempo de secado requerido para que la H_{bseca} se reduzca al valor mínimo en el intervalo seleccionado.

Determinación de los tiempos de secado

Como alternativa a la integración de la curva de secado para estimar los tiempos de secado, es suficiente correlacionar por mínimos cuadrados los valores de **Tiempo*Área** y H_{bseca} consignados en las columnas 1 y 5 de la tabla 5.

Graficando **Tiempo*Área** contra H_{bseca} , se obtiene una marcada correlación logarítmica. Para mejorar el coeficiente de correlación R^2 , es necesario reestructurar la constante independiente y graficar **Tiempo*Área** en función de $H_{bseca}/(1 + B * H_{bseca})$, introduciendo una variable de ajuste **B**.

Explorando **B**, y adoptando finalmente $B = -0,01$ y a partir de los valores que se muestran en la tabla 6, se obtiene la línea de tendencia de figura 5.

Tabla 6: Datos extraídos de tabla 5 para generar la figura 5

Tiempo*Área	Hbseca	Hbseca/(1-0,01Hbseca)
0,0	7,842	8,509
1,0	6,569	7,031
2,0	5,539	5,864
3,0	4,676	4,905
4,0	3,950	4,112
5,0	3,340	3,455
5,5	3,072	---
6,0	2,826	2,908
6,5	2,599	---
7,0	2,391	2,450
7,5	2,199	---
8,0	2,023	2,065
9,0	1,711	---
10,0	1,447	1,468
12,0	1,033	1,044
14,0	0,736	0,741
16,0	0,522	0,525
17,0	0,261	---
18,0	0,18	---
19,0	0,062	---
20,0	0,261	0,262
24,0	0,128	0,128
28,0	0,062	0,062

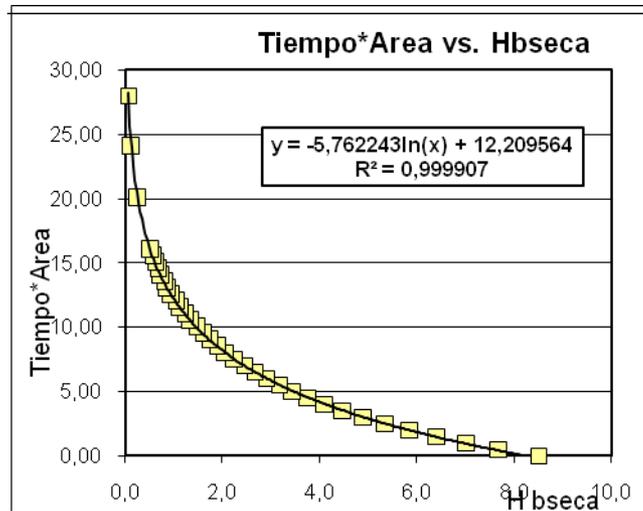


Fig. 5 Tiempo Total de secado como función generalizada del área específica inicial y de la humedad en base seca residual.

Si el material a secar tuviese, por ejemplo, un área específica de **5 cm²/gr**, los tiempos necesarios para obtener diversos niveles de secado, se obtienen inmediatamente de esta correlación, como se observa en la ilustración propuesta.

$$t(\text{hr}) = (12,209 - 5.762 \ln((\text{Hbseca}) / (1-0,01 \text{Hbseca}))) / \text{Área (cm}^2/\text{grs)} \quad (5)$$

$$\text{Hb seca} = (1 - \% \text{secado} / 100) * \text{Hb}^\circ \text{seca} \quad (6)$$

Hb^oseca: 7.842 (humedad inicial).

Área: 5 cm²/gr (Área específica material húmedo)

Tabla 7: Valores ilustrativos del uso de la correlación gráfica

% Secado	H bseca	Tiempo*Área hs.cm ² /gr	Tiempo hs	Tiempo min
60	3,137	5,439	1,088	65,26
70	2,353	7,143	1,429	85,71
80	1,568	9,525	1,905	114,30
90	0,784	13,565	2,713	162,78
91	0,706	14,177	2,835	170,12
92	0,627	14,860	2,972	178,32
93	0,549	15,634	3,127	187,61
94	0,471	16,527	3,305	198,32
95	0,392	17,582	3,516	210,98
96	0,314	18,872	3,774	226,47
97	0,235	20,534	4,107	246,41
98	0,157	22,875	4,575	274,50
99	0,078	26,874	5,375	322,49

Conclusiones

a) Se ha desarrollado una metodología para procesar registros experimentales obtenidos de ensayos de secado en Balanza Brabender o similar.

La variable compuesta (Tiempo*Área específica), se evidencia como muy efectiva para componer todos los registros experimentales sobre una única Curva de Secado, que es característica del material procesado, pero restringida a las condiciones particulares de temperatura, humedad y velocidad del gas de secado, empleado en los ensayos.

b) Además de la Curva de Secado tradicional, se obtiene una correlación generalizada para el Tiempo total de Secado, como función del Área Específica del material húmedo y del grado de secado requerido, también restringida a las condiciones particulares del gas de secado.

c) Establecida esta metodología, el siguiente paso será generar las curvas de secado para diversas condiciones del gas de secado, con la expectativa de incorporar los efectos de Temperatura, Humedad y Velocidad del gas, en la correlación generalizada para el Tiempo Total de Secado y obtener de este modo una herramienta adecuada para el diseño de secaderos discontinuos.



Bibliografía

Guzmán, R. O, Torán, R., Guzmán, P. y Casares, R. (2004) "Comportamiento de la variable humedad, "aire-producto" en procesos de secado", *cet Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería*, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, N° 24, pp. 16-21.

Monte, A. L. (1981) *Bromatología* – Tomo I. EUdeBA, Buenos Aires, Argentina.

Perry, J. H. (1959) *Manual del Ing. Químico*. Uteha, México.

Razous, P. (1949) *Théorie et Pratique du Séchage Industriél*. Dunod, Paris.

Shinsky, F. T. (1978) *Energy Conservation Through Control*. Academic Press, New York.

Este trabajo, se realizó, durante los años 2009-2011 en el Laboratorio Tecnológico Planta Piloto de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán.

Rodolfo O. Guzmán

Ing. Químico, egresado de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán - Director Laboratorio Tecnológico Planta Piloto- Director Laboratorio de Ensayos de Artificios Piro-técnicos - Director Proyecto CIUNT "Revalorización de las Producciones Primarias"- Docente-Investigador Categoría III Programa Incentivos- Profesor Asociado D.E. "Tecnología de los Procesos Industriales en Escala Piloto" - Departamento Ing. de Proc. y Gestión Industrial-FACET- Prof. Adj. "Seguridad Industrial"- Departamento Ing. Azucarera - Post-Grado de "Higiene y Seguridad en el Trabajo – U.Tec. Nac.-1980. Sec. Gremial de "Innov. y Des. Tec."- GDIUNT- Miembro Paritario Local Gdiunt - Unt.-Ex Integrante, SubDirector y Director de numerosos Programas de Investigación desde 1974: "Tecnología de los Alimentos"- "Minero Metalúrgico"- "Surfactantes a Partir de Sacarosa"- "Esteres de sacarosa"- "Estudio Técnico-Económico de la Producción de Azúcar Líquido a partir de Subproductos de la Ind. Azucarera"- "Estudio de Condiciones de Hig. y Seg. Laboral de la Industria Azucarera"- "Obtención de Ácido Aconítico"- "Planta Escala Piloto para la Obtención de Aceites Aromáticos"-

PATENTE DE INVENCION –N° 238.947 (1989-2004) "Proced. Preparación de Surfactantes a base de Esteres de Sacarosa y Reactor Químico para llevar a cabo dicho Procedimiento". Ex Representante del Consejo de C. y Técnica de la Provincia y Evaluador.- Investigador Contratado Prog. Alconafta, Integrante Programa Alcogasoil - Deleg. Titular Comité Coord. Programa Regional Agro-Industria, Sec. C. y Téc. de la Nación - Asesor Comisión Especial del Rectorado en Hig. y Seguridad Laboral –Coordinador General "Comité Hig. Seg. y Medicina del Trabajo" de la Universidad Nacional de Tucumán.

Carlos Alberto Correa

Ing. Químico egresado de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán – Profesor Asociado Dedicación Exclusiva en el Área Procesos del Departamento de Ing. de Procesos y Gestión Industrial.- Docente Investigador Categoría III – Director, Codirector e integrante de diversos Proyectos de Investigación desde el año 1973 a la fecha. – Varias Publicaciones en Revistas Nacionales e Internacionales en carácter de Co-autor.- Ex Director del Instituto de Ingeniería Química (1987-1993), Ex Jefe de Departamento de Química (2000-2006), Ex Consejero Directivo de la FACET (1992-1994 y 2006-2008).

Alfredo Grau

Dr. en Ciencias Naturales Departamento Biología – Universidad Hamburgo – Alemania. Ing. Agrónomo: UNT – Prof. Adjunto. Dedicación Exclusiva - Facultad Ciencias Naturales-Docente Investigador-Categoría II-Director, Co-Director e Integrante de numerosos Programas y Proyectos de Investigación desde el año 1997 a la fecha. Numerosas Publicaciones en Revistas Nacionales e Internacionales en carácter de Autor y Coautor – Director de numerosas Tesis de Grado y Postgrado, como así también Director de Pasantes. Actualmente Director del Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas (LIEY) e Instituto de Ecología Regional de la Facultad de Ciencias Naturales de la UNT. Miembro de la Comisión de Biodiversidad del Ministerio de Ciencia y Técnica de la Nación. Miembro de la Comisión de Doctorado en Ciencias Biológicas de la UNT.