

# Cinética de secado de hojuelas de plátano (*Musa acuminata*) variedad inguiri

## Dried kinetics of small leaves of banana (*Musa acuminata*) cultivar inguiri

Miguel Angel Barrena Gurbillón<sup>1</sup>, Robert Javier Cruzalegui Fernández<sup>2</sup>,  
Ranulfo Donato Cárdenas Alayo<sup>3</sup>, Milton Américo Huanes Mariños<sup>4</sup>

### RESUMEN

Se determinó la cinética de secado de hojuelas de plátano (*Musa acuminata*) variedad inguiri, de la provincia de Rodríguez de Mendoza (Amazonas), en un secador de bandejas de laboratorio. Las hojuelas tuvieron un espesor promedio de 5 mm, se secaron a temperatura de 40 y 50 °C y velocidad del aire de 2,5, 3,0 y 3,5 m/s. Se empleó dos variables operacionales: temperatura y velocidad del aire de secado. Se aplicó el diseño estadístico factorial completamente al azar, en seis tratamientos con cuatro repeticiones por cada uno. El secado más eficiente fue a 50 °C y velocidad del aire de 3,5 m/s, en un tiempo mínimo de 3,0 h. El tiempo crítico fue de 0,09 horas, la humedad crítica 1,20 kg H<sub>2</sub>O/kg plátano seco y la de equilibrio 0,10 kg H<sub>2</sub>O/kg plátano seco, obteniéndose una hojuela de plátano de calidad para producir harina.

**Palabras clave:** Cinética de secado, plátano, hojuelas de plátano, inguiri, *Musa acuminata*.

### ABSTRACT

Died kinetics of small leaves of banana (*Musa acuminata*) cultivar inguiri, from province of Rodriguez de Mendoza, region Amazonas (Peru), was determined, using a laboratory tray drier. The small leaves had 5 mm o thickness, as average, were dried at 40 and 50 °C, and 2,5; 3,0; and 3,5 m/s of air. Temperature and air velocity were the operational variables. The factorial statistic design totally randomized was used with six treatments and four repetitions, for each. The most efficient dried was at 50 °C, 3,5 m/s of air, and 3,0 h. The critical time was 0,09 h; the critical moisture, 1,20 kg H<sub>2</sub>O/kg dried banana; and the equilibrium moisture, 0,10 kg H<sub>2</sub>O/kg dried banana. The obtained small leaf of banana was of the convenient quality to make flour.

**Key words:** Dried kinetics, banana, small leaves of banana, inguiri, *Musa acuminata*.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Químico, Maestro en Ciencias en Microbiología Industrial y Biotecnología. Profesor Principal de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. mabg98@hotmail.com.

<sup>2</sup> Ingeniero Agroindustrial.

<sup>3</sup> Ingeniero Químico, Doctor en Ciencia de Materiales. Profesor Principal de la Universidad Nacional de Trujillo.

<sup>4</sup> Ingeniero Agrónomo, Doctor en Agroquímica. Profesor Principal de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo.

## I. INTRODUCCIÓN

El plátano, producido de manera orgánica en el Perú, tiene demanda creciente y se ha incrementado, en los últimos años, las oportunidades de exportación a Estados Unidos (45 %), Bélgica (20 %), Holanda (19 %) y Japón (14 %). Los departamentos de mayor producción son: Loreto (21%), San Martín (17%), Ucayali (14%), Piura (10%), Junín, Amazonas y Huánuco (8% cada uno). El rendimiento nacional promedio es 12,2 toneladas/hectárea.

En el Perú, el consumo de plátano es principalmente como fruta fresca, a pesar de la gran diversidad de alternativas agroindustriales (chips, almidón, harina, fruta deshidratada, licores, panificación, industria farmacéutica, alimentos para niños, entre otros). El secado reduce la humedad a niveles que no se propicien la descomposición de los productos agrícolas durante la manipulación y almacenamiento. Para ello, se hace circular aire para extraer agua del producto. La capacidad del aire para extraer el agua, está en relación a su humedad relativa (Giambastiani y Rubiolo, 2002).

Se ha estudiado la influencia de la concentración de azúcar (50 y 70 °Brix) y de la temperatura (50 y 70 °C) en la deshidratación osmótica de la banana "Nanica" (*Musa cavendishii*, L.). Para el secado complementario se empleó un secador de lecho fijo a 60 °C y velocidad del aire de 2,0 m/s. Durante el secado, se verificó el comportamiento cinético del proceso, usando datos experimentales de los períodos de velocidad decrecientes, obteniéndose curvas de velocidad de secado versus humedad basándose en un modelo difusional. De los resultados obtenidos, se observó que la difusividad efectiva no estuvo influenciada por la concentración de azúcar y tampoco por la temperatura (Gaspareto y otros, 2004).

La cinética de secado del pimiento rojo (cv Lamuyo) ha sido estudiada a 50, 60, 70 y 80 °C, con velocidad del aire constante a 2,5 m/s y la densidad de carga en 7 kg/m<sup>2</sup>. Los experimentos se realizaron en un secador de laboratorio que permitió registrar la masa de la muestra en tiempo real. Se dedujo que el proceso de secado tiene tres etapas: 1) primera, corta etapa de inducción; 2) segunda, etapa hasta humedades de 1,0 g de agua/g de materia seca y en la que la velocidad de secado disminuye linealmente con la humedad libre del producto; y 3) tercera, de secado más lento (Vega y otros, 2005).

El plátano variedad "dominico" verde fue sometido a secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C, combinadas con velocidades de aire 5,08, 7,62 y 9,65 m/s, variando el espesor del producto a secar (2,0 cm de ancho y 3,0 cm de lar-

go): 0,2 cm y 0,4 cm. A temperatura de 50 °C y velocidad del aire de 7,62 m/s con un espesor de 0,2 cm, se presentó el periodo de secado con velocidad constante con una duración de 0,325 h y secado a velocidad decreciente por un tiempo de 2,67 h (Carranza y Sánchez, 2002).

En la operación de secado por lotes, una cantidad de material que se va a secar se expone a una corriente de aire que fluye continuamente dentro de un secador de bandejas con platos móviles que se cargan y descargan de un gabinete. Una vez cargado, el gabinete se cierra y con un ventilador se introduce aire caliente a través y entre los platos, para la eliminación del agua en forma de vapor (Treybal, 1991).

Cuando un material contiene más humedad que su valor de equilibrio ( $X^*$ ), en contacto con un gas a determinada humedad y temperatura, se seca hasta alcanzar su valor de equilibrio; caso contrario, adsorbe agua hasta alcanzar dicho equilibrio (Geankoplis, 2003).

La humedad libre (F) de un sólido con respecto al aire, en condiciones determinadas, es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad de equilibrio con el aire en las condiciones dadas:  $F = X - X^*$ . Es la humedad que puede perder el sólido después de un contacto suficientemente prolongado con aire en condiciones constantes y depende de la humedad del sólido y la humedad relativa del aire (Ocón y Tojo, 1980).

Para fijar horarios de secado y determinar el tamaño de equipo, es necesario disponer del tiempo para secar una sustancia a partir de un contenido de humedad a otra en condiciones específicas. También se puede calcular el efecto de las diferentes condiciones de secado (temperatura, velocidad y humedad del aire) en el tiempo de secado (Treybal 1991).

Los datos que se obtienen de un experimento de secado por lotes, generalmente, se expresan como peso total  $W_t$  del sólido húmedo a diferentes tiempos en el periodo de secado (Geankoplis, 2003). En los procesos de secado, los datos suelen expresarse como la variación que experimenta el peso del producto que se está secando con el tiempo, o la humedad se grafica frente al tiempo (Figura 1). También, los datos de secado pueden expresarse en términos de velocidad de secado (Ibarz, 2005) y graficar la velocidad frente a la humedad (Figura 2).

De la Figura 1, se puede obtener el valor de  $dx/dt$  para cada punto de la curva de la Figura 2, mediante el valor que adquiere la tangente a la misma en cada uno de los puntos. La curva de la Figura 1 es recta entre los puntos B y C, por lo que la pendiente y la velocidad son constantes durante este periodo, que corresponde a la línea BC en la Figura 2. En el punto C de ambas gráficas se

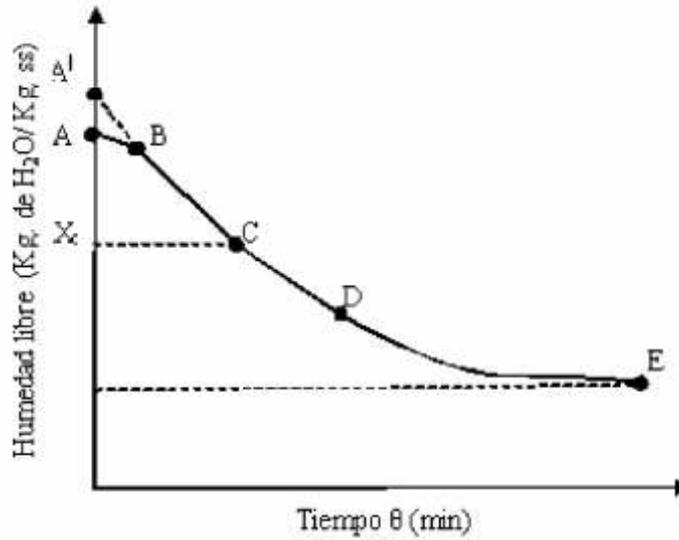


Figura 1. Contenido de humedad libre en función del tiempo de secado.

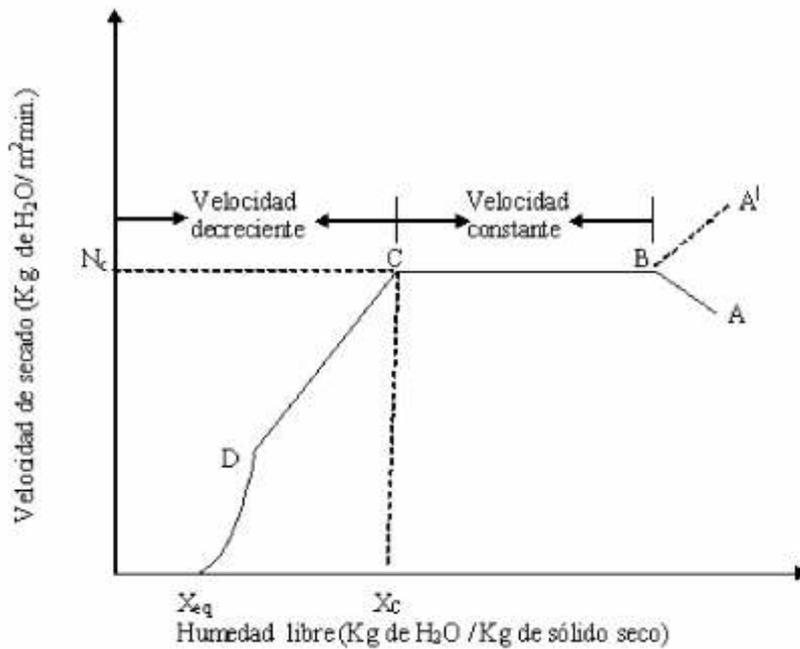


Figura 2. Curva de velocidad de secado.

encuentra la humedad crítica ( $X_c$ ), la velocidad de secado comienza a disminuir en el periodo de velocidad decreciente, hasta llegar al punto D. En este primer periodo de velocidad decreciente, la velocidad correspondiente a la línea CD en la Figura 2 por lo general es lineal. En el punto D, la velocidad de secado disminuye con más rapidez hasta E, donde el contenido de humedad de equilibrio es  $X^*$  (Geankoplis, 2003).

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### a. Material biológico

Plátanos (*Musa acuminata*) variedad inguiri, de la provincia de Rodríguez de Mendoza de la Región Amazonas, que aún no habían alcanzado su madurez fisiológica. El indicador de madurez es el color de la cáscara y el índice el color verde.

**b. Selección y acondicionamiento de la materia prima**

Se realizó el lavado y pelado de los plátanos de manera manual. Las hojuelas con un espesor promedio de 5 mm se obtuvieron con un rebanador de cuchillas regulables.

**c. Obtención de datos del secado del producto**

Luego del precalentamiento del secador de bandejas hasta la temperatura de cada experimento 40 y 50 °C, se aseguró que el caudal de aire sea aproximadamente el mismo durante todo el proceso de secado (2,5; 3,0 y 3,5 m/s). A continuación se procedió a distribuir uniformemente 150 g de hojuelas de plátano en cada bandeja, con humedad inicial promedio de 59,92 % y se procedió al secado. Las lecturas del peso de las muestras se realizaron cada 10 minutos, hasta alcanzar la humedad de 10 % (base húmeda). Los experimentos fueron realizados con un diseño factorial 2A x 3B aleatorizado para las cuatro repeticiones (Figura 3).

**d. Determinación de la cinética de secado**

Para cada velocidad y temperatura del aire empleadas, se pesaron las hojuelas de plátano dentro del secador cada 10 minutos durante un tiempo máximo de 5 horas. Finalmente, las hojuelas se secaron en estufa hasta peso

constante para determinar el valor del peso seco (S<sub>s</sub>). El contenido de humedad del producto se define como la relación entre la cantidad de agua en el producto y la cantidad de sólido seco (ss), y se expresan como:

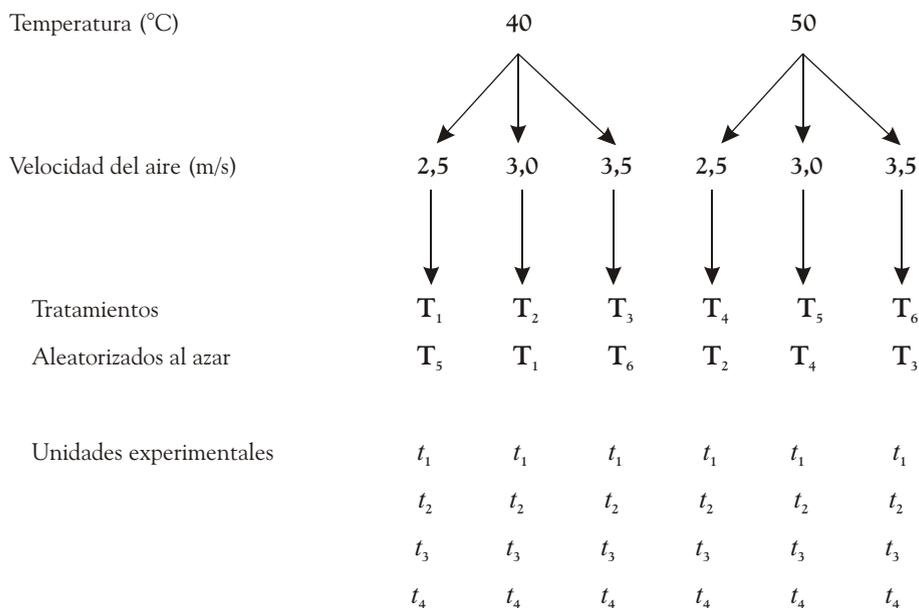
$$X_T = \frac{W_T - S_s}{S_s} \quad ; \quad \frac{kg H_2O}{kg ss}$$

**III. RESULTADOS**

**a. Determinación experimental de la cinética de secado**

Las curvas de secado (Figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9) fueron obtenidas tabulando los valores experimentales de humedad libre en función del tiempo de secado a temperaturas de 40 y 50 °C, y tres niveles de velocidad del aire: 2,5, 3,0 y 3,5 m/s; las que muestran la pérdida de humedad contenida en la materia prima conforme se incrementa el tiempo. Los resultados experimentales a 40 °C y 50 °C con velocidad del aire de 2,5 m/s; se muestran en los Cuadros 1 y 2.

En las Figura 4, 5 y 6, se observa que manteniendo la temperatura constante a 40 °C y variando las velocidades del aire, 2,5; 3,0 y 3,5 m/s, se presentaron tiempos críticos (tc) de 0,60; 0,55 y 0,50 horas, respectivamente; con humedad crítica promedio de 1,00 kg H<sub>2</sub>O/kg ss y humedad de equilibrio promedio de 0,10 kg H<sub>2</sub>O/kg ss.



**Figura 3.** Esquema experimental para la determinación de la cinética de secado a diferentes temperaturas y velocidades de aire.

Cuadro 1  
 CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA CON RESPECTO  
 AL TIEMPO EN EL SECADO DE HOJUELAS DE PLÁTANO  
 A 40 °C Y VELOCIDAD DEL AIRE DE 2,5 m/s

Tiempo (h)	X (kg H <sub>2</sub> O/kg ss)	B.H (%)	dX/dt	X Promedio
0,00	1,288	56,26		
0,17	1,193	54,37	0,569	1,240
0,33	1,108	52,54	0,508	1,151
0,50	1,033	50,80	0,449	1,071
0,67	0,966	49,11	0,404	1,000
0,83	0,903	47,43	0,378	0,935
1,00	0,842	45,69	0,368	0,872
1,17	0,785	43,98	0,338	0,814
1,33	0,733	42,30	0,312	0,759
1,50	0,685	40,64	0,290	0,709
1,67	0,638	38,94	0,281	0,662
1,83	0,593	37,22	0,270	0,616
2,00	0,552	35,54	0,249	0,572
2,17	0,509	33,74	0,253	0,530
2,33	0,467	31,81	0,257	0,488
2,50	0,432	30,14	0,211	0,449
2,67	0,397	28,41	0,208	0,414
2,83	0,367	26,85	0,179	0,382
3,00	0,338	25,26	0,175	0,352
3,17	0,310	23,66	0,168	0,324
3,33	0,284	22,13	0,154	0,297
3,50	0,259	20,60	0,149	0,272
3,67	0,237	19,14	0,136	0,248
3,83	0,216	17,77	0,124	0,226
4,00	0,198	16,53	0,108	0,207
4,17	0,181	15,30	0,104	0,189
4,33	0,166	14,22	0,089	0,173
4,50	0,152	13,16	0,085	0,159
4,67	0,139	12,22	0,074	0,145
4,83	0,125	11,14	0,083	0,132
5,00	0,119	10,61	0,055	0,122
5,17	0,116	10,42	0,045	0,118
5,33	0,109	9,80	0,046	0,113
5,58	0,102	9,28	0,033	0,106

ss: sólido seco.  
 BH: base húmeda.

**Cuadro 2**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA CON RESPECTO**  
**AL TIEMPO EN EL SECADO DE HOJUELAS DE PLÁTANO**  
**A 50 °C Y VELOCIDAD DEL AIRE DE 2,5 m/s**

Tiempo (h)	X (kg H <sub>2</sub> O/kg ss)	B.H (%)	dX/dt	X Promedio
0,00	1,404	57,55		
0,17	1,268	55,03	0,815	1,336
0,33	1,152	52,63	0,695	1,210
0,50	1,046	50,20	0,640	1,099
0,67	0,953	47,88	0,553	1,000
0,83	0,867	45,50	0,520	0,910
1,00	0,785	43,05	0,489	0,826
1,17	0,715	40,76	0,422	0,750
1,33	0,644	38,28	0,423	0,680
1,50	0,585	35,99	0,359	0,615
1,67	0,526	33,59	0,351	0,555
1,83	0,473	31,28	0,316	0,500
2,00	0,423	28,90	0,303	0,448
2,17	0,375	26,48	0,289	0,399
2,33	0,325	23,81	0,298	0,350
2,50	0,283	21,39	0,253	0,304
2,67	0,244	19,03	0,232	0,264
2,83	0,209	16,72	0,214	0,226
3,00	0,179	14,69	0,179	0,194
3,17	0,153	12,88	0,153	0,166
3,33	0,129	10,94	0,125	0,141
3,50	0,123	10,27	0,126	0,126

ss: sólido seco.  
 BH: base húmeda.

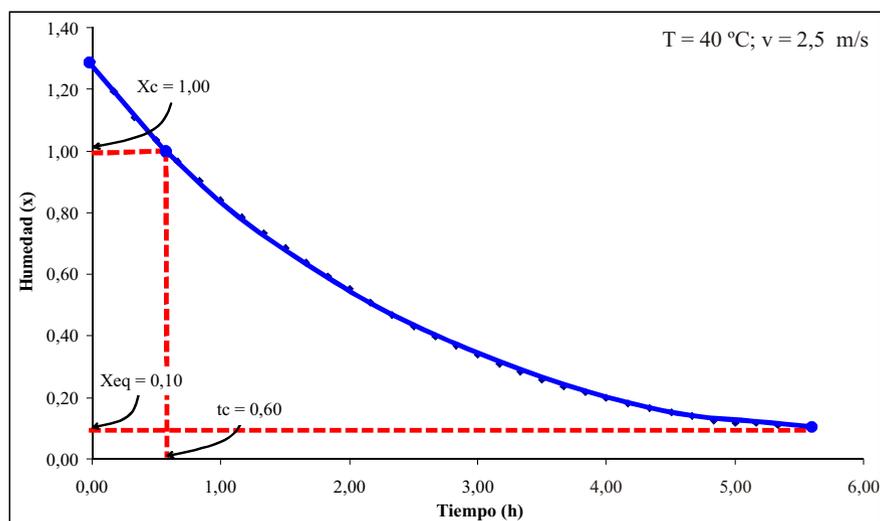


Figura 4. Contenido de humedad libre a 40 °C y 2,5 m/s.

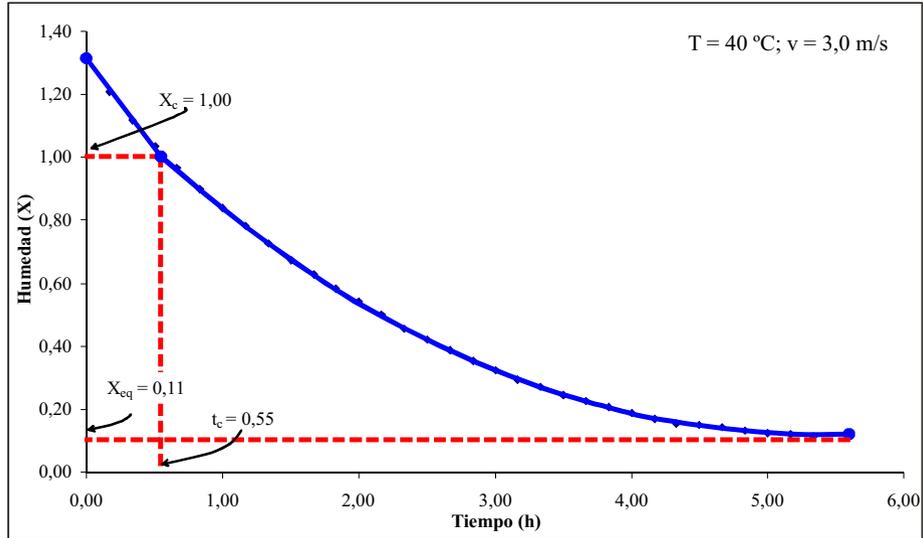


Figura 5. Contenido de humedad libre 40 °C y 3,0 m/s.

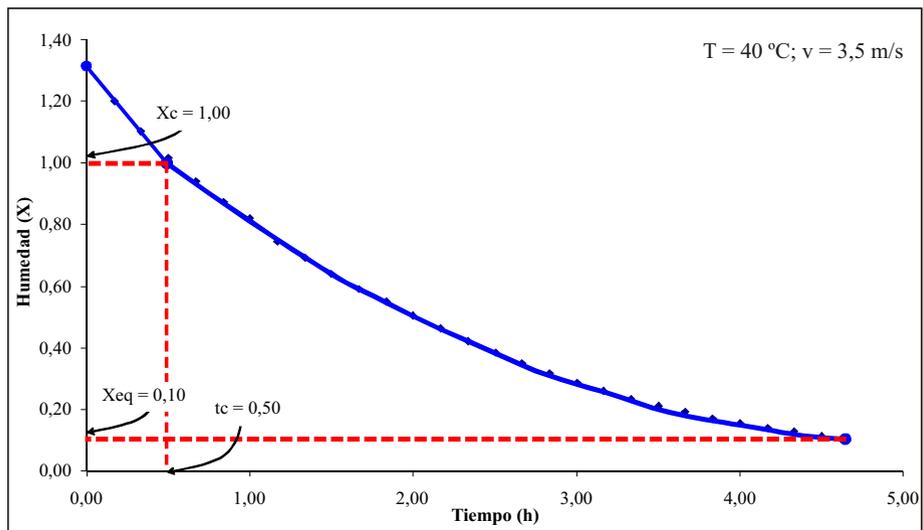


Figura 6. Contenido de humedad libre a 40 °C y 3,5 m/s.

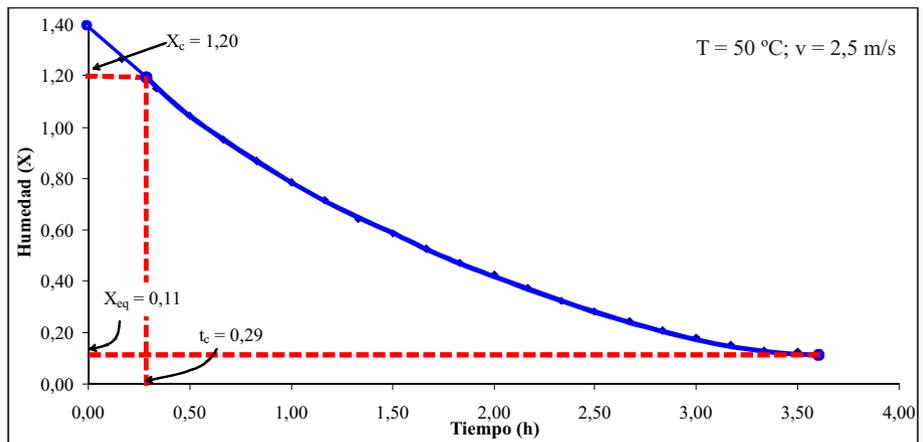


Figura 7. Contenido de humedad libre a 50 °C y 2,5 m/s.

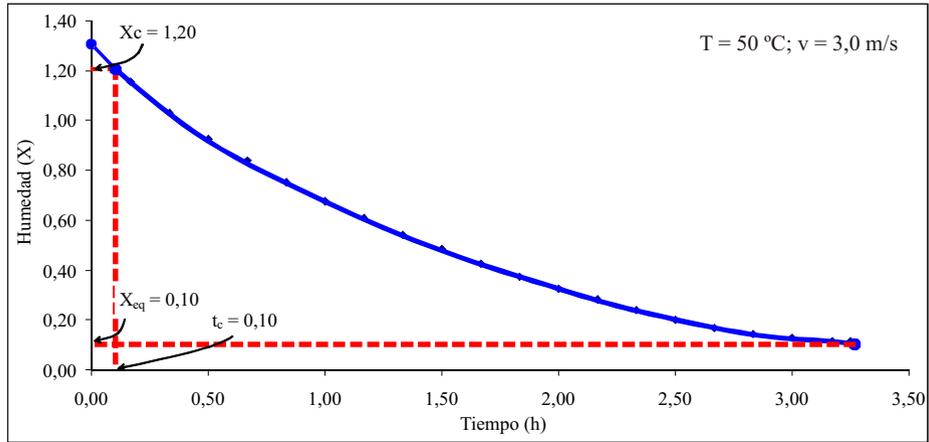


Figura 8. Contenido de humedad libre a 50 °C y 3,0 m/s.

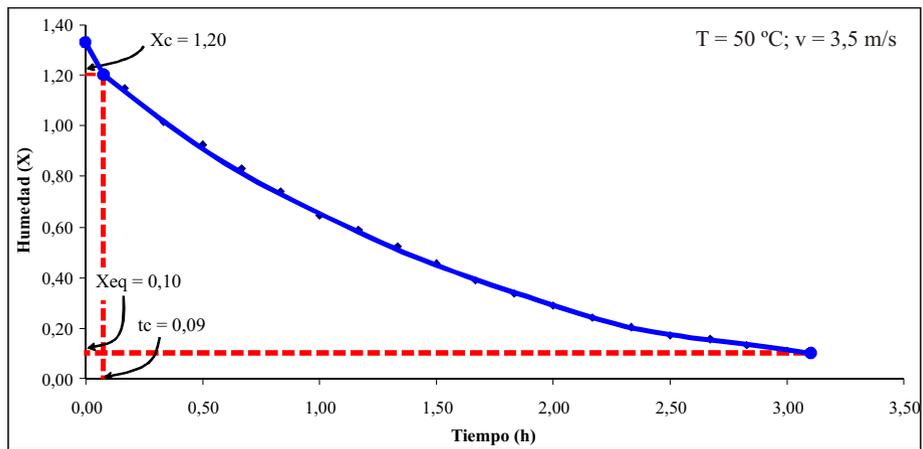


Figura 9. Contenido de humedad libre a 50 °C y 3,5 m/s.

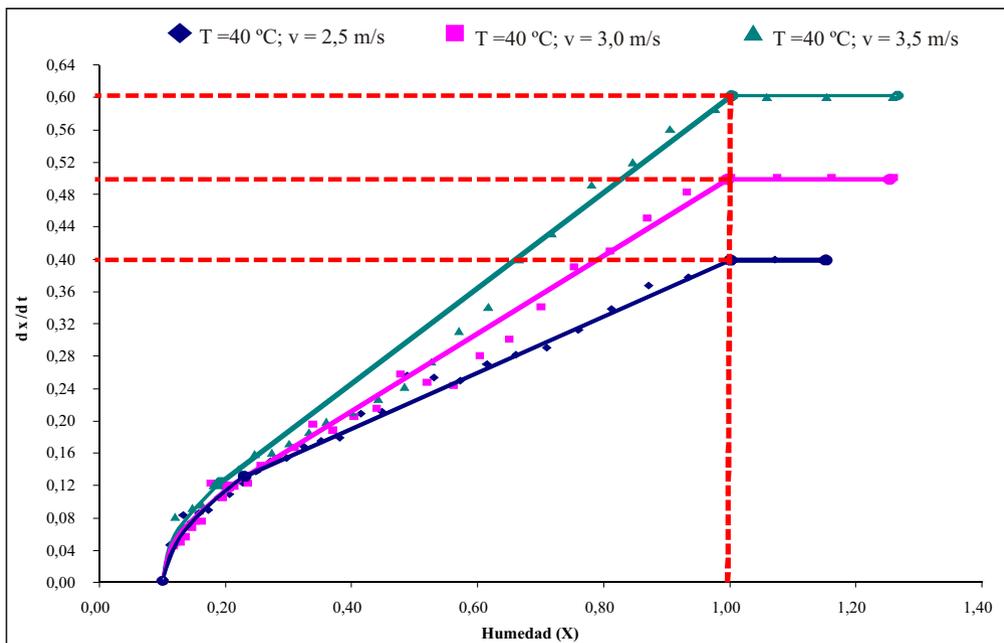


Figura 10. Curvas de velocidad de secado a 40 °C, 2,5, 3,0 y 3,5 m/s.

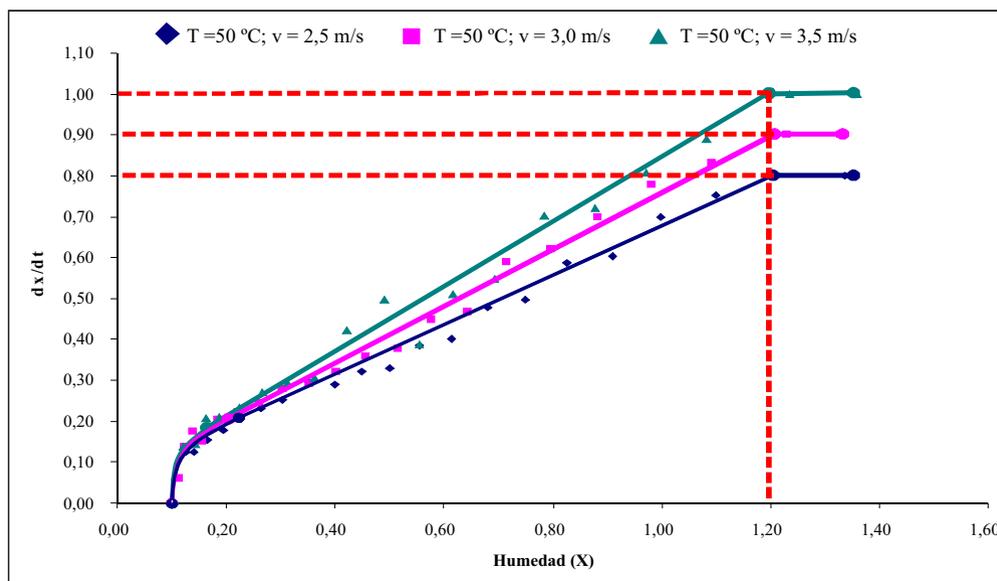


Figura 11. Curva de velocidad de secado a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $2,5$ ,  $3,0$  y  $3,5\text{ m/s}$ .

En las Figuras 7, 8 y 9 se muestra que el proceso a temperatura constante de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  presentó tiempos críticos de  $0,29$ ;  $0,10$  y  $0,09$  horas a velocidades del aire de  $2,5$ ;  $3,0$  y  $3,5\text{ m/s}$ , respectivamente, con humedad crítica promedio de  $1,20\text{ H}_2\text{O/kg ss}$  y humedad de equilibrio promedio de  $0,10\text{ kg H}_2\text{O/kg ss}$ .

Las curvas de velocidad de secado ( $dX/dt$ ) en función del contenido de humedad libre (Figuras 10 y 11), permiten visualizar que la humedad crítica y la de equilibrio permanecen constantes a una misma temperatura, aunque se varíe la velocidad del aire de secado.

#### IV. DISCUSION

Con temperaturas de  $40$  y  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  y velocidad del aire de  $3,5\text{ m/s}$  se necesita entre  $4,83$  y  $3,00$  horas de operación, respectivamente, para alcanzar la humedad final de  $10\%$  (BH) en las hojuelas de plátano de  $5\text{ mm}$  de espesor y humedad inicial de  $59,92\%$ . Hay referencia que el tiempo de secado de plátano con un espesor de  $3\text{ mm}$ , para disminuir una humedad inicial de  $57\%$  (BH) a  $11,46\%$ , con velocidad de aire promedio de  $7,45\text{ m/s}$  y temperatura de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se necesita  $2,67\text{ h}$  de secado. El menor tiempo de secado obtenido es, presumiblemente, debido al menor espesor del material utilizado y, a la vez, mayor velocidad del aire, que el empleado en esta investigación.

El tiempo de secado promedio para los tres niveles de velocidad del aire que se necesita para llegar a la humedad final de  $10\%$  fue  $1,6$  veces menor a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  que a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se precisa que las curvas de secado tienen función lineal

y exponencial en el periodo de velocidad constante y decreciente, respectivamente, para los diferentes niveles de temperatura y velocidad del aire. Trabajando con cilantro, De Montellano (2004) refiere que el tiempo necesario para llegar a la humedad final de  $5\%$ , a  $5\text{ m/s}$  es dos veces menor a  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  que a  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  y casi tres veces menor a  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  que a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; resultados que se relacionan con lo obtenido en el presente trabajo. Además, hay coincidencia en que las curvas de secado tienen una tendencia lineal y exponencial del contenido de humedad en función del tiempo para las tres temperaturas de trabajo.

Las curvas de velocidad de secado de hojuelas de plátano en función de la humedad se desarrollaron en su gran trayectoria en el periodo de velocidad decreciente. Esto coincide con un estudio de Ortiz, (2003), en el que determinó que el secado de plátano se desarrolla principalmente en el periodo de velocidad decreciente, como es el caso común de todas las frutas. Sin embargo, si al fruto se le somete a un pretratamiento se observa la presencia definida de los tres periodos de velocidad de secado (Sandoval y otros, 2006).

El efecto de la velocidad del aire es de suma importancia para la obtención de hojuelas secas, ya que a medida que la velocidad del aire aumenta, el tiempo crítico de secado disminuye para la obtención de hojuelas. Esto coincide con lo reportado por Sandoval y otros (2006), en que a velocidad de flujo de aire más elevada la rapidez de secado es mayor y que, en el periodo de velocidad decreciente la temperatura superficial del fruto es mayor al aplicar una elevada velocidad del aire. Lo contrario le

sucede al cilantro (De Montellano, 2004), con lo que se deduce que la temperatura de bulbo seco tiene una fuerte influencia en el tiempo de secado.

## V. CONCLUSIONES

1. La cinética de secado de hojuelas de plátano con diferentes niveles de temperatura y velocidad del aire de secado presentó periodo de secado a velocidad constante y velocidad decreciente con humedades críticas promedio a 40 y 50 °C de 1,00 y 1,20 kg H<sub>2</sub>O/kg ss, respectivamente.
2. El tiempo utilizado para disminuir la humedad de las hojuelas hasta 10% (base húmeda) a la velocidad de 2,5 m/s y temperaturas de 40 y 50 °C es 5,49 y 3,80 horas, respectivamente; y con velocidad del aire de 3,0 m/s y temperaturas de 40 y 50 °C es 5,31 y 3,67 horas, respectivamente; lo cual significa una disminución promedio en el tiempo de secado de tan solo 3,35 %.
3. Los parámetros de temperatura y velocidad del aire de secado que proporcionan el menor tiempo (3 horas) para el secado de las hojuelas de plátano son de 50 °C y 3,5 m/s, respectivamente.
4. Los parámetros cinéticos son:
  - Tiempo crítico de secado ( $t_c$ ) : 0,09 horas
  - Humedad crítica ( $X_c$ ) : 1,20 kg H<sub>2</sub>O/kg ss
  - Humedad de equilibrio ( $X_{eq}$ ) : 0,10 kg H<sub>2</sub>O/kg ss
  - Velocidad de secado ( $dX/dt$ ) : 1,0 (kg H<sub>2</sub>O/kg ss)/h
5. A temperatura constante e incrementando la velocidad del aire de secado, los parámetros cinéticos  $X_c$  y  $X_{eq}$  permanecen constantes.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Aplicar los parámetros cinéticos determinados en esta investigación en el diseño de un secador de bandejas para la industrialización del secado de hojuelas de plátano y luego a la fabricación de harina de plátano.
2. Estudiar a nivel industrial y realizar una evaluación económica sobre los costos de producción.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carranza, J. y Sánchez, M. 2002. Cinética de secado de *Musa paradisiaca* L. "Plátano" y *Manihot esculenta* Grantz "Yuca". Revista Amazónica de Investigación. Iquitos: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Volumen 2 N° 1, pp. 15-25.
- De Montellano, V. 2004. Análisis y simulación de procesos de secado de cilantro, perejil y epazote bajo condiciones de temperaturas cambiantes. Tesis de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos. México: Universidad De Las Américas Puebla. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos.
- Gaspareto, O., Oliveira, L., Da Silva, P. y Magalhaes, M. 2004. Influencia del tratamiento osmótico en el secado de la banana "Nanica" (*Musa cavendishii*, L.) en secador de lecho fijo. En Información Tecnológica, Volumen 15, no.6, p.9-16.
- Giambastiani, G. y Rubiolo, O. 2002. Efecto del almacenaje y el secado sobre la calidad de los granos. En: <http://agro.uncor.edu/~ceryol/documentos/postcosecha/calidadalmacenamiento.pdf> (Consulta 20 de febrero del 2008).
- Geankoplis, C. 2003. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Editorial C.E.C.S.A. Segunda Edición. México, 1008 pp.
- Ibarz, A. 2005. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Editorial Mundi Prensa. Última Edición. México, 985 pp.
- Ocón, J. y Tojo, G. 1980. Problemas de ingeniería química. Editorial Aguilar. Tercera Edición. Madrid. Vol. I y II, 416 pp.
- Ortiz, B. 2003. Secado con bomba de calor para la deshidratación de alimentos. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química México: Universidad de las Américas Puebla. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos.
- Perry, R y Green, D. 2002. Manual del Ingeniero Químico. Tomo IV. Editorial Hispanoamericana. México, 980 pp.
- Sandoval, S., Rodríguez, J., Méndez, L. y Sánchez, J. 2006. Rapidez de secado reducida: una aplicación al secado convectivo de plátano Roátan. Revista Mexicana de Ingeniería Química. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Volumen 5, No. 1, pp. 35-38.
- Treybal, R. 1991. Operaciones de transferencia de masa. México. p. 858.
- Vega, A., Andrés, A. y Fito, P. 2005. Modelado de la cinética de secado del pimiento rojo (*Capsicum annum* L. cv Lamuyo). *Inf. tecnol.*, Volumen 16, No. 6, pp.3-11.