



## Harina de lúcuma (*Pouteria obovata*) obtenida por método combinado aire caliente y microondas

Flour of lúcuma (*Pouteria obovata*) obtained by combined method warm  
air and microwave

**Stíben Arteaga, Carlos Flores, Jorge Jara\*, Ciro Guevara**

*Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av.  
Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo-Perú.*

Recibido 01 Octubre 2013. Aceptado 06 Diciembre 2013.

### RESUMEN

La lúcuma, originaria de los valles interandinos del Perú, Ecuador, Colombia y Chile se caracteriza por ser un cultivo permanente, es empleada en la elaboración de una diversidad de productos como bebidas, pasteles, galletas, budines y tortas. Sus características singulares, su sabor exótico y no tradicional lo hace un producto exportable, pero no como fruta fresca, sino bajo la forma de ya sea pulpa o harina. El objetivo de esta investigación fue encontrar la temperatura, el tiempo y la potencia adecuada para un secado óptimo de la lúcuma para poder obtener una harina aceptable con un color cercano al natural.

La fruta fue secada por un proceso combinado aire caliente-microondas a diferentes tiempos, potencias y temperaturas evaluando en operación el porcentaje de humedad y el color inicial y final para poder conocer la variación de color que experimenta y obtener el tratamiento correcto para la obtención de una harina con un porcentaje de humedad adecuado y un color parecido al natural. Se determinó los valores óptimos ( $T^{\circ} = 34,05^{\circ}C$ , potencia = 200 watts y tiempo de secado = 274 segundos) los cuales optimizan el secado y nos permite obtener una harina con mejores características organolépticas.

**Palabras clave:** aire caliente, microonda, aceptabilidad, color.

### ABSTRACT

The lucuma, would cause of the Andean vales of Peru, Ecuador, Colombia and Chile it is characterized for being a permanent cultivation, is used in the making of a diversity of products like drinks, pastries, cookies, puddings and cakes. Its singular characteristics, its exotic and not traditional flavor does an exportable product, but not like fresh fruit, but under the form of be already a pulp or flour. The target of this investigation was to find the temperature, the time and the potency adapted for an ideal drying of the lucuma to be able to obtain acceptable flour with a color near to the native. The fruit was dried by a combined process warm air microwave to different times, potency and temperatures evaluating in every operation the percentage of moisture and the initial and final color to be able to know the change of color that experiments and obtain the correct treatment for the securing of a flour with a suitable percentage of moisture and a color similar to the native. Optimal values ( $T^{\circ} = 34.05^{\circ}C$ , power = 200 watts and drying time = 274 sec) which optimize the drying and allows us to obtain a flour with better organoleptic characteristics were determined.

**Keywords:** hot air, microwave, acceptability, color.

\*Autor para correspondencia  
Email: jorge\_13\_112@hotmail.com (J. Jara)

## 1. Introducción

En la actualidad existe una amplia tendencia al desarrollo de técnicas de conservación de alimentos que permitan obtener productos de elevada calidad nutricional manteniendo sus características sensoriales.

Durante las dos últimas décadas, intensa investigación y desarrollo han dado como resultado que nuevos métodos de secado se combinen para optimizar y obtener un producto con menos cambios en sus características sensoriales al momento de ser deshidratado.

Teniendo en cuenta los hábitos actuales de consumo de alimentos mínimamente procesados, en este trabajo se realizó el secado de lúcuma por método combinado microondas y convección con aire caliente para la obtención de harina.

Los secadores en este proceso fundamentalmente son por convección y radiación. El secado convectivo (secador directo) transfiere calor al sólido, objeto de secado, mediante una corriente de aire caliente, convirtiéndose en agente transportador del vapor de agua que se está eliminando (Fito *et al.*, 2001).

Por otro lado los secadores directos utilizan aire caliente, ofreciendo un calentamiento más uniforme que los secadores indirectos (Barbosa *et al.*, 2000).

Los largos periodos de secado por aire caliente afectan las características organolépticas del producto (sabor, olor y aroma). Para evitar estos problemas, se han realizado estudios mediante la utilización de secadores por radiación (microondas) para la deshidratación de alimentos.

La tecnología del microondas disminuye el tiempo de secado, aumentando la

calidad y la vida útil de los productos (Shiffman, 1985).

También en el proceso de secado los microondas interactúan con las moléculas de agua en el interior del alimento, incrementando la presión de vapor, y aumentando la fuerza impulsora para la deshidratación (Datta y Zhang, 1999).

Por esa razón el uso de microondas en el proceso de secado favorece a que el alimento se deseque con más rapidez y sea menos dañado en su estructura física.

Por ello la combinación de microondas (bajos niveles de potencia) y de convección, potencializa la reducción en el tiempo de secado (Diaz *et al.*, 2003).

El rango de productos a los cuales se aplica esta técnica continua en expansión tanto así, que hoy el secado por microondas y en aire caliente aun es una técnica en estudio para el deshidratado de productos alimentarios.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el secado con aire caliente y microondas en forma combinada en lúcuma (*Pouteria obovata*) para la obtención de harina.

## 2. Materiales y métodos

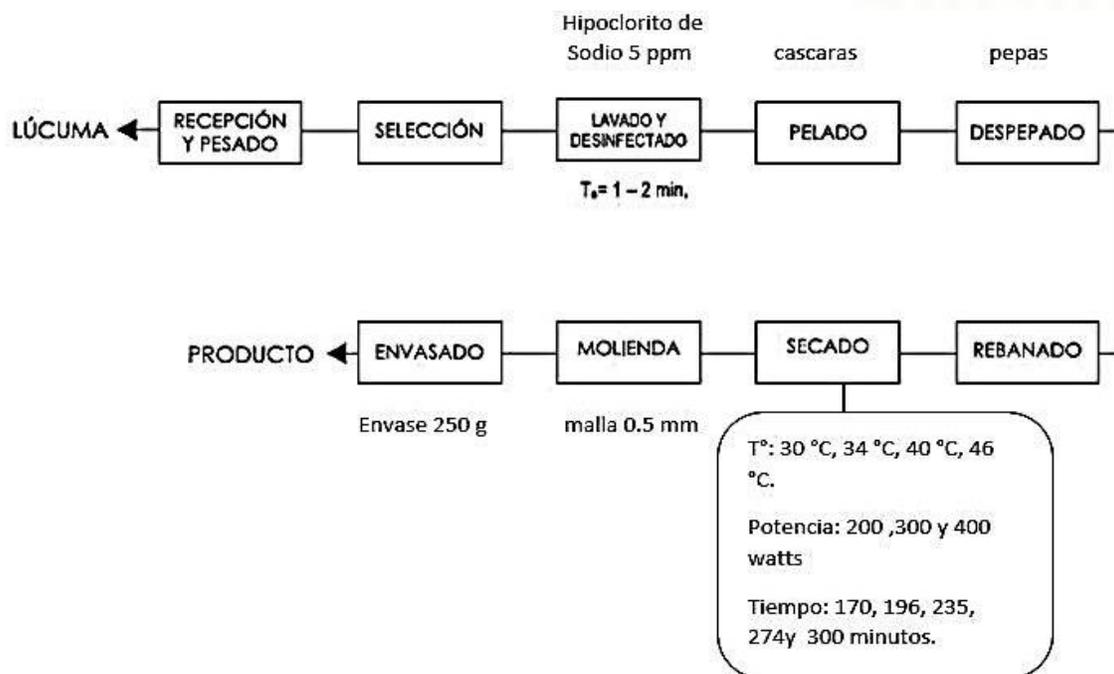
Se utilizaron frutos de lúcuma (*Pouteria obovata*) procedentes del mercado Hermelinda de la ciudad de Trujillo, este provenía en su estado fresco desde los campos de cultivo del distrito de Viru. El material experimental fue lavado en agua clorada de 5 ppm en un depósito normal de plástico para reducir la carga microbiana. La lúcuma fue pelada en forma manual con ayuda de un cuchillo de acero y una tabla de picar de madera. Luego la lúcuma fue cortada en rodajas de un espesor de 0.5 cm con la ayuda de un vernier.

El proceso de secado fue realizado en un equipo de secado convectivo aire caliente-microondas de laboratorio donde se tuvo que medir el peso, y el color inicial y final de las muestras sometidas al proceso para poder establecer la variación de humedad y color. El peso fue medido en una balanza analítica (AHEWA cap 5 kg) y los parámetros de color  $a^*$ ,  $b^*$  y  $L^*$  fueron medidos por un colorímetro Minolta Modelo CR-400 de procedencia japonesa.

Se utilizó un diseño compuesto central (DCCR) para las tres variables de las cuales solo tuvo significancia la potencia del equipo, con un diseño del tipo:  $2^3 + 2 \cdot 3 + 6$  puntos centrales, haciendo un total de 20 ensayos con tres repeticiones cada uno donde controlaron los parámetros de temperatura, tiempo y potencia del secador con oscilaciones de temperatura de 30 °C, 34 °C, 40 °C, 46 °C y para el tiempo de 170, 196, 235,

274 y 300 minutos y para la potencia de 200, 300 y 400 watts.

El análisis sensorial es la disciplina que obtiene, mide, analiza e interpreta las reacciones del ser humano al percibir mediante sus sentidos las características de la comida. De hecho un gran número de sensaciones percibidas a través de nuestros sentidos (provenientes de nuestro organismo o entorno) sólo esperan interactuar con nuestro sistema central de funciones intelectuales y de control, esto es, nuestro cerebro. En el cerebro tiene lugar la memorización de estímulos, su comparación con aquellos almacenados durante experiencias anteriores y su transformación en conceptos (ITF, 1975). Las muestras de harina fueron evaluadas en cuanto a su aceptabilidad general por 30 jueces no entrenados. Fue utilizada la prueba Hedónica Estructurada indicando cuanto les agrada el producto en una escala de 7 puntos.



**Figura 1.** Esquema experimental para la elaboración de harina de lúcuma (*Pouteria obovata*).

Para el análisis de los datos, las categorías se convirtieron en puntajes del 1 al 7; donde 7: “me gusta muchísimo” y 1: “me disgusta muchísimo”, 20 tratamientos con 6 repeticiones en el punto central. El análisis estadístico realizado para evaluar el análisis consistió en determinar los coeficientes de correlación para los modelos lineal, cuadrático y cubico respectivamente, y el análisis de varianza para cada uno de los modelos que sirvió para elegir el modelo más significativo y con mejor ajuste en el cual se construyeron las superficies de respuesta correspondientes.

Para el diseño del modelo se utilizó el programa STATISTICA versión 7.0, utilizando para ellos un arreglo de 20 tratamientos se observa en la Tabla 1. Las variables independientes fueron reemplazadas de la siguiente manera: temperatura (X1), potencia del microondas (X2) y tiempo se secado en segundos (X3).

El análisis estadístico para evaluar el color, porcentaje de humedad y aceptabilidad general se realizó utilizando el software Statistica versión 7.0 y correspondió a un análisis de varianza, el cual se derivó de la participación de la variabilidad total en los componentes para cada modelo entre las posibilidades que brinda el software (modelo lineal, cuadrático, cúbico y cúbico especial), seleccionándose el modelo que resultó ser significativo ( $p < 0,05$ ) y que tuvo un coeficiente de determinación  $R^2$  alto (mayor a 85%), de acuerdo a lo recomendado por Montgomery (2002). Una vez seleccionado el modelo matemático para cada variable respuesta, se determinaron los coeficientes de regresión representados en él y con los cuales se obtuvo la ecuación ajustada para dicha variable respuesta.

Finalmente se determinó el tratamiento óptimo de acuerdo al análisis estadístico el cual podemos corroborar con la experimentación de tal tratamiento.

### 3. Resultados y discusión

En la tabla se muestran los valores de los veinte (20) ensayos realizados en la primera etapa, realizados mediante un diseño compuesto central (DCCR). El ensayo 7 presenta el porcentaje de humedad final de 10,04 %, lo que comparándolo con los valores de Rebhole (1988) señala para algunas frutas (20-24%), se puede indicar como valor excedente. Esto indica que a valores de 34 °C de temperatura, 359,46 watts de potencia y 273 segundos de tiempo ocurre el proceso de secado óptimo para obtener una harina con una humedad final aceptable. Entonces la humedad del alimento pasó de 58,9% hasta un valor de 10,04 %. En la tabla 3 se presenta los coeficientes de regresión para la humedad final (%), variación de color (%) y aceptabilidad general.

En la tabla 2 se muestra el análisis de los efectos para el % humedad, % variación de color y aceptabilidad general. Para la respuesta humedad todas las variables evaluadas (temperatura, tiempo y potencia) son estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a excepción de la variable cuadrática de temperatura y la interacción de esta, del mismo modo ocurre con las variables respuestas variación de color y aceptabilidad general con diferencia  $q$  a ca si tiene efecto la variable cuadrática temperatura y no la lineal de la misma.

En la tabla 3 se presenta los coeficientes de regresión para la humedad final (%), variación de color (%) y aceptabilidad general.

**Tabla 1.** Respuestas de la matriz con datos reales y codificados de DCCR para el porcentaje de humedad, variación del color y aceptabilidad general

Nº	Temperatura (°C)	Potencia (W)	Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Potencia (watts)	Tiempo (s)	Humedad (%)	Variación de color (%)	Aceptabilidad general
1	-1	-1	-1	34,05	240,54	196,35	31,10	7,63	1,73
2	1	-1	-1	45,95	240,54	196,35	21,91	8,30	1,83
3	-1	1	-1	34,05	359,46	196,35	23,82	14,98	2,43
4	1	1	-1	45,95	359,46	196,35	15,34	15,98	4,03
5	-1	-1	1	34,05	240,54	273,65	29,05	7,63	1,67
6	1	-1	1	45,95	240,54	273,65	22,80	13,23	2,40
7	-1	1	1	34,05	359,46	273,65	10,04	21,19	6,23
8	1	1	1	45,95	359,46	273,65	8,02	22,58	6,67
9	-1,68	0	0	30,00	300,00	235,00	12,41	16,52	4,27
10	1,68	0	0	50,00	300,00	235,00	9,67	21,73	5,87
11	0	-1,68	0	40,00	200,00	235,00	34,83	5,79	1,27
12	0	1,68	0	40,00	400,00	235,00	10,41	20,44	4,57
13	0	0	-1,68	40,00	300,00	170,00	19,49	15,59	3,93
14	0	0	1,68	40,00	300,00	300,00	10,62	20,68	4,90
15	0	0	0	40,00	300,00	235,00	10,76	21,16	5,47
16	0	0	0	40,00	300,00	235,00	10,85	19,13	5,40
17	0	0	0	40,00	300,00	235,00	11,00	19,86	5,37
18	0	0	0	40,00	300,00	235,00	11,03	19,62	5,47
19	0	0	0	40,00	300,00	235,00	10,96	19,65	5,40
20	0	0	0	40,00	300,00	235,00	10,83	19,71	5,43

**Tabla 2.** Efectos para la humedad, variación del color y aceptabilidad general

Factor	%HUMEDAD		% VARIACION DE COLOR		ACEPTABILIDAD GENERAL	
	Efecto	Valor-p	Efecto	Valor-p	Efecto	Valor-p
Mean/Interc,	10,7853	0,000002	19,94184	0,000000	5,44418	0,000000
(1)Temp,aire cal,(°C)(L)	-4,4729	0,011029	2,55059	0,022268	0,81388	0,035439
Temp aire cal,(°C)(Q)	1,6576	0,263587	-1,64227	0,104297	-0,5384	0,129617
(2) Potencia (watt)(L)	-12,9918	0,000004	9,16537	0,000002	2,53107	0,000019
Potencia (watt)(Q)	9,8439	0,000036	-5,89080	0,000077	-2,0587	0,000087
(3)Tiempo(S)(L)	-5,4450	0,003556	3,85271	0,002214	1,25345	0,003830
Tiempo (S)(Q)	4,4969	0,009275	-2,34330	0,028900	-0,9980	0,012015
1L by 2L	1,2367	0,525105	-0,96808	0,450828	0,30000	0,508550
1L by 3L	2,3485	0,239597	1,32987	0,306381	-0,1333	0,766835
2L by 3L	-4,9865	0,024103	1,96669	0,141995	1,48333	0,006887

**Tabla 3.** Coeficientes de regresión para él la humedad, variación del color y aceptabilidad general

Factor	%HUMEDAD		% VARIACION DE COLOR		ACEPTABILIDAD GENERAL	
	Coef, De Regresión	Valor puro	Coef, De Regresión	Valor puro	Coef, De Regresión	Valor puro
Mean/Interc,	313,6159	0,001907	-137,990	0,018940	-39,2101	0,049037
(1)Temp,aire cal (°C)(L)	-3,9769	0,077229	1,803	0,203888	0,6185	0,217974
Temp. aire cal (°C)(Q)	0,0234	0,263587	-0,023	0,104297	-0,0076	0,129617
(2) Potencia (watt)(L)	-0,7595	0,002235	0,531	0,001473	0,1032	0,038932
Potencia (watt)(Q)	0,0014	0,000036	-0,001	0,000077	-0,0003	0,000087
(3) Tiempo (S)(L)	-0,6568	0,054001	0,174	0,398375	0,0880	0,237852
Tiempo (S)(Q)	0,0015	0,009275	-0,001	0,028900	-0,0003	0,012015
1L by 2L	0,0017	0,525105	-0,001	0,450828	0,0004	0,508550
1L by 3L	0,0051	0,239597	0,003	0,306381	-0,0003	0,766835
2L by 3L	-0,0011	0,024103	0,000	0,141995	0,0003	0,006887

%Humedad:  $R^2=94,466$ ;  $R^2_{Ajustado}=89,486$  %

% Variación de color  $R^2=94,389$ ;  $R^2_{Ajustado}=89,339$  %

Aceptabilidad General  $R^2=93,246$ ;  $R^2_{Ajustado}=87,167$  %

Para el caso de la respuesta de variación de color, %Humedad y respuesta Aceptabilidad General se observa que para los coeficientes lineales y cuadrático de la potencia, el coeficiente cuadrático del tiempo y la interacción de los coeficientes lineales de éstos (potencia y tiempo) presentan significancia ( $p<0,05$ ), no siendo así para los coeficientes lineal y cuadrático de la temperatura de aire caliente (°C), ni sus interacciones con ésta (temperatura de aire caliente °C), según la tabla 3. Estos modelos encontrados presentan coeficientes de determinación de 0,94389, 0,94466 y 0,93246 para el caso de la respuesta de variación de color, %Humedad y respuesta Aceptabilidad General respectivamente y un  $R^2$  Ajustado de 0,89339, 0,89486 y 0,87167 para el caso de la respuesta de variación de color, %Humedad y respuesta Aceptabilidad General respectivamente, lo cual indica que los modelos representan bien el proceso,

siendo explicada la variación de color, %Humedad y respuesta Aceptabilidad General en un 94,389 %, 94,466 % y 93,246 % respectivamente por la potencia (watt) y el tiempo(S).

El modelo matemático para la Humedad se denota por la siguiente ecuación cuadrática.

$$Y1 = 313,6159 - 3,9769T + 0,0234 T^2 - 0,7595 P + 0,0014 P^2 - 0,6568 t + 0,0015 t^2 + 0,0017 (T)*(P) + 0,0051 (T)*(t) - 0,0011 (P)*(t)$$

El modelo matemático para él % variación de color se denota por la siguiente ecuación cuadrática.

$$Y2 = -137,990 + 1,803T - 0,023T^2 + 0,531P - 0,001P^2 + 0,174t - 0,001t^2 + -0,001 (T)*(P) + 0,003 (T)*(t) + 0,000 (P)*(t)$$

El modelo matemático para la Aceptabilidad se denota por la siguiente ecuación cuadrática.

$$Y3 = -39,2101 + 0,6185T - 0,0076T^2 + 0,1032P - 0,0003P^2 + 0,0880 t - 0,0003 t^2 + 0,0004 (T)*(P) - 0,0003 (T)*(t) + 0,0003 (P)*(t)$$

Donde Y1 representa % humedad, Y2 a la variación de color y Y3 la aceptabilidad general.

**Tabla 4.** Análisis de varianza para la humedad, variación de color y aceptabilidad general

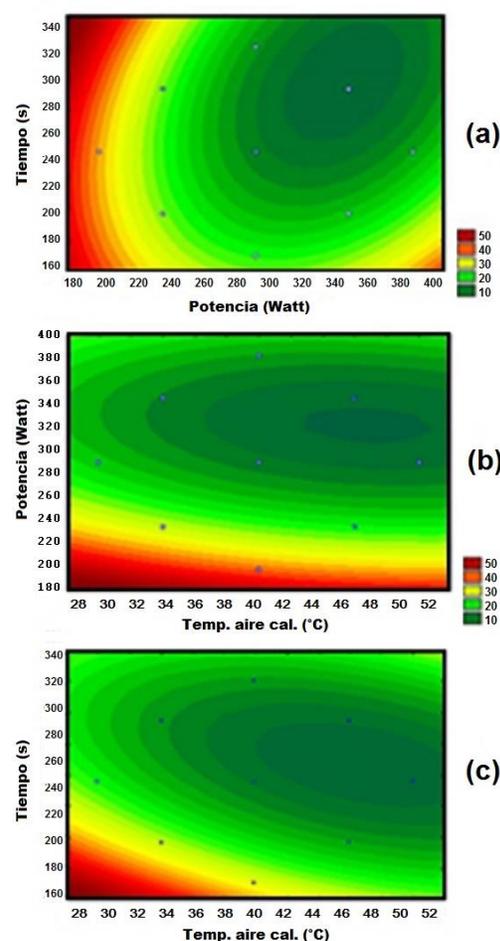
Fuente de variación	% Humedad					% Variación de color					Aceptabilidad general				
	GL	SS	MS	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>	GL	SS	MS	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>	GL	SS	MS	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>
Regresión	1	215,2	215,2	8,6	4,4	1	224,4	224,4	9,2	4,4	1	249,2	249,2	10,8	4,4
Residuos	18	449,8	24,9			18	440,6	24,5			18	415,8	23,1		
Total	19	665				19	665				19	665			

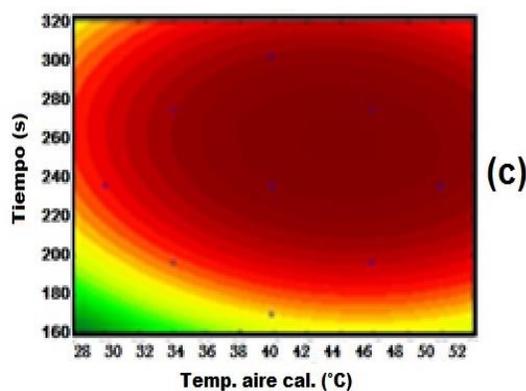
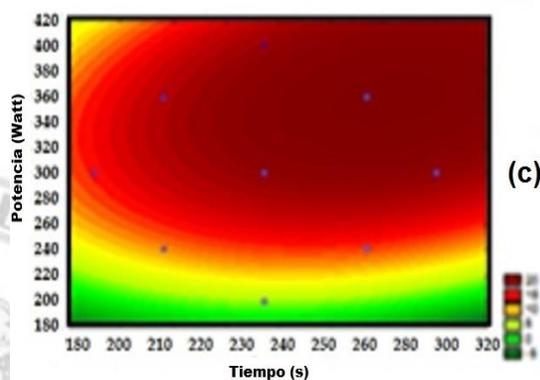
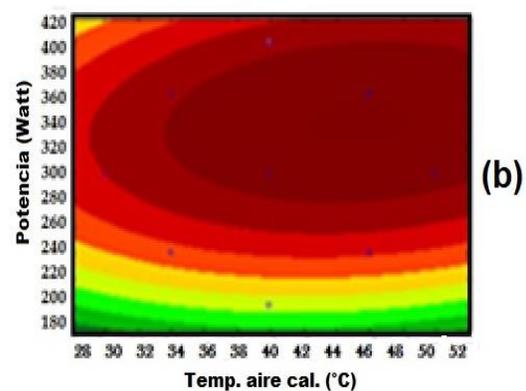
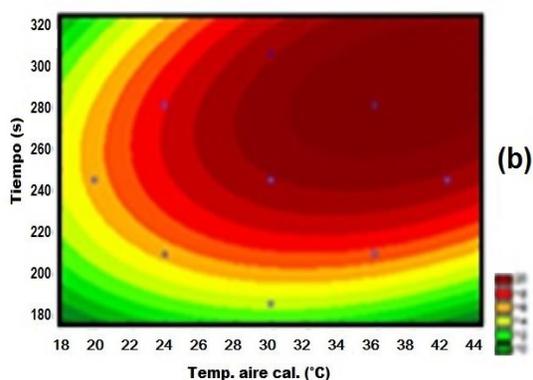
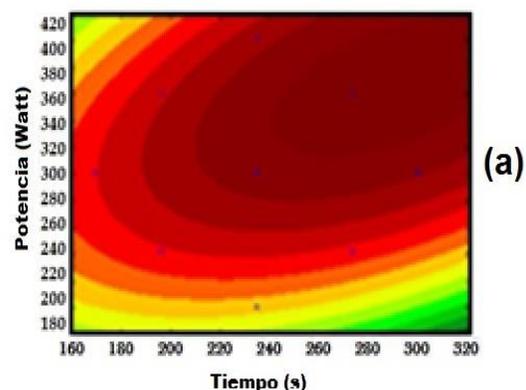
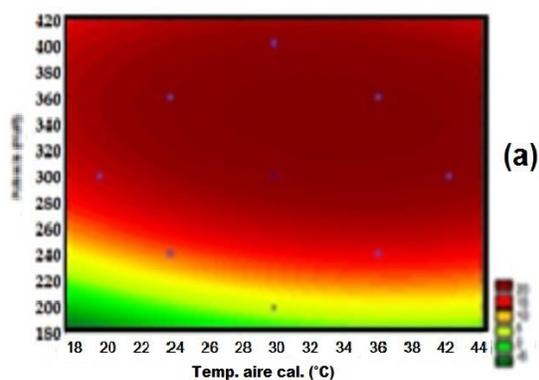
Las gráficas de contorno (figura a) fueron generadas a partir de las variables temperatura, potencia y tiempo, pudiéndose observar que el uso del microondas en alimentos constituidos por moléculas polares, como el agua, permite que la radiación electromagnética penetre los cuerpos, generando un calentamiento casi instantáneo de las piezas, según sea su tamaño Berteli (2005). Se verificó que cuando los valores de la potencia oscilan entre 320-400 Watt y el tiempo de secado entre 240-320, el % de humedad alcanza valores mínimos.

En la figura 2b y 2c muestra que cuando los valores de la potencia oscilan entre 360-320 Watt y la temperatura de aire caliente en 42 - 50 °C, con un rango de temperatura de 220 - 280 s el % de humedad alcanza valores mínimos adecuados para la elaboración de harina. El secado con aire caliente y microondas favorece la aceleración del proceso de reducción del agua, Spiess (1998), hace referencia a las ventajas que ofrece el asistir con energía microondas al secado convectivo, asociadas al rápido calentamiento volumétrico del producto y su elevado poder de penetración.

En la figura 3 se verifica que al aumentar la temperatura y la potencia el % de variación de color también se ve incrementada, caso contrario si se trabaja con potencias y temperaturas bajas, el % de variación de color no se verá muy influenciado, La máxima variación fue de 20 % trabajando con tiempos máximos de 300 s. La consecuente reducción en los

tiempos de proceso permite obtener productos con mejores atributos de calidad, tales como el aroma y la capacidad de rehidratación Funebo y Ohlsson (1998), o el sabor, textura y valor nutricional, Abors (2001). Desde este punto de vista, un proceso de secado que combine ambos métodos puede aunar las ventajas que proporciona cada uno de ellos.

**Figura 2.** Gráficas de contorno para la humedad.

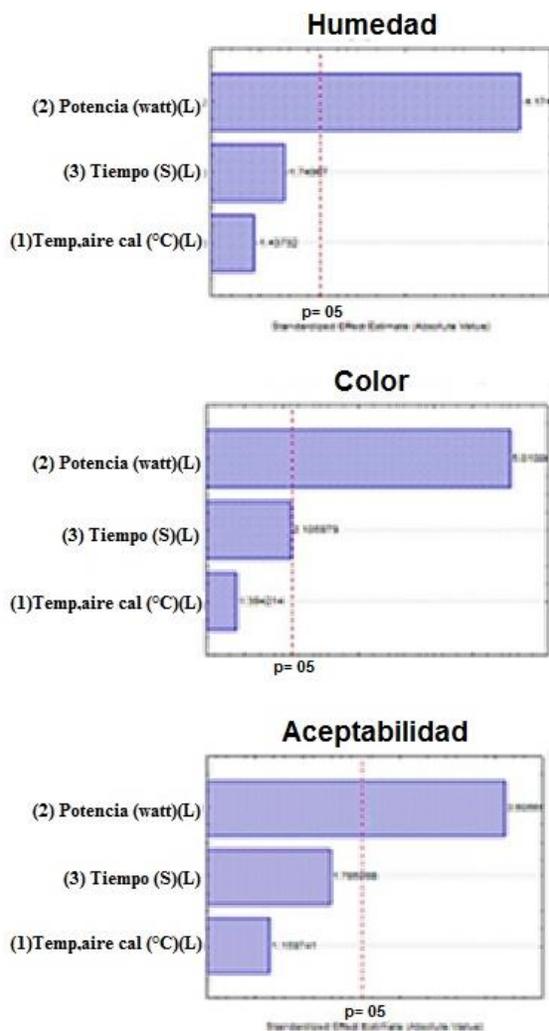


**Figura 3.** Gráficas de contorno para % variación de color.

La figura 4a muestra que los tratamientos realizados con los tiempos y las potencias mas elevadas tuvieron una mayor aceptabilidad la cual se tomo en cuenta el sabor y sobre todo el color de presentación de la harina.

**Figura 4.** Gráficas de contorno para Aceptabilidad General.

La figura 4b y 4c muestra que si trabajamos a una temperatura entre 36 - 50 °C, a un rango de tiempo de 230 - 290 s obtendremos la mayor aceptabilidad.



**Figura 5.** Gráfico de Pareto de los efectos estandarizados.

La figura 5 muestra que la única variable que influye en las variables respuesta (% humedad, color y aceptabilidad) es la potencia de las microondas.

#### 4. Conclusión

Las muestras de lúcumas llegaron a una humedad final cercana al 10 % en dos tratamientos donde estos fueron sometidos a 34,5°C y 40 °C de temperatura, 360 y 400 watts de potencia, 274 y 235 segundos respectivamente.

Se evaluaron dos características sensoriales, las cuales fueron color y aceptación general, para cada característica se determinó un modelo matemático que pueda predecir la proporción óptima de cada componente en el secado combinado aire caliente-microondas en lúcumas.

El equipo utilizado al inicio del proceso tuvo la deficiencia que el ventilador estuvo malogrado y la resistencia estaba en desuso por eso tuvimos que repararlo para poder empezar el proyecto.

Los datos obtenidos son potencialmente útiles para futuros estudios sobre el desarrollo de productos de este tipo como son las harinas porque es un método que utiliza poca cantidad de tiempo y con producto casi similar a otros procesos en los cuales toman más tiempo.

#### 5. Referencias bibliográficas

- Abors, A. 2001. Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Barbosa, C; Gustavo, V.; Vega, M. 2000. Deshidratación de Alimentos. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza, España.
- Berteli, M.; Marsaioli, A. 2005. Evaluation of short cut pasta air dehydration assisted by microwaves as compared to the conventional drying process. *Journal of Food Engineering* 68: 175-183.
- Datta, A.; Zhang, J. 1999. Porous Media Approach To Heat And Mass Transfer In Solid Foods. ASAE Meeting Presentation 99-3068:1-33.
- Diaz, G.; Martinez, J.; Fito, P.; Chiral, A. 2003. Modelling Of Dehydration – Rehydration Of Orange Slices In Combined Microwave/Air Drying Innovative. *Food Science and Emerging Technologies* 4: 203 – 209.
- Fito, P.; Andres A.; Albors, A.; Barat J. 2001. Introducción al Secado de Alimentos por Aire

- Caliente. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Funebo, T.; Ohlsson, T. 1998. Microwave Assisted Air Dehydration Of Apple And Mushroom. *Journal of Food Engineering* 38: 353-367.
- IFT. 1975. Minutes of evaluation div. Business meeting at 35 th ann. Meet, ins. of food technologists. Chicago, June 10.
- Montgomery, D. 2002. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Wiley S.A. Universidad Estatal de Arizona.
- Rebhole, T. 1988. Datos Sobre Procesos Físicos Y Químicos Durante El Proceso De Secado De Alimentos Taller De Secado De Productos Agrícolas. PSS. La Molina.
- Shiffman, R. 1985. An Update of the Application of Microwave Power in the Food Industry. *Journal of microwave Power* 15: 221 – 224.
- Spiess, W.; Beshnilian, D. 1998. Osmotic treatments in food processing. Current state and texture needs. En: Akritidis, C.; Marinos-Kouris, D.; Saravacos, (Eds.). *Proceedings of the 11th International Drying Symposium (IDS'98)*. Thessloniki. Ziti Editions, volume A: 47-56.

