

## Evaluación de las técnicas de secado de uchuva (*Physalis peruviana* L.) y mora (*Rubus glaucus*) con aire caliente y aire caliente –microondas

### Technical assessment of drying of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) And blackberry (*Rubus glaucus*) hot air and hot air-microwave

Duque C. Alba L. <sup>1</sup>; Villamizar V. Rafael H. <sup>1</sup> y Giraldo P. Germán A <sup>II</sup>.

**Resumen.** En este trabajo se evaluó la eficiencia de la reducción del agua de frutas de la uchuva y la mora, por medio de métodos de secado con aire caliente (SAC) a 35 °C, y secado combinado de aire caliente y microondas (SAC-MW) con pulsos de 7 segundos, cada 45 segundos a 35 °C. A los productos de la uchuva y la mora entera y en mitades, se les evaluó las variables de tiempo de secado, color ( $\Delta E$ ) y textura. Los resultados obtenidos mostraron que el secado con SAC-MW es más eficiente que el SAC, ya que las frutas requieren de menor tiempo para alcanzar el equilibrio. La fruta de uchuva entera, secada por SAC-MW y por SAC, alcanzó el equilibrio a los 600 min y a los 7280 min, respectivamente. La uchuva en mitades alcanzó el equilibrio por SAC-MW a los 300 min y por SAC a los 2960 min. En el caso de la mora entera, secada por SAC-MW, se alcanzó el equilibrio a los 720 min y por SAC a los 5760 min. Ello demuestra que el efecto de las MW acelera el proceso. El color y la textura no presentaron diferencia estadística entre los tratamientos.

**Palabras clave:** uchuva, mora, secado, aire caliente, microondas.

**Abstract.** Some fruit, such as, uchuva and blackberry are highly perishable due to its high content of water causing high microbial and enzymatic activity. A way to control

---

I Msc. Química. Docente Programa de Química, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías. Universidad del Quindío. albuquerque@uniquindio.edu.co; rhvillamizar@uniquindio.edu.co. Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales. Universidad del Quindío.

II Phd. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Docente Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales. Universidad del Quindío. ggiraldo@uniquindio.edu.co

the perishability is the drying process, a technique that provides stability due to the reduction of water and its activity, reducing the microbial and enzymatic activity as well. In this work was evaluated the efficiency of the techniques of hot air drying (HAD) at 35°C and combined drying, hot airdrying and microwave drying (HAD-MW), pulsed for 7 seconds every 45 seconds at 35° C. The products from uchuva and blackberry complete and cutin half, were tested in the next variables: drying time, color and texture. The obtained results showed that the drying process SAC-MW is more efficient than SAC alone since the fruit require less time to acquire equilibrium. The complete uchuva reached equilibrium in 600 minutes using SAC-MW process, while using SAC process it took 7280 minutes. The uchuva cut in halves reached equilibrium in 300 minutes using SAC-MW, and 2960 using SAC. The complete blackberry reached equilibrium in 720 minutes using SAC-MW and 5760minutes using SAC, demonstrating that the effect of the microwaves accelerates the process considerably. The color and texture did not show any statistic difference between both techniques.

**Key words:** uchuva, blackberry, drying, hot air and microwaves.

## 1. INTRODUCCIÓN

La uchuva en estado fresco presenta un contenido de: humedad del 78.5%, sólidos solubles como °brixde 14.5±1.5 (Giraldo *et al.*, 2005) alto contenido de vitaminas A y C (1730 UI de vitamina A y 20 mg. de ácido ascórbico) pectina y minerales como calcio, hierro y fósforo. Los principales azúcares son sacarosa, glucosa y fructosa, los cuales se aumentan durante el período de maduración del fruto, a consecuencia del metabolismo del almidón. Además, presenta ácido cítrico, ácido málico y ácido oxálico (Fisher y Martínez, 1999; Flórez *et al.*, 2000 y Fisher *et al.*, 2005;). En el caso de la mora (*Rubus glaucus*) tiene un contenido de: humedad del 87,4%, sólidos solubles como °brixde 7,8±0.9 (Giraldo *et al.*, 2005) con altos contenidos de pigmentos como antocianinas y taninos; vitaminas y ácidos orgánicos (Zhang *et al.*, 2005 y Schaefer *et al.*, 2006).

La deshidratación es el proceso osmótico que conduce a la reducción de la humedad en las frutas, y el secado es el proceso de extracción del agua del alimento. El proceso de secado se considera un proceso inadecuado porque, además de afectar el contenido en agua, afecta reacciones enzimáticas y no enzimáticas, destrucción de nutrientes y aromas.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) define como producto deshidratado el que contiene menos del 2,5% de agua (base seca); como producto

seco todo aquel alimento que ha sido expuesto a un proceso de eliminación de agua y que contiene más del 2,5% de agua (base seca) (Barbosa y Vega, 2000).

Los secadores fundamentalmente son por convección y radiación, entre otros. 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). Los secadores directos utilizan aire caliente, ofreciendo un calentamiento más uniforme que los secadores indirectos (Barbosa y Vega, 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). La combinación de microondas (bajos niveles de potencia) y de convección (SAC) a 60°C, potencializa la reducción en el tiempo de secado (Díaz *et al.*, 2003).

El objetivo de este trabajo fue evaluar dos técnicas de secado con aire caliente (SAC) y secado con aire caliente y microondas en frutas de uchuva (*Physalis peruviana L.*) y mora (*Rubus glaucus*).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materia Prima

Las frutas de uchuva (cultivada en el municipio de Pijao, Quindío) y de mora (cultivada en la parte baja del municipio de Salento, Quindío) fueron adquiridas en un mercado minorista de la ciudad de Armenia, con grado de madurez similar; se clasificaron buscando uniformidad en el tamaño, consistencia y color. Las frutas fueron inicialmente lavadas con agua a presión y sanitizadas con una solución de hipoclorito de sodio (150 ppm) durante 3 minutos. Se evaluaron por triplicado la humedad, el color y la textura de las frutas enteras (E) y en mitades (M) en estado fresco y deshidratado. El trabajo se realizó en el laboratorio de Investigación Diseño de Nuevos Productos, de la Universidad del Quindío.

## 2.2 Secado

Las frutas frescas se seleccionaron en dos lotes; el primer lote se sometió a secado en estufa de aire caliente (SAC) a 35°C, registrando pesos en estado fresco y cada media hora durante las primeras 3h. Después, cada hora durante las siguientes 3h y luego tres medidas cada dos horas; y por último, se registraron pesos a las 12, 24 y a las 48 horas. El segundo lote se sometió a secado combinado SAC –MW con pulsos de 7 sa 35°C, cada 45s, registrando pesos cada media hora durante las primeras 3h; después, cada hora durante las siguientes 3h y luego tres medidas cada dos horas; y por último, se registraron pesos a las 12, 24 y a las 48 horas.

## 2.3 Caracterización de la uchuva y la mora

**Humedad ( $X_w$ ):** El contenido de humedad se determinó según el método (AOAC 934.06/97) secando las muestras a 60°C, a presión atmosférica (640 mm Hg) por 24 horas y a vacío por cerca de 72 horas hasta alcanzar peso constante (Ecuación 1).

$$\Delta M = \frac{M_f - M_o}{M_o} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

$\Delta M$ : promedio de masa

$M_f$ : masa (g) fruta seca

$M_o$ : masa (g) fruta fresca

## 2.4 Color ( $\Delta E$ )

**2.4 Color ( $\Delta E$ ).** El color se determinó utilizando el espectrofotómetro Minolta, CR 10, con iluminante D 65 y observador estándar de 10°; y a partir de los espectros de reflexión de las muestras, según las coordenadas del CIE-L\*a\*b\* (Ecuación 2).

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

$L_0$ ,  $a_0$  y  $b_0$  son los valores promedio iniciales de cada coordenada en la fruta fresca.

$L$ ,  $a$  y  $b$ , valores promedio después de cada tratamiento.

## 2.5 Textura (kgf)

La textura se determinó a partir de ensayos mecánicos de corte, utilizando un analizador de textura TA. XT *plus*, Stable Micro Systems (SMS) con el programa de computador Texture Exponent, versión 2.64. En cada análisis se evaluó la fuerza máxima requerida para penetrar fruta entera (E) y en mitades (M) a través del eje transversal de la fruta. Para ello, se empleó la sonda metálica HDP/VB y la plataforma HDP/90. Los parámetros utilizados fueron: velocidad del test 1 mm/s, esfuerzo 100% (penetración completa) y fuerza 5 gf.

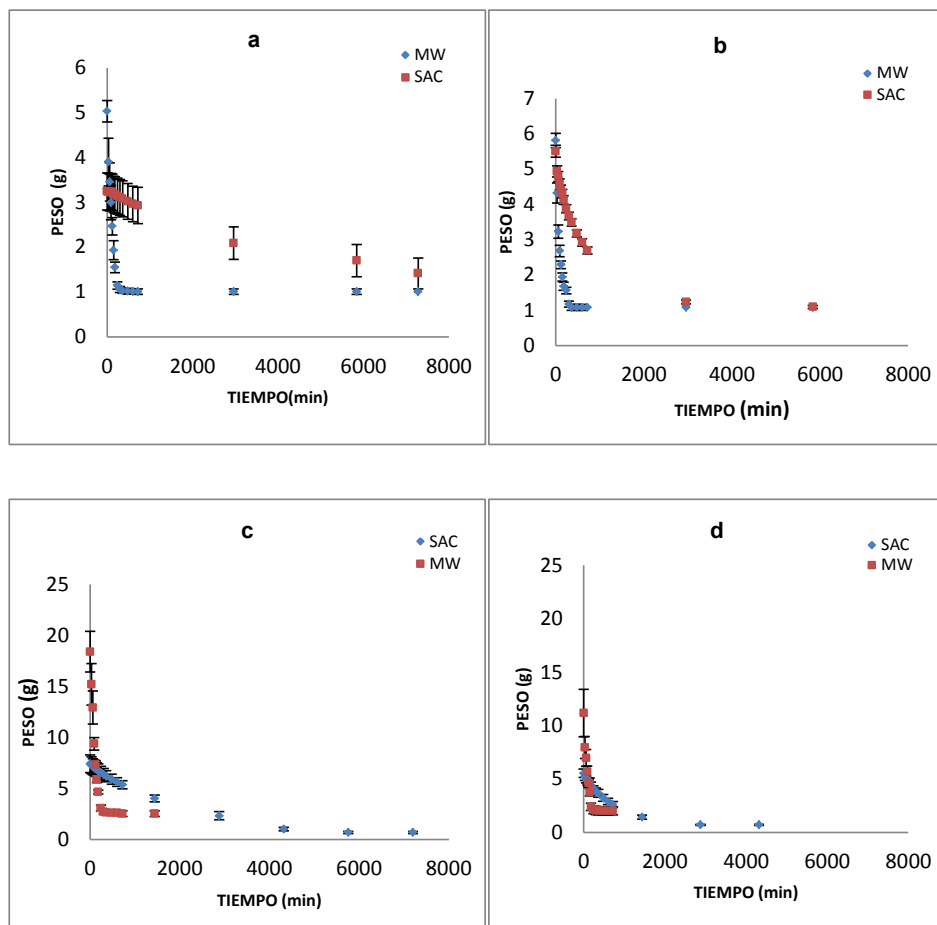
El análisis estadístico se realizó a través del análisis de varianza (ANOVA) en el software STATGRAPHISCS CENTURION XVI.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Caracterización de la uchuva y la mora

#### 3.1.1 Curva de secado

En la figura 1 se muestra la relación entre el peso de la uchuva entera UE (a), en mitades UM (b) y de la mora entera ME (c) y en mitades MM (d) en los tratamientos de SAC y SAC-MW, a través del tiempo.



**Figura 1.** Seguimiento del peso de la UE (a), UM (b), ME (c) y MM (d)

Como se observa en la figura 1, se presentó una diferencia entre los dos tratamientos SAC y SAC-MW, y entre la fruta entera y en mitades; el proceso de secado por SAC-MW presentó mayor reducción de agua en menor tiempo y mayor eficiencia energética, debido que a menor tiempo de secado menor consumo de energía; comparado con el proceso de SAC, tanto para la uchuva como para la mora.

En la figura (a) se observa una diferencia estadísticamente significativa, desde el inicio hasta el final del proceso, de secado en frutas enteras sometidas a los dos tratamientos. La fruta entera, secada por SAC-MW, alcanzó el equilibrio a los 600 minutos, siendo éste menor que el secado con SAC, donde alcanzó el equilibrio a los 7280

minutos. En la figura (b) se presentó una diferencia estadísticamente significativa entre los dos procesos de secado, siendo más efectivo el método de secado SAC-MW, el cual alcanzó el equilibrio a los 300 minutos, mientras que a los 2960 minutos no se presentó diferencia entre los tratamientos de secado; ello es debido posiblemente a que el tratamiento con microondas altera en forma homogénea la estructura de la fruta al generar movimiento continuo de las moléculas de agua; caso contrario sucede con el calentamiento por SAC, ya que éste afecta en forma convectiva la superficie de la fruta, alterando la humedad interna sólo por difusión.

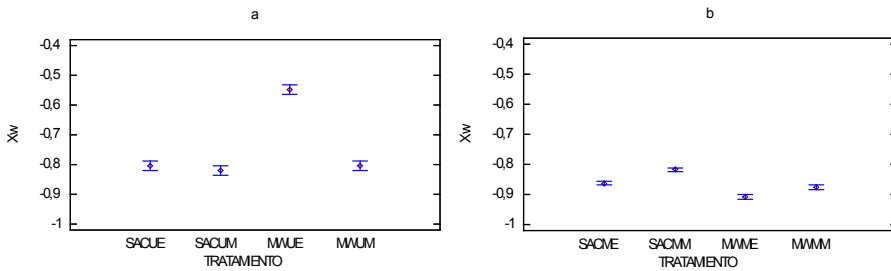
En la figura (c) se observa una diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de secado de frutas enteras, sometidas a los dos tratamientos. La fruta entera, secada por SAC-MW, alcanzó el equilibrio a 720 minutos, siendo éste menor que el SAC, donde se alcanzó el equilibrio a 5760 minutos. En la figura (d) se presenta una diferencia estadísticamente significativa entre los dos procesos de secado, siendo más efectivo el método de secado por SAC-MW, el cual alcanzó el equilibrio a 360 minutos, mientras que el secado por SAC alcanzó el equilibrio a 2880 minutos; ello es debido posiblemente a que el tratamiento con microondas altera en forma homogénea la estructura de la fruta, al generar movimiento continuo de las moléculas de agua.

La comparación de los sistemas de secado de uchuva y de mora entera y de uchuva y de mora en mitades, presentaron diferencias estadísticas mientras se alcanzó el equilibrio de la estructura de la fruta; ello es debido probablemente a la morfología de la mora (conglomerado de drupas pequeñas) y de la uchuva (baya).

Estudios realizados por Berteli y Jr, (2005) mostraron cómo 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, pero sin importar su morfología; ello contrasta con el calentamiento convencional, en el que el calor se transporta de la superficie al interior a una velocidad de 10 a 20 veces más lenta.

### 3.1.2 Humedad ( $X_w$ )

En la figura 2 se muestra la humedad de la uchuva entera (UE) y (UM) en mitades (a) y de la mora entera (ME) y (MM) en mitades (b) en los tratamientos de secado con aire caliente (SAC) y secado con aire caliente y microondas (SAC-MW) a través del tiempo.



**Figura 2.** Humedad de la uchuva y la mora con los diferentes tratamientos de secado

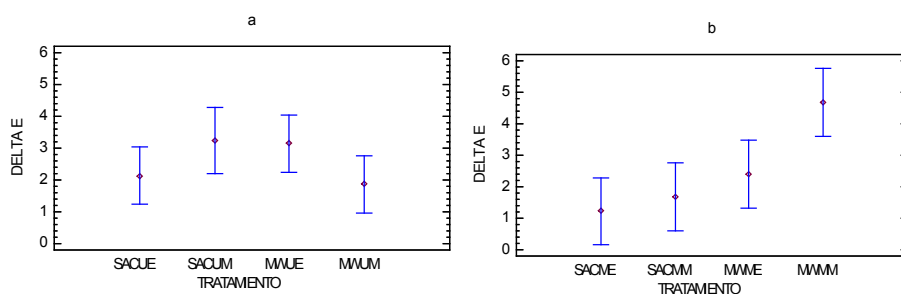
Como se observa en la figura (a), se presentó una diferencia significativa entre la uchuva entera, secada por SAC-MW, y los demás tratamientos, presentando mayor contenido de humedad; ello es debido posiblemente a que la uchuva entera no ha eliminado agua libre, como sucede con la fruta en mitades; además, el tratamiento con microondas genera movimiento continuo y homogéneo de las moléculas de agua. En la figura (b) no se presentó una diferencia apreciable entre los tratamientos SAC, moras enteras, y SAC-MW, moras en mitades, mientras que el tratamiento SAC, mora en mitades, presentó mayor contenido de humedad, y el tratamiento SAC-MW, mora entera, el menor contenido de humedad.

Lo anterior está de acuerdo con lo encontrado por (Ilknur, 2007) en donde el método más conveniente de secado para rodajas de calabaza es el método combinado de microondas y aire caliente, en relación con el consumo de energía durante el secado, tiempo de secado, la tasa media de secado y el color.

### 3.1.3 Color ( $\Delta E$ )

En la figura 3 se muestra la relación entre los parámetros del color ( $\Delta E$ ) de la uchuva entera (UE) y (UM) en mitades (a) y de la mora entera (ME) y (MM) en mitades (b) en los tratamientos de secado con aire caliente (SAC) y secado con aire caliente y microondas (SAC-MW) a través del tiempo.





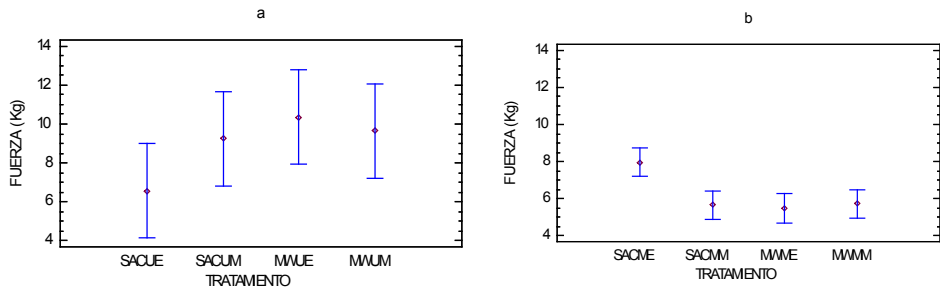
**Figura 3.** Cambio del color de la uchuva (a) y mora (b) con los diferentes tratamientos de secado

Como se observa en la figura 3, el color no presentó diferencia estadística significativa en los dos tratamientos, SAC y SAC-MW en las uchucas y las moras enteras; sin embargo, se presentó una variación en las moras en mitades, secadas con SAC-MW (MWM) debido posiblemente al área de exposición y a la concentración de sólidos solubles por la eliminación de agua.

Estudios realizados por (Duque *et al.*, 2007) muestran que el color no se ve influenciado por los tratamientos de deshidratación, con pulso a vacío ni a presión atmosférica, en las frutas como la mora, que no presentan espacios intercelulares en su estructura; sin embargo, en las frutas que presentan una estructura porosa como el mango, y parcialmente porosa como la uchuva, los tratamientos de deshidratación afectan el color.

### 3.1.4 Textura (Kgf)

En la figura 4 se muestra la relación entre la textura de la uchuva entera (UE) y (UM) en mitades (a) y de la mora entera (ME) y (MM) en mitades (b) en los tratamientos de secado con aire caliente (SAC) y secado con aire caliente y microondas (SAC-MW) a través del tiempo.



**Figura 4.** Resistencia de la uchuva y con los diferentes tratamientos de secado

Como se observa en la figura (a), los tratamientos de SAC y SAC-MW con geometrías diferentes (esferas y medias esferas) a que fue sometida la uchuva, no presentaron diferencia estadística significativa, aunque aparentemente se observa una leve tendencia a la resistencia mecánica de la uchuva entera, sometida al tratamiento de SAC. En la figura (b) la mora sometida a tratamientos de SAC y SAC-MW enteras y en mitades, presentaron una diferencia estadística significativa, al comparar la fruta entera tratada con SAC con los demás tratamientos, mostrando la mora entera sometida al SAC una mayor resistencia mecánica. Al comparar los sistemas de secado de uchuva y de mora entera y de uchuva y mora en mitades, se observó que entre tratamientos la textura presentaba un comportamiento inverso; ello es debido posiblemente a que la mora presentó menor °brix y mayor contenido de humedad.

Figiel A, (2009) encontró que el tratamiento con microondas aumentó la potencia de la tensión de rotura, la velocidad de secado y la capacidad de absorción de agua.


#### 4. CONCLUSIONES

El secado con aire caliente y microondas favorece la aceleración del proceso de reducción del agua, aunque en momentos de máxima o mínima humedad no se observa efecto de este tratamiento al compararlo con el secado por aire caliente.

Los tratamientos no presentan una influencia directa en la modificación del color; sin embargo, entre los tratamientos la textura presentaba un comportamiento inverso.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Barbosa, C. Gustavo, V. y Vega, M. H. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Zaragoza España: Editorial ACRIBIA, S.A.
- Berteli, M. N. & Jr, A. M. (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.
- Díaz, G. R., Martínez-Manzo, 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.
- Duque, A., Giraldo, G. y Mejía, C. (2007). Variación del color en Mango, Mora y Uchuva en diferentes tratamientos osmóticos. *Revista de Investigaciones, Universidad del Quindío*, 17, 19- 26.
- Figiel, A. (2009). Drying kinetics and quality of vacuum - microwave dehydrated garlic cloves and slices. *Journal of Food Engineering*, 94, 98-104.
- Fisher, G. y Martínez, O. (1999). Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía colombiana*, 16, 35-39.
- Fisher, G., Piedrahita, W. y Romero, J. (2005). Avances del cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, ISBN: 958-701-603-3.
- Fito, M. Pedro, Andrés G. Ana María, Barat B. Jose Manuel, Albors S. (2001). *Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Florez, V., Fisher, G. & Sora, A. (2000). Producción, Poscosecha y Exportación de la Uchuva (*Physalis peruviana L.*). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. ISBN: 958-8051-74-6.
- Giraldo, G., Duque, A. y Mejía, C. (2005). La deshidratación osmótica como pre-tratamiento en la conservación de mora (*Rubus glaucus*) y uchuva (*Physalis peruviana L.*). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 12, 15-22.
- Ilknur, A. (2007). Microwave, air and combined microwave – air-drying parameters of pumpkin slices. *Food Science and Technology*, 40, 1445-1451.
- Schaefer, S., Baum, M., Eisenbrand, G., Dietrich, H., Will, F. & Janzowski, C. (2006). Polyphenolic apple juice extracts and their major constituents reduce oxidative damage in human colon cell lines. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50, 24– 33.
- Shiffman, R. (1985). An update of the application of microwave power in the Food industry. *Journal of microwave Power*, 15, 221 – 224.

Zhang, Y., Vareed, S. & Nair, M. (2005) Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables, *Life Sci*, 76, 1465–1472. 

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
Duque C. Alba L. ; Villamizar V. Rafael H. y Giraldo G. Germán A. Evaluación de las técnicas de secado de uchuva ( <i>Physalis peruviana</i> L.) y mora ( <i>Rubus glaucus</i> ) con aire caliente y aire caliente – microondas. Revista Tumbaga (2011), 6, 17-28	Día/mes/año 18/07/2011	Día/mes/año 13/08/2011