



## XII Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola

Bogotá, Colombia, 23 al 27 de Mayo de 2016

### EFFECTO DE LA MASA SOBRE EL TIEMPO DE TOSTADO EN CAFÉ.

#### MASS EFFECT ON COFFEE ROASTING TIME.

**ROYNER ABARCA-MORA<sup>1</sup>; GUILLERMO A. VARGAS-ELÍAS<sup>2</sup>; JORGE CASTILLO-VIVES<sup>3</sup>; IRIS V. CASTRO-CASTRO<sup>4</sup>; LOANA P. HERRERA QUESADA<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Agrícola, Universidad De Costa Rica, San José, Costa Rica, CIGRAS-UCR, (506)8868-4438, royner.abarca@ucr.ac.cr

<sup>2</sup> Ingeniero Agrícola, M.Sc. Profesor invitado, Universidad De Costa Rica, San José, Costa Rica, CIGRAS-UCR, (506)8431-1259, gvargase@gmail.com

<sup>3</sup> Estudiante de Agronomía, Universidad De Costa Rica, San José, Costa Rica, CIGRAS-UCR, (506)8714-7736, joca122793@gmail.com

<sup>4</sup> Estudiante de Agronomía, Universidad De Costa Rica, San José, Costa Rica, CIGRAS-UCR, (506)8334-4365, ivccastro@gmail.com

<sup>5</sup> Estudiante de Agronomía, Universidad De Costa Rica, San José, Costa Rica, CIGRAS-UCR, (506)8688-8787, loanahq2@gmail.com

#### RESUMEN

Conocer cómo afecta la cantidad de masa el proceso de torrefacción del café se ha vuelto una necesidad, esto ante las distintas capacidades con las que cuentan los tostadores disponibles en el mercado, los cuales deben garantizar un tiempo de tostado aproximadamente entre 8 a 15 minutos, sin afectar la calidad final del café tostado. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cantidad de masa inicial sobre el tiempo de tostado en tostador convencional. Para ello, se utilizó café de beneficiado con calidad sensorial tipo *gourmet*, con una distribución de tamaño con 70% sobre zaranda #20, densidad aparente de  $637,0 \pm 4,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  y con un contenido de humedad de  $0,1255 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Se definieron cinco masas (250, 500, 750, 1000 y 1250g), y la temperatura inicial del tostador fue  $321 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Se alcanzó el nivel de tueste medio con pérdida de masa de  $16,2 \pm 0,6\%$  con tres repeticiones para cada tratamiento. Se obtuvo que el tiempo de tostado se incrementó proporcionalmente al aumento de la masa, estableciéndose una relación lineal entre la masa inicial y el tiempo de torrefacción del café con un coeficiente de determinación de 99,5 %. Los tiempos de tostado fueron:  $4,6 \pm 0,1$ ;  $8,8 \pm 0,1$ ;  $13,4 \pm 0,2$ ,  $16,4 \pm 0,2$  y  $20,1 \pm 0,6$  minutos, respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** *Coffea arabica*; torrefacción; duración de tostado; tostador convencional; tueste medio.

#### ABSTRACT

The coffee roasters must roast the green beans between 8 to 15 minutes for quality preservation, when grain mass increase also increases the roasting times. It is necessary to know a relationship between the mass and time, thus other roasting process parameters. The objective of this study was to evaluate the effect of the quantity of initial mass over roasting time in drum roaster. It was used coffee grains with gourmet quality, with a size distribution with 70% on mesh # 20, bulk density of  $637,0 \pm 4,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  and a moisture content of  $0,1255 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . The initial roaster temperature was  $321 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  and samples of 250, 500, 750, 1000 and 1250 g were initially defined with three replicates for each treatment. The level medium roast was obtained with mass loss of  $16,2 \pm 0,6\%$ . The roasting time increases proportionally to increase in mass, with a linear relationship between the initial mass and roasting time, and a determination coefficient of 99,5%. The roasting times were  $4,6 \pm 0,1$ ;  $8,8 \pm 0,1$ ;  $13,4 \pm 0,2$ ;  $16,4 \pm 0,2$  and  $20,1 \pm 0,6$  minutes, respectively.

**KEYWORDS:** *Coffea arabica*; roasting; roasting time; drum roaster; medium roasted.

## INTRODUCCIÓN

El conocer cómo afecta la cantidad de masa el proceso de torrefacción del café se ha vuelto una necesidad, esto ante las distintas capacidades con las que cuentan los tostadores disponibles en el mercado, los cuales deben garantizar un tiempo de tostado aproximadamente entre 8 a 15 minutos, sin afectar la calidad final del café tostado (OIC, 2016).

La torrefacción del café es un proceso de aplicación de calor sobre los granos de café crudos. Sin embargo, la importancia de tal proceso radica en el control de la temperatura en el momento justo, y la finalización del proceso cuando la liberación de los aromas y la coloración homogénea de los granos sea la adecuada. (ILLY & VIANI, 2005)

Dicho proceso es complejo y envuelve tanto la transferencia de energía del tostador hacia los granos, así como la transferencia de masa de los granos hacia al ambiente en forma de vapor y compuestos volátiles (FABBRI et al., 2011).

El proceso de torrefacción puede ser dividido en tres etapas principales: el secado, la torrefacción y el enfriamiento de los granos. En el secado, hay eliminación del contenido de humedad; en la de torrefacción, ocurren las reacciones de pirolisis; y en el enfriamiento, los granos alcanzan la temperatura del ambiente (ILLY & VIANI, 1995).

Uno de los equipos utilizados para realizar el proceso de torrefacción es el tostador convencional. Los cuales generalmente están compuestos por cilindros horizontales, que mediante la rotación mantienen en movimiento los granos lo cual evita la quema y promueve uniformidad. Desde el punto de vista energético son considerados de baja eficiencia, donde el calor es transferido principalmente por el contacto con la pared caliente (FRANÇA et al., 2002).

El tostador de café convencional es uno de los más antiguos y es utilizado ampliamente tanto en la industria costarricense como en la brasileña, algunos esfuerzos recientes fueron realizados para conocer este tipo de tostador y principalmente las propiedades físicas del café tostado (BAPTESTINI, 2011; BOTELHO, 2012; OLIVEIRA et al., 2014; VARGAS-ELÍAS, 2011).

Para realizar preparación de la bebida de café es necesario que los granos sean tostados y molidos, siendo obligatoria la transformación de los granos para el consumo como bebida, mediante la torrefacción. No hay referencias técnicas del proceso de torrefacción a nivel local; es por ello que el objetivo de este trabajo, fue evaluar el efecto de la cantidad de masa inicial sobre el tiempo de tostado en tostador convencional para obtener el primer tipo de tostado comercial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Centro de Investigaciones de Granos y Semillas (CIGRAS), en la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Se utilizaron granos de café (*Coffea arabica*) provenientes del beneficiado con calidad sensorial tipo gourmet, con una distribución de tamaño con 70% sobre zaranda #20, densidad aparente de  $637,0 \pm 4,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  y con un contenido de humedad de  $0,1255 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

El café utilizado es de la variedad caturra, el cual, fue producido entre los 1500 y 1600 m.s.n.m, cosechado selectivamente por grano maduro, procesado por vía húmeda (café lavado) y finalmente fue secado al sol.

La torrefacción se realizó en un tostador convencional de la marca BENDIG modelo ECO-2000, con capacidad de 2,0 kg y cuenta con un cilindro rotativo con quema a gas directa. La alimentación del quemador cuenta con un regulador de presión y una válvula de control, que mantienen constante el consumo de gas.



**Figura 1. Tostador convencional**

El proceso de torrefacción fue desarrollado para cinco masas (250, 500, 750, 1000 y 1250 g), las cuales fueron sometidas a una temperatura inicial de  $321 \pm 1$  °C, dicha temperatura fue registrada mediante un sensor termopar tipo K. El sensor fue colocado dentro de la cámara interna del tostador, de modo tal, que registra algunas de las variaciones de temperatura que ocurren durante el proceso y que afectan el ambiente interno, consecuencia de la introducción de los granos de café y de su posterior torrefacción.

El nivel de tueste objetivo, se aproximó mediante la escala de color Agtron (SCAA#55) y con aproximaciones preliminares a “tueste medio”.

El sistema de enfriamiento del café fue realizado por succión de aire ambiente a través de la capa de grano con duración de 4 min, aproximadamente.

La pérdida de masa se reporta mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta m = \left( \frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \cdot 100\%$$

Donde,  $m_i$  es la masa inicial;  $m_f$  masa final.

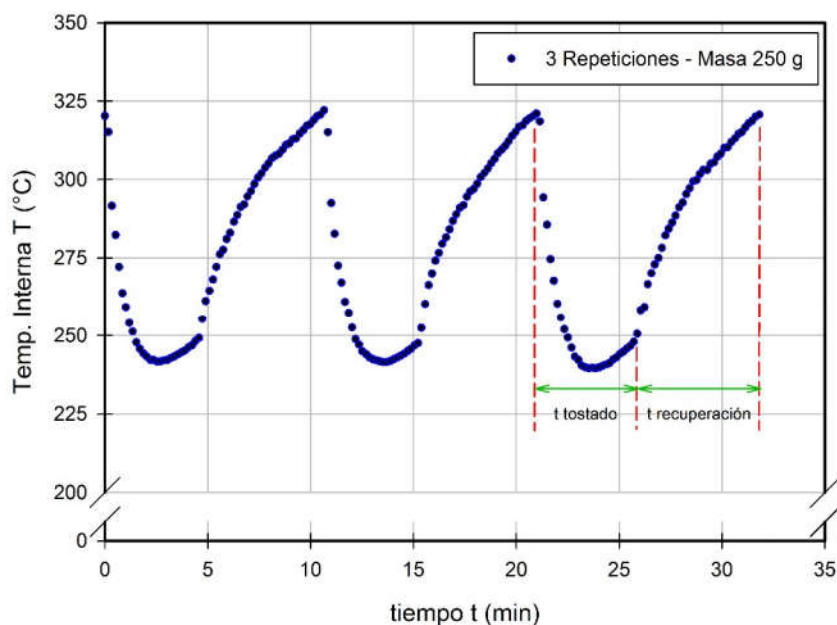
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sensor de temperatura fue colocado en el centro de la cámara interna, donde registró la temperatura inicial del tostador, el efecto de enfriamiento del sistema causado por el ingreso del grano y finalmente registró el calentamiento del sistema para recuperación de la temperatura inicial, dicho comportamiento para la masa de 250 g, se puede observar con detalle en la Figura 2.

En el Cuadro 1 se detallan los efectos de las distintas masas sobre la temperatura interna del tostador, tanto las caídas de temperatura como el tiempo en el que ocurren. Además, se indican las temperaturas finales del sistema en su interior, por efecto de masas.

**Cuadro 1. Comportamiento de la temperatura interna del tostador por las diferentes masas evaluadas.**

ID	Masa inicial $m_i$ (g)	Temp. Inicial $T_i$ (°C)	Temp. Caída $T_c$ (°C)	Tiempo caída $t_c$ (min)	$\Delta$ Temp. (°C)	Temp. Final $T_f$ (°C)
1	$250,05 \pm 0,05$	$321,2 \pm 0,9$	$240,9 \pm 1,2$	$2,8 \pm 0,2$	$80,3 \pm 1,5$	$248,2 \pm 0,9$
2	$500,06 \pm 0,04$	$320,4 \pm 0,4$	$195,8 \pm 1,4$	$3,8 \pm 0,1$	$124,7 \pm 1,7$	$224,5 \pm 1,1$
3	$750,07 \pm 0,04$	$320,7 \pm 0,7$	$168,5 \pm 1,0$	$4,3 \pm 0,2$	$152,2 \pm 0,7$	$218,8 \pm 1,1$
4	$1000,07 \pm 0,03$	$320,3 \pm 0,3$	$154,8 \pm 0,8$	$4,5 \pm 0,3$	$165,5 \pm 0,6$	$216,0 \pm 1,6$
5	$1250,04 \pm 0,02$	$322,1 \pm 2,3$	$144,5 \pm 1,3$	$4,7 \pm 0,5$	$177,6 \pm 2,4$	$213,7 \pm 1,4$



**Figure 2. Comportamiento de la temperatura interna del tostador, durante la torrefacción de la masa de 250 g.**

La pérdida de masa para las tres repeticiones de todos los tratamientos varió como máximo en 0,5% (Ver Cuadro 2), y se determinó que diferencias de 1 % en la pérdida de masa generaron diferencias significativas en el análisis estadístico, aunque en el aspecto superficial del color no se obtuvo diferencia.

El nivel de tostado fue considerado similar en todas las muestras y la pérdida de masa promedio durante el tostado fue  $16,16 \pm 0,58$  %, lo cual corresponde al nivel de tueste entre claro y medio (VARGAS-ELÍAS, 2011; SCHWARTZBERG, 2011).

Se obtuvo que al aumentar de la masa se incrementó proporcionalmente el tiempo de proceso para un mismo nivel de tostado en los granos. Se estableció una relación lineal entre la masa inicial y el tiempo de torrefacción del café con un coeficiente de determinación de 99,5 %. (Ver Figura 3)

El tiempo para el tueste de la masa de 1000 g pasó el límite recomendado (OIC, 2016), por lo tanto; se establece ese límite de masa para granos de café calidad sensorial tipo gourmet en este tipo de tostador.

**Cuadro 2. Valores de tiempo de tostado por masa inicial y pérdida de masa al final del tostado.**

Masa inicial $m_i$ (g)	Tiempo tostado $t$ (min)	Pérdida masa $\Delta m$ (%)
$250,05 \pm 0,05$	$4,62 \pm 0,10$ a	$15,44 \pm 0,49$ a
$500,06 \pm 0,04$	$8,84 \pm 0,10$ b	$16,73 \pm 0,05$ b
$750,07 \pm 0,04$	$13,35 \pm 0,18$ c	$16,70 \pm 0,33$ b
$1000,07 \pm 0,03$	$16,39 \pm 0,18$ d	$16,16 \pm 0,15$ ab
$1250,04 \pm 0,02$	$20,08 \pm 0,60$ e	$15,79 \pm 0,34$ a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes por ( $p > 0.05$ )*

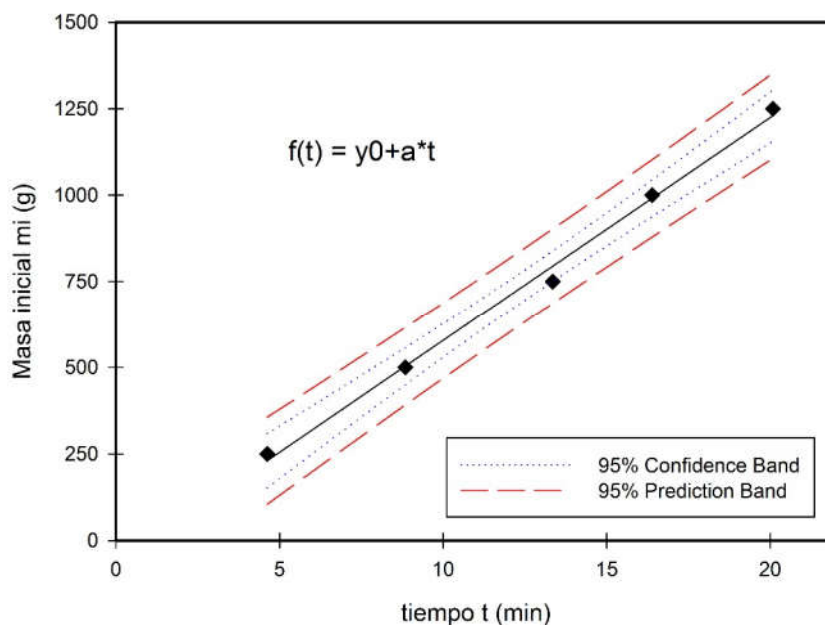


Figure 3. Efecto lineal de la masa inicial de café verde sobre el tiempo de tostado.

La ecuación respectiva al ajuste lineal encontrado, se detalla a continuación, en donde los parámetros de la regresión se especifican en el Cuadro 3.

$$f(t) = -69,626 + 64,684(t)$$

Cuadro 3. Parámetros estadísticos determinados en la regresión lineal de los valores  $y_0$  y  $a$ .

Parámetros de ajuste	
$y_0$	-68,626
$a$	64,684
p-valor	
$y_0$	0,1442
$a$	0,0001
Parámetros estadísticos	
R	0,9977
$R^2$	0,9954
Adj Rsqr	0,9939
SE	30,9068
t-test	
$y_0$	-1,9646
$a$	25,5204

Los resultados de esta investigación están de acuerdo con Nagaraju et al. (1997), quienes compararon las masas de 1000 y 750 g, determinando que diferencias de 250 g generaron diferencias significativas en el tiempo de tostado, cuando se trabajó con el mismo tipo de tueste en los granos y bajo las mismas condiciones de temperatura de proceso, con la diferencia que el tostador trabajó con aire caliente y la forma del grano fue elipsoidal denominado como caracolillo (peabeans coffee).

La variación en la masa de hasta 5 veces solamente puede ser realizado en tostadores de pequeñas masas, como por ejemplo los que comercializan cafés diferenciados. Este tipo de investigación no es una práctica común en una tostadora industrial debido a la cantidad de masa que se expone a causar riesgos en el producto, a la baja eficiencia de la energía y el aprovechamiento del espacio de la cámara de torrefacción.

## CONCLUSIONES

La pérdida de masa total promedio es similar entre sí para todas las muestras, lo que indica que todas cuentan con un nivel de tueste medio y que su condición final es la misma a partir de la inspección visual.

Se obtuvo que el tiempo de tostado se incrementó proporcionalmente al aumento de la masa, estableciéndose una relación lineal entre la masa inicial y el tiempo de torrefacción del café con un coeficiente de determinación de 99,5 %.

El estudio del efecto de la masa en el tiempo de proceso, es recomendado para el diagnóstico de operación de los tostadores, ya que permite establecer las condiciones adecuadas para el tueste de cafés de alta calidad, lo cual sigue con las normas de la OIC en relación al tiempo de tueste.

## REFERENCIAS

- BAPTESTINI, F. M. Efeito da granulometria e da embalagem na sorção de água pelo café torrado e moído. 2011. 94 p. Tesis de Maestría. Ingeniería Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais; Brasil.
- BOTELHO, F. M. Cinética de secagem, propriedades físicas e higroscópicas dos frutos e caracterização do processo de torrefação dos grãos de *Coffea canephora*. Tesis de Doctorado Ingeniería Agrícola. 2012. 129 p. Universidade Federal de Viçosa, M.G. Brasil.
- FABBRI, A.; CEVOLI, C.; ALESSANDRINI, L.; ROMANI, S. Numerical modeling of heat and mass transfer during roasting process. *Journal of Food Engineering*, v. 105, p. 264-269, 2011.
- FRANÇA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; VITORINO, M.D. Efeito da taxa de aquecimento na evolução da perda de massa e teor de umidade de grãos de café durante a torra. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v. especial, n. 4, p. 3-8, 2002.
- ILLY, A.; VIANI, R. Espresso coffee: the chemistry of quality. London: Academic Press Limited, 1995. 253 p.
- ILLY, A., & VIANI, R. (2005). Espresso Coffee: The Science of quality. San Diego, California, USA: Elsevier Academic Press.
- NAGARAJU, V.D.; MURTHY, C.T.; RAMALAKSHMI, K.; RAO, P.N.S. Studies on roasting of coffee beans in a spouted bed. *Journal of Food Engineering*, v. 31, n. 2, p. 263-270, 1997.
- OLIVEIRA, G. H. H.; CORREA, P. C.; SANTOS, F. L.; VASCONCELOS, W. L.; BAPTESTINI, F. M.; VARGAS-ELÍAS, G. A. 2014. Caracterização física de café após torrefação e moagem (Physical characterization of coffee after roasting and grinding). *Ciências Agrárias, Londrina*, 35(4):1813-1828.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ - OIC. Sobre el café: Torrefacción y preparación. Disponible en: [http://www.ico.org/es/making\\_coffeec.asp?section=Acerca\\_del\\_caf%E9](http://www.ico.org/es/making_coffeec.asp?section=Acerca_del_caf%E9)>. Acceso en: 22 marzo 2016.
- SCHWARTZBERG, H. Batch coffee roasting; roasting energy use; reducing that use. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENGINEERING AND FOOD, 2011, Athens, Greece. Proceedings. 2011. Disponible en: <[www.icef11.org/content/papers/fpd/FPD260.pdf](http://www.icef11.org/content/papers/fpd/FPD260.pdf)>.
- VARGAS-ELÍAS, G. Avaliação das propriedades físicas e de qualidade do café em diferentes condições de torrefação. 2011. 114 p. Tesis de Maestría. Ingeniería Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais; Brasil.