

## EFFECTO DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA FINAL DE TOSTADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE MEZCLAS DE CAFÉ ARÁBICO

*(Effect of varying the final roasting temperature on the physicochemical characteristics of Arabic coffee blends)*

**Miguel Alejandro Villasmil Fernández y María Almerinda Linares Mancini**

UCLA-Lara. Venezuela. Email: mvillasmilf@gmail.com; marialinares@ucla.edu.ve

**Autor de correspondencia:** María Almerinda Linares Mancini. Email: marialinares@ucla.edu.ve

**Recibido:** 08-02-22

**Aceptado:** 27-03-22

### RESUMEN

Para evaluar el efecto de la temperatura final de tostado sobre las características fisicoquímicas de calidad de la materia prima, se procesó una (1) muestra de una mezcla de café arábico de diferentes calidades, esta se subdividió en seis (6) porciones tratadas a temperaturas finales de tuestión de 174,176,178,180,182 y 184°C. A cada una de estas se le analizó los parámetros fisicoquímicos que permitió evaluar la calidad de tostado, específicamente se realizó la determinación de grados Brix (°Bx), acidez iónica, acidez titulable, color y granulometría, por triplicado y evaluados con prueba de rango múltiples con un nivel del 95.0% de confianza. Asimismo, se observó un valor máximo de acidez titulable de 7,63 g/100 g de muestras  $\pm 0,05$  para una temperatura final de 174 °C y un valor mínimo de 6,43 g/100 g de muestra  $\pm 0,45$  para una temperatura de tuestión final de 184°C, se obtuvo valores de pH 5,01 y 5,29, el valor máximo de sólidos solubles fue de 4,3 °Brix  $\pm 0,22$  y un mínimo de 2,7 °Brix  $\pm 0,36$  para 174°C y 184°C respectivamente, manteniéndose relativamente constante entre las temperaturas de 178, 180 y 182°C, en cuanto al color se obtuvo tile#65,75,85 clasificando así el grado de tostado como claro, para las temperaturas 174, 176 y 178°C, moderadamente claro y para 180 y 182°C y medio claro para 184°C, la estadística indica que la temperatura final de tostado afecta significativamente las características de calidad ( $p < 0,05$ ). En el análisis de granulometría el total de muestras presentó un aumento en materia retenida en el tamiz 18, de pasar de un 12,98 % a 68,16%, para la temperatura final de 182°C.

**Palabras clave:** café, temperatura, calidad

### SUMMARY

To evaluate the effect of the final roasting temperature on the physical-chemical characteristics of the quality of the raw material, one (1) sample of a mixture of Arabica coffee of different qualities was processed, which was subdivided into six (6) portions treated at final roasting temperatures of 174,176,178,180,182 and 184 °C. In each of them, physical-chemical parameters were analyzed to evaluate the roasting quality, specifically the determination of Brix degrees (°Bx), ionic acidity, titratable acidity, color and granulometry, in triplicate and evaluated with a multiple range test with a confidence level of 95.0%. It was also observed that the titratable acidity of the samples had a maximum value of 7.63 g/100 g samples  $\pm 0.05$  for a final temperature of 174°C and a minimum value of 6.43 g/100 g samples  $\pm 0.45$  for a final roasting temperature of 184°C, pH values of 5,01 and 5,29, the maximum value of soluble solids was 4.3 °Brix  $\pm 0.22$  and a minimum of 2.7 °Brix  $\pm 0.36$  for 174°C and 184°C respectively, maintaining relatively constant between the temperatures of 178, 180 and 182°C, in terms of color it was obtained tile#65,75,85 classifying thus the degree of roasting as clear, for the temperatures 174, 176 and 178°C, moderately clear and for 180 and 182°C and medium clear for 184°C, the statistics indicate that the final roasting temperature significantly affects the quality characteristics ( $p < 0,05$ ). In the granulometry analysis the total of samples presented an increase in material retained in the sieve 18, of passing from a 12,98 % to 68,16%, for the final temperature of 182°C.

± 0.36 for 174°C and 184°C respectively, remaining relatively constant between the temperatures of 178, 180 and 182°C. As for color, chips # 65,75,85 were obtained, thus classifying the degree of roasting as light, for temperatures 174, 176 and 178 °C. The statistics indicate that the final roasting temperature significantly affects the quality characteristics. In the analysis of granulometry, the total of the samples showed an increase in the matter retained on sieve 18, from 12.98% to 68.16%, for the final temperature of 182°C.

**Keywords:** coffee, temperature, quality

## INTRODUCCIÓN

El café es una de las bebidas más populares en el mundo y posiblemente la más consumida. Dicha bebida se prepara a partir de las semillas tostadas (granos) derivadas de un arbusto del género *Coffea*. De alrededor de 500 especies de este género, solamente *Coffea arabica* y *Coffea canephora* son económicamente importantes. Estas dos especies difieren en apariencia, origen, calidad y, lo más importante, en su composición química (Jeszka-Skowron, y otros, 2015). El proceso de torrefacción puede ser dividido en tres etapas consecutivas: secado, torrefacción y enfriamiento (Sivetz & Desrosier; 1979).

En la primera etapa denominada secado, se pierde masa principalmente por la eliminación de agua y liberación de compuestos volátiles presentes en los granos crudos, donde los granos cambian de color verde a amarillo.

En la segunda etapa denominada tostado, es caracterizada por las reacciones exotérmicas de pirólisis, que resultan de la modificación de la composición química de los granos, por la liberación de grandes cantidades de gas (CO<sub>2</sub>), donde el color en la superficie cambia de marrón-claro a oscuro (França, y otros, 2002). Además, se presenta la descomposición de macromoléculas como los carbohidratos, grasas y proteínas. Alrededor de los 140°C se presenta la fase de crepitación y descomposición del grano de café, acompañado de un rompimiento estructural debido a las presiones internas generadas por los gases de combustión y vapor de agua que escapan de la estructura. Se presenta un incremento de la

porosidad (del 9,8 al 34,2%) y del volumen (50-80%) del grano del café (De Luca y otros, 2016; Oliveros, y otros, 2017).

En este sentido el tostado es un paso esencial en la producción de café para la generación de aroma, sabor y color de los granos. El modo de transferencia de calor y el perfil de temperatura aplicado (180-240 °C) son los parámetros de procesamiento más críticos que afectan las propiedades físicas y químicas de los granos de café tostado (Schenker, y otros, 2002).

La tercera etapa es el enfriamiento rápido para evitar la carbonización del producto. Ese enfriamiento puede ser efectuado por medio de inyección de aire frío o por aspersion de agua (França, y otros, 2002).

El café tostado y molido está comercialmente disponible en diferentes colores (grados de tostado) que varían desde muy claro hasta muy oscuro, esta característica se controla con el tiempo y la temperatura de tostado y puede medirse tanto cualitativa como cuantitativamente (Somporn, y otros 2011; Farah, 2012). El cambio de color es consecuencia de reacciones provocadas por las altas temperaturas dentro del grano, como la caramelización y la reacción de Maillard (Sunarharum, y otros, 2014). Estos cambios afectan a un gran número de parámetros físicos y químicos y por lo tanto el sabor y la bioactividad de la bebida (Toci, y otros, 2009).

En otro orden de ideas, la preferencia a diferentes tipos de bebidas de café está asociada

con las culturas y hábitos sociales de cada país; esta bebida es consumida por sus múltiples beneficios tal es el caso de su capacidad antioxidante atribuida al ácido clorogénico, la cafeína y las melanoidinas (Vignoli, y otros, 2011).

El objetivo del presente estudio consiste en evaluar el efecto de la variación de la temperatura final de tostado en las características fisicoquímicas de mezclas de café arábico.

En este sentido se realizó un análisis a diferentes características fisicoquímicas que son

## **METODOLOGÍA**

La muestra utilizadas para la investigación estuvo conformada por una mezcla café arábico de producción nacional de diferentes calidades, constituida por: café natural, café lavado ( grado a, b y c), café pasilla (según clasificación COVENIN 45:2017) . Dicha muestra fue dividida en 6 porciones Las 6 sub-muestras fueron sometidas a temperaturas finales de tosti3n de 174,176,178,180,182 y 184°C respectivamente; utilizándose a nivel de laboratorio un equipo de tostado Quantik.CO modelo TC300AR-Profile el cual se trabaj3 con una curva de programaci3n: inicio de 160°C, crepitaci3n 165°C, final 180°C y potencia de la llama 75%. Para todas las muestras la temperatura de inicio de tostado fue de 172°C.

Para variar la temperatura final de tostado, se esper3 que la temperatura del tambor registre 174,176,178,180,182 y 184°C, y posteriormente se procedi3 a retirar la muestra del tambor.

### **Granulometría**

Se realiz3 haciendo uso de los tamices N°18,17,16,15,14,13,12 y 0 ordenados de forma decreciente aplicando movimiento, realizando pesadas del material retenido en cada uno de

consideradas para evaluar el efecto del proceso del tostado, tales como color, granulometría, pH, acidez titulable y s3lidos solubles, para lo cual se us3 una materia prima comprendida por una mezcla de café arábigo de calidad, tratamiento postcosecha y granulometría diversa, para el argot cafetero, estas mezclas es llamada revuelta, en Colombia se le conoce como pasilla, la cual es un tipo de café con defectos de calidad y poco uniforme, dichas muestra fue sometida a un proceso de tostado variando la temperatura final de tosti3n.

los tamices, aplicando este procedimiento tanto a la materia prima inicial como a las muestras posteriormente tostadas.

### **Acidez Titulable, pH y S3lidos Solubles**

Para conocer el contenido de s3lidos solubles expresados como Grados Brix, y el pH se prepar3 la bebida de café siguiendo el procedimiento similar manteniendo la misma proporci3n de agua y café, pero usando menos cantidad de café; para ambos casos descritos en las Normas COVENIN 924-83 y COVENIN 1315-79 respectivamente. Se utiliz3 un Brixometro ocular para aplicar el m3todo descrito en la norma (COVENIN 924 -83). En el caso del pH se aplic3 el m3todo potenciom3trico, sustentado la norma COVENIN 1315-79, con la utilizaci3n de un pH-metro marca RADIOMETER COPENHAGEN, modelo PHM61.

Finalmente, para evaluar la acidez titulable se aplic3 la Norma COVENIN 1151-77; para una muestra fuertemente coloreada y una soluci3n de Hidr3xido de sodio (NaOH) 0,1N para la titulaci3n correspondiente. Todos los an3lisis se realizaron por triplicado.

## **Color**

Este parámetro se determinó utilizando un colorímetro digital Quantik.CO IR-800 de luz infra roja, el cual se cuantificó la cantidad de luz reflejada de las diversas muestras de café previamente molido, todos en las mismas condiciones para un tipo de molienda fina.

## **Molienda**

Cada porción de muestra tratada térmicamente fue procesada haciendo uso de un molino eléctrico Fresn Ground Coffe, en la opción de café expreso que da el mismo, siendo este tipo de molienda fina.

## **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos de cada medición son expresados como valores promedio  $\pm$  su desviación estándar. Dichos resultados fueron analizados estadísticamente mediante una prueba de ANOVA Multifactorial, así como por una Prueba Múltiple Rangos. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con un nivel del 95.0% de confianza, haciendo uso del programa estadístico STATGRAPHICS 19 Centurion Versión Demo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante el desarrollo de la investigación, se procesó una (1) muestra de una mezcla café arábica de diferentes calidades, esta se subdividió en seis (6) porciones tratadas a unas temperaturas finales de tosti3n de 174,176,178,180,182 y 184°C, estas muestras se le analizaron parámetros físicoquímicos que permitieron evaluar la calidad de tostado, específicamente se realizaron determinaciones de grados Brix ( $^{\circ}$ Bx), pH, acidez titulable, color y granulometría, dichos análisis se realizaron por triplicado.

En las muestras de café analizadas, se observó que a medida que aumenta la temperatura de tosti3n final disminuye progresivamente la acidez titulable, ubicándose el máximo valor 7,63 g/100 g de muestras  $\pm$  0,05 para una temperatura de tosti3n final de 174  $^{\circ}$ C y un valor mínimo de 6,43 g/100 g de muestra  $\pm$  0,45 para una temperatura de tosti3n final de 184°C.

El café es un alimento de baja acidez cuyo ácido predominante es el ácido clorogénico, la acidez titulable es inversamente proporcional al

nivel de tostado del grano ya que entre mayor sea este tratamiento, menor será su acidez (Valencia, y otros, 2015). A este respecto, (García-García, y otros, 2019) expresan que la acidez que presenta el café es reconocida como un atributo de calidad para el café, esta es atribuida al tipo y grado de tostado del grano, en cambio, la amargura puede ser considerada como un defecto. Los ácidos clorogénicos dan cuerpo, amargo y astringencia, los ácidos alifáticos son los principales componentes de la acidez y también dan cuerpo y aroma. (Puerta, 2011).

En este orden de ideas, Farah, y otros, 2006 publican que los ácidos clorogénicos determinan la calidad y sabor del café tostado ya que confieren astringencia, amargor y acidez a la bebida. Sin embargo, concentraciones elevadas de ácidos clorogénicos en especial cafeoilquínicos y feruloilquínicos puede producir sabores indeseables posiblemente debido a sus productos de oxidación y degradación formados antes del tostado

La acidez es un atributo relacionado con

la calidad del café, esta está influenciada por muchos factores por ejemplo en nivel de maduración del grano, el proceso de tostado, su actividad de agua (aw) el proceso de elaboración de infusión (Wang y Lim, 2012).

Se ha reportado que el aumento de la acidez en granos tostados está relacionado con la presencia de ácidos alifáticos (fórmico, acético, glicólico y láctico) y ácido quínico, productos de degradación de mono- y di- sacáridos y del ácido clorogénico durante el tostado (Ginz, y otros, 2000).

Con respecto al pH se obtuvo resultados contrarios a la acidez titulable, es decir, el pH aumenta a medida que aumenta la temperatura final de tosti3n.

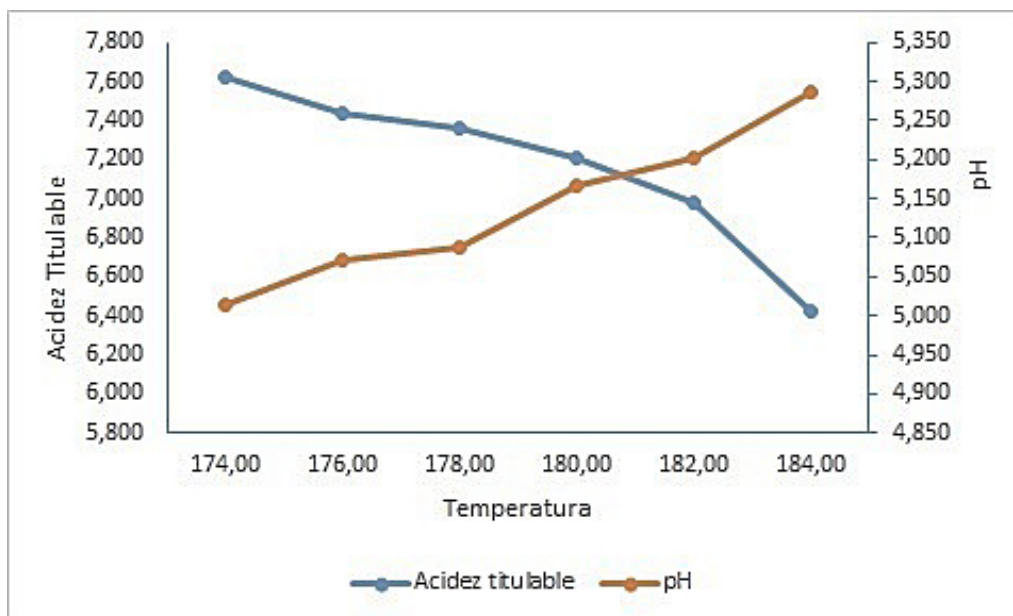
Según Est3vez (1993), el pH resulta de gran importancia para el sabor del caf3 y el cual debe estar entre 4,9 y 5,2. Con pH menor del 4,9 el caf3 adquiere sabor demasiado 3cido, con pH 5,2 es m3s amargo. A este respecto, Galindo, 2011 afirma que el pH es otro factor importante que se relaciona estrechamente con la acidez percibida este debe encontrarse en valores de 4.9 y 5.2 para poder decir que este tiene una buena acidez.

Vegas y colaboradores en el (2021), presentaron un an3lisis de las propiedades fisicoqu3micas y organol3pticas de 34 muestras de caf3 Geisha y Pacamara de Panam3. Con estos

datos y utilizando la regresi3n lineal m3ltiple, desarrollaron un modelo matem3tico aceptable (con una correlaci3n media,  $R_{ajustado2} = 0.69$ ) para estimar la calidad sensorial del caf3 (puntaje de cata) basado en 11 par3metros fisicoqu3micos incluyendo propiedades del grano verde (%humedad), del caf3 tostado (color de tostado) y de la bebida del caf3. Los par3metros fisicoqu3micos 4-CQA, 3-CQA y pH, pueden ser considerados estad3sticamente significativos para la estimaci3n de la calidad sensorial del caf3, ya que se obtuvo valores p menores a 5%, del an3lisis estad3stico de la regresi3n. De estos par3metros, el 3-CQA present3 una correlaci3n positiva, mientras que el 4-CQA y el pH presentaron una correlaci3n negativa.

En la investigaci3n realizada se obtuvo valores de pH 5,01 y 5,29 solo dos valores de ellos no entran con la referencia citada los cuales corresponden para las temperaturas de 182°C y 184°C, para los pH de  $5,20 \pm 0,03$  y  $5,29 \pm 0,04$  respectivamente. No existe una norma nacional de referencia para dicho par3metro de calidad. La norma Mexicana (NMX)-F-139-1981 estipula un rango de pH (4,4 – 5,5), sin embargo Gareca y colaboradores (2014) y (Food-Info, 1999) consideran que el pH de 4,9 y 5,2 son los preferidos para garantizar una buena taza de caf3, con lo que se recomienda no superar temperaturas final de tosti3n de 182°C para no comprometer la calidad del producto generado en planta.





**Gráfico 1.** Valores de Acidez Titulable y pH en Función de la Temperatura Final de Tostión.

La variación del pH es debida al grado de tostado del grano ya que conforme pasa el tiempo de este tratamiento, se producen diferentes ácidos como ácido fórmico, acético y glicólico provocando la disminución del pH, sin embargo, cuando son sometidos a un proceso de tostado muy largo para obtener granos más oscuros, el pH tiene un aumento debido a que los ácidos formados se destruyen (Wang & Lim, 2012).

La prueba de múltiple rangos arroja que los parámetros da acidez iónica (pH) y acidez titulable no muestran diferencias significativas en las variaciones de sus medias entre sí, más sin embargo la variación con respecto a la temperatura final de tostado sí muestra diferencia significativa.

Los resultados obtenidos en cuanto a los sólidos solubles en función de la temperatura se observaron que los mismos fueron disminuyendo (gráfico 2), con un valor máximo de  $4,3^{\circ}\text{Brix} \pm 0,22$  y un mínimo de  $2,7^{\circ}\text{Brix} \pm 0,36$  para  $174^{\circ}\text{C}$  y  $184^{\circ}\text{C}$  respectivamente, manteniéndose relativamente constante entre las temperaturas finales de tostión de 178, 180 y  $182^{\circ}\text{C}$ , la prueba múltiple de rangos indica sin embargo que hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza.

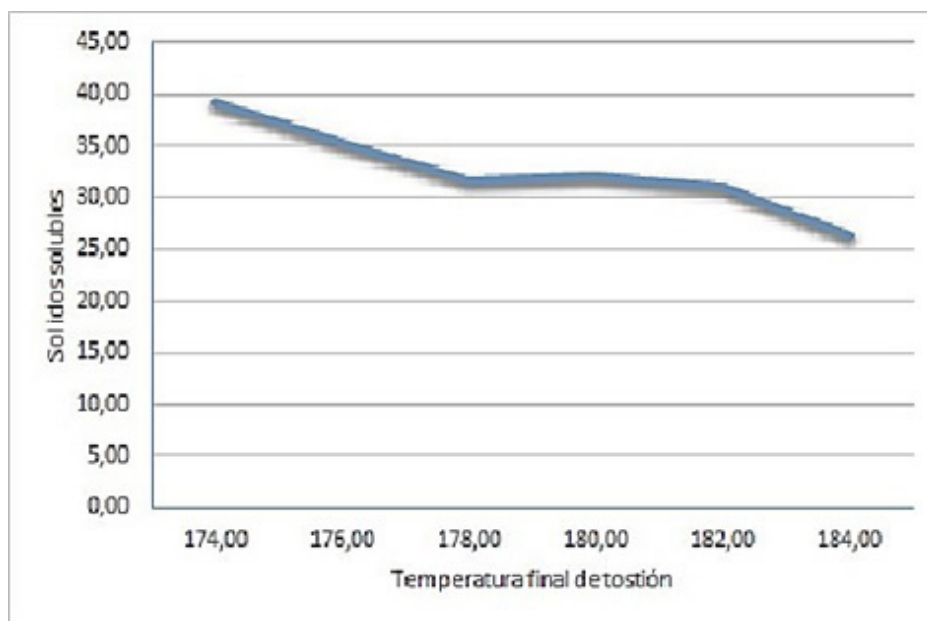
Uno de los factores de apreciar en la determinación de la calidad del café es la concentración de los sólidos solubles en la bebida, los cuales contribuyen significativamente al sabor y otras características sensoriales de la taza. Ortega y colaboradores, (2014) observaron

en cuanto a las propiedades de extracción que a medida que aumenta el grado de tuestión, la acidez disminuye, el pH aumenta y los sólidos solubles expresados en grados Brix tienden a permanecer constantes para las moliendas medias y gruesas, aumentando para la molienda fina esto no corresponde con los resultados obtenidos, pero si se encuentra cierta similitud con los resultados obtenidos por Castaño y colaboradores (2000).

Castaño y colaboradores en el año 2000, efectuaron medidas de rendimiento y contenidos de sólidos solubles en extracto de café obtenidos por métodos de extracción manuales, se utilizó materia prima clasificada como café de consumo, café pasilla y la mezcla. Las muestras se tostaron a 4 niveles de tuestado, muy oscuro, oscuro, medio y claro, según la norma NTC (norma técnica colombiana), y se molieron en tres diferentes grados en grueso, medio y fino, igualmente según la norma NTC, los resultados obtenidos para sólidos solubles como para el rendimiento

se obtuvo el mayor valor para tuestión oscuro y el menor valor obtenido para la tuestión media, pero este valor no era significativamente diferente para la tuestión clara. Estos resultados tienen cierta correspondencia con los valores obtenidos, ya que se observa disminución de los sólidos solubles en función del grado de tuestado, en la presente investigación se mantuvo un tuestado claro, moderadamente claro y medio claro, pero al ir en aumento la temperatura final de tuestado, también se observa disminución de los sólidos solubles expresados en grados Brix.

Castaño y colaboradores (2000), también aportaron información de interés en cuanto a la calidad de la materia prima y los sólidos solubles en función del grado de tuestado, los cuales también se comportan con una tendencia descendente. En la presente investigación, la materia prima fue una mezcla de café con diferentes calidades, pero no se realizó una comparación con materia prima de primera calidad.



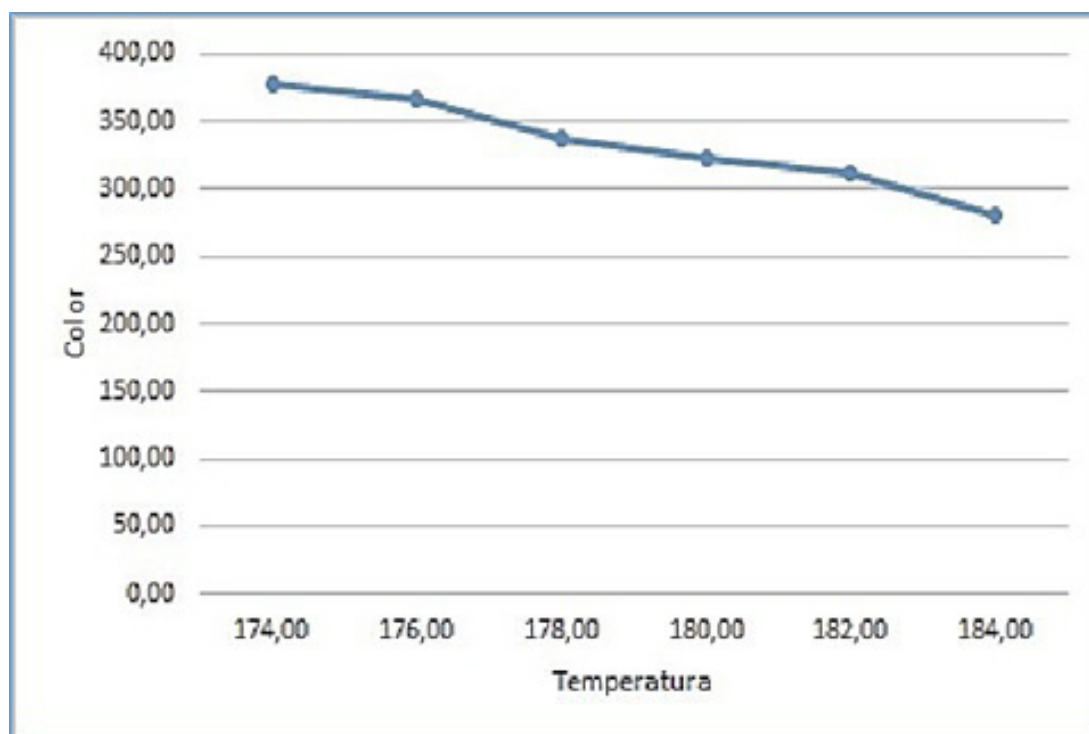
**Gráfico 2.** Sólidos Solubles Expresados en °Brix en Función de la Temperatura Final de Tuestión

El color es el parámetro más empleado para establecer el nivel de tostado del café, aspecto relevante para evaluar la calidad del producto final, según la evaluación realizada en cuanto al color de las muestras, se observó que tiene un comportamiento decreciente en función a la temperatura final de tuestión, el número es inversamente proporcional a la intensidad del color, lo que quiere decir que mientras el número del color decrece el producto obtenido es más oscuro. Según la clasificación de color de SCAA nos encontramos en el tile#65,75,85 clasificando así el grado de tuestión como claro, para las temperaturas finales de tuestión de 174, 176 y 178°C, moderadamente claro para las temperaturas 180 y 182°C y medio claro para la temperatura 184°C.

El análisis estadístico demuestra que el color se afecta significativamente al variar la

temperatura final de tostado con un nivel de confianza del 95%.

Entre 15% y 20% de los polisacáridos contenidos en los granos de café almendra se degradan en la tostación; la sacarosa se descompone completamente, se carameliza, y así, se producen pigmentos que dan color caramelo y amargo a la bebida, y también ácido fórmico, acético, glicólico, láctico y compuestos aromáticos como los furanos. Más del 99% de los azúcares reductores reaccionan con los aminoácidos en la conocida reacción de Maillard o glicación, de esta manera, se forman las melanoidinas que dan el pigmento marrón a los granos de café y otorgan sabor y color a la bebida. Además, mediante estas reacciones se producen los pirroles, tiofenos, oxazoles, tiazoles y pirazinas del aroma del café tostado (Puerta, 2011).



**Gráfico 3.** Color en Función de la Temperatura Final de Tostión



Es importante medir el color del tostado. El tipo de tostado - claro, mediano u oscuro - tiene una repercusión definitiva en la calidad.

- Cuanto más oscuro es el tostado, menos pronunciada es la acidez y los diferentes aspectos de sabor (y defectos) de la bebida, pero más consistente es el cuerpo.
- Cuanto más claro es el tostado, más pronunciadas son la acidez y el sabor (y los defectos), pero el cuerpo es más ligero (Soteldo

& Pineda 2010).

Los granos tostados claros tienen un sabor más intenso, más altos en acidez con respecto a los tostados más oscuros. El café ha sido menos expuesto al calor, por lo cual las cualidades del grano son mejor mantenidas (Soteldo & Pineda 2010).

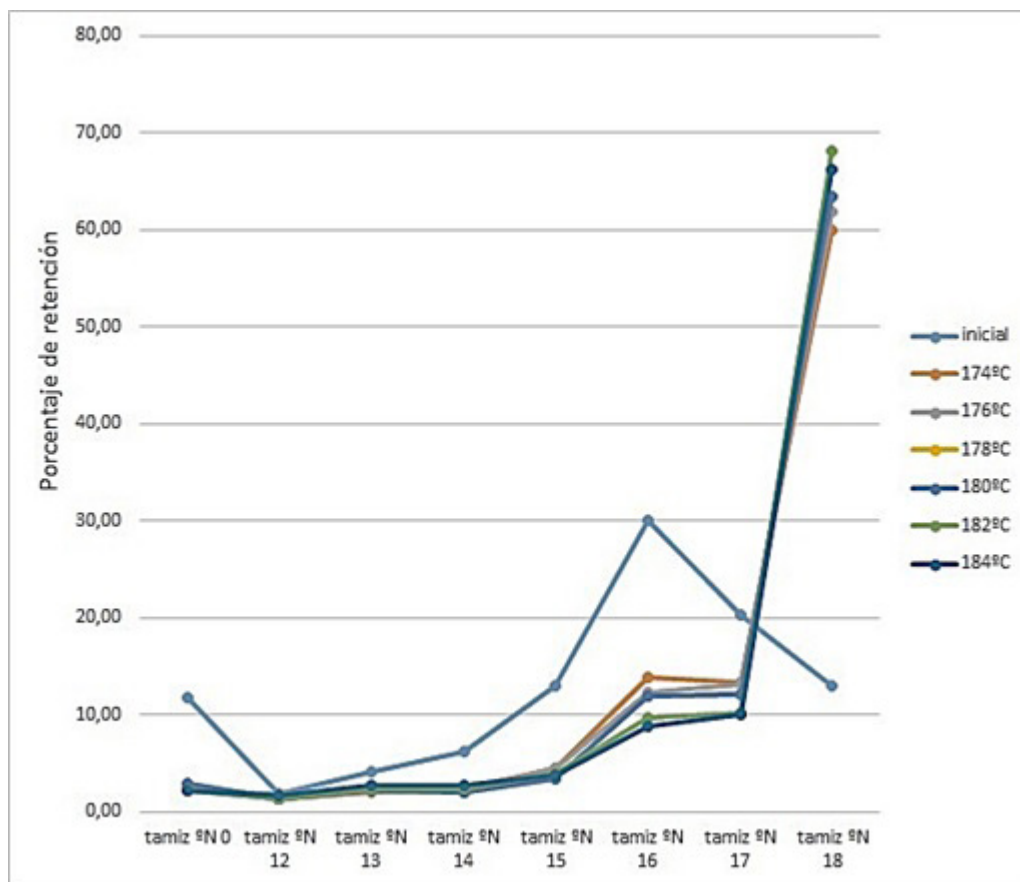
En la figura 1 la variación del color en las diversas temperaturas finales de tostión, también se observa que no hay completa uniformidad del color y esto posiblemente se pueda deber la diferencia en la granulometría de los granos de café.



**Figura 1.** Color de los Granos de Café tostados en Función de la Temperatura Final de Tostado

En el gráfico 4 se exponen los resultados obtenido en cuanto a la granulometría de las muestras tratadas en función de la temperatura y de la materia prima antes de del tratamiento térmico, en el grafico no se observa diferencia de

en cuanto a las diversas temperaturas, ya que el total de las muestras poseen un comportamiento similar, pero si existen diferencias en cuanto al comportamiento de la materia prima, ya que aumento el porcentaje de material en el tamiz de mayor tamaño para las muestras tratadas térmicamente.



**Gráfico 4.** Granulometría de las Muestras Tratadas Térmicamente y de la Materia Prima

Teniendo como mayor porcentaje (68,16%) para la muestra tratada a una temperatura final de tostado de 182°C.

Dentro del proceso de tuestión, hay liberación de gases de combustión como el dióxido y el monóxido de carbono. Además, se presenta la descomposición de macromoléculas como los carbohidratos, grasas y proteínas. Alrededor de

los 140°C se presenta la fase de crepitación y descomposición del grano de café, acompañado de un rompimiento estructural debido a las presiones internas generadas por los gases de combustión y vapor de agua que escapan de la estructura. Se presenta un incremento de la porosidad (del 9,8 al 34,2%) y del volumen (50-80%) del grano del café (De Luca *et al.*, 2016; Oliveros *et al.*, 2017, citados por Díaz *et al.*, 2018)

## CONCLUSIONES

El proceso de tuestión, es un proceso de gran importancia en la producción de café tostado y molido para comercializar, así mismo es importante el control de calidad del producto de la tuestión para lograr asegurar que al cliente se le entregará un producto estandarizado que cumpla las expectativas que éste tiene, por lo que es importante generar mayor aporte al proceso de control de calidad.

El café tostado y molido, como todo producto, cuenta con características que lo determinan entre ellas el color. Según la clasificación de color de SCAA nos encontramos en el tile#65,75,85 clasificando así el grado de tuestión como claro, moderadamente claro y medio claro.

En la fase de crepitación la porción de muestra tratada a una temperatura final de tuestión de 182°C obtuvo un mayor rompimiento estructural debido a las presiones internas generadas por los gases de combustión y vapor de agua que escapan de la estructura, produciendo un aumento en la cantidad de material retenido en el tamiz N° 18 de 68,16%.

En las muestras de café analizadas se observó

que la acidez disminuía progresivamente en función de la temperatura así, obteniendo como valor máximo 7,63 g/100 g de muestras  $\pm 0,05$  para una temperatura de tuestión final de 174 °C y un valor mínimo de 6,43 g/100 g de muestra  $\pm 0,45$  para una temperatura de tuestión final de 184°C.

En la investigación realizada se obtuvieron valores de pH entre  $5,01 \pm 0,03$  y  $5,29 \pm 0,04$ , los valores mínimos y máximos que corresponden para las temperaturas final de tuestión de 174°C y 184°C, en la investigación realizada.

Los resultados obtenidos en cuanto a los sólidos solubles en función de la temperatura se observaron que los mismos fueron disminuyendo, con un valor máximo de  $4,3 \text{ }^\circ\text{Brix} \pm 0,22$  y un mínimo de  $2,7 \text{ }^\circ\text{Brix} \pm 0,36$  para 174°C y 184°C respectivamente.

La temperatura final de tostado recomendada es en función del producto que se desea obtener, el cual está en correspondencia con el gusto del mercado abordado, puesto que la temperatura final de tostado afecta significativamente sobre las características de calidad del café.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castaño J., Quintero G., Vargas R. (2000). Caracterización del rendimiento de extracción y de contenido de sólidos solubles de la bebida de café. *Cenicafé* 51 (3):185-195

COVENIN 45:2017, Café verde. Clasificación

y requisitos. Norma general (2da. Revisión)

De Luca, S., De Filippis, M. (2016), Characterization of the effects of different roasting conditions on coffee samples of different geographical origins by HPLC-DAD, NIR and chemometrics, *Microchem.*

- J., 129, 348-361.
- Díaz F., Ormaza A., Rojano B. (2018). Efecto de la Tostión del Café (*Coffea arabica* L. var. Castillo) sobre el Perfil de Taza, Contenido de Compuestos Antioxidantes y la Actividad Antioxidante. *Inf. Tecnol.* vol.29 no.4 La Serena
- Estévez, J. (1993). Bebidas estimulantes: Café, té, mate y cacao. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental* 6, 85-112.
- Farah, A., (2012). Coffee constituents. Coffee: Emerging health effects and disease prevention, , pp. 21-58. Wiley-Blackwell, Illinois, USA
- Farah A., Monteiro M. C., Calado V., Franca A. S., Trugo L.C. (2006). Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry* 98: 373-380.
- França, A.S.; Oliveira, L.S.; Vitorino, M.D. (2002). 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.
- Galindo X. (2011). Producción e Industrialización de Café Soluble, Caso: Solubles Instantáneos; Universidad de Guayaquil, pp 40-50. (Tesis).
- García-García, J.F., Elizarraraz-Guerra, M., Sosa-Morales, M.E., Gómez-Salazar, J.A., Cerón-García, A. (2019). Caracterización colorimétrica y propiedades fisicoquímicas en bebidas a base de café soluble. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol. 4.
- Gareca S., Brizuela L., Montilla G. , Bianco H. López A. (2014). Evaluación de las características físico-químicas de calidad del café verde y molido, *Agrollandia*, volumen 11.
- Ginz M., Balzer H. H., Bradbury A. G. W., Maier H. G. (2000). Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. *European Food Research and Technology* 211: 404-410
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Determinación del grado de tostión. Método infrarrojo. Santafé de Bogotá, ICONTEC, (1987). 4p. (Norma NTC2442)
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Método para la determinación del tamaño de partícula (Primera actualización), Santafé de Bogotá, ICONTEC, (1996). 7p. (Norma NTC2441)
- Jeszka-Skowron M., Zgoła-Grzeskowiak A., Grzeskowiak T. (2015). Analytical methods applied for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. *European Food Research and Technology* 240: 19-31.
- Norma COVENIN. 1151 - 77. Frutas y

- productos. Derivados. Determinación de la acidez
- Oliveros, N.O., Hernández, J.A. (2017), Experimental study of dynamic porosity and its effects on simulation of the coffee beans roasting, *J. Food Eng.*, ISSN: 0260-8774, 199, 100-112.
- Ortega J., Caballero L., Maldonado L. (2014). Evaluación del rendimiento de la extracción de café tostado molido comercial. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 12, 40-47
- Puerta Q.G.I. y Ríos A. S. (2011). Composición química del mucílago de café, según el tiempo de fermentación y refrigeración. *Cenicafé* 62: 23-40.
- Schenker, S., Heinemann, C., Huber, R., Pompizzi, R., Ferren, R. and Escher, F. (2002). Impact of roasting temperature profiles on chemical reaction conditions in coffee beans. *Journal of Food Science* 67: 60-66.
- Sivetz, M.; Desrosier, N.W.(1979). *Coffee technology*. Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, 716 p.
- Soteldo M., Pineda M., (2010). Desarrollo de un prototipo de laboratorio para el control de calidad de la variable grado de tostión del café tostado molido, empleando visión artificial. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería Bogotá D. C. Tesis
- Somporn, C., Kamtuo, A. y otros dos autores, (2011). Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica coffee beans (*Coffea arabica* I. cv. Catimor), *Int. J. Food Sci. Tech.*, ISSN:1365-2621, 46, 2287-2296
- Sunarharum W. B., Williams D. J. and Smyth H. E. (2014). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International* 62: 315-325.
- Toci A. T., Silva C. M., Fernandes F., Farah A. (2009). Effect of the fluid speed changes on the chemical composition of coffee samples roasted in an industrial semi-fluidized bed roaster. *Proc. 23rd Int. Conf. Coffee Sci. ASIC, Trieste, Italy*. pp. 500-503.
- Valencia J., Pinzón M., Gutiérrez R. (2015). Caracterización fisicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento del Quindío. *Revista Alimentos hoy*; Vol. 23, Núm. 36, pp 153-154.
- Vignoli J., Bassoli D., Benassi M. (2011). Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material; *Food Chemistry* 124, pp 863-864
- Wang, N., & Lim, L. T. (2012). Fourier transform infrared and physicochemical analyses of roasted coffee. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(21), pp. 5446-5453.
- TNO. 30 de noviembre de (2010). <http://www.intracen.org/guia-del-cafe/calidad-del-cafe/Medicion-del-color-del-cafe-tostado/>
- TNO. 17 de octubre de 2019. Food – Info, (1999). *Compuestos ácidos*. [Documento



en línea]. Disponible:<http://www.food-info.net/es/products/coffee/acids.htm>.

Vega A., De León J., Reyes S., Gallardo J., (2021) Modelo matemático para determinar la correlación entre parámetros fisicoquímicos y la calidad sensorial de café Geisha y Pacamara de Panamá. Información Tecnológica Vol.32(1),89-100 <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000100089>