

EFEECTO DE LA HUMEDAD DEL CAFÉ CRUDO EN LAS PROPIEDADES DEL CAFÉ TOSTADO¹

THE EFFECT OF GREEN COFFEE WATER CONTENT ON
THE PROPERTIES OF ROAST COFFEE

EFEITO DA UMIDADE DO CAFÉ CRU NAS PROPRIEDADES
DO CAFÉ TORRADO

Campo Elías Riaño-Luna

Doctor en Educación en Tecnología Instruccional y Educación a Distancia de Nova Southeastern University - NSU, Florida - USA. Magister en Ciencias de la Ingeniería, Universidad de los Andes - Colombia. Ingeniero Químico, Universidad de América. Investigador científico II. Programa de industrialización CENICAFÉ. Docente asistente de la ECBTI de la UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia. Integrante del Grupo de Investigación Social-GIS, de la UNAD. campo.riano@unad.edu.co

RESUMEN

Durante la tostación del café, el grano sufre modificaciones físicas, químicas y organolépticas progresivas, las cuales dependen del estado del grano. Razón por la cual en este trabajo se comparan cafés torrefactados provenientes de café crudo malla 17, con humedades de 8, 11.8, 15 y 17 % b.s, tostados convencionalmente por separado a 210 °C por 12 minutos. Los atributos de calidad o variables de respuesta fueron sometidos al análisis de componentes principales. Herramienta estadística que ha sido poco utilizada en la interpretación de la calidad del café tostado. Con esta técnica se encontró que la densidad, la acidez, la pérdida de peso, la actividad acuosa y el esfuerzo a la rotura son las características responsables de esta discriminación; la varianza explicada fue superior al 80%. Los coeficientes de correlación entre las diferentes propiedades fueron superiores al 70% estando en relación directa. Los granos de café pergamino, con una humedad inicial del 17 % y clasificados en malla 17, generan los granos tostados de mayor densidad, acidez, pérdida de peso, actividad acuosa y esfuerzo a la ruptura, sin que modifiquen sus atributos de calidad. Basados en estos resultados se puede decir que trabajar con materias primas homogéneas y con humedades superiores al 12 % es interesante para la industrialización del café; siempre y cuando estas se almacenen correctamente.

ABSTRACT

During the coffee roasting process, coffee beans undergo a progressive series of physical, chemical, and organoleptic changes that are dependent upon the condition of the beans. Consequently, this work provides a comparison of various kinds of roasted coffee processed from screen 17 green coffee containing 8, 11.8, 15, and 17% water levels on a dry basis using a conventional roasting process, separately, at 210°C for 12 minutes. The quality attributes or response variables were subjected to an analysis of the main components. This statistical analysis tool has been little used in interpreting the quality of roasted coffee. This technique demonstrated that density, acidity, weight loss, water activity, and rupture stress are the characteristics responsible for this discrimination. The variance accounted for was greater than 80%. Correlation coefficients between the various directly-related properties were above 70%. Screen 17 parchment coffee beans with an initial 17% water content produce roast beans that exhibit the highest density, acidity, weight loss, water activity, and rupture stress without experiencing a change in their quality attributes. Based on these results, it can be affirmed that processing homogenous raw materials with water contents above 12% is an interesting proposition for industrializing coffee, provided that the beans are properly stored.

PALABRAS CLAVE

Calidad del café tostado, humedad del grano de café, componentes principales, panel de catación, caracterización del café.

Fecha de recepción: 25 - 01 - 2013

KEYWORDS

Quality of roasted coffee, coffee bean water content, main components, tasting panel, coffee characterization.

Fecha de aceptación: 06 - 28 - 2013

RESUMO

Durante a torrefação do café, o grão sofre modificações físicas, químicas e organolépticas progressivas que dependem do estado do grão. É por esse motivo que nesse trabalho se comparam cafés torrados provenientes de café cru em malha 17, com teor de umidade de 8, 11.8, 15 e 17 % em base seca, torrados em separado de forma convencional a 210 °C por 12 minutos. Os atributos de qualidade ou variáveis de resposta foram submetidos à análise de componentes principais. Uma ferramenta estatística que foi pouco usada na interpretação da qualidade do café torrado. Com essa técnica, verificou-se que a densidade, a acidez, a perda de peso, a atividade aquosa e o esforço de ruptura são as características responsáveis por essa discriminação; a variância explicada foi superior a 80%. Os

coeficientes de correlação entre as diferentes propriedades foram superiores a 70% estando em relação direta. Os grãos de café pergaminho, com uma umidade inicial de 17% e classificados em malha 17, dão origem a grãos torrados com maior densidade, acidez, perda de peso, atividade aquosa e esforço de ruptura, sem alterar seus atributos de qualidade. Com base nesses resultados, podemos dizer que trabalhar com matérias-primas homogêneas e umidades superiores a 12% tem interesse para a industrialização do café; contanto que este seja corretamente armazenado.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade do café torrado, umidade do grão de café, componentes principais, painel de degustação, caracterização do café.

Introducción

Las fincas cafeteras de Colombia cosechan café arábica, por lo general en zonas montañosas, entre los 800 y los 1500 msnm. En los mercados internacionales el café colombiano es conocido como café suave, característica lograda por un exigente control de calidad en cada una de las etapas seguidas en el beneficio por vía húmeda y la industrialización: secado, almacenamiento y torrefacción (Puerta, 1999, 2006; González *et al.*, 2007; IICA, 2010). El secado consiste en bajar el contenido de humedad presente (55% aproximadamente) en el pergamino húmedo de café hasta 12 % en base seca (b.s) (Federacafé, s.f). Tradicionalmente en Colombia, el secado en patio es el más típico y generalizado de los sistemas para secar el café beneficiado, el cual consiste en exponer los granos húmedos durante varios días a los rayos directos del sol sobre una superficie de cemento (Federacafé, s.f). Es un secado en forma natural o artificial, dependiendo del área cultivada y de la capacidad económica del productor. El tiempo de secado depende de las condiciones ambientales del lugar y de la cantidad de producto (Oliveros, Ramírez, Sanz & Peñuela, 2006). Los granos son extendidos en patios, removidos constantemente para que el sol los seque, es un proceso oneroso pues tarda entre ocho y quince días. Federacafé (s.f) recomienda secar el café inmediatamente se ha beneficiado, esto con el fin de eliminar lo más pronto la humedad del grano hasta llegar al 12% para evitar olores y sabores indeseables,

lo cual también facilita su almacenamiento, transporte y comercialización. El tamaño del grano de café se mide en zarandas, las medidas se dan en sesenta y cuatroavos de pulgada. Una zaranda mide 396 milímetros, son láminas con perforaciones ovaladas o alargadas, y se refieren a una de las clasificaciones que tiene el grano (Federacafé, s.f). La clasificación da el tamaño de la calidad y el precio al grano crudo de café. Un grano superior mide 19-20 mallas u 8 milímetros. La clasificación continúa hacia abajo con el grano grande o de 18 mallas, mediano 16 mallas y pequeño entre la malla 14 y 15. La medida mínima para exportación es de 17 mallas (Federacafé, s.f.) (Ver Tabla 1).

Clasificación por tamaño	Abertura de malla
Terceras o grano pequeño	14-15
Segundas o grano mediano	16-17
Primeras o grano grande	18
Grano superior	19-20

Tabla 1. Clasificación y tamaño del grano de café verde Fuente: ICONTEC

Además, la calidad del café se refiere a diferentes cosas para diferentes personas (Wheeler 2001). El término calidad incluye un amplio rango de propiedades, que pueden ser definidas en términos físicos, microbiológicos e intrínsecos. También se denominan métodos objetivos si la determinación de las características es realizada con métodos analíticos estandarizados por la ISO

(1999) y/o ICONTEC (2007); en el caso contrario se denominan subjetivos. Entre los parámetros físicos se incluye la apariencia física, el olor del grano en pergamino, y tostado, la humedad, el tamaño, el peso, la presencia de materiales extraños y el diámetro del grano, igualmente su calor (Afnor, 2002). Oler, sorber, y tragar son las acciones físicas involucradas en el proceso de evaluación subjetiva, la fragancia del café es lo primero que se evalúa, el aroma es el segundo paso, la acidez en el café permite percibir todas las demás características, y saborear el café recién preparado es la cuarta etapa de evaluación, el cuerpo es el último elemento de evaluación, se determina por la densidad o peso de la bebida en la boca (Afnor, 2002).

Acorde con Avelino y colaboradores (2002) en la práctica de catación lo más importante a tener en cuenta es, la forma, el tamaño, el color y por último la uniformidad del grano. La determinación de los parámetros de calidad es importante para evaluar la funcionalidad de los atributos del grano y determinar su uso final (Clarke, 1992; Clarke & Vitzhum, 2001; González *et al.*, 2007), parámetros que son el resultado del control que se haya logrado en el cultivo, la cosecha, el beneficio, el almacenamiento y la trilla (Almacafé, 1999; Wheeler, 2001; Federacafé, s.f). Clarke *et al.* (2001) y González, y colaboradores (2007), opinan que la calidad del grano se puede deteriorar si la humedad es diferente al 12 %, porque a su juicio la actividad bioquímica de la semilla, genera al café torrefactado sabores no deseables. Sin embargo, por las condiciones climatológicas de las épocas de la cosecha, muchas zonas cafeteras del país no son adecuadas para secar café al sol, debido a la humedad del ambiente o las bajas temperaturas. Por lo cual los pequeños y medianos cultivadores no cumplen con las recomendaciones dadas por Federacafé (s,f) en cuanto a la humedad, sacrificando sus expectativas económicas debido a que un grano húmedo no tiene el mismo valor comercial que un grano seco. Para varios, autores entre ellos Severani (1991); González *et al.* (2007) y Lindinger *et al.* (2008), la calidad organoléptica y comercial de un café torrefactado es directamente proporcional a la calidad-estado de la materia prima, el tiempo, la temperatura de torrefacción y el método de enfriamiento del grano tostado (Herrera *et al.*, 1996; ICONTEC, 2004; Baggenstoss *et al.*, 2007). Sin embargo los estudios sobre la influencia de la humedad de la materia prima en el proceso de tostación sobre los atributos de calidad del café tostado no han sido concluyentes para la comercialización y valoración del café con humedades diferentes a la tradicional-12% b.s.

(Maier, 1985; Nebesny *et al.*, 2006). Razón por la cual el objetivo de este estudio fue dar respuesta a la pregunta: ¿Cuáles y cómo están relacionadas las variables físicas, químicas y organolépticas de mayor relación con la calidad del café tostado, proveniente de café crudo malla 17 con diferentes humedades?

1. Desarrollo

Dado el interés de los industriales y productores para comercializar café con humedades diferentes al 12% y ante la ausencia de elementos de juicio sobre el tema, se realizó este estudio. Para el efecto se tomaron tres kilogramos de café pergamino a diferentes tiempos del proceso de secado y se seleccionaron los granos de malla 17. Cada una de estas se empacó herméticamente en recipientes plásticos y se almacenó a 10+-2°C, para estabilizar la humedad y conservar la calidad del material experimental. Seguidamente, en una estufa de secado de capa estacionaria, se obtuvieron muestras con humedades inferiores al 12% en base húmeda. De esta forma se completaron cuatro lotes de cafés almendra-malla 17, con humedades iniciales del 8, 11.8, 15 y 17% respectivamente. (Tabla 2).

Posteriormente se torrefactaron cinco muestras de café crudo de cada una de las humedades en estudio. Todas las tostaciones fueron realizadas en un torrefactor experimental Probat, utilizado en la preparación de muestras para el panel de evaluación sensorial (ICONTEC, 2004).

La preparación de las muestras para los análisis se hizo de acuerdo con el método de la AOAC (1990) en un molino Toastmaster y en un tamiz n° 30. Los reactivos utilizados para los análisis fueron marca Merck.

Materia prima	Humedad % b.s.	Tostador	Enfriamiento
Café crudo malla 17	8	Laboratorio 220°C 13-minutos	Convencional
	11,8		
	15		
	17		

Tabla 2. Información de las condiciones experimentales seguidas

A cada uno de los cafés tostados se les realizaron los análisis físico-químico enunciados en la sección 2 y se les aplicaron dos tipos de pruebas sensoriales: analíticas, con panel entrenado para evaluar las muestras trabajadas

a nivel de laboratorio, y afectivas con consumidores no entrenados, tomados al azar, para determinar la aceptabilidad de la taza de café seleccionada.

2. Metodología experimental

El trabajo experimental se desarrolló con los cafés descritos en la sección de materias primas-malla 17 y las humedades referenciadas.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (Montgomery, 2002).

De cada tostación se realizaron cinco réplicas en el mismo tostador de laboratorio.

Los resultados analíticos obtenidos para cada café tostado, proveniente de los diferentes granos de café crudo, fueron sometidos al análisis de estadística descriptiva para calcular los valores medios y el error estándar.

Variables de respuesta. Las variables de respuesta y los equipos utilizados para estas determinaciones analíticas fueron:

- Pérdida de peso, debida a la evaporación del agua contenida en el grano y a las reacciones químicas que ocurren en el mismo. Se cuantificó en una balanza Sartorius 1264 MP.
- La densidad fue determinada de acuerdo con el método de la ISO por caída libre, expresada en gramos por mililitro (ISO, s.f), importante para el empaquetado del café tostado.
- Los sólidos solubles o la medida de la concentración de la bebida indican el rendimiento de la extracción; se determinaron por el método de la AOAC (1990).
- El pH y la acidez titulable o medida de la astringencia de la bebida fueron cuantificados en un memo titulador Mettler (s.f) y la norma ICONTEC.
- La resistencia a la compresión fue determinada con un medidor de fuerza digital Ametek (s.f); esta propiedad indica la dureza del grano al ser molido.
- La humedad del café torrefactado; indicativo del daño que puede sufrir el grano tostado, se determinó en estufa, de acuerdo con el método de la AOAC (1990); indica la pérdida de agua durante el proceso de tostación.

- La actividad acuosa, igual que la anterior, es una propiedad importante para el almacenamiento del grano y se determinó en un Thermo Constanter Novasina RTD 200 (s.f).
- Las dimensiones del grano crudo, largo, diámetro mayor, ancho, diámetro menor y alto (una cara del grano), son características importantes para el almacenamiento como grano entero y en la molienda; fueron determinadas con un calibrador o pie de rey Mitutoyo.

La evaluación sensorial se hizo luego mediante el método de análisis descriptivo cuantitativo, en donde cada muestra fue evaluada individualmente, utilizando la lista de descriptores previamente definida (Puerta, 1999, 2000, 2006). La intensidad de la percepción se indicó en la escala de percepción del descriptor, dentro del universo de muestras consideradas como lo trabaja Puerta (1999, 2000, 2006).

Para las pruebas descriptivas cuantitativas se usó la escala de 9 puntos, desarrollada en Cenicafé para la calificación de cada característica organoléptica del café (Puerta, 1999, 2000, 2006), la cual se interpreta así: calificaciones 9, 8, 7 para cualidades equilibradas, deseables, aceptables; 9 lo mejor; 6, 5, 4 califica desviaciones, 4 apenas tolerable; 3, 2, 1 califican defectos, rechazo y por último, 1, lo peor.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante la técnica de componentes principales, la cual tuvo como objetivo transformar un conjunto de variables (variables originales) en un nuevo conjunto de variables (componentes principales), correlacionadas entre sí. Para el efecto se tomaron como variables dependientes los atributos de calidad y como factor el estado de la materia prima, empleando el programa estadístico SAS (1994). En este tipo de análisis el primer componente principal se define como la combinación lineal de las variables originales que tienen máxima varianza.

3. Resultados y discusión

Caracterización del café tostado obtenido. La Tabla 3 presenta los resultados de la caracterización físico-química de café tostado proveniente de café pergamino malla 17. En esta se muestran los valores medios y el error estándar.

Variable	Nivel	Media	Error estandar
Pérdida de peso	%	18.485	0.483
Acidez	mililitros de NaOH/100 ml	14.192	1.510
Concentración	grados brix	1.650	0.082
pH	adimens	4.955	0.039
Densidad	gramos/mililitro	0.374	0.018
Humedad	%	1.455	0.115
Actividad Acuosa	adimensional	0.17	2.087
Sólidos solubles	%	1.821	0.069
Diámetro mayor	milímetros	11.700	0.203
Diámetro menor	milímetros	8.313	0.088
Alto	milímetros	5.028	0.263
Esfuerzo a la rotura	Lb fuerza	9.997	0.765
Humedad	%	12.950	0.782

Tabla 3. Valores medios y error estándar para cafés tostados de malla 17, con humedades iniciales 8%, 11.8%, 15% y 17% b.s.

Los valores observados se encuentran en los rangos típicos de calidad del café tostado, según la Norma ICONTEC (2004); Puerta (1999, 2002, 2006). El grado de correlación entre cada una de las propiedades evaluadas y los coeficientes de correlación entre estas y los componentes principales se muestran en la Tabla 4.

La variable humedad está correlacionada con la pérdida de peso (0.88), la acidez (0.76), la densidad (0.89) y el esfuerzo a la rotura (0.83). Las variables de la torrefacción-pérdida de peso tienen correlación

significativa con la acidez (0.85), la concentración de la bebida (0.72), la densidad del café (0.98), la humedad (0.88) y la actividad acuosa del café tostado (0.92); resultados que están en la dirección de lo estipulado por Federacafé (s.f) y el ICONTEC (2004, 2007), y con Anderson (2003), para quien las correlaciones superiores a 0.72 son comparativamente altas.

En la Tabla 5 se muestran los componentes principales y el porcentaje de varianza para los cafés tostados malla 17.

Variabes	Pérdida de peso	Acidez	Densidad	Humedad	Diámetro mayor- largo
Acidez	0.85		0.92		
Concentración	0.72				
Densidad	0.98	0.91			
Humedad	0.88	0.76	0.89	0.86	
Activad acuosa	0.92	0.95	0.96		
pH					0.72
Esfuerzo a la rotura					0.83

Tabla 4. Correlación entre las diferentes propiedades para los cafés tostados provenientes de cafés verde malla 17 con humedades iniciales de 8, 11.8, 15 y 17% b.s.

Variable		Componente principal1-PRIN1	Componente principal 2-PRIN2
Pérdida de peso	% en peso	0.360733	
Acidez	Mililitros de NaOH/100 mililitros	0.328047	
Concentración	Grados brix	0.290804	
pH	Adimensional		0.314292
Densidad	Gramos/mililitros	0.363502	
Humedad	%	0.356338	
Actividad Acuosa	%	0.343083	
Esfuerzo a la rotura	Libras fuerza		0.586585
Varianza	Adimensional	6.39	2.06
% de varianza	Adimensional	53%	17%

Tabla 5. Contribución relativa de cada variable en los dos primeros componentes principales, en cafés tostados provenientes de café pergamino malla 17, con humedades iniciales de 8, 11.8, 15 y 17% b.s.

En la Figura 1 se muestra el agrupamiento de los componentes principales de los cafés malla 17.

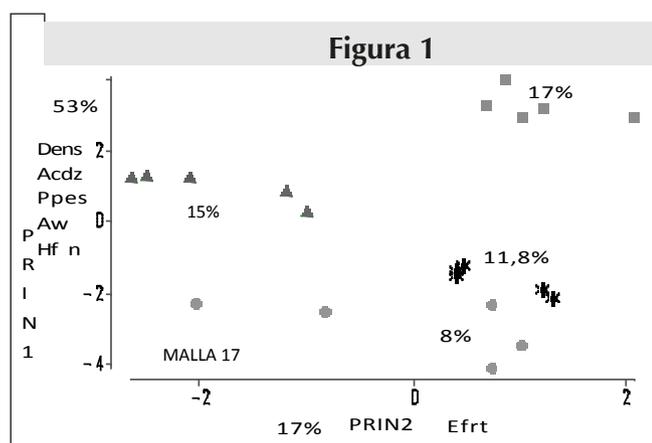


Figura 1. Posición de las variables analizadas, con los componentes principales 1 y 2 en cafés tostados convencionalmente provenientes de café verde malla 17 con humedades de 8, 11.8, 15 y 17% b.s.

Con el análisis de componentes principales se identificó la densidad, la acidez, la pérdida de peso, la actividad acuosa y la humedad del café tostado como las variables responsables de la discriminación de los cafés tostados convencionalmente y obtenidos de mallas 17 con diferentes humedades iniciales (Tabla 2); globalmente expresadas en un 56% en la componente principal

PRIN1 (Figura 1) y las Tablas 4 y 5, en consonancia con Clarke (1985) y Avelino *et al.* (2002). Y en el esfuerzo a la rotura en un 17% representadas en la componente principal PRIN2. La separación es notoria en el espacio bidimensional de la Figura 1, en donde se definen cuatro grupos correspondientes para las cuatro humedades consideradas como lo vislumbran Severani (1991), González *et al.* (2007) y Lindinger *et al.* (2008).

Los cafés que presentaron los más altos valores en las propiedades en el eje PRIN1 son los provenientes de la humedad del 17%, pero con bajos valores en sus dimensiones morfológicas y además presentan un alto esfuerzo a la rotura (Figura 1 y Tablas 3 y 4); las correlaciones existentes entre estas propiedades son superiores al 72%. (Tabla 4).

Los cafés con humedad del 15%, presentaron valores intermedios en los dos componentes principales, siendo las humedades del 11.8% y 8% las que presentan valores más negativos respectivamente, como se observa en la Figura 1. Características que debían estudiarse a profundidad, como lo proponen Maier (1985) y Nebesny *et al.*, (2006).

En la Figura 2 se observa que las propiedades causantes de las diferencias anteriormente enumeradas y agrupadas en la componente principal PRIN2, solo son notorias hasta la humedad del 15%. Su evolución es descrita por

las ecuaciones estadísticas para la componente principal PRIN1 y la componente principal PRIN2, con valores de $R^2=0.97$, $R^2=0.71$ y $P =0.0001$ respectivamente. (Ver Figura 2)

En las Tablas 6 y 7 se presentan los atributos sensoriales de los cafés tostados provenientes del café pergamino malla 17 con humedades iniciales de 8, 11.8, 15 y 17 % b.s. Y se presentan, además la valoración realizada a una muestra de café industrial. (Ver Tablas 6 y 7)

Acorde con el panel de catación entrenado, las infusiones preparadas con estos cafés son aceptable para calificar desviaciones. (Ver Tabla 6).

En las pruebas hedónicas los consumidores no rechazaron las infusiones preparadas con estos cafés. (Ver Tabla 7).

Estos atributos dicen que la calidad sensorial no presenta mayores diferencias desde el panel de evaluación si los comparamos con los reportados por Herrera *et al.* (1996) y el ICONTEC (2004, 2007).

En la Tabla 8 se presentan las ecuaciones estadísticas que describen la evolución de los componentes principales para los tratamientos propuestos. (Ver tabla 8)

En la Figura 2 se observa que las propiedades causantes de las diferencias anteriormente enumeradas y agrupadas en la componente principal dos, solo son notorias hasta la humedad del 13%. A partir de esta es el esfuerzo a la rotura la propiedad que causa esta diferencia. Su evolución es descrita por las ecuaciones estadísticas para las componentes PRIN1 y PRIN2 con valores de $R^2=0.97$, $R^2=0.71$ y $P =0.0001$ respectivamente de la Tabla 8.(Ver Figura 2 y Tabla 8).

Tratamiento	Humedad	Acidez	Amargo	Aroma
Malla 17 y diferentes Humedades iniciales	8	4.4	4.0	4.3
	11.8	4.37	3.9	4.5
	15	4.4	3.87	4.4
	17	4.2	4.0	4.4
Muestra comercial de un supermercado	12	4	4.3	4.5

Tabla 6. Atributos sensoriales de los cafés tostados provenientes de la malla 17, con humedades iniciales de 8, 11.8, 15 y 17% b.s, y se comparan con un café comercial.

Tratamiento	Humedad	Acidez	Amargo	Aroma
Malla 17 y diferentes Humedades iniciales	8	No	No	Sí
	11.8	Sí	No	Sí
	15	Sí	No	Sí
	17	Sí	No	Sí
Muestra comercial de un supermercado	12	Sí	Si	Sí

Tabla 7. Grado de aceptación por los consumidores de los cafés tostados provenientes de la mala 17 con humedades iniciales de 8, 11.8, 15 y 17% b.s.

Tratamiento	Ecuaciones	R ²	Probl.
Café crudo malla 17 y humedades iniciales de 8, 11.8, 5 y 17 %.	$PR1 = -0,6277 - 0,83 \text{ Hinic} + 0,0638 \text{ Hinic}^2 - 2,3E-05 \text{ Hinic}^3$	0,97	F=0,0001
	$PR2 = -111,14 + 29,84 \text{ Hinic} - 2,488 \text{ Hinic}^2 - 0,067 \text{ Hinic}^3$	0,71	F=0,0002

Tabla 8. Ecuaciones estadísticas que describen la evolución de los componentes principales para los cafés tostados obtenidos de cafés verde malla 17 con humedades de 8, 11.8, 5 y 17 %.

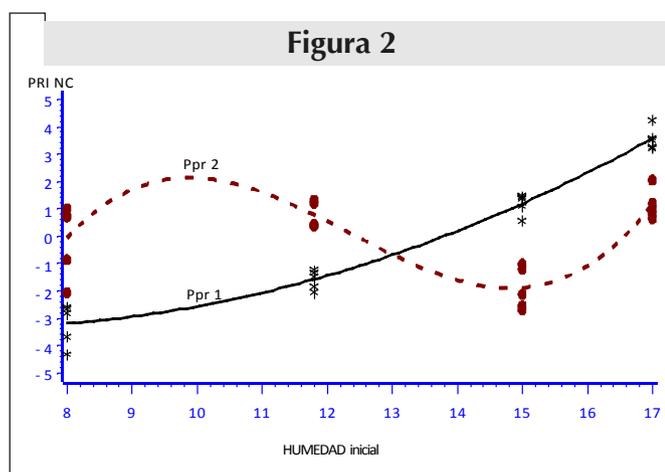


Figura 2. Gráfico del primer y segundo componente principal de los cafés tostados convencionalmente, en función de la humedad inicial del café verde malla 17. Ppr1=PRIN1 y Ppr2=PRIN2

4. Conclusiones

El tratamiento estadístico aplicado para cada humedad en estudio hizo posible diferenciar e identificar en un espacio bidimensional los diversos tratamientos aplicados-humedades del café crudo; la varianza explicada fue superior al 80% (componentes principales).

Los coeficientes de correlación entre las diferentes propiedades son superiores al 70% y están en relación directa.

Los granos de café almendra, con una humedad inicial del 17 % y clasificados en malla 17, generarán los granos tostados de mayor densidad, acidez, pérdida de peso, actividad acuosa y esfuerzo a la ruptura_dureza.

El café crudo con humedad inicial del 15% genera café tostado con características intermedias. De lo anterior se puede concluir que no todas las materias primas referentes al café crudo generan granos tostados con las mismas características.

La densidad, el color, la actividad acuosa, la acidez, la pérdida de peso, el esfuerzo a la rotura, los sólidos solubles y las dimensiones del grano son las características que hacen esta discriminación.

Los promedios de los atributos para los diferentes cafés están dentro de los valores medios para un café comercial.

Basados en estos resultados, se puede decir que trabajar con materias primas homogéneas y con humedades superiores al 12 % también es interesante para la industrialización del café, siempre y cuando estos se almacenen correctamente. ≡

Agradecimientos

El autor expresa su agradecimiento a todas las personas que colaboraron en la realización de la presente investigación -Cenicafé, una compañía industrializadora y comercializadora de café tostado y molido, a la tecnóloga química Beatriz Jaramillo Colorado y a la UNAD.

NOTAS

1. Los resultados de este artículo fueron corroborados a través del proyecto "La investigación a partir de los recursos virtuales metodológicos y a través de las redes virtuales de los cursos y programas de la ECBTI-Tecnología del café"

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFNOR (Agroalimentaire). *Análisis sensorielle, Recueil; Normes.* Saint Denis La Plaine, 2002. 636 p.
2. ANDERSON, T. *An introduction to multivariate statistical analysis.* 3ed. New York: John Wiley, 2003. 667 p.
3. ANDREWS, S.; KARLEN, D.; MITCHELL, J. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *En: Agriculture, Ecosystems and Environment.* Vol. 90, (2002); p. 25-45.
4. AMETEK. *Catálogo para determinador de esfuerzos.* Florida. (s.f). (AMETEK 34643).
5. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. *Preparation of sample roasted coffee.* Washington. AOAC, 1990. 30 p.
6. (AOAC 920.91). ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. *Moisture in roasted coffee.* Washington. AOAC, 1990. (AOAC 968.11).
7. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. *Solids solubles in roasted coffee.* Washington. AOAC, 1990. (AOAC 973.21).
8. BAGGENSTOSS, J., POISSON, L., LUETHI, R., PERREN, R. & ESCHER, F. (2007). Influence of water quench cooling on degassing and aroma stability of roasted coffee. *En: Journal of Agricultural and Food Chemistry,* Vol. 55, (2007); p. 6685-6691.
9. CLARKE, R. *Coffee chemistry.* London: Elsevier Applied Science Publication, 1985. 383 p.
10. CLARK, R. *Torrefaction truths.* *En: Coffee and Cocoa International.* Vol. 19, N° 4 (1992); p. 40.
11. CLARKE, R. & VITZHUM, O. (EDS). *Coffee: Recent Developments.* Oxford:Blackwell Science, 2001. 246 p.
12. FEDERACAFE. *Compendio de normas de calidad para la exportación de café verde y procesado.* Bogotá: FEDERACAFE, (s.f); 180 p.
13. GONZALEZ, O., SUAREZ, M., BOULANGER, R., BAREL, M. ; GUYOT, B., GUIRAUD, J. & SCHORR, S. Impact of "ecological" postharvest processing on the volatile fraction of coffee beans: II. *Roasted coffee.* *En: Journal of Food Composition and Analysis.* Vol. 20, (2007); p. 297-307.
14. HERRERA, E. & RIAÑO, C.E. *Torrefacción rápida: sus principales características y aplicabilidad en la industria del café.* *En: Cenicafé.* Vol. 47, N°4 (1996); p.187-198.
15. HUNTERLAB. *User's Manual for D25DP-9000 Systems.* Reston, USA. (1994).
16. ICONTEC. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Café tostado en grano y/o molido. Determinación del grado de tostación. Norma Técnica Colombiana.* Bogotá, 2004. NTC 2442.
17. ICONTEC. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Café tostado, en grano o molido. Norma Técnica Colombiana.* Bogotá, 2007. NTC 534.
18. IICA-Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. *Protocolo de análisis de calidad de café-Determinación de la densidad.* Bogotá, 2010. ISO 8460.
19. INTERNATIONAL STANDART ORGANIZATION. *Café Verde. Examen olfativo y visual. Determinación de la materia extraña y defectos.* Paris, 2001. ISO-4149.
20. LINDINGER, C., LABBE, D., POLLIN, P., RYTZ, A., JUILLERAT, A., YERETZIAN, C. & BLANK, I. *When machine tastes coffee: instrumental approach to predict the sensory profile of espresso coffee.* *En: Analytical Chemistry.* Vol. 80, N°5, 2008, p. 1574-1581.
21. MAIER, M.G. *On the composition of fast roasted coffees.* *En 11eme Colloquem Scientifique International Sur Le Café,* Lome, 1985. pp. 291-296.
22. METTLER, TOLEDO. *Catálogo de desecador infrarrojo.* Greifense, 1990. 35 p.
23. METTLER, TOLEDO. *Titratore DL 53. Determinación de p.H y acidez titulable.* Schwerzenbach, 1995.
24. MONTGOMERY, D. *Diseño y Análisis de Experimentos,* 5ta edición. México: Editorial Limusa, 2002. 686 p.
25. NEBESNY, E. & BUDRYN, G. *Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions.* *En: European Food Research And Technology.* Vol. 224, N° 2 (2006); p. 159-165.
26. NOVASINA. *Catalogo del equipo thermoconstanter Th 200.* Talstrasse, Suizerland, s.f. p. 35.
27. OLIVEROS, C., RAMÍREZ, C., SANZ, J. & PEÑUELA A. *Secador solar de túnel para café pergamino.* *En: Avances técnicos Cenicafe.* Vol. 353(noviembre de 2006); 8 p.
28. PEARSON, D. *Técnicas de laboratorio para análisis de alimentos.* Zaragoza: Editorial Acribia, 1986, 331 p.
29. PUERTA, Gloia Inés. *Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café.* *En: Revista Cenicafé.* Vol. 50, N° 2 (1999); p.78 – 88.
30. PUERTA, Gloria Inés. *Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie Coffea arabica L.* *En: Revista CENICAFÉ.* Vol. 51, N°1 (2000); p. 5-19.
31. PUERTA, Gloria Inés. *Buenas prácticas agrícolas para el café.* *En: Avances técnicos Cenicafé.* Vol. 349 (agos. 2006); p. 7, 12.
32. RESTREPO, A. & BURBANO, J. *Disponibilidad térmica solar y su aplicación en el secado de granos.* *En: Scientia et Technica* No 27 (2005); p. 127-132.
33. SÁNCHEZ, J.; ANAYA, I.; VIZCARRA, M.; GUTIÉRREZ, G. & SANTIAGO, T. *Estudio de la hidrodinámica del café tostado (Coffea arabica L.) en lecho fluidizado.* *En: Revista Mexicana de Ingeniería Química.* Vol. 6, N° 2 (2007); p. 185-192.
34. SAS. *User's guide-Version 6.* Cary: SAS Institute, 1994.
35. SEVERANI, C. & NICOLI, D. *Influence of heating rate on some physical and physico chemical properties of coffee beans during the roasting process.* *En: 14eme Colloque Scientifique International Sur Le Café,* San Francisco, (1991); p. 641-648.
36. TECATOR. (s.f). *Catalogo soxtec system HT 1043 extraction unit.* Hoganas, Sweden.