

CALIDAD DE EXTRACTOS DE CAFÉ PERFORADO POR BROCA OBTENIDOS POR CRIOCONCENTRACIÓN

José Jaime Castaño-Castrillón*; Gloria Patricia Quintero**

RESUMEN

CASTAÑO C., J. J.; QUINTERO, G. P. Calidad de extractos de café perforado por broca obtenidos por crioconcentración. Cenicafé 55(3):183-201.2004

Se estudió la influencia de los diferentes grados de café perforado por broca en la calidad sensorial y fisicoquímica de los extractos producidos mediante el proceso de crioconcentración. Se prepararon extractos a partir de café verde sano, brocado grado 1, brocado grado 3 y una mezcla entre granos brocados grado 1 y grado 2. Se hicieron evaluaciones organolépticas, fisicoquímicas y de almacenamiento de los extractos, con el objeto de detectar diferencias entre ellos. Se encontró que los extractos provenientes de café sano, brocado grado 1 y la mezcla, tienen propiedades similares, mientras que los extractos provenientes de café grado 3 resultaron notablemente inferiores. Se observó la evolución de estos extractos en almacenamiento refrigerado durante 5 meses, concluyéndose que aquellos provenientes de café sano y brocado grado 1, no presentan variación de sus propiedades, mientras que el proveniente de la mezcla se deterioró rápidamente. El que proviene del café grado 3 siempre presentó características notablemente inferiores a los otros que se deterioraron aún más durante el almacenamiento.

Palabras claves: Café brocado, broca del café, extractos, calidad fisicoquímica, calidad sensorial, almacenamiento.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to study the influence of the different degrees of coffee bored by coffee berry borer, in the sensorial and physical and chemical quality of the extracts produced by cryoconcentration process. Extracts made from healthy green coffee, bored degree 1, bored degree 3 and a mixture among bored grains degree 1 and degree 2. Organoleptic as well as physical and chemical storage evaluations and of the extracts were made with the purpose of detecting differences among them. It was concluded that the extracts coming from healthy coffee, bored degree 1 and the mixture of grains bored 1 and 2 have similar properties; whereas the extracts coming from coffee degree 3 were notably inferior. The evolution of these extracts in refrigerated storage during 5 months was observed, and it was concluded that the extracts coming from healthy coffee and bored degree 1 do not show any variation of their properties, whereas the ones coming from the mixture deteriorate quickly. The extract coming from the bored coffee degree 3 always presented characteristics notably inferior to the other ones, which deteriorated even more during storage.

Keywords: bored coffee, coffee berry borer, extracts, physical and chemical quality, sensorial quality, storage.

* Investigador Científico II, hasta el año 2001. Industrialización. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia. jcast@um.umanizales.edu.co

** Tecnóloga Química en Productos Vegetales.

La crioconcentración es un proceso de concentración de líquidos que incluye una cristalización parcial del agua y una subsecuente separación de los cristales y el concentrado. Este proceso de concentración es, particularmente, adecuado para los alimentos líquidos que se afectan con el calor y que contienen aromas volátiles como es el caso del café. Debido a que el agua es, esencialmente, removida de la solución por el cambio de fase de líquido a sólido, las pérdidas de aroma por evaporación pueden evitarse completamente porque las bajas temperaturas del proceso, entre -3 y -7°C , eliminan completamente las reacciones de descomposición térmica. Sin embargo, el principal inconveniente que se presenta es la pérdida de sólidos solubles con el hielo, al no poder separarlos completamente (6).

Dentro del proceso de producción de café soluble, la concentración del extracto se ubica justo antes del proceso de secado, ya sea por atomización o liofilización (4, 11), y se efectúa para hacer más rentable y eficiente el proceso, puesto que así se llega al secado con menos agua en el extracto. De ahí la importancia que para la producción de café soluble tiene un proceso de concentración que garantice la permanencia de los aromas propios del café dentro del extracto.

En anteriores investigaciones en Cenicafé se estudiaron los efectos de los diferentes grados de café brocado y los niveles de infestación de broca en las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del café tostado (2). Partiendo de estos resultados, se iniciaron proyectos para determinar las condiciones óptimas de torrefacción para algunas mezclas de café perforado por broca y compararlas con las condiciones de torrefacción del café en buen estado (3). Particularmente, en esta etapa se estudió el efecto de los diferentes grados de café brocado sobre el proceso de crioconcentración del extracto y cómo los grados

de brocado influyen en la calidad de los extractos obtenidos finalmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El trabajo se realizó en la Planta Piloto de Física Técnica del Programa de Industrialización del Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé, ubicada en Planalto Chinchiná, Caldas, Colombia.

Diseño Experimental. Se tomaron almendras de café de cuatro calidades: café sano (sin perforaciones por broca), café 100% brocado grado 1, una mezcla entre café brocado grado 1 y grado 2 (43 y 57%, respectivamente), y café 100% brocado grado 3. El proceso de tostación se realizó en iguales condiciones para cada una de las calidades de café evaluadas (3). Posteriormente, se realizó el proceso de extracción del extracto de café para cada una de las calidades y se sometió al proceso de crioconcentración. Los extractos concentrados se sometieron a diversos análisis, sensoriales y fisicoquímicos. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza de una vía con cuatro niveles y cinco repeticiones y, a un análisis de componentes principales. Adicionalmente, se efectuó un seguimiento en el tiempo del extracto almacenado.

Clasificación de café brocado. El café perforado por broca se clasificó en tres grados de brocado, como se observa en la Figura 1. El grano N es un grano normal, el brocado grado 1 corresponde a un grano con una sola perforación, el grado 2 con dos perforaciones y para el grado 3, el cual tiene ya una porción más o menos grande de grano dañado, se presentan dos ejemplos de daño por broca.

Materia Prima. El café cereza se recolectó de diferentes lotes experimentales de la Estación Central Naranjal. El café, en general, era una

mezcla de variedades de *Coffea arabica*. Las cerezas se beneficiaron empleando la tecnología Becolsub, en el beneficiadero experimental de Cenicafé, ubicado en La Granja. Se utilizaron aproximadamente 2.000kg de café pergamino seco para cada una de las 5 repeticiones. Se tomaron muestras de 7kg de café brocado grado1, 3kg de café brocado grado2, 5kg de café brocado grado3 y 5kg de café sano.

Torrefacción. Se utilizó un tostador experimental de 1kg de capacidad, diseñado y construido en Cenicafé. Se tomaron seis muestras de cada calidad y se hizo la torrefacción independiente de cada una. Las condiciones de torrefacción se presentan en la Tabla 1.

La unidad experimental estuvo compuesta de 3.888g de café, obtenidos de las tostaciones de cada uno de los tipos de materia prima. Este material se utilizó para realizar la extracción inicial. El café tostado se molió en un molino LaSanMarco SM90 (LaSanMarco, Gorizia, Italia) en molienda fina para aumentar el contenido final de sólidos solubles del extracto. En la Tabla 2 se consignan las características de molienda del café tostado.

Tabla 1. Parámetros de torrefacción de las muestras de café

Parámetro	Valor
Carga	1kg
Temperatura al cargar	260°C
Agua de apagado	160ml
Presión de agua de apagado	8psi
Velocidad aspas	180rpm
Grado de tuestión	370-390 (colorímetro Quantik)

Tabla 2. Parámetros de molienda empleados.

Parámetro	Valor
Diámetro promedio (µm)	330,81
Dispersión	3,16
Correlación	0,95

En la Figura 2 se presenta un diagrama de frecuencias típico de la molienda empleada.

Obtención de los extractos concentrados. Se empleó una cafetera Proctor-Silex, y se obtuvieron aproximadamente 12.600g de extracto con una concentración inicial de 4,5°Brix. Seguidamente, el extracto fue centrifugado a 3.000rpm durante 10 minutos, para clarificarlo, en una centrifugadora refrigerada JOUAN CR412.

Empleando el procedimiento de crioconcentración en 4 etapas se obtuvieron aproximadamente 700ml de extracto por cada tipo de materia prima, a una concentración de 32°Brix, aproximadamente. Se requirieron 13 operaciones de concentración para llegar a esta cantidad de extracto final; de éstas, seis se emplearon en la primera etapa, tres en la segunda, tres en la tercera y una en la cuarta. El extracto obtenido de cada materia prima, se refrigeró. Posteriormente se realizaron las medidas sensoriales y fisicoquímicas correspondientes.

Proceso de crioconcentración. Las Figuras 3 y 4, muestran esquemáticamente el equipo de crioconcentración empleado, y en la Figura 5 se presenta un perfil de temperatura del proceso.



Figura 1. Clasificación del café en grados de brocado empleada para evaluar la influencia de este daño en la calidad de los extractos.

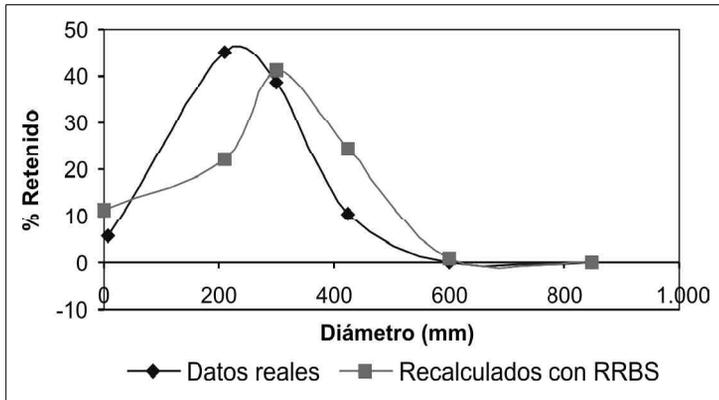


Figura 2. Perfil granulométrico del café tostado

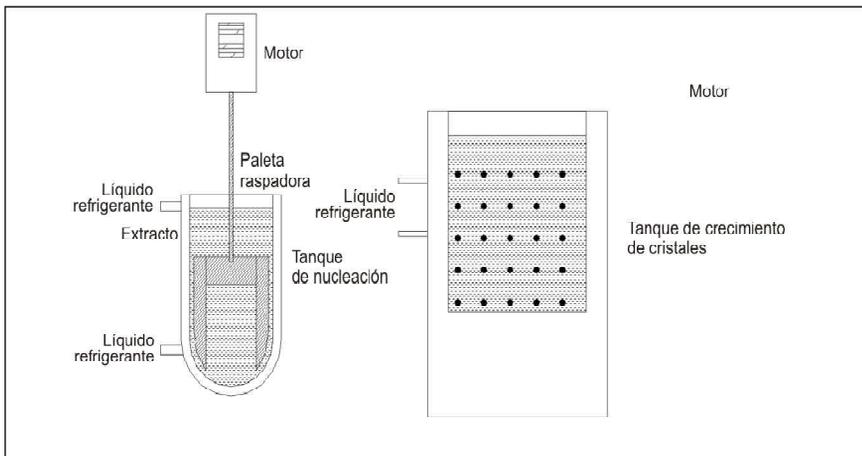


Figura 3. Tanque de nucleación y crecimiento de cristales en el sistema de crioconcentración.

Para llevar a cabo el proceso de crioconcentración y proporcionar el enfriamiento necesario para la muestra se utilizó un criostato ULT - 80, producido por Neslab Instruments, que se conectó a los tanques de nucleación y de crecimiento de cristales (vaso enchaquetado de 2.000ml de capacidad). Antes de comenzar el proceso de concentración, se colocó la temperatura del punto de control del criostato en -15°C , y se recirculó el líquido refrigerante por la chaqueta del tanque de nucleación. Cuando la temperatura del criostato fue de 0°C , se depositaron máximo 2.000ml del extracto en el

tanque de nucleación (la cantidad de extracto dependió de la fase de crioconcentración en la que estuviera el proceso). La temperatura normal del extracto fue de 5 a 8°C .

La primera etapa del proceso de crioconcentración puede tomar entre 24 y 30 minutos (Figura 5), dependiendo de la concentración del extracto. Como se observa en la Figura 3, en la primera etapa del proceso el extracto se agitó permanentemente por medio de una paleta que se movió a una velocidad de 40rpm.

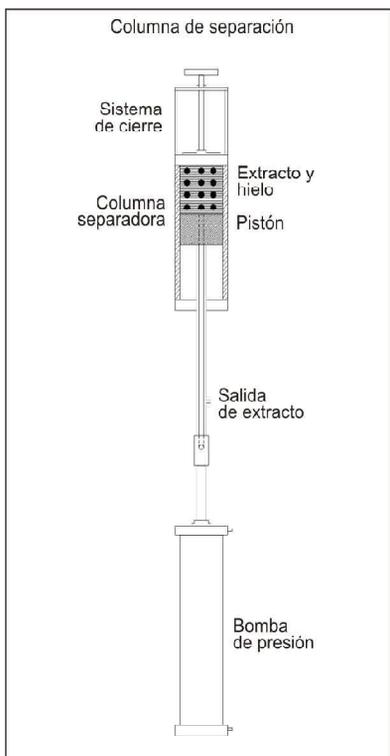
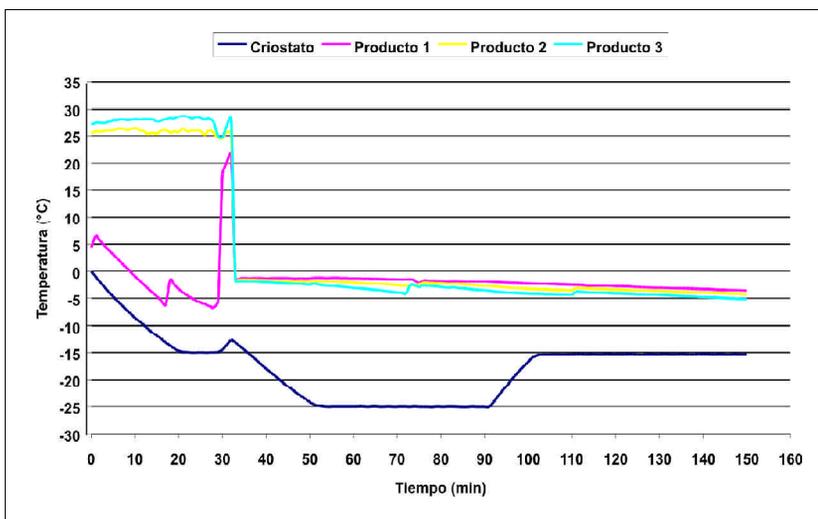


Figura 4. Columna de separación del sistema de crioconcentración.

Para monitorear el proceso se emplearon cuatro termopares tipo K y J, conectados uno en el interior del criostato sumergido en el líquido refrigerante y los otros tres sumergidos en el extracto en concentración. Los cuatro termopares se conectaron a un “Data Logger” Hydra 2635A Data Bucket (Fluke Corporation, USA), el cual grabó en períodos de un minuto las cuatro temperaturas en una tarjeta pc, datos que posteriormente se descargaron en una hoja electrónica de Excel, para su respectivo análisis. En la primera etapa del proceso se emplearon solo dos termopares, uno sumergido en el líquido refrigerante y otro, en el extracto; los otros dos termopares estuvieron a temperatura ambiente. Durante esta primera etapa se formaron en el interior del extracto los primeros núcleos de hielo.

Transcurrido el tiempo prefijado para la primera etapa se desconectó el criostato del tanque de nucleación y se conectó en el tanque de crecimiento de cristales; al mismo tiempo, la temperatura del punto de control del criostato se bajó a -25°C , y se depositó el extracto en el tanque, esta vez sin agitación. Los dos termopares restantes se sumergieron

Figura 5. Perfil de temperatura típico del proceso de crioconcentración durante la experimentación.



en el extracto, para iniciar la segunda etapa del proceso, durante la cual los núcleos formados en la primera parte crecieron. La duración de esta etapa fue de una hora, al cabo de la cual y sin cambiar el extracto del tanque, se elevó la temperatura del criostato a -15°C, para dar comienzo a la tercera y última fase del proceso, que tardó una hora, durante la cual continuó el crecimiento de los cristales de hielo pero a un ritmo algo más lento, con el objeto de evitar la congelación completa del producto.

Finalizada la concentración se depositó el producto en la columna de separación (Figura 4), donde por técnicas de presión neumática mediante un pistón, se efectuó la separación final entre el extracto y los cristales de hielo. De la columna salieron por un lado, un bloque de hielo con algo de extracto de café residual y por otro, el extracto concentrado que fue sometido a un nuevo proceso de concentración o almacenado como extracto crioconcentrado final. Se efectuaron 13 procesos de concentración por extracto. Los primeros 6 entregaron un extracto con una concentración de 8°Brix, aproximadamente, los siguientes tres con 15°Brix, otros tres con 22°Brix y el último con 32°Brix.

Parámetros evaluados a la materia prima, al café almendra, al grano tostado, y al producto tostado y molido.

- Humedad del café almendra (HUMVER). Se usó un medidor de humedad KAPPA AK60 B (KAPPA JANES LTD. Shepperton, Middx., England) previamente calibrado, empleando para la lectura 400g de muestra. Esta medida se realizó por duplicado.

- Densidad del café almendra y tostado en grano (DENVER) (DENGRA). Se determinó empleando el método de caída libre, según la norma NTC 4607 “Café verde y tostado. Determinación de la densidad a granel por caída libre de los granos enteros. Método de rutina” y se expresó en g/ml (9).

- Densidad del café tostado y molido (DENTYM). Se utilizó la norma ISO sobre la metodología de medida por caída libre, que hace referencia al café soluble (10). La densidad se expresó en g/ml.

- Color del café tostado y molido (COLOR). Se efectuó según la Norma Icontec (8), empleando un Colorímetro Quantik IR-800 (IPRELENZO LTDA, Santafé de Bogotá, Colombia). Como se señaló anteriormente, el color fue el parámetro seleccionado para definir el grado de tostación y por exigencia del Panel de Catación de Cenicafé se fijó entre 370 y 390, que corresponde a una tosti3n muy suave.

- Humedad del café tostado y molido (HUMEDAD). Se determinó con base en la diferencia del peso fresco y el peso seco de la muestra. El secado del café se realizó en un estufa a una temperatura de 105°C.

Cálculo del porcentaje de humedad:

$$HUMTOST = \frac{(Pi - Pf) * 100}{(Pi - Pv)} \ll 1 \gg$$

Donde:

Pi = Peso inicial de la caja más la muestra.

Pf = Peso final de la caja más la muestra.

Pv = Peso de la caja de petri vacía.

Esta medida se efectuó por triplicado.

Parámetros medidos al extracto.

- Análisis Sensorial. Lo realizó el Panel de Catación de Cenicafé. El tipo de tosti3n inicial se escogió según sus requerimientos (tosti3n muy clara) y se realizó un entrenamiento especial para evaluar los extractos. Las evaluaciones fueron del tipo descriptivo-cuantitativo (12,

13) y los parámetros medidos fueron:

- Aroma del extracto (AROMEXT)
- Aroma de la bebida (AROMBEB)
- Acidez (ACIDEZO)
- Amargo (AMARGO)
- Cuerpo (CUERPO)
- Color (COLORO)
- Impresión global (IMPREGLO)

Se calificó según la escala:

7-8-9: Bueno

4-5-6: Regular

1-2-3: Rechazo

La catación de los cuatro productos resultantes de una repetición se evaluó en una sola sesión al igual que la muestra de café normal que era tostado ese mismo día, del cual se extrajeron todas las calidades de materia prima, para propósitos de comparación. El extracto que tenía una concentración de 32°Brix se diluyó hasta llevarlo a 2,04°Brix, para proceder a la catación. De igual forma, en esa misma sesión u otra de ese mismo día, se analizaban en similares condiciones, los extractos de repeticiones anteriores, con el objeto de estudiar la evolución del producto con el tiempo.

- Sólidos solubles medidos como °Brix (BRIXI). Esta medida se realizó con un refractómetro digital Leica Auto Abbe, (Leica, Leica Inc. Optical Products Division, Buffalo, NY 14240-0123). La lectura se hizo con la escala de temperatura corregida con dos cifras decimales de precisión. Se midió la concentración en °Brix del extracto, inmediatamente después del proceso de concentración. Para el análisis organoléptico se redujo la concentración a 2,04°Brix y para efectuar las medidas fisicoquímicas se redujo a 29°Brix.

- Sólidos solubles por el método de estufa (SSEST) (SSESTDIS). Se determinaron con un proceso similar al método de la determinación de humedad, pero solamente se adicionaron sobre

las cajas 10g de muestra del extracto de café. Esta medida se tomó por triplicado y se efectuó tanto al extracto producto del proceso de concentración, como al extracto diluido para las medidas fisicoquímicas. Se hizo el cálculo de los sólidos solubles así:

$$SS = \frac{(Pf - Pv) * 100}{(Pi - Pv)} \quad \langle\langle 2 \rangle\rangle$$

Donde:

Pi= Peso inicial de la caja más la muestra.

Pf= Peso final de la caja más la muestra.

Pv= Peso de la caja de petri vacía.

- pH (PH) y acidez titulable (ACIDEZGR). Se midieron titulando una muestra diluida de café (1g de extracto aforado con agua destilada a 150ml) con NaOH 0,01N hasta obtener un pH de 7,0 empleando un titulador automático (Mettler DL-53). Se tomó como medida de pH, el valor inicial de la muestra diluida antes de titulación. La acidez del café se expresó como (ml de NaOH/g) necesarios para neutralizar la muestra diluida, y se calculó con la siguiente fórmula:

$$ACIDEZGR = \frac{ml(NaOH)}{SSESTDIS} \quad \langle\langle 3 \rangle\rangle$$

- Densidad (DENSIDAD). La densidad de cada extracto se midió empleando un picnómetro graduado de 24,952ml.

- Sólidos insolubles del extracto y extracto diluido (SI) (SIDIL)(SIPOR). Se empleó el método por centrifugación descrito en el anteproyecto de norma técnica colombiana sobre extractos de café. Para determinar esta variable se utilizó una centrifugadora refrigerada JOUAN CR412. Esta prueba se efectuó tanto al extracto con la concentración final luego del proceso de crioconcentración, como al extracto diluido para las pruebas fisicoquímicas.

- Tensión superficial (TENSURP). Se determinó la tensión superficial de los extractos empleando para ello un medidor de tensión superficial, Fisher Surface Tensiomat Model 21 (Fisher Scientific, Pittsburgh, Pennsylvania, USA), se utilizó la metodología descrita en el catálogo del equipo (5). Las medidas se hicieron por duplicado y se expresaron en dinas/cm.

- Viscosidad (VISCOSI). Se empleó un viscosímetro Brookfield DV-II (Brookfield Engineering Laboratories, INC., Stoughton, Massachusetts, USA). Para las determinaciones se controló la temperatura y se empleó un adaptador de pequeñas muestras con las agujas apropiadas para efectuar la medida. Se siguieron los procedimientos de catálogo y la viscosidad fue leída en centipoises (cps).

- Color (L, A, B, LAST, AAST, BAST). Se determinó en un colorímetro Hunterlab D25 DP-9000 (Hunter Associates Laboratory Inc, Reston, USA), operando en las coordenadas Hunter Lab y CIE $L^*a^*b^*$ (7).

- Análisis estadístico de los datos del Panel de Catación. Por cada grado de calidad de la materia prima se realizaron aproximadamente 30 juicios. Los datos se sometieron a un procedimiento de descarte de valores más alejados del promedio, empleando la técnica citada por Bauer (1), y aplicada en un programa elaborado en lenguaje SAS, el cual realizó el procedimiento de descarte secuencialmente hasta que ya no se produzcan más descartes.

- Almacenamiento de los extractos de café. Se almacenaron los extractos entre 4 y 8°C, y cada mes se hicieron análisis sensorial y se tomaron las medidas fisicoquímicas. Los análisis se realizaron durante cinco meses y al final la información se analizó estadísticamente aplicando una análisis de varianza convencional para cada calidad de materia prima, con el tiempo de almacenamiento como factor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables referentes a la materia prima y al proceso de tostación

- Humedad del café almendra (HUMVER) y grado de tosti3n (COLOR). El análisis de varianza inicial muestra que estas variables no dependen de la calidad de la materia prima (Tabla 3). Se observan en particular los valores bajos de la desviación estándar y los coeficientes de variación presentados por ellas. El análisis físico efectuado sobre el café verde sano dio como resultado café excelso tipo Europa, para las tres primeras repeticiones y excelso tipo especial, para las otras dos.

- Densidad del café almendra (DENVER), tostado en grano (DENGRA) y tostado y molido (DENTYM). Los resultados del análisis estadístico para las tres medidas de densidad se presentan en la Tabla 4. Se observa que las tres densidades presentan, según el valor de la probabilidad (PROB), una influencia significativa del grado de brocado sobre los res-

Tabla 3. Humedad inicial de la almendra y color de tosti3n de la materia prima.

Variable	Promedio	DE	CV	Mínimo	Máximo	Rango
HUMVER	10,67	0,6	5,6	9,57	11,79	2,22
COLOR	378,35	8,5	2,25	364	391	27

CV: Coeficiente de variación

DE: Desviación estándar

Tabla 4. Discriminación de promedios para las tres densidades con relación al grado de brocado.

Grabro	Denver (G/MI)	Dengra (G/MI)	Dentym (G/MI)
PROB	0,0001	0,0001	0,0004
NORMAL	0,686 A*	0,407 A	0,343 A
GRADO1	0,668 B	0,405 A	0,344 A
GRADO21	0,660 B	0,397 A	0,350 A
GRADO3	0,568 C	0,326 B	0,316 B

PBR: Probabilidad

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencia estadística al 5%.

pectivos valores. Para la DENVER, los cuatro tipos de materia prima presentan tres grupos de promedios significativamente diferentes y también difieren en cuanto al grado de brocado (GRABRO).

En cuanto a la densidad del grano tostado se observan dos grupos de promedios significativamente diferentes: grano normal, grado1 y mezcla, y grado3. La densidad del producto tostado y molido presentó los mismos 2 grupos de promedios estadísticamente diferentes.

En la Figura 6, se observa una notable variación que presenta la densidad del café almendra con relación al grado de brocado o tipo de materia prima. De igual forma, ocurre una dependencia análoga de la densidad del pro-

Tabla 5. Resultados con relación a la humedad del café tostado y molido.

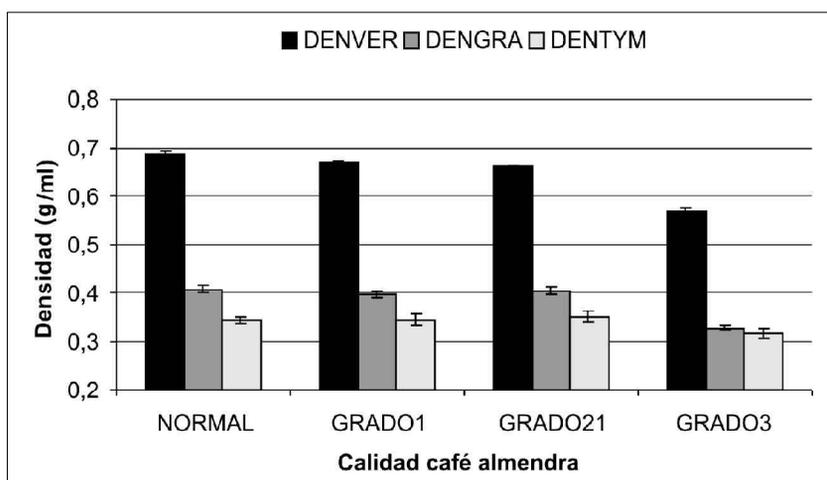
Grabro	Humtost (%)
PROB	0,0007
GRADO1	3,68 A*
GRADO21	3,63 A
NORMAL	3,60 A
GRADO3	2,64 B

PBR: Probabilidad

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencia estadística al 5%.

ducto tostado y molido, y otra dependencia aunque de menor grado en lo que se refiere a la densidad del grano tostado entero. También, se observa que a medida que aumenta el grado de brocado, la diferencia entre la densidad del producto tostado en grano y el grano

Figura 6. Variación de la densidad del café almendra, tostado en grano y, tostado y molido, con relación a la calidad de materia prima inicial.



tostado y molido disminuye, hasta ser muy parecidas para el producto grado3. Se confirma la dependencia de las diferentes densidades del café con el grado de brocado (1).

- Humedad café tostado y molido (HUMTOST). En la Tabla 5 se muestran los valores de humedad del producto tostado y molido.

El valor de la probabilidad indica una influencia significativa del tipo de materia prima sobre la humedad del producto tostado y molido, notándose que se obtienen dos grupos de promedios, por un lado los grados mezcla, 1 y normal, y por otro lado el grado3. En la Figura 7, la barra de error es el doble de la desviación estándar y se confirma la disminución de la humedad para materia prima brocado grado3. Anteriormente se había notado una dependencia de la humedad del producto tostado y molido con relación a la infestación de la materia prima,

pero sin dependencia del grado de brocado. Con estos resultados se confirma dependencia de la humedad del café tostado y molido con relación al grado de brocado.

- Análisis sensorial de los extractos crioconcentrados. Se observó que en todos los casos el valor de la probabilidad muestra una influencia significativa de la calidad de la materia prima sobre las características sensoriales (Tabla 6). Llama la atención que para todas las características sensoriales, a excepción del color organoléptico (COLORO), están claramente discriminados dos grupos de promedios, por un lado los grado1, mezcla y normal, y por otro el grado3. El extracto crioconcentrado procedente de la materia prima brocado grado3 es el único que presenta una calidad definitivamente inferior a las otras muestras, con una calificación de 3.

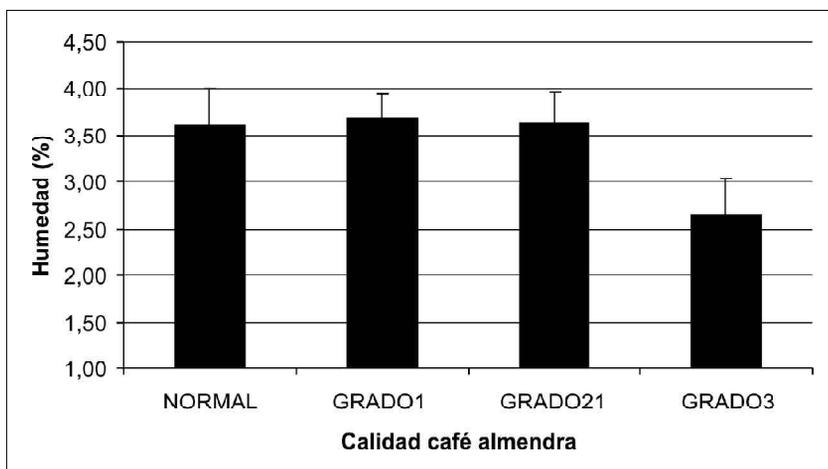


Figura 7. Variación de la humedad del café tostado y molido con la calidad de la materia prima.

Tabla 6. Discriminación de promedios de las variables organolépticas, con relación a la calidad de la materia prima.

Grabro	Impreglo	Aromext	Arombeb	Acidez	Amargo	Cuerpo	Coloro
PROB	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
NORMAL	6,0 A*	6,0 A	6,0 A	6,5 A	6,5 A	6,0 A	7,0 A
GRADO 1	6,0 A	6,0 A	6,0 A	7,0 A	6,0 B	6,0 A	7,0 A
GRADO21	6,0 A	6,0 A	6,0 A	7,0 A	6,0 B	6,0 A	7,0 A
GRADO3	3,0 B	5,0 B	5,0 B	3,0 B	3,0 C	3,0 B	7,0 A

PBR: Probabilidad; *Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencia estadística al 5%.

En la Figura 8, se observa el decrecimiento general de todas las características sensoriales para el extracto proveniente del café brocado grado3, y la notable similitud de las calificaciones sensoriales de los otros tres extractos provenientes de las otras tres materias primas. Los cuatro extractos presentaron calificaciones similares solamente en lo referente al color organoléptico (9), en cuyo caso no presentaron diferencia significativa.

La Figura 9, es un diagrama de estrella donde se comparan los perfiles sensoriales de los cuatro extractos evaluados; en total se

representan 7 ejes correspondientes a cada una de las características del análisis sensorial. En cada eje se marca el valor de la característica respectiva y los puntos se unen entre sí. Según la convención usada por el Panel de Catación de Cenicafé, a mayor valor mejor calidad, y es así como el perfil del extracto que más área tenga será el mejor.

Se destaca el bajo valor del área que presenta el perfil correspondiente al extracto grado3, que definitivamente es el de peor calidad, y la notable similitud de los otros tres perfiles.

Figura 8. Variación de las características sensoriales de los extractos con la calidad de la materia prima.

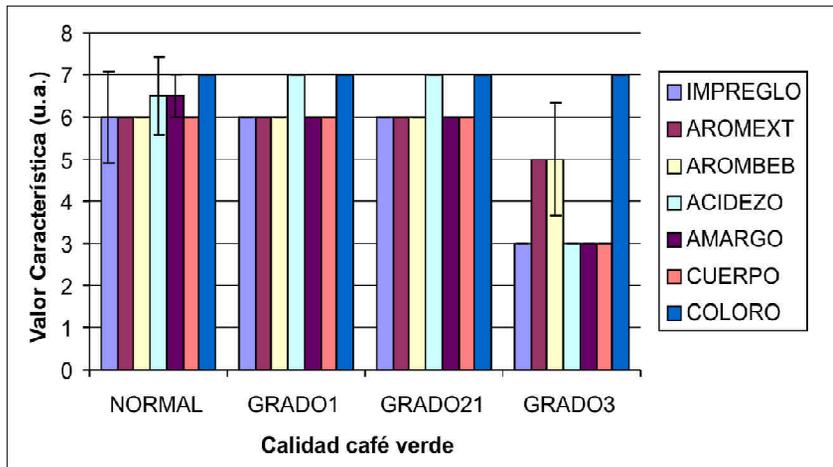
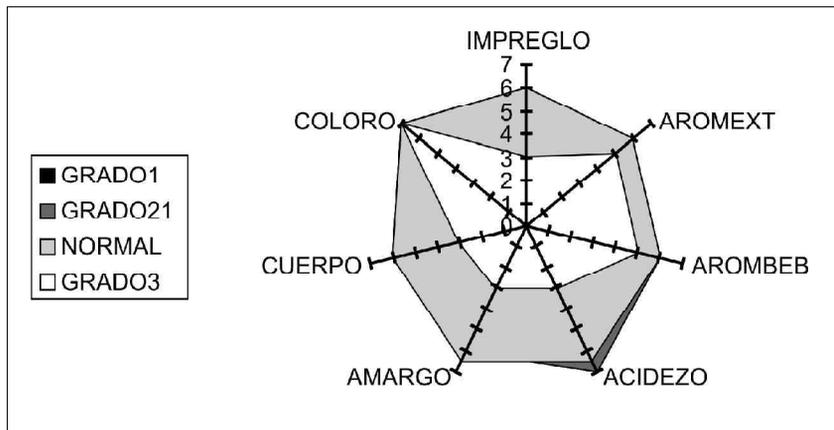


Figura 9. Diagramas de estrella, de las características sensoriales de los extractos analizados



Propiedades físico-químicas del extracto

- Acidez titulable (ACIDEZGR) y pH (PH). De todas las propiedades físico químicas evaluadas, las únicas que mostraron variación significativa fueron la acidez titulable y el pH del extracto. En la Tabla 7, se observa que los valores de la probabilidad muestran una dependencia significativa de los valores de pH y acidez con relación al grado de brocado. Existen dos grupos de promedios significativamente diferentes, por un lado el grupo de los café normal, grado1, mezcla y el grupo conformado por el café brocado grado3.

En la Figura 10, se observan los valores de la acidez titulable, que disminuye a medida que el grado de brocado aumenta y del pH, que aumenta con los mayores grados de café brocado. El comportamiento de la acidez titulable es muy similar al presentado por la acidez organoléptica (ACIDEZO). Para este caso, el extracto proveniente de producto normal tuvo mayores valores de acidez y menores valores de pH.

- Cantidad de extracto producido (Vol). La cantidad de extracto producido en el proceso de crioconcentración muestra una dependencia significativa del grado de brocado (Tabla

8). De igual forma, se observan pares de promedios pero no grupos de promedios significativamente diferentes, por lo que la influencia que tiene el grado de brocado sobre la cantidad del extracto producido no es muy fuerte. En la Figura 11, se observa que existe

Tabla 7. Discriminación de promedios para la acidez titulable y el pH, en función de la calidad de la materia prima.

Grabro	Acidez g (ml NaOH/g)	pH
PROB	0,0022	0,0001
NORMAL	63,342 A*	4,77 B
GRADO1	61,894 A	4,81 B
GRADO21	57,335 A	4,87 B
GRADO3	34,060 B	5,37 A

PBR: Probabilidad; *Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencia estadística al 5%.

Tabla 8. Discriminación de promedios para la cantidad de extracto producido, en función de la calidad de la materia prima.

Grabro	Vol (ml)
PROB	0,0232
GRADO3	866 A*
NORMAL	786 AB
GRADO21	708 AB
GRADO1	598 B

PBR: Probabilidad; *Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencia estadística al 5%.

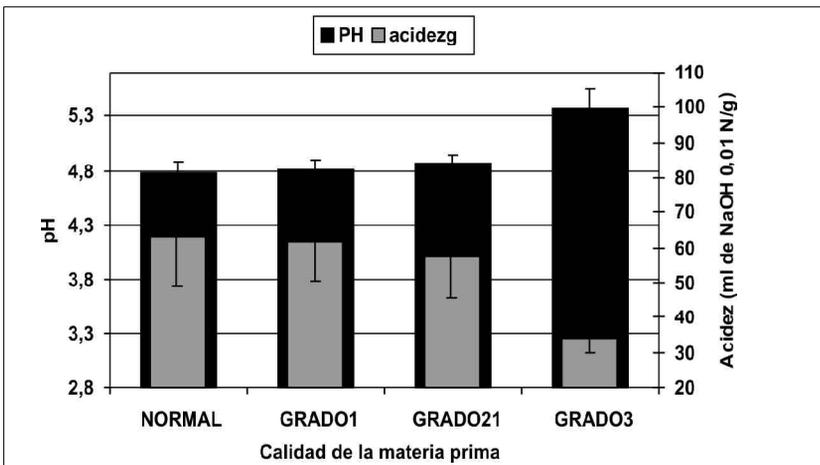


Figura 10. Dependencia de la acidez titulable y pH del extracto con la calidad de la materia prima.

una diferencia significativa entre el extracto grado1 y el grado3.

Otras propiedades fisicoquímicas del extracto

Las siguientes propiedades no mostraron dependencia significativa de la calidad de la materia prima inicial:

- Densidad
- Contenido de sólidos insolubles
- Contenido de sólidos solubles medidos como grados brix y por estufa
- Tensión superficial

- Viscosidad
- Color, tanto el medido en las coordenadas Hunter Lab, como el medido en las coordenadas Cie L*a*b*

La Tabla 9 muestra los resultados de la estadística descriptiva general relacionada con las variables mencionadas anteriormente, las cuales con el 95% de confianza no mostraron dependencia significativa con relación al grado de brocado de la materia prima empleada.

En particular, se observan altos coeficientes de variación, ante todo en los valores del contenido de sólidos insolubles y la visco-

Figura 11. Variación de la cantidad de extracto producido en el proceso de crioconcentración con la calidad de la materia prima

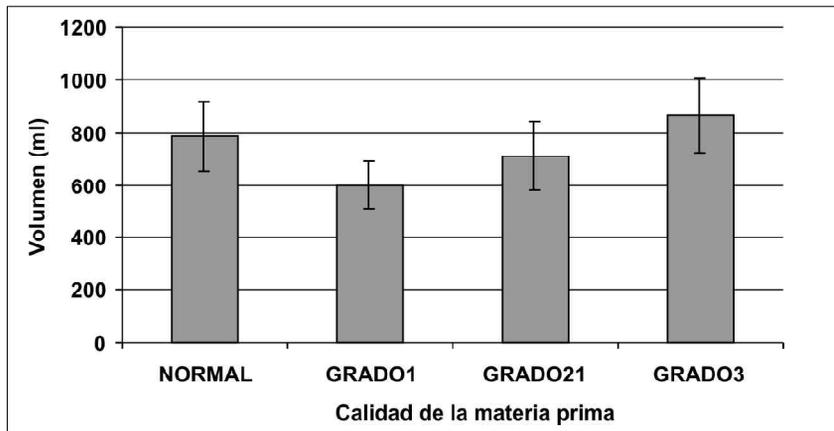


Tabla 9. Estadísticas descriptivas de los parámetros del extracto

Variable	Promedio	DE	CV	Mínimo	Máximo	Rango
DENSIDAD (g/ml)	1,09	0,018	1,68	1,04	1,1	0,06
SIPOR (%)	24,9	8,5	34,2	14,5	41,8	27,3
BRISI	31,56	1,9	6,01	29,15	35,65	6,5
SSEST (%)	27,63	1,66	6,03	25,56	31,58	6
TENSURP (dina/cm)	53	1,95	3,68	49	56	7
VISCOSI (cps)	113,42	74,3	65,5	26,66	283,33	256,67
Color Hunter Lab						
L	3,73	0,56	14,93	2,97	4,87	1,9
A	1,27	0,33	25,77	0,69	2,01	1,32
B	1,96	0,29	14,9	1,5	2,45	0,95
Color Cie L*a*b*						
LAST	1,34	0,42	31,58	0,7	2,17	1,47
AAST	1,1	0,31	27,85	0,72	1,86	1,14
BAST	1,59	0,32	20,39	1,2	2,4	1,2

DE: Desviación estándar

idad, mostrando una gran variabilidad de estos parámetros. Lo anterior sugiere que existen factores no controlados para la determinación de estas variables en estos casos. También llama la atención, que el color no tuvo influencia significativa, tanto para el color medido en las coordenadas Hunter Lab, como el medido en las coordenadas Cie L*a*b*. En ambos sistemas las coordenadas presentaron coeficientes de variación muy altos.

Análisis de Componentes Principales

Empleando las variables que mostraron influencia significativa del grado de brocado para mostrar conjuntos de promedios

significativamente diferentes, se realizó un análisis de componentes principales. Las variables evaluadas fueron:

- Acidez titulable
- pH
- Aroma del extracto
- Aroma de la bebida
- Acidez organoléptica
- Amargo
- Cuerpo
- Impresión global

Se observa cómo la componente principal 1 PRIN1 explica el 77,2% de la variación total, y que las tres primeras componentes principales sumadas explican el 93,2% de la variación

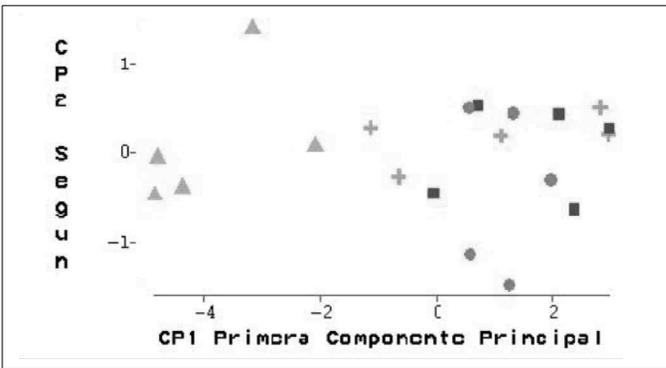


Figura 12. Gráfico de las coordenadas CP1 y CP2 de los puntos experimentales. (Círculos azules: extractos grado 2 y 1 (mezcla); Cuadrados rojos: extractos normales; Triángulos anaranjados: extractos grado 3; Cruces violetas: extractos grado 1).

Tabla 10. Parámetros del análisis de componentes principales efectuado.

Valores Propios	Valor	Proporción	Acumulado
PRIN1	6,737	0,842	0,772
PRIN2	0,424	0,053	0,895
PRIN3	0,297	0,037	0,932
Vectores Propios			
	PRIN1	PRIN2	PRIN3
PH	-0,3376	0,4312	0,5992
ACIDEZGR	0,3257	-0,6713	0,4555
AROMEXT	0,3483	-0,2067	-0,019
AROMBEB	0,3664	0,1364	0,0356
ACIDEZO	0,3587	0,2629	-0,4197
AMARGO	0,3502	0,2433	0,4979
CUERPO	0,3652	0,3702	0,0854
IMPREGLO	0,3738	0,1914	-0,0201

Tabla 11. Resultados del análisis estadístico para las variables sensoriales durante el almacenamiento del extracto crioconcentrado.

	Impreglo	Aromext	Arombeb	Acidez	Amargo	Cuerpo	Coloro
NORMAL							
PROB	0,5596	0,4754	0,1987	0,366	0,9324	0,9744	0,0449
Tiempo Almacenamiento							
1	5,99 A*	6,07 A	5,96 A	6,12 A	5,49 A	5,81 A	6,60 A
3	5,22 A	5,88 A	5,21 A	5,18 A	5,21 A	5,63 A	6,74 A
6	5,20 A	5,80 A	4,40 A	4,80 A	5,20 A	6,00 A	6,60 A
2	5,03 A	5,86 A	5,49 A	5,03 A	5,03 A	5,53 A	6,35 AB
4	5,00 A	5,03 A	5,24 A	4,72 A	4,89 A	5,56 A	6,22 AB
5	4,80 A	5,80 A	4,00 A	4,80 A	4,80 A	5,60 A	5,20 B
GRADO1							
PROB	0,0419	0,0301	0,0412	0,0162	0,1049	0,0599	0,2618
Tiempo Almacenamiento							
1	6,07 A	6,21 A	6,09 A	6,28 A	5,83 A	6,18 A	6,73 A
4	5,63 AB	5,63 AB	6,00 A	6,00 A	5,88 A	5,75 A	6,50 A
2	4,99 AB	5,75 AB	5,39 A	5,13 AB	5,00 A	5,40 A	6,30 A
3	4,90 AB	5,50 AB	5,19 A	5,04 AB	5,09 A	5,66 A	6,69 A
6	4,60 AB	6,40 A	5,20 A	4,00 AB	4,40 A	5,40 A	6,60 A
5	3,40 B	4,60 B	4,40 A	3,10 B	3,60 A	4,20 A	5,70 A
MEZCLA							
PROB	0,003	0,0245	0,0001	0,0001	0,0045	0,0005	0,2145
Tiempo Almacenamiento							
1	5,87 A	5,98 A	6,03 A	6,08 A	5,87 A	5,93 A	6,62 A
3	5,49 A	5,58 A	5,78 A	5,44 AB	5,33 AB	5,89 A	6,69 A
2	4,76 AB	5,43 A	5,55 AB	4,53 ABC	4,80 AB	5,28 AB	6,15 A
4	3,67 AB	4,50 A	3,82 BC	3,72 BCD	3,85 AB	4,13 ABC	6,20 A
5	2,90 B	3,60 A	3,00 C	2,50 CD	2,90 B	3,00 C	5,10 A
6	2,60 B	3,40 A	2,40 C	2,00 D	2,80 B	3,40 BC	6,60 A
GRADO3							
PROB	0,0119	0,0001	0,0001	0,0128	0,0007	0,006	0,2349
Tiempo Almacenamiento							
1	4,32 A	4,97 A	4,65 A	4,35 A	4,17 A	4,65 A	6,09 A
2	3,55 A	4,47 AB	4,16 AB	3,60 A	3,53 AB	4,00 A	6,31 A
3	2,65 A	3,71 BCD	2,95 BC	2,35 A	2,50 B	3,00 A	5,58 A
6	2,40 A	3,20 CD	2,40 C	2,00 A	2,40 B	3,00 A	6,60 A
5	2,40 A	4,20 ABC	2,80 CB	2,60 A	2,00 B	3,20 A	4,20 A
4	2,32 A	2,95 D	2,53 C	2,38 A	2,25 B	2,65 A	6,31 A

PBR: Probabilidad; *Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencia estadística al 5%.

total (Tabla 10). La componente principal PRIN1 influye sobre todo las características organolépticas, mientras que en la componente PRIN2, están representadas principalmente las variables acidez titulable y pH.

La Figura 12 es un gráfico de las coordenadas de los puntos experimentales refe-

ridos a las dos primeras componentes principales. Sobre el eje x se presenta la componente principal PRIN1, o sea que la mayor parte de la variación está sobre el eje x, y en el eje y se ubica la componente PRIN2.

La Figura 12 indica que los extractos grado 3 están considerablemente alejados de los de-

más, lo cual indica su gran diferencia con respecto a ellos. Los extractos normales, grado1 y grado2 y 1 se encuentran mezclados y por tanto, son muy similares. Con esta Figura puede concluirse que los extractos de café brocado grado3 son muy diferentes a los otros, y los extractos normal, grado1 y mezcla, prácticamente son indistinguibles.

- Análisis Sensorial. La Tabla 11 muestra los resultados para el análisis sensorial y la Figura 13 es una gráfica de dispersión correspondiente a la variación con el tiempo de la impresión global de los productos almacenados.

En la Figura 13, puede observarse que tanto el extracto proveniente del producto normal como del brocado grado1 no presentan, prácticamente, variación en el tiempo de almacenamiento. El extracto proveniente de la mezcla, presenta un marcado deterioro a lo largo del período de almacenamiento, pues comienza con valores similares a los productos normal y grado1, pero al final decrece a valores comparables con el extracto proveniente del producto grado3. En cuanto al extracto proveniente del producto grado3, en general, desde el comienzo del período de almacenamiento presentó valores de impresión global por debajo los valores de los otros

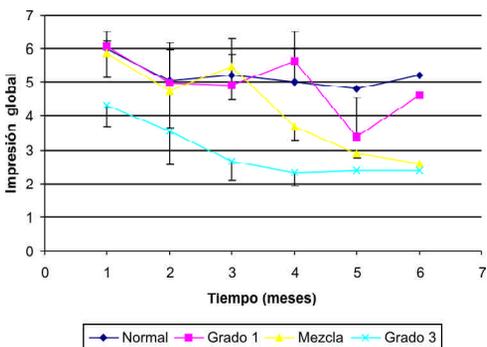


Figura 13. Impresión global a través del tiempo de almacenamiento para las cuatro calidades de extracto crioconcentrado .

extractos y sistemáticamente cayó aun más, y al final del período de almacenamiento tuvo valores muy parecidos a los del extracto mezcla.

La evolución del color organoléptico contra el tiempo de almacenamiento se presenta en la Figura 14; allí se aprecia que el color del extracto no se ve afectado, ni por la calidad de la materia prima, ni por el tiempo de almacenamiento, contrario a las otras características sensoriales.

- Acidez y pH. La Tabla 12 muestra el análisis estadístico correspondiente a la acidez y el pH de los extractos almacenados. Se observan in-

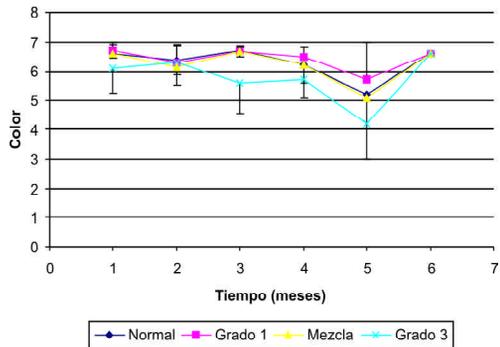


Figura 14. Color organoléptico a través del tiempo de almacenamiento para las cuatro calidades de extracto crioconcentrado.

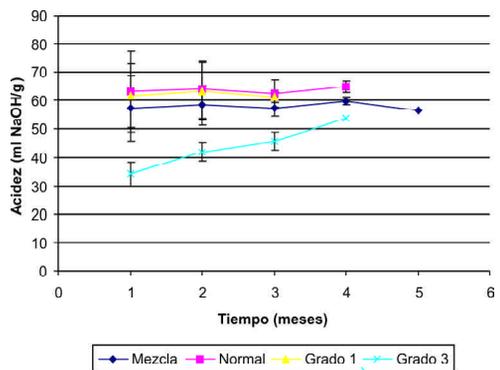


Figura 15. Gráfica de la evolución de la Acidez titulable contra el tiempo de almacenamiento para las cuatro calidades de extracto crioconcentrado.

Tabla 12. Resultados del análisis estadístico para la evolución de las variables Acidez y pH durante el almacenamiento del extracto crioconcentrado.

	Acidez (ml de NaOH 0,01N/g)	pH
NORMAL		
PROB	0,9944	0,448
Tiempo Almacenamiento		
4	64,88 A*	4,65 A
2	64,03 A	4,70 A
1	63,34 A	4,78 A
3	62,60 A	4,72 A
GRADO1		
PROB	0,9565	0,5035
Tiempo Almacenamiento		
2	63,51 A	4,74 A
1	61,89 A	4,81 A
3	61,17 A	4,72 A
MEZCLA		
PROB	0,9956	0,1225
Tiempo Almacenamiento		
4	59,86 A	4,73 A
2	58,36 A	4,81 A
3	57,44 A	4,81 A
1	57,34 A	4,87 A
5	56,65 A	4,87 A
GRADO3		
PROB	0,0009	0,0222
Tiempo Almacenamiento		
4	53,68 A	4,84 B
3	45,96 AB	5,12 AB
2	41,97 BC	5,17 AB
1	34,06 C	5,37 A

PBR: Probabilidad; *Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencia estadística al 5%.

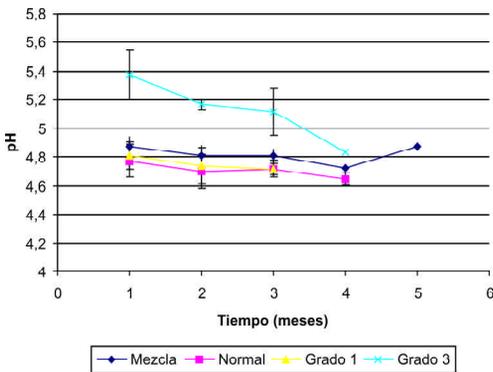


Figura 16. Gráfica de la evolución del pH contra el tiempo de almacenamiento para las cuatro calidades de extracto crioconcentrado

fluencias significativas tanto para la acidez como para el pH del extracto proveniente del producto grado3.

En la Figura 15 puede observarse la variación de la acidez titulable respecto al tiempo, y la Figura 16 presenta el comportamiento de la variable pH en condiciones de almacenamiento a través del tiempo. Para los extractos provenientes de los productos normal, grado1 y mezcla, tanto la acidez como el pH permanecen constantes a lo largo del tiempo. No sucede lo mismo con la acidez titulable y pH del extracto proveniente del producto grado3, el cual inicia en valores bajos de acidez, y altos de pH, y

al transcurrir el tiempo estos valores presentan una variación significativa, tendiendo hacia los valores respectivos de los otros productos.

Parámetros fisicoquímicos

Las variables sólidos solubles del extracto, concentración medida como °Brix, viscosidad, tensión superficial y color (medido en coordenadas Hunter Lab (L A B)), no presentaron variaciones significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento.

En general, para el café tostado se confirma la dependencia que presentan la densidad del café almendra, el café tostado en grano y el café tostado y molido, del grado de brocado. También, se encuentra una dependencia de la humedad del café tostado y molido con el grado de brocado, la cual no se había observado en trabajos anteriores, donde sólo se detectó la dependencia de estas variables con relación al nivel de infestación.

En lo que se refiere a la calidad organoléptica de los extractos, se tiene que en anteriores trabajos de Castaño (2, 3) se habían detectado diferencias entre los productos 100% brocados grado 1 y grado 2, con relación al producto normal, pero sin llegar al rechazo del grado 1 y del grado 2. En este trabajo no se encontraron diferencias entre los extractos crioconcentrados normal, grado 1 y mezcla. Además, éstos presentan un valor absoluto similar y se observa como si las diferencias tenidas en un principio entre estas tres calidades de materia prima tendieran a perderse por el proceso de crioconcentración.

El extracto 100% brocado grado 3, sin embargo, continua siendo el peor calificado, en forma notablemente inferior a los demás, llegando a valores de rechazo.

Algo similar ocurre con la acidez titulable y el pH de los extractos, donde nuevamente

los extractos normal, grado 1 y la mezcla, muestran valores similares. En investigaciones de Castaño(2) no se habían encontrado diferencias significativas entre la acidez titulable y el pH de los productos normales y 100% grado 1, situación que se repite en el presente trabajo, después de haber pasado los extractos por el proceso de crioconcentración. Los 100% brocados grado 2, tampoco mostraron diferencias significativas con relación a estas variables y al producto normal. También análogamente con lo mostrado en este trabajo los productos 100% brocados grado 3, sí mostraron diferencias significativas con relación a los granos normal y 100% brocado grado 1.

En lo que se refiere a los parámetros de proceso, en cuanto a la cantidad de extracto producido el experimento mostró una leve influencia, no muy marcada, del grado de brocado. En cuanto a la concentración final del producto no hubo influencia.

Las variables del extracto: contenido de sólidos insolubles, tensión superficial, densidad y viscosidad, no mostraron dependencia del grado de brocado, aunque cabe anotar que la viscosidad no es una variable representativa debido a que presentó un coeficiente de variación muy alto.

El color medido instrumentalmente por medio de las coordenadas Hunter Lab y CIE $L^*a^*b^*$, no mostró dependencia significativa del grado de brocado, análogamente a lo sucedido con el color organoléptico.

El análisis de componentes principales mostró similitud entre los productos normal, grado 1 y mezcla, mientras que el grado 3 presentó valores diferentes de los otros.

Las medidas de almacenamiento muestran que los extractos normal y grado 1, prácticamente no mostraron deterioro de sus cualidades sensoriales a lo largo de los 5 meses

de almacenamiento. El extracto mezcla, tuvo al comienzo niveles de aceptación comparables a los dos primeros, pero decayó rápidamente a los niveles del extracto grado3. El producto grado3, tuvo calificaciones de rechazo desde un principio, las cuales se acentuaron durante el almacenamiento.

La acidez titulable y el pH permanecieron constantes durante el tiempo de almacenamiento en los productos normal, grado1 y mezcla. El producto grado3, que inicialmente mostró valores de acidez menores y de pH mayores que los otros productos, tuvo un aumento y un descenso respectivamente, de estos valores a lo largo del tiempo de almacenamiento. El resto de propiedades fisicoquímicas medidas incluido el color del extracto, no mostraron variación durante los cinco meses de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Al Panel de Catación de Cenicafé, encabezado por la Dra. Gloria Inés Puerta; al Dr. José Darío Arias, del Programa de Experimentación; al Sr. Luis Eduardo García, Técnico electromecánico de la Planta Piloto de Física Técnica; a los Srs. Héctor Fabio Hernández R. y Darío García G.; a las Srtas. Claudia Santana, Nancy Patiño, Patricia Duque, Luz Edith Pulgarín, Luz Ofelia Guzmán, Martha Isabel Arboleda, Adiel Ríos, María Gladys Patiño, Adelaida Giraldo, Graciela Moreno, Martha Ligia Londoño, Olga Lucía Pérez, Sandra Loaiza y Beatriz Giraldo.

LITERATURA CITADA

1. BAUER, E.L. A statistical manual for chemists. New York, Academic Press, 1971. 193 p.
2. CASTAÑO C., J.J. Informe anual de labores 1996-1997. Chinchiná. Cenicafé, 1997. 58 p.
3. CASTAÑO C., J.J. Informe anual de labores 1997-1998. Chinchiná. Cenicafé, 1998. 44 p.
4. DALGLEISH, J.M. Freeze-drying for the food industries. London, Elsevier Science Publishers, 1990. 230 p.
5. FISHERSCIENTIFIC. Instructions, Fisher Surface Tensiomat, Model 21. E.U. 1988. 16 p.
6. GOLDBLITH, S.A. Freeze-drying and advanced food technology. London, Academic Press, London, 1975. 730 p.
7. HUNTER ASSOCIATES LABORATORY. User's Manual for D25 DP-9000 Systems. Manual Version 1.6. E.U. 1994. Pv.
8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS - ICONTEC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Café tostado y molido. Determinación del grado de tosti3n. Método infrarrojo. Bogotá, ICONTEC, 1988. 4 p. (Norma Técnica Colombiana 2442).
9. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS - ICONTEC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Café verde y tostado. Determinación de la densidad a granel bajo condiciones de flujo libre de los granos enteros (Método de rutina). Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1998. p.v. (Proyecto de Norma Técnica Colombiana DE 917/98).
10. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. GINEBRA. SUIZA. Instant coffee. Determination of free-flow and compacted bulk densities. Ginebra, ISO, 1987. 6 p. (Norma ISO 8460).
11. MASTERS, K. Spray-drying handbook, 5. ed., Nueva York, Longman Scientific and Technical, 1991. 725 p.
12. PUERTA Q., G.I. Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde *Coffea arabica* procesado por vía húmeda. Cenicafé 47(4): 231-234. 1996.
13. PUERTA, G.I.; QUICENO, A.L.; ZULUAGA, J. La calidad del café verde, composición, proceso y análisis. Chinchiná, Cenicafé, 1988. 251 p.