

# ALMACENAMIENTO DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO EN ATMOSFERA DE NITRÓGENO Y GAS CARBÓNICO <sup>1</sup>

Martha Mercedes Ramos-Arévalo\*; José Jaime Castaño-Castrillón\*\*

---

## RESUMEN

**RAMOS A., M.M.; CASTAÑO C., J.J.** Almacenamiento de café tostado y molido en atmósfera de nitrógeno y gas carbónico. *Cenicafé* 55(1):5-15.2004

Se estudió el almacenamiento del café tostado y molido en atmósfera de nitrógeno y gas carbónico como método de conservación del café en anaquel y el efecto que tiene la técnica de empaque (atmósfera: 60% nitrógeno + 40% gas carbónico) y las películas de empaque sobre la calidad del café tostado y molido. Se evaluaron propiedades fisicoquímicas como: índice de peróxido, color, sólidos solubles, sólidos solubles medidos como °Brix, contenido de lípidos, pH, acidez titulable, porcentaje de oxígeno, porcentaje de gas carbónico, porcentaje de nitrógeno, densidad aparente, humedad. También se evaluó la calidad sensorial con énfasis en rancidez. Los resultados indican que el café tostado y molido empacado en PET/PE tuvo un grado de oxidación menor que 1, una buena calificación en prueba de taza y un bajo valor para rancidez. De este modo se comprueba que la atmósfera modificada es una de las alternativas de conservación para almacenar café durante 4 meses.

**Palabras claves:** *Coffea arabica*, tostación, empaque, almacenamiento, atmósfera modificada, propiedades químicas, propiedades físicas, calidad en taza.

---

## ABSTRACT

Roasted and ground coffee storage under nitrogen and carbon dioxide gas atmosphere as a conservation method of coffee conservation in shelf was studied. The packaging technique (atmosphere: nitrogen 60% + carbon dioxide gas 40%) and the package film effect on the roasted and ground coffees cup quality were also analyzed. Physical and chemical properties such as peroxide index, color, soluble solids, °Brix, lipids percentage, pH, total titling acidity, oxygen percentage, carbon dioxide percentage, nitrogen percentage, bulk density and moisture content were assessed. The organoleptic quality with emphasis on rancidity was also evaluated. The results indicate that roasted and ground coffee packed in PET/PE show an oxidation grade under 1, a good cup quality qualification and a low rancidity value. Thus, its was proved that the modified atmosphere is one of the conservation alternatives for coffee storage during four months.

**Keywords:** *Coffea arabica*, roasting, package, storage, modified atmosphere, chemical properties, physical properties, cup quality.

---

<sup>1</sup> Fragmento del trabajo presentado por el primer autor, a la Universidad Jorge Tadeo Lozano, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Alimentos.

\* Becaria del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

\*\* Investigador Científico II, hasta marzo de 2001. Industrialización. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

El deterioro de la calidad del café tostado y molido durante el almacenamiento es debido a problemas generados principalmente por el oxígeno presente en el espacio de cabeza que se deja cuando se empaqueta el café para su comercialización; además, porque en la industrialización se realiza la perforación del empaque para permitir la salida del gas carbónico producido durante el proceso de torrefacción; en donde se genera la salida de este gas pero se está permitiendo al mismo tiempo la entrada del oxígeno dentro del empaque.

Una de las técnicas eficazmente empleada como complemento a los diferentes métodos de conservación de alimentos constituye el aislamiento del ambiente circundante, mediante empaques, envases y/o embalajes (13).

El desarrollo de sistemas de envasado y películas selectivamente permeables a los gases han sido elementos claves para la comercialización de alimentos empacados al vacío y en atmósferas modificadas (AM), con el fin de prolongar la vida útil del producto (2).

La tecnología del envasado en atmósferas modificadas (AM) y vacío, puede aplicarse prácticamente a todas las categorías de alimentos pero cada caso presenta su especificidad (8).

La modificación del ambiente es una técnica que consiste en cambiar el entorno de un producto con el objeto de prolongar su conservación; la técnica del embalaje al vacío suprime el principal agente de alteración, el oxígeno, en tanto que el acondicionamiento bajo atmósferas modificadas (AM), reemplaza el aire por otros gases tales como nitrógeno y gas carbónico (8).

La aplicación de esta técnica permite controlar las reacciones químicas, enzimáticas o microbianas con el fin de reducir o eliminar las principales degradaciones. (3)

La degradación de los alimentos como consecuencia de la oxidación de lípidos, por alteraciones enzimáticas y crecimientos microbianos puede ser controlada preservándola mediante envasado bajo atmósferas protectoras compuestas por mezclas adecuadas de nitrógeno, oxígeno, gas carbónico y trazas de monóxido de carbono. La interacción entre alimentos, películas de envasado, procesos utilizados y las diferentes mezclas de gases son los factores determinantes en la aplicación de este método. (9)

La industria torrefactora busca opciones desde la producción hasta llegar al empaque; es allí donde se tienen alternativas de presentación y conservación para brindarle al consumidor un producto de calidad (4).

El café es empacado en bolsas que garantizan su frescura durante un mes y al vacío hasta por un año. Se logra mejor efecto de conservación cuando se utilizan atmósferas controladas (AC) y atmósferas modificadas (AM) (10).

Uno de los factores que influye en la selección de un empaque para café tostado y molido es el oxígeno. Debido a la granulometría del café, a su área superficial y a su alto contenido de lípidos, la acción del oxígeno provoca oxidación y posterior rancidez del producto lo cual depende principalmente de la temperatura de almacenamiento, el contenido de humedad y el grado de tostión (12).

El factor más importante es la cantidad de aire (espacio de cabeza) en la bolsa en el momento de sellado. La cantidad de oxígeno que queda atrapado influirá en la velocidad de envejecimiento puesto que este es absorbido y reacciona con el café (11).

En esta investigación se estudió el almacenamiento del café tostado y molido en atmósfera de nitrógeno y gas carbónico como método de conservación del café en anaquel.

Se estudió el efecto que tiene la técnica de empaque (atmósfera: 60% nitrógeno + 40% gas carbónico) y las películas de empaque sobre la calidad del café tostado y molido. Se evaluó una serie de propiedades fisicoquímicas como son: índice de peróxido, color, sólidos solubles, °Brix, porcentaje de grasa, pH, acidez titulable, porcentaje de oxígeno, porcentaje de gas carbónico, porcentaje de nitrógeno, densidad aparente, humedad. También se evaluó la calidad sensorial con énfasis en rancidez.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la planta piloto de física aplicada del programa de industrialización del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé en Chinchiná, Caldas, Colombia.

La calidad de la materia prima que se utilizó fue excelso de café colombiano comercial, adquirido en la Cooperativa de Caficultores de Manizales, en Manizales, Caldas, Colombia, el cual fue trillado en la Cooperativa de Caficultores en Chinchiná. El café se tostó a 220°C hasta un color oscuro (171-220 según medida en colorímetro Quantik IR-800) (5). Una vez frío se molió hasta un grado de molienda media (500-700mm, según Norma ICONTEC NTC- 2441).

El café molido se desgasificó por un tiempo de 3½ horas para luego ser empacado en unidades experimentales de 500g, en diferentes películas y almacenado a una temperatura promedio de 15,65°C ± 2,15°C, con humedad relativa promedio de 79,87% ± 1,05% durante 4 meses, con análisis cada mes.

En esta investigación se utilizaron 3 películas de empaque (PET/Al/PE, PET/PE, BOPP Mét/PP) y una mezcla como técnica de empaque (60% N<sub>2</sub> + 40% CO<sub>2</sub>). Según la conven-

ción para describir materiales de empaque, puesto que en general estos están compuestos de varias capas, se describe el empaque indicando el material de cada capa seguido del signo (/). Así, según esta convención, PET/AL/PE es un empaque de tres capas, PEP/PE de dos, y BOPP Mét/PP, es el empaque de uso común en Colombia.

**PET/AL/PE** Laminado de Poliéster-Aluminio-Polietileno; sus capas están distribuidas de la siguiente manera: PET 17 G/ m<sup>2</sup>, Adhesivo 2 G/ m<sup>2</sup>, Aluminio 22 G/ m<sup>2</sup>, Adhesivo 2 G/ m<sup>2</sup>, PEBD 82 G/ m<sup>2</sup>. Es una estructura de alta barrera al vapor de agua, olores y gases como oxígeno, nitrógeno y gas carbónico. Permeabilidad al oxígeno: menor 0,1cc/m<sup>2</sup>/24horas, velocidad de transmisión al vapor de agua: menor 0,1g/m<sup>2</sup>/24h, espesor 1,5mm. Suministrada por INTALPEL S.A.

**PEP/PE** (Poliéster/Polietileno). Suministrada por Kemiplas. Empaque obtenido a través de un proceso de laminación. El polietileno es un polímero no polar, que se caracteriza por su facilidad de trabajo y su excelente resistencia a la humedad pero su impermeabilidad a los gases es baja. El poliéster tiene excelentes propiedades de deformación bajo presión y su buen comportamiento de barrera al gas carbónico bajo presión, su impermeabilidad al oxígeno es baja. Permeabilidad al oxígeno: 96,3cc/m<sup>2</sup> 24h, velocidad de transmisión al vapor de agua: 7,35g/m<sup>2</sup>.

**BOPP Mét/PP.** Suministrada por CARPACK S.A. Bolsa producida por un proceso de laminación. El polipropileno es un material muy versátil en la industria del empaque. Resistencia química excelente, relativo alto punto de fusión, buena elasticidad y bajo costo. El BOPP es un material con baja permeabilidad para mezclas y con alto punto de fusión, encontrándose mejor para apli-

caciones de empaque para altas temperaturas. Permeabilidad al oxígeno: PP: 1300 – 6.400cc/m<sup>2</sup>x 24h, BOPP: 100 –160cc/100 in 2 \* día \* atm a 77 °F y 0 % HR, velocidad de transmisión al vapor de agua: PP: 8 – 14g/m<sup>2</sup>, BOPP: 0,4g/100 in 2 x día a 100°F y 90% de HR.

**Variables de respuesta.** Se determinaron propiedades fisicoquímicas tales como: Índice de peróxido por colorimetría. Durante el tiempo de almacenamiento se observó el grado de oxidación de los diferentes tratamientos, índice de peróxido, el cual se analizó cada mes en donde se tiene los siguientes tiempos de almacenamiento: 0, 30, 60, 90 y 120 días, medido en un espectrofotómetro (Shimadzu UV-Visible 2100), el Color (5), medido en el colorímetro Quantik IR-800, la densidad aparente (7), medida en el densímetro Quantik VU-80, el contenido de humedad (6), el pH y la acidez titulable (1), los sólidos solubles (14) y el contenido de lípidos en un extractor Soxhlet Büchi 810, el porcentaje de gases (oxígeno, gas carbónico y nitrógeno) medido en un analizador de gases PACK CHECK.

Las muestras fueron enviadas a análisis sensorial con énfasis en rancidez, al Panel de Catación del Departamento de Mercado Interno de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Este panel para analizar la calidad total de un producto usa métodos descriptivos-cuantitativos, que consisten en evaluar cada una de las características que describen la calidad de un producto tanto cuantitativa como cualitativamente. En este método se evalúan varias características por separado, asignándose un valor numérico (0-10) sobre la escala de acuerdo a la intensidad de la característica. Este panel califica las siguientes características: fragancia, aroma de la bebida, acidez, amargo, cuerpo, impresión global, y rancidez. La escala de valoración es: 0 (Extremadamente bajo), 1, 2, 3 (bajo), 4, 5, 6 (medio), 7, 8, 9 (alto) y 10 (extremadamente alto). Con estos parámetros se determinó la calidad del café tostado y molido durante el almacenamiento.

**Diseño estadístico.** El trabajo se realizó de acuerdo a un diseño experimental completamente aleatorio (Tabla 1), el cual tomó en cuenta los factores más importantes de pérdida de la calidad del café tostado y molido durante el almacenamiento. A todas las variables se les realizó un análisis de varianza y posteriormente se aplicó una prueba de comparación de promedios de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento del Índice de Peróxido, mostró que para los tiempos de análisis de 0, 30 y 60 días estuvo en proceso de estabilización y para el tiempo de 120 días se presentó el valor más bajo para la bolsa de BOPP Mét/PP (0,48meq O<sub>2</sub>/kg), seguida del empaque PET/PE (0,51meq O<sub>2</sub>/kg). Para la bolsa de PET/Al/PE se presenta el mayor valor de índice de peróxido para el último análisis que es de (1,13meq O<sub>2</sub>/kg).

Por tanto, los empaques que para un tiempo de almacenamiento de 4 meses presentan valores por debajo de 1 para la variable índice de peróxido son las bolsas de: PET/PE y BOPP Mét/PP. En la Figura 1 se puede observar el comportamiento de esta variable a través del tiempo de almacenamiento.

La variable Impresión Global mostró a través del tiempo de almacenamiento valores que oscilaron entre 6 y 7,5, valores dados para un café con calidad en taza buena.

**Tabla 1.** Diseño experimental utilizado para evaluar la atmósfera en los diferentes empaques durante el almacenamiento del café tostado y molido.

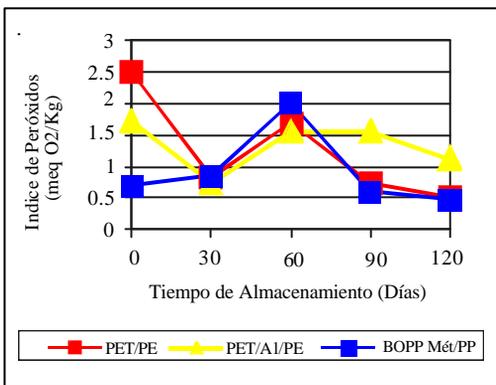
FACTORES	NIVELES
Técnica de Empaque	1
Películas de Empaque	3

Para el tiempo de 120 días el tratamiento que tuvo mayor calificación fue el empaçado en BOPP Mét/PP, seguido del empaçado de PET/PE como se muestra en la Figura 2.

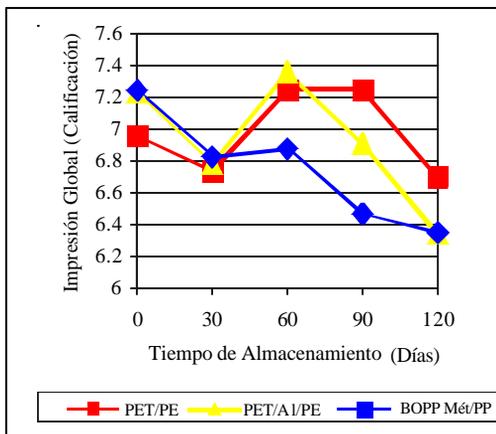
En general, las muestras que analizó el panel presentaron buena calificación para un tiempo de almacenamiento de 4 meses, lo que muestra que la mezcla utilizada puede mantener la calidad durante el almacenamiento.

Otra de las características analizadas por el panel fue la rancidez, muy importante cuando se está verificando la calidad del café durante el almacenamiento. El comportamiento de esta variable a través del tiempo mostró que el tratamiento que tiene menor valor de rancidez para el tiempo de 120 días es el de PET/PE (1,11), seguido del de BOPP Mét/PP (1,30) y el de PET/AI/PE con un valor de (1,68). En la Figura 3 se muestra el comportamiento de esta variable con respecto al tiempo de almacenamiento.

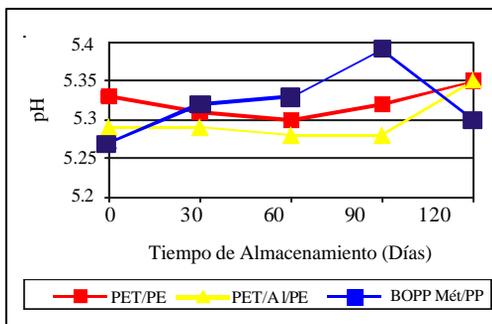
Para la medida del porcentaje de gases, el tratamiento que tuvo mayor porcentaje de oxígeno es el de PET/AI/PE con un valor de (10,85%) siendo este tratamiento el de mayor índice de peróxido para el último tiempo de



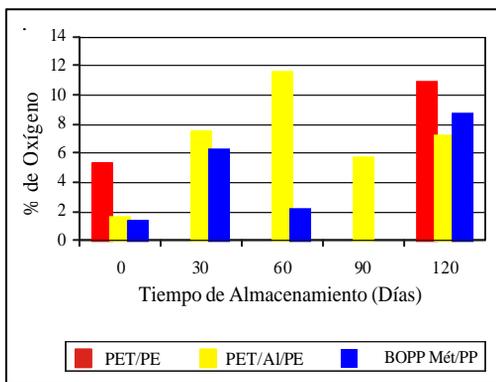
**Figura 1.** Comportamiento del índice de peróxido a través del tiempo de almacenamiento de café tostado y molido. Cenicafé 2000.



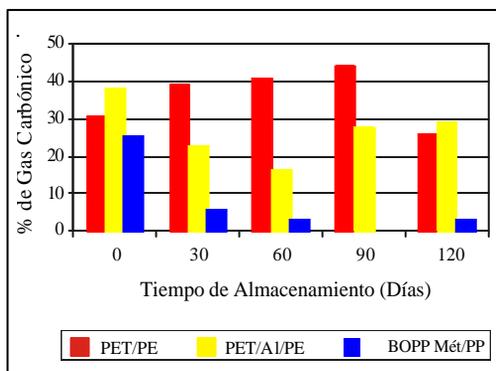
**Figura 2.** Impresión global a través del tiempo de almacenamiento de café tostado y molido. Cenicafé 2000.



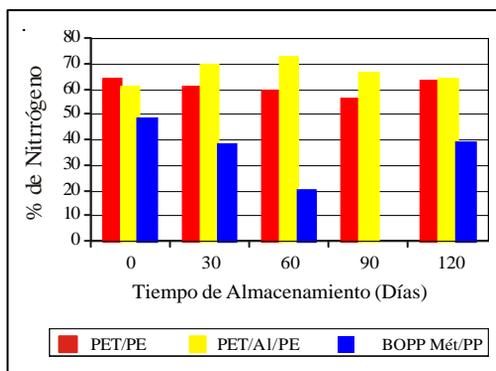
**Figura 3.** Rancidez a través del tiempo de almacenamiento de café tostado y molido. Cenicafé 2000.



**Figura 4.** Porcentaje de oxígeno a través del tiempo de almacenamiento de café tostado y molido. Cenicafé 2000.



**Figura 5.** Porcentaje de Gas Carbónico a través del tiempo de almacenamiento de café tostado y molido. Cenicafé 2000.



**Figura 6.** Porcentaje de Nitrógeno a través del tiempo de almacenamiento de café tostado y molido. Cenicafé 2000.

análisis. En las Figuras 4, 5 y 6 se muestra el comportamiento de los diferentes gases (oxígeno, gas carbónico y nitrógeno), para cada película de empaque durante los 4 meses de almacenamiento. Allí, al tiempo 0 se observa la gran variabilidad que muestran los contenidos de gases medidos lo cual se puede atribuir a cierta inseguridad en la introducción inicial de la atmósfera motivada, sobre todo por el diseño de la máquina empacadora (empacadora minipack torre), que no es exclusiva para café tostado y molido.

El porcentaje de oxígeno en los diferentes empaques se mantiene dentro del rango (0 a 11%) para los tiempos de análisis. La película

de PET/Al/PE presenta un valor de 5% para el tiempo 0 días, manteniendo la atmósfera con 0% de oxígeno para los tiempos de 30, 60 y 90 días; en el tiempo de 120 días presenta un valor de 10,8%. La película de PET/PE mantiene valores de porcentaje de oxígeno y para el último análisis presenta el menor valor (7,1%). La película de BOPP Mét/PP muestra que la película es permeable al oxígeno, ya que durante el tiempo de almacenamiento se muestra que el oxígeno aumenta dentro del empaque.

Los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de gas carbónico son los empacados en PET/Al/PE y PET/PE; mientras que el tratamiento que se empacó en la película de BOPP Mét/PP presenta valores bajos durante el tiempo de almacenamiento. Además, la película de BOPP Mét/PP es más permeable a este gas que los demás empaques.

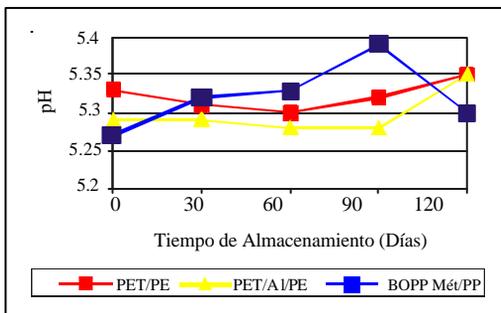
Cuando se observa el porcentaje de nitrógeno se encuentra que los tratamientos que tienen mayor valor para el nitrógeno son los mismos que tienen valores altos para gas carbónico y que el tratamiento que presenta los valores más bajos de porcentaje de nitrógeno es el de BOPP Mét/PP.

Para la variable pH, no hubo variación entre los tiempos de almacenamiento. El valor se mantiene entre 5,25 y 5,4.

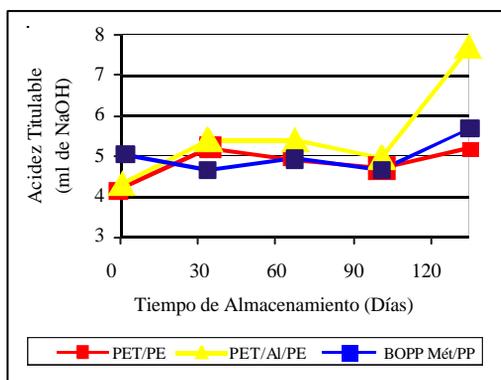
En la variable de respuesta acidez titulable, se encuentra el mismo comportamiento que para el pH en donde no se muestran diferencias entre los tratamientos y los valores están dentro del rango entre 4 y 8.

En las Figuras 7 y 8 se puede observar que la mezcla no afectó el comportamiento del pH y la acidez titulable con respecto al tiempo de almacenamiento.

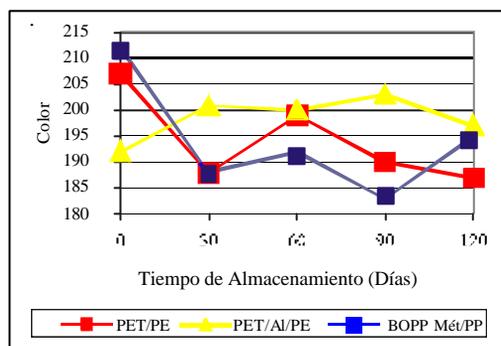
El Color, se mantuvo dentro del rango para tosti3n oscura (171-220). En la Figura 9 se



**Figura 7.** Comportamiento del pH a través del tiempo de almacenamiento de café tostado y molido. Cenicafé 2000.



**Figura 8.** Comportamiento de la acidez titulable a través del tiempo de almacenamiento de café tostado y molido. Cenicafé 2000.



**Figura 9.** Comportamiento del color a través del tiempo de almacenamiento de café tostado y molido. Cenicafé 2000.

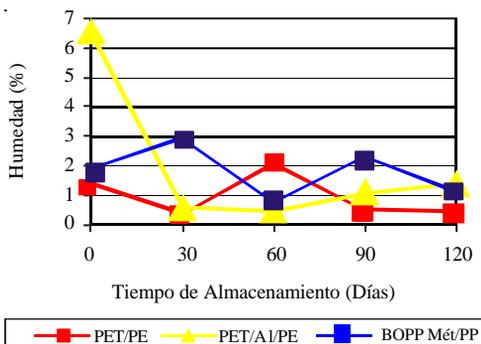
muestra que el color cambia (se oscurece) con el paso del tiempo para las películas de PET/Al/PE y BOPP Mét/PP; mientras que la película de PET/PE mantiene el color del café durante el tiempo de análisis (4 meses); sin embargo, el color no se sale del rango establecido.

Las variables concentración de sólidos solubles medida como °Brix, sólidos solubles, porcentaje de grasa y densidad aparente no se vieron afectadas con la mezcla utilizada como atmósfera durante el almacenamiento.

En general, para la variable humedad (%), los valores se mantuvieron oscilando dentro de 0 y 3%, como se muestra en la Figura 10.

En las Tablas 2 a 6, se presentan los promedios y coeficientes de variación para cada uno de los tratamientos durante el tiempo de almacenamiento.

Como resultado de este estudio se tiene que el empaque en Atmósferas Modificadas (AM), mantiene la calidad del café tostado y molido durante el almacenamiento. La película de empaque que conserva mejor las características organolépticas y físicoquímicas del café tostado y molido durante el almacenamiento es la de PET/PE. Las película de PET/PE, y BOPP Mét/PP presentaron al cabo de 120 días los menores valores para índice de peróxido



**Tabla 2.** Promedios y coeficientes de variación de las variables analizadas en almacenamiento de café tostado y molido con mezcla (60 % nitrógeno + 40 % gas carbónico) a los 0 días.

P	IP		pH		Acidez		% O <sub>2</sub>		% CO <sub>2</sub>		% N <sub>2</sub>		° Brix	
	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)
PET/Al/PE	1,72	17,22	5,33	0,44	4,22	5,84	5,3	200	30,6	63,41	64,0	13,7	1,66	5,98
BOPP Mét/PP	0,69	48,8	5,27	1,94	5,07	6,15	1,52	173	37,9	15,31	60,5	5,24	1,73	3,21
PET/PE	2,5	49,95	5,29	0,47	4,31	23,8	1,33	156	25,2	67,62	48,4	66,7	1,52	13,9

P: Película IP: Índice de peróxido Meq O<sub>2</sub>/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0.01 N/ g de café

P	SS		%G		IG		R		H		COLOR		D	
	$\bar{x}$	cv(%)												
PET/Al/PE	1,5	6,82	15,3	11,99	7,23	0,39	0,51	42,4	1,40	69,9	207	1,30	0,36	1,37
BOPP Mét/PP	1,27	15,03	14,8	33,94	7,25	2,48	0,15	173	1,91	53,2	212	4,92	0,37	3,14

SS: Sólidos Solubles (%) de S.S en la bebida de café preparada (18 g/300 ml de agua) %G: Porcentaje de grasa IG: Impresión global (Calificación) R: Rancidez (Calificación) H: Humedad (%) Color: máxima reflectancia = 446 (Color rojo); mínima reflectancia = -1 (Color negro) D: Densidad (g/ml)

**Tabla 3.** Promedios y coeficientes de variación de los tratamientos con mezcla (60 % nitrógeno + 40 % gas carbónico) para las variables analizadas a los 30 días.

P	IP		pH		Acidez		% O <sub>2</sub>		% CO <sub>2</sub>		% N <sub>2</sub>		° Brix	
	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)
PET/Al/PE	0,74	16,2	5,31	0,32	5,19	5,64	0	—	39,0	1,13	60,98	0,72	1,75	5,04
BOPP Mét/PP	0,86	19,7	5,32	1,41	4,68	11,4	7,56	39,8	22,5	15,9	69,88	1,33	1,54	14,8
PET/PE	0,83	27,4	5,29	0,49	5,41	5,33	6,24	155	5,53	178	38,23	115	1,76	2,37

P: Película IP: Índice de peróxido Meq O<sub>2</sub>/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0.01 N/ g de café

P	SS		%G		IG		R		H		COLOR		D	
	$\bar{x}$	cv(%)												
PET/Al/PE	1,46	7,98	16,0	62,03	6,78	1,7	0,88	40,15	0,37	46,08	188	5,51	0,36	1,37
BOPP Mét/PP	1,46	25,05	15,5	32,05	6,83	0,42	0,77	49,38	2,93	141	188	6,44	0,37	2,70
PET/PE	1,67	2,49	15,3	62,45	6,74	3,28	0,95	16,64	0,57	52,51	201	4,35	0,37	1,34

SS: Sólidos Solubles (%) de S.S en la bebida de café preparada (18 g/300 ml de agua) %G: Porcentaje de grasa IG: Impresión global (Calificación) R: Rancidez (Calificación) H: Humedad (%) Color: máxima reflectancia = 446 (Color rojo); mínima reflectancia = -1 (Color negro) D: Densidad (g/ml)

**Tabla 4.** Promedios y coeficientes de variación de los tratamientos con mezcla (60 % nitrógeno + 40 % gas carbónico) para las variables analizadas a los 60 días.

P	IP		pH		Acidez		% O <sub>2</sub>		% CO <sub>2</sub>		% N <sub>2</sub>		° Brix	
	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)
PET/Al/PE	1,57	34,0	5,3	0,24	4,89	13,4	0	—	40,8	0,80	59,1	0,55	1,6	10,1
BOPP Mét/PP	2,02	15,5	5,33	1,56	4,97	9,44	11,5	84,9	16,0	92,9	72,5	7,6	1,7	4,11
PET/PE	1,70	13,3	5,28	1,29	5,39	11,5	2,12	200	2,98	200	19,91	200	1,75	5,29

P: Película IP: Índice de peróxido Meq O<sub>2</sub>/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0.01 N/g de café

P	SS		%G		IG		R		H		COLOR		D	
	<u>x</u>	cv(%)												
PET/Al/PE	1,31	13,55	15,4	61,09	7,36	2,02	0,25	95,21	2,07	152	1,99	2,84	0,37	1,36
BOPP Mét/PP	1,39	9,69	15,6	82,02	6,88	6,34	1,17	49,48	0,76	9,91	1,92	8,73	0,37	3,14
PET/PE	1,55	6,13	15,2	42,16	7,25	0,79	0,45	12,8	0,44	45,7	200	7,70	0,37	3,82

SS: Sólidos Solubles (%) de S.S en la bebida de café preparada (18 g/300 ml de agua) %G: Porcentaje de grasa IG: Impresión global (Calificación) R: Rancidez (Calificación) H: Humedad (%) Color: máxima reflectancia = 446 (Color rojo); mínima reflectancia = -1 (Color negro) D: Densidad (g/ml)

**Tabla 5.** Promedios y coeficientes de variación de los tratamientos con mezcla (60 % nitrógeno + 40 % gas carbónico) para las variables analizadas a los 90 días.

P	IP		pH		Acidez		% O <sub>2</sub>		% CO <sub>2</sub>		% N <sub>2</sub>		° Brix	
	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)	<u>x</u>	cv(%)
PET/Al/PE	1,56	61,3	5,32	0,65	4,72	11,1	0	—	44,1	3,74	55,85	2,95	1,67	6,39
BOPP Mét/PP	0,61	14,5	5,39	1,87	4,68	17,2	5,65	171	27,6	53,7	66,69	9,12	1,62	5,15
PET/PE	0,74	20,4	5,28	0,39	4,96	5,89	0	—	0	—	0	—	1,76	2,95

P: Película IP: Índice de peróxido Meq O<sub>2</sub>/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0.01 N/ g de café

P	SS		%G		IG		R		H		COLOR		D	
	<u>x</u>	cv(%)												
PET/Al/PE	1,29	9,93	15,69	1,04	6,91	2,38	0,64	23,4	0,5	66,93	190	3,6	0,36	2,67
BOPP Mét/PP	1,29	11,18	15,5	2,21	6,47	6,24	1,85	31,1	2,31	23,91	183	5,78	0,36	3,23
PET/PE	1,39	3,38	15,12	1,64	7,25	0,79	0,05	115	1,10	30,2	203	1,86	0,38	2,14

SS: Sólidos Solubles (%) de S.S en la bebida de café preparada (18 g/300 ml de agua) %G: Porcentaje de grasa IG: Impresión global (Calificación) R: Rancidez (Calificación) H: Humedad (%) Color: máxima reflectancia = 446 (Color rojo); mínima reflectancia = -1 (Color negro) D: Densidad (g/ml)

**Tabla 6.** Promedios y coeficientes de variación de los tratamientos con mezcla (60 % nitrógeno + 40 % gas carbónico) para las variables analizadas a los 120 días.

P	IP		pH		Acidez		% O <sub>2</sub>		% CO <sub>2</sub>		% N <sub>2</sub>		° Brix	
	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)	$\bar{x}$	cv(%)
PET/Al/PE	1,13	27,93	5,35	0,09	5,18	16,07	10,8	115	26	98,64	63,15	20,78	1,70	13,8
BOPP Mét/PP	0,48	52,04	5,35	1,50	5,67	7,21	7,10	173	28,8	77,3	64,03	15,64	1,65	5,64
PET/PE	0,51	24,33	5,30	0,63	7,70	41,7	8,63	126	2,75	137	38,63	115	1,77	7,19

P: Película IP: Índice de peróxido Meq O<sub>2</sub>/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0.01 N/ g de café

P	SS		%G		IG		R		H		COLOR		D	
	$\bar{x}$	cv(%)												
PET/Al/PE	2,32	75,31	15,84	0,76	6,34	6,45	1,68	39,4	0,47	49,1	187	1,81	0,36	1,62
BOPP Mét/PP	1,52	8,10	15,67	0,53	6,35	3,43	1,30	53,8	1,11	38,6	195	7,40	0,37	3,14
PET/PE	1,75	6,06	15,40	1,41	6,70	2,19	1,11	39,07	1,37	31,15	197	1,89	0,37	0

SS: Sólidos Solubles (%) de S.S en la bebida de café preparada (18 g/300 ml de agua) %G: Porcentaje de grasa IG: Impresión global (Calificación) R: Rancidez (Calificación) H: Humedad (%) Color: máxima reflectancia = 446 (Color rojo); mínima reflectancia = -1 (Color negro) D: Densidad (g/ml)

(0,51 y 0,48 meq O<sub>2</sub>/kg, respectivamente), también obtuvieron buena calificación en prueba de taza y para el valor de rancidez obtuvieron los menores valores; por tanto, estas películas junto con la atmósfera de nitrógeno y gas carbónico pueden mantener la calidad del café por un tiempo de almacenamiento de cuatro meses.

La película de PET/Al/PE mostró valores de oxígeno únicamente para los tiempos de análisis de 0 y 120 días, y de gas carbónico para todos los tiempos de análisis. La película de empaque de BOPP Mét/PP presenta valores muy bajos para el oxígeno y gas carbónico.

Las variables pH, acidez titulable, densidad aparente, sólidos solubles, porcentaje de grasa, humedad y °Brix no sufren cambios durante el almacenamiento. Por tanto, la atmósfera utilizada dentro del empaque no afecta estas variables de respuesta.

## AGRADECIMIENTOS

A los drs. Ricardo León e Irma Milena Mayorga del Departamento de Mercado Interno de la Federación Nacional de Cafeteros por su colaboración en la planeación y ejecución del trabajo, y al Panel de Mercado Interno encabezado por ellos por su labor de catación de las muestras enviadas.

A la dra. Esther Cecilia Montoya de la Disciplina de Biometría de Cenicafé por su importante asesoría estadística.

Al Comité Técnico Icontec 312102, «Café y sus Productos», por su colaboración en la determinación de las películas y condiciones de empaque a emplear.

A todo el personal técnico de la Planta Piloto de Física Técnica de Cenicafé por su invaluable colaboración en la realización del trabajo.

A Javier Andrés Cifuentes por su apoyo incondicional y recomendaciones durante el desarrollo del trabajo.

### LITERATURA CITADA

1. ACEVEDON.,J.L. Influencia del agua de apagado sobre el color, la densidad aparente, el contenido de humedad y en general las propiedades fisicoquímicas del café tostado. Manizales, Universidad Nacional de Colombia, 1996. 119 p. (Tesis: Ingeniero Químico).
2. BALZERS, S.A. Coloquio sobre vacío y su aplicación a la industria. Santafé de Bogotá, Balzers S.A, 1977. 204 p.
3. BUREAU, G.; MULTON, J.L. Embalaje de los alimentos de gran consumo. Zaragoza, Editorial Acribia S.A, 1995. 748 p.
4. CLARKE, R.J.; MACRAE, R. Coffee. Vol. 2. Technology. Londres, Elsevier Applied Science, 1985. 321 p.
5. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN- ICONTEC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Café tostado y molido. Determinación del grado de tuestión. Método Infrarrojo. Bogotá, ICONTEC, 1987. 4 p. (Norma NTC No. 2442).
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN- ICONTEC. BOGOTA. COLOMBIA. Determinación de la pérdida de masa por secado. Bogotá, ICONTEC, 1989. 5 p. (Norma NTC No. 2558).
7. INTERNACIONAL ORGANISATION FOR STANDARDIZATION - ISO. GINEBRA. SUIZA. Determinación de la densidad por el método de compactación. Londres, ISO, 1980. 4 p. (Norma TC34/SC15).
8. KADER, A.A. Envasado de alimentos en atmósferas modificadas. Alimentación Equipos y Tecnología 12(5): 53-63. 1993.
9. KADER, A.A. Envasado bajo atmósfera protectora. Alimentación Equipos y Tecnología 16(2): 104-111. 1994.
10. MONZOQUE, D.M.; SASTOQUE, A.M. Conservación de fresa (variedad Chandler), categorías extras en atmósferas modificadas. Santafé de Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1992. 143 p. (Tesis: Ingeniería de Alimentos).
11. PACHÓN R., M.E.; PATIÑO, P.J. Máquina selladora al vacío para frascos y bolsas, diseño y construcción. Santafé de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1991. 177 p. (Tesis: Ingeniería Mecánica).
12. RAMOS A., M.M. Empaque y almacenamiento de café tostado y molido bajo vacío y atmósferas de nitrógeno y gas carbónico. Santafé de Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1998. 175 p. (Tesis: Ingeniería de Alimentos).
13. SARMIENTO, L.G. Envases y empaques para la conservación de alimentos. Santafé de Bogotá, ANDI. Comité de Envases y Empaques. 1994. 131 p.
14. SOTO, M.; ZÁRATE, M. Influencia de la humedad inicial y el tiempo de crepitación sobre las características químicas, físicas y organolépticas del café tostado. Santafé de Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1992. 163 p. (Tesis: Ingeniería de Alimentos).