

UTILIZACIÓN DE REMOVEDORES DE OXIGENO Y GAS CARBÓNICO EN EL EMPAQUE Y EL ALMACENAMIENTO DE CAFÉ TOSTADO

Lucero Elvia Yela-Luna*; Campo Elías Riaño-Luna**; Lucelly Orozco-Gallego**

RESUMEN

LUNA Y., L.E.; RIAÑO L., C.E.; OROZCO G., L. Utilización de removedores de oxígeno y gas carbónico en el empaque y el almacenamiento de café tostado. Cenicafé 50(2):145-165. 1999.

Se determinó la acción y la eficiencia de un removedor de gases en la conservación de las características propias de una mezcla de café tostado entero y molido sin desgasificar, proveniente de la industria tostadora Lukafé. Se ensayaron 16 tratamientos constituidos por 2 empaques: frasco y bolsa; 2 tipos de café: entero y molido y 4 tiempos de evaluación: 0, 50, 90 y 155 días. El removedor (Ageless) se depositó en los empaques los cuales se sellaron y se almacenaron en tres localidades: Honda ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $75\pm 2\%$ HR), Manizales ($17\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $79\pm 2\%$ HR) y Letras ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $78\pm 2\%$ HR), protegidos de la luz y con un testigo (sin removedor) en Honda. Se distribuyeron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial de $2\times 2\times 4$, con 5 repeticiones. Las variables de respuesta fueron los análisis fisicoquímicos y sensoriales. Mediante la prueba de Bartlett se evaluó la homogeneidad de los errores experimentales de las variables en las tres temperaturas y se hizo el análisis combinado de varianzas para evaluar la interacción de los factores con la temperatura. Con las variables se hizo un análisis multivariado; estas respondieron significativamente a los tratamientos con removedores. Los cambios en el café tostado almacenado con adición de removedores no alteran la calidad del producto almacenado; la mayor eficiencia del removedor se obtuvo en el café tostado entero envasado en frasco y a 10°C . El comportamiento de la presión y el contenido de gas carbónico en los diferentes tratamientos se expresó a través de ecuaciones que presentaron un ajuste mayor del 80%. La evolución del índice de peróxido en función del tiempo para la temperatura de Manizales se expresó como una curva polinómica cuadrática con ajuste del 67%.

Palabras claves: Embalaje, café tostado, almacenamiento, conservación, empaques, removedores, secuestrantes, absorbedores, gases, oxígeno residual.

ABSTRACT

Action and efficiency of a gas remover for conservation of characteristics of a whole and ground toasted coffee mixture not degasified, from the toasting industry Lukafé, was determined. The 16 treatments were 2 packing systems: flask and bag; 2 coffee types: whole and ground, and 4 evaluation times: 0, 50, 90 and 155 days. The remover (Ageless) was placed in sealed packages and stored in three places: Honda ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $75\pm 2\%$ RH), Manizales ($17\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $79\pm 2\%$ RH) and Letras ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $78\pm 2\%$ RH), protected from light and a control (without remover) in Honda. Treatments were distributed in a completely random design with factorial arrangement $2\times 2\times 4$, with 5 replications. Response variables were physico-chemical and sensory analyses. Homogeneity of experimental error of variables with the three temperatures was evaluated by Bartlett test and combined analysis of variance measured interaction of factors with temperature. Multivariate analysis was carried out and variables responded significantly to treatments with removers. Changes in toasted coffee stored with removers does not alter quality of the product. Highest efficiency of remover was obtained with whole toasted coffee packed in flasks at 10°C . Behavior of pressure and carbonic gas content was expressed in equations with adjustment above 80%.

Keywords: Crate, toasted coffee, storage, conservation, packing, removers, absorbers, gases, residual oxygen.

* Complemento a la tesis de grado "Empaques para café tostado. Secuestrantes de oxígeno, agua y dióxido de carbono para café tostado" presentada a la Universidad Nacional de Colombia, Manizales, para optar al título de Ingeniero Químico.

** Investigador Científico II. Programa de Industrialización y Disciplina de Biometría, respectivamente. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

El café como bebida aromática, es uno de los productos de mayor consumo en el mundo; teniendo en cuenta que el café colombiano es muy apetecido, se deben conocer los medios para preservar las características intrínsecas como: aromas, aspecto físico y propiedades químicas, que contribuyen a identificar un buen café.

La degradación de las cualidades propias del café tostado ocurre cuando se almacena en condiciones no apropiadas y se atribuye principalmente a la presencia de oxígeno, humedad, luz, pérdida de volátiles y temperatura (5,6,9,11). El mayor efecto de estos factores, principalmente el oxígeno, sobre los productos alimenticios es la alteración de sus propiedades organolépticas y su descomposición fisicoquímica; las técnicas de empaque ayudan a controlar en mayor o menor grado estos problemas (4,8).

El empaque sirve de barrera fisicoquímica contra agentes externos que ocasionan la pérdida y alteración de las características de un producto terminado (10,12,16). Con el fin de asegurar la calidad de los productos por períodos largos, se han venido investigando métodos fisicoquímicos para controlar el nivel de oxígeno en el empaque tales como: remoción de gases residuales con otro gas inerte, empaque en vacío, desgasificación a través de válvulas adheridas al empaque y en los últimos años se ha experimentado con adsorbedores de gases (1, 7, 13, 19).

Los removedores de gases son sustancias sólidas que debido a su alta área superficial tienen la propiedad de retirar y separar de manera fisicoquímica algunos compuestos de una mezcla gaseosa (1,7). En el mercado estadounidense y japonés se encuentra gran variedad de tipos de secuestrantes, algunos de ellos específicos para la gran variedad de productos alimenticios. Un ejemplo son los removedores a base de hierro o sustancias reductoras que

remueven el oxígeno, considerado el mayor factor de deterioro de la calidad de los alimentos. En el caso de empaques para café tostado contribuyen a eliminar el oxígeno residual, la humedad y el dióxido de carbono desprendido por el café tostado, contenidos dentro del empaque. La selección del removedor y su eficacia, está sujeta al conocimiento de los principales problemas que se presentan en el producto durante su almacenamiento y la utilización de un material de empaque que sea una buena barrera a los gases (1,13). La temperatura del medio ambiente a la cual el sistema producto/empaque es expuesto durante la distribución y almacenamiento, acelera las reacciones químicas incrementando la rancidez del café tostado (3, 6, 11).

Esta investigación tuvo como propósito determinar la evolución de la calidad del café tostado cuando se almacena con removedores de gases, en las condiciones de temperatura y humedad a las cuales se expone durante su comercialización en el país, como las reinantes en las localidades de Honda en el Tolima, y Manizales y Letras en Caldas; esta información es de interés para Lukafé y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la planta piloto de química aplicada del programa de industrialización en Cenicafé. Como unidad experimental se utilizaron 250 gramos de una mezcla industrial de café tostado sin desgasificar, entero y molido suministrado por Lukafé, industria tostadora de Manizales. Se evaluaron 16 tratamientos constituidos por: dos tipos de café tostado (entero y molido), dos empaques (bolsa o empaque flexible de polipropileno biorientado metalizado y frasco de vidrio o empaque rígido), cuatro tiempos de evaluación (0, 50, 90 y 155 días de almacenamiento),

almacenados en tres sitios (Honda, Manizales y Letras) con valores medios de temperatura y humedad de ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$, $17\pm 2^{\circ}\text{C}$, $10\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $75\pm 2\%$, $79\pm 2\%$ y $78\pm 2\%$), respectivamente.

En cada empaque de café tostado se depositó una bolsita del removedor marca Ageless tipo E (1). Los empaques se sellaron y se almacenaron protegidos de la luz (Figura 1). Adicionalmente se tuvo un testigo (sin removedor) para la temperatura de 30°C y 75% de HR. Como variables de respuesta se tuvieron las consideradas en el análisis fisicoquímico y sensorial.

En los análisis químicos se determinaron: el contenido de lípidos (%) el cual se realizó en una unidad de extracción de lípidos Soxtec System Ht1430 Tecator (21), el índice de peróxido (meq oxígeno/kg muestra) que se determinó por colorimetría siguiendo la metodología de Nestlé (10), el índice de iodo en el cual se siguió el método de Técnicas de Laboratorio para Análisis de Alimentos (14), la acidez titulable (ml NaOH 0,1N gastados), y el pH se realizó en el titulador automático Mettler Toledo DL53 (21).

En los análisis físicos se realizaron las siguientes determinaciones: contenido de dióxido

de carbono y contenido de oxígeno (porcentaje en volumen), el cual se midió en un Orsat y un analizador de gases Mocon Pac Check™ Model 650, en un Termoconstanter Novasina se determinó la actividad acuosa, densidad aparente (g muestra/ml) se realizó por caída libre, la presión total (psi) se midió con un manómetro y un transmisor de presión, el color se evaluó en el colorímetro Triestimulus Hunter Lab Dp-9000 en la escala L, a, b, el porcentaje de humedad y los sólidos solubles se midieron en un analizador de humedad infrarrojo Mettler LJ16 (20, 21).

Los análisis sensoriales los realizó el panel de evaluación de Lukafé, entrenado para evaluar este tipo de mezclas industriales de café tostado; las calificaciones y tablas utilizadas fueron elaboradas por el panel de dicha empresa donde se consideró el aroma, como la más importante. En esta prueba de tasa se tienen en cuenta los siguientes criterios:

Acidez: bajo (0,5-1,2), medio (1,3-1,6), alto (1,6-2,0) y muy alta (2,0-2,6).

Amargo: bajo (3,2-3,7), medio (3,8-4,1) y alto (4,2-4,6).

Aroma: defectuoso, malo ($< 4,0$), ligeramente defectuoso (4,1-4,4), bueno (4,5-4,8).

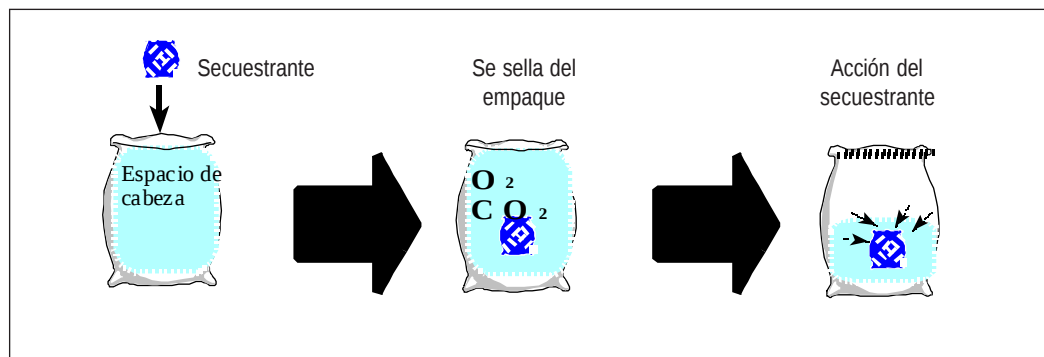


Figura 1. Mecanismo de acción del secuestrante de oxígeno y dióxido de carbono en empaques. Fuente. Ageless (1).

Impresión Global: defectuoso, malo (<6,1), ligeramente defectuoso (6,2-6,7), bueno (6,8-7,3)

Las calificaciones estándares para la mezcla de café utilizada y para las condiciones de tostación son: Acidez (0,8-1,2), Amargo (4,2-4,5), Aroma (4,4-4,8) e Impresión Global (6,7-7,3).

Para su estudio, los tratamientos estuvieron distribuidos bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x2x4 (Café, Empaque y Tiempo) con 5 repeticiones, para cada una de las tres temperaturas de almacenamiento.

Las variables de respuesta fueron los análisis fisicoquímicos y sensoriales, evaluados para cada temperatura y sometidos al análisis de varianza conforme al diseño experimental especificado al 0,01 de significancia. Los promedios de los tratamientos se compararon con una prueba múltiple (DMS) y los tiempos a través de polinomios ortogonales.

Con el fin de analizar en forma global y evaluar la consistencia del efecto de los factores analizados en las variables de respuesta, se realizó el análisis multivariado de varianza (Manova) y se evaluó con el estadístico de prueba Lambda de Wilk. Para evaluar la interacción de los factores con la temperatura se hizo el análisis combinado de varianza, previa prueba de homogeneidad (Bartlett) de los errores experimentales de las tres temperaturas de almacenamiento, para las variables de respuesta que cumplieran este requisito.

También se realizó un estudio de análisis multivariado descriptivo de componentes principales para dar una descripción más concisa de la tendencia de los datos originales e identificar cuales factores tienen mayor influencia durante el almacenamiento (13, 21).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tratamientos con removedor en cada temperatura de almacenamiento, la mayoría de las variables fisicoquímicas y sensoriales presentaron respuesta significativa a los factores: Café, Empaque y Tiempo. Las variables: porcentaje de lípidos, acidez titulable, índice de peróxido, porcentaje de oxígeno, porcentaje de humedad, color (a) y el análisis sensorial (acidez, amargo y aroma) respondieron significativamente a la influencia de la temperatura de almacenamiento en los factores estudiados; los resultados se condensan en la Tabla 1. En general, se encontró que el comportamiento de la temperatura estuvo asociado al tipo de café, empaque y tiempo de almacenamiento con removedor, lo cual verifica la importancia de estos factores en el almacenamiento del café tostado (Tablas 5 y 6).

Para la interacción Empaque x Café con removedor, las siguientes variables presentaron efecto significativo (Tabla 1): Los contenidos de lípidos, oxígeno y humedad; el color (a) y los sensoriales (acidez, amargo y aroma). También los promedios de contenido de lípidos del café tostado se encontraron entre 12,3% y 13,9% (Tabla 2), estos valores se ajustaron a los datos reportados por Clarke (3) (11-16% de lípidos) y Belitz (2) (aproximadamente 13%); el café tostado entero presentó menor contenido de lípidos, razón por la cual el problema de rancidez fue menor. Los contenidos de humedad en los tres sitios presentaron valores inferiores a 1,48%, cantidad que no afecta la calidad del café. Rothfos (17) y Hinman (6), encontraron como valor máximo el 5%. El aroma, de acuerdo a el panel de catación de Lukafé para este grado de tostión, debe estar entre 4,4 y 4,8; las calificaciones dadas para el aroma en este estudio estuvieron en este rango, a excepción del café tostado y molido empacado en bolsa, que presentó una calificación de 4,29 considerada baja. La mayoría de las variables presentaron diferencias significativas favorables para

TABLA 1. Análisis de varianza combinado de las tres temperaturas de almacenamiento para cada una de las variables en el almacenamiento de café con secuestrante.

FACTORES	GL	QUÍMICAS						FÍSICAS						SENSORIAL					
		LÍPIDO		ACIDEZ		PEROXIDO		OXIGENO		HUMEDAD		COLOR (A)		ACIDEZ		AMARGO		AROMA	
		CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F
Empaque	1	3,079	XX	3,673	XX	1,436	XX	5114	XX	0,296	XX	0,277	—	0,004	—	0,003	—	1,463	XX
Café	1	96,64	XX	153,8	XX	1,604	XX	35,26	XX	63,39	XX	116,1	XX	0,198	XX	0,309	XX	0,403	XX
Empaque*Café	1	5,955	XX	3,844	XX	0,024	X	25,11	XX	0,597	XX	7,249	XX	0,121	XX	0,122	XX	0,746	XX
Tiempo	3	1,714	XX	9,188	XX	0,937	XX	826,6	XX	7,326	XX	0,536	XX	0,562	XX	0,235	XX	0,630	XX
Empaque*Café	3	0,660	XX	46,11	XX	0,027	XX	631,1	XX	0,425	XX	0,347	—	0,001	—	0,004	X	0,173	XX
Café*Tiempo	3	0,036	—	4,236	XX	0,051	XX	19,59	XX	4,066	XX	0,728	XX	0,037	XX	0,058	XX	0,062	XX
Emp*Café*Tiempo	3	0,074	X	2,885	XX	0,041	XX	56,39	XX	0,430	XX	0,036	—	0,024	XX	0,024	XX	0,106	XX
Temperatura	2	0,155	XX	2,642	XX	0,122	XX	14,68	XX	0,031	XX	0,145	—	0,007	X	0,008	XX	0,235	XX
Empaque*Temp.	2	0,077	X	0,193	X	0,091	XX	9,247	XX	0,110	XX	0,569	X	0,006	—	0,017	XX	0,153	XX
Café*Temperatura	2	0,120	XX	2,420	XX	0,125	XX	7,945	XX	0,015	—	0,033	—	0,006	—	0,006	XX	0,030	XX
Empaq*Café*Temp	2	0,135	XX	1,534	XX	0,487	XX	1,568	XX	0,036	XX	0,075	—	9,E-4	—	0,002	—	0,028	XX
Tiempo*Temp.	6	0,087	XX	1,884	XX	0,037	XX	10,49	XX	0,031	XX	0,311	X	0,026	XX	0,040	XX	0,082	XX
Emp.*Tiemp*Temp	6	0,076	XX	2,803	XX	0,041	XX	4,763	XX	0,142	XX	0,083	—	0,037	XX	0,035	XX	0,027	XX
Café*Tiemp*Temp	6	0,250	XX	0,415	XX	0,146	X	8,195	XX	0,030	XX	0,294	X	0,002	—	0,003	X	0,020	XX
Emp*Cat* Tie*Temp	6	0,078	XX	0,525	XX	0,032	XX	4,810	XX	0,083	XX	0,037	—	0,008	XX	0,010	XX	0,035	XX
R ²		0,9681		0,9727		0,8872		0,9938		0,9896		0,8375		0,8684		0,8963		0,8756	

GL : Grados de libertad

XX : Grado de significancia del 1%

CM: Cuadrado medio

X : Grado de significancia del 5%

TABLA 2. Promedios de las variables evaluadas para la interacción Empaque x Café, con secuestrante

FACTORES	FÍSICO				QUÍMICO		SENSORIAL	
	%	% CO ₂	Presión O ₂	% H	% Lípido	Índice Peróxido	Acidez Titulable	Aroma
BOLSA								
Entero	9,38	11,85	12,73	0,308	12,85	0,936	7,513	4,481
Molido	7,19	13,81	12,30	1,435	13,81	1,080	9,367	4,287
FRASCO								
Entero	9,66	3,22	13,75	0,337	12,31	0,762	7,519	4,526
Molido	6,98	3,35	11,40	1,265	13,89	0,945	8,866	4,555

TABLA 3. Promedios de las variables evaluadas, para los factores Empaques y Temperaturas de almacenamiento.

EMPAQUE	FÍSICOS		QUÍMICOS	SENSORIAL
	% O ₂	% H		
BOLSA				
Honda	13,33	0,889	1,010	4,287
Letras	11,80	0,853	0,999	4,483
Manizales	12,43	0,872	1,015	4,384
FRASCO				
Honda	3,39	0,758	0,926	4,532
Letras	3,23	0,865	0,781	4,553
Manizales	3,24	0,780	0,853	4,538

TABLA 4. Promedios de las variables evaluadas para los factores Café y Temperatura de almacenamiento.

	FÍSICO		QUÍMICO			SENSORIAL
CAFÉ	% CO ₂	% O ₂	% Lípidos	Índice Peróxido	Acidez Titulable	Aroma
MOLIDO						
Honda	7,34	8,39	13,84	1,071	9,089	4,367
Letras	6,97	8,16	13,89	0,926	9,076	4,497
Manizales	6,96	8,30	13,81	1,041	9,187	4,402
ENTERO						
Honda	11,15	8,33	12,66	0,865	7,858	4,452
Letras	8,58	6,87	12,58	0,854	7,158	4,538
Manizales	8,83	7,37	12,51	0,828	7,531	4,521

el café tostado entero empacado en frasco con adsorbente, apreciándose la acción del removedor en la conservación del café.

La interacción Empaque x Tiempo (Tabla 1), presentó efecto significativo en las siguientes variables: contenido de lípidos, de oxígeno, de humedad, acidez titulable, índice de peróxido y aroma en la evaluación sensorial. En las Figuras 2 y 3, el índice de peróxido y contenido de humedad del café tostado presentaron tendencia a incrementarse en los dos empaques, pero el café envasado en frasco registró valores bajos favoreciendo la estabilidad del producto; en los tratamientos con bolsas el contenido de humedad no fue superior al 2,5%, resultando dentro de los rangos permitidos.

El contenido de oxígeno en el frasco (Figura 4) presentó tendencia a disminuir con el tiempo, llegando a 0% a los 50 días por la eficacia del removedor en la extracción del oxígeno y la hermeticidad del empaque; en la bolsa el contenido de oxígeno tiene la misma tendencia hasta los 50 días; a partir de allí se incrementa debido a la permeabilidad del empaque. El aroma presentó tendencia a disminuir con el tiempo de almacenamiento, siendo mayor éste para el café tostado empacado en bolsa (Figura 5); en el frasco hubo una mejor conservación del aroma y las calificaciones fueron superiores a 4,5 durante el período de almacenamiento; el café empacado en frasco con adsorbente conserva mejor las características organolépticas a través del tiempo. Se resalta la relación inversa que se presentó entre las variables de índice de peróxido y porcentaje de humedad con el aroma; las calificaciones para el aroma fueron menores cuando las muestras incrementaron la humedad y el índice de peróxidos, indicando la degradación del café. Cada uno de los empaques estudiados presenta propiedades diferentes que dan lugar a cambios en las características iniciales del café tostado a través del tiempo.

Las variables con respuesta significativa en la interacción Café x Tiempo, con removedor (Tabla 1), fueron: contenido de oxígeno y de humedad, índice de peróxido, color (a) y los sensoriales (acidez, amargo y aroma). En las Figura 6 y 7 los promedios de contenido de humedad e índice de peróxido aumentaron con el tiempo de almacenamiento para los dos tipos de café; se observó un comportamiento favorable en el café tostado entero porque registró valores menores de 0,7% de humedad y el índice de peróxido fue menor de 0,945 meq.O₂/kg de muestra. Se observó que el removedor ayudó a conservar la estabilidad del producto por más tiempo. En la Figura 8, se puede observar que las tendencias de aroma disminuyeron a través del tiempo de almacenamiento, pero el café tostado entero presenta las calificaciones en el panel de catación más altas. La acidez titulable del café tostado entero y molido registró tendencia a aumentar durante el tiempo de almacenamiento, manteniendo la mayor estabilidad el café tostado molido (Figura 9).

El efecto del empaque con removedor dependió significativamente de la Temperatura (Tabla 1), en las siguientes variables: índice de peróxido, contenido de oxígeno, contenido de humedad y análisis sensorial en amargo y aroma. En la Tabla 3 se encuentran los promedios del porcentaje de oxígeno y se observa que fueron menores en Letras; los mayores rangos de variación (Tabla 1) y de cantidad de oxígeno se presentaron en el café tostado envasado en bolsa. La cantidad de oxígeno dentro del empaque disminuyó por la presencia del removedor y la degradación del café tostado almacenado fue mínima.

Los promedios de índice de peróxido y porcentaje de humedad (Tabla 3) fueron menores para el café tostado empacado en frasco a las temperaturas de Letras y Manizales, favoreciendo la conservación del aroma.

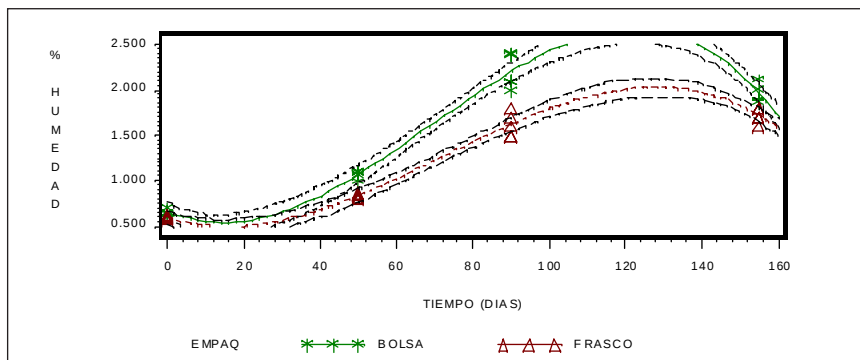


Figura 2. Comportamiento del Índice de peróxido en la interacción empaque y tiempo de almacenamiento en los tratamientos de almacenamiento de café con secuestrante.

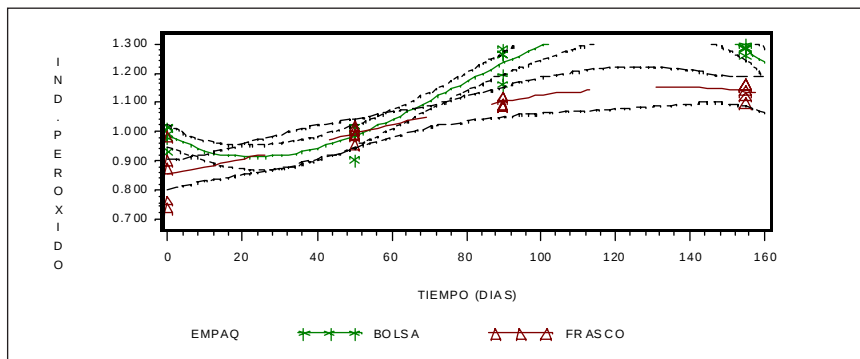


Figura 3. Comportamiento de la humedad en la interacción empaque y tiempo de almacenamiento en los tratamientos de almacenamiento de café con secuestrante.

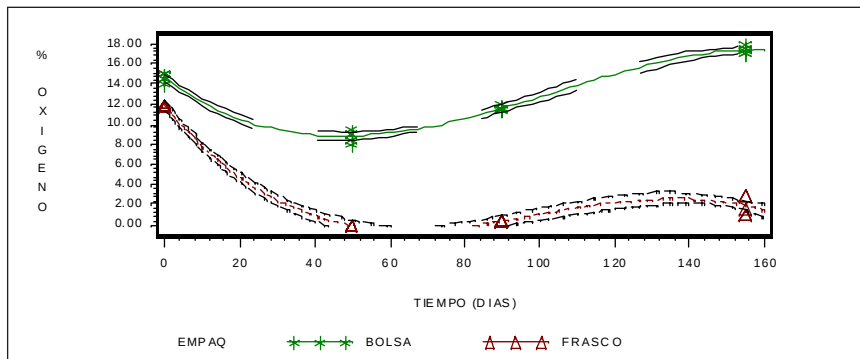


Figura 4. Comportamiento del oxígeno en la interacción empaque y tiempo de almacenamiento en los tratamientos de almacenamiento de café con secuestrante.

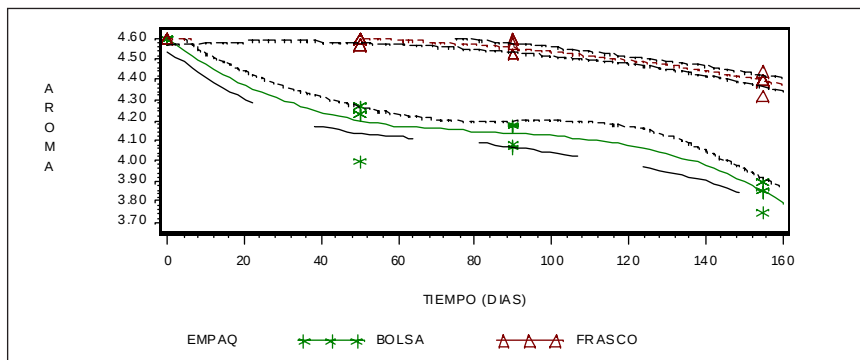


Figura 5. Comportamiento del aroma en la interacción empaque y tiempo de almacenamiento en los tratamientos de almacenamiento de café con secuestrante.

Figura 6.
Comportamiento
de la humedad
en la interacción
café y tiempo de
almacenamiento
en los
tratamientos con
secuestrante.

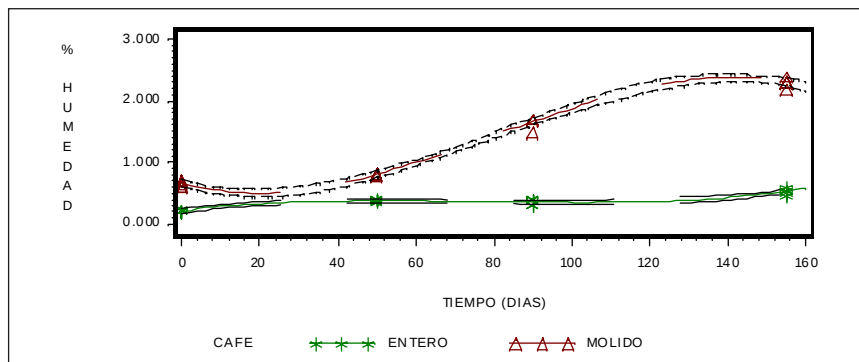


Figura 7.
Comportamiento de
la variable Índice
de peróxido en la
interacción café y
tiempo de
almacenamiento en
los tratamientos de
almacenamiento de
café con
secuestrante.

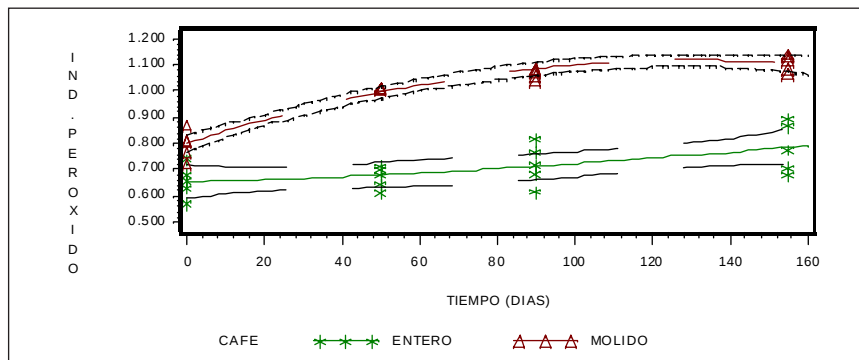


Figura 8.
Comportamiento
del aroma en la
interacción café
y tiempo de
almacenamiento
en los
tratamientos de
almacenamiento
de café con
secuestrante.

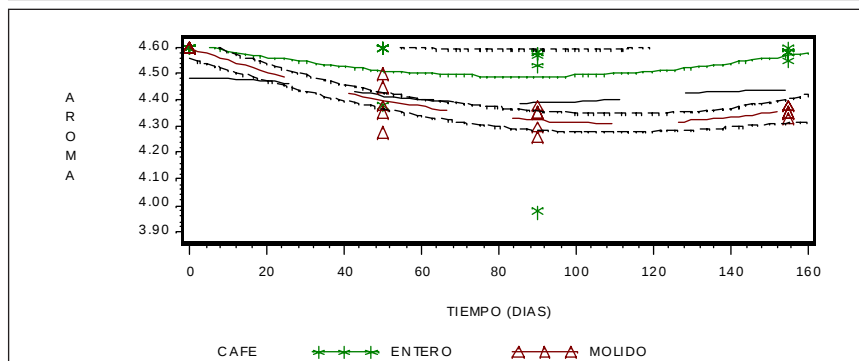
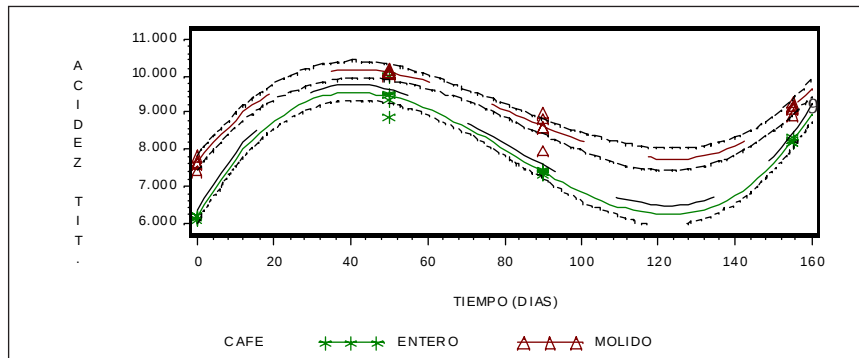


Figura 9.
Comportamiento
de la acidez
titulable en la
interacción café
y tiempo de
almacenamiento
en los
tratamientos de
almacenamiento
de café con
secuestrante.



La interacción Café x Temperatura (Tabla 1) presentó efecto significativo en las siguientes variables: porcentajes de lípidos, acidez titulable, índice de peróxido, contenido de oxígeno y los sensoriales (amargo y aroma) para los almacenados en Honda. Se encontró todo lo contrario para los empacados con secuestrante y almacenados en Letras y Manizales (Tabla 4). El café tostado molido presentó mayor sensibilidad a los incrementos de temperatura de almacenamiento, aún con la presencia de removedor, estando de acuerdo con lo reportado por Heiss (5), quien determinó que una disminución de la temperatura de almacenamiento conserva mejor la calidad del café.

En la interacción Tiempo x Temperatura, con removedor (Tabla 1), se presentó efecto significativo en las siguientes variables: contenido de lípidos, de oxígeno, de humedad, de acidez titulable, índice de peróxido y análisis sensorial (acidez, amargo y aroma). En la Figura 10 se presenta cómo el índice de peróxido en las tres temperaturas de almacenamiento se incrementó con el tiempo durante los primeros 120 días de almacenamiento. El aroma en el panel de catación tuvo tendencia a disminuir (Figura 11), y se observó el mejor comportamiento a la temperatura de Letras donde el producto conservó calificaciones altas, lo cual favoreció la calidad de tasa. Las variables presentaron mayor estabilidad a las temperaturas de Letras (10°C) y Manizales (17°C).

Para cada temperatura de almacenamiento con removedor (Tabla 5), en el análisis multivariado de varianza se registran los valores correspondientes al Lambda de Wilk y el nivel de probabilidad para cada hipótesis planteada. Las hipótesis nulas planteadas para los factores Empaques, Café y Tiempo, y las correspondientes interacciones, se rechazaron al nivel de significancia del 0,01. Esto demostró que los factores propuestos tuvieron efecto significativo sobre el conjunto de variables.

En la Figura 12, se observa la tendencia de la presión total en función del tiempo de almacenamiento para los dos empaques y los datos se ajustaron a una regresión polinómica cuadrática. Las ecuaciones calculadas para la presión en cada uno de los empaques fueron:

En la bolsa:

Ecuación polinómica de la variación de la presión en la bolsa.

$$\text{Presión} = 18,4219 - 0,1586 \text{ Tiempo} + 0,0007 \text{ Tiempo}^2; \quad R^2 = 0,9307 \quad <<1>>$$

En el frasco:

Ecuación polinómica de la variación de la presión en el frasco.

$$\text{Presión} = 18,1424 - 0,1473 \text{ Tiempo} + 0,0007 \text{ Tiempo}^2; \quad R^2 = 0,8226 \quad <<2>>$$

En los dos casos la variación explicada (R^2) de la presión en función del tiempo fue mayor del 82% y se presentó un punto mínimo en la presión para cada empaque, correspondiendo para la bolsa una presión total mínima de 10,643 psi a los 99,85 días de almacenamiento y para el frasco 9,76 psi a los 111,17 días de almacenamiento. La presión en las bolsas fue inferior a la presión atmosférica (presión de vacío), cuyo promedio fue de 12,4 psi. Las presiones de vacío son generadas por la acción del removedor al retirar el dióxido de carbono y el oxígeno del espacio de cabeza del empaque; estos valores no representan perjuicio para la integridad del empaque, confirmando que no es necesario desgasificar el café tostado que vaya a ser empacado con secuestrantes o removedores de gases.

En la Figura 13, se consigna el comportamiento del contenido del dióxido de carbono en función del tiempo para cada empaque en la temperatura de Letras. Los valores se ajustaron

TABLA 5. Análisis multivariado de varianza en diferentes temperaturas de almacenamiento (bodegas). Hipótesis y estadística de prueba de Lambda Wilk.

TEMPERATURA DE ALMACENA- MIENTO	HIPÓTESIS FORMULADAS	LAMBDA DE WILK	Pr>F
Honda 1	Ho: No hay efecto medio del factor EMPAQUE sobre las variables y al menos una variable difiere.	0,00306	0,0001
Honda 2	Ho: No hay efecto medio del factor CAFÉ sobre las variables y al menos una variable difiere.	0,00268	0,0001
Honda 3	Ho: No hay efecto medio en la interacción EMPAQUE x CAFÉ sobre la variables y al menos una variable difiere.	0,04513	0,0001
Honda 4	Ho: No hay efecto medio en la interacción EMPAQUE x TIEMPO sobre la variables y al menos una variable difiere.	1,2E-5	0,0001
Honda 5	Ho: No hay efecto medio en la interacción CAFÉ x TIEMPO sobre la variables y al menos una variable difiere.	0,000166	0,0001
Letras 6	Ho: No hay efecto medio del factor EMPAQUE sobre las variables y al menos una variable difiere.	0,00905	0,0001
Letras 7	Ho: No hay efecto medio del factor CAFÉ sobre las variables y al menos una variable difiere.	0,00339	0,0001
Letras 8	Ho: No hay efecto medio en la interacción EMPAQUE x CAFÉ sobre las variables y al menos una variable difiere.	0,06612	0,0001
Letras 9	Ho: No hay efecto medio en la interacción EMPAQUE x TIEMPO sobre la variables y al menos una variable difiere.	5,7E-5	0,0001
Letras 10	Ho: No hay efecto medio en la interacción CAFÉ x TIEMPO sobre la variables y al menos una variable difiere.	0,000804	0,0001
Manizales 11	Ho: No hay efecto medio del factor EMPAQUE sobre las variables y al menos una variable difiere.	0,005509	0,0001
Manizales 12	Ho: No hay efecto medio del factor CAFÉ sobre las variables y al menos una variable difiere.	0,00329	0,0001
Manizales 13	Ho: No hay efecto medio en la interacción EMPAQUE x CAFÉ sobre la variables y al menos una variable difiere.	0,059007	0,0001
Manizales 14	Ho: No hay efecto medio en la interacción EMPAQUE x TIEMPO sobre la variables y al menos una variable difiere.	4,09E-5	0,0001
Manizales 15	Ho: No hay efecto medio en la interacción CAFÉ x TIEMPO sobre la variables y al menos una variable difiere.	0,000622	0,0001

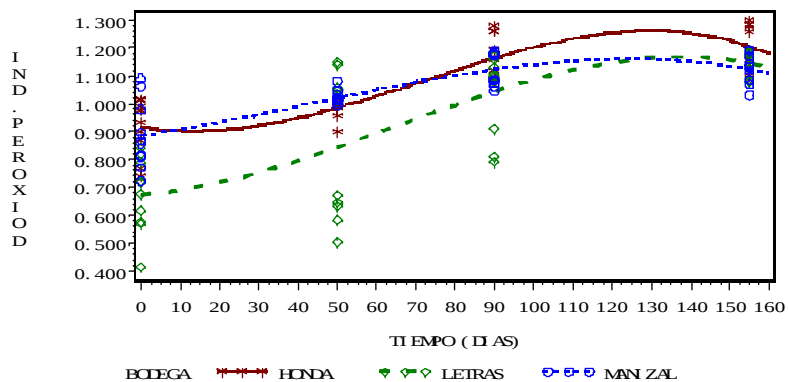


Figura 10. Índice de peróxido en la interacción para temperatura y tiempo de almacenamiento para los tratamientos de almacenamiento de café con secuestrante.

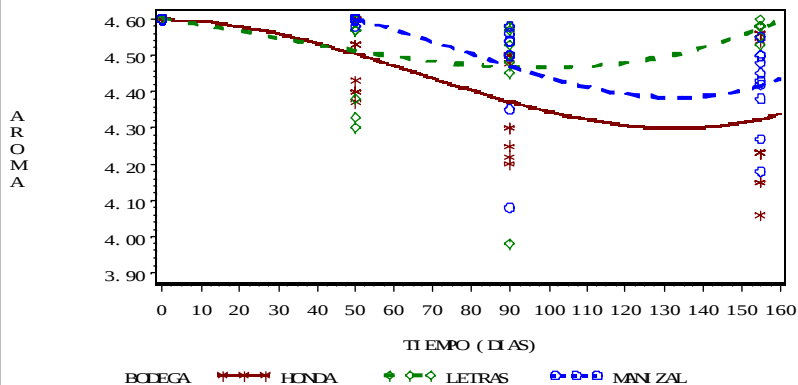


Figura 11. Aroma obtenido en la interacción temperatura (bodega) y tiempo de almacenamiento, para los tratamientos de almacenamiento de café con secuestrante.

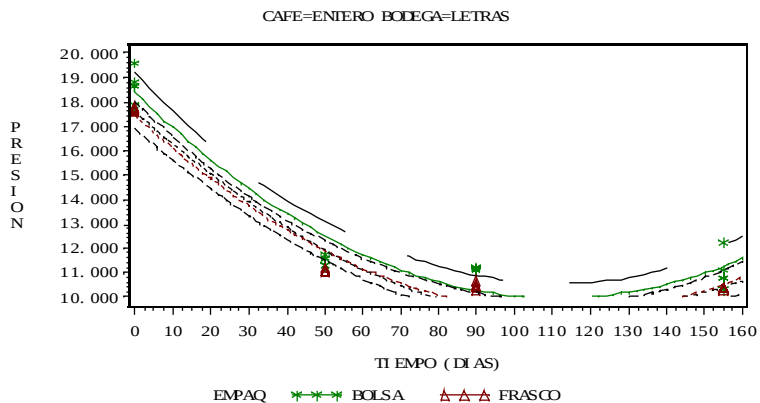
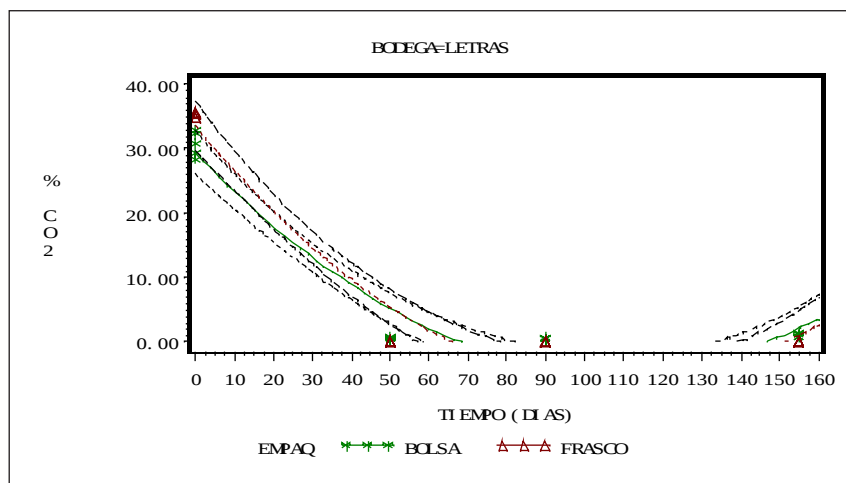


Figura 12. Comportamiento de la presión generada por el café en los dos paquetes utilizados para el almacenamiento.

Figura 13.
Comportamiento
del gas
carbónico
desprendido por
el café en los dos
empaques
utilizados para el
almacenamiento.



a una curva polinómica cuadrática con R^2 mayor del 90%; se presentó un punto mínimo para cada curva correspondiente a los envases de frasco y bolsa, en los cuales no se registró contenido de dióxido de carbono en el espacio de cabeza del empaque, a partir de los 60 días y hasta los 120 días de almacenamiento. El comportamiento de la presión total y el porcentaje de dióxido de carbono son similares para los dos empaques utilizados (Figura 12), lo cual demuestra una vez más que el removedor cumple con la función de retirar el dióxido de carbono desprendido por el café tostado. Las ecuaciones calculadas para el porcentaje de dióxido de carbono fueron:

En la bolsa:

$$\%CO_2 = 29,0043 - 0,6202 \text{ Tiempo} + 0,0029 \text{ Tiempo}^2; \quad R^2 = 0,9346 \quad <<3>>$$

En el frasco:

$$O_2 = 28,5606 - 0,6207 \text{ Tiempo} + 0,0029 \text{ Tiempo}^2; \quad R^2 = 0,8992 \quad <<4>>$$

El material de construcción de la bolsa (polipropileno biorientado metalizado) es permeable a los gases y al vapor de agua, y

existe un intercambio entre el medio atmosférico y el interior de la bolsa lo cual limita la actividad del removedor. La conservación del café tostado es mayor en los frascos por su hermeticidad, manteniendo niveles bajos de oxígeno y dióxido de carbono (Figura 12). El índice de peróxido en función del tiempo (Figura 14) para café tostado molido en la temperatura de almacenamiento de Manizales se ajusta a una curva polinómica cuadrática con una variación explicada (R^2) de 66,5% y se presentó un punto máximo a los 130 días de evaluación con un índice de peróxido de 1,136meq-g de O_2 /kg de muestra. Aunque este registro fue de los más altos para los tratamientos de café tostado molido con removedor, no se presentó el deterioro o rancidez del café tostado como se observó en las calificaciones sensoriales para el aroma (Tabla 3).

Índice de peróxido

$$\text{Índice de peróxido} = 0,8825 + 0,0039 \text{ Tiempo} - 1,5E-5 \text{ Tiempo}^2; \quad R^2 = 0,6570 \quad <<5>>$$

Se realizó una comparación entre café tostado empacado con removedor y tostado empacado sin secuestrante (testigo), para la tempera-

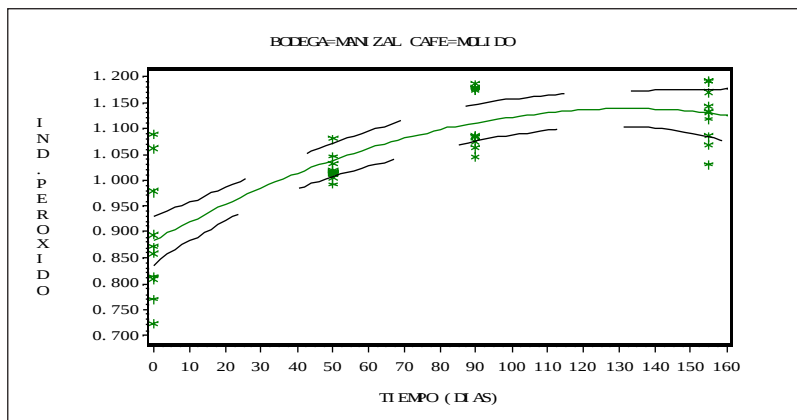


Figura 14.
Comportamiento del índice de peróxido en el tiempo, para el café en los dos empaques utilizados.

tura de almacenamiento más alta (Honda) en sus respectivos empaques (frasco y bolsa), para los cuatro tiempos de evaluación y se realizó un análisis de varianza para los tratamientos con removedor y sin removedor (testigo), con un nivel de significancia del 1% para una temperatura (bodega).

En la Tabla 6, los Tratamientos con y sin removedor en el análisis de varianza presentaron efecto significativo en las siguientes variables de respuesta: contenido de dióxido de carbono, de oxígeno, de humedad, actividad acuosa, densidad aparente, presión, índice de peróxidos, de iodo, acidez titulable, pH y sensorial (acidez, amargo, aroma y global).

En la interacción Tiempo x Tratamiento (Tabla 6) hubo efecto significativo en las siguientes variables evaluadas: porcentajes de dióxido de carbono, de oxígeno, de humedad, actividad acuosa, presión, índice de peróxido, de iodo, acidez titulable, pH y sensorial (acidez, amargo, aroma, global). Para las variables color (L, b, a), sólidos solubles, densidad aparente y porcentaje de lípidos no se obtuvo respuesta significativa.

En el tratamiento con removedor en las tres temperaturas de almacenamiento se observó

que el mejor empaque fue el de vidrio por su hermeticidad y es donde mejor se manifiesta la labor del removedor. En la Figura 15, el índice de peróxido del café tostado en los tratamientos con removedor presentó una tendencia constante a través del tiempo de almacenamiento, con valores de peróxido por debajo de 1,2 meqO₂/g por muestra, por lo cual no se presentaron problemas de rancidez como se observó en el panel de catación para la variable aroma (Figura 17). En la Figura 16, el comportamiento del contenido de oxígeno en los tratamientos con removedor presentó tendencia a disminuir, y no sobrepasó el 2% de contenido de oxígeno dentro del empaque (espacio de cabeza) evitando las reacciones de oxidación de los lípidos; este comportamiento también se reflejó en los valores bajos del índice de peróxido en la Figura 15. En el testigo (Figura 16), el comportamiento del oxígeno también disminuyó debido al desplazamiento de este gas por la gran cantidad de dióxido de carbono que el café tostado libera al ser almacenado sin previa desgasificación.

El pH también presentó gran variabilidad en la respuesta a los factores estudiados (Tabla 6); estos resultados se deben a la alteración de la composición química del café tostado, principalmente, de los compuestos lipídicos que sufren cambios durante el almacenamiento.

TABLA 6. Análisis de varianza de las variables físico-químicas y sensoriales. Temperatura de almacenamiento del café en Honda. Con secuestrante y sin secuestrante (Testigo).

FÍSICOS

FACTOR	G	DIOXIDO		OXÍGENO		HÚMEDA		ACTIVIDAD		SOLUBLE		DENSIDAD		PRESIÓN		COLOR			
		L	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	L	A	B	
TRAT	L	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F
Trat	1	13.E3	XX	444,2	XX	1.620	XX	0,230	XX	4.E-5	—	3.E-4	XX	435,3	XX	0,086	—	0,470	—
Empaq*trat	1	14.E3	XX	227,5	XX	0,028	X	0,039	XX	0,005	—	1.E-5	—	308,6	XX	0,010	—	1,609	XX
Café*trat	1	894,2	XX	0,650	—	0,594	XX	0,026	XX	0,003	—	3.E-5	—	59,23	XX	0,084	—	0,015	—
Emp*caf*trat	3	1029	XX	8,281	XX	0,087	XX	0,019	XX	0,019	—	2.E-4	X	66,20	XX	0,878	XX	0,619	X
Tiempo*trat	3	1464	XX	142,8	XX	0,469	XX	0,038	XX	0,018	X	4.E-5	—	49,58	XX	0,149	X	0,345	—
Emp*tie*trat	3	1542	XX	35,69	XX	0,113	XX	0,008	XX	0,014	—	4.E-5	—	34,73	XX	0,174	X	0,524	X
Caf*tie*trat	3	117	XX	0,382	—	0,350	XX	0,004	XX	0,006	—	2.E-5	—	7,226	XX	0,247	—	0,266	XX
R. cuadrado		0,9985	0,9978		0,9833		0,9620		0,8839		0,9364		0,9964		0,9058		0,8397		0,8068

SENSORIAL

QUÍMICAS

FACTOR	G	LÍPIDO		PEROXID		YODO		ACIDEZ		pH		ACIDEZ		AMARGO		AROMA		GLOBAL	
		L	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	
TRAT	L	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F	CM	P>F
TRAT	1	0,011	—	31,27	XX	93,36	XX	36,00	XX	0,104	XX	0,107	XX	0,085	XX	0,627	XX	1,538	XX
EMPAQ*TRAT	1	0,155	X	0,151	XX	251,8	XX	40,74	XX	0,046	XX	0,053	XX	0,047	XX	0,080	X	0,168	—
CAFE*TRAT	1	0,430	XX	1,847	XX	18,82	XX	6,652	XX	4.E-5	—	0,009	X	0,014	XX	0,002	—	9.E-4	—
EMP*CAF*TRA	3	0,022	—	2,017	XX	0,005	—	6,361	XX	9.E-5	—	0,014	X	0,050	XX	0,239	XX	0,567	XX
TIEMP*TRAT	3	0,066	X	5,235	XX	45,67	XX	5,904	XX	0,021	XX	0,018	XX	0,023	XX	0,193	XX	0,469	XX
EMP *TIE*TRA	3	0,043	—	0,725	XX	38,39	XX	6,863	XX	0,009	XX	0,021	XX	0,009	XX	0,073	X	0,150	X
CAF*TIE*TRA	3	0,140	XX	0,173	XX	17,11	XX	0,853	XX	4.E-4	—	0,001	—	0,002	—	0,005	—	0,016	—
R CUADRADO		0,9482		0,9856		0,8325		0,9821		0,9534		0,8037		0,8447		0,7844		0,7869	

GL : Grados de Libertad
CM: Medio cuadrado
XX : Grado de significancia del 1%
X : Grado de significancia del 5%

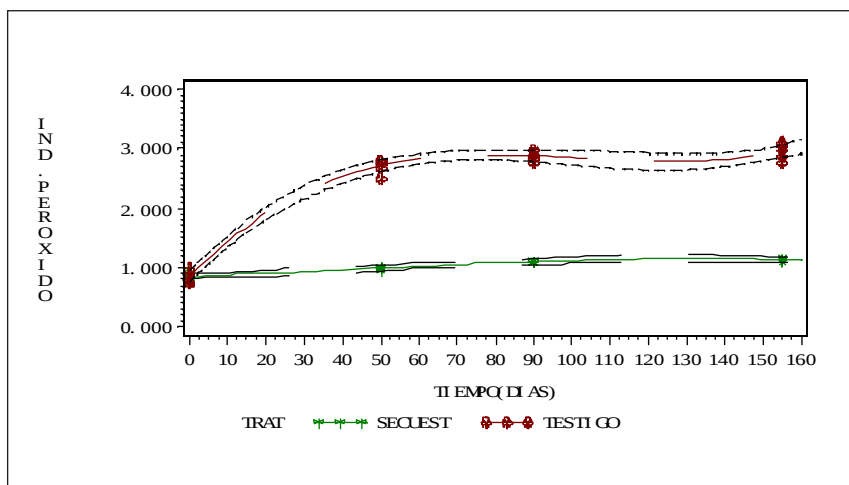


Figura 15. Comportamiento del Índice de peróxido en los tratamientos testigo y con secuestrante para el café almacenado en frasco.

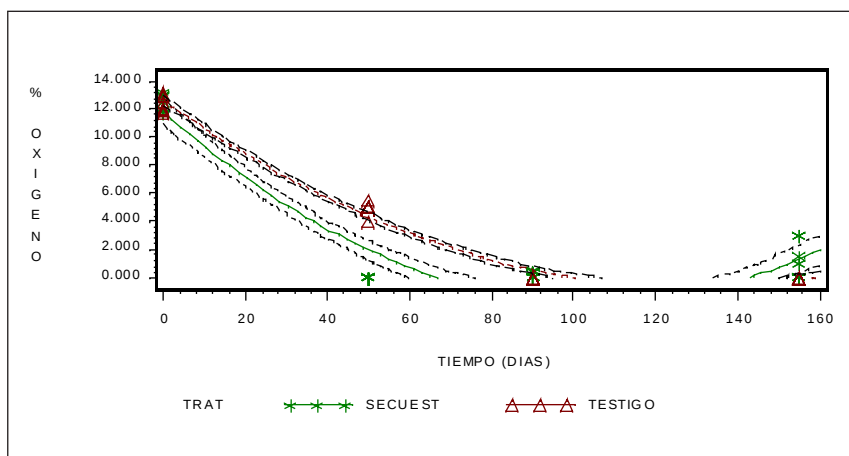


Figura 16. Comportamiento del contenido de oxígeno en los tratamientos testigo y con secuestrante, para el café almacenado en frasco.

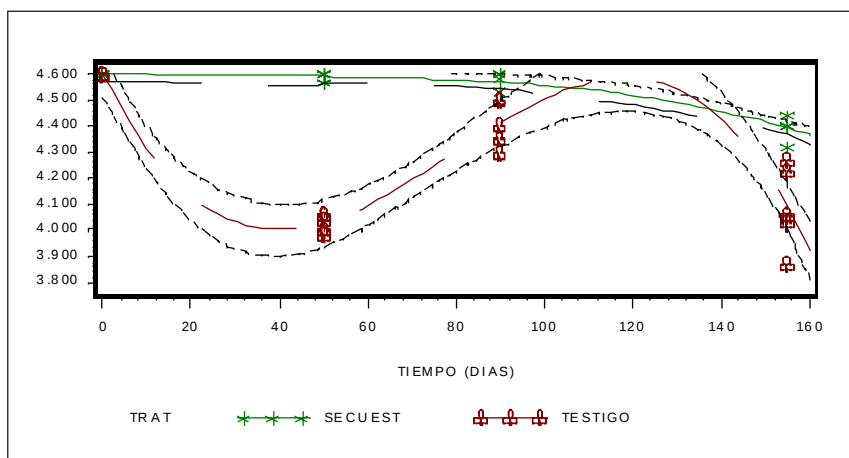


Figura 17. Contenido del aroma en los tratamientos testigo y con secuestrante para el café almacenado en frasco.

En la Tabla 7 se muestra que los promedios de las variables sólidos solubles, densidad aparente y porcentaje de lípidos, no presentaron diferencias significativas entre el testigo y el tratamiento con secuestrante. El contenido de humedad, la actividad acuosa y la acidez titulable para los tratamientos con removedor, aunque presentaron promedios altos, no alteraron la prueba de tasa (Figura 17); en la Figura, el aroma en el panel de catación para el testigo presentó una tendencia muy variable durante el tiempo de almacenamiento; se observa que en los primeros 50 días disminuyó, pero a partir de los 90 días presentó un incremento; en cambio en los tratamientos con removedor ocurrió la tendencia del aroma a mantenerse constante en la mayor parte del tiempo de almacenamiento, presentando mejor comportamiento. Las calificaciones del panel fueron superiores a las del testigo durante todo el tiempo, conservando el buen aroma. En la Figura 18 se observa que la acidez titulable en el tratamiento testigo presentó la tendencia a la disminución a través del tiempo de almacenamiento; este comportamiento hace que el café tostado aumente su acidez afectando la prueba de tasa. Aunque en el tratamiento con removedor se observó gran

fluctuación de esta variable a través del tiempo, en el panel de catación mantuvo buenas calificaciones, como se observa en la Figura anterior.

En las Figuras 19 y 20 se encuentran respectivamente las tendencias del contenido de dióxido de carbono y la presión interna en el tiempo de almacenamiento. En el tratamiento con removedor, este eliminó el 97,8% el dióxido de carbono liberado por el café tostado durante el tiempo de evaluación, reduciendo la presión interna y evitando que las bolsas explotaran, problema que se presenta al almacenar café tostado sin desgasificar. Todo lo contrario ocurrió en el tratamiento testigo en donde el dióxido de carbono se incrementó con el tiempo, hasta un 62,5% y la presión interna llegó hasta 25psi.

En la Tabla 6 que presenta los resultados de la interacción Empaque x Tratamiento, las variables con respuesta significativa fueron: contenido de dióxido de carbono, de oxígeno, actividad acuosa, presión, índice de peróxido, de iodo, acidez titulable, pH, sensorial (acidez y amargo) y color (a). Para la interacción Café x Tratamiento las variables evaluadas con respuesta significativa fueron: porcentaje de dióxido de

TABLA 7. Promedios de las variables de respuesta. Tratamientos con secuestrante y sin secuestrante en la temperatura de almacenamiento de Honda, Tolima.

TRATAMIENTO	FÍSICOS									
	%	%	%	Actividad	Sólidos	Densidad	Presión	Color		
	Dioxido carbono	Oxígeno	Humedad	acuosa	solubles	aparente		L	A	B
SECUESTRANTE	9,25	8,36	0,824	0,237	2,072	0,3230	13,05	17,876	4,138	5,134
TESTIGO	27,28	11,69	0,622	0,161	2,073	0,3204	16,35	17,922	4,030	5,091

TRATAMIENTO	QUÍMICAS					SENSORIAL			
	% Lípido	Indice peróxido	Indice Yodo	Acidez titulable	pH	Acidez	Amargo	Aroma	Global
SECUESTRANTE	13,25	0,968	90,37	8,473	5,153	1,155	4,216	4,409	6,710
TESTIGO	13,23	1,852	91,89	7,524	5,204	1,103	4,262	4,284	6,515

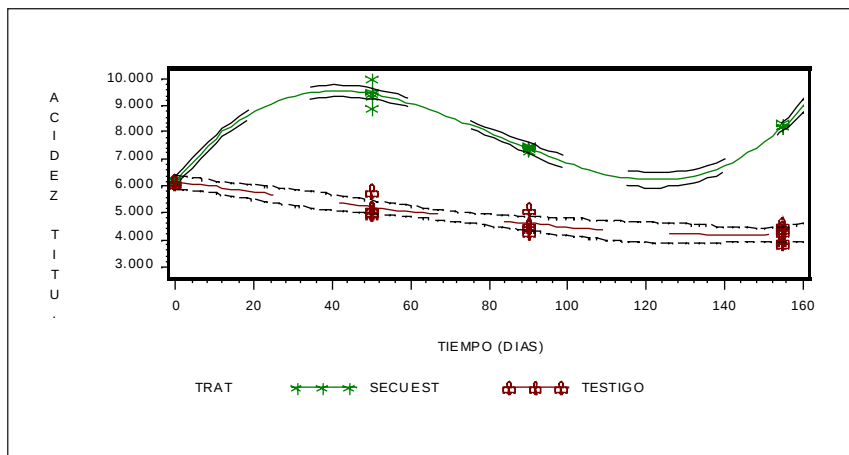


Figura 18. Diferencia en la acidez titulable entre los tratamientos testigo y con secuestrante, para café almacenado en frasco.

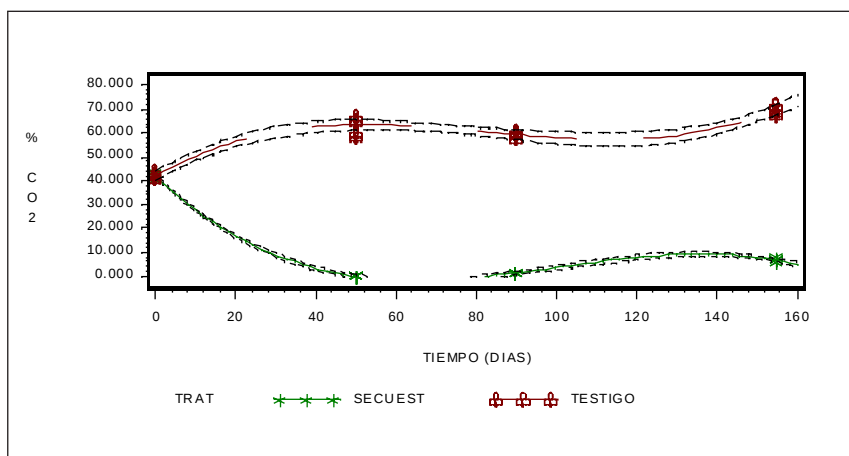


Figura 19. Diferencia en la generación de CO₂ entre los tratamientos de almacenamiento de café testigo y con secuestrante, para café almacenado en frasco.

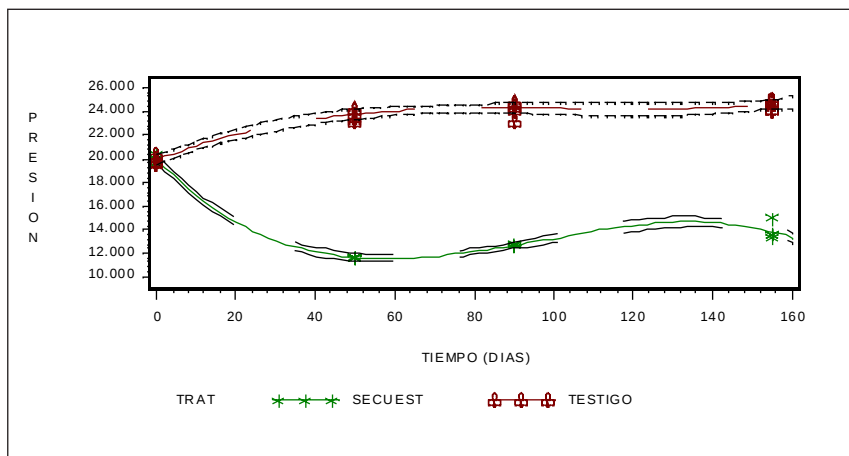


Figura 20. Diferencia en la presión entre los tratamientos de almacenamiento testigo y secuestrante para café almacenado en frasco.

carbono, de humedad, actividad acuosa, cantidad de lípidos, índice de peróxido, índice de iodo, acidez titulable y evaluación sensorial (amargo). El contenido de dióxido de carbono, de oxígeno, la presión total, el índice de peróxido, de iodo y pH, presentaron diferencias significativamente favorables en los tratamientos con removedor. El café tostado almacenado en diferentes tratamientos con removedor, presentó mejores condiciones de estabilidad durante todo el tiempo de almacenamiento evaluado.

La labor del removedor de eliminar el oxígeno y el dióxido de carbono contenido en el espacio de cabeza fue mejor en el empaque de vidrio, en donde hubo mejor preservación de las propiedades del café tostado. De igual manera, el removedor evitó que el café tostado fuera más susceptible a los diferentes factores ambientales como cambios de temperatura y humedad, los cuales afectan las características propias de este producto, resultando el café tostado entero como el de menor sensibilidad a estos cambios.

Para conocer la relación entre la cantidad de dióxido de carbono desorbido por el café tostado entero sin desgasificar y la presión total ejercida dentro del frasco, se hallaron las tasas de velocidad de estas dos variables de respuesta para el tratamiento con y sin removedor y a través del tiempo de evaluación. Se seleccionó el frasco porque presenta propiedades herméticas controlables y el café tostado entero porque inicialmente contiene toda la cantidad de dióxido de carbono sin liberar, permitiendo hacer las evaluaciones con mayor precisión. El comportamiento de la presión total ejercida dentro del empaque y la desorción del dióxido de carbono del café tostado entero, con relación al tiempo para el testigo, se ajustó a curvas logarítmicas (Figuras 19 y 20). Las dos variables presentaron tendencias a aumentar durante los primeros 50 días de evaluación; después de este tiempo (90 y 155 días) se observaron pequeñas varia-

ciones de aumento y decremento manteniéndose más constantes a partir de los 50 días de almacenamiento.

Testigo

Ecuación logarítmica linealizada para el porcentaje de dióxido de carbono en función del tiempo de almacenamiento. Café tostado entero:

$$\text{Log}(\text{CO}_2) = 1,686 + 0,062 \text{ Log}(\text{Tiempo}); \\ R^2 = 0,935 \quad <<6>>$$

Ecuación logarítmica linealizada para la presión total en función del tiempo de almacenamiento. Café tostado entero:

$$\text{Log}(\text{Presión}) = 1,327 + 0,0287 \text{ Log}(\text{Tiempo}); \quad R^2 = 0,9997 \quad <<7>>$$

En el tratamiento con secuestrantes la presión total y el porcentaje de dióxido de carbono dentro del empaque se ajustaron a curvas exponenciales (Figuras 19 y 20). Durante los primeros 50 días de evaluación las dos variables evaluadas disminuyeron, de tal manera que la presión total dentro del frasco está por debajo de la presión atmosférica (9,8 psi) y los valores del porcentaje de dióxido de carbono están por debajo del 6% dentro del empaque. En los siguientes tiempos de evaluación se mantienen los valores constantes.

Con removedor.

Ecuación exponencial linealizada para el porcentaje de dióxido de carbono. Café tostado entero:

$$\text{Log}(\text{CO}_2) = 28,195 + (-12,87) * \text{Tiempo}; \\ R^2 = 0,924 \quad <<8>>$$

Ecuación exponencial linealizada para la presión total. Café tostado entero:

$$\text{Log (Presión)} = 17,36 + (-2,318) \cdot \text{Tiempo};$$

$$R^2 = 0,857 \quad <<9>>$$

En la Tabla 8, la tasa de desorción de dióxido de carbono en el testigo fue 0,062 %CO₂/día y la tasa remoción en el tratamiento con removedor fue -12,87% CO₂/día; el signo negativo permite apreciar que hubo una evacuación del dióxido de carbono en el espacio de cabeza por el removedor. En las tasas de incremento de presión total puede observarse el mismo comportamiento; para el testigo tuvo un valor de 0,0287 psi/día y para el tratamiento con removedor de -2,318 psi/día. Los problemas de alta presión por la cantidad de dióxido de carbono en los empaques fueron resueltos por el removedor.

En la Figura 21 se observó la relación de la presión total en función del porcentaje de dióxido

de carbono en los tratamientos con secuestrante y testigo para café tostado entero y empacado en frasco; se ajustó una línea recta por encima de 84,99% e indicó que existe una relación directamente proporcional entre estas dos variables, es decir, un aumento en el porcentaje de dióxido de carbono dentro del empaque implica un aumento en la presión. La correlación de estas variables evaluadas fue:

Tratamiento con removedor.

$$\text{Presión} = 12,2089 + 0,1857 \text{ Dióxido C}$$

$$R^2 = 0,9784 \quad <<10>>$$

Tratamiento testigo.

$$\text{Presión} = 13,2884 + 0,1673 \text{ Dióxido C}$$

$$R^2 = 0,8453 \quad <<11>>$$

TABLA 8. Tasas de la desorción del dióxido de carbono y variación de la presión total, para café empacado en frasco.

	TESTIGO		SECUESTRANTE	
	Tasa de desorción De CO ₂ (% CO ₂ / días)	Tasa de presión (psi / días)	Tasa de remoción de CO ₂ (% CO ₂ / días)	Tasa de presión (psi / días)
Pendiente ecuación linealizada	0,062	0,028	-12,87	-2,318
Error estandar	0,012	0,0003	2,602	0,669

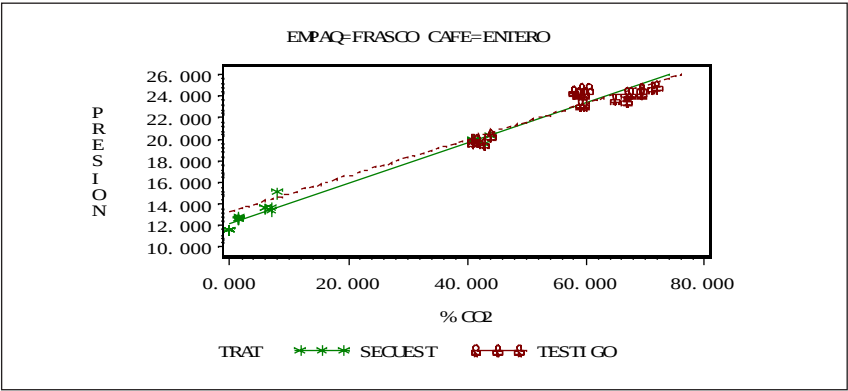


Figura 21. Comportamiento de la presión y el contenido de dióxido de carbono en el empaque en frasco, para el café tostado entero.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Juan Guillermo Campuzano y a la Ing. Dora Patricia Gómez de Casa Luker (Lukafé), por toda la colaboración prestada para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

1. AGELESS. Informe técnico. Tokyo, Mitsubishi Gas Chemical Company, 1994. 50 p.
2. BELITZ, A.D.; GROSH, W. Química de los alimentos. Zaragoza, Acribia. 1988, 812p.
3. CLARKE, R. J.; MACRAE, R. Coffee Chemistry. London, Elsevier Applied Sciences Publisher, 1985. 306 p.
4. GRAY, J. I.; HARTE, B. R.; MILTZ, J. Food product-package compatibility. Lancaster, Technomics, 1987. 286 p.
5. HEISS, R.; RADTKE, R.; ROBINSON, L. Packaging and marketing of roasted coffee. *In: Colloque Scientifique International sur le Café*, 8. Abidjan, 28 novembre-3 decembre 1977. París, ASIC, 1977. p.163-173.
6. HINMAN, D. C. Rates of oxidation of roast and ground coffee and the effect on shelf-life. *In: Colloque Scientifique International sur le Café*, 14. San Francisco, 14-19 juillet 1991. París, ASIC, 1991. p.165-174.
7. KLEIN, T.; KNORR, D.; Oxygen absorption properties of powdered iron. *Journal of Food Science* 55(3): 869-870. 1990.
8. MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M. J. Eds. Encyclopedia of food science, food technology and nutrition. London, Academic Press, 1993. 8V.
9. MATSUSHIMA, T.; OGURO, N.; ICHIYANAGI, S. Stability improvement of roasted and ground coffee by oxygen absorbent. *In: Colloque Scientifique International sur le Café*, 16. Kyoto, april 9-14, 1995. París, ASIC, 1995. p. 426-434.
10. NESTLE. Informe técnico. Determinación de índice de peróxido por colorimetría. Santafé de Bogotá, 1995. 10p.
11. NICOLI, M. C.; INNOCENTE, N.; PITTIA, P.; LERICI, C. R. Staling of roasted coffee: volatile release and oxidation reactions during storage. *In: Colloque Scientifique International sur le Café*, 15. Montpellier, 6-11 juin 1993. París, ASIC, 1993. p. 557-566.
12. OORAIKUL, B.; STILES, M. E. Modified atmosphere, packaging of food. New York, Ellis Horwood, 1991. 293p.
13. PARRY, R. T. Principles and applications of modified atmosphere packaging of food. London, Blackie Academic & Professional, 1993, 305p.
14. PEARSON, D. Técnicas de laboratorio para análisis de alimentos. Zaragoza. Editorial Acribia, 1986, 332p.
15. PUERTA Q., G. I. La calidad del café. Chinchina, Cenicafé. 1996. 42 p.
16. REES, J. A. G.; BETTISON, J. Procesado térmico y envasado de los alimentos. Zaragoza, Editorial Acribia, 1991, 287 p.
17. ROTHFOS, B. Coffee consumption. Hamburg. Gordian Max Riek Gbmh, 1986, 472p.
18. SELKE, S. E. M. Packaging and the environment, alternatives trends and solutions. Lancaster, Technomic Publishing, 1990. 17 p.
19. SHANE S, E. M. The use of principal components analysis and cluster analysis in crop loss assessment. Crop loss assessment and pest management. Edit. Yeng, Minesota. p.137-149. 1991
20. VREE, P. H.; YERANSIAN, J. A. Determination soluble solids in roasted coffee. *Journal of Assoc. Official. Anal. Chem* 56(5): 1126-1129. 1973.
21. YELA L., L. E.. Empaques para café tostado: A. secuestrantes de oxígeno, agua y dióxido de carbono para café tostado. B. Tiempo de vida útil. C. Desgasificación. Chinchiná, Cenicafé, 1998. 115p.