

EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO AL VACÍO Y EN ATMÓSFERAS DE NITRÓGENO Y GAS CARBÓNICO ¹

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

RESUMEN

RAMOS A., M.M.; CASTAÑO C., J.J. Empaque y almacenamiento de café tostado y molido al vacío y en atmósferas de nitrógeno y gas carbónico. Cenicafé 51(2): 114-135. 2000.

Con el fin de buscar alternativas a la conservación del café tostado y molido se utilizó la técnica de Vacío y Atmósferas Modificadas (AM) como método de protección contra los agentes causantes de la pérdida de la calidad del café. Se estudió el efecto que tienen las películas de empaque y las técnicas de empaque (vacío y las atmósferas de nitrógeno y gas carbónico) sobre la calidad del café tostado y molido durante el almacenamiento. Para tal efecto, se determinaron las propiedades fisicoquímicas como: índice de peróxido, color, densidad aparente, humedad, pH y acidez titulable, sólidos solubles, °Brix, porcentaje de grasa, porcentaje de gases (oxígeno, gas carbónico, nitrógeno). También se realizó el análisis sensorial con énfasis en rancidez. En general, los resultados indican que el café empacado en la película de PET/Al/PE con 251 mbar ($\pm 0,05$) presenta un grado de oxidación menor que 1, una buena calificación en prueba de taza (impresión global) y un porcentaje bajo de rancidez, mientras que los patrones (bolsa chuzada y bolsa comercial) presentan un aumento en el índice de peróxido y en la rancidez y una disminución en la calificación de prueba de taza. Se comprobó que el empaque al Vacío y en Atmósferas Modificadas (AM) mantiene la calidad durante el almacenamiento.

Palabras claves: *Coffea arabica*, tostación, empaque, almacenamiento, vacío, atmósferas modificadas, propiedades químicas, propiedades físicas, calidad en taza.

ABSTRACT

With the purpose of finding alternatives for the conservation of ground roasted coffee, the technique of Vacuum and Modified Atmosphere (MA) was used as a protection method against agents causing coffee quality loss. The effect of packing films and packing techniques (vacuum, and nitrogen and carbonic gas atmospheres) on quality of ground and roasted coffee during storage was measured. Physico-chemical properties determined included peroxide index, color, apparent density, humidity, pH and titratable acidity, soluble solids, Brix degrees, percentage of fat, percentage of gases (oxygen, carbonic gas, nitrogen). Sensorial analysis with emphasis on rancidity was also performed. Results indicated that coffee packed in PET/Al/PE film with 251 mbar (± 0.05) showed a level of oxidation lower than 1, good cup qualification (overall impression), and low percentage of rancidity, whereas controls (bag with pinhole and commercial bag) showed higher peroxide index an rancidity, and lower cup qualification. Vacuum and modified atmosphere packing proved to keep quality during storage.

Keywords: *Coffea arabica*, roasting, packing, storage, vacuum, modified atmospheres, chemical properties, physical properties, cup quality.

¹ 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.

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

En Colombia las condiciones de empaque y almacenamiento del café no siempre son óptimas. En consecuencia, en pocos meses se presentan alteraciones biológicas y químicas que conllevan rápidamente al deterioro del café y representan cuantiosas pérdidas económicas. Por esta razón, la técnica de empaque al vacío o en atmósferas inertes es una opción que brinda ventajas evitando el deterioro del café durante su vida en anaquel (8).

Actualmente el mercado está cada día más centralizado hacia una situación donde su objetivo es el desafío de la comercialización y por ésto, se han reducido los niveles de consumo y se imponen y se sectorizan los productos especializados (1).

La lucha de las empresas por permanecer en los mercados las ha llevado a buscar nuevos desarrollos que les permitan presentar sus productos de una manera igual o superior a sus competidores (9). Uno de los caminos seleccionados es el empaque al vacío y en atmósferas modificadas (AM), técnica en la cual se reduce el oxígeno dentro del empaque y se adicionan gases inertes que conservan las características físico químicas y organolépticas del café.

El empaque en atmósferas modificadas (AM), en películas herméticamente cerradas, es la solución más satisfactoria ya que la conservación completa durante tanto tiempo como tarda en abrirse el empaque. Para el caso de café tostado y molido el empaque debe servir de barrera física y química contra agentes externos que ocasionen pérdida de aroma y sabor del café fresco y alteraciones físico-químicas (12).

Durante el proceso de torrefacción del café es de esperar que varias de sus moléculas orgánicas, las cuales en general son de estructura bastante compleja (por ejemplo proteínas, ácidos grasos, etc.), se rompan, dando origen a la

formación de “radicales libres” (4), que sirven como indicadores de cambios químicos.

Debido al contenido de grasas en el café las reacciones de oxidación durante y después del tostado resultan de gran importancia en la calidad organoléptica del café tostado (10). El efecto del oxígeno aparece a partir de las 1.000 horas después del tostado. Es posible que las reacciones pirolíticas produzcan compuestos poco estables que se descomponen poco a poco en el transcurso del tiempo con producción de radicales libres (3).

Esta investigación tuvo como propósito evaluar las pérdidas de calidad a través del tiempo de café tostado y molido almacenado utilizando el empaque al vacío y bajo atmósferas modificadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. La calidad de la materia prima utilizada fue café excelso fresco comprado a la Cooperativa de Caficultores de Manizales. Este café se tostó hasta un color oscuro (171-220, según colorímetro Quantik IR-800), y con un grado de molienda media (500-700 μ m) a una temperatura de torrefacción de 220°C. La unidad experimental la constituyeron 500g de café tostado y molido empacado según las diversas técnicas escogidas.

El trabajo se realizó en dos etapas:

Ensayos preliminares. Se utilizaron 6 películas de empaque (Aluminizada con válvula, Nylon-PVDC-PE/Nylon-PE-Al, EVOH, PET/PE, PET/Al/PE, Polyvac) combinadas con las técnicas de empaque: atmósfera de nitrógeno, atmósfera de gas carbónico y cinco niveles de vacío: 533mbar ($\pm 0,05$), 432mbar ($\pm 0,05$), 319mbar ($\pm 0,05$), 251mbar ($\pm 0,05$) y 132mbar ($\pm 0,05$), con el objeto de seleccionar las tres mejores películas

y las tres mejores técnicas de empaque para almacenar café tostado y molido; esta etapa se realizó durante dos meses con análisis cada 15 días, y se tomó una repetición.

Experimentación. Se utilizaron 3 películas de empaque (PET/Al/PE, PET/PE Y BOPP Mét/PP) y 3 técnicas de empaque (251mbar ($\pm 0,05$), 432mbar ($\pm 0,05$) y atmósfera de gas carbónico), con cuatro repeticiones. En esta etapa el café se almacenó durante 6 meses y se realizaron los análisis cada mes.

También se tomaron 2 muestras de referencia para esta etapa: el primero, una bolsa chuzada y el segundo una bolsa comercial, para observar el comportamiento del café con atmósfera normal. Los productos tostados y molidos en las condiciones anteriores se almacenaron en una bodega, protegidos de la luz solar y con temperatura de $15,65^{\circ}\text{C} \pm 2,15$ y humedad relativa controlada del $79,87\% \pm 1,05$.

Variables de respuesta. Se determinaron las propiedades fisicoquímicas tales como: determinación del índice de peróxido por colorimetría medido en 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 (2), los sólidos solubles (13), el

porcentaje de grasa extraída en el extractor Soxhlet Büchi 810, el porcentaje de gases (oxígeno, gas carbónico y nitrógeno) medido en el analizador de gases PACK CHECK y también se realizó el análisis sensorial con énfasis en rancidez (14). También se efectuaron los siguientes análisis microbiológicos: recuento total de microorganismos mesófilos aerobios, recuento de hongos y levaduras. Con estos parámetros se determinó la calidad del café tostado y molido durante el almacenamiento.

Diseño estadístico. La investigación 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

Ensayos preliminares. Selección del material de empaque. El análisis estadístico aplicado no mostró efecto de la película con respecto a la variable índice de peróxido, la cual se analizó para cada uno de los tiempos en los cuales se midió esta variable (Tabla 2).

TABLA 1. Diseño experimental utilizado para evaluar la película y la técnica de empaque durante el almacenamiento de café.

ETAPAS	FACTORES	NIVELES
ENSAYOS PRELIMINARES	Técnica de empaque	6
	Película de empaque	8
EXPERIMENTACION	Técnica de empaque	3
	Película de empaque	3
	Muestras de referencia	2

TABLA 2. Análisis del efecto de las películas de empaque en la variable índice de peróxido (meq O₂/kg), para almacenamiento de café tostado y molido.

Días	A	PET/Al/PE	EVOH	PET/PE	NYLON/PE	AV
0	0,654a *	0,654a	0,676a	0,652a	0,610a	0,590a
15	0,556a	0,484a	0,585a	0,431a	0,418a	0,413a
30	0,351a	0,407a	0,380a	0,342a	0,412a	0,413a
45	0,725a	0,579a	0,542a	0,781a	0,509a	0,661a
60	0,449a	0,422a	0,506a	0,393a	0,429a	0,392a
\bar{X}	0,547	0,509	0,537	0,519	0,475	0,493

* Medias con igual letra son similares estadísticamente.

Las películas de empaque no presentaron influencia significativa sobre el índice de peróxido; para este caso las películas utilizadas, en general, constituyen una buena barrera para mantener la calidad del café por un tiempo de almacenamiento de 2 meses. Por tanto, se seleccionaron las películas con menor índice de peróxido (Tabla 2).

Dentro de estas películas cabe destacar que Nylon/PE con el paso del tiempo tomó un color opaco, cambiando su apariencia, lo cual no resulta favorable en el caso de la comercialización.

Para la película aluminizada con válvula el costo es elevado y no sería conveniente utilizarla debido a que es un empaque que se emplea cuando no se dispone de un silo o tanque desgasificador; además, con el paso del tiempo la válvula permite la salida del aroma que caracteriza el café.

En las otras variables de respuesta en esta etapa no se encontró efecto de las películas de empaque ya que los valores que muestra el análisis estadístico no son significativos. En conclusión, las películas escogidas para la etapa de experimentación fueron las siguientes: PET/Al/PE y PET/PE.

Para la etapa de experimentación se decidió analizar una bolsa comercial. Para este caso fue

la bolsa BOPP Mét/PP a la cual se le aplicaron los mismos tratamientos que a los empaques anteriores.

Selección de la técnica de empaque. Para seleccionar las tres técnicas de empaque se efectuó un análisis de varianza de una sola vía para la variable índice de peróxido, en la cual se presentó efecto de las técnicas de empaque.

Los datos muestran diferencias significativas para los tiempos de análisis (0, 15, 30, 45 y 60 días). La prueba de comparación de promedios se presenta en la Tabla 3. Los tratamientos que presentaron menor índice de peróxido fueron los de atmósfera de nitrógeno, atmósfera de gas carbónico y 533mbar ($\pm 0,05$).

Porcentaje de gases. El análisis de varianza mostró efecto de las técnicas de empaque con respecto a esta variable y se puede esperar que para próximos ensayos los tratamientos con vacío: 251mbar ($\pm 0,05$), 319mbar ($\pm 0,05$) y 432mbar ($\pm 0,05$) no pierden su estado inicial conservando el vacío con el que se empacaron; así mismo, el tratamiento con gas carbónico conservó su atmósfera para un tiempo de análisis de dos meses, mientras que los tratamientos con vacío: 533mbar ($\pm 0,05$) y 132mbar ($\pm 0,05$) siempre presentaron gases, al igual que el tratamiento con atmósfera de nitrógeno.

TABLA 3. Análisis del efecto de las técnicas de empaque sobre la variable índice de peróxido (meq O₂/kg), en almacenamiento de café tostado y molido.

Días	132 mbar (± 0,05)	251 mbar (± 0,05)	319 mbar (± 0,05)	432 mbar (± 0,05)	533 mbar (± 0,05)	N ₂	CO ₂
0	0,513bc*	0,352c	0,598b	1,093a	0,513bc	0,352c	0,598b
15	0,522ab	0,567ab	0,643a	0,532ab	0,383ab	0,410ab	0,496b
30	0,288d	0,338cd	0,451abc	0,291d	0,546a	0,388bcd	0,292d
45	0,954a	1,171a	0,544ab	0,577ab	0,295b	0,615ab	0,683d
60	0,398bc	0,452abc	0,354bc	0,565a	0,143d	0,321c	0,501ab
X	0,535	0,576	0,518	0,611	0,434	0,417	0,514

* Medias con igual letra son iguales estadísticamente

Análisis sensorial. El análisis de varianza mostró efecto de las técnicas de empaque con respecto a esta variable. El panel de catación tuvo preferencia por los tratamientos empacados con 251mbar (± 0,05), 432mbar (± 0,05), atmósfera de nitrógeno y atmósfera de gas carbónico.

Para escoger las técnicas de empaque se tuvieron en cuenta todas las variables de respuesta en donde sí hubo efecto de la técnica respecto a la variable analizada. Las técnicas escogidas para la parte de experimentación fueron: 251mbar (± 0,05), 432mbar (± 0,05) y atmósfera de gas carbónico.

Análisis microbiológico. En el análisis estadístico se encontró que no existen diferencias significativas. El café tostado y molido empacado utilizando estas técnicas no es susceptible al crecimiento de los microorganismos.

Experimentación. En las Tablas 4 a 10 se presentan los valores promedios y coeficientes de variación para cada una de las variables analizadas para cada tratamiento en los diferentes tiempos de almacenamiento.

El café tostado y molido puede llegar a deteriorarse cuando entra en contacto con el

oxígeno, por está razón es necesario determinar el enranciamiento oxidativo que se puede presentar en el café. Una de las pruebas más importantes es el índice de peróxido, que indica la extensión en que se ha oxidado el café. Para el café no existe un valor teórico, aunque se conoce que no debe haber presencia de peróxido en los alimentos y si existe, debe ser mínima, con tendencia a cero.

El análisis de varianza en cada uno de los tiempos de almacenamiento evaluados mostró efecto de la película y la técnica con respecto a la variable índice de peróxido, resultando significativa la interacción (Figura 1).

A los 180 días los tratamientos empacados en la película BOPP Mét/PP estadísticamente son diferentes a los demás, y presentan índice de peróxido alto (1,95 meq O₂/kg) resultando como los peores tratamientos; por esta razón se descartaron.

Esta variable muestra que los mejores tratamientos para el tiempo de 180 días fueron los siguientes: PET/Al/PE con 251mbar (± 0,05), PET/Al/PE con atmósfera de gas carbónico, PET/PE con 432mbar (± 0,05), PET/Al/PE con 251mbar (± 0,05) y PET/PE con atmósfera de gas carbónico.

TABLE 4. Promedios y coeficientes de variación para las variables analizadas a los 0 días, en el almacenamiento de café tostado y molido

P	T	IP		pH		Acidez		% O ₂		% CO ₂		% N ₂		° Brix	
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
BOPP	Mét/PP	432	1,32	10,87	0,35	4,99	10,82	4,02	200	2,47	200	18,5	200	1,88	6,3
	Mét/PP	251	1,01	22,71	0,40	4,61	6,20	9,72	115,9	4,55	115,5	35,71	115,4	1,86	3,82
	CO ₂		1,47	22,75	0,31	5,06	3,91	5,63	31,08	41,8	9,64	52,52	4,35	1,94	3,12
	PE	432	1,56	20,04	0,42	5,35	4,40	0	—	0	—	0	—	1,82	8,05
	PE	251	1,53	13,31	0,40	5,7	13,36	0	—	0	—	0	—	1,91	5,16
	CO ₂		1,02	12,62	0,48	4,55	10,13	0	—	0	—	0	—	1,83	7,13
	PE	432	2,03	26,83	0,38	5,18	8,25	0	—	0	—	0	—	1,88	10,91
	PE	251	1,71	14,20	0,17	4,91	5,76	0	—	0	—	0	—	1,82	8,65
	PE	432	0,79	21,91	0,24	5,63	3,84	0	—	0	—	0	—	1,69	12,20

P: Película T: Técnica (mbar y atmósfera de gas carbónico) IP: Índice de peróxido Meq O₂/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café.

P	T	SS		% G		IG		R		H		Color		D		
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	
BOPP	Mét/PP	432	1,43	7,28	1,35	6,85	4,17	0,47	68,60	0,23	86,26	194	0,89	0,36	2,26	
	Mét/PP	251	1,41	6,8	1,59	7,02	0,41	0,43	55,5	0,36	54,49	179	0,45	0,34	1,43	
	CO ₂		1,42	6,48	16,28	0,83	6,98	4,06	0,18	115,4	0,63	47,12	183	0,68	0,34	1,67
	PE	432	1,38	12,48	15,91	0,40	7,32	1,30	0,06	120	0,80	27,55	204	1,67	1,34	
	PE	251	1,55	14,34	16,46	3,29	6,93	6,19	0,27	127,2	0,73	35,29	198	6	3,92	
	CO ₂		1,43	7,12	16,79	1,65	7,27	0,88	0	—	0,50	14,60	191	1,16	0,36	1,37
	PE	432	1,45	14,89	14,37	21,1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,53	35,25	190	2,11	0,34	5,93
	PE	251	1,49	8,84	16,21	5,55	6,52	2,70	0,87	60,60	0,36	33,86	187	0,80	0,34	0
	PE	432	1,35	11,02	15,68	0,55	6,51	4,40	0,47	119,8	0,56	77,37	204	1,52	0,36	1,58

SS: Sólidos Solubles (%) de S,S en la bebida de café preparada (18g/300ml 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).

TABLE 5. Promedios y coeficientes de variación para las variables analizadas a los 30 días, del almacenamiento del café tostado y molido

P	T	IP		pH		Acidez		% O ₂		% CO ₂		% N ₂		° Brix	
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
	BOPP Mét/PP	0,98	23,18	5,25	0,18	5,00	13,21	5,30	116,4	11,65	118,9	38,19	115,4	1,55	12,58
	BOPP Mét/PP	1,14	18,52	5,36	0,59	5,08	12,21	0	—	20,42	134,4	0	—	1,63	10,87
	BOPP Mét/PP	1,98	29,45	5,48	4,55	4,87	17,58	19,9	7,18	3,65	106,5	74,50	4,56	1,74	4,57
	PET/PE	1,27	11,28	5,25	0,57	5,63	16,41	0	—	0	—	0	—	1,73	11,43
	PET/PE	1,63	13,99	5,33	0,92	4,94	12,20	0	—	0	—	0	—	1,61	10,83
	PET/PE	1,33	14,41	5,36	0,97	5,02	13,13	0	—	0	—	0	—	1,69	4,68
	PET/AL/PE	0,76	23,63	5,30	1,65	5,64	11,16	0	—	0	—	0	—	2,02	2,46
	PET/AL/PE	1,95	9,95	5,36	0,27	5,12	14,44	0	—	0	—	0	—	1,82	15,15
	PET/AL/PE	1,51	19,26	5,21	0,80	6,16	3,81	0	—	0	—	0	—	1,77	8,33

P: Película T: Técnica (mbar y atmósfera de gas carbónico) IP: Índice de peróxido Meq O₂/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café.

P	T	SS		% G		IG		R		H		Color		D	
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
	BOPP Mét/PP	1,39	14,58	16,83	2,60	6,83	1,74	0,75	14,75	0,56	51,72	182	0,93	0,35	0
	BOPP Mét/PP	1,32	11,97	16,54	0,52	7,04	1,40	0,50	74,9	2,1	7,94	176	1,93	0,35	0
	BOPP Mét/PP	1,35	4,56	16,35	0,40	6,85	2,02	0,73	46,76	1,8	33,51	177	1,62	0,34	1,43
	PET/PE	1,43	13,36	15,46	1,08	6,83	1,82	0,58	58,29	1,06	42,3	195	0,64	0,37	0
	PET/PE	1,38	6,53	16,29	0,80	7,06	0,67	0,12	120	0,6	78,15	180	0,64	0,35	1,41
	PET/PE	2,36	76,12	16,55	0,59	7,04	0,76	0,22	127,6	0,76	65,31	181	1,14	0,35	0
	PET/AL/PE	1,24	15,80	16,15	1,55	6,92	1,48	0,45	58,7	1,23	31,13	178	0,32	0,35	0
	PET/AL/PE	1,21	6,36	15,45	1,84	6,83	1,38	0,30	72,008	1,0	38,10	171	0,56	0,34	1,43
	PET/AL/PE	1,53	2,08	15,13	0,62	7,02	1,36	0	—	0,70	23,84	198	0,86	0,36	1,58

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 para las variables analizadas a los 60 días, del almacenamiento de café tostado y molido

P	T	IP		pH		Acidez		% O ₂		% CO ₂		% N ₂		° Brix		
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	
BOPP	Mét/PP	432	1,32	8,33	5,32	0,28	4,93	6,30	3,73	156,3	11,65	118,9	34,61	115,4	1,71	9,21
	Mét/PP	251	1,52	6,86	5,43	0,48	4,48	16,04	0,88	200	20,42	134,4	28,69	123,5	1,71	8,6
PET/PE	Mét/PP	432	1,57	7,53	5,32	0,66	4,99	5,18	14,9	66,99	3,65	106,5	47,87	74,23	1,75	5,82
	Mét/PE	251	1,61	13,05	5,37	0,41	4,63	3,65	0	—	0	—	0	—	1,89	6,87
PET/AL	Mét/PP	432	1,09	7,92	5,33	0,34	4,08	25,56	0	—	0	—	0	—	1,53	19,98
	Mét/PE	251	1,88	32,97	5,29	0,49	5,66	18,19	0	—	0	—	0	—	1,71	3,97
PET/AL	Mét/PP	432	1,23	58,29	5,25	0,26	5,16	17,68	0	—	0	—	0	—	1,77	10,81
	Mét/PE	251	1,88	32,97	5,29	0,49	5,66	18,19	0	—	0	—	0	—	1,71	3,97

P: Película T: Técnica (mbar y atmósfera de gas carbónico) IP: Índice de peróxido Meq O₂/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café.

P	T	SS		% G		IG		R		H		Color		D		
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	
BOPP	Mét/PP	432	1,28	25,7	16,54	2,52	7,16	2,23	0,52	23,96	1,06	46,73	191	1,15	0,36	0
	Mét/PP	251	1,67	4,71	18,38	1,08	7,17	2,57	0,68	32,72	0,73	54,53	179	5,2	0,34	1,67
PET/PE	Mét/PP	432	1,56	9,02	17,68	3,41	7,12	5,01	0,52	71,90	0,90	42,46	186	2,49	0,35	1,39
	Mét/PE	251	1,23	16,95	16,52	1,53	6,69	3,87	1,24	53,81	0,93	50,92	202	4,4	0,36	0
PET/AL	Mét/PP	432	2,07	24,07	17,01	2,86	6,77	2,44	1,27	27,45	1,36	20,01	189	4,88	0,35	0
	Mét/PE	251	2,23	74,90	17,23	3,42	6,96	3,06	0,56	63,011	1,30	65,66	184	0,93	0,34	1,43
PET/AL	Mét/PP	432	2,70	101,9	16,40	1,98	6,99	3,31	0,23	71,65	0,63	64,86	181	0,90	0,34	1,43
	Mét/PE	251	2,12	56,86	15,70	2,16	7,20	2,04	0,35	97,59	2,28	15,83	174	0,98	0,33	1,48
PET/AL	Mét/PP	432	1,06	17,7	15,95	2,35	6,93	2,90	0,22	116,88	0,86	63,23	213	0,44	0,35	1,41
	Mét/PE	251	1,88	32,97	5,29	0,49	5,66	18,19	0	—	0	—	0	—	1,71	3,97

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 7. Promedios y coeficientes de variación para las variables analizadas a los 90 días de almacenamiento de café tostado y molido

P	T	IP		pH		Acidez		% O ₂		% CO ₂		% N ₂		° Brix			
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %		
	BOPP M&eacute;t/PP	432	0,60	45,15	0,27	5,38	0,27	5,14	4,55	0,19	200	6,37	200	18,43	200	1,81	2,71
	BOPP M&eacute;t/PP	251	0,96	48,88	0,82	5,48	0,82	4,78	9,61	0	—	0	—	0	—	1,85	4,23
	BOPP M&eacute;t/PP	CO ₂	2,48	16,63	0,17	5,39	0,17	4,66	16,36	16,8	61,12	12,20	170,7	70,94	14,83	1,61	16,06
	PET/PE	432	0,89	25,02	0,10	5,23	0,10	5,23	5,38	0	—	0	—	0	—	1,74	10,13
	PET/PE	251	1,83	37,61	0,22	5,48	0,22	4,42	18,93	0	—	0	—	0	—	1,70	5,55
	PET/PE	CO ₂	0,95	23,63	0,40	5,45	0,40	4,48	10,07	2,29	200	2,27	200	20,43	200	1,82	7,42
	PET/AL/PE	432	0,67	33,10	0,27	5,27	0,27	5,16	9,40	0	—	0	—	0	—	1,74	8,73
	PET/AL/PE	251	0,76	32,30	0,62	5,32	0,62	4,98	6,59	0	—	0	—	0	—	1,56	7,34
	PET/AL/PE	CO ₂	0,85	10,74	0,72	5,25	0,72	5,98	3,87	4,55	200	55,17	62,07	40,27	62,98	1,85	4,97

P: Película T: Técnica T: Técnica y atmósfera de gas carbónico) IP: Índice de peróxido Meq O₂/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/ g de café.

P	T	SS		% G		IG		R		H		Color		D		
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	
	BOPP M&eacute;t/PP	432	1,57	3,86	12,24	1,02	6,71	1,95	0,70	52,16	0,36	33,86	193	0,65	0,36	2,73
	BOPP M&eacute;t/PP	251	1,57	5,58	18,42	4,68	6,42	1,85	1,65	36,94	0,86	139,1	176	1,34	0,34	1,67
	BOPP M&eacute;t/PP	CO ₂	1,32	20,18	17,57	13,85	6,70	N/D,	1,55	N/D,	1,50	74,81	187	1,90	0,36	0
	PET/PE	432	1,48	9,68	15,59	1,21	5,73	12,5	2,88	36,11	0,56	22,85	201	1,17	0,37	1,34
	PET/PE	251	2,17	61,46	15,50	14,38	6,71	1,53	1,23	27,87	2,10	29,01	182	6,09	0,35	1,41
	PET/PE	CO ₂	1,67	2,81	17,31	10,37	6,18	1,52	2,08	3,66	0,43	57,68	181	1,88	0,35	0
	PET/AL/PE	432	1,14	16,59	15,40	0,84	6,70	2,98	0,71	21,72	1,03	37,12	181	1,56	0,34	0
	PET/AL/PE	251	1,48	5,92	15,69	3,70	6,60	N/D,	1,25	N/D,	0,73	98,9	175	1,09	0,33	1,50
	PET/AL/PE	CO ₂	1,54	7,47	14,94	0,71	6,02	8,58	1,95	65,80	0,29	67,41	203	2,35	0,35	1,39

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 8. Promedios y coeficientes de variación para las variables analizadas a los 120 días de almacenamiento de café tostado y molido

P	T	IP		pH		Acidez		% O ₂		% CO ₂		% N ₂		° Brix	
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
BOPP M6t/PP	432	1,40	65,40	5,34	0,66	4,81	24,13	0	—	0	—	0	—	1,40	19,79
	251	0,57	15,71	5,46	0,43	4,60	6,41	11,1	115,4	0,27	116,4	38,6	115,4	1,73	3,69
BOPP M6t/PP	CO ₂	1,60	39,97	5,31	0,81	5,21	16,21	20,5	10,95	4,50	110,8	75	3,66	1,55	14,68
	432	0,67	8,42	5,36	0,84	4,66	11,74	2,36	200	1,27	200	21,35	200	1,66	5,71
PET/PE	251	0,38	22,32	5,43	0,26	4,49	7,76	0	—	0	—	0	—	1,68	4,07
PET/PE	CO ₂	1,26	36,40	5,47	0,40	4,53	7,50	0	—	0	—	0	—	1,64	10,69
PET/AL/PE	432	0,67	14,58	5,38	0,35	4,39	7,47	0	—	0	—	0	—	1,52	7,62
PET/AL/PE	251	0,83	16,45	5,25	0,36	5,19	3,57	5,32	200	0,025	200	19,65	200	1,68	1,13
PET/AL/PE	CO ₂	0,60	25,64	5,42	0,78	4,20	9,35	0	—	0	—	0	—	1,52	15,08

P: Película T: Técnica (mbar y atmófera de gas carbónico) IP: Índice de peróxido Meq O₂/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/ g de café.

P	T	SS		% G		IG		R		H		Color		D	
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
BOPP M6t/PP	432	1,23	221,6	17,03	5,64	6,65	1,94	0,42	72,84	0,73	23,44	192	2,49	0,36	1,37
	251	1,38	4,15	16,75	1,28	6,40	7,16	0,93	54,98	0,83	20,14	173	1,19	0,34	1,67
BOPP M6t/PP	CO ₂	1,38	17,35	16,65	1,01	6,66	12,6	0	—	1,49	31,05	191	2,26	0,36	2,26
	432	1,30	8,77	15,98	1,59	6,77	5,60	0,82	64,42	0,73	31,39	189	4,29	0,36	1,37
PET/PE	251	1,33	5,60	16,22	6,56	6,53	1,69	1,51	10,92	1	53,77	179	0,83	0,34	1,43
PET/PE	CO ₂	1,22	10,75	17,09	1,68	6,86	1,91	0,91	18,10	1	53,77	184	1,88	0,35	2,33
PET/AL/PE	432	1,30	9,16	13,72	20,06	7,42	0,74	0,26	94,37	0,70	103,3	176	0,97	0,34	0
PET/AL/PE	251	1,28	5,75	15,48	6,63	7,59	1,72	0,25	83,26	1,25	20,04	194	1,14	0,36	0
PET/AL/PE	CO ₂	1,27	15,60	15,77	1,79	7,23	4,37	0,37	33,55	0,46	59,92	173	1,24	0,33	1,50

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 9. Promedios y coeficientes de variación para las variables analizadas a los 150 días de almacenamiento de café tostado y molido

P	T	IP		pH		Acidez		% O ₂		% CO ₂		% N ₂		° Brix			
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %		
	BOPP	Mét/PP	432	0,83	25,48	5,32	0,24	5,28	12,64	0	—	7,20	200	17,80	200	1,69	11,56
	BOPP	Mét/PP	251	0,82	10,68	5,45	0,31	5,01	5,57	15,2	66,96	1,95	90,82	57,8	66,66	1,80	4,25
	BOPP	Mét/PP	CO ₂	1,27	62,11	5,29	0,32	5,33	6,92	21,2	2,98	2,02	32,35	76,72	0,065	1,67	11,46
	PET/PE	432	1,11	26,16	5,32	0,77	4,87	1,28	0	—	—	—	—	—	—	1,77	3,53
	PET/PE	251	1,17	124,1	5,47	0,09	5,12	9,92	0	—	—	—	—	—	—	1,84	3,71
	PET/PE	CO ₂	0,94	11,94	5,46	0,23	4,47	13,58	0	—	—	—	—	—	—	1,79	6,86
	PET/AL/PE	432	1,25	67,05	5,38	0,33	4,77	9,68	0	—	—	—	—	—	—	1,69	7,77
	PET/AL/PE	251	0,82	7,64	5,22	0,15	5,94	4,85	0	—	—	—	—	—	—	1,78	4,88
	PET/AL/PE	CO ₂	1,18	51,17	5,42	0,40	4,53	7,26	0	—	—	—	—	—	—	1,72	5,15

P: Película T: Técnica (mbar y atmósfera de gas carbónico) IP: Índice de peróxido Meq O₂/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/ g de café.

P	T	SS	% G		IG	R	H		Color		D						
			\bar{X}	CV %			\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %		\bar{X}	CV %				
	BOPP	Mét/PP	432	1,38	12,97	19,9	7,25	6,95	2,49	0,77	24,42	0,56	22,85	190	1,08	0,36	0
	BOPP	Mét/PP	251	1,41	3,07	16,80	5,28	6,72	6,58	0,82	47,84	0,66	28,25	164	2,28	0,34	1,45
	BOPP	Mét/PP	CO ₂	1,39	9,81	16,08	2,09	6,62	13,9	2,52	5,94	1,50	24,45	185	0,26	0,35	1,39
	PET/PE	432	1,22	5,43	15,91	1,76	6,67	2,90	0,70	71,42	1	138,9	187	3,46	0,36	1,37	
	PET/PE	251	1,47	4,19	16,78	1,40	5,90	7,38	2,83	11,34	1,96	16,92	168	0,89	0,34	1,43	
	PET/PE	CO ₂	1,54	5,08	16,64	1,83	6,80	1,20	1,50	28,41	0,70	50,15	172	2,03	0,35	0	
	PET/AL/PE	432	1,76	22,48	15,89	1,97	6,37	9,35	0,47	43,40	0,70	56,77	177	1,49	0,34	0	
	PET/AL/PE	251	2,33	13,94	16,53	18,4	6,40	6,37	0,72	63,08	1,46	14,74	199	0,25	0,35	1,41	
	PET/AL/PE	CO ₂	2,03	23,98	20,06	1,86	6,45	0,63	44,99	1,16	28,52	177	0,79	0,33	2,87		

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 10. Promedios y coeficientes de variación para las variables analizadas a los 180 días de almacenamiento de café tostado y molido.

P	T	IP		pH		Acidez		% O ₂		% CO ₂		% N ₂		° Brix	
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
BOPP M6t/PP	432	2,20	1,45	5,30	0,47	5,08	16,64	0,29	173,2	10,33	173,2	22,71	173,2	1,56	20,17
BOPP M6t/PP	251	2,57	8,0	5,43	0,33	4,25	12,50	10,6	115,4	1,67	115,7	37,72	115,4	1,46	10,08
BOPP M6t/PP	CO ₂	1,13	63,89	5,28	0,09	4,53	26,31	13,9	33,31	18,87	56,24	68,34	9,80	1,31	26,75
PET/PE	432	0,43	41,55	5,28	0,80	5,81	2,60	0	—	0	—	0	—	1,80	6,89
PET/PE	251	0,62	25,88	5,42	0,23	4,66	15,53	0	—	0	—	0	—	1,66	14,61
PET/PE	CO ₂	0,47	11,76	5,46	0,27	4,61	5,54	5,52	200	0,65	200	18,82	200	1,74	3,38
PET/AL/PE	432	1,15	87,13	5,37	0,41	4,73	13,18	0	—	0	—	0	—	1,66	14,26
PET/AL/PE	251	0,64	14,06	5,26	0,26	6,31	4,64	0	—	0	—	0	—	1,82	6,75
PET/AL/PE	CO ₂	0,64	11,09	5,43	0,31	5,33	18,33	0	—	0	—	0	—	1,64	6,94

P: Película T: Técnica T: Técnica (mbar y atmósfera de gas carbónico) IP: Índice de peróxido Meq O₂/Kg Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/ g de café.

P	T	SS		% G		IG		R		H		Color		D	
		\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
BOPP M6t/PP	432	1,28	22,27	16,96	2,58	5,76	1,80	1,45	3,44	1,06	24,84	199	0,29	0,36	0
BOPP M6t/PP	251	1,21	8,70	17,21	2,67	6,71	0,71	0,78	14,07	1,56	7,94	175	2,05	0,35	1,41
BOPP M6t/PP	CO ₂	1,09	28,64	16,43	1,17	6,72	4,39	1,21	44,20	0,90	18,54	192	0,73	0,35	1,41
PET/PE	432	2,29	95,15	15,48	2,68	5,67	8,72	2,88	31,22	2,83	7,01	195	0,29	0,36	0
PET/PE	251	1,52	15,56	16,80	2,33	5,90	2,49	2,43	9,82	1,60	29,79	173	1,78	0,34	0
PET/PE	CO ₂	1,21	3,52	16,02	7,10	6,16	2,91	2,85	32,47	3,06	9,45	180	2,09	0,35	2,33
PET/AL/PE	432	1,32	10,33	17,44	5,91	7,16	1,54	0,22	146,8	0,60	52,51	172	0,33	0,34	0
PET/AL/PE	251	1,30	6,79	16,97	6,65	7,42	0,86	0,10	81,65	1,50	23,40	196	0,87	0,36	0
PET/AL/PE	CO ₂	1,22	3,85	16,37	4,98	6,40	3,10	2,02	12,53	1,40	9,62	175	1,43	0,34	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).

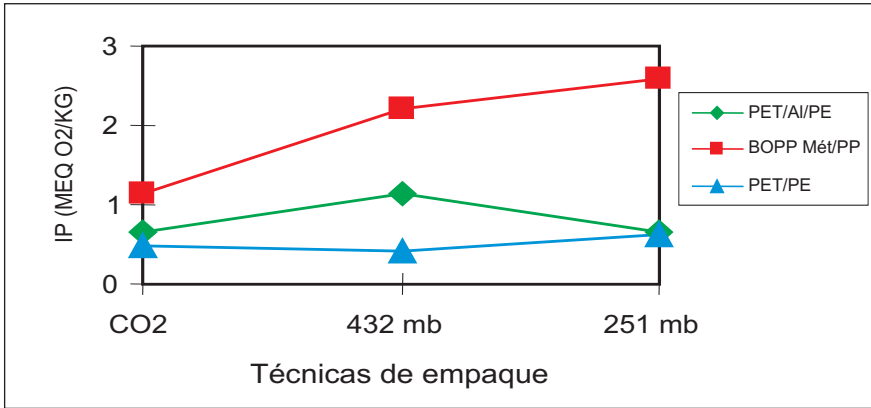


Figura 1. Interacción entre las películas y las técnicas de almacenamiento, respecto a la variable índice de peróxido a los 180 días de almacenamiento de café tostado y molido.

Se utilizó como variable complementaria la prueba de calidad en taza, encontrándose diferencias entre los tratamientos antes mencionados. Se puede ver claramente en la Figura 2 que el único tratamiento que obtiene una calificación alta para la característica de impresión global en el tiempo de 180 días es el tratamiento empacado en PET/Al/PE con 251 mbar ($\pm 0,05$) considerado como mejor por el panel de catación.

Adicionalmente, se tienen otras variables de respuesta complementarias como la variable rancidez para la cual el tratamiento de PET/Al/PE con 251 mbar ($\pm 0,05$) tiene un comportamiento en donde el valor de la rancidez va

disminuyendo a través del tiempo (Figura 3), caso contrario ocurre con los demás tratamientos en donde la rancidez tiende a aumentar con el paso del tiempo.

Para la variable sólidos solubles el análisis de varianza no mostró efecto de interacción de la película y la técnica de empaque; los valores se mantuvieron dentro del rango establecido para café (1,15 % - 1,35 %).

Para las variables pH y acidez titulable hubo efecto de la película y la técnica de empaque. Se observó que el pH tiene un valor de 5,26 para el tiempo de 180 días mientras que para ese mismo

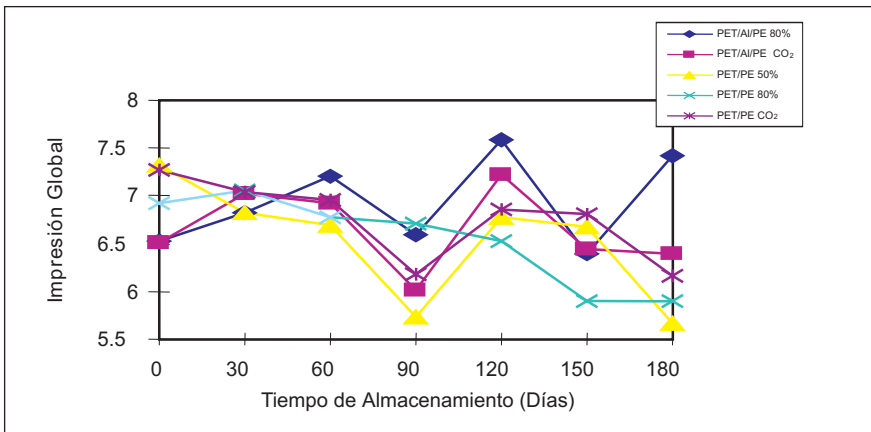
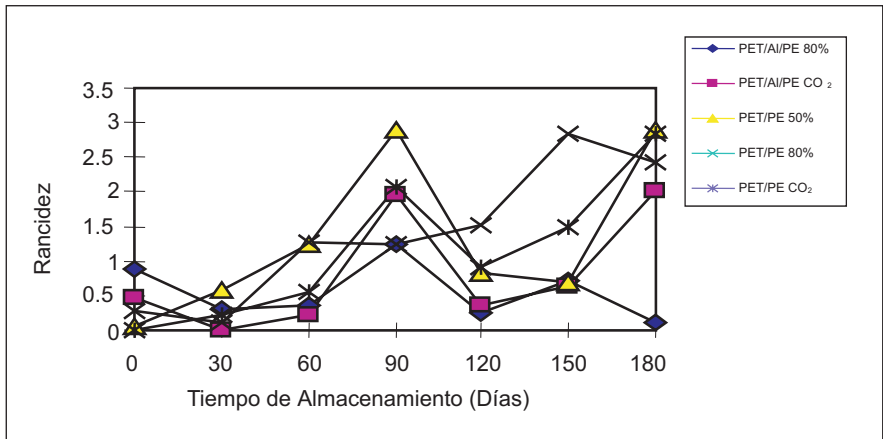


Figura 2. Comportamiento de la variable impresión global durante el almacenamiento de café tostado y molido.

Figura 3.
Comportamiento de la rancidez durante el tiempo de almacenamiento del café tostado y molido.



tiempo la acidez presentó un valor de 6,31 ml de NaoH 0,01N. En la Tabla 11 se muestra la prueba de comparación de promedios de Tukey al 5% para las variables anteriormente mencionadas. Además, los valores de pH durante los seis meses de almacenamiento son estables y se encontraron entre 5,2 y 5,6 y para la acidez entre 4,0 y 6,5 ml de NaOH 0,01N.

Para la variable porcentaje de gases, el análisis mostró que no hay efecto de interacción entre los dos factores. Los tratamientos conservaron el vacío hasta el tiempo de 180 días, pero los tratamientos empacados en BOPP Mét/PP perdieron el vacío; esto significa que este empaque es permeable a los diferentes gases y no conservó la atmósfera en la cual se empacó.

Para la variable humedad si hay efecto de interacción entre la película y la técnica. Los tratamientos empacados en PET/Al/PE con atmósfera de gas carbónico y 251 mbar ($\pm 0,05$) y el tratamiento de PET/PE con 251 mbar ($\pm 0,05$) para el tiempo de 180 días presentaron valores bajos, como se observa en la Figura 4.

Para las variables porcentaje de grasa, densidad aparente y °Brix no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, durante el tiempo de almacenamiento.

El color sí mostró efectos de interacción entre los factores película y técnica de empaque. Se observó que el color va oscureciéndose a medida que transcurre el tiempo (Figura 5).

TABLA 11. pH y acidez titulable para los tratamientos con menor índice de peróxido a los 180 días de almacenamiento de café tostado y molido.

Película	Técnica	PH	Acidez Titulable (ml)
PET/AL/PE	251 mbar ($\pm 0,05$)	5,26 b	6,31 a *
PET/PE	432 mbar ($\pm 0,05$)	5,28 b	5,81 ab
PET/PE	251 mbar ($\pm 0,05$)	5,42 a	4,66 b
PET/AL/PE	atmósfera de co ₂	5,44 a	5,33 ab
PET/PE	atmósfera de co ₂	5,46 a	4,61 b

* Letras iguales en los promedios indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos. Tukey al 5%.

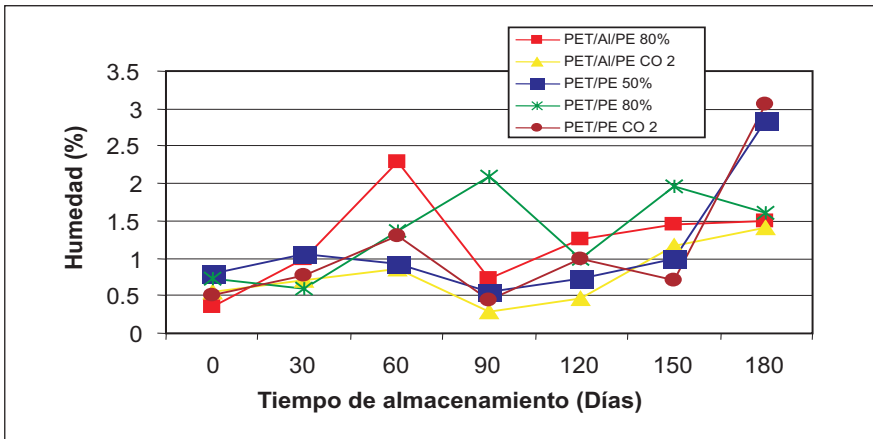


Figura 4. Comportamiento de la humedad durante el almacenamiento de café tostado y molido.

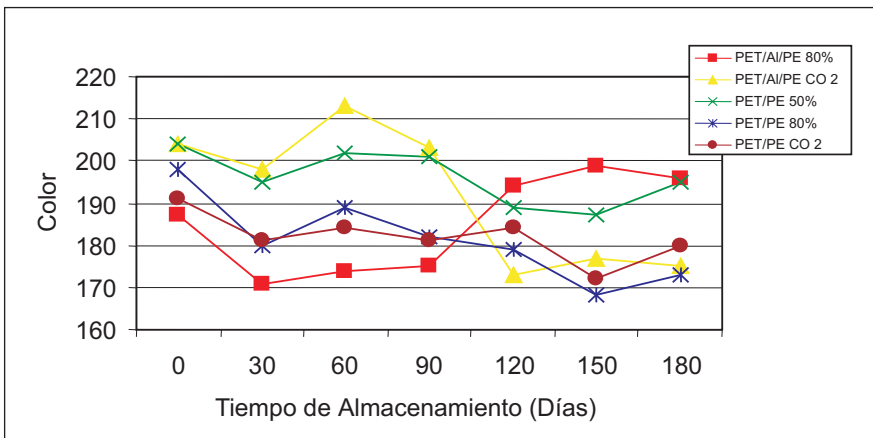


Figura 5. Comportamiento del color durante el almacenamiento de café tostado y molido.

En las Tablas 12 a 18 se presentan los promedios y coeficientes de variación de las variables para la muestra “chuzada” y comercial durante el tiempo de almacenamiento. Las muestras de referencia utilizadas presentaron valores más altos para el índice de peróxido y para la rancidez que los demás tratamientos; en impresión global la calificación fue baja, de 5,0, encontrándose diferencias entre los patrones durante el tiempo de almacenamiento como se observa en las Figuras 6 y 7.

Los patrones presentaron porcentaje de gas (oxígeno, nitrógeno y gas carbónico) durante el

almacenamiento. El patrón de la bolsa chuzada presentó valores más altos para el porcentaje de oxígeno que el de la bolsa comercial. La bolsa chuzada presentó valores muy bajos de gas carbónico para los tiempos de almacenamiento.

Para las variables °Brix, sólidos solubles, % de grasa y acidez titulable, no hubo diferencias entre los patrones para el tiempo de almacenamiento.

Para la variable pH, se encontraron diferencias para el tiempo de 180 días en donde la bolsa

Figura 6.
Impresión global a través del tiempo para las muestras de café utilizadas como referencia.

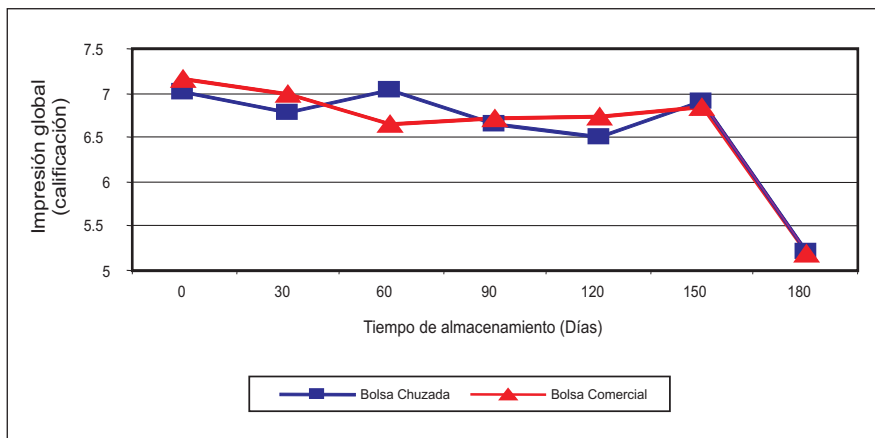
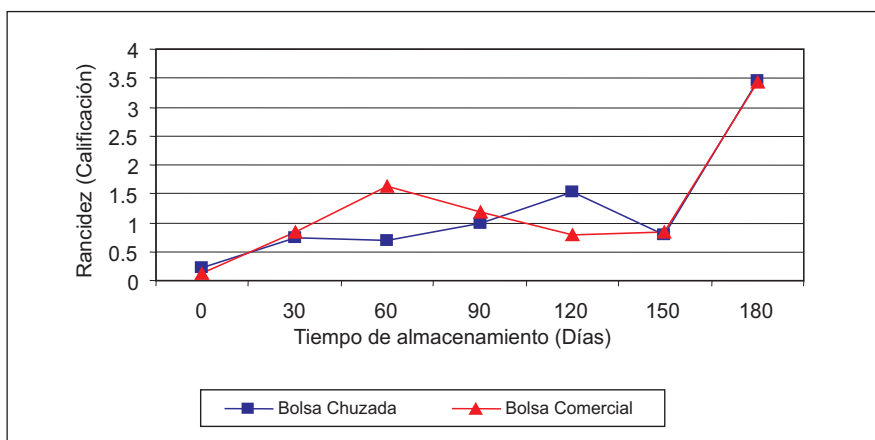


Figura 7.
Rancidez a través del tiempo para las muestras de referencia.



comercial obtuvo un valor más alto que la bolsa chuzada (Tabla 18).

Para la variable color si hay diferencias entre los patrones a través del tiempo; la bolsa chuzada a los 180 días presentó un color más oscuro que la bolsa comercial (Figura 8).

En esta investigación se encontró que el empaque en atmósferas modificadas (AM) y al vacío mantiene la calidad del café tostado y molido durante el almacenamiento. Los niveles de vacío más apropiados para el empaque de

café tostado y molido son 251mbar ($\pm 0,05$) y 432mbar ($\pm 0,05$) para almacenamiento de dos meses.

Las películas que mantienen la calidad del café tostado y molido para almacenamiento durante dos meses son PET/Al/PE y PET/PE.

El tratamiento que conserva mejor las características sensoriales y fisicoquímicas del café tostado y molido fue el de PET/Al/PE con 251mbar ($\pm 0,05$) para un tiempo de seis meses de almacenamiento.

TABLA 12. Promedios y coeficientes de variación para las muestras de referencia a los 0 días de almacenamiento de café tostado y molido.

Tratamiento	IP		pH		Acidez		%O ₂		%CO ₂		%N ₂		°Brix	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,09	13,3	5,46	0,54	4,31	8,43	19,2	6,31	6,50	41,1	74,2	1,99	1,67	9,69
Bolsa Comercial	1,36	18,6	5,34	0,49	5,31	8,47	10,1	12,9	19,6	9,26	70,3	1,40	1,74	5,83

IP: Índice de peróxido (Meq O₂/Kg) Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café

Tratamiento	SS		%G		IG		R		H		Color		Densidad	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,43	15,3	17,1	3,09	7,02	3,60	0,22	20,6	1,20	39,4	1,82	0,36	1,62	
Bolsa Comercial	1,52	10,1	16,6	2,33	7,16	2,24	0,13	11,3	1,07	35,3	1,99	0,38	2,53	

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

TABLA 13. Promedios y coeficientes de variación para las muestras de referencia a los 30 días de almacenamiento de café tostado y molido.

Tratamiento	IP		pH		Acidez		%O ₂		%CO ₂		%N ₂		°Brix	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,41	64,6	5,31	0,38	4,92	4,56	21,2	0,45	1,40	0	77,3	0,12	1,65	6,98
Bolsa Comercial	0,92	12,5	5,35	0,56	5,33	9,34	11,7	69,0	14,7	71,7	73,5	3,60	1,91	3,73

IP: Índice de peróxido (Meq O₂/Kg) Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café

Tratamiento	SS		%G		IG		R		H		Color		Densidad	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,27	4,66	16,7	2,62	6,77	0,51	0,73	29,7	0,60	38,1	186	0,26	0,36	2,26
Bolsa Comercial	1,52	7,26	17,3	2,44	7,0	2,35	0,83	68,2	2,0	25,5	189	0,50	0,36	1,37

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

TABLA 14. Promedios y coeficientes de variación para las muestras de referencia a los 60 días de almacenamiento de café tostado y molido.

Tratamiento	IP		pH		Acidez		%O ₂		%CO ₂		%N ₂		°Brix	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,35	15,7	5,31	0,49	4,41	2,35	21,3	0,23	1,30	0	77,3	0,06	1,63	7,89
Bolsa Comercial	1,48	18,9	5,36	0,73	4,47	15,5	5,22	41,8	18,2	11,2	76,5	0,55	1,64	11,8

IP: Índice de peróxido (Meq O₂/Kg) Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café

Tratamiento	SS		%G		IG		R		H		Color		Densidad	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	0,91	44,3	16,7	2,14	7,04	5,63	0,68	37,0	1,87	21,1	185	1,32	0,36	1,39
Bolsa Comercial	1,24	23,3	16,8	1,40	6,66	2,55	1,64	9,4	1,14	56,1	188	2,50	0,36	1,62

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

TABLA 15. Promedios y coeficientes de variación para las muestras de referencia a los 90 días de almacenamiento de café tostado y molido.

Tratamiento	IP		pH		Acidez		%O ₂		%CO ₂		%N ₂		°Brix	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	0,87	21,7	5,40	0,86	4,49	10,9	21,9	0,22	0,05	115	78,0	0,12	1,63	3,63
Bolsa Comercial	0,92	29,0	5,40	0,21	4,27	11,7	16,1	61,8	6,10	181	77,8	1,44	1,72	10,6

IP: Índice de peróxido (Meq O₂/Kg) Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café

Tratamiento	SS		%G		IG		R		H		Color		Densidad	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,29	4,69	20,6	0,65	6,66	1,54	0,98	23,1	0,50	54,4	180	4,86	0,36	1,62
Bolsa Comercial	1,51	30,5	16,8	27,7	6,71	1,27	1,18	18,8	0,54	57,1	178	0,53	0,36	1,62

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

TABLA 16. Promedios y coeficientes de variación para las muestras de almacenamiento de café tostado y molido.

Tratamiento	IP		pH		Acidez		% O ₂		%CO ₂		%N ₂		°Brix	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	0,60	25,6	5,41	0,32	3,76	9,73	0,70	0	23,0	2,61	76,2	0,78	1,48	7,54
Bolsa Comercial	0,60	25,6	5,44	0,48	4,35	5,83	15,6	66,6	6,65	168	77,7	1,05	1,56	6,40

IP: Índice de peróxido (Meq O₂/Kg) Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café

Tratamiento	SS		%G		IG		R		H		Color		Densidad	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,08	47,0	17,0	2,19	6,50	6,28	1,53	25,3	2,87	51,8	183	3,17	0,35	1,41
Bolsa Comercial	1,36	6,92	17,1	0,64	6,73	10,3	0,78	89,0	1,07	56,7	182	1,65	0,36	1,62

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

TABLA 17. Promedios y coeficientes de variación para las muestras de referencia a los 150 días de almacenamiento de café tostado y molido.

Tratamiento	IP		pH		Acidez		% O ₂		%CO ₂		%N ₂		°Brix	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	2,46	33,1	5,39	0,46	5,13	10,6	21,1	0,27	2,20	0	76,6	0,07	1,72	14,5
Bolsa Comercial	1,64	7,67	5,44	0,09	4,84	19,2	20,1	4,92	2,63	25,3	77,2	1,04	1,70	15,8

IP: Índice de peróxido (Meq O₂/Kg) Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café

Tratamiento	SS		%G		IG		R		H		Color		Densidad	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,43	12,7	18,3	5,86	6,90	6,89	0,78	87,7	1,57	29,6	203	0,93	0,36	0
Bolsa Comercial	1,41	15,0	18,5	10,2	6,85	3,86	0,83	57,1	0,54	45,3	175	1,94	0,36	1,62

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

TABLA 18. Promedios y coeficientes de variación para las muestras referencia a los 180 días.

IP	pH		Acidez		%O ₂		%CO ₂		%N ₂		°Brix	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,05	9,16	5,34	030	4,70	16,8	21,3	0,46	3,60	0	75,0	0,13
Bolsa Comercial	1,03	48,4	5,38	0,55	4,99	16,5	20,2	8,64	4,33	27,5	75,4	0,73

SS	%G		IG		R		H		Color		Densidad	
	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %	\bar{X}	CV %
Bolsa Chuzada	1,32	17,6	16,7	0,59	5,21	2,64	3,45	7,39	2,13	8,84	189	1,52
Bolsa Comercial	1,34	16,2	17,2	1,14	5,19	3,18	3,43	1,88	1,13	48,4	182	1,64

IP: Índice de peróxido (Meq O₂/Kg) Acidez Titulable: ml gastados de NaOH 0,01 N/g de café

SS: Sólidos Solubles (%) en la bebida de café preparada (18 g/300 ml de agua) %G: % de grasa IG: Impresión Global (calificación)

R: Rancidez (calificación) H: Humedad (%) Color: máxima reflectancia=446 (color rojo); mínima reflectancia=-1 (color negro) Densidad: g/ml

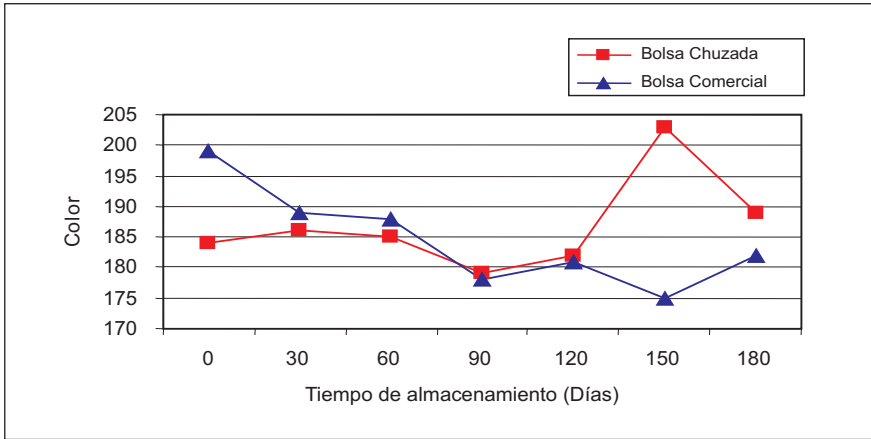


Figura 8. Comportamiento del color durante el almacenamiento para las muestras de café tostado y molido utilizadas como referencia.

La película de BOPP Mét/PP presentó los mayores valores de índice de peróxido para el tiempo de 180 días (1,95 meq O₂/kg); también obtuvo baja calificación en impresión global y presentó, en todas las condiciones, valores altos para rancidez; por tanto, los tratamientos con esta película no fueron los mejores para la conservación del café tostado y molido.

La película de BOPP Mét/PP perdió el vacío durante el almacenamiento y no mantuvo la atmósfera de gas carbónico. Es una estructura permeable a los diferentes gases.

Durante el almacenamiento el color va oscureciéndose, esto se debe a las reacciones de oxidación y a la luz.

Las muestras de referencia utilizadas para el almacenamiento de seis meses presentaron valores altos para el índice de peróxido; el panel calificó estos tratamientos con valores entre 5,0 y 5,8. Se observó que el valor de la rancidez aumentó con el almacenamiento.

El porcentaje de grasa para todos los tratamientos, incluyendo los de referencia, no cambió con el almacenamiento y se mantuvo dentro de un valor de 16,0 - 18,0%.

El empaque no se debe perforar porque se está dañando la estructura y se está permitiendo la entrada del oxígeno, que es uno de los agentes causantes de la pérdida de la calidad del café tostado y molido.

Las variables de respuesta densidad aparente (g/ml) y °Brix no se ven influenciadas por la técnica de vacío y de atmósferas modificadas (AM) durante el almacenamiento.

En ninguno de los tratamientos se observó crecimiento de microorganismos (mesófilos, hongos y levaduras); por tanto, el empaque al vacío y en atmósferas modificadas (AM) inhibe el desarrollo de microorganismos aerobios durante el almacenamiento de café tostado y molido.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del Programa de Industrialización. A Ricardo León Vargas y a los integrantes del Panel de Catación del Departamento de Mercado Interno. A Javier Andrés Cifuentes.

LITERATURA CITADA

1. ABRAHAN, K.O.; SHANKARANARAYANA, M.L. Roasting of coffee quality changes and flavor development. *Journal of Coffee Research* 20 (2): 93-113. 1990.
2. ACEVEDO N., 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: Ingeniería Química).
3. BELITZ, A.; GROSCH, W. Química de los alimentos. Zaragoza, Editorial Acirbia S.A., 1988. 812 p.
4. CLIFFORD, M. N. The composition of green and roasted coffee beans; process biochemistry. London, 1975. 754 p.
5. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. ICONTEC. Café tostado y molido. Determinación del grado de tostión. Método Infrarrojo. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1987. 4 p. (Norma 2442).
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. ICONTEC. Determinación de la pérdida de masa por secado. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1989. 5 p. (Norma 2558).
7. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. Determinación de la densidad por el método de compactación. Londres, 1980. 4 p. (Norma TC34/SC15).
8. PACHON 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).
9. POSADA, R. Implementación y estudio del quenching en el torrefactor de la planta piloto de física del LIQC. Santafé de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1994. 139 p. (Tesis: Ingeniería Química).
10. PELAEZ R., A.; MORENO G., E. Vademecum del tostador colombiano. Bogotá, LIQC, 1991. 240 p.
11. RAMOS A., M. M. Empaque y Almacenamiento de café tostado y molido bajo de vacío y atmósferas de nitrógeno y gas carbónico. Santafé de Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1998. 175 p. (Tesis: Ingeniería de Alimentos).
12. RODRIGUEZ R., O.M.; TEUTA R., M.C. Análisis de marcas de café tostado y molido comercializadas en Santafé de Bogotá. Santafé de Bogotá, Universidad INCCA de Colombia, 1994. 108 p. (Tesis: Ingeniería de Alimentos).
13. SOTO, M.; ZARATE, 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).
14. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. ICONTEC. Análisis sensorial-café; metodología para análisis sensorial cuantitativo descriptivo del café. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 2000. 11 p. (Proyecto de norma técnica colombiana DE146/00).