

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRES ESTRUCTURAS DE EMPAQUE PARA CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO

José Jaime Castaño-Castrillón*; Irma Milena Mayorga**; Daniel Rodríguez***;
Alexandra Lozano*****

RESUMEN

CASTAÑO C., J.J.; MAYORGA, I.M.; RODRÍGUEZ, D.; LOZANO, A. Análisis comparativo de tres estructuras de empaque para café tostado. Cenicafé 55(4):277-301.2004

Con el objetivo de valorar el desempeño de algunos empaques utilizados para el almacenamiento del café tostado y molido, se estudiaron tres estructuras (BOPP/ BOPPmet/PPcoex, PET/BOPPmetaltabarrera/ Peblanco y PET/FOILALUM/Peblanco), durante nueve meses de almacenamiento. En el estudio se utilizó café tipo consumo de tuestión media y granulometría fina. Al café almacenado se le realizaron evaluaciones sensoriales y fisicoquímicas y se determinaron las propiedades de permeabilidad de los empaques. Para evaluar la variación de la calidad del café debida a cada estructura de empaque y en cada tiempo de almacenamiento se empleó un modelo de análisis para el diseño experimental completamente aleatorizado en arreglo factorial de una vía con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Las variables cuerpo de la bebida, sólidos solubles, diámetro de las partículas y densidad del producto tostado y molido, no mostraron variaciones significativas entre las estructuras ni con el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, el café empacado en la estructura BIOALUM, mantiene por más tiempo la impresión global del café y atenúa así mismo el defecto rancio y la pérdida de color del café almacenado. Además, esta estructura presenta excelente sellado debido a la alta resistencia térmica del poliéster.

Palabras claves: Conservación del café, almacenamiento, características fisicoquímicas, calidad de la bebida, estructura de empaque.

ABSTRACT

With the purpose of assessing the performance of some packages used for the storing of roasted and ground coffee, three structures: BOPP/BOPPmet/PPcoex, PET/BOPPmetaltabarrera/ Peblanco and PET/FOILALUM/Peblanco) were studied during nine storage months. For this study, consumption-type coffee of half roasting degree and mill in half fine grain coffee were used. Sensorial as well as physical-chemical evaluations were done to the stored coffee and the permeability properties of the packages were also determined. In order to assess the variation of the coffee quality due to each package structure and to each storage time, a completely randomized experimental design was used in a one-way factorial arrangement with three treatments and three repetitions per treatment. The variables drink body, soluble solids, particles diameter and density of the roasted, and milled product, did not show meaningful variations among the structures, not even with the storage time. However, the coffee packed in the BIOALUM structure keeps longer the global impression of coffee and also attenuates the rancid flavor and the color loss of stored coffee. Besides, this structure displays excellent sealing due to the high thermic resistance of polyester.

Keywords: Coffee conservation, storage, physical-chemical characteristics, drink quality, package structure.

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

** Analista II de Procesos Industriales, Departamento de Mercado Interno. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, FNC, Bogotá, Colombia.

*** Consultor Biofilm SA, Cartagena, Colombia.

*****Ingeniera de Alimentos, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Uno de los elementos de mayor incidencia en la vida útil y conservación del café después de procesado es el empaque. Actualmente, las industrias torrefactoras del país utilizan diferentes tipos de empaques desde el papel hasta el vidrio, siendo las estructuras flexibles, las más comunes. Las empresas productoras de películas y las convertidoras procuran ofrecer en el mercado nuevas estructuras combinando diferentes películas que garanticen una mejor protección de las características del café.

Considerando estas circunstancias y dada la posibilidad de realizar un trabajo interdisciplinario entre el Departamento de Mercado Interno de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, el Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé y Biofilm (empresa nacional productora de películas de polipropileno), se planteó un estudio para la valoración del desempeño de tres estructuras comerciales durante el almacenamiento prolongado de café tostado y molido, como un aporte al conocimiento y utilización de estos empaques en la industria.

Se estudiaron las estructuras BOPP/BOPPmet/PPCOEX, PET/BOPP metalizadoaltabarrera/PEblanco y PET/FOILALUM/PEblanco. La primera y la tercera, son dos de las estructuras más empleadas en Colombia en el mercado del café tostado actual. La segunda es una estructura que contiene una película desarrollada por la empresa Biofilm, y corresponde a un metalizado de alta barrera al vapor de agua y al oxígeno. La tercera estructura contiene un foil de aluminio comúnmente usado en el mercado colombiano y de las tres, es la estructura teóricamente de mejores características actualmente en uso.

Generalmente, ningún material plástico posee todas las características necesarias para cumplir su función de barrera y protección

como empaque, por esta razón se combinan varios de ellos para formar un material complejo o laminado que reúna las propiedades más importantes de sus componentes. Los materiales utilizados en los empaques flexibles son, por lo general, combinaciones ó laminaciones de diferentes materiales, de forma que la estructura final del empaque cumpla con los requerimientos de protección y presentación del producto a empacar. En las estructuras tricapa se combinan o laminan tres materiales de empaque. La película externa normalmente se imprime al dorso y es el material que quedará en contacto con las mordazas de las máquinas empacadoras. Por tanto, el material de esta primera lámina debe aportar a la estructura características de protección como: barreras al vapor de agua, oxígeno, presentación y resistencia tanto a la manipulación como a los elementos de las máquinas empacadoras.

El material del centro aportará propiedades de barrera al vapor de agua, al oxígeno y a la luz; y el material de la capa interna aportará barreras a los agentes antes mencionados y dará las características de sellado y hermeticidad del empaque final (3, 11)

En la Tabla 1 aparecen otras estructuras de empaque empleados para los empaques de café tostado y molido.

Los materiales más utilizados en empaques para café tostado y molido comercializado en

Tabla 1. Estructuras empleadas para empaque de café tostado

Estructura
BOPP
BOPPmet/PE
PET/PP COEX
BOPPmet/PAPEL PARAFINADO
PVC/PE
BONYL/FOILALUM/PE EMPAQUE
BOPP/PAPEL/PE
PET/PEBD EMPAQUE

Colombia son el poliéster en diferentes combinaciones: metalizado, saranizado, papel triplex y el polipropileno biorientado combinado con polietileno (15).

Los factores que influyen en la selección de un empaque para café tostado y molido son la humedad (12), el oxígeno (10, 12), la temperatura (12) y la liberación de gas carbónico (1).

Los requerimientos del empaque para café tostado y molido (2, 4), pueden enumerarse de la siguiente manera:

- Inerte: no debe desprender olores, sabores o materiales tóxicos.
- Impermeable al oxígeno, al vapor de agua, los aromas y los olores.
- A prueba de grasas y aceites.
- Opaco.
- Durable, estable y resistente.
- De fácil manejo y adecuada maquinabilidad
- Permita una buena impresión
- Bajo costo.
- De bajo impacto ecológico.
- Que le otorgue una buena presentación al producto.

En el caso de los granos de café, se detectan efectos de oxidación al cabo de 72 horas después del tostado, si el producto está expuesto al aire (1).

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedimiento experimental. Se empleó café verde tipo consumo, el cual se procesó en condiciones industriales en la tostadora Cundicafé en Bogotá. El café se llevó hasta tostión media (240 a 260 colorímetro Quantik, IR-800), y las características del producto tostado y molido las evaluó el Departamento de Mercado Interno de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

El café se molió, desgasificó y empacó en la tostadora en cada una de las tres estructuras de empaque en presentación de 1 libra. Posteriormente, el café fue enviado a la sede de Cenicafe, donde se almacenó en condiciones de oscuridad, y temperatura y humedad controladas, para efectuar la evaluación del producto y el empaque durante 9 meses (37 semanas). Los análisis se efectuaron cada dos semanas los primeros tres meses, cada tres semanas los siguientes cinco meses y cada mes el último mes.

Metodología. El café se empacó en bolsas de tres estructuras, que para efectos de este estudio se reconocerán con las convenciones entre paréntesis, como sigue:

- BOPP/BOPPmet/PPCOEX (BOPPMET)
- PET/BOPPmet altabarrera/PEblanco (BIOALUM)
- PET/FOILALUM/PE blanco (FOILALUM)

La empresa Biofilm S.A., elaboró el material de empaque correspondiente a las dos últimas estructuras. Mientras que la primera estructura fue proporcionada por una tostadora comercial. Las tres estructuras de empaque se suministraron en rollos de acuerdo con las especificaciones de la empacadora de la tostadora comercial.

El café tipo consumo para el experimento fue suministrado por el Departamento de Mercado Interno de las bodegas de Almacafé sucursal Bogotá. El café se procesó a tostión media (5) en una máquina Probat 220 RG con capacidad de 240kg durante 26 minutos, trabaja con quemador de ACPM y cuenta con sistema de quenching y enfriamiento en basca con aire y movimiento.

Posteriormente, se transportó el café por medio neumático a una tolva para la molienda en un molino de discos tipo canadiense marca Viganego de 220kg/h y se llevó por medio de

un tornillo sin fin hasta los silos de desgasificación, donde se depositó por 20 horas. El café se molió hasta granulometría media según la norma Icontec vigente (5).

El café se empacó en una máquina automática vertical de tornillo marca Pacandé, con capacidad de 20 bolsas por minuto, en presentación de una libra en tres baches diferentes en los tres materiales de empaque en estudio y fue remitido a Cenicafé para el almacenamiento. En total se empacaron 449 bolsas de una libra (120 de la estructura BOPPMET, 178 de la estructura BIOALUM, y 151 de la estructura FOILALUM).

En cada tiempo de medida previamente definido, se retiraron del cuarto de almacenamiento seis unidades de empaque por cada estructura de almacenamiento (18 unidades). Tres unidades por cada estructura (nueve unidades) se enviaron al Departamento de Mercado Interno en Bogotá, y nueve se quedaron en Cenicafé. Después de los análisis pertinentes las 9 bolsas de café que se emplearon en Cenicafé, se enviaron vacías y adecuadamente protegidas, a los laboratorios de Biofilm en Cartagena (Colombia), para efectuar los análisis de permeabilidad respectivos.

El experimento se prolongó durante 37 semanas, se efectuaron 15 retiros de bolsas (9 bolsas de cada estructura, en total 18 por retiro) incluidas las del tiempo 0 ó inicial, lo cual da en total 270 bolsas (90 por estructura). Todos los datos fueron enviados a Cenicafé, para el análisis estadístico.

El cuarto de almacenamiento de las bolsas empacadas de café se mantuvo durante toda la experimentación en condiciones de oscuridad, y a temperatura y humedad controladas ($17,1 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$; 50-60% H.R). Durante todo el tiempo de almacenamiento se registró la temperatura de la bodega mediante un Datalogger Fluke Hydra, y la humedad relativa mediante un termohidrógrafo.

La Figura 1 muestra las bolsas de café tostado y molido después de haber sido empacadas. La bolsa dorada y marcada corresponde a la estructura BOPPMET, la brillante a la estructura BIOALUM, y la opaca a la estructura FOILALUM.

A pesar de que se habla de 6 retiros por tratamiento, esto no quiere decir que se realizaron todas las medidas a estas muestras, puesto que cada laboratorio efectuó evalua-



Figura 1. Bolsas correspondientes a las tres estructuras, a la izquierda BOPPMET, al centro BIOALUM, y a la derecha FOILALUM.

ciones diferentes. El análisis sensorial se efectuó con seis repeticiones.

Medidas efectuadas en el Departamento de Mercado Interno de FEDERACAFÉ. En esta dependencia se realizaron los siguientes análisis:

- Análisis sensorial con énfasis en rancidez por el método cuantitativo descriptivo según el proyecto de norma NTC (7, 11, 16).
- Contenido de sólidos solubles y rendimiento de extracción de acuerdo con la NTC 4602-1 (6).
- Humedad, según la norma NTC 2558.
- Densidad, según la norma NTC 4048 .
- Análisis granulométrico, según la norma NTC 2441 (13).

Medidas efectuadas en la Planta Piloto de Física Técnica en Cenicafé. En esta dependencia se realizaron los siguientes análisis:

- Color, empleando un colorímetro Hunter Lab D25-DP9000, operando en las coordenadas HunterLab (Lab) y CieLab ($L^*a^*b^*$).
- Humedad, según la norma NTC 2558.
- Concentración de gases en el empaque %O₂ y %CO₂ con un instrumento PacCheck (Mocon. Mineapolis, USA)
- Índice de peróxidos según la técnica de la Nestlé de Colombia, empleando un espectrofotómetro UV-visible (9, 17).

Medidas efectuadas en la empresa Biofilm S.A.

En esta empresa se efectuaron medidas a las bolsas empleadas para el empaque del café tostado y molido, así:

- Gramaje de la estructura: ASTM D4321. Unidades: g/m².
- Rendimiento de la estructura: ASTM D4321. Unidades m²/kg.
- Densidad óptica
- Condiciones de medición

- Tobias, Densitómetro
- Densidad óptica: $D.O. = \text{Log}(10)(\text{Luz incidente}/\text{Luz transmitida})$.
- Se realizaron las siguientes medidas en tres posiciones del empaque: centro, zona poco deteriorada; lomo, zona con deterioro medio; selle, zona de alto deterioro.
- Transmisión de vapor de agua según la norma ASTM F1249, H.R. 90%, 38°C. Unidades: g/m²/24h. Empleando el equipo Permatran (Mocon, Minneapolis, USA).
- Transmisión de oxígeno según la norma ASTM D3985, 0% H.R. 23°C. Unidades: cm³/m²/24h. Empleando el equipo Oxtran (Mocon, Minneapolis, USA).

Diseño Experimental. Para evaluar la variación de la calidad del café, debida a cada estructura de empaque y en cada tiempo de almacenamiento se aplicó un modelo de análisis para el diseño experimental completamente aleatorizado en arreglo factorial de una vía con tres tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento y en el caso del análisis sensorial con 12 repeticiones (12 juicios, a cada fecha de análisis, por estructura). También se emplearon técnicas estándares de análisis de varianza, seguida de un test de discriminación de promedios, según dos modelos: un diseño factorial 3X15 con Estructura y Tiempo como factores con tres repeticiones, y un diseño factorial de una vía con Estructura como factor y para cada tiempo de almacenamiento, con tres repeticiones.

Para la variable color café tostado se efectuó un análisis estadístico sobre cada componente de ambos sistemas de coordenadas, y también sobre la componente principal de cada sistema resultante del análisis de componentes principales.

Se empleo el lenguaje SAS versión 6.12 para efectuar los cálculos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2, muestra la ficha técnica del café verde empleado, y la Tabla 3, la ficha de las estructuras de empaque empleadas en el estudio.

Características del café tostado

Propiedades organolépticas. En la Tabla 4 se observa que a excepción del cuerpo, la estructura del empaque afecta significativamente a las demás variables organolépticas. El tiempo también afecta significativamente todas las características, pero más que la estructura, resultado obvio si se tiene en cuenta que el café tostado y molido se deteriora en el transcurso del tiempo. De igual manera, se observa una interacción significativa en todas las variables excepto la variable aroma de la be-

Tabla 2. Características físicas del café verde tipo consumo empleado para el estudio

Granulometría (malla)	Retenido (%)
17+	38,93
16+	30,76
15+	23,75
14+	5,51
12+	1,05
0	0
Defectos	Porcentaje (%)
Grano aprovechable	84,3
Grano negro	1,1
Grano vinagre	2,7
Grano cardenillo	0,2
Defectos menores	11,5
Ripio	0
Impurezas	0,1
Materia extraña	0

bida (arombeb), lo cual indica que el efecto del tiempo de almacenamiento sobre las características sensoriales es diferente para cada estructura. Las convenciones empleadas en la Tabla son:

Impresión global (impreglo)
 Fragancia (fragancia)
 Aroma de la bebida (arombeb)
 Acidez (acidez)
 Amargo (amargo)
 Cuerpo (cuerpo)
 Rancidez (rancidez)
 Sabor residual (sabres)
 Estructura de empaque (estruc)
 Fecha de análisis (tiempo)
 Interacción estructura tiempo (interac)

Por problemas de uniformidad en las varianzas el SAS propuso transformar las variables impreglo, arombeb, sabres y fragancia al valor que aparece en la Tabla 4, o sea elevadas a la potencia 1.5.

En la Tabla 5, se observa que en promedio el mayor valor para la característica impreglo lo muestra la estructura BIOALUM. Las estructuras BOPPMET y FOILALUM tuvieron valores similares y menores comparados con la primera estructura. Igualmente, el menor valor de rancidez lo tuvo la estructura BIOALUM, el mayor la estructura BOPPMET y FOILALUM mostró un valor intermedio, siendo los tres significativamente diferentes. Con relación a la fragancia y el aroma de la bebida, la estructura BIOALUM también presentó el mayor valor, siendo los valores mostrados por las otras dos estructuras menores y significativamente

Tabla 3. Característica de las tres estructuras de empaque comparadas en el estudio.

Propiedad	BOPPMET	BIOALUM	FOILALUM
Espesor (mm)	71	70	60
Densidad Óptica (%)	2,5	2,6	5,5
Gramaje (g/m ²)	66,1	69,9	72,2
Rendimiento m ² /kg	15,1	14,3	13,9

iguales. El mayor valor de acidez lo presentó la estructura BOPPMET, y la estructura FOILALUM el mayor valor de amargo. En lo que se refiere al cuerpo, las tres estructuras mostraron valores similares.

En la Tabla 6 se encuentra la discriminación de promedios resultado del otro análisis efectuado para el caso de impreglo y rancidez, o sea un análisis de varianza de una vía por fecha, con la estructura como factor.

Tabla 4. Propiedades organolépticas del café tostado empacado y almacenado.

Característica	Probabilidad		
	Estructura	Tiempo	Interacción
(impreglo) ^{1.5*}	0,0001**	0,0001	0,0001
Rancidez	0,0001	0,0001	0,0001
(arombeb) ^{1.5*}	0,0010	0,0001	0,1909
(sabres) ^{1.5*}	0,0001	0,0001	0,0001
Acidez	0,0001	0,0001	0,0006
Amargo	0,0044	0,0001	0,0001
Cuerpo	0,1671	0,0001	0,0064
(fragancia) ^{1.5*}	0,0001	0,0001	0,0001

* Variables elevadas a la potencia 1.5

** Valores menores de 0,05 indican un efecto significativo (95% significancia)

Tabla 5. Discriminación de promedios para las características sensoriales, con relación a la estructura de empaque

Característica	Estructura	Valor
Impreglo	BIOALUM	4,9 a*
	BOPPMET	4,5 b
	FOILALUM	4,5 b
Rancidez	BOPPMET	2,2 a
	FOILALUM	2,0 b
	BIOALUM	1,7 c
Arombeb	BIOALUM	5,1 a
	FOILALUM	4,9 b
	BOPPMET	4,9 b
Sabres	BIOALUM	4,6 a
	BOPPMET	4,6 a
	FOILALUM	4,4 b
Acidez	BOPPMET	3,9 a
	BIOALUM	3,7 b
	FOILALUM	3,6 b
Amargo	FOILALUM	7,2 a
	BIOALUM	7,0 b
	BOPPMET	7,0 b
Cuerpo	FOILALUM	6,8 a
	BIOALUM	6,8 a
	BOPPMET	6,8 a
Fragancia	BIOALUM	5,3 a
	FOILALUM	5,1 b
	BOPPMET	5,0 b

* Promedios identificados con diferentes letras presentan diferencia estadística (Tukey al 5%).

Tabla 6. Discriminación de promedios para las variables impresión global y la rancidez contra la estructura durante el tiempo de almacenamiento para cada día de análisis

Días	Estructura	Impreglo	Rancidez
0	BOPPMET	7,00 a*	0,00 a
	BIOALUM	6,75 a	0,00 a
	FOILALUM	6,75 a	0,00 a
27	BOPPMET	6,67 a	0,00 a
	FOILALUM	6,17 b	0,00 a
	BIOALUM	6,08 b	0,00 a
43	FOILALUM	6,28 a	0,04 a
	BIOALUM	6,17 a	0,08 a
	BOPPMET	6,08 a	0,00 a
63	BIOALUM	6,17 a	0,25 b
	FOILALUM	5,46 b	0,46 ab
	BOPPMET	5,25 b	0,58 a
70	BIOALUM	5,67 a	0,50 a
	BOPPMET	5,46 a	0,62 a
	FOILALUM	4,92 b	0,79 a
84	BIOALUM	5,42 a	0,67 a
	BOPPMET	5,12 a	0,71 a
	FOILALUM	4,54 b	0,67 a
95	BIOALUM	5,25 a	0,71 c
	FOILALUM	4,33 b	1,67 b
	BOPPMET	4,04 b	2,25 a
116	BIOALUM	4,42 a	2,29 b
	BOPPMET	4,17 ab	2,96 a
	FOILALUM	3,75 b	3,00 a
139	BIOALUM	5,00 a	1,83 b
	FOILALUM	4,25 b	1,96 b
	BOPPMET	3,71 c	1,67 a
161	BIOALUM	3,96 a	2,79 b
	FOILALUM	3,83 ab	2,96 b
	BOPPMET	3,50 b	3,75 a
182	BIOALUM	4,29 a	2,21 b
	FOILALUM	3,75 b	3,50 a
	BOPPMET	3,54 b	3,83 a
197	FOILALUM	3,83 a	3,37 a
	BIOALUM	3,54 a	3,50 a
	BOPPMET	3,46 a	3,87 a
231	BIOALUM	3,67 a	3,83 a
	FOILALUM	3,42 a	3,87 a
	BOPPMET	3,87 b	4,21 a
244	BIOALUM	3,92 a	3,12 b
	FOILALUM	3,54 a	3,83 a
	BOPPMET	3,50 a	4,12 a
271	BOPPMET	3,46 a	3,79 a
	BIOALUM	3,08 ab	3,67 a
	FOILALUM	2,96 b	4,12 a

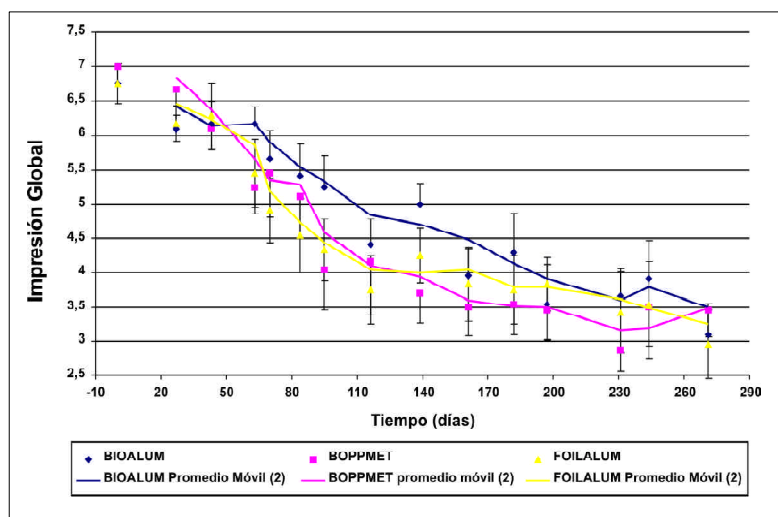
* Promedios identificados con diferentes letras presentan diferencia significativa (Tukey al 5%).

La evolución de las características de rancidez e impresión global en el tiempo, se presenta en la Tabla 6. Durante los primeros 43 días la impresión global disminuyó sistemáticamente, sin mostrar influencia significativa de la estructura en ella como lo muestran los agrupamientos correspondientes (Tukey al 5%). Desde esta fecha hasta los siguientes 140 días (4 meses), la impresión global continuó disminuyendo, pero más lentamente para la estructura BIOALUM, la cual muestra valores promedio significativamente mayores que las otras dos estructuras. En general, las otras dos estructuras, FOILALUM y BOPPMET, no muestran diferencias significativas entre ellas. Desde esta fecha hasta la finalización del experimento, o sea durante los siguientes 90 días la impresión global disminuyó más lentamente, mostrando alguna tendencia a la estabilización, con valores bajos, sin presentar diferencias significativas entre estructuras.

La Figura 2, es un gráfica de la variación de la impresión global con respecto al tiempo de almacenamiento de las tres estructuras. En esta gráfica sobre el eje x están los días de almacenamiento, sobre el eje y el valor de impresión global, y sobre cada punto, hacia

arriba o hacia abajo, dependiendo de la línea a la cual pertenezca se coloca una barra cuya longitud es igual a la desviación estándar en ese punto. La línea para cada estructura representa el promedio móvil, sobre dos promedios, y esta representación fue adoptada para todas las gráficas mostradas. En esta gráfica se observan todas las características anteriormente mencionadas, o sea la existencia de tres zonas de tiempo. Adicionalmente, en esta gráfica se observa que el café tostado y molido empacado en las tres estructuras tiende al mismo valor final independientemente de la estructura, la diferencia consiste en que este valor se consigue más rápidamente con las estructuras BOPPMET y FOILALUM, aproximadamente a los 120 días de almacenamiento, mientras que para la estructura BIOALUM este valor se consigue aproximadamente a los 200 días de almacenamiento. Este comportamiento observado, que la forma de caída de la impresión global depende de la estructura de empaque está corroborado por la alta significancia que muestran las interacciones mostradas en la Tabla 4. Quiere decir que el comportamiento de la impresión global depende de la estructura de empaque del café tostado y molido.

Figura 2.
Variación en el tiempo de la impresión global del café empacado en las tres estructuras



En lo que se refiere a la rancidez (Tabla 6), otra característica organoléptica importante para el café tostado y molido, se observó que esta propiedad permaneció en cero o valores muy cercanos a cero los primeros 45 días después de haber comenzado el almacenamiento. Posteriormente, aumentó sin mostrar valores significativamente diferentes entre estructuras en los siguientes 40 días. Para los siguientes 90 días, el valor de rancidez continuó aumentando aunque más lentamente para la estructura BIOALUM, la cual mostró valores de rancidez significativamente menores que las otras dos estructuras. Durante este período las otras dos estructuras mostraron valores de rancidez significativamente iguales. Desde este período y hasta la finalización del experimento, la rancidez continuó aumentando, aunque más lentamente, pero sin observar valores significativamente diferentes entre las estructuras de los empaques.

La Figura 3, muestra este comportamiento gráficamente, allí se observan todas las características mencionadas, pero además se obser-

va que la rancidez para las tres estructuras, análogamente al caso de la impresión global, tiende al mismo valor, el cual se consigue muy rápidamente para la estructura BOPPMET al cabo de 6 meses de almacenamiento, y menos rápido para las estructuras FOILALUM, y BIOALUM. De igual forma, se observa que antes de finalizar el experimento la estructura BOPPMET había llegado al punto de estabilización, mientras que la estructura FOILALUM estaba llegando y la estructura BIOALUM aun mostraba una pendiente significativa.

Perfiles sensoriales. Es frecuente representar las características sensoriales en forma de diagramas de estrella, con objeto de tener una visión global de esas propiedades. La Figura 4 muestra este diagrama para el día cero de almacenamiento, comparando el producto empacado en las tres estructuras. Se observa que los tres perfiles son prácticamente iguales, y caracterizados por una rancidez de cero y un valor alto de las otras características.

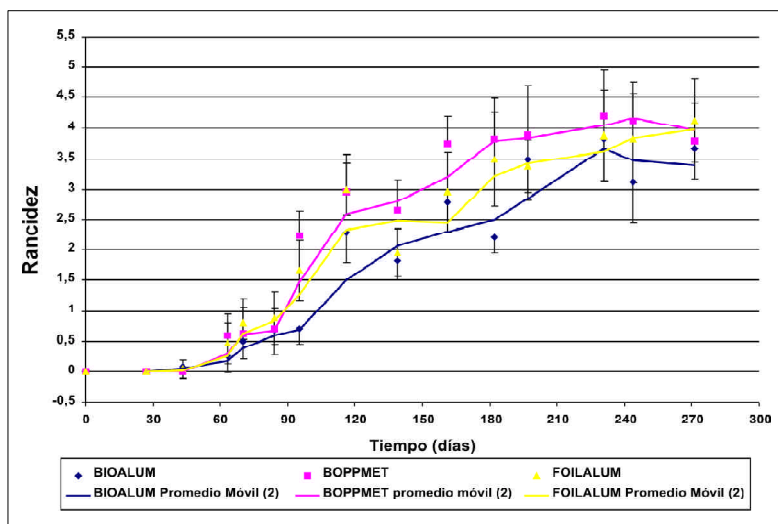


Figura 3. Variación de la rancidez del café con el tiempo de almacenamiento, empacado en tres estructuras diferentes

En la Figura 5 se presentan las características sensoriales de las muestras de café para el último día de almacenamiento (día 271). Primero, se observa la considerable deformación del perfil, comparado con el inicial (Figura 4), debido a que al final del tiempo de almacenamiento las calificaciones de impresión global, fragancia, aroma de la bebida, acidez y sabor residual, disminuyen considerablemente. La característica cuerpo permanece constante, el amargo aumenta en alguna medida y la característica

que más aumenta es la rancidez (Figura 5). También es notorio que el perfil para los tres casos es prácticamente igual, confirmando la observación de que los valores límites de las características sensoriales son los mismos para los tres productos.

La Figura 6, muestra los diagramas de estrella de los tres productos, en un punto intermedio de almacenamiento a los 116 días. Se observa que el producto empacado en la estructura

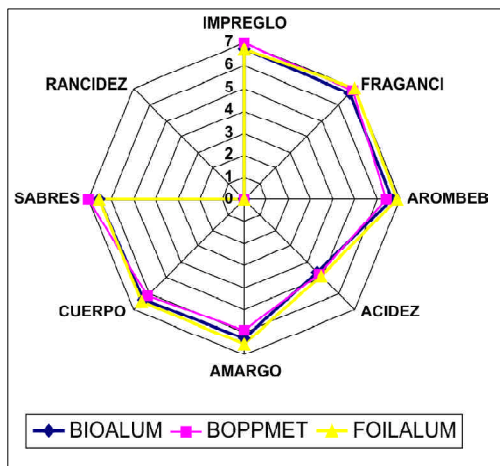


Figura 4. Diagramas de estrella para los productos al día cero de almacenamiento.

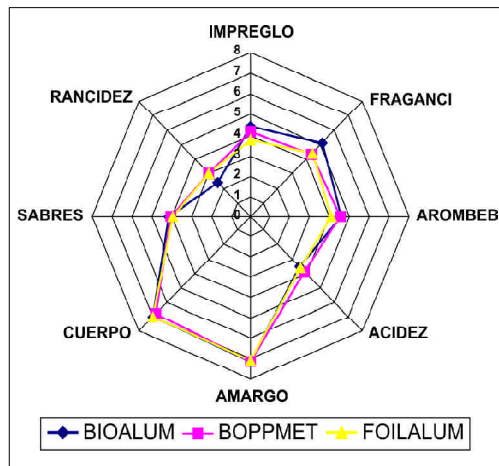


Figura 5. Diagramas de estrella para los tres productos al día 271 de almacenamiento.

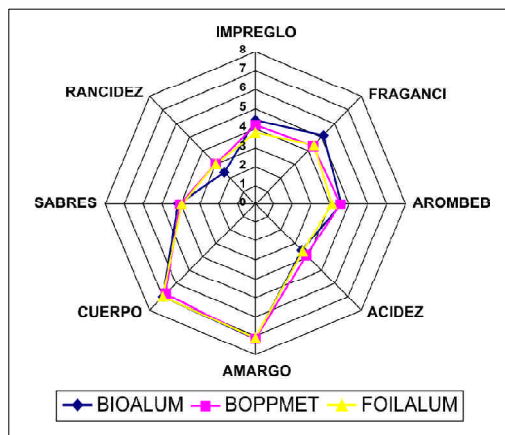


Figura 6. Diagramas de estrella de los tres productos a los 116 días de almacenamiento

BIOALUMIN, presenta menos rancidez, mayores impresión global y fragancia que los otros dos productos. De todas maneras los tres perfiles ya se han deformado bastante si se comparan a los perfiles iniciales. Las únicas características que permanecen con valores parecidos a los iniciales son el cuerpo y el amargo.

Tiempo de vida útil. No existe una definición clara de lo que significa tiempo de vida útil para el café tostado. Cualquier definición que se adopte deberá tener en cuenta la característica sensorial rancidez. La Tabla 7, muestra el tiempo que demora en llegar el café tostado empaçado en cada una de las estructuras estudiadas, a niveles de rancidez de 1, 2 y 3 (niveles de rancidez bajos).

El café empaçado en la estructura BIOALUM demora más tiempo que los otros productos en llegar al respectivo valor de rancidez, aproximadamente 33% más para rancidez tres y dos, y 17% para rancidez 1.

Color del café tostado. Se efectuó un análisis estadístico sobre cada componente de ambos

sistemas de coordenadas, y también sobre la componente principal de cada sistema resultante de haber efectuado un análisis de componentes principales. La Tabla 8 muestra los resultados generales de este análisis.

El SAS sugirió efectuar las transformaciones indicadas, en las coordenadas b y b*, por problemas de falta de uniformidad en las varianzas respectivas.

Se observa una alta significancia de todas las coordenadas, tanto en lo que se refiere a efectos principales como a interacciones. Es así, como no solo el color del café tostado varía con el tiempo de almacenamiento, sino que también se presenta una influencia de la estructura de empaque sobre esta característica.

La Tabla 9 muestra la discriminación de promedios de Tukey con relación a la estructura para cada coordenada. Se observa un alto poder discriminatorio con relación a estructura de las coordenadas a y b*, en este caso los tres promedios son significativamente di-

Tabla 7. Tiempo transcurrido durante el almacenamiento hasta obtener los niveles bajos de rancidez del café tostado, para cada estructura.

Rancidez	Bioalumin	Foialumin	Boppmet
3	200 días(133,3%)	175 días(117,0%)	150 días(100,0%)
2	135 días(131,0%)	110 días(107,0%)	103 días(100,0%)
1	102 días(117,0%)	87 días(100,0%)	87 días(100,0%)

Tabla 8. Análisis estadístico para las coordenadas de color HunterLab y CieLab

Coordenadas HunterLab	Probabilidad		
	Estructura	Tiempo	Interacción
L	0,0007	0,0001	0,0014
A	0,0001	0,0001	0,0001
(b) ⁻¹	0,0001	0,0001	0,0007
Pcr1	0,0001	0,0001	0,0001
Coordenadas CieLab			
L*	0,0044	0,0001	0,0035
a*	0,0001	0,0001	0,0001
Log ₁₀ (b*)	0,0001	0,0001	0,0001
Pcr1*	0,0001	0,0001	0,0001

* Variables transformadas

ferentes entre si. Las otras coordenadas incluyendo la L* (a la cual se refiere la norma técnica colombiana NTC 2442), y la primeras componentes principales resultantes del análisis de componentes principales efectuado, muestran dos grupos de promedios significativamente diferentes con relación a la estructura del empaque. En trabajos anteriores la coordenada a, había mostrado su alto poder discriminatorio, con relación al color del café tostado.

En el sistema HunterLab los valores negativos de la coordenada a van hacia el verde, más verde entre más negativos, y valores positivos van hacia el rojo, más rojo entre más positivo. Puesto que los colores predominantes en el café son el verde y el rojo, se entiende que esta coordenada ofrezca un alto poder

discriminatorio. Valores negativos de la coordenada b, indican azul, y positivos indican amarillo. El valor cero de la coordenada L indica negro y el valor 100 indica blanco.

La Tabla 10 muestra las discriminaciones de promedios para todas las coordenadas en la primera y última fecha de medida. Para todos los casos, excepto el primero, en el primer día del período de almacenamiento no ocurrió diferencia significativa entre los valores de las coordenadas de color medidas. Al final del período, en cambio, se observó en todos los casos por lo menos dos grupos claramente delimitados. Igualmente, se indican diferencias significativas entre los valores absolutos al primer y último día de almacenamiento. Lo anterior quiere decir que no solo el color del producto está cambiando con el tiempo de

Tabla 9. Discriminación de promedios de Tukey de las diferentes coordenadas de color con relación a la estructura de empaque.

Coordenada	Estructura	Valor
L	BOPMET	19,87 a**
	FOILALUM	19,80 a
	BIOALUM	19,40 b
A	BOPMET	5,71 a
	BIOALUM	5,57 b
	FOILALUM	5,40 c
B	BOPMET	7,13 a
	BIOALUM	6,81 b
	FOILALUM	6,73 b
Pcr1	BOPMET	0,40 a
	BIOALUM	0,08 a
	FOILALUM	-0,48 b
L*	FOILALUM	23,39 a
	BOPMET	23,36 a
	BIOALUM	22,85 b
a*	BOPMET	8,85 a
	BIOALUM	8,71 a
	FOILALUM	8,40 b
b*	aBOPMET	14,58 a
	BIOALUM	13,95 b
	FOILALUM	13,55 c
Pcr1*	BOPMET	0,32 a
	BIOALUM	0,17 a
	FOILALUM	-0,50 b

** Promedios identificados con diferentes letras presentan diferencia significativa (Tukey al 5%)

Tabla 10. Discriminación de promedios de todas las coordenadas de color en la primera y última fecha de almacenamiento.

Coordenadas HunterLab			
Días	Estructura	L	a
0	BOPMET	18,77 a**	6,46 a
	BIOALUM	18,80 a	6,29 a
	FOILALUM	18,47 a	6,11 a
		B	Pcr1
	FOILALUM	0,14 a	1,64 a
	BIOALUM	0,14 a	1,87 a
	BOPMET	0,13 a	2,17 a
Coordenadas CieLab			
Días	Estructura	L*	a*
0	BOPMET	22,01 a	10,11 a
	BIOALUM	22,01 a	9,90 ab
	FOILALUM	21,62 a	9,61 b
		b*	Pcr1*
	BOPMET	2,75 a	2,37 a
	BIOALUM	2,73 a	2,05 a
	FOILALUM	2,71 a	1,91 a
Coordenadas HunterLab			
Días	Estructura	1/b	Pcr1
0	BOPMET	0,14 a	2,27 a
	BIOALUM	0,14 a	1,87 a
	FOILALUM	0,14 a	1,64 a
	Coordenadas CieLab		
	Estructura	Log₁₀(b*)	Pcr1*
	BOPMET	2,75 a	2,37 a
	BIOALUM	2,73 a	2,05 a
	FOILALUM	2,71 a	1,91 a
Coordenadas HunterLab			
Días	Estructura	L	A
259	BOPMET	21,13 a	5,07 a
	FOILALUM	20,65 a	4,64 b
	BIOALUM	19,38 b	5,31 a
	Estructura	1/b	Pcr1
	BIOALUM	0,14 b	0,19 a
	BOPMET	0,13 b	-0,78 ab
	FOILALUM	0,15 a	-1,97 b
Coordenadas CieLab			
Días	Estructura	L*	a*
259	BOPMET	25,14 a	7,74 ab
	FOILALUM	24,52 a	7,16 b
	BIOALUM	22,83 b	8,31 a
	Estructura	Log₁₀(b*)	Pcr1*
	BIOALUM	2,69 a	0,26 a
	BOPMET	2,68 a	-1,26 b
	FOILALUM	2,57 b	-2,12 b

** Promedios identificados con diferentes letras presentan diferencia significativa (Tukey al 5%)

almacenamiento, sino también que la forma del cambio depende de la estructura de empaque empleada (Figuras 7 y 8). Se observa que la coordenada que ofrece el mayor poder discriminatorio es la a, con el tiempo de almacenamiento la coordenada tiende a disminuir indicando una «pérdida» de rojo. Se nota igualmente que la variación de la coordenada con el tiempo, depende igualmente de la estructura de empaque, y que es menor para la estructura BIOALUM y mayor para la estructura FOILALUM.

La coordenada L muestra una variación significativa con el tiempo de almacenamiento, a través del cual tiende a aumentar. Se observa que la menor variación ocurre en la estructura BIOALUM y la mayor para la FOILALUM, seguida de la BOPMET; los valores más altos de la coordenada L indican un blanqueamiento del café tostado.

La coordenada b, es la que posee el menor nivel de variación, como se esperaría puesto

Figura 7.
Variación de la coordenada L del sistema HunterLab durante el tiempo de almacenamiento.

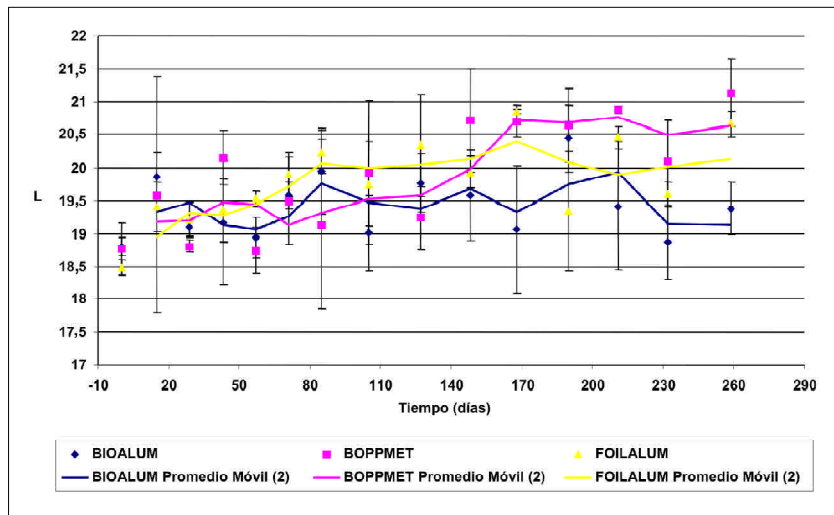
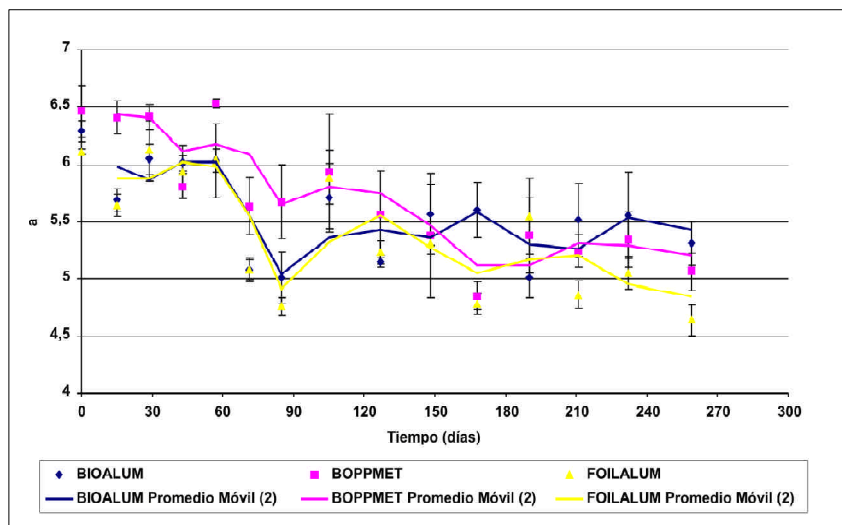


Figura 8.
Variación de la coordenada a del sistema HunterLab durante el tiempo de almacenamiento



que valores negativos de esta coordenada indican azul, y positivos amarillo. Estos colores no son importantes para el café tostado.

Se puede concluir que el color del café tostado varía con el tiempo de almacenamiento, tendiendo a aclararse, y a perder la componente roja, y que este efecto es menos notorio en la estructura BIOALUM.

Las gráficas de las coordenadas CieLab ($L^*a^*b^*$) muestran las mismas tendencias, por lo que sólo se muestra la gráfica de la coordenada L^* por ser la que se emplea en la norma técnica colombiana NTC 2442, Café tostado y molido. Determinación del grado de tostión (Figura 9).

El resultado del análisis de componentes principales para las variables HunterLab y CieLab, mostró que las dos primeras componentes principales explican el 95,13% de la variación total para el caso de las coordenadas HunterLab (Lab) y el 95,80% para el caso de las coordenadas CieLab ($L^*a^*b^*$), por lo que se escogieron estas últimas para efectuar

un gráfico de componentes principales, el cual aparece en la Figura 10, donde con color azul oscuro y rombos aparecen los productos tostados empacados en la estructura BIOALUM en todas las fechas de almacenamiento, en color magenta y cuadrados las empacadas en la estructura BOPPMET, y en color amarillo y triángulos las empacadas en el FOILALUM. Se observa que los productos empacados en la estructura BIOALUM tienden a estar más concentrados, indicando una menor dispersión de color en todo el período de almacenamiento. La estructura que muestra mayor dispersión es la BOPPMET y en menor proporción el FOILALUM, confirmando de esta manera que la estructura BIOALUM protege mejor el color del café tostado comparada con las otras dos.

Otras variables. Las variables índice de peróxidos, sólidos solubles de la bebida, rendimiento de extracción, diámetro promedio, índice de uniformidad, densidad y humedad del café tostado y molido, no mostraron dependencia ni de la estructura de empaque ni del tiempo de almacenamiento.

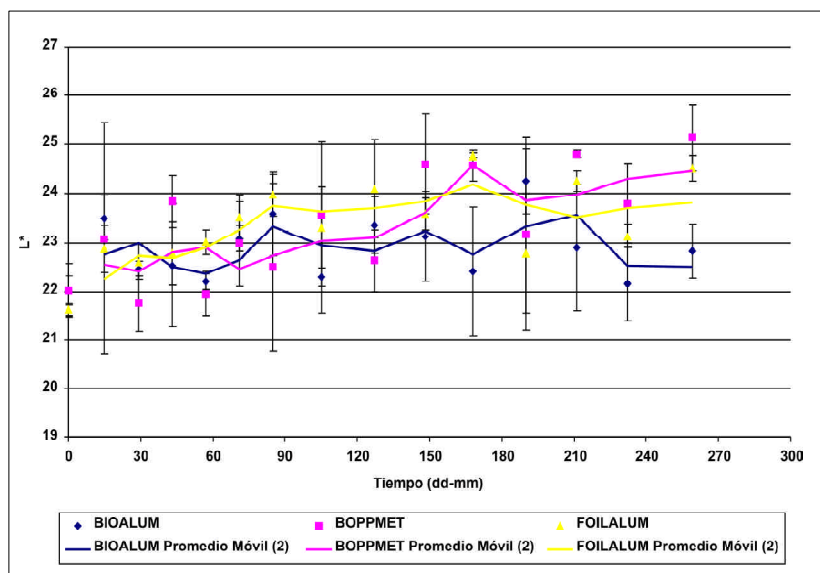


Figura 9. Variación de la coordenada L^* del sistema CieLab, con el tiempo de almacenamiento.

Características de la bolsa y la estructura del empaque

Transmisión de vapor de agua y de O₂, en el centro y lomo del empaque. La Tabla 11 muestra los resultados del análisis estadístico para las variables en cuestión con relación a la estructura y la fecha de almacenamiento. Las convenciones usadas en esta Tabla son las siguientes:

Travac: Transmisión vapor de agua centro empaque (g/m²/día).

Traval: Transmisión vapor de agua lomo empaque (g/m²/día).

Traoxic: Trasmisión de oxígeno en el centro del empaque (m³/m²/día)

Traoxil: Transmisión de oxígeno lomo del empaque (m³/m²/día)

Se observa una dependencia significativa de ambas transmisiones, tanto en el centro como en el lomo de la estructura de empaque y la fecha de almacenamiento. La única excepción fue el tiempo de almacenamiento en el caso de la transmisión de vapor de agua en el lomo, ya que no mostró dependencia significativa. La discriminación de promedios de Tukey (0,05) (Tabla 12) con relación a la estructura de empaque, indica una mayor transmisión de vapor de agua en el caso de la estructura BOPPMET comparada con las estructuras BIOALUM y FOILALUM. La estructura en la que ocurrió menor transmisión de agua fue la correspondiente al FOILALUM, en el caso del centro del empaque la diferencia entre las estructuras BIOALUM y FOILALUM fue significativa, e igualmente para el caso del lomo. En el lomo que es la

Figura 10.
Gráfico de componentes principales de las coordenadas Cielab

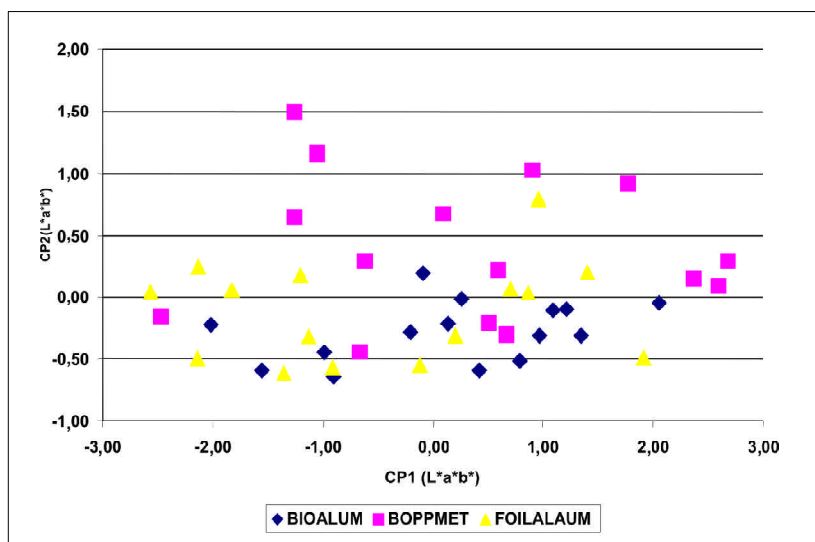


Tabla 11. Resultados del análisis estadístico para las variables transmisión de vapor de agua y oxígeno en el centro y el lomo del empaque.

Variable	Estructura	Fecha	Interacción
Travac	0,0001	0,0001	0,0001
Traval	0,0001	0,1791	0,0194
Traoxic	0,0001	0,0028	0,0003
Traoxil	0,0001	0,0132	0,0051

parte donde se dobla el empaque, y tiene un mayor deterioro, en general las transmisiones de vapor de agua fueron mayores, pero con un aumento más notorio para FOILALUM. Es así como la estructura FOILALUM presentó una mejor barrera al vapor de agua, pero por ser más quebradizo esta se pierde en los dobleces con mayor facilidad.

En lo que se refiere a la transmisión de oxígeno, la estructura BOPPMET presentó mayor transmisión, alrededor de 40 veces respecto a BIOALUM, y 100 veces con respecto a FOILALUM. En este caso, nuevamente, la estructura que menor transmisión de oxígeno presentó fue FOILALUM, pero sin ser su diferencia significativa respecto a BIOALUM. Análogamente al caso del vapor de agua, la transmisión de oxígeno aumentó en el lomo, sin embargo, este aumento fue más importante para la estructura FOILALUM.

La Figura 11, es una gráfica de la variación de la transmisión de vapor de agua con el tiempo para las tres estructuras, tanto en el centro como en el lomo. La estructura BOPPMET fue la que mayor transmisión al vapor de agua

presentó, la estructura FOILALUM presentó la menor transmisión, la transmisión fue mayor en el lomo que en el centro, y este aumento fue más importante para el empaque FOILALUM. En la gráfica se observa como en algunos casos el aumento del valor de transmisión de vapor de agua en el lomo de los empaques FOILALUM, es tan alto que iguala el valor de la estructura BIOALUM. También es notable que la dependencia del tiempo de almacenamiento se debe más a deriva experimental que a un real efecto del tiempo.

La variación de la transmisión de O_2 con el tiempo se presenta en la Figura 12. La transmisión de O_2 correspondiente a la estructura BOPPMET, y por ser considerablemente más alta que las otras se presenta con relación al eje vertical de la derecha. Entre las características se observa una mayor transmisión de la estructura BOPPMET, una menor transmisión de la estructura FOILALUM, una mayor transmisión en el lomo que en el centro y una mayor aumento de la transmisión de la estructura FOILALUM en el lomo hasta prácticamente coincidir con las transmisiones de la estructura BIOALUM. Con relación a la dependencia

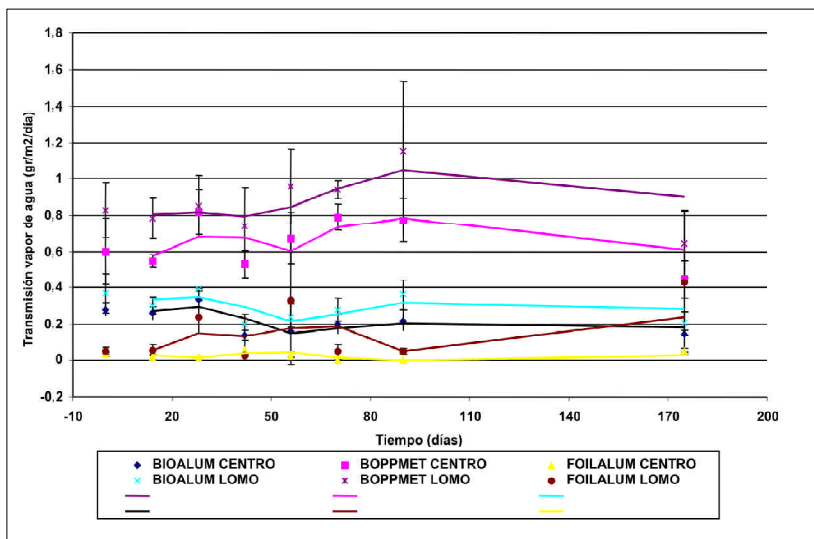
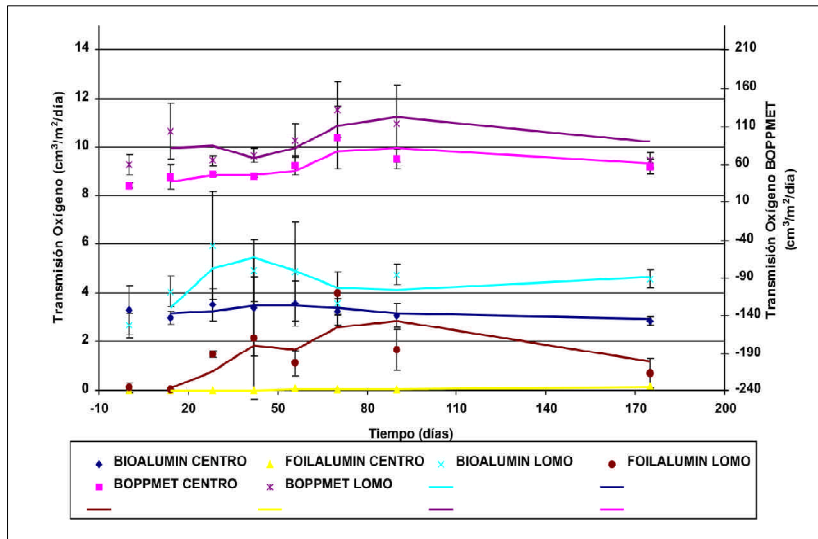


Figura 11. Variación de la transmisión de vapor de agua con relación al tiempo de almacenamiento en el centro y lomo de las bolsas de las tres estructuras.

Figura 12.
Variación de la transmisión de O_2 con relación al tiempo de almacenamiento, en el centro y lomo de las bolsas de las tres estructuras.



con el tiempo de almacenamiento, en general se aplican las mismas consideraciones que para el caso de la transmisión de vapor de agua, excepto para la estructura BOPPMET, la cual parece mostrar en promedio un aumento de la transmisión de oxígeno con el tiempo.

Transmisión de vapor de agua y O_2 , parte del empaque deteriorada. De cada empaque empleado en los análisis de permeabilidad, se escogió una porción visiblemente deteriorada (generalmente colocada a lo largo del sello), para ser analizada. Se encontró que la estructura FOILALUM presentaba partes tan deterioradas que no hacían posible una medida de transmisión, porque la transmisión era demasiado alta, debido a la presencia de pequeños agujeros (pinholes), que hacen la transmisión de gases prácticamente infinita. Lo anterior confirma la tendencia de la estructura de empaque FOILALUM, a quebrarse, perdiendo completamente su barrera. Por lo anterior solo fue posible efectuar las medidas en las estructuras BIOALUM y BOPPMET.

Como la formación de partes muy deterioradas en un empaque es un fenómeno impre-

decible y aleatorio, y por ser las diferencias observadas muy claras, no se efectuó un análisis estadístico formal en este caso.

En la Figura 13 se observan los valores de transmisión de vapor de agua y O_2 para las estructuras BIOALUM, y BOPPMET. En el eje vertical izquierdo se encuentra la transmisión de vapor de agua, la cual corresponde a las dos líneas inferiores, y en el eje vertical derecho se despliega la transmisión de O_2 en escala logarítmica, y corresponde a las dos líneas superiores.

La transmisión de vapor de agua fue mayor en el empaque BOPPMET que en el BIOALUM, y con valores de 1,5 aproximadamente, comparado con los valores de 0,7 y 0,9 en el centro y lomo del empaque, respectivamente. Por su parte la estructura BIOALUM presentó valores de 0,7 aproximadamente, comparado con 0,2 y 0,3 valores del centro y lomo, respectivamente.

En lo que se refiere a la transmisión de oxígeno, el mayor valor en esta variable lo

presentó la estructura del empaque BOPPMET, la cual fue de 250 aproximadamente, comparada con 60 y 110 para el centro y el lomo. Por su parte la estructura BIOALUM presentó valores de 10, comparados con valores de 3 y 5 en el centro y lomo, respectivamente.

En lo que se refiere a la densidad óptica esta no experimentó variación con el tiempo de almacenamiento, manteniéndose constantes los valores para las tres estructuras.

Concentración de O₂ y CO₂: La Tabla 13 muestra los resultados del análisis estadístico para estas dos variables. Se observa tanto para

CO₂ como para O₂ una influencia significativa de la estructura de empaque. La fecha de almacenamiento tuvo influencia significativa en la concentración de O₂, pero no existe interacción en ninguno de los dos casos. La discriminación de promedios de Tukey con relación a estructura se presenta en Tabla 14. Es importante recordar que el CO₂ presente es generado por el café tostado y molido al interior del empaque y su presencia no es deseable porque tiende a inflar el empaque y darle mal aspecto, aunque el café realmente no sufre deterioro por la presencia de éste, a no ser que la concentración sea tan alta que se reviente el empaque.

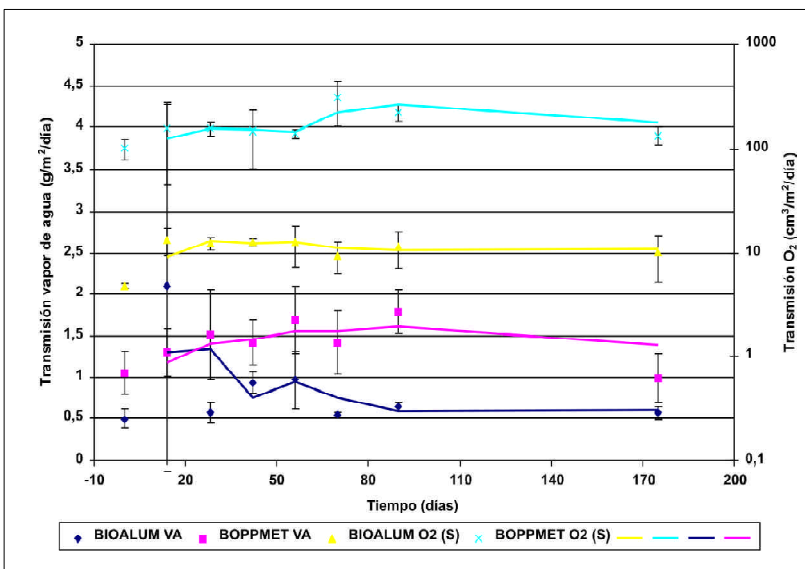


Figura 13. Transmisión de vapor de agua y O₂ en las partes deterioradas del empaque.

Tabla 12. Discriminación de promedios de Tukey con relación a la estructura del empaque para las transmisiones en el centro y lomo del empaque.

Estruc	Travac	Traval
BOPMET	0,647 a*	0,862 a
BIOALUM	0,216 b	0,291 b
FOILALUM	0,025 c	0,153 c
Estruc	Traoxic	Traoxil
BOPMET	52,954 a	85,164 a
BIOALUM	3,217 b	4,408 b
FOILALUM	0,045 b	1,394 b

* Promedios identificados con diferentes letras presentan diferencia significativa (Tukey al 5%)

Tabla 13. Resultados del análisis estadístico para la concentración de O₂ y CO₂

Variable	Estruc	Fecha	Interac
CO ₂	0,0001	0,059	0,4465
O ₂	0,0001	0,0001	0,1979

Tabla 14. Discriminación de promedios para la concentración de CO₂ y O₂, con relación a la estructura de empaque.

Estruc	CO ₂	O ₂
BIOALUM	26,92 a*	4,45 b
FOILALUM	14,65 b	11,00 a
BOPMET	7,03 c	12,93 a

** Promedios identificados con diferentes letras presentan diferencia significativa (Tuquey al 5%)

Para el CO₂ se observa que las tres estructuras muestran diferencia significativa entre sí, mostrando en la estructura BIOALUM la mayor concentración promedio de CO₂ (Tabla 14). Este resultado concuerda con la observación, que se describirá más adelante, de que esta estructura fue la que mostró el mayor número de bolsas infladas. Seguido del empaque FOILALUM, que también mostró algunas bolsas infladas y por último la estructura BOPMET, que no mostró prácticamente unidades infladas. Aunque no se efectuaron medidas de transmisión de CO₂ este resultado sugiere que la estructura que presenta la menor transmisión en promedio es BIOALUM, seguida de FOILALUM, aunque es necesario recordar que esta estructura presenta mayor concentración de «Pinholes», y por último como estructura de mayor valor de transmisión de CO₂ estaría la estructura BOPMET.

En cuanto a la concentración de O₂, su presencia dentro del empaque es indeseable puesto que propicia reacciones de oxidación que aceleran el deterioro del café. La presencia de O₂ puede deberse a remanentes de aire en el momento de sello de la bolsa o a la entrada de éste a través de la estructura del empaque después del selle de la estructura. Esta variable mostró el menor valor de concentración en la estructura BIOALUM, en

correspondencia con el nivel de transmisión de O₂ medido previamente. Las estructuras FOILALUM y BOPMET mostraron concentraciones mayores, y no significativamente diferentes; en lo que al BOPMET se refiere, este resultado es entendible, puesto que fue la estructura que mayor transmisión de oxígeno presentó. Mientras que la estructura del empaque FOILALUM mostró el menor nivel de transmisión de O₂, en las partes no deterioradas, pero debido a su naturaleza quebradiza estas propiedades de barrera se pierden rápidamente, y estos resultados son una demostración de ello (Figuras 14 y 15).

En la Figura 14 se observa que la estructura BIOALUM es la que muestra las mayores concentraciones de CO₂, variable que aumenta hasta el tercer retiro de los empaques del almacenamiento, y que tiende a permanecer constante de ese punto en adelante. La estructura BOPMET permaneció en niveles muy bajos, tendiendo a disminuir con el tiempo de almacenamiento. La estructura FOILALUM presentó muchas variaciones y oscilaciones, debido a la considerable influencia que tiene la formación de «Pinholes» en este empaque; puesto que la formación de ellos es prácticamente aleatoria se entiende bien que se formen en un empaque, y no en otro, produciendo al final las variaciones detectadas.

En la Figura 15 se observa que para la estructura BIOALUM la concentración de oxígeno tiende a disminuir desde sus valores iniciales, coincidiendo esto con el aumento de la concentración de CO₂ mostrada en la Figura 14. La estructura que tuvo mayor concentración de O₂ fue la BOPPMET coincidiendo con su alto valor de transmisión. De nuevo la

estructura FOILALUM mostró muchas variaciones y oscilaciones correspondiendo a la formación a la aleatoria de «pinholes».

La Figura 16 muestra la proporción de bolsas infladas en el momento del retiro. Se observa una mayor proporción para el caso de la estructura BIOALUM, y una menor proporción

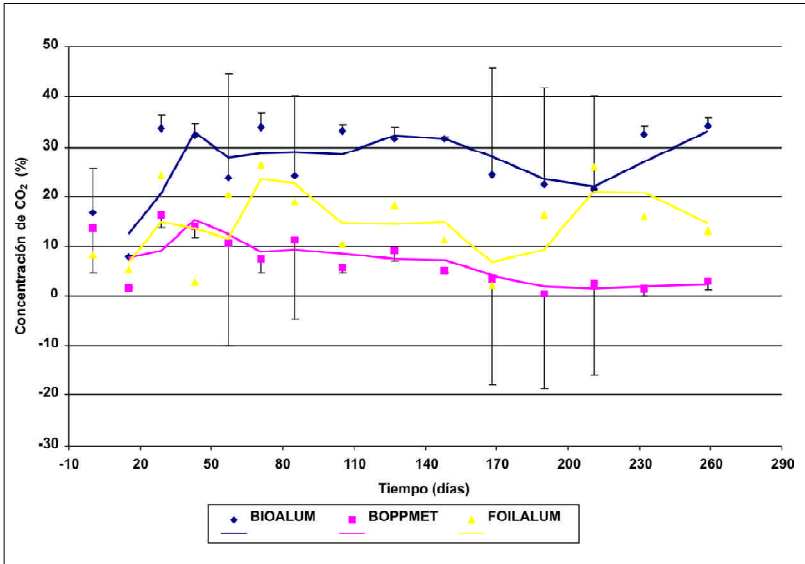


Figura 14. Variación de la concentración de CO₂ dentro del empaque en relación al tiempo de almacenamiento.

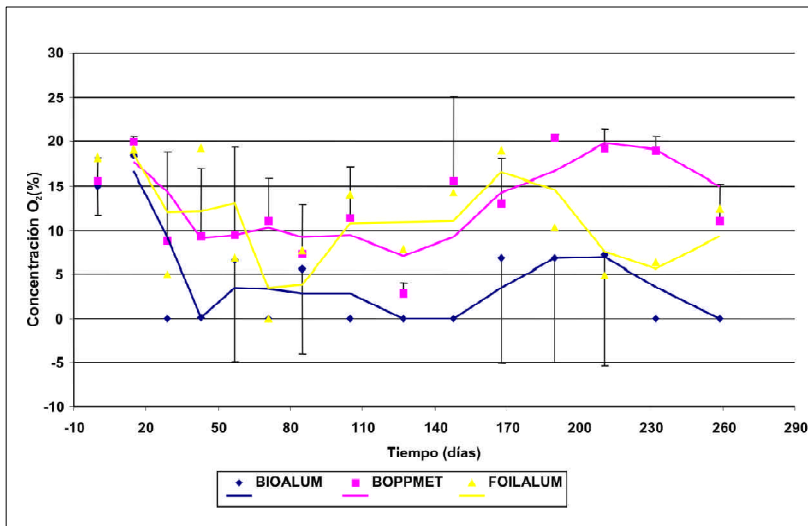
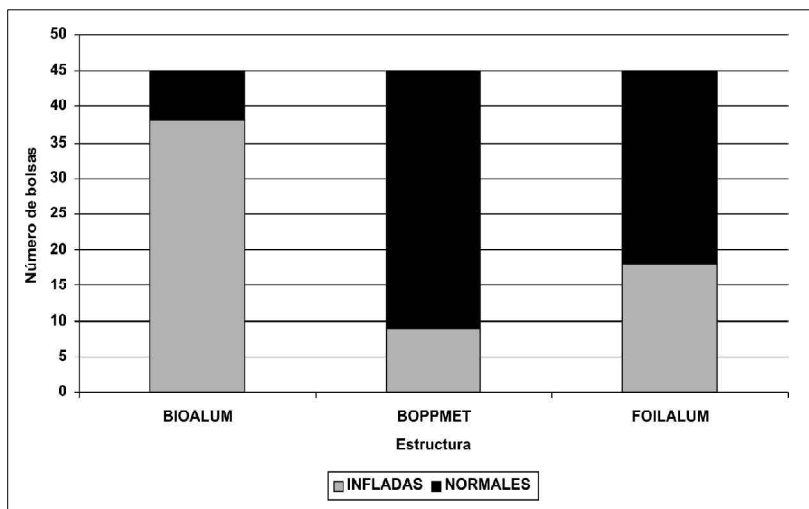


Figura 15. Variación de las concentraciones de O₂ dentro del empaque, con relación al tiempo de almacenamiento

Figura 16.
 Proporción total de
 bolsas infladas, en el
 momento del retiro,
 por estructura



para el caso de la estructura BOPPMET, en concordancia con las medidas de concentración de CO₂, mostradas en la sección anterior.

Como resultado de este trabajo puede concluirse que la impresión global del café empacado en las tres estructuras estudiadas, tiende al cabo del tiempo al mismo valor, pero la diferencia radica en que este valor se obtiene más rápidamente con las estructuras FOILALUM y BOPPMET, y el café empacado en la estructura BIOALUM, llega a este valor más lentamente. Comportamiento análogo presentó la variable rancidez del producto tostado, es así como la estructura BOPPMET llegó más rápidamente que las otras a un valor de estabilización, la estructura FOILALUM más lentamente, mientras que la estructura BIOALUM, al finalizar el experimento aun se encontraba en crecimiento.

La característica sensorial cuerpo no mostró variaciones significativas entre estructuras ni con el tiempo de almacenamiento.

Del análisis de color efectuado con las coordenadas HunterLab, se observa que el

color del café tostado varía con el tiempo de almacenamiento, tendiendo a aclararse y a perder la componente roja, siendo este efecto menos notorio en el café empacado en la estructura BIOALUM.

Las variables contenido de sólidos solubles de la bebida y rendimiento de extracción no mostraron dependencia significativa de la estructura de empaque o del tiempo de almacenamiento.

Ni el diámetro promedio de partícula, ni el índice de uniformidad mostraron dependencia de la estructura de empaque o del tiempo de almacenamiento. Hecho que es perfectamente explicable porque si esta dependencia existiera se reflejaría en los valores de extracción, que como ya se notó no presentan variación.

De igual forma, las variables densidad del producto tostado y molido, y la humedad del producto tostado, medida inmediatamente después de retirado el producto de la bodega de almacenamiento no presentaron dependencia ni con la estructura de empaque ni con el tiempo de almacenamiento. En lo referente a

la transmisión de vapor de agua y O₂, el material que presentó mejor barrera fue el FOILALUM, seguido de BIOALUM y BOPPMET. Sin embargo, por la naturaleza quebradiza de FOILALUM, estas buenas propiedades de barrera se pierden muy fácilmente por la formación de agujeros o «Pinholes». La mayor densidad óptica la presentó la estructura del empaque FOILALUM.

Las concentraciones de CO₂, aumentaron en mayor proporción en la estructura BIOALUM, por lo que se concluye que de las tres es la que tiene menor transmitancia promedio, y esto hace que el empaque tienda a inflarse (y efectivamente mostró una alta periodicidad de bolsas infladas), lo que le da un mal aspecto al producto pero realmente no deteriora el café empacado.

La estructura que presentó mayor concentración de O₂ fue la BOPPMET, correspondiendo a su mayor valor de transmisión de este gas. La que menor valor presentó fue BIOALUM, y por su parte FOILALUM mostró muchas oscilaciones atribuidas de nuevo a la formación de «pinholes».

En cuanto a la presentación del empaque final, las estructuras metalizadas presentan menos arrugas y mayor brillo que la estructura con foil, ya que el Bopp metalizado es un material de alto brillo y sin memoria mecánica. La estructura BIOALUM presentó unos excelentes selles debido a la alta resistencia térmica del poliéster.

GLOSARIO

BOPP: Película coextruida de polipropileno biorientado.

BOPPmet: Película de polipropileno biorientado metalizada.

PPcoex: Película de polipropileno coextruido monoorientada.

PET: Película de poliéster biorientado.

FOIL: Lámina de foil de aluminio.

PE blanco: Película de polietileno pigmentada blanco.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa tostadora Cundicafé.

Al Panel de Catación del Laboratorio de Mercado Interno de Federacafé.

Al señor Fabio Camacho del laboratorio de control de calidad de Biofilm S.A.

A Gloria Patricia Quintero, Tecnóloga del laboratorio de Mercado Interno de Federacafé.

A los señores Luis Eduardo García, y Héctor Fabio Hernández de la Planta Piloto de Física Técnica de Cenicafé.

LITERATURA CITADA

1. BELITZ, A.D.; GROSCH, W. Química de los alimentos. Zaragoza, Editorial Acibia, 1988. 812 p.
2. CLIFFORD, M. The composition of green and roasted coffee beans. *Process Biochemistry* 10:13-16. 1975.
3. DOMININGHAUS, H. *Plastics for engineers materials, properties applications.* Munchen, Hanser Publishers, 1988. 785 p.
4. EGEE, P. Obtención y aplicaciones industriales del vacío. Barcelona, Gustavo Gili, 1973. 205 p.
5. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS - ICONTEC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Café tostado y molido. Bogotá, ICONTEC, 1998. 7 p. (NTC N° 3534)
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS - ICONTEC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Determinación del rendimiento de la extracción y de los sólidos solubles en la bebida de café. P. 1. Método por goteo. Bogotá, ICONTEC. 1999. 5 p. (NTC N° 4602-1)
7. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS - ICONTEC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Análisis sensorial - Café. Metodología para análisis sensorial

- cuantitativo descriptivo del café. Bogotá, ICONTEC, 2000. p.v. (Proyecto de Norma Técnica Colombiana DE-146/00)
8. LEÓN, R. Estandarización del método para el análisis sensorial de cafés comerciales del mercado colombiano, Bogotá, FNC, 1999. p.v. (Propuesta al Comité de Normalización Café y sus Productos).
 9. MONTES, L.A. Bromatología. Tomo II. Buenos Aires, Eudeba, 1981. 320 p.
 10. ORTOLÁ, M.D.; GUTIÉRREZ, C.L. Kinetic study of lipid oxidation in roasted coffee. *Food Science and Technology International* 4(1): 67-73. 1998.
 11. OSBORN, K.R.; JENKINS, W.A. *Plastics films. Technology and packaging applications.* Lancaster, Technomic Publishing, 1992. 258 p.
 12. PACHÓN R., M.E; PATIÑO P.,J. Máquina selladora al vacío para frascos y bolsas, diseño y construcción. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería Mecánica, 1991. 177 p. (Tesis: Ingeniero Mecánico).
 13. PELÁEZ, A.; MORENO, E. *Vademecun del tostador colombiano.* Bogotá, FNC, 1991. 240 p.
 14. RODRÍGUEZ R., O.M.; TEUTA R., M.C. Análisis de marcas de café tostado y molido comercializadas en Santafé de Bogotá. Bogotá, Universidad INCCA de Colombia. Facultad de Ciencias Técnicas, 1994. 108 p. (Tesis: Ingeniero de Alimentos).
 15. STONE, H; SIDEL, J. *Sensory evaluation practices.* 2. ed. Orlando, Academic Press, 1993. 311 p.
 16. WONG, D.W. *Química de los alimentos. Mecanismos y teoría.* Zaragoza, Editorial Acribia, 1989. 416 p.