

COMPORTAMIENTO DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS INFUSIONES DE CAFÉ DE CONSUMO PARA LA POBLACIÓN CUBANA

Rayko Martín-Hernández¹, Matilde Anaya-Villalpanda^{2*}, Odaidys Marante-Maldonado² y Cira Duarte-García².

¹Grupo Empresarial Cubacafé. Calle 150 No. 2124. Playa. La Habana, Cuba.

²Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, Carretera al Guatao km 3 ½, CP. 19200
La Habana, Cuba.

E-mail: mavillal@iiaa.edu.cu; matildea@quimica.cujae.edu.cu

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de la temperatura y composición de la mezcla en la actividad antioxidante de las infusiones del café mezclado de consumo para la población cubana. Se empleó un diseño de experimento Box-Behnken para evaluar los factores proporción de las mezclas (45, 50 y 55 % de chícharo) hasta completar 100 % con 50 % café (5 % café arábico natural cubano y 95 % robusta brasileño) y la temperatura de tueste de los granos (café: 208, 210 y 212 °C; chícharo: 218, 220 y 222 °C). Las variables de respuesta fueron fenoles totales y capacidad reductora y se comprobó el resultado optimizado con muestras de cinco torrefactoras de café del occidente de Cuba. Por optimización numérica del diseño experimental se seleccionó la proporción 50:50 y temperatura de tueste: 208 °C para café y 220 °C para chícharo, con 869 mg/100 mL como ácido gálico y como Fe²⁺ 9449 µmol/100 mL de infusión. Al comparar los resultados de las muestras de las torrefactoras respecto al valor optimizado se demostró la importancia de la automatización del proceso.

Palabras clave: café robusta, café arábico, método FRAP, polifenoles.

***Matilde Anaya Villalpanda:** Ingeniera Química (ISPJAE, 2007), opta por el grado de Máster en Ciencias de Ingeniería de los Alimentos, ISPJAE. Trabaja en la investigación de los campos magnético y electromagnético como método de conservación no convencional de alimentos, y sus efectos sobre los microorganismos; conservación de cepas de hongos, levaduras y bacterias lácticas para la industria alimentaria.

ABSTRACT

Behavior of antioxidant activity of coffee brews for Cuban consumers

The aim of this work was to determine the influence of temperature and blend composition on antioxidant activity of the blended coffee brew for Cuban people consumers. Box-Behnken experiment design was used to evaluate the factors proportion of the blends (45, 50 y 55 % pea) up to complete 100 % with 50 % coffee (5 % natural arabica Cuban coffee and 95 % robusta Brazilian coffee) and roast temperature of the grains (coffee: 208, 210 and 212 °C; pea: 218, 220 and 222 °C). Response variables were content of total phenols and reductive capacity and was proven the optimized result with samples of five coffee factories from occident of Cuba. For numerical optimization of experimental design was selected the proportion 50:50 and roast temperature: 208 °C for coffee and 220 °C for pea, with 869 mg gallic acid/100 mL and 9449 µmol Fe²⁺/100 mL of coffee brew. When comparing the results of the factories samples regarding the optimized value the importance of the automation process was demonstrated.

Keywords: robusta coffee, arabica coffee, FRAP method, polyphenols.

INTRODUCCIÓN

Para la degustación de una buena taza de café se necesita controlar la temperatura y el tiempo de tueste de los granos (1, 2). Durante este proceso hay entre 15 y 20 % de pérdida de peso (3, 4) y aunque se tengan granos de buena calidad si no se realiza de

forma adecuada pueden perderse otras propiedades importantes (5). Entre ellas la capacidad antioxidante la cual depende de la variedad de café verde en la composición y de su proceso de torrefacción (6, 7) ya que la cantidad de polifenoles disminuye con el aumento de la temperatura (8-10) porque algunos son sustancias volátiles (11), pudiendo estar relacionadas con el aroma del café y, por tanto, con las características sensoriales de la bebida (12).

En este sentido, se plantea que con poca influencia de maquinarias se logran productos del café únicos que conservan su sabor de origen (13). Sin embargo, es importante la automatización del tueste de los granos ya que puede disminuirse hasta 2 % de las pérdidas de peso dependiendo del tipo de tostadora y de la intensidad del color final requerido (3, 5). De esta forma se garantiza homogeneidad y calidad en el producto final (14) y mejoramiento y estandarización del proceso (15), lo que constituye una herramienta útil por la adquisición de datos que brinda la posibilidad de perfeccionar la técnica (5).

El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de la temperatura y la composición de la mezcla en la actividad antioxidante de las infusiones del café mezclado de consumo para la población cubana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron muestras preparadas con equipos a escala de laboratorio y otras obtenidas a escala industrial provenientes de diferentes torrefactoras cubanas.

Las materias primas empleadas, a escala de laboratorio, fueron chícharo (*Pisum sativum* L.) y café robusta importados desde Canadá y Brasil, respectivamente y café arábico natural cubano. Para la segunda etapa del experimento se emplearon muestras de café con diferentes composiciones de mezcla provenientes de cinco torrefactoras seleccionadas por su volumen de producción (de café mezclado con chícharo destinado a la canasta básica para el consumo de la población cubana) y torrefactoras que elaboran el café selecto del mercado interno y externo de divisa.

Se realizó un diseño de experimento Box-Behnken con los factores: proporción de las mezclas (45 y 55 % de chícharo hasta completar 100 % con café (5 % arábico cubano y 95 % robusta brasileño) y la temperatura de

tueste de los granos (café: 208 y 212 °C; chícharo: 218 y 222 °C). Se hicieron 17 corridas de forma aleatoria y posteriormente se realizó la optimización numérica del diseño experimental para obtener las condiciones más adecuadas para lograr la máxima actividad antioxidante. Este valor se tomó como indicador para comparar con los obtenidos en las torrefactoras seleccionadas.

El tostado de los granos en el laboratorio se realizó con tostador (Probat, Alemania) de 300 g de capacidad con un sensor de temperatura de escala 230 °C (precisión 1 °C), cuyo medio de calefacción es flujo de aire caliente a través de una resistencia eléctrica. En las torrefactoras difiere el equipamiento para el tostado de los granos con diferentes formas de calentamiento del aire: electricidad, gas licuado o diesel. Algunas tienen el proceso automatizado y en otras es manual con hornos muy antiguos. Las infusiones se prepararon en cafetera comercial con 30 g de polvo en 300 mL de agua.

La evaluación sensorial se realizó con siete jueces adiestrados en el laboratorio de control de calidad del Grupo Empresarial Cubacafé y del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA). Para discriminar entre las muestras se hizo una prueba de ordenamiento por rangos mediante un diseño de bloques balanceados en varias sesiones donde cada juez degustó las mismas muestras, presentando tres muestras en cada sesión para ordenarlas en calidad sensorial creciente. Las que resultaron mejor en todos los grupos se ordenaron de mayor a menor calidad sensorial.

Se determinó la capacidad reductora del hierro por el método FRAP según lo descrito (16), con la modificación del tiempo de reacción propuesta (17) expresada como Fe^{2+} en $\mu\text{mol}/100 \text{ mL}$ de infusión y el contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu (18) expresado como ácido gálico en $\text{mg}/100 \text{ mL}$ de infusión. Los datos se procesaron con el programa estadístico Statgraphic Centurion v15.1.0.2 (Statpoint, EE. UU.) y con los valores promedio se realizó el análisis de grupos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los valores promedios de las variables de respuesta (contenido de fenoles y capacidad antioxidante total) se trabajó en el diseño experimental (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Actividad antioxidante de las infusiones de café según el diseño de experimento

No.	Temperatura café (°C)	Temperatura chicharo (°C)	Cantidad de café (%)	Fenoles totales (mg/100 mL)	FRAP (μmol/100 mL)
1	208	218	50	599	9295
2	212	218	50	565	7785
3	208	222	50	520	7173
4	212	222	50	425	7038
5	208	220	45	624	9374
6	212	220	45	514	7639
7	208	220	55	654	9485
8	212	220	55	540	8422
9	210	218	45	658	8752
10	210	222	45	682	8141
11	210	218	55	764	14606
12	210	222	55	661	9499
13	210	220	50	697	10170
14	210	220	50	749	10390
15	210	220	50	673	10215
16	210	220	50	681	10293
17	210	220	50	690	10345

Tabla 2. Resumen estadístico del análisis de varianza del diseño experimental

Factor	Fenoles totales (mg/100 mL)		FRAP (μmol/100 mL)	
	<i>p</i>	Coefficiente estimado	<i>p</i>	Coefficiente estimado
Intercepto	-	629	-	9331
A: temperatura del café (°C)	0,0279	55	0,0001	1347
B: temperatura del chicharo (°C)	0,0111	38	<0,0001	1495
C: cantidad de chicharo (%)	0,1123	37	0,3539	220
AB	0,0098	97	0,0002	1788
AC	0,0560	-29	0,0504	-198
BC	0,0350	-38	0,0353	-291
R ²		0,717		0,918

Las variables estudiadas se ajustaron a modelos lineales con interacción de dos factores cuyos coeficientes de determinación (R²) obtenidos permiten explicar entre el 71 y 92 % del comportamiento de dichas variables.

Para el caso de los fenoles totales se observó que aumentaron sus valores cuando se incrementaron los de los factores atendiendo a los signos positivos de los coeficientes de los términos. Dicha variable está más influenciada por la temperatura del café (55 A) que

por la del chícharo (38 B). Sin embargo, al analizar la interacción de estos factores con la cantidad de chícharo (AC y BC) se observó un efecto negativo sobre los valores de fenoles totales, cuyos coeficientes de los términos (-29 y -38, respectivamente) indican mayor disminución para valores altos de temperatura. La capacidad reductora manifestó un comportamiento similar.

Para ambos casos la cantidad de chícharo en la mezcla no resultó significativa ($p \geq 0,05$), pero sí su interacción con las temperaturas de los granos. Con 45 y 55 % de chícharo se obtuvieron mayores valores de fenoles totales mientras que para la capacidad reductora fue entre 45 y 50 %. Por tanto, la actividad antioxidante total de este café mezclado es similar cuando su composición es 45 o 55 % de chícharo que se tueste a 220 °C y el café a 208 °C.

En ese sentido, las mezclas 3, 4 y 14 que se entrelazan en grupos tienen en común 50 % de chícharo en su composición (Fig. 1). La mezcla M (60 % café:40 % chícharo) que aparece más apartada de todas, manifestó su atipicidad por tener el mayor contenido de fenoles totales y capacidad reductora comparada con las otras mezclas del diseño. Con el análisis sensorial se realizó el ordenamiento creciente por sesiones de la manera siguiente: Sesión I (1>6>2); sesión II (13>7>11) y sesión III (3>5>4>8). Las mezclas de mejor calidad en cada sesión fueron: 1 (significativamente diferente

de las otras, con un amargor que enmascaró el sabor a café); 13 (con diferencias significativas respecto a las otras) y por último 3 y 5 (no mostraron diferencias significativas entre ellas, pero sí con las de las restantes sesiones).

Por tanto, las muestras que resultaron de mejor calidad sensorial en las tres sesiones se ordenaron 13>3>5, siendo la muestra 13 la que presentó un sabor más armónico a café. Las mismas se representaron en la Fig. 2 comparándolas con la muestra 11 (la de mayor actividad antioxidante). Aunque esta no fue la de mayor preferencia, se observó tendencia a la disminución de la aceptación sensorial y cuando disminuyó la actividad antioxidante que puede estar relacionado con las temperaturas del tueste del café. Esto sugiere que los compuestos antioxidantes presentes en esta bebida tienen alguna influencia sobre las propiedades organolépticas del producto.

Por todo lo planteado anteriormente, para lograr la máxima actividad antioxidante de la infusión, deberán emplearse valores optimizados a partir de los modelos predictivos obtenidos. Para ello se pusieron las siguientes restricciones: temperatura del café será mínima 208 °C, la del chícharo 220 °C y su cantidad 50 % (establecida por la aceptación de los evaluadores de la comisión sensorial). Se obtuvieron seis soluciones optimizadas y se seleccionó la primera por ser la de mayor conveniencia para establecer la comparación con las muestras

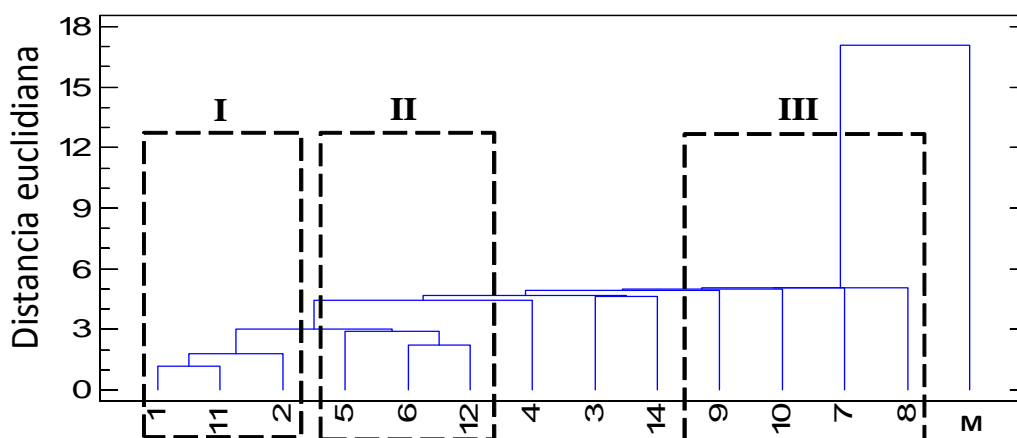


Fig. 1. Dendrograma por distancia euclidiana cuadrada (método del vecino más cercano) de las mezclas del diseño experimental con: café robusta brasileño, café arábico natural cubano y chícharo canadiense. No se incluyeron las mezclas 13, 15, 16 y 17 porque son réplicas (Tabla 1) y M es una mezcla de referencia (60 % café:40 % chícharo).

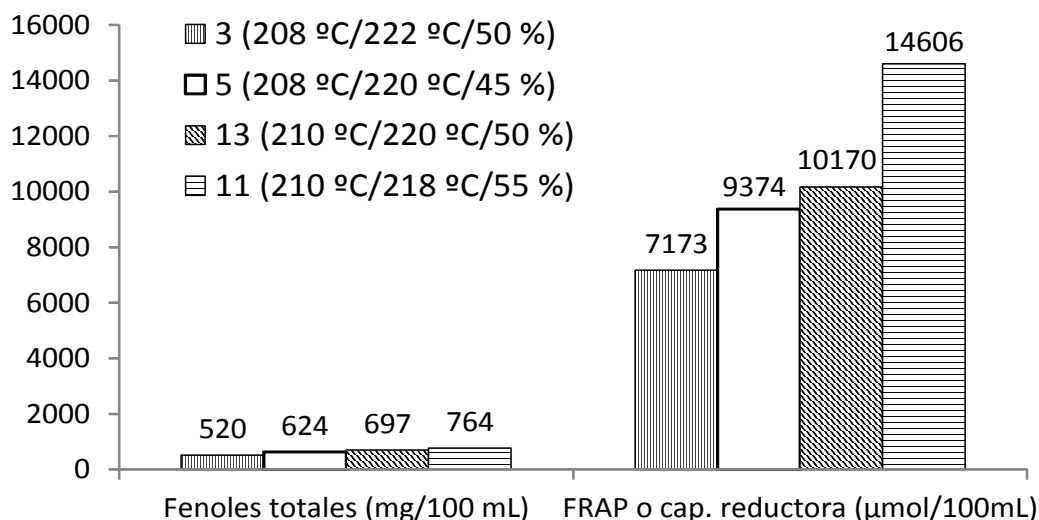


Fig. 2. Actividad antioxidante de las tres muestras de café mezclado con chícharo de mayor aceptación por la comisión sensorial (13>3>5). La muestra 11 fue la de mayor valor de actividad antioxidante en todo el estudio. Los números entre paréntesis son: temperatura de tueste del café/temperatura de tueste del chícharo/porcentaje de café.

de las torrefactoras (Tabla 3). Puede observarse que la actividad antioxidante de las mezclas de las torrefactoras de café mezclado con chícharo superó a las de café puro de las torrefactoras G, H e I.

Nótese que se alcanzan los valores optimizados para la actividad antioxidante y en algunos casos lo superó (2 a 35 % más) mientras que el contenido de fenoles totales oscilaron entre 88 y 100 %.

Tabla 3. Actividad antioxidante de muestras de diferentes torrefactoras cubanas

Café mezclado de torrefactoras	Café robusta (%)		Café arábico cubano (%)	Real		Porcentaje alcanzado* (%)	
	Cuba	Brasil		Fenoles	FRAP	Fenoles ⁽¹⁾	FRAP ⁽²⁾
A (1)	15	35	0	783	9596	90	102
A (2)	0	50	0	766	10488	88	111
A (3)	20	30	0	767	9578	88	101
A (4)	30	20	0	783	8810	90	93
A (5)	23	16	11	842	10673	97	113
A (6)	18	17	15	748	12787	86	135
A (7)	25	25	0	708	9912	81	105
B	0	50	0	743	9966	86	105
C	0	50	0	537	8258	62	87
D	0	50	0	703	8903	81	94
E	0	50	0	477	7506	55	79
F	0	50	0	437	6483	50	69
G (café puro)	0	0	100	403	5824	46	62
H (café puro)	0	0	100	342	4841	39	51
I	50	0	50	517	4579	59	48

*Respecto a los valores optimizados: 869 mg/100 mL(1) y 9449 µmol/100 mL(2). Se completó la mezcla hasta 100 % con chícharo canadiense. Los números entre paréntesis en la torrefactora A son lotes de siete producciones de composición diferente. Las torrefactoras G y H producen café puro (arábico cubano).

La torrefactora A fue la que mejor comportamiento mostró en ese sentido, ya que las siete muestras analizadas tuvieron los mejores porcentajes respecto a los valores optimizados lo que puede deberse a la modernidad de su equipamiento y su sistema automatizado que garantizan un mejor control de la temperatura de tueste de los granos y la granulometría del polvo.

CONCLUSIONES

Hubo diferencias significativas entre la actividad antioxidante de las muestras de las diferentes torrefactoras y las del café mezclado con chícharo superaron a las de café puro. Se observó una tendencia a la disminución simultánea de la aceptación sensorial y actividad antioxidante que sugiere que los compuestos antioxidantes tienen alguna influencia sobre las propiedades organolépticas del producto.

REFERENCIAS

1. Guamán, M. I. y Boas, J. I. *Diseño del sistema de control y monitoreo del proceso de secado por aspersión en la fabricación de café instantáneo* (tesis en opción al título de Ingeniero en Electricidad, Ecuador) 2002.
2. Rodríguez, L. W. *Diseño del sistema de control difuso de una máquina secadora de café que emplea energía solar* (tesis en opción al grado de Maestro en Ingeniería de Manufactura, México) 2011.
3. Rincón, L. M. y Cano, L. M. *Desarrollo de un prototipo de laboratorio para el control de calidad de la variable grado de tuestión del café tostado molido, empleando visión artificial* (tesis en opción al título de Ingeniero Industrial, Colombia) 2010.
4. Pérez, J. P.; Hadzich, M.; Veynandt, F.; Delcol, J.; Hadzich, L. M. y Vergara, S. *Diseño de un tostador solar de granos para el sector rural*. XX Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente, Perú, 2013.
5. Álvarez, C. A. *Propuesta de automatización del proceso de tostación de café en lecho fluidizado* (tesis en opción al título de Tecnólogo en Mecatrónica, Colombia) 2014.
6. Svilaas, A.; Sakni, A.; Andersen, L.; Svilaas, T.; Strom, E. y Blomhoff, R. *Hum. Nutr. Metab.* 134:562-567, 2003.
7. Almeida, U. *Bebidas estimulantes*, en *Tecnología de Bebidas: materia prima, procesamiento, BPF/APPCC, legislação e mercado*. Sao Pablo, Edgard Blucher (Ed.), 2005, pp. 119-167.
8. Nicoli, M. C.; Anese, M.; Manzocco, L. y Lericci, C. R. *Lebensm. Wiss.-Technol.* 30:292-297, 1997.
9. Daglia, M.; Papetti, A.; Gregoti, C.; Berte, F. y Gazzani, G. *J. Agric. Food Chem.* 48(5):1449-1454, 2000.
10. Del Castillo, M. D.; Ames, J. M. y Gordon, M. H. *J. Agric. Food Chem.* 50:3698-3703, 2002.
11. Bernard, M.C., Kraehenbuehl, K. y Roberts, D. D. En: *Melanoidins in Food and Health*. Morales, F.J. y Vergarud, G. (Eds.). European Communities, 2003.
12. Hofmann, T. y Schieberle, P. *J. Agric. Food Chem.* 50:319-326, 2002.
13. Astudillo, G. A. *Producción y exportación de café Zaruma tipo arábigo de la hacienda "El Tablón" hacia el mercado español* (tesis en opción al título de Ingeniero Comercial con Mención en Negocios Internacionales, Ecuador) 2013.
14. Acero, W. F. *Diseño e implementación de un controlador automático para la tostación del café en pequeña y media producción*. Bogotá, D.C., Universidad de La Salle 2007.
15. Gamboa, W.; Benítez, S.; Rueda, F.; Acuña, N.; Blanco, E.; Retamoso, A. y Rincón, F. *Matices tecnológicos*, 1:12-19.
16. Benzie, Y. y Strain, S. *Anal. Biochem.* 239:70-76, 1996.
17. Pulido, R.; Hernández, M. y Saura F. *Eur. J. Clin. Nutr.* 57(10):1275-1282, 2003.
18. Singleton, V.L. y Rossi, I. A. *Am. Enol. Viticult.* 16:144-158, 1965.