

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y NUTRIMENTAL DE LA PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

CHEMICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF COFFEE PULP (*Coffea arabica* L.)

Fierro-Cabral, N.¹; Contreras-Oliva, A.¹; González-Ríos, O.²; Rosas-Mendoza, E.S.¹; Morales-Ramos, V.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348. Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. ²Instituto Tecnológico de Veracruz. Calzada Miguel Ángel de Quevedo No. 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz, Veracruz. C. P. 91860.

*Autor de correspondencia: vicmor@colpos.mx

RESUMEN

El café es el segundo producto más consumido a nivel mundial, y por cada dos toneladas de café se genera alrededor de una tonelada de pulpa. Este trabajo tuvo como objetivo llevar a cabo la caracterización química y nutrimental de la pulpa de café proveniente del beneficio húmedo. Se determinaron humedad, pH, sólidos solubles, fenoles totales, capacidad antioxidante, proteína, grasa, fibra, cafeína y cenizas como algunos parámetros químicos; mientras que como parámetros nutrimentales se cuantificaron N, P, K, Ca, Mg, Na, B, Cu, Fe, Mn, Zn y C. Los resultados muestran que la pulpa seca tiene un contenido de fenoles totales de 4.09 mg EAG g⁻¹, con una capacidad antioxidante de 132.54 μmol Etrolox g⁻¹, un contenido proteico de 10.63%, 5.78% de extracto etéreo y 9.58% de cenizas; con valores altos de los principales macronutrientes y con una relación C/N de 31.4. Estos resultados muestran que la pulpa de café es una fuente rica en nutrientes esenciales.

Palabras clave: Capacidad antioxidante, nutrientes esenciales, fenoles totales, cafeína, proteínas.

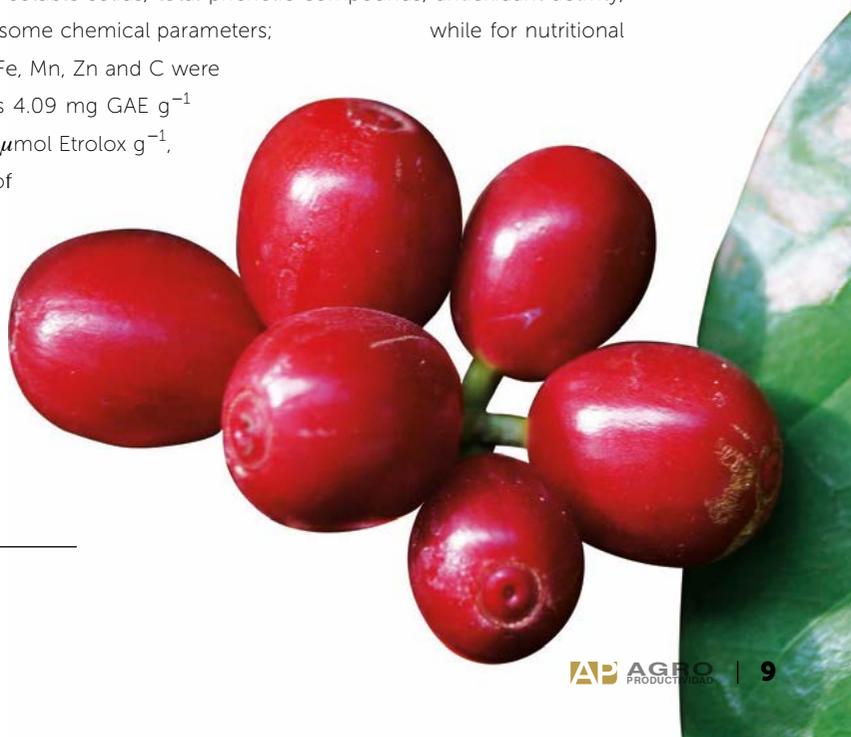
ABSTRACT

Coffee is the second most consumed product worldwide, and for every two tons of processed fruit, around one ton of pulp is generated. The aim of this work was to carry out the chemical and nutritional characterization of the coffee pulp coming from a wet process facility. Moisture, pH, total soluble solids, total phenolic compounds, antioxidant activity, protein, fat, fiber, caffeine and ash were determined as some chemical parameters; while for nutritional parameters the contents of N, P, K, Ca, Mg, Na, B, Cu, Fe, Mn, Zn and C were obtained. Results show that dried coffee pulp contains 4.09 mg GAE g⁻¹ of total phenols, with an antioxidant capacity of 132.54 μmol Etrolox g⁻¹, a protein content of 10.63%, 5.78% of fat and 9.58% of ashes; including high values of main macronutrients and a C/N ratio of 31.4. These results show that coffee pulp is a rich source of essential nutrients.

Key words: Antioxidant capacity, essential nutrients, total phenolic compounds, caffeine, proteins.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 4, abril. 2018. pp: 9-13.

Recibido: diciembre, 2017. **Aceptado:** abril, 2018.



INTRODUCCIÓN

El café es la semilla del árbol del cafeeto. Perteneció a la familia de las Rubiáceas y su género es *Coffea*, del cual existen tres especies comerciales *Coffea arabica*, *C. canephora* y *C. liberica*. En México se cultivan comercialmente *C. arabica* y *C. canephora* (Wintgens, 2004). La primera es de mayor importancia por su calidad, valor en el mercado nacional e internacional y extensión territorial, ya que en México ocupa poco más del 97% de la superficie cafetalera y a nivel mundial se estima que ocupa el 75%. La especie *C. canephora*, se ubica en el resto de la superficie cafetalera de México y el 25% a nivel mundial (Mussatto *et al.*, 2011). También, el café es el segundo producto más consumido en el mundo, su producción mundial aumentó de 140 a 152 millones de sacos de 60 kg del 2010 a la actualidad (Janissen y Huynh, 2018). A partir del procesamiento del café se generan diversos residuos o subproductos como: pulpa, jugo de pulpa, pajilla, película plateada, entre otros. La generación de pulpa de café, de 2010 a 2017, se incrementó de 4.2 a 4.5 millones de toneladas.

La pulpa del café representa aproximadamente el 42% en peso del fruto fresco (Duangjai *et al.*, 2016), es por lo tanto el subproducto más voluminoso del beneficiado húmedo. Cada dos toneladas de café producen alrededor de una tonelada de pulpa, por lo que es importante minimizar sus riesgos e impacto ambiental derivados de su mal manejo (Duangjai *et al.*, 2016). El tratamiento de la pulpa debe llevarse a cabo de forma inmediata, para evitar serios problemas de contaminación en ríos y suelos ubicados cerca de las instalaciones de pro-

cesamiento de café. Para tratar de manera adecuada a la pulpa de café hay que conocerla a fondo. Algunos autores han abordado el tema de su caracterización; entre ellos Blandón *et al.* (1999) y Londoño *et al.* (2016), quienes al estudiar la pulpa han sugerido diversos usos para la misma, entre ellos la producción de combustible, extracción de ingredientes activos, sustratos fermentables para uso de cultivos (Torres-Mancera *et al.*, 2011), procesos de compostaje y extracción de minerales, aminoácidos, polifenoles y cafeína (Duangjai *et al.*, 2016). La pulpa de café, al ser una materia prima con alto potencial para diversas aplicaciones, debe ser estudiada con más detalle, por esta razón el objetivo de la presente investigación fue llevar a cabo la caracterización química y nutrimental de la pulpa de café.



Figura 1. Aspecto físico de la pulpa de café *C. arabica* variedad Costa Rica, procesado en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba (México): a) fresca y b) seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba (COLPOS), ubicado en el km 348 de la Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

Materia prima

La pulpa de café fue obtenida del beneficio húmedo del COLPOS, proveniente de frutos sanos y maduros, de la especie *Coffea arabica* variedad Costa Rica (Figura 1). El despulpado se realizó en un módulo ecológico Penagos modelo 2500 (Santander, Colombia). La pulpa obtenida se escurrió y se puso a secar en un horno marca Terlab (Guadalajara, Jalisco, México), a una temperatura de 40 ± 5 °C por 48 horas, hasta alcanzar una humedad de 12%, para posteriormente almacenarla en recipientes herméticos a temperatura ambiente, hasta su utilización.

Análisis químicos y nutrimentales

Los análisis químicos y nutrimentales se realizaron por triplicado de acuerdo con la normatividad mexicana vigente. El pH fue medido con un potenciómetro HANNA HI8424 (Woonsocket, RI, EEUU) (NMX-F-317-S-1978), los sólidos solubles se determinaron con un refractómetro manual ATAGO (Tokio, Japón) (NMX-F-103-1982). El contenido de humedad se realizó de acuerdo con la NMX-F-428-1982, utilizando una termobalanza Mettler Toledo HG63 (Columbus, OH, USA) y el contenido de cenizas se hizo con una mufla SCORPION SCIENTIFIC modelo A51120 (Ciudad de México) (NMX-F-066-S-1978). La redisolución de cenizas con HCl diluido permitió determinar, a través de espectrometría de absorción atómica AAnalyst

400 (PerkinElmer; Waltham, MA, EEUU), los elementos K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn. El P se determinó a través del método UV-Bis mediante $C_8H_4K_2O_{12}Sb_2 \cdot 3H_2O$ (tartrato de antimonio y potasio) y $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4 H_2O$ (molibdato de amonio tetrahidratado). El contenido de B se hizo por colorimétrica con $C_{14}H_8O_4$ (alizarina), según el método propuesto por Cellini y González (1956). La conductividad eléctrica se midió con base a la metodología propuesta por Soto y Valiengo (2011), utilizando un conductímetro HI 9835 (HANNA). La materia orgánica se calculó como la diferencia entre el contenido en materia seca del alimento y el contenido en cenizas. En cuanto al C total se realizó por métodos de detección basados en la conductividad. El N total fue cuantificado por el método de digestión Micro-Kjeldahl (NMX-F-068-S-1980).

Los azúcares reductores se determinaron por el método de Dubois (Ávila *et al.*, 2012), utilizando un espectrofotómetro Genesys 10S UV-vis (Thermo Fisher; Madison, WI, EEUU). La actividad antioxidante

se determinó mediante el método descrito por Molyneux, (2004), medida por el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y reportada como equivalente trolox (Etrolox). La concentración de compuestos fenólicos totales se calculó utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu, de acuerdo con la metodología propuesta por Ainsworth & Gillespie (2007), reportándolos como mg equivalentes de ácido gálico (EAG). El extracto etéreo se hizo a través del método Soxhlet, mientras que la fibra de acuerdo con la NOM-F-90-S-1978. El contenido de proteína se cuantificó por el método descrito en la NMX-F-068-S-1980. La cafeína se determinó por el método descrito en la NMX-F-182-SCFI-2011.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La pulpa de café de la variedad Costa Rica representó el 45% del peso del fruto maduro, con un 85% de humedad y muy rica en nutrientes como azúcares, proteína, fibra, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, entre otros elementos, tal como se aprecia en los Cuadros 1 y 2.

La pulpa de café es un subproducto ácido, ya que presenta pH con valores por debajo de 5, lo que puede ocasionar problemas de toxicidad por aluminio en los suelos donde se deposita para compostearla. El pH es además una variable influyente en la recuperación de compuestos fenólicos (Rovira, 2016). La pulpa posee un alto contenido de humedad, alrededor del 85%, similar al reportado por Michalska y Lysiak (2015) para el arándano (84%), o del reportado para otros residuos agroalimentarios como la citropulpa, para la cual Hincapié-Llanos *et al.* (2010) reportan 86% de humedad. Por otro lado, el contenido de cenizas obtenido (9.58%), es acorde al 8.9% reportado por Murthy y Naidu (2012a). A diferencia del grano de café, en la pulpa sobresalen los azúcares reductores, especialmente la glucosa y la xilosa (Pleissner *et al.*, 2016), cuyo valor aquí encontrado está muy por encima de lo reportado por autores como Luiz (1978) y Gurrám *et al.* (2015).

Aunque la pulpa de café posee casi la mitad de los compuestos fenólicos totales (4.09 mg de equivalente de ácido gálico (GAE) por gramo de pulpa seca), reportados para el arándano, de 9.44 mg GAE g^{-1} en base seca según Wu-Yang *et al.* (2012); tiene una capacidad antioxidante similar a este producto, 13.2 mmol de Equivalentes Trolox (TE) por 100 g de pulpa seca, contra 14.98 mmol TE por 100 g de arándano seco. Los antioxidantes naturales neutralizan el exceso de radicales libres, previniendo a las células contra el daño de éstos y contribuyendo a la prevención de enfermedades (Murthy y Naidu, 2012b).

El contenido de cafeína en pulpa seca (2.262%) es similar al valor

Cuadro 1. Características químicas de la pulpa de café de la especie *C. arabica* variedad Costa Rica.

Variable medida	Unidad	Base seca	Base húmeda
pH			4.21
Humedad	%	12.05	85.37
Sólidos solubles totales	°Brix		3
Azúcares reductores	%	45.67	
Fenoles totales	mg EAG g^{-1} pulpa	4.09	0.91
DPPH	μ mol ETrolox g^{-1} pulpa	132.54	28.93
Cafeína	%	2.262	
Proteína	%	10.63	9.04
Grasa	%	5.78	6.93
Fibra	%	36.07	30.63
Cenizas	%	9.58	
Conductividad eléctrica	S/dm	7.88	
Materia orgánica	%	92.11	

reportado (2.3%) para la película plateada (Luiz, 1978; Bresciani *et al.*, 2013); mientras que el valor de 10.63% para proteínas es similar al encontrado por Ulloa y Verreth (2003) con 10-12%. La pulpa de café es rica en fibra con 36.07, sin embargo este valor es mayor al rango de 18-21%, reportado por Murthy y Naidu (2012b).

Dada la naturaleza química de la pulpa, es factible utilizarla como aditivo o ingrediente en la industria de los agroalimentos; tanto de consumo animal como humano.

En los seres humanos y otros mamíferos, el Ca y el P juntos tienen una función importante como componentes principales del esqueleto. Además, son importantes en funciones metabólicas, como la función muscular, el estímulo nervioso, actividades enzimática y hormonal, y el transporte del oxígeno. De acuerdo con Ríos de Souza *et al.* (2014), en comparación con las berries en base seca, la pulpa de café contiene aproximadamente 10 veces más minerales como P, K y Ca; así como el doble de Mg y un contenido similar de Fe y Zn. Resultados similares a los mostrados en el Cuadro 2 son reportados por Figueroa y Mendoza (2010), para la pulpa de café en base seca, con contenidos de P, K, Ca y Mg, de 1.3, 31.0, 4.6 y 1.4 g Kg⁻¹, respectivamente. En la cuantificación nutricional de la pulpa pueden ocurrir pérdidas de elementos después del despulpado, ya que la pulpa en su rápida descomposición libera una solución acuosa rica en nutrientes, especialmente K. En cuanto a Mg, su valor presente en la pulpa (1.39 g Kg⁻¹) se encuentra en menor proporción que en el expeller de soya (subproducto que se obtiene luego del proceso de extrusado y prensado), el cual presenta 4 g Kg⁻¹ (Figueroa y Mendoza, 2010). Por otro lado, la relación C/N indica un equilibrio entre el contenido de materia orgánica, medido como C (92.11%), y el contenido de nutrientes, medido como N (1.7%). Por ello, la pulpa de café puede ser aprovechada como abono, ya que la descomposición total de la materia orgánica, en los residuos inorgánicos inertes o mi-

Cuadro 2. Características nutrimentales de la pulpa de café de la especie *Coffea arabica* variedad Costa Rica.

Variable medida	Unidad	Base seca
Nitrógeno (N)	g kg ⁻¹	17.00
Fosforo (P)	g kg ⁻¹	2.48
Potasio (K)	g kg ⁻¹	25.13
Calcio (Ca)	g kg ⁻¹	4.10
Magnesio (Mg)	g kg ⁻¹	1.39
Sodio (Na)	g kg ⁻¹	2.12
Boro (B)	mg kg ⁻¹	11.00
Cobre (Cu)	mg kg ⁻¹	21.00
Fierro (Fe)	mg kg ⁻¹	77.00
Manganeso (Mn)	mg kg ⁻¹	46.00
Zinc (Zn)	mg kg ⁻¹	11.00
Carbono total	%	53.428
Nitrógeno total	%	1.7
Relación C/N		31.43

nerales, se incorporan de nuevo a la estructura del suelo, para ser asimilados por las plantas. (Vásquez *et al.*, 2010). La pulpa de café, como fuente de materia orgánica, mejora las condiciones físicas y químicas de los suelos con texturas pesadas y arenosas. También incrementa el contenido de la mayoría de nutrientes esenciales para la planta de café.

CONCLUSIONES

Las propiedades químicas y nutrimentales de la

pulpa ponen de manifiesto que es una fuente rica de antioxidantes naturales, similar al arándano, además por su alto contenido de proteína y minerales, tales como, P, K, Ca y Mg, puede ser considerada como ingrediente promisorio en la elaboración de dietas para animales y en la elaboración de productos alimenticios para humanos. Considerando además la posibilidad de ser fuente para la obtención de cafeína y la producción de metabolitos secundarios.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT por el financiamiento, a través del proyecto 2016-01-277838, para la realización de esta investigación y al Instituto Tecnológico de Veracruz, por el apoyo en el uso del equipo de cromatografía.

LITERATURA CITADA

- Ainsworth, E.A. and Gillespie, K.M. 2007. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Nat. Protoc.* 2: 875-877.
- Ávila-Núñez, R., Rivas-Pérez, B., Hernández-Motzezak, R., Chirinos, M. 2012. Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en *Agave cocui* Trelease. *Multiciencia* 12: 129-135.
- Blandón C., G. Dávila, M. T.; Rodríguez V. N. 1999. Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucilago, en proceso de lombricompostaje. *Cenicafé* 50: 5-23.
- Bresciani, L., Calani, L.; Bruni, R.; Brighenti, F.; Del Rio, D. 2013. Phenolic composition, caffeine content and antioxidant capacity of coffee silverskin. *Food. Res. Int.* 61: 196-201.
- Luiz, G.E. 1978. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. In *Pulpa de Café Composición, Tecnología y Utilización*. Braham, J.E. y Bressani, R. (Editores). Bogotá. pp. 19-31.

- Cellini, R.F. y González, F.A. 1956. Determinación Colorimétrica de Boro con Alizarín Sulfonato Sódico. Junta de Energía Nuclear. Spain. Reporte JEN-5. <https://www.osti.gov/biblio/4189813>.
- Duangjai, A., Suphrom, N., Wungrath, J., Ontawong, A., Nuengchamnong, N., Yosboonruang, A. 2016. Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical profiles of three coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extracts. *Integr. Med. Res.* 5: 324-331.
- Figuroa H.J.G. y Mendoza, A.J. 2010. Cuantificación de minerales K, Ca, Mg y P en pulpa y pergamino de café (*Coffea arabica* L. var. Typica). *RVCTA.* 1: 221-230.
- Gurram, R., Al-Shannag, M., Knapp, S., Das, T., Singasaas, E., Alkasrawi, M. 2015. Technical possibilities of bioethanol production from coffee pulp: a renewable feedstock. *Clean Technol. Environ. Policy.* 18: 269-278.
- Hincapié-Llanos, G. A., Omaña-Yañez, M.O., Hincapié-Llanos, C.A., Arias-Gómez, Z. y Vélez-Acosta, L. 2010. Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. *Rev. Lasallista Investig.* 7: 85-93.
- Janissen, B. y Huynh, T. 2018. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry byproducts: A review. *Resour. Conserv. Recycl.* 128: 110-117.
- Londoño, L., Ramírez-Toro, C., Ruiz, H. A., Ascacio, J.A., Rodríguez, R., Aguilar, C. 2016. Caracterización del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y pulpa de café (*Coffea arabica* L.) como sustrato en fermentación en estado sólido. *Agron. Colomb.* 34: S1156-S1158.
- Michalska, A. and Lysiak, G. 2015. Bioactive Compounds of Blueberries: Post-Harvest Factors. *Int. J. Mol. Sci.* 16: 18642-18663.
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 26: 211-219.
- Murthy, P.S., Naidu, M.M. 2012a. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition. *Resour. Conserv. Recycl.* 66: 45-58.
- Murthy, P.S., Naidu, M.M., 2012b. Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products. *Food Bioproc. Tech.* 5: 897-903.
- Mussatto, S.I., Machado, E.M.S., Martins, S., Teixeira, J.A., 2011. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food Bioproc. Tech.* 4: 661-672.
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos.
- NMX-F-068-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas.
- NOM-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos.
- NMX-F-103-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de Grados Brix.
- NMX-F-182-SCFI-2011. Café - determinación del contenido de cafeína -método por cromatografía líquida de alta resolución (método de referencia).
- NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos.
- NMX-F-428-1982. Alimentos. Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza).
- Pleissner, D., Neu, A.N., Mehlmann, K., Schneider, R., Puerta-Quintero, G.I., Venus, J. 2016. Fermentative lactic acid production from coffee pulp hydrolysate using *Bacillus coagulans* at laboratory and pilot scales. *Bioresour. Technol.* 128: 167-173.
- Rios de Souza, V., Pimenta, P.P.A., Teodoro da Silva, T.L., de Oliveira, L.L.C., Pio, R., Queiroz, F. 2014. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chem.* 156: 362-368.
- Rovira, J. 2016. La acidez en el café, percepción en la boca. *Revista Fórum Café*, 68(1), 24-28. http://www.forumdelcafe.com/system/files/flipping_book/revista_68/index.html#24/z
- Soto, G.J.L. y Valiengo, V.S. 2011. Prueba de la conductividad eléctrica en la evaluación fisiológica de la calidad de semillas en *Zeyheria tuberculosa*. *Bosque* 3: 197-202.
- Torres-Mancera, M., Cordova-López, J., Rodríguez-Serrano G., Roussos S., Ramírez-Coronel Ma., Favel-Torres E. 2011. Enzymatic extraction of hydroxycinnamic acids from coffee pulp. *Food Technol. Biotechnol.* 49: 363-373.
- Ulloa R.J.B. y Verreth, J.A.J. 2003. Biological treatments affect the chemical composition of coffee. *Bioresour. Technol.* 89: 267-274.
- Vásquez-de Díaz, M.A., Prada, P.A., Mondragon, M.A. 2010. Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. *Nova* 8: 213-219.
- Wintgens, J.N. (Editor). 2004. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. A Guidebook for Growers, Processors, Traders and Researchers. 1er Ed. Wiley-VCH. Switzerland. 1020 p.
- Wu-Yang, H., Hong-Cheng, Z., Wen-Xu, L., Chun-Yang, L. 2012. Survey of antioxidant capacity and phenolic composition of blueberry, blackberry, and strawberry in Nanjing. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 13: 94-102.