

Índices de calidad, componentes mayoritarios, minoritarios y estabilidad oxidativa de aceites vírgenes de soya y sésamo

Quality indexes, mayor and minor constituents and oxidative stability of sesame and soybean virgin oils

P.B. Navas H.^{1,3}, G. Fregapane² y A. Salvador²

¹Instituto de Química y Tecnología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay. Venezuela.

²Departamento de Química Analítica y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias y Tecnología Químicas. Universidad de Castilla-La Mancha. Ciudad Real España.

Resumen

En este trabajo se determinó la composición química de aceites vírgenes obtenidos por presión en frío de dos lotes de semillas de soya y dos de sésamo. Métodos analíticos oficiales fueron empleados en la determinación de índices de calidad, perfil de ácidos grasos, cuantificación de algunos componentes minoritarios y la estabilidad oxidativa por el método del rancimat. En cuanto a los índices de calidad, los valores en todos los casos se encuentran por debajo del límite máximo permitido por el Codex Alimentarius para aceites vegetales comestibles. En el perfil de ácidos grasos, resultó mayoritario el ácido linoleico en los aceites de soya, mientras que concentraciones similares de oleico y linoleico fueron cuantificados en los aceites de sésamo. En cuanto a los contenidos de tocoferoles predominó el γ tocoferol, con valores cercanos a 65000 mg.kg^{-1} en los aceites de sésamo y de hasta 625 mg.kg^{-1} para los de soya. En la composición de fitosteroles tanto en soya como en sésamo, resultó mayoritario el β -sitosterol, constituyendo más de 50% del total. En los aceites vírgenes de soya y sésamo fueron cuantificados compuestos volátiles pertenecientes a aldehídos, alcoholes, hidrocarburos y terpenos, además de ésteres de ácidos carboxílicos como los ácidos hexanoico y octanoico, solo en los aceites de sésamo. Las concentraciones de polifenoles totales fueron de 24,20 y 27,64; 393,80 y 325,60 mg.kg^{-1} para los aceites de sésamo y soya, respectivamente. En cuanto a la estabilidad oxidativa, los aceites de sésamo presentaron períodos de inducción mayores que los aceites de soya.

Palabras clave: semillas de soya y sésamo, extracción por presión, aceites vírgenes

Abstract

The chemical compositions of cold pressed virgin oils from two sources of sesame and soybean seeds were evaluated. Official analytical methods were employed for the determination of two quality indexes: peroxide value (PV) and free acidity. Fatty acid profiles and several minor components were also quantified. The oxidative stabilities were measured by the Rancimat test. Results showed that the PV and acidities were below the maximum allowed levels established by the Codex Alimentarius for good quality edible virgin oils. The fatty acid profiles revealed that the linoleic acids were the most abundant in the oils obtained from the sesame seeds. This oil also showed the highest γ tocopherol concentrations (6500 mg.kg⁻¹), while the soybean contained 625 mg.kg. The β -sitosterol was the most important phytosterol in both types of virgin oils represent ivy up to the 50%. Volatile compounds belonging to the groups of aldehydes, alcohols, hydrocarbons and terpenes were present in all oils, while the esters of hexanoic and octanoic were only observed in the sesame oils. The concentrations of total phenols ranged between 24.20 and 27.64 mg.kg⁻¹ for sesame oils and between 325.6 and 393.8 mg.kg for the soybean virgin oils, this last was less stable under the accelerated oxidation compared with the oils obtained from the sesame seeds.

Key words: sesame and soybean seeds, virgin oils, cold pressing.

Introducción

Las semillas de soya (*Glycine max*), constituyen una de las principales y más importantes fuentes de aceites vegetales comestibles del mundo, después de la palma aceitera es el segundo cultivo oleaginoso con un significativo aporte a la producción mundial de aceites.

El contenido en ácidos grasos poliinsaturados, con niveles de aproximadamente el 60% en ácido linoleico y de un 6-10% en ácido α -linolénico, le atribuye buenas propiedades para promover su consumo como fuente de ácidos grasos esenciales ya que estos son requeridos por el metabolismo humano y el hombre no es capaz de sintetizarlos (Yanishlieva y Marinova, 2001).

El consumo de ácidos grasos esenciales, así como los omega-3 y los

Introduction

Soybean seeds (*Glycine max*), constitute one of the main and most important sources of edible vegetal oils in the world, after the oil plant; it is the second oilseed crop with a significant provision to the worldwide production of oils.

The polyunsaturated fatty acids content with values of approximately 60% in linoleic acid, and 6-10% in α -linoleic acid, attributes good properties to promote its consumption as a source of essential fatty acids, since these are required by the human metabolism, and the human being is not able to synthesize them (Yanishlieva and Marinova, 2001).

The consumption of essential fatty acids, as well as omega-3 and omega-6 in an adequate equilibrium

omega-6 en un adecuado equilibrio y cantidad, contribuye a estabilizar el metabolismo de las grasas en el organismo, reduciendo el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares por reducir los niveles del colesterol transportado en las lipoproteínas de baja densidad, el llamado “colesterol malo” o LDL (Ostlund, 2007). Además, el aceite de soya es una fuente de antioxidantes naturales, dentro de los que se incluyen tocoferoles, esteroides y flavonoides.

Por otro lado; el sésamo (*Sesamum indicum* L.) es una planta oleaginosas de las familias de las Pedaliaceae. Las semillas de sésamo, constituyen los granos oleaginosos mas antiguos del mundo cultivados por el hombre, dependiendo de la región de producción recibe distintos nombres, así por ejemplo en la China, México y Centro America es conocido como sésamo, mientras que en algunos países de Sur America como ajonjolí.

Las semillas de sésamo son consideradas ampliamente como una excelente fuente de alimentos por su aporte de proteínas, grasas, minerales y vitaminas, en Burma; constituyen la principal fuente de aceites comestible (USDA, 2004).

El consumo de aceite de sésamo es promovido por el beneficio que representa para la salud el elevado contenido en ácido oleico (MUFA) baja cantidades en grasas saturadas (SFA) además de la presencia de componentes bioactivos como tocoferoles y fitoesteroides y otros fotoquímicos considerados como alimentos nutraceuticos, de gran interés hoy en día en la búsqueda de alternativas para

and quantity, contribute to establish the metabolism of fats in the organism, reducing the risk of having heart diseases by reducing the cholesterol levels transported in low-density lipoproteins, the so called “bad cholesterol” or LDL (Ostlund, 2007). Also, soybean oil is one natural source of antioxidants, including the tocopherols, sterols and flavonoids.

On the other side, sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oily plant of the Pedaliaceae family. Sesame seeds constitute the most antique oily grains in the world, cropped by humans, and according to the production region it receives different names, for instance, in China, Mexico and Central America it is known as “sesame”, while in some countries of South America is known as “ajonjolí”

Sesame seeds are widely considered as an excellent source of food by their provision of proteins, fats, minerals and vitamins, in Burma, it constitutes the main edible fatty source (USDA, 2004).

The consumption of sesame oil is promoted by the benefit that represents to the health the consumption of oleic acid (MUFA), low quantities in saturated fats (SFA), as well as the presence of bioactive compounds such as tocopherols and phytosterols and other photo-chemicals considered as nutraceutical food with great interest nowadays, looking for alternative to keep a good health and prevent diseases with a healthy diet.

The objective of this research was to characterize chemically the virgin oil obtained from two varieties of Brazilian soy and two varieties of Venezuelan sesame, determining the indexes

mantener una buena salud y prevenir enfermedades a través de una dieta saludable.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar químicamente el aceite virgen obtenido de dos variedades de soya brasileras y dos variedades de sésamo venezolanas, mediante la determinación de índices de calidad, perfil de ácidos grasos, componentes minoritarios y la estabilidad oxidativa mediante oxidación acelerada.

Materiales y métodos

Materia prima

Las semillas de soya utilizadas consistieron de dos variedades brasileras, “*Sambaiba*” y “*Tracaja*” (Soya 1 y Soya 2) y en el caso de las semillas de sésamo dos variedades venezolanas, “*Ucla I*” y “*Fonucla*” (Sésamo 1 y Sésamo 2). Las semillas se llevaron al laboratorio y se limpiaron cuidadosamente para eliminar de ellas restos de hojas, tallos y tierra y posteriormente se les determinó el contenido de humedad, según la Norma UNE 55-030, (2002).

Los aceites fueron obtenidos por extracción mecánica utilizando una prensa modelo KOMET SCREW OIL, Expeller CA59G- CA 5963 (Alemania) a partir de una cantidad igual a 5 Kg. de semillas por lote. Los aceites vírgenes obtenidos contenían impurezas sólidas por lo que fue necesario una etapa de centrifugación, utilizando para ello una centrífuga de laboratorio (Hettich Universal 32R), aplicando una fuerza centrífuga relativa de 3857,1 g durante un tiempo de 15 minutos.

determinación de calidad, perfil de fatty acids, minor compounds and oxidative stability using accelerated oxidation.

Materials and methods

Raw matter

Soybean seeds used were of two Brazilian varieties “*Sambaiba*” and “*Trocaja*” (Soy 1 and Soy 2), in the case of sesame seeds two Venezuelan seeds were used “*Ucla I*” and “*Fonucla*” (Sesame 1 and Sesame 2). The seeds were taken to the laboratory and cleaned carefully to eliminate the rest of leaves, stems and land, later, the humidity content was determined according to the Norm UNE 55-030, (2002).

The oils were obtained by mechanic extraction using a press model KOMET SCREW OIL, Expeller CA59G- CA 5963 (Germany) after a quantity equal to 5 kg of seeds per batch. The virgin oils obtained had solid impurities, thus, making necessary a centrifugation phase, using for these a laboratory centrifuge (Hettich Universal 32R), applying a relative centrifuge strength of 3857.1 g for 15 minutes.

Determination of the chemical composition of virgin oils Quality indexes

For the determinations of acidity and peroxides values (V P) the methodology described in the following norms was followed: Acidity index: Rules CEE 2568/91. Annex II. Peroxides index (IP): Rule CEE 2568/91. Annex III.

Ultraviolet absorbance (k_{232} , k_{270}), according to the Commision of the

Determinación de la composición química de los aceites vírgenes

Índices de calidad

Para las determinaciones de acidez y valores de peróxidos (V P), se siguió la metodología descrita en los siguientes reglamentos: Índice de Acidez: Reglamento CEE 2568/91. Anexo II. Índice de peróxidos (IP): Reglamento CEE 2568/91. Anexo III.

Absorbancia en el ultravioleta (k_{232} , k_{270}), según: Commision of the European Communitis. Regulation 2568/91. Anexo IX (5), utilizando un espectrofotómetro Agilent 8453.

Perfil de ácidos grasos

La composición en ácidos grasos de los triacilgliceroles se expresó como porcentaje de área de sus éteres metílicos, tal como lo establecen los métodos oficiales de análisis. Se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent serie 6890, equipado con inyector automático (Agilent 7863) y detector de ionización de llama (FID), con una columna capilar recubierta interiormente de una película de 0,25 mm de espesor de la fase SGL-1000 (polietilenglicol acidificado), con una longitud de 50 m y un diámetro interno de 0,25 mm. Como gas portador se empleó helio con un flujo de 1 mL min⁻¹, el volumen de inyección de muestra fue de 1 mL y la relación split 50:1. Durante el análisis la temperatura del inyector y el detector fue de 250°C y el horno se mantuvo a 210°C.

Componentes minoritarios:

Tocoferoles y tocotrienoles

La determinación de estos componentes minoritarios de los aceites se hizo por cromatografía líquida (HPLC), según el método de la AOCS, Ce 8-89.

European Communitis. Rule 2568/91. Annex IX (5), Agilent 8453.

Profile of fatty acids

The composition in fatty acids of triacylglycerols expressed as area percentage of their methyl esters, as established by the official methods of analysis. A gas chromatograph Agilent series 6890 was used, equipped with an automatic injector (Agilent 7863) and a flame ionization detector (FID), with a capillary column covered inside by a film of 0.25 mm of thickness of the phase SGL-1000 (acidified polyethylene glycol), with a longitude of 50 m and an internal diameter of 0.25 mm. As a portable gas was employed helium with a flow of 1 mL min⁻¹, the injection volume of the sample was of 1 mL and the split relation 50:1. During the analysis, the temperature of the injector and detector was of 250°C, and the oven kept at 210°C.

Minor compounds

Tocopherol and tocotrienols

The determination of these minor compounds of oils was done by liquid chromatography (HPLC), according to the method of AOCS, Ce 8-89. The equipment employed for the separation and quantification of tocopherols and tocotrienols was a liquid chromatographer Agilent of the series 1100, with a fluorescence detector Thermo Finnigan, model FL3000, and the column used (250 x 4.6 mm) was of filling Lichrosorb Si-60 of 5 mm (*Sugerlabor Madrid*). The mobile phase employed in the separation was a mix of n-hexane-isopropane 98.5:1.5 (v/v) with a flow of 1 mL.min⁻¹, and an injection volume of 20 mL. For the detection using fluorescence, a 290 nm wave longitude

El equipo empleado para la separación y cuantificación de los tocoferoles y tocotrienoles fue un cromatógrafo de líquidos *Agilent* de la serie 1100 acoplado a un detector de fluorescencia *Thermo Finnigan* modelo FL3000 y la columna utilizada (250 x 4,6 mm) fue de relleno Lichrosorb Si-60 de 5 mm (*Sugerlabor Madrid*). La fase móvil que se empleó en la separación fue una mezcla de n-hexano-isopropanol 98,5:1,5 (v/v) con un flujo de 1 mL min⁻¹, y un volumen de inyección de 20 mL. Para la detección mediante fluorescencia se empleó una longitud de onda de excitación de 290 nm y una longitud de onda de emisión de 330 nm.

Fitoesteroles

La composición de fitoesteroles se determinó a partir de la fracción de grasa insaponificable de 5,0 g de aceite, según el procedimiento descrito en el Anexo V del Reglamento CEE n° 2568/91. La preparación de la muestra, se hizo en varias etapas: primero preparación de la fracción insaponificable, seguido de su extracción, luego separación de los esteroides por cromatografía en capa fina y preparación de los trimetilsilil derivados, los cuales fueron separados y cuantificados por cromatografía de gases en columna capilar. Para ello se utilizó un cromatógrafo de gases HP5890, dotado con un inyector automático HP7673 y un detector de ionización de llama (FID). La columna empleada, fue del tipo SGL-5 (5% difenilmetilsilicona), de 25m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25µm de espesor de fase. Las condiciones cromatográficas consistieron de gas portador helio, flujo a través de la columna de 1,2 mL.min⁻¹, temperatura del inyector de

of excitation was used, and an emission wave longitude of 330 nm.

Phytosterols

The composition of phytosterols was determined after the fraction of unsaponifiable fat of 5.0 g of oil, according to the procedure described in the annex V of the rule CEE n° 2568/91. The preparation of the sample was done in different phases: first the preparation of unsaponifiable fraction followed by its fraction, later, the separation of sterols by chromatography in fine layer, and preparation of the derived trimethylsilyl, which were separated and quantified by gases chromatography in capillary column. For this, a gases chromatograph HP5890 was used, with an automatic injector HP7673 and a flame ionization detector (FID). The column used was SGL-5 (5% difenilmetil silicone) of 25 m of longitude, 0.25 mm of internal diameter and 0.25µm of thickness of the phase. The chromatographic conditions consisted on helium gas carrier, flow through a column of 1.2 mL.min⁻¹, injector temperature of 280°C, detector temperature 290°C and isotherm oven at 260°C

Volatile compounds

In this case was applied the protocol developed by Vichi *et al.* (2003). In the first place was proceeded to the extraction of these compounds using micro extraction in solid phase (SPME), later, a chromatographic analysis with a gases chromatographer Agilent series 6890, equipped with a flame ionization detector (FID). The division of the volatile compounds was done with a capillary column Supelcowax-10 (30 m x 0.25 mm, Supelco Inc., USA). As a quantification system was used the internal pattern

280°C, temperatura del detector 290°C y horno isoterma a 260°C.

Compuestos volátiles

En este caso se aplicó el protocolo desarrollado por Vichi *et al.* (2003). En primer lugar se procedió a la extracción de estos compuestos mediante micro extracción en fase sólida (SPME) y posteriormente a su análisis cromatográfico mediante un cromatógrafo de gases Agilent serie 6890 equipado con un detector de ionización de llama (FID). La separación de los compuestos volátiles se realizó mediante una columna capilar Supelcowax-10 (30 m x 0,25 mm, Supelco Inc., USA). Como sistema de cuantificación se utilizó el método del patrón interno, en este caso el 4-metil-2-pentanol (Sigma Chemical Co.). La identificación de los compuestos se realizó por comparación de los tiempos de retención de sustancias puras y por detección con espectrometría de masas para lo cual se utilizó un espectrómetro de masas MS Agilent serie 5975C equipado con un detector de ionización por impacto electrónico (IE+), acoplado a un GC Agilent serie 6850, con columna capilar DB-Wax (30 m x 0,25 mm, J&W Scientific, USA) recubierta interiormente de una película de 0,25 μm de espesor de 100% polietilenglicol. Como gas portador se utilizó helio.

Biofenoles totales

Esta determinación, se realizó siguiendo el método colorimétrico propuesto por Vásquez *et al.* (1973), el cual consistió en la extracción de los compuestos fenólicos de la muestra con una mezcla de metanol-agua 60:40 (v/v), posterior reacción de una alícuota del extracto con el reactivo de Folin-Ciocalteu y medida

method, in this case 4-methyl-2-pentanol (Sigma Chemical Co.). The identification of the compounds was done by comparison of the retention times of pure substances, and by detection with masses spectrometry, to which was used a masses spectrometer MS Agilent series 5975C equipped with an ionization detector by electronic impact (IE+), attached to a GC Agilent series 6850, with a capillary column DB-Wax (30 m x 0.25 mm, J&W Scientific, USA) cover in its interior by a 0.25 μm film of thickness of 100% polyethylene glycol. As portable gas was used helium.

Total biophenols

This determination was done following the colorimetric method proposed by Vasquez *et al.* (1973), which consisted on the extraction of phenolic compounds of the sample with a methanol-water mix 60:40 (v/v), posterior reaction of an aliquot of the extract with the reactive of Folin-Ciocalteu, and spectrophotometric measure of the absorbance of formed bluish complexes. The polyphenols concentration in oil ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) was measured by interpolation after a straight calibrate, which was previously prepared under the same conditions, using caffeic acid as pattern.

Pigments (chlorophyll and carotenoids)

The chlorophyll and carotenoids pigments were determined by spectrophotometry according to AOCS (1998), method Cd 13d-55.

Oxidative stability (Rancimat method)

For measuring the oxidative stability (E O) a Rancimat equipment 679 (Metrohm) was employed, where

espectrofotométricamente de la absorbancia de los complejos azulados formados. La concentración de los polifenoles en el aceite (mg kg^{-1}) se calculó por interpolación a partir de una recta de calibrado previamente preparada en la mismas condiciones utilizando ácido cafeico como patrón.

Pigmentos (clorofilas y carotenoides)

Los pigmentos clorofílicos y los carotenoides se determinaron por espectrofotometría según la AOCS (1998), método Cd 13d-55.

Estabilidad Oxidativa (Método de Rancimat)

Para la medida de estabilidad oxidativa (E O) se empleó un equipo Rancimat 679 (Metrohm) en el cual la oxidación tiene lugar con saturación de oxígeno y a temperatura elevada. Las condiciones de trabajo empleadas para los aceites fueron, temperatura de 120°C y un caudal de aire de 20 L.h^{-1} , según el método propuesto por Laübli *et al.* (1986).

Análisis estadístico

Todas las determinaciones analíticas fueron realizadas por triplicado. Los tratamientos estadísticos se realizaron mediante análisis de varianza, aplicando la prueba de Duncan con un nivel de significación del 95% ($P < 0,05$), utilizando el programa SPSS 11.5 para Windows.

Resultados y discusión

Extracción, índices de calidad y componentes mayoritarios de los aceites vírgenes de soya y sésamo.

La humedad promedio de los lotes de semillas fue de $4,68 \pm 0,2$ y $5,02 \pm 0,2\%$ para los denominados sésa-

the oxidation happens with oxygen saturation and at elevate temperature. The job conditions employed for oils were: temperature of 120°C and an air flow rate of 20 L.h^{-1} , according to the method proposed by Laübli *et al.*, (1986).

Statistical analysis

All the analytical determinations were done by triplicate. The statistical treatments were done with a variance analysis, applying the Duncan tests with a significance level of 95% ($P < 0.05$), using the software SPSS 11.5 for Windows.

Results and discussion

Extraction, quality indexes and main compounds of soy and sesame virgin oils

The average humidity of the seeds was of 4.68 ± 0.2 and $5.02 \pm 0.2\%$ for sesame 1 and sesame 2, while for soy 1 and soy 2 resulted to be 7.20 ± 0.2 and $8.05 \pm 0.3 \%$ respectively, thus, it was not necessary in any case to submit the seeds to a dry process prior the mechanical extraction of oil.

The yield obtained in clean virgin oil for sesame 1 was 39.90% and for sesame 2 40.25%; Kahyaoglu and Kaya, 2006, mention that the oil content in sesame seeds can reach a maximum of 52.5%. For the case of seeds, the results were of 14.04% and 15.80% for soy 1 and soy 2, respectively.

The results corresponding to the free acidity, expressed as oleic acid percentage, peroxide values (V P) and the oxidation phased measured by the absorption of radiations in the ultraviolet for soy and sesame virgin oils, are shown in table 1.

mo 1 y sésamo 2, mientras que para los lotes soja 1 y soja 2 resultó de $7,20 \pm 0,2$ y $8,05 \pm 0,3\%$ respectivamente, por lo que no fue necesario en ninguno de los casos someter a las semillas a un proceso de secado previo a la extracción mecánica del aceite.

El rendimiento obtenido en aceite virgen limpio para los lotes sésamo 1 fue de 39,90% y para sésamo 2 de 40,25%; Kahyaoglu y Kaya, 2006, señalan que el contenido de aceite en semillas de sésamo puede alcanzar hasta un máximo de 52,5%. Para el caso de las semillas de soja, los resultados fueron de 14,04%; y 15,80% para los lotes soja 1 y soja 2, respectivamente.

Los resultados correspondientes a la acidez libre, expresado como porcentaje de ácido oleico, valores de peróxidos (V P) y el estado de oxidación medido por la absorción de radiaciones en el ultravioleta, para los aceites vírgenes de soja y sésamo se muestran en el cuadro 1.

Los valores de acidez en los aceites vírgenes de sésamo y soja estuvieron por debajo del 2%, que es el máximo establecido por la Norma CODEX-STAN 210 del Codex Alimentarius para los aceites vírgenes de semillas.

The acidity values in sesame and soy virgin oils were under 2%, which is the maximum established by the Norm CODEX-STAN 210, of the Codex Alimentarius for virgin oils of seeds. Regarding the peroxides values, the results showed low values and very inferior to the maximum limit allowed by the same norm of the Codex Alimentarius for virgin oils (15 meq O_2 kg^{-1}). The absorption values of radiations in the ultraviolet showed low concentrations of hydroperoxides (K_{232}) or secondary products of oxidation (K_{270}), which proves the good quality of the extracted oils.

The profile of fatty acids for soy and sesame oils is shown in table 2, the correspondent composition of the sesame seeds resulted very similar, with a linoleic acid percentage of 42.75% and 43.18%, followed by the oleic acid monounsaturated of fatty with values of 40.12 and 40.25%. The linoleic acid, which is a polyunsaturated fatty acid of the family of the fatty acids of omega 3, was present in small concentrations but remained quantifiable. In general, the results agree to the reported in the literature in relation to the

Cuadro 1. Índice de peróxidos, acidez y los valores de radiaciones de las absorbancias en el ultravioleta (k_{232} y k_{270}).

Table 1. Peroxide index, acidity and radiation values of absorbance in the ultraviolet (k_{232} and k_{270}).

	Sésamo 1	Sésamo 2	Soja 1	Soja 2
VP (meq kg^{-1})	$1,25 \pm 0,01$	$1,23 \pm 0,01$	$5,48 \pm 0,03$	$4,79 \pm 0,02$
Acidez (%)	$0,21 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,01$	$0,23 \pm 0,01$
$K_{(232)}$	$0,5226 \pm 0,02$	$0,5075 \pm 0,01$	$0,7364 \pm 0,02$	$0,6017 \pm 0,02$
$K_{(270)}$	$0,1001 \pm 0,01$	$0,1210 \pm 0,01$	$0,1356 \pm 0,01$	$0,1150 \pm 0,01$

En cuanto a los valores de peróxidos, los resultados mostraron valores bajos y muy inferiores al límite máximo permitido por la misma norma del Codex Alimentarius para aceites vírgenes ($15 \text{ meq O}_2 \text{ kg}^{-1}$). Los valores de absorción de radiaciones en el ultravioleta, reflejaron bajas concentraciones de hidroperóxidos (K_{232}) o de productos secundarios de oxidación (K_{270}), lo que refleja la buena calidad de los aceites extraídos.

El perfil de ácidos grasos para los aceites de soya y sésamo se muestran en el cuadro 2, la composición correspondiente a los dos lotes de semillas de sésamo resultó muy similar, con un porcentaje de ácido linoleico de 42,75% y 43,18%, seguido del monoinstarurado ácido oleico con valores de 40,12 y 40,25%. El ácido linoléico, que es un ácido graso

concentrations of saturated and unsaturated fatty acids (Weiss, 1981; Codex Alimentarius, 1999; Aued-Pimentel *et al.*, 2006; Dubois *et al.*, 2007; Elleuch *et al.*, 2007; Zhong *et al.*, 2007).

As regard the analyzed soy oils, was observed a higher proportion of polyunsaturated fatty acid with predominance of linoleic acid with values of 52.08 and 55.10%, while the oleic acid resulted with values of 27.32 and 24.65% for soy 1 and soy 2, respectively; these results agree to the mentioned by Codex Alimentarius, 1999; Warner 2005; Dubois *et al.*, 2007, regarding the composition of fatty acids for a virgin soy oil. From a long time ago, the consumption of polyunsaturated fatty acid has been considered a healthier alternative than saturated fatty products; however, the

Cuadro 2. Composición en ácidos grasos de los aceites vírgenes de soya y sésamo.

Table 2. Composition in fatty acids of soy and sesame virgin oils.

Ácido graso (%)	Sésamo 1	Sésamo 2	Soya 1	Soya 2
Palmítico	10,40 ± 0,03	8,74 ± 0,02	7,23 ± 0,02	8,95 ± 0,03
Estearico	5,40 ± 0,02	5,55 ± 0,02	4,25 ± 0,01	3,49 ± 0,01
Oleico	40,12 ± 0,2	40,25 ± 0,2	27,32 ± 0,1	24,65 ± 0,1
Linoleico	42,75 ± 0,2	43,18 ± 0,2	52,08 ± 0,3	55,10 ± 0,3
Linoléico	1,33 ± 0,01	1,28 ± 0,01	8,85 ± 0,03	7,41 ± 0,02
Gadoleico	Nd	Nd	0,30 ± 0,01	0,51 ± 0,01
SFA	15,80	14,29	11,48	12,44
MUFA	40,12	40,25	27,62	25,16
PUFA	44,08	44,46	60,93	62,51

Nd: No detectable (< 0, 1%)

SFA: Ácidos grasos saturados.

MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados.

PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados

poliinsaturado de la familia de los ácidos grasos omega 3, estuvo presente en concentraciones pequeñas pero cuantificables. En general, los resultados coinciden con los reportados en la literatura en cuanto a las concentraciones de ácidos grasos saturados e insaturado (Weiss, 1981; Codex Alimentarius, 1999; Aued-Pimentel *et al.*, 2006; Dubois *et al.*, 2007; Elleuch *et al.*, 2007; Zhong *et al.*, 2007).

En cuanto a los aceites de soya analizados se observó una mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados con predominancia del ácido linoleico con valores de 52,08 y 55,10%, mientras que el ácido oleico resultó con valores de 27,32 y 24,65% para los lotes soya 1 y soya 2, respectivamente; estos resultados coinciden con lo señalado por el Codex Alimentarius, 1999; Warner 2005; Dubois *et al.*, 2007, en cuanto a la composición de ácidos grasos para un aceite de soya virgen. Desde hace mucho tiempo el consumo de grasas poliinsaturadas han sido consideradas alternativas más saludables que los productos grasos saturados; sin embargo, la presencia de un mayor número de insaturaciones en el aceite de soya se asocia a una reducción en la estabilidad del aceite y un menor período de vida útil en almacenamiento (Zhong *et al.*, 2007).

Componentes minoritarios

Composición en tocoferoles y tocotrienoles

En el cuadro 3, se presentan los resultados de la composición de tocoferoles y tocotrienoles presentes en los aceites de soya y sésamo. Los tocoferoles son antioxidantes naturales solubles en lípidos que solo son pro-

presence of a higher number of unsaturations in soy oil is related to a reduction in the stability of the oil, and a lower period of useful life under storage (Zhong *et al.*, 2007).

Minor components

Composition in tocopherols and tocotrienols

In table 3 are presented the results of the composition of tocopherols and tocotrienols present in soy and sesame oils. The tocopherols are natural antioxidant soluble in lipids, which are only produced by sesame plants and other oily seeds (Kajimoto *et al.*, 1999). In sesame oils, were presented α -tocopherol, γ -tocopherol and α -tocotrienol, in concentrations very superior to the ones reported in the literature for sesame oils (Weis, 1983; Codex Alimentarius, 1999; Aued-Pimentel *et al.*, 2006); resulting γ -tocopherol with contents of 62974.38 in sesame 1 and 60645.20 mg.kg⁻¹ in the oils correspondent to sesame 2. The elevate contents of tocopherols might be explained to what Kanu *et al.* (2007) said, that the tocopherols in sesame plants depend on the variety of cultivars and place of production.

Different to the sesame oils, in soy oils were present the four isomers of tocopherol, being the highest γ -tocopherol with values of 374.62 and 625.29 mg.kg⁻¹ for soy 1 and soy 2; Warner (2005) report contents of α -tocopherol of 600 mg.kg⁻¹ for a soy virgin oil. As regard the total content, the results mention statistical significant differences between the two oils, being higher the quantities present in the oil corresponding to soy 2.

Cuadro 3. Tocoferoles y tocotrienoles presentes en los aceites vírgenes de soya y sésamo (mg.kg⁻¹).**Table 3. Tocopherols and tocotrienols present in soy and sesame virgin oils (mg.kg⁻¹).**

Compuesto	Sésamo 1	Sésamo 2	Soya 1	Soya 2
α tocoferol	2698,35 \pm 0,8	2576,16 \pm 0,9	13,70 \pm 0,1	16,22 \pm 0,1
β tocoferol	Nd	Nd	2,35 \pm 0,1	4,30 \pm 0,1
γ tocoferol	62974,38 \pm 1,2	60645,20 \pm 1,5	374,62 \pm 0,3	625,29 \pm 0,3
δ tocoferol	Nd	Nd	59,17 \pm 0,4	100,08 \pm 0,2
γ tocotrienol	429,52 \pm 0,4	475,35 \pm 0,6	Nd	Nd
Total	66102,25 ^a	63696,71 ^a	449,84 ^b	745,89 ^a

Nd: No detectable (< 0, 1%)

Promedios con la misma letra en no difieren significativamente (P<0,05)

ducidos por las plantas de sésamo y otras semillas oleaginosas (Kajimoto *et al.*, 1999). En los aceites de sésamo estuvieron presentes el α -tocoferol, γ -tocoferol y el α -tocotrienol, en concentraciones muy superiores a los reportados en la literatura para aceites de sésamo (Weis, 1983; Codex Alimentarius, 1999; Aued-Pimentel *et al.*, 2006); siendo el mayoritario el γ -tocoferol con contenidos de 62974,38 en sésamo 1 y 60645,20 mg.kg⁻¹ en los aceites correspondientes a sésamo 2. Los elevados contenidos de tocoferoles puede ser explicado por lo señalado por Kanu *et al.* (2007) que los contenidos de tocoferoles en plantas de sésamos dependen de la variedad de los cultivares y lugar de producción.

A diferencia de los aceites de sésamo en los aceites de soya estuvieron presentes los cuatro isómeros del tocoferol siendo el mayoritario el γ -tocoferol con valores de 374,62 y 625,29 mg.kg⁻¹ para soya 1 y soya 2; Warner (2005) reporta contenidos de γ -tocoferol de 600 mg.kg⁻¹ para un aceite virgen

In both the sesame oil and the soy oil, γ -tocopherol predominates, which as well as the other isomers of tocopherol are antioxidant bioactive of great interest by its benefits to the human health, since are considered that work as first-line of defense against the formation of free radicals; additionally, Kanu *et al.*, (2007), mentions that γ -tocopherol contributes in the reduction of the lipids content in the blood, reducing the cholesterol levels.

Composition of phytosterols

The total concentrations of phytosterols resulted higher for sesame oils (4721 mg.kg⁻¹ for sesame 1 and 4715 mg.kg⁻¹ for sesame 2) than the correspondent to soy oils, which resulted to be 2559 and 2945 mg.kg⁻¹ for soy 1 and soy 2, respectively (table 4). As regards the phytosterols profile, features the β -sitosterol as the main component followed by campesterol and stigmasterol. In general, these results agree to those reported in the literature for these oils (Ostlund *et al.*, 2002;

de soya. En cuanto a los contenidos totales los resultados señalan diferencias estadísticas significativas entre los dos aceites, siendo mayor las cantidades presentes en el aceite correspondiente a soya 2.

Tanto en el aceite de sésamo como en el de soya predomina el γ -tocoferol, que al igual que los otros isómeros del tococromanol son compuestos bioactivos antioxidantes de gran interés por sus beneficios a la salud humana, ya que se considera que sirven como primera línea de defensa contra la formación de radicales libres; adicionalmente, Kanu *et al.* (2007); señala que el γ -tocoferol contribuye en la disminución del contenido de lípidos en la sangre, reduciendo los niveles de colesterol.

Composición de fitoesteroles

Las concentraciones totales de fitoesteroles resultó mayor para los aceites de sésamo (4721 mg.kg⁻¹ para sésamo 1 y 4715 mg.kg⁻¹ para sésamo 2) que los correspondientes a los aceites de soya, que resultaron con 2559 y 2945 mg.kg⁻¹ para soya 1 y soya 2, respectivamente (cuadro 4). Con respecto al perfil de fitoesteroles, destaca el β -sitosterol como el mayoritario seguido por el campesterol y estigmasterol. En general estos resultados coinciden con los reportados en la literatura para estos aceites (Ostlund *et al.*, 2002; Ostlund 2007; Normen *et al.*, 2007). La presencia del colesterol no fue detectado en los aceites de sésamo y las concentraciones encontrados en los aceites de soya resultaron de 0,1 y 0,73% para soya 1 y soya 2 respectivamente, los cuales son inferiores al 1,4% que es el máximo permitido por el Codex Alimentarius para aceites vírgenes de soya.

Ostlund 2007; Normen, *et al.*, 2007). The presence of cholesterol was not detected in sesame oils, and the concentrations found in soy oils resulted of 0.1 and 0.73% for soy 1 and soy 2, respectively, which were inferior to 1.4%, which is the maximum allowed by the Codex Alimentarius for soy virgin oils.

The results also mention adequate concentrations of Δ^5 -Avenasterol in both the sesame and soy oils, which is interesting due to the antioxidant activity attributed to thus phytoesterol (Williamsom 1988); this, joined to the absence of cholesterol in sesame oils and the low concentrations in the analyzed samples of soy, represents a very important quality from the nutritional point of view and in the prevention of heart diseases.

Volatile compounds

The aroma of vegetal oils is attributed to the presence of volatile compounds with low molecular weight, the concentration where these are and the detection threshold. In virgin soy and sesame oils were quantified volatile compounds belonging to aldehydes, alcohols, hydrocarbons, and terpenes, besides of carboxylic acids esters in sesame oils only (table 5). Among the first are highlighted the presence of hexanal in both the soy and sesame oil, being higher the concentration in sesame oils, while 2-Ethyl-hexanal y 3-Methyl-1-butanal was only found in soy oils.

Among the alcohols, were present the methyl butanol, hexanol, 1-penten-3-ol and in higher concentration 1-butoxi-2-propanol in soy oils, while, for sesame oils were only quantifiable heptanol and octanol. Morales *et al.* (2005) mention that aldehydes and some alcohols may be the main responsible

Cuadro 4. Composición porcentual y concentración total (mg.kg⁻¹) de los fitoesteros presentes en los aceites vírgenes de soya y sésamo.

Table 4. Percentage composition and total concentration (mg.kg⁻¹) of phyosterols present in soy and sesame virgin oils.

Esterol (%)	Sésamo1	Sésamo 2	Soya 1	Soya 2
Colesterol	Nd	Nd	0,51 ± 0,02	0,73 ± 0,02
Campesterol	13,72 ± 0,9	12,83 ± 0,8	15,96 ± 0,7	25,14 ± 1,1
Estigmasterol	8,32 ± 0,2	8,05 ± 0,2	12,28 ± 0,2	15,83 ± 0,2
β-Sitosterol	60,15 ± 1,0	60,01 ± 1,1	57,65 ± 1,1	51,47 ± 1,0
Δ ⁵ -Avenasterol	6,41 ± 0,2	6,43 ± 0,3	2,43 ± 0,2	3,82 ± 0,2
Δ ⁷ -Estigmastenol	2,11 ± 0,05	2,00 ± 0,05	1,59 ± 0,0	32,30 ± 0,05
Δ ⁷ -Avenasterol	1,39 ± 0,02	1,35 ± 0,03	Nd	3,39 ± 0,2
Total (mg.kg ⁻¹)	4721 ^a	4715 ^a	2559 ^c	2945 ^b

Nd: No detectable (< 0, 1%)

Promedios con la misma letra en fila no difieren significativamente (P<0,05)

Los resultados también señalan concentraciones adecuadas del Δ⁵-Avenasterol tanto en los aceites de sésamo como en los de soya, lo cual es interesante debido a la actividad antioxidante que se le atribuye a éste fitoesterol (Williamsom 1988); esto, aunado a la ausencia de colesterol en los aceites de sésamo y las bajas concentraciones en las muestras analizadas de soya, representa una cualidad de suma importancia desde el punto de vista nutricional y en la prevención de enfermedades cardiovasculares.

Componentes volátiles

El aroma de los aceites vegetales es atribuido a la presencia de compuestos volátiles de bajo peso molecular, la concentración en la que se encuentran éstos y su umbral de detección. En los aceites vírgenes de soya y sésamo fueron cuantificados compuestos volátiles pertenecientes a

of the sensory notes to perceptible herbs in some virgin oils. Saturated and unsaturated hydrocarbons were also detected in oils, being more significant the concentration of hexane in sesame oils than in soy.

α and β-pinene were the terpene compounds detected in sesame oils, while in soy oils were present α-pinene, α-terpene and limonene, being the latter the volatile compound with higher concentration observed in soy oils. Krist *et al.* (2006) mention that terpenes as styrene, á-pinene and limonene are compounds found naturally in many vegetables, when are present in oils contribute to the development of strong aromas and can be used to differentiate among different types of seeds oils and even to detect adulterations.

Out of the carboxyl compound found in sesame oils stands out the

aldehídos, alcoholes, hidrocarburos y terpenos, además de ésteres de ácidos carboxílicos solo en los aceites de sésamo (cuadro 5). Entre los primeros destaca la presencia del hexanal tanto en los aceites de soya como en los de sésamo siendo mayor la concentración en los aceites de sésamo, mientras que el 2-Ethyl-hexanal y 3-Methyl-1-butanal solo en los aceites de soya.

Entre los alcoholes estuvieron presentes el metil butanol, hexanol, 1-penten-3-ol y en mayor concentración el 1-butoxi-2-propanol en los aceites de soya, mientras que para los aceites de sésamo solo fueron cuantificables el heptanol y octanol. Morales *et al.*, (2005) señala que aldehídos y algunos alcoholes pueden ser los principales responsables de las notas sensoriales a hierba perceptibles en algunos aceites vírgenes. Hidrocarburos saturados e insaturados también fueron detectados en los aceites, siendo mas notable la concentración de hexano en los aceites de sésamo que en los de soya.

EL α y β -pineno fueron los compuestos terpénicos detectados en los aceites de sésamo mientras que en los de soya estuvieron presentes el α -pineno, α -terpineno y el limoneno, siendo éste último el componente volátil de mayor concentración observado en los aceites de soya. Krist *et al.* (2006), señalan que los terpenos como el estireno, α -pineno y el limoneno son compuestos que se encuentran en forma natural en muchos vegetales, cuando están presentes en los aceites contribuyen al desarrollo de aromas fuertes y pueden ser utilizados para diferenciar entre distintos tipos de aceites de semillas e incluso para detectar adulteraciones.

hexanoic and octanoic acids as the volatile compounds with higher concentration.

Total biophenols, pigments and oxidative stability (E O)

The total polyphenols are groups of chemical substances found in plants, characterized by the presence of more than one group of phenols by molecules (Shahidi *et al.*, 2006). Researchers suggest that polyphenols are antioxidants with a beneficial potential for the health, reducing the risk of heart diseases and cancer (Arts and Hollman, 2005). In sesame oils, were found values of 24.22 and 27.64 mg.kg⁻¹ of total polyphenols (table 6), these results are very similar to those reported by Haiyan *et al.* (2007) for sesame oils obtained by cold strength. Kanu *et al.* (2007) report that different polyphenols were found in the cortex of sesame seeds, including phenolic acids as caffeic acid, ferulic acid, cumaric acid, catechins and procyanidins.

For soy oils, the concentrations of total polyphenols were of 393.8 and 325.6 mg.kg⁻¹; these results can be associated to the presence of isoflavones, which according to Slavin *et al.* (2009), are natural antioxidant present in soy oils, that belong and are quantifiable inside the groups of polyphenols.

In relation to the pigment content present in sesame and soy oils, the results showed low concentrations of chlorophyll, but the same did not happen in the case of total carotenoids, where the soy oils presented more elevate values than sesame, which explains the yellow color presented by both types of oils.

The oxidative stability (E O), measured as the period that take to

Cuadro 5. Componentes volátiles presentes en los aceite vírgenes de soya y sésamo (mg.kg⁻¹).Table 5. Volatile components present in soy and sesame virgin oils (mg.kg⁻¹).

Compuesto	Sésamo 1	Sésamo 2	Soya 1	Soya 2
Hexanal	0,36±0,01	0,35±0,01	0,07±0,01	0,09±0,01
2-Ethyl-hexanal	Nd	Nd	0,051±0,01	0,49±0,01
3-Methyl-1-butanol	Nd	Nd	0,26±0,01	0,27±0,01
Hexano	0,39±0,01	0,40±0,01	0,09±0,01	0,11 ± 0,01
Heptano	0,03±0,01	0,03 ± 0,01	Nd	Nd
Cyclohexano	0,16 ± 0,01	1,13 ± 0,01	Nd	Nd
Methyl-4-(1-methylethyl) Benzene	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,01	Nd	Nd
Octeno	Nd	Nd	0,14±0,01	0,09±0,01
2 Mthyl-2-butenol	0,90 ± 0,01	0,70 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,19 ± 0,01
Methylbutanol	Nd	Nd	0,66 ± 0,01	0,55 ± 0,01
Hexanol	Nd	Nd	0,15 ± 0,01	0,14 ± 0,01
Heptanol	0,11±0,01	0,80±0,01	Nd	Nd
Octanol	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,01	Nd	Nd
1-Penten-3-ol	Nd	Nd	0,20 ± 0,01	0,21 ± 0,01
1-Butoxi- 2 –propanol	Nd	Nd	1,51 ± 0,01	2,31 ± 0,02
Ácido hexanoico	1,18 ± 0,01	1,17±0,01	Nd	Nd
Áido Octanoico	1,12 ± 0,01	1,10 ± 0,01	Nd	Nd
Ácido nonanoico	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	Nd	Nd
α- Pineno	0,03±0,01	0,05 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,16 ± 0,01
β-Pineno	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	Nd	Nd
α-Terpineno	Nd	Nd	0,33 ± 0,01	0,56 ± 0,01
Limoneno	Nd	Nd	5,74 ± 0,05	4,79 ± 0,05

Nd: No detectable (< 0, 1%)

De los compuestos carboxílicos encontrados en los aceites de sésamo, resaltan los ácidos hexanoico y octanoico como los componentes volátiles de mayor concentración.

Biofenoles totales, pigmentos y estabilidad oxidativa (E O)

Los polifenoles son un grupo de sustancias químicas, encontradas en las plantas que se caracterizan por la presencia de más de un grupo fenol por molécula (Shahidi *et al.*, 2006). Investigaciones sugieren que los polifenoles son antioxidantes con un potencial beneficioso para la salud, reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares y de cáncer (Arts y Hollman., 2005). En los aceites de sésamo se encontraron valores de 24,22 y 27,64 mg.kg⁻¹ de polifenoles totales (cuadro 6), estos resultados son muy similares a los reportados por Haiyan *et al.* (2007) para aceites de sésamos obtenidos por presión en frío. Kanu *et al.* (2007), reportan que diferentes polifenoles fueron encontrados en la corteza de las semillas de sésamo, incluyendo ácidos fenólicos como el ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido cumárico, catequinas y procianidinas.

Para los aceites de soya, las concentraciones de polifenoles totales fueron de 393,8 y 325,6 mg.kg⁻¹; estos resultados pueden estar asociados con la presencia de isoflavonas, que según lo señalado por Slavin *et al.* (2009), son antioxidantes naturales presentes en los aceites de soya, que pertenecen y son cuantificadas dentro del grupo de los polifenoles.

En cuanto a los contenidos de pigmentos presentes en los aceites de sésamo y soya, los resultados muestra-

ron concentraciones bajas de clorofilas; no ocurriendo lo mismo en el caso de los carotenoides totales, donde los aceites producen compuestos volátiles polares, como consecuencia del inicio de la oxidación secundaria de lípidos, como se muestra en el cuadro 6. Los aceites de sésamo presentaron períodos de inducción más altos que los aceites de soya; sin embargo, el incremento no es significativo si se considera el elevado contenido de tocoferoles presentes en los aceites de sésamo, lo que parece indicar que estos compuestos antioxidantes en las condiciones de Rancimat y en una matriz lipídica no tienen un efecto proporcional sobre su concentración.

Conclusion

Los aceites de sésamo y de soya vírgenes extraídos por presión a frío, presentaron buenos índices de calidad, con un perfil de ácidos grasos reportado en la literatura para estos tipos de aceites vegetales, lo que evidencia el buen estado físico de las semillas utilizadas. La presencia de compuestos minoritarios, como tocoferoles, tocotrienoles y polifenoles, les confiere excelentes propiedades antioxidantes, especialmente los aceites de sésamo vírgenes por su elevado contenido de γ -tocopherol. Además, los aceites contienen compuestos bioactivos como fitosteroles, que hoy en día son de gran interés por su papel en la reducción de los niveles de colesterol, por lo tanto, desde el punto de vista nutricional; se recomienda el consumo de aceites vírgenes en sustitución de los aceites refinados.

End of english version

ron concentraciones bajas de clorofilas; no ocurriendo lo mismo en el caso de los carotenoides totales, donde los acei-

tes de soya presentaron valores más elevados que los de sésamo, lo que explica la diferencia de color amarillo presentado por ambos tipos de aceites.

La estabilidad oxidativa (E O), medida como el período que tardan en producirse compuestos volátiles polares, como consecuencia del inicio de la oxidación secundaria de los lípidos, es mostrada en el cuadro 6. Los aceites

de sésamo presentaron períodos de inducción mayores que los aceites de soya; sin embargo el incremento no es significativo si se considera el elevado contenido de tocoferoles presente en los aceites de sésamo, lo que parece indicar que estos compuestos antioxidantes en las condiciones de Rancimat y en una matriz lipídica no ejercen un efecto proporcional a su concentración.

Cuadro 6. Biofenoles totales (mg.kg⁻¹), pigmentos (mg.kg⁻¹) y estabilidad oxidativa de los aceites vírgenes de soya y sésamo.

Table 6. Total Byophenols (mg.kg⁻¹), pigments (mg.kg⁻¹) and oxidative stability of soy and sesame virgin oils.

	Sésamo 1	Sésamo 2	Soya 1	Soya 2
Biofenoles	24,20 ± 0,1	27,64 ± 0,1	393,8 ± 1,9	325,6 ± 1,2
Pigmentos				
Carotenoides totales	4,32 ± 0,03	4,75 ± 0,02	21,54 ± 0,02	20,65 ± 0,02
Clorofilas	2,87 ± 0,02	2,21 ± 0,02	1,07 ± 0,01	1,11 ± 0,03
Rancimat (horas)	4,68	4,81	3,43	3,20

Conclusión

Los aceites vírgenes de soya y sésamo extraídos por presión en frío, presentaron buenos índices de calidad, con un perfil de ácidos grasos similar a los reportados en la literatura para estos tipos de aceites vegetales, lo que evidencia el buen estado físico de las semillas utilizadas. La presencia de componentes minoritarios, como tocoferoles, tocotrienoles y biofenoles totales les confiere excelentes propiedades antioxidantes, sobre todo los aceites vírgenes de sésamo por el elevado contenido de γ -tocoferol. Además los aceites contienen otros componentes bioactivos como los fitoesteroles, de

gran interés hoy en día por el papel que juegan en la reducción de los niveles del colesterol, por lo que desde el punto de vista nutricional se recomienda el consumo de aceites vírgenes en sustitución de los aceites refinados.

Literatura citada

- AOCS. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, Official methods and Recommended Practices. 5th Ed. AOCS Press. Champaign Illinois, U.S.A.
- Arts, I., y P. Hollman. 2005. Polyphenols and disease risk in epidemiologic Studies. The American J. Clin. Nutr. 81:3175-3255.

- Aued-Pimentel, S., E. Takemoto, R. Antoniassi, E. Gastaido. 2006. Composition of tocopherols in sesame seed oil: na indicative of adulteration. *Grasas y Aceites*. 57, 205-210.
- Codex Stan 210 19. 1981. (Rev. 2-1999). Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. P 1
- Commision of the European Communitis. 1991. Regulation CEE/2568/1991. Official Journal of European Communities, N° L. 248/9.
- Commision of the European Communitis. 2002. Regulation UE/796/2002. Official Journal of European Communities, N° L. 128/8.
- Dubois, V., S. Breton., M. Linder., J. Fanni., M. Parmentier. 2007. Fatty acid profiles of 80 to vegetable oils with regard their nutrition potential. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 710-732.
- Elleuch, M., S. Besbes., O. Roiseux., C. Blecke.r, H. Attia. 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chem*, 10: 641-650.
- Haiyan Z., D. Bedgood, J. Bishop, A. Prenzler and k. Robards. 2007. Endogenous biophenols, fatty acids and volatile profiles of selected oils. *Food Chem*, 100:1544-1551
- Kajimoto, G., Y. Knomi, H. Kawakami, M. Hamtami. 1999. Effects of antioxidants on the thermal oxidation of oils. *J. of Japan Soc. Nutr. Food Sciences*. 4593: 291-295.
- Kahyaoglu, T., S. Kaya. 2006. Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *J. of Food Engineering*. 75: 167-177.
- Kanu, P.J., K. Zhu, J. Baby, H. Zhou, H. Qian, K. Zhu. 2007. Biologically active components and nutraceuticals in sesame and related products: a review and prospect. *Trends in Food Science & Technology*. 20: 1-10.
- Krist S., G. Stuebiger, S. Bail, H. Unterweger. 2006. Detection of adulteration of poppy seed oil with sunflower oil based on volatiles and triacylglycerol composition. *J. of Agr. and Food Chem*. 53: 8310-8316.
- Laúbli, M.W., P.A. Brutlel. 1986. Determination of the oxidative stability of fats and oils: comparison between the active oxygen method (AOCS cd 12 57) and the Rancimat method. *JAOCS*. 63: 792-795.
- Minguez-Mosquera, M., B. Gandul, J. Garrido. 1991. Color-pigment correlation in virgin olive oil *J Am Oils Chem Soc*. 67: 192-196.
- Morales M., G. Luna, R. Aparicio. 2005. Comparative study of virgin olive oil sensory defects. *Food Chem*. 91:293-301.
- Norma UNE 55-030. 2002. Humedad y materias volátiles (Método de la estufa de aire). AENOR.
- Normén, L., L. Ellega, H. Brants, P. Duttad, H. Andersson. 20007. A phytosterol database: Fatty foods consumed in Sweden and the Netherlands. *J. of food Composition Analysis*. 20:193-201.
- Ostlund, R., S. Racette., W.F. Stenson. 2002. Effects of trace components of dietary fat on cholesterol metabolism: phytosterols, oxysterols and squalene. *Nutrition Reviews*. 60, 349-59.
- Ostlund, R. 2007. Phytosterols, Cholesterol Absorption and Healthy Diets. *Lipids*. 42:41-45.
- Shahidi, F., P.C. Liyana, D.S. Wall. 2006. Antioxidant activity of white and black sesame seeds their hull fraction. *Food Chem*. 99: 478-483.
- Slavin, M., Z. Cheng, M. Luther, W. Kenworthy, L. Yu. 2009. Antioxidant properties and phenolic, isoflavone, tocopherol and carotenoid composition of Maryland-grown soybean lines with altered fatty acid profiles. *Food Chem*. 114: 20-27.
- USDA 2004. National nutrient database for standard reference. U.S Department of Agriculture. Report N° 17.

- Vasquez-Roncero, A., C. Janer del valle, M.L. Janer del Valle. 1973. Determinación de los polifenoles totales del aceite de oliva. *Grasas y Aceites*. 24: 350-357
- Vichi, S., A. Castellote, L. Pizzale, L. Conte, S. Buxaderas, E. Lopez-Tamames. 2003. Analysis of virgin olive oil volatile compounds by headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography with mass spectrometric and flame ionization detection *J. Chromatogr A*. 983: 19-33.
- Warner K. 2005. Effects on the flavor and oxidative stability of stripped soybean and sunflower oils with added pure tocopherols. *J. Agric. Food Chem.* 53: 9906-9910.
- Weis, E.A. 1983. Oil seed crops. *Tropical Agriculture series*. London, Longman.
- Willianson, E. 1988. The antioxidant activity of Δ^5 -avenasterol. Ph.D Thesis. University of Reading, UK.
- Yanishlieva, N., E. Marinova. 2001. Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 103: 752-767.
- Zhong, H., D. Bedgood, A. Bishop, P. Prenzler, K. Robars. 2007. Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. *Food Chem.* 100: 1544-1551.