

EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS VEGETALES EN LA CONSERVACIÓN DEL ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*)

EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT ACTION OF VEGETABLE EXTRACTS IN AVOCADO OIL (*Persea Americana*) PRESERVATION

Eliza Jara N.¹, Marcelo Parreño C.²

Palabras claves: antioxidantes, polifenoles, aceite de aguacate, rancidez, oxidación

Keywords: antioxidants, polyphenols, avocado oil, rancidity, oxidation

RESUMEN

Se estudió el uso potencial de extractos alcohólicos de mora (*Rubus glaucus*) y mortiño (*Vaccinium floribundum*) como antioxidantes para el aceite de aguacate (*Persea americana*). Para este efecto se determinó el solvente óptimo para la extracción de compuestos polifenólicos; el extracto de cada fruta fue aplicado al aceite de aguacate extra virgen comercial en concentraciones de 0.1% y 0.01%; la acción antioxidante fue evaluada respecto al comportamiento del

¹ Becaria Erasmus Mundus, Universidad de Córdoba, Departamento de Química Analítica, Córdoba, España (enjara@gmail.com).

² Profesor jubilado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Quito, Ecuador.

aceite crudo y aceite con antioxidante sintético BHT. Se aceleró la oxidación lipídica con el empleo de microondas y luz natural para luego evaluar el grado de rancidez y cuantificar el índice de acidez, peróxidos, contenido de dienos y trienos según los métodos estándares de la IUPAC. Además se determinó la estabilidad oxidativa del aceite crudo y los aceites con la mayor concentración de antioxidantes naturales. Se observó un efecto protector ante la oxidación en los aceites con extractos antioxidantes al 0.1%, sin embargo, el antioxidante más efectivo fue BHT; adicionalmente, el período de inducción fue retardado aproximadamente tres veces.

ABSTRACT

The potential antioxidant effect of alcoholic extracts of Andean blackberry (*Rubus glaucus*) and Andean blueberry (*Vaccinium floribundum*) was studied on avocado oil (*Persea americana*). Polyphenolic compounds were extracted from lyophilized fruits with an appropriate solvent; such extracts were later mixed with avocado oil in concentrations of 0.1% and 0.01%. Antioxidant action was compared to raw avocado oil and oil with synthetic antioxidant BHT (butyl hydroxyl-toluene). Lipid oxidation was accelerated by means of microwave energy and visible light. Rancidity was quantified as suggested by IUPAC standard methods taking into account acidity and peroxide values as well as dienes and trienes content; in addition, oxidative stability of raw oil and oil with the highest concentration of each antioxidant extract was evaluated. A protective effect against oxidation was observed in oil with any of the antioxidant extracts at 0.1% however BHT remained as a more powerful antioxidant; besides, induction period was delayed in approximately three times as compared to the raw oil.

INTRODUCCIÓN

La oxidación lipídica es una de las principales causas del deterioro de los alimentos, aun si estos tienen un bajo contenido graso (Valenzuela et al., 2003; Anwar et al., 2006). El proceso se conoce como rancidez oxidativa y comprende la formación de especies químicas inestables (especies reactivas al oxígeno, ROS, por sus siglas en inglés), la reacción con las moléculas que les rodean y la consiguiente generación de compuestos característicos de la oxidación: aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos carboxílicos. La aparición de dichos compuestos disminuye el valor nutricional del alimento e incluso puede degenerar en una cierta toxicidad. Entre los ROS más reactivos, encontramos el radical hidroxilo (diferente del ion hidroxilo), radical superóxido, radical óxido nítrico y los no radicales peróxido de hidrógeno y oxígeno singlete. Los radicales se forman principalmente a partir de los ácidos grasos insaturados por acción de energía radiante o iones metálicos (Werman & Nieman, 1986).

El proceso de autooxidación lipídica,

mostrado en la figura 1, se realiza en 3 etapas: iniciación, propagación y terminación. Una vez formado el radical reaccionará con el oxígeno molecular para configurar el radical libre peróxido, el cual al reaccionar con el hidrógeno de una molécula vecina forma el radical libre hidroperóxido. Este último afecta la calidad final de los aceites ya que causa los olores y sabores rancios dados por compuestos carbonílicos y carboxílicos, conocidos como productos de oxidación secundaria. Además contribuye a la formación de nuevos radicales libres y aumenta el tiempo de la etapa de propagación (Carelli et al., 2005).

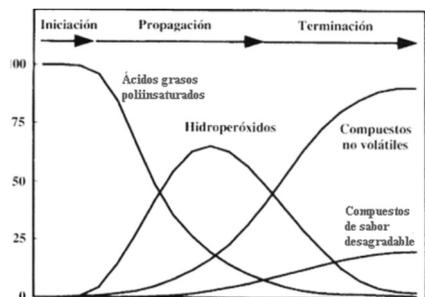


Figura 1. Etapas de la autooxidación lipídica, porcentaje de formación de compuestos versus tiempo. (Baskin & Salem, 1997)

El ciclo de autooxidación termina cuando los radicales reaccionan entre sí, formando especies estables o por la acción de antioxidantes que frenan la propagación mediante la producción de compuestos radicales no reactivos (Baskin & Salem, 1997).

Adicionalmente al proceso de autooxidación lipídica por radicales libres, se puede producir degradación por acción de la energía lumínica o fotooxidación. Los compuestos que pueden actuar como fotosensibilizadores, están ampliamente distribuidos como componentes alimenticios, con inclusión de clorofila, mioglobina, riboflavina y metales pesados. Al ser activados por la luz pueden reaccionar directamente con el sustrato o activar el oxígeno al estado singlete; en ambos casos se provoca la conversión de ácidos grasos insaturados en hidroperóxidos.

El aguacate es una de las pocas frutas con presencia importante de aceite en base seca, comparable solamente a la palma y la aceituna (Werman & Neeman, 1987). Las variedades Hass y Fuerte tienen un alto contenido de aceite en la pulpa (Olaeta, 2003) que si bien se extrae químicamente para

emplearlo como aditivo cosmético de alto valor, puede ser también obtenido por presión en frío con fines gastronómicos. Justamente en relación con este último aspecto, cabe destacar que la composición de ácidos grasos es similar a la del aceite de oliva como se detalla en la Tabla 1. El principal ácido graso en el aceite es el oleico, seguido de los ácidos palmítico y linoleico.

Tabla 1. Cuadro comparativo del porcentaje de ácidos grasos en distintos aceites. S: saturados, M: monoinsaturados, P: polinsaturados

Aceite	Ácidos grasos		
	S	M	P
Aguacate	10	78	10
Oliva	14	72	9
Girasol	10	21	64
Maíz	13	25	58
Palma	49	37	9

En los aceites vegetales, la instauración de la cadena carbonada provoca pliegues y dobleces que dificultan la formación de redes intermoleculares, por lo cual su punto de fusión es muy bajo, al igual que su estabilidad ante la oxidación. Esto hace que los aceites con alto grado de instauración, no sean recomenda-

bles para frituras o productos que requieran procesos térmicos.

El aceite seleccionado para el estudio es producido con fines comerciales en la localidad San Nicolás, cantón Mira, provincia del Carchi, a partir de frutos de las variedades Hass y Fuerte cultivados en el sector. La extracción en frío se la realiza por un proceso de centrifugado lo cual le confiere la denominación de extra virgen; se omiten los procesos de refinado con lo cual se mantienen ciertos compuestos fitoquímicos que le aportan un carácter potencialmente funcional pero que pueden tener un papel en la susceptibilidad del aceite a la oxidación, ya sea para favorecerla (clorofila) o evitarla (vitamina E).

Los antioxidantes son moléculas orgánicas de origen natural o sintético, que pueden evitar o retardar el progreso de la rancidez oxidativa. Presentan varios mecanismos de acción, a saber: reaccionan con los radicales antes que estos lo hagan con moléculas insaturadas convirtiéndolos así en productos más estables, se enlazan a metales, descomponen hidroperóxidos, desactivan los singletes de oxígeno (Dorko, 1994). Los antioxi-

dantes sintéticos poseen un núcleo bencénico y al menos un grupo hidroxilo; los más usados en la industria alimenticia son BHT-butil hidroxitolueno y TBHQ-terbutil hidroquinona. Estos compuestos no detienen los radicales que se generan en la oxidación, sino que los hacen menos reactivos; por tanto, se consumen en la reacción, lo cual provoca que su efectividad dependa directamente de la cantidad de antioxidante en el producto.

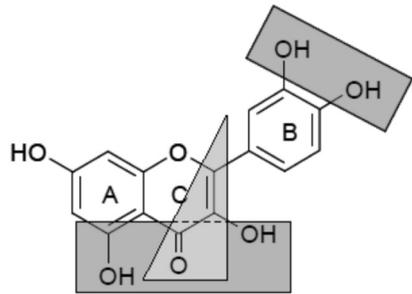


Figura 2. Sitios que le confieren capacidad antioxidante a una molécula tipo de polifenol. (Kahle, 2008)

Los antioxidantes naturales se hallan en cantidades variables en el reino vegetal, distribuidos mayormente en las capas superficiales de las partes de la planta expuestas al exterior, como mecanismo de protección de

los tejidos internos y de comunicación con el medio exterior (Kahle, 2008). Entre los varios compuestos que pueden actuar como antioxidantes destacan los polifenoles por su diversidad y abundancia; actúan como antioxidantes con mecanismos que incluyen tanto el atrapamiento de radicales y la quelación de metales (Kahle, 2008). Su estructura química les permite cumplir ambas funciones, como se observa en la Figura 2; los grupos hidroxilo del anillo B estabilizan la molécula al tiempo que pueden reaccionar con los radicales libres de la misma forma que los grupos ubicados en las posiciones 3 y 5. La función oxo del carbono 4 en conjunto con el doble enlace de los carbonos 2-3, contribuye a la deslocalización de electrones para alcanzar un máximo potencial de “secuestro” de radicales (Kahle, 2008).

Las bayas incluyen a los géneros *Vaccinium*, *Ribes*, *Rubus*, *Fragaria*, es decir arándanos, moras, fresas, framboesas, etc. En estudios de capacidad antioxidante, las bayas presentan resultados prometedores y sus evaluaciones en cuanto a contenido de polifenoles totales son de las más altas entre las especies de estudio

(Kähkönen, et al., 1999). El mortiño, *Vaccinium floribundum* (Kunth), es un producto natural de los páramos ecuatorianos, su cultivo y consumo se orientan a la “colada morada”, un plato típico ecuatoriano. El promedio del contenido de polifenoles totales en las bayas del género *Vaccinium* se reporta en el rango de 1910 a 3760 mg equivalentes de ácido gálico/kg de fruta en base húmeda; los compuestos mayoritarios son antocianinas (Vasco et al., 2009). *Rubus glaucus* (mora de castilla) es nativa desde el norte de Los Andes hasta las tierras altas del sur de México. Es común en estado silvestre, pero también se la cultiva comercialmente en Colombia, Ecuador, Guatemala y El Salvador (Asturizaga et al., 2006). El rango de fenoles totales es variable, va de 1137 a 29900 mg/kg equivalentes de ácido gálico en base húmeda (Scalbert & Williamson, 2000). A través de la acumulación de los flavonoides en las partes externas, las plantas se protegen de la radiación ultravioleta; estas moléculas tienen una alta capacidad de absorción de la luz ultravioleta y, en correspondencia con la propiedad de antioxidantes, atrapan radicales que se forman por inducción de los rayos sobre las espe-

cies ácidas (Haslam, 2005). Esto es indicativo que pueden actuar efectivamente ante la fotooxidación inducida

en alimentos durante el almacenamiento en condiciones de alta luminosidad como supermercados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo y tratamiento preliminar

Las frutas fueron adquiridas en 2 oportunidades, a inicios y finales del mes de octubre del año 2008, en 4 puestos de venta diferentes de los mercados de Iñaquito y Santa Clara. En cada ocasión se compró una libra de cada fruta y se mantuvo en refrigeración debido a la termolabilidad de los compuestos de interés. Posteriormente se obtuvo una submuestra (1 libra de cada fruta) que fue almacenada en recipientes opacos y en congelación para luego ser liofilizada. Se evitaron los daños mecánicos del material vegetal durante la fase preparativa ya que pueden causar reacciones enzimáticas que cambiarían la estructura de los polifenoles (Andrés-Lacueva et al., 2010).

La fruta fue liofilizada para minimizar reacciones en el medio acuoso donde se encuentran los polifenoles. El proceso fue realizado en un

equipo marca Edwards modelo Modulyo a -30°C y 130-140 mbar de presión durante un período de 24 horas.

Extracción de polifenoles

La metodología empleada tuvo como base los estudios realizados en bayas por Kähkönen, et al. (1999). 500 mg del material liofilizado molido se colocaron en un tubo de centrifuga con la porción de solvente correspondiente según la Tabla 2. La homogeneización se realizó con vortex a velocidad moderada, durante 2 intervalos de 30 s cada uno. Luego se centrifugó a 3000 rpm durante 15 minutos; se transfirió el sobrenadante a un balón aforado de 50 mL y se repitió la extracción con el material remanente. Los sobrenadantes se juntaron y se aforó con el correspondiente solvente de extracción. De cada extracto se tomó una alícuota de 2 mL en una cápsula de porce-

lana previamente tarada, se evaporó a sequedad a 70°C para determinar el peso del extracto seco.

Tabla 2. Solventes para la extracción

#	Compuestos	Porción para extracción
1	Metanol acuoso 80%	10 mL
2	Acetona acuosa 70%	15 mL
3	Metanol-Ácido clorhídrico-Agua 90:1:9	10 mL
4	Metanol-Acetona Agua 45:45:10	10 mL

El contenido de compuestos polifenólicos se ensayó espectrofotométricamente con una modificación del método del azul de Prusia descrito por Price y Butler (citado en Salunke et al., 1990). Todas las soluciones fueron preparadas en el momento del análisis. Este ensayo no hace distinción entre categorías de compuestos fenólicos (Hurst, 2002); la formación del ferrocianuro férrico o azul de Prusia se leyó a 700-720 nm en un espectrofotómetro visible Thermo Genesys 10 VIS. Este ensayo no fue cuantitativo por lo cual el contenido de polifenoles fue directamente asociado con la absorbancia de cada muestra.

Rancidez oxidativa en aceites

Se examinó la resistencia a la rancidez del aceite crudo, con antioxidante sintético y con los extractos naturales en 2 concentraciones; para esto, se emplearon 2 métodos de oxidación y se evaluaron acidez, peróxidos, contenido de dienos-trienos con los métodos 2.201, 2.501, 2.505 del Standard Methods for Analysis of Oils, Fats and Derivatives (Paquot & Hautfenne, 1992). Los ensayos de dienos y trienos fueron realizados en un espectrofotómetro UV-VIS CECIL 1100.

Para la oxidación acelerada se empleó un microondas marca LG, modelo MS-1144DP, con una frecuencia de 2450 MHz y potencia de salida 1150W. Se colocaron 250 mL de aceite en un recipiente de vidrio durante 5, 15, 40 minutos a máxima potencia. Al cabo de cada período, una porción de 40 mL de la muestra fue removida del horno, colocada en un desecador y analizada inmediatamente.

Las muestras sometidas a fotooxidación fueron colocadas junto a una ventana ubicada en sentido sureste

de modo que recibiera luz solar desde las 09h00 hasta aproximadamente las 17h30. Se emplearon 250 mL de aceite en un recipiente plástico transparente de 1 L de capacidad. Cada día se tomaron porciones de 40 mL para monitorear el avance de la rancidez.

La estabilidad oxidativa se determinó mediante el período de inducción; en este ensayo, la muestra es oxidada a temperatura y flujo de aire constantes en un recipiente cerrado herméticamente, se detecta la presencia de compuestos volátiles polares (hidroperóxidos, ácidos grasos de cadena

corta) producto de la degradación del aceite mediante medición de conductividad en una celda separada que recoge dichos subproductos. Se emplearon 3 gramos de muestra en el equipo Metrohm Rancimat 679 con un flujo de aire de 20 L/h, temperatura 120°C, rango de conductividad 200 uS/cm.

Tratamiento de resultados

Se obtuvo el promedio de los ensayos efectuados en duplicado. No se siguió un modelo estadístico debido a la ausencia de estudios similares que provean datos referenciales.

RESULTADOS

Tratamiento preliminar

Se encontró que la homogeneidad de las muestras de mortiño es notable, mientras que la mora presentó ciertas diferencias en color y aroma. Cualquier diferencia dejó de ser perceptible una vez que la fruta fue congelada. Las frutas liofilizadas conservaron su forma original pero redujeron su tamaño; las moras se mantuvieron estables en el ambiente, fueron muy fáciles de triturar, mien-

tras que los mortiños presentaron una tendencia higroscópica.

Extracción de polifenoles

Al evaluar el extracto seco se tuvo un mayor rendimiento con el solvente 2 (acetona acuosa 70%), mientras que los solventes 1, 3 y 4 presentaron resultados similares en ambas frutas. Sin embargo, el parámetro de selección fundamental fue el contenido de polifenoles en cada extracto por

lo cual el solvente 3, metanol acidificado, fue considerado como óptimo; el solvente 4 podría ser también de utilidad en el caso del mortiño. La mayor cantidad de extracto seco obtenido con el solvente 2 es atribuible a otro tipo de compuestos distintos de los polifenoles.

Evaluación de la rancidez oxidativa

En el aceite crudo, las etapas iniciales de oxidación fueron alcanzadas mediante tratamiento acelerado con microondas. Tanto el índice de peróxidos como el contenido de dienos (CE 232) y trienos (CE 270) son mayores con este método de oxidación como se observa en la Figura 3.

El valor del índice de acidez es mayor en el ensayo de fotooxidación, lo cual indica que la formación de ácidos grasos libres es inducida en mayor grado por acción de la luz UV;

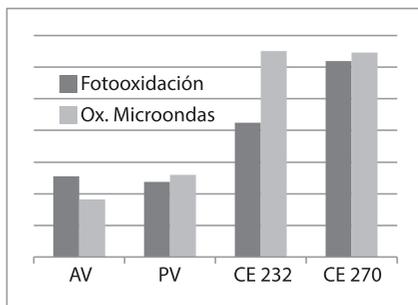


Figura 3. Comparación relativa de los niveles de rancidez alcanzados con los métodos de oxidación acelerada sobre el aceite crudo. AV: índice de acidez; PV: índice de peróxidos; CE coeficiente de extinción

dado que la fotooxidación es un proceso mucho más rápido que la autooxidación y solo trazas de los sensibilizantes son suficientes para iniciarlo (Kuang, 2008), este comportamiento podría ser atribuido también a la influencia de la clorofila presente en el aceite, la cual puede actuar como sensibilizante a la radiación (Werman & Neeman, 1986).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La efectividad de los extractos antioxidantes depende mucho de la concentración, obteniéndose un mayor efecto protector con extracto al 0.1%. A pesar que la concentración

de antioxidantes naturales es 10 veces superior a la empleada en los antioxidantes sintéticos, el efecto que alcanzan no es particularmente alto en comparación al compuesto

sintético BHT con la indicación que a pesar de ser estructuralmente similares a este, el mecanismo de acción de los polifenoles contenidos en los extractos de bayas parece ser diferente. Es posible también que las condiciones del medio no sean las óptimas para una efectiva acción de los extractos naturales, por lo cual quedan por explorar sus posibilidades como antioxidantes en otros productos alimenticios.

La figura 4 muestra el efecto antioxidante en función del tiempo como disminución de los diferentes parámetros respecto al aceite crudo (datos no mostrados). A mayor acción antioxidante, mayor diferencia entre aceite crudo y aceite con extracto; de ahí que en la gráfica los valores sean negativos, ya que se muestra el grado de protección que brinda cada sustancia frente a la oxidación del aceite de aguacate. Conforme se incrementa el tiempo, la oxidación lipídica avanza y se evidencia el efecto del BHT y los extractos naturales sobre esta; en todos los casos se obtuvo una mayor protección ante la oxidación con BHT mientras que los extractos naturales mostraron una variada respuesta según el parámetro

evaluado y el tiempo transcurrido; en pocos casos los extractos igualan o se acercan a los valores obtenidos con BHT; por ejemplo el extracto de moritño al 0.1% en el índice de peróxidos y contenido de trienos obtenidos por fotooxidación.

Al comparar los dos métodos de oxidación empleados, se observa un efecto antioxidante similar en ambos extractos naturales y se evidencia también la superioridad del BHT; solamente en el caso del contenido de dienos y trienos en la oxidación por microondas ($t=5$ min) se observa un mejor resultado con los extractos de mora; sin embargo, dicho comportamiento no es concordante con los valores encontrados para los índices de acidez y peróxidos. Esta contradicción resalta la importancia de tomar en cuenta varios parámetros al evaluar la rancidez en una matriz grasa, ya que al ser un proceso complejo en el cual varias reacciones toman parte, es conveniente recopilar información complementaria a fin de asegurar la concordancia de los resultados.

En el caso de la fotooxidación todas las muestras presentaron la misma tendencia oxidativa, lenta al inicio y

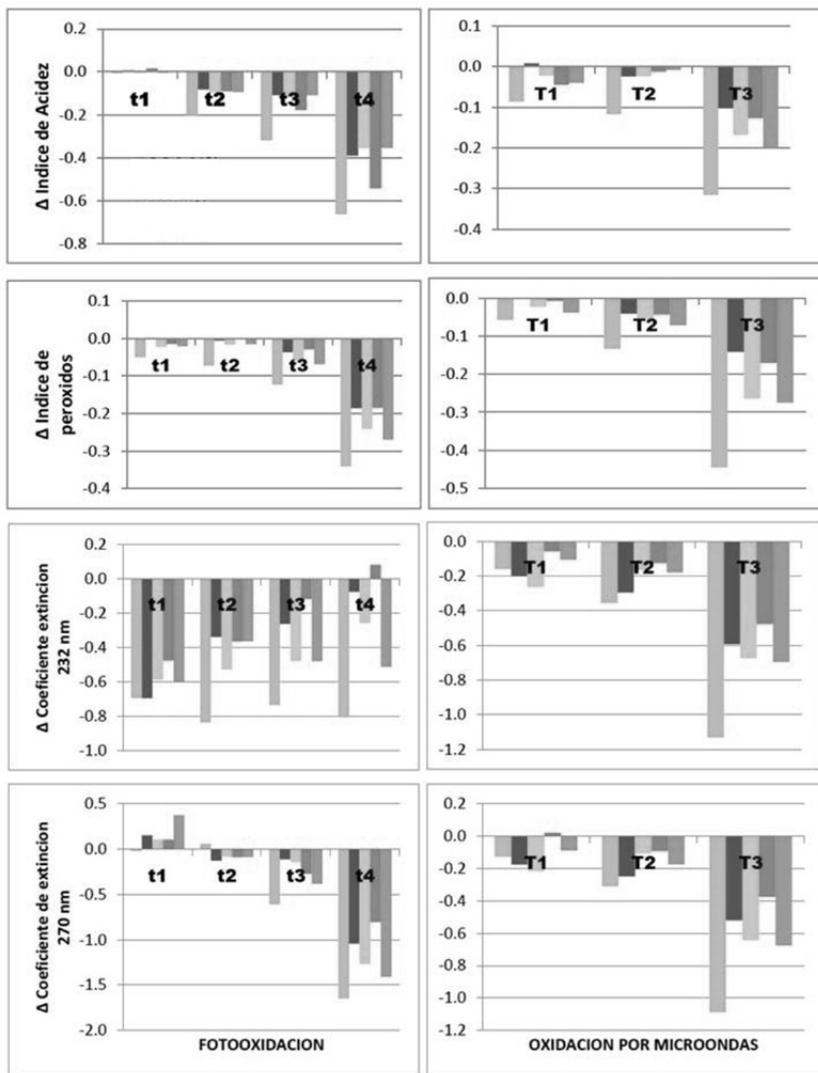


Figura 4. Parámetros de rancidez de las muestras de aceite de aguacate con BHT (verde), extracto de mora (0.01% gris y 0.1% amarillo), extracto de mortiño (0.01% rosa y 0.1% celeste); t: tiempo en días; T1: 5 minutos, T2: 10 min; T3: 40 min.

con un rápido incremento a partir del tercer día. Esto sugiere que el período de estudio debería incrementarse. En el caso del índice de peróxidos, se puede apreciar que la acción antioxidante de los extractos ocurre desde el tercer día mientras que, el índice de acidez se ve afectado desde el día 2.

Al considerar que ambos parámetros dan una indicación del inicio de la etapa de propagación, se puede suponer que los compuestos polifenólicos de los extractos no son efectivos en esta fase, pero es posible que sean de mayor utilidad en las etapas secundarias de la oxidación.

Con ambos tratamientos de oxidación acelerada, el mortiño presentó una acción antioxidante ligeramente mayor; esto se debe al mayor contenido polifenólico de esta fruta, aunque también podrían tener injerencia el tipo de compuestos específicos que posee.

En cuanto a la estabilidad oxidativa, se obtuvo un período de inducción de 22.5 horas para el aceite crudo, relativamente concordante con lo reportado en la bibliografía (Kochhar & Henry, 2009). El hecho que el valor sea ligeramente superior, es indicativo de una mayor presencia de antioxidantes propios del aceite. El aceite de aguacate contiene Vitamina E como antioxidante natural, lo cual evitaría la rancidez por un cierto período. Sin embargo, en el proceso de extracción puede emplearse fruta en estados avanzados de maduración lo cual causaría un incremento en el contenido de ácidos grasos libres y vuelve al aceite, susceptible de oxidación. Los ensayos con los extractos naturales determinaron que el incremento del período de inducción es de 32.5 y 53.5 horas para la mora y el mortiño respectivamente, lo cual corresponde a una mejora de 2.4 a 3.4 veces de la resistencia a la oxidación.

CONCLUSIONES

La acción antioxidante de los extractos polifenólicos estudiados es de mediana efectividad en las etapas iniciales de la oxidación lipídica. Los

extractos polifenólicos de *Rubus glaucus* y *Vaccinium floribundum* lograron retardar 3 veces el período de inducción del aceite de aguacate y

estabilizar la formación de productos de oxidación; sin embargo, la concentración necesaria para dicho efecto es diez veces mayor a la empleada en el caso de compuestos sintéticos a nivel industrial.

En general, se recomienda efectuar cuando menos, una prueba para los compuestos de oxidación primarios y otra para los compuestos de oxidación secundarios. Los criterios en cuanto a qué ensayos realizar no son uniformes (Kirk et al., 2002; Koon, 2009), pero al considerar sensibilidad y selectividad de los diferentes méto-

dos puede llegarse a establecer un diseño adecuado para cada caso.

Los índices de acidez, peróxidos, dienos-trienos permiten tener una medida aproximada del fenómeno de la rancidez oxidativa en los aceites; sin embargo, es necesario evaluar otros parámetros para conocer la forma en la cual los antioxidantes llevan a cabo esta acción, por lo cual se podría complementar este estudio al cuantificar la actividad antioxidante de los extractos y determinar si existe acción sinérgica con los antioxidantes presentes en el aceite.

LITERATURA CITADA

- Andrés-Lacueva, C., Medina, A., Llorach, R., Kahn, N., Urpi, M., Chiva, G., Zamora, R., Rotches, M., Lamuela, R. (2010). Phenolic Compounds: Chemistry and Occurrence in Fruits and Vegetables, En: *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry, Nutritional Value and Stability*, De la Rosa, L., Álvarez-Parrilla, E., González-Aguilar, G., Wiley-Blackwell, Iowa.
- Anwar, F., Jamil, A., Iqbal, S., Sheik, M. (2006). Antioxidant activity of various plant extracts under ambient and accelerated storage of sunflower oil, *Grasas y Aceites*, 57 (2) pp 189-197.
- Asturizaga, A., Øllgaard, B., Balslev, H. (2006). Frutos comestibles, *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, Universidad Mayor de San Andrés, pp 329-346.
- Baskin, S., Salem, H. (1997). Oxidants, antioxidants and free radicals, *CRC Press*, Washington DC.
- Carelli, A., Franco, I., Crapiste, G. (2005). Effectiveness of added natural antioxidants in sunflower oil, *Grasas y Aceites*, 56 (4) pp 303-310.
- Dorko, C. (1994). Antioxidants used in foods, *Food Technology*, 48 (4) pp 33.
- Haslam, E. (2005). *Practical polyphenolics: from structure to molecular recognition and physiological action*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kähkönen, M., Hopia, A., Vuorela, H., Pekka, J., Pihlaja, K., Kujala, T., Heinonen, M. (1999). Antioxidant Activity of Plant Extracts containing Phenolic Compounds, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47 (10), pp 3954-3962.
- Kahle, K. (2008). Polyphenole aus Apfelsaft: Studien zur Verfügbarkeit im Humanstoffwechsel, Disertación de doctorado en Ciencias Naturales, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Alemania.
- Kirk, R., Sawyer, R., Egan, H. (2002). *Composición y análisis de alimentos de Pearson*, 2ª edición, CECSA, México.
- Kochhar, P., Henry, C. (2009). Oxidative stability and shelf life evaluation of selected culinary oils, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (7), pp 289-296.

- Koon, R. (2009). Understanding Rancidity of Nutritional Lipids, <http://www.naturalproductsinsider.com/Printer-Friendly.aspx?id={C12CAC8D-9FD4-49A9-8B20-AF2EA5E38AD2}>, 19 de noviembre de 2009.
- Kuang Chow, C. (2008). *Fatty acids in foods and their health implications*, 3a edición, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton FL.
- Olaeta, J. A. (2003). Industrialización del Aguacate: estado actual y perspectivas futuras, V Congreso Mundial del Aguacate, Granada, España.
- Paquot, C., Hautfenne, A. (1992). *Standard Methods for Analysis of Oils, Fats and derivatives*. 7ª edición, IUPAC, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Salunke, D., Chavan, J., Kadam, S. (1990). Dietary tannins: consequences and remedies, *CRC Press*, Boca Raton, FL.
- Scalbert, A., Williamson, G. (2000). Dietary Intake and Bioavailability of Plant Polyphenols, *Journal of Nutrition*, 130 pp 2073-2085.
- Sin autor. (2002). El aceite de aguacate en México, *Revista Aníame*, 8 (37). Disponible en: http://www.mundialsiglo21.com/aceite_articulo_01.pdf, 16 de abril de 2012.
- Valenzuela, A., Sanhueza, J., Nieto, S. (2003). Natural antioxidants in functional foods: from food safety to health benefits, *Grasas y Aceites*, 54 (3) pp 295-303.
- Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J., Kamal-Eldin, A. (2009). Chemical Composition and Phenolic Compound Profile of Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (18) pp 8274-8281.
- Werman, M. J., Neeman, I. (1986). Oxidative Stability of Avocado Oil, *Journal of American Oil Chemist's Society*, 63 (3) pp 355-360.
- Werman, M. J., Neeman, I. (1987). Avocado Oil production and chemical characteristics, *Journal of American Oil Chemists Society*, 64 (3) pp 229-230.