

Comunicación Técnica

## Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas

Ma. Elena Jiménez,<sup>\*1</sup> Ma. del Rosario Aguilar,<sup>1</sup> Ma. de la Luz Zambrano<sup>2</sup> y Eva Kolar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Edificio 7, Zacatenco, México 07738, D. F. Tel: 7296000-55073, E-mail: mgonzale@avantel.net

<sup>2</sup> Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, Av. Primero de mayo s/n, Col. Atlanta, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 54740 México. Tel: 6232041 Fax: 8730742

Recibido el 4 de octubre del 2000; versión revisada aceptada el 18 de abril del 2001

**Resumen.** El objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de purés deshidratados con energía de microondas y deshidratados por horno eléctrico. Los resultados indican que el aceite obtenido del aguacate tratado con microondas cumple las especificaciones en cuanto a sus propiedades físicas y químicas. Los espectros de infrarrojo de este aceite no presentan la banda en 2133 cm<sup>-1</sup> debida a un triple enlace, que se encuentran en el aceite de puré de aguacate deshidratado con horno eléctrico y en el aceite de aguacate comercial.

**Palabras clave:** Puré de aguacate, aceite de aguacate, deshidratación por microondas, infrarrojo.

**Abstract.** The objective of this paper was to determine the physical and chemical properties of avocado oil from dehydrated pastes by means of microwave energy and those dehydrated by an electric oven. Results show that the oil obtained from microwave treated avocado meets physical and chemical specifications. Infrared spectra of this oil do not show band at 2133 cm<sup>-1</sup> due to a triple bond, that is shown with the oil extracted of pastes dehydrated by electric oven and with a commercial avocado oil.

**Key words:** avocado pulp, oil avocado, microwaves drying, infrared

### Introducción

Las microondas se encuentran entre la radiación infrarroja y las ondas de radio, y el calentamiento por esta fuente fue descubierto por Spencer en 1949 [1]. La energía de la radiación equivale a 0.000012 eV que no produce daño en la materia orgánica [2]; las propiedades de las que depende la penetración de las microondas son tanto las físicas y las propiedades dieléctricas, así como el grado de penetración de las microondas en los materiales [3]. La rapidez del calentamiento es la principal ventaja de las microondas, su aplicación en alimentos se realiza a las frecuencias de 2450 MHz y 915 MHz, con el fin de evitar interferencia con las ondas de radar [4,5]. Las microondas penetran a los alimentos provocando que las moléculas polares como el agua, las proteínas y otras tiendan a alinearse en el campo electromagnético producido. Este se invierte 915 ó 2450 millones de veces por segundo, las moléculas tratan de alinearse y oscilan a estas frecuencias generando la fricción intermolecular que provoca el calentamiento; a medida que se genera calor éste se transmite por conducción en los sólidos y por convección en los líquidos, lo que ayuda a uniformizar la temperatura [4,5]. Durante el tratamiento con energía de microondas se ha comprobado que se conserva el color natural de las frutas y vegetales así como los nutrientes, entre ellos la vitamina C, cuya presencia es un indicador del efecto de los tratamientos térmicos, pero en otros casos, los componentes de

los alimentos bajo tratamiento con microondas sufren modificaciones en su estructura, como por ejemplo, la desnaturaleza de las proteínas [6, 7].

La energía de microondas es utilizada en forma limitada en procesos de alimentos a pesar de que puede ofrecer varias ventajas, como lo es el ocupar menor espacio que el utilizado por los equipos de deshidratación térmica. Otra ventaja de la deshidratación por microondas de los alimentos es la de controlar el tiempo de tratamiento. La deshidratación con energía de microondas, se ha aplicado en la deshidratación de concentrados de jugos de fruta, leche y té, así como la producción de cereales y pastas [8].

Los aceites y aceites esenciales que poseen propiedades terapéuticas son usados como componente o vehículo en productos farmacéuticos por sus características físicas y químicas. La estabilidad de un aceite se refiere a la capacidad para mantener su frescura, sabor y color durante su almacenamiento y uso. Esto está relacionado con la composición de los lípidos, su naturaleza y la presencia o ausencia de antioxidantes y de inhibidores que pueden ser naturales o artificiales; los aceites vegetales, a pesar de su insaturación, tienden a ser más estables que las grasas animales debido a sus antioxidantes naturales. Los aceites se descomponen desde el momento en que son aislados de su ambiente natural, la presencia de ácidos grasos libres es un indicador de la actividad de la lipasa u otra acción hidrolítica. Durante el almacenamiento ocurren cam-

bios en sabor y olor. La rancidez es acelerada por exposición al calor, luz, la humedad y por la presencia de trazas de metales de transición como cobre, níquel, fierro así como colorantes y pigmentos naturales residuales. La oxidación de las grasas o aceites es lenta y se conoce como periodo de inducción; al final de este periodo, se alcanza una cantidad de peróxido que provoca un aumento de la velocidad oxidativa, y el aceite empieza a tener un olor y sabor rancios. El índice de peróxido establece un grado de avance de la oxidación o rancidez [9].

El objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido del puré deshidratado con microondas y por otro lado por estufa, este último es considerado el método convencional para deshidratación de frutas, los resultados de ambas deshidrataciones fueron comparados con los análisis del aceite comercial obtenido a granel, sin marca específica y con los datos reportados en la literatura. Mediante la técnica de espectroscopía de infrarrojo se hizo el estudio de los posibles cambios en su estructura o presencia de subproductos formados por el efecto del tratamiento con microondas y estufa de los aceites obtenidos.

## Parte experimental

**Preparación de las muestras.** En el estudio se empleó aguacate variedad Hass de un peso promedio de 160 g, de estado de madurez uniforme, al que se le eliminó el hueso y la cáscara, preparando posteriormente el puré de la pulpa. Se efectuó un análisis de su composición química general en base húmeda con el fin de determinar las características del aguacate Hass adquirido por los centros comerciales comunes en la Ciudad de México, el aceite es el principal componente indicador de la especie de aguacate, utilizando estos resultados para su relación con los datos reportados en la literatura [10,11].

**Procedimiento de secado.** Para el secado por microondas se colocaron por triplicado muestras de 100 g de puré, se trató con microondas por 1 h en períodos de 15 min dando 3 min de reposo entre periodo. El horno de microondas se utilizó en la función de descongelación en donde la emisión de la microonda es por un intervalo de tiempo de 10 s con una intensidad de 9.5 amperes, con descanso o suspensión de la emisión de la microonda por 20 s con una intensidad de 4 amperes, la potencia total fue de 1200 watts y 2450 MHz de frecuencia. De manera similar se realizó el secado de muestras por triplicado utilizando horno eléctrico convencional también llamado estufa a 70 °C por 12 h [12], después de llevar a cabo los tratamientos. Se obtuvo el aceite de las muestras deshidratadas por microondas y por horno eléctrico convencional o estufa, utilizando éter de petróleo o hexano, la extracción se realizó mediante reflujo del disolvente durante 6 h en un extractor Soxhlet a una velocidad de 5 a 6 gotas por segundo, finalmente el disolvente residual se elimina mediante un ligero calentamiento hasta obtener el aceite. Se procedió a realizar los análisis físicos y químicos por triplicado de las muestras

del aceite que proviene de los diferentes procedimientos de deshidratación y extracción por disolventes: densidad, índice de refracción, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación e índice de peróxidos [11, 13].

**Espectroscopía infrarroja.** Se realizó un análisis de espectroscopía a las muestras de aceite obtenidas de los tratamientos de deshidratado por microondas y estufa con el fin de comparar la frecuencia y transmitancia de éstas con los del aceite comercial obtenido a granel en tiendas distribuidoras así como con los datos reportados en las referencias. Se utilizó la técnica de pastilla de KBr grado espectroscópico sobre la cual se colocó una ligera película del aceite correspondiente [14, 15].

## Resultados y discusión

Composición química en base húmeda del puré de aguacate: humedad 74.30 %, proteínas 1.67 %, grasas 17.10 % (66 % base seca), cenizas 1.26 %, fibra 1.35 % y por diferencia se obtiene el porcentaje de carbohidratos: 4.32 %. El contenido de aceite para el aguacate de la variedad Hass extraído por disolventes reportado es de 21.9 % (base húmeda). Estos porcentajes dependen de varios factores; entre ellos se encuentra la región donde se cultiva, la madurez del fruto y las técnicas de extracción [16]. El rendimiento obtenido por deshidratación por estufa del puré de aguacate, utilizando hexano como disolvente de extracción del aceite fue de 80 %, y con éter de petróleo de 76 %. Cuando se utilizó la deshidratación por energía de microondas, la extracción del aceite con hexano se obtuvo un rendimiento de 87.5 % y con éter de petróleo de 82.5 %. En ambos métodos de secado se obtuvieron mejores rendimientos con hexano, lo que comprueba que es el disolvente adecuado para la extracción.

Las propiedades físicas y químicas del aceite obtenido del puré de aguacate deshidratado por energía de microondas y por estufa se presentan en la Tabla 1. Los resultados obtenidos en este estudio de las propiedades físicas y químicas se compararon con los valores obtenidos, para el aceite comercial distribuido a granel y así como con los datos obtenidos por otros autores [17, 18, 19]. Se desarrolló el estudio estadístico utilizando *t*-Student, con un nivel de significancia de 0.05, bilateral, encontrándose que para la densidad e índice de refracción no hay diferencias significativas, comparando los resultados de ambas técnicas de deshidratación tanto para las muestras procesadas como para el aceite comercial y lo reportado en referencias (densidad de 0.910 e índice de refracción 1.4688). En las diferentes muestras, el índice de yodo indica que es un aceite que se encuentra clasificado dentro de los aceites insaturados y por lo tanto puede presentar reacciones oxidativas [19], con el mismo nivel de significancia no se obtienen diferencias significativas en relación al valor del aceite comercial y el obtenido de las referencias (84 cg I / g muestra). El índice de saponificación es muy semejante en todas las muestras estudiadas incluyendo la comercial pero se observan diferencias con respecto al teórico (189 mg KOH / g

**Tabla 1.** Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate.

Propiedad	Horno eléctrico Éter	Microondas Éter	Horno eléctrico Hexano	Microondas Hexano	Aceite comercial	Referencia [17, 19]
Densidad (g / ml)	0.9098	0.90871	0.91354	0.91702	0.91050	0.9100
Índice de refracción a 25 °C	1.4689	1.4688	1.4684	1.4690	1.4688	1.468
Índice de saponificación (mg KOH / g)	203	262	214	219	217	189
Índice de yodo (cg I / g )	84.34	87.76	92.59	87.53	83.35	84
Índice de peróxidos (meq / g)	32.75	24.06	22.73	26.93	38.10	14.9
Índice de acidez (mg KOH / g)	2.81	1.1322	1.23	1.88	2.98	1.07
% Ácidos grasos libres como ácido oléico	1.41	0.57	0.61	0.94	1.50	0.54

muestra) el valor estadístico calculado para cada muestra cae dentro del intervalo del valor estadístico teórico por lo que se considera que no hay evidencias suficientes para suponer que hay diferencia significativa y la variación de los resultados experimentales con respecto al teórico se puede deber al azar; las propiedades anteriores indican que el aceite no presentó ninguna reacción química adicional [20, 21]. El valor de los ácidos grasos libres fue bajo en relación con el aceite comercial y semejante al de la literatura (0.54 mg KOH / g muestra), el valor estadístico indica que no hay diferencias significativas, a 0.05 de nivel de significancia, los valores obtenidos con microondas fueron de un valor semejante al teórico reportado, por lo que se afirma que las muestras procesadas por este método no sufrieron deterioro por efecto del ambiente, luz y calor que se desarrolla durante el secado por microondas. Del proceso de extracción a partir de la pulpa seca en estufa/éter, se obtuvo un aceite con un alto valor de peróxidos, probablemente por una oxidación ocurrida durante el secado, en tanto que en las muestras secadas por microondas el valor de peróxido es menor; sin embargo, todos ellos se encuentran dentro de la norma especificada para aceites vegetales que es de 75 meq de  $H_2O_2$  / 1000 g de muestra [21]. Utilizando el mismo nivel de significancia, los resultados indican que no hay evidencias suficientes para suponer que hay diferencias significativas; lo anterior indicó que no se presentó peroxidación debido a las altas temperaturas que se desarrollan en el secado por energía de microondas, el color natural se conserva tanto en el puré como en el aceite de aguacate, probablemente porque se inhiben por la temperatura enzimas (proteínas que actúan como catalizadores) como la lipasa que produce reacciones de oxidación de los aceites y polifenoloxidasa que al inhibirse ya no reacciona con los fenoles del aguacate cuyos productos de reacción ocasionan oscurecimiento. También se inactiva a la clorofilasa permitiendo así la estabilidad del color verde [22, 23].

Los espectros en el infrarrojo fueron prácticamente iguales en los aceite obtenidos mediante los dos procesos de deshidratación y de extracción. Se caracteriza estructuralmente la composición del aceite indicando la presencia de sus diferentes grupos funcionales. Todos los espectros presentan dos bandas en 3015 y en 1640  $cm^{-1}$  que indican la presencia de doble ligadura, además una banda en 730  $cm^{-1}$ , lo que indica la presencia de una cadena larga de grupos metíleno. Las bandas de 2870, 2940, 1450 y 1380  $cm^{-1}$  indican la presencia de grupos funcionales alifáticos; las bandas de 1740 y 1152  $cm^{-1}$  indican la presencia del grupo éster. Los espectros no muestran formación de peróxidos lo que podría ser un indicio del daño sobre el aceite por la elevada temperatura de secado por microondas. El aceite de aguacate obtenido de muestras secadas en horno eléctrico comúnmente llamado estufa y el aceite comercial presentan una banda a 2133  $cm^{-1}$  debida a la presencia de una triple ligadura, pero las provenientes de secado por microondas no la presentaron como lo indica la figura 1 y 2, esto indica que el aceite que proviene de las muestras deshidratadas con microondas tiene mayor estabilidad, probablemente por la inhibición de las enzimas de polifenoloxidasa que provocan reacciones de oscurecimiento, la lipasa que acelera las reacciones oxidativas y la clorofilasa que altera el color verde del aguacate [22,23]; las muestras de aceite pueden llevar consigo pequeñas cantidades de pigmentos, vitaminas solubles en aceite y estables con la temperatura y otros compuestos que no son posibles de determinar por este método. Los disolventes utilizados como el éter y el benceno, no intervienen en los espectros puesto que la banda característica del primero a 1100  $cm^{-1}$  no se encuentra, y la del hexano que es una cadena alifática lineal, sus grupos metíleno y metilo coincidirían con los del aceite, que también los contiene, se requeriría otro tipo de análisis como la cromatografía de gases para comprobar su presencia; en el estudio que se efectuó se tuvo el cuidado de eliminar los disolventes utilizados.

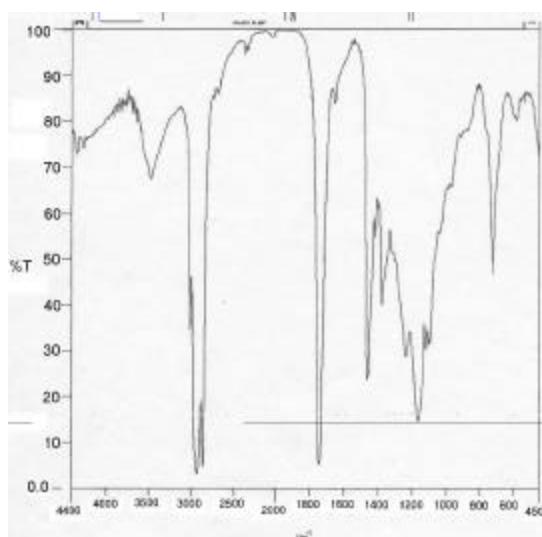


Fig. 1. Espectro de infrarrojo del aceite de aguacate microondas / éter.

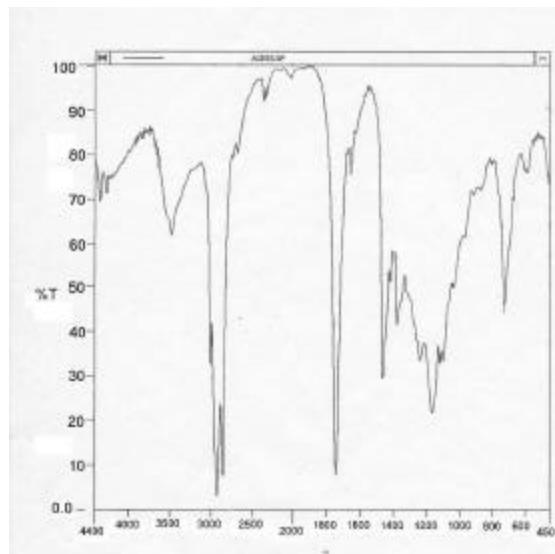


Fig. 2. Espectro de infrarrojo del aceite de aguacate microondas / hexano.

## Conclusiones

Se obtiene un mayor rendimiento del aceite cuando se deshidrata la pulpa mediante energía de microondas. Las muestras de puré de aguacate obtenidas después de la deshidratación con microondas, conservan el color característico al aguacate fresco; igual que las muestras obtenidas por deshidratación en método horno eléctrico convencional. El aceite que se extrajo de las muestras tratadas con microondas tiene índices químicos semejantes a los del aceite comercial y los valores reportados en la literatura. La temperatura elevada que se alcanza durante el secado por microondas no daño químicamente al aceite, lo que se comprueba mediante el índice de peróxido que es un indicador de las reacciones oxidativas. Las propiedades físicas y químicas del aceite obtenido por microondas están dentro de las normas establecidas [24].

En cuanto a los espectros en el infrarrojo de las muestra son muy semejantes y no presentan señales correspondientes a grupos peróxido, lo que confirma la calidad del aceite, también conserva el color. En los espectros del aceite obtenido por tratamiento con microondas no aparece la banda de  $2133\text{ cm}^{-1}$  que corresponde a una triple ligadura observada tanto en el espectro del aceite comercial como el aceite obtenido del puré secado con horno eléctrico convencional por lo tanto el aceite obtenido por microondas es de mejor calidad.

## Referencias

1. Schiffmann, R. F. *Food Technol.* **1992**, *46*, 50-52.
2. Rosen, C. G. *Food Technol.* **1972**, *26*, 36-39, 55.
3. Potter, N. N. *La Ciencia de los Alimentos*. Harla, México, **1973**.
4. Decareau, R. V. *Food Technol.* **1986**, *40*, 99-105.
5. Mudgett, R. E. *Food Technol.* **1986**, *40*, 84-93, 98.
6. IFT. A Scientific Status Summary by The Institute of Food Technologists Expert Panel on Food Safety and Nutrition. *Food Technol.* **1989**, *43*, 117-126.
7. Giese, J. *Food Technol.* **1992**, *46*, 117-123.
8. Rosenberg, U.; Bögl, W. A. *Food Technol.* **1987**, *41*, 85-91.
9. Braverman J. B. S. *Introducción a la Bioquímica de los Alimentos*. Ed. El Manual Moderno, México, **1988**.
10. Ranganna, S. *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. Ed. Mc Graw Hill Publishing Co. New Dehli, **1986**.
11. A.O.A.C. *Official Methods of Analysis* Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C. **1984**.
12. Alzamora, S. M.; Chirife, J. *J. Food Sci.* **1980**, *45*, 1649-1657.
13. Kirk, R. S.; Sawyer, R.; Egan, H. *Composición y análisis de los alimentos*. Pearson. Ed. Continental, México, **1996**.
14. Conley, R.T. *Espectroscopía Infrarroja*. Ed. Alambra, España, **1979**.
15. Skoog, D. A.; Leary, J. J. *Analysis Instrumental*. Ed. McGraw-Hill, México, **1992**.
16. Turatti, J. M.; Canto, W. L. *Bol. Ital.*, Campinas, Brazil, **1985**, *22*, 311-319.
17. Hulme, A.C. *The Biochemistry of Fruits and their Products*, Academic Press, New York, Vol 1, 2, **1971**.
18. Martínez, N. L.; Camacho, R. F.; Rodríguez, V. S.; Moreno, R. M. V., Extraction and Characterization of Avocado oil. *Grasas y Aceites*, España, **1988**, *39*, 272-277.
19. Turatti, J. M.; Santos, L.C.; Tango, J. S.; Arima, H. K. *Bol. Ital.*, Campinas, Brazil, **1985**, *22*, 267-284.
20. Yamaguchi, K.; Nishimura, O.; Toda, H.; Mihara, S. *Instrum. Anal. Foods* **1983**, *2*, 93-117.
21. Hart, F. L.; Fisher, H.J. *Análisis moderno de los alimentos*. Ed. Acribia, España, **1991**.
22. Wrolstad, R. E.; Lee, D. D.; Poei, M. S. *J. Food Sci.*, **1980**, *45*, 1573-1577.
23. Wiley, R. C. *Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*, Ed. Acribia, España, **1997**, 74-75.
24. Comisión del Codex Alimentario. Normas del Codees para Grasas y Aceites Comestibles. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Organización Mundial de la Salud, Roma, Vol XI, **1983**.