

Cambios en el perfil de ácidos grasos y microestructura de aguacate Hass tratado con microondas

Rosa I. Guzmán-Gerónimo, Lidia Dorantes

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. México, D.F. Instituto de Agroindustrias.
Universidad Tecnológica de la Mixteca. México

RESUMEN. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios en el perfil de ácidos grasos y microestructura en el puré de aguacate por efecto del tratamiento térmico con microondas. Los resultados obtenidos muestran que el componente mayoritario del perfil de ácidos grasos fue el ácido oleico, seguido del ácido palmítico, linoleico y palmitoleico. El perfil de ácidos grasos de los purés no presentó cambios al ser calentado con microondas ($p < 0.05$). Así mismo, no se detectaron ácidos grasos *trans*. Por otra parte, cambios significativos en la microestructura del puré de aguacate tratado con microondas fueron detectados. Se encontró que a tiempos menores de 40 s, se conserva en mayor grado la estructura de los idioblastos del aguacate, mientras que a tiempos mayores de 40 s, se observaron zonas de rompimiento de las paredes y membranas celulares, liberando el aceite y mostrando restos de idioblastos vacíos, lo cual se correlaciona con la evaluación sensorial en donde se encontró que a tiempos de calentamiento de 60 s, las muestras fueron calificadas como aceitosas o grasas.

Palabras clave: Aguacate, microondas, ácidos grasos, microestructura.

INTRODUCCION

El procesamiento térmico con microondas representa una alternativa en cuanto al escaldado de los alimentos, ya que permite un calentamiento rápido y uniforme, minimizando los cambios en el sabor, color, textura y valor nutrimental del producto (1, 2). Estudios previos han demostrado que el tratamiento térmico con microondas disminuye reacciones de oscurecimiento enzimático en el aguacate (3). Así mismo, el efecto combinado del tratamiento con microondas, disminución del pH y adición de sales de zinc permite conservar el color verde en puré de aguacate debido a la formación de complejos clorofila-zinc (4). Sin embargo, para el desarrollo de este procesamiento es importante conocer su influencia en los lípidos y microestructura. La característica

SUMMARY. Fatty acids profile and microstructure of avocado puree after microwave heating. Changes in the fatty acid profile and the microstructure of avocado puree after microwave treatment were evaluated. The main components of the fatty acid profile were oleic, palmitic, linoleic and palmitoleic acids. Fatty acids profile of microwaved avocado puree did not show significant changes ($p < 0.05$). *Trans* fatty acids were not detected. Microwaved avocado puree showed significant changes in its microstructure. Samples treated with microwaves for less than 40 s preserved the cells shape, causing only a minimal modification. On the other hand, microwave treated avocado puree using more than 40 s, showed a disruption of idioblast oil cells, releasing the oil contained on them. The results might be explained based on the sensory evaluation that was performed on the microwaved avocado puree, where samples at 60 s showed oily texture and grassy flavor.

Key words: Avocado, microwave treatment, fatty acids, microstructure.

más importante en el fruto del aguacate es su elevado contenido de lípidos, siendo la principal fracción lipídica los triacilglicéridos (5). Diversos reportes indican que durante el procesamiento térmico de los alimentos, a partir de los lípidos pueden generarse compuestos con efectos negativos en el metabolismo humano como son los ácidos grasos *trans*. Estos compuestos se comportan como ácidos grasos saturados y tienen algunos efectos adversos en el metabolismo humano, como la inhibición de la instauración y alargamiento de los ácidos linoleico y linolénico para formar otros ácidos grasos de importancia para el organismo como es el ácido araquidónico (20:4) precursor de los ácidos eicosanoides (7). Además, los ácidos grasos *trans* producen un efecto negativo en las lipoproteínas del plasma humano, incrementando las lipoproteínas de baja densidad y disminuyendo las de alta densidad, contribuyendo a una mayor incidencia de las enfermedades cardiovasculares (8). Debido a lo anterior, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) ha establecido la inclusión de los ácidos grasos *trans* en el recuadro de la Declaración Nutrimental para alimentos convencionales, expresando el porcentaje de grasa

Apoyo de la RED ALFA (Food Quality in Food Engineering) de la Comunidad Europea y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

saturada como la suma de ácidos grasos saturados y ácidos grasos *trans*, cuyos límites permisibles van de 0.5 a 4.0 g por ración, considerando como libres de ácidos grasos *trans* aquellos alimentos que contienen menos de 0.5 g (9).

Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tratamiento térmico con microondas en el perfil de ácidos grasos y microestructura del aguacate.

METODOLOGIA

Materia prima

El fruto de aguacate variedad Hass (*Persea americana*, Mill) procedente de Michoacán, México, se adquirió en estado maduro en un mercado local de la Ciudad de México, con un color en la cáscara negro uniforme y un contenido de extracto etéreo de $16.5\% \pm 1.2\%$.

Preparación del puré de aguacate

Los aguacates fueron lavados con detergente y agua corriente antes de su uso. La pulpa de aguacate se mezcló con una solución de cloruro de zinc (120 ppm) en una relación (3:1 p/p) durante 1 min utilizando un homogenizador marca Braun, con objeto de conservar mejor el color de las clorofilas como sugieren los resultados de un trabajo previo (4). El pH del puré de aguacate (6.5) se ajustó a un pH 5.5 con ácido ascórbico.

Tratamiento térmico del puré de aguacate con microondas

Se pesaron 20 g del puré en placas de petri de 5 cm de diámetro y se calentaron en un horno de microondas doméstico (Marca Panasonic, Modelo NN-6468, Secaucus NJ, USA.) operando a una frecuencia de 2450 MHz con una potencia de salida de 700 W durante 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 segundos, inmediatamente se enfriaron en un baño de hielo. Las muestras se elaboraron por duplicado. Cabe mencionar que para el análisis de lípidos neutros, el puré de aguacate tratado con microondas se liofilizó durante 24 h y se almacenó bajo atmósfera de nitrógeno, obteniéndose un producto en polvo. La potencia nominal del horno de microondas se determinó de acuerdo al método descrito previamente por Buffler (10). Con la finalidad de determinar la energía (E) expresada en KJ/g, que se aplicó con las microondas a los diferentes tiempos se utilizó la siguiente ecuación:

$$E = Pt/m$$

donde:

P = potencia de las microondas (633 W)

t = tiempo de exposición (s)

m = masa de las muestras (g)

Extracción de lípidos neutros

La extracción de lípidos de la muestra liofilizada se realizó utilizando hexano en una relación 1:5 (m:v) durante un minuto y se filtró a través de un filtro de Büchner. El residuo se extrajo dos veces más. Se combinaron los extractos y se traspasaron a un embudo de separación, se adicionó agua (una cuarta parte del volumen total) y se agitó lentamente, se dejó reposar formándose dos fases. La fase orgánica se filtró a través de sulfato de sodio anhidro y se concentró en un rotavapor a 35°C con presión reducida. La muestra se pesó y se almacenó bajo una atmósfera de nitrógeno y en congelación hasta su posterior análisis.

Análisis de ácidos grasos metilados

La técnica empleada para la metilación de los ácidos fue la recomendada por la A.O.C.S. (11) utilizando boro trifluoruro 14% en metanol como agente metilante. Se utilizó metil éster del ácido heptadecanoico como estándar interno. Para separar los ácidos grasos metilados se utilizó un cromatógrafo Hewlett Packard 5890 Series II equipado con un detector de ionización de flama y una columna capilar BXP-70 60 m x 0.25 mm x 0.25 mm, siendo la fase móvil helio a una velocidad de flujo de 1 ml/min. Se empleó un programa de temperatura de 120 °C sostenido 0.5 minutos con un gradiente de 4 °C/minuto hasta 230 °C sostenido 5 min. (Split 50:1). La temperatura del inyector y detector fueron 230 °C y 250 °C, respectivamente. Los componentes se identificaron comparando sus tiempos de retención con una mezcla de estándares. Las muestras se analizaron por triplicado.

Microscopía de luz

Con la finalidad de evaluar los cambios en el mesocarpio del aguacate por efecto del tratamiento térmico con microondas, se analizó su microestructura mediante microscopía de luz (CDI, 1000X) (12). Para ello, muestras de aguacate sin tratar y calentado con microondas durante 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 segundos se colocaron en portaobjetos, se taparon con cubreobjetos y se observaron al microscopio.

Evaluación sensorial

Para evaluar el efecto del tratamiento con microondas en el sabor del puré de aguacate se utilizó una prueba sensorial de ordenamiento con 6 jueces entrenados (13). Las muestras a evaluar fueron puré de aguacate tratado con microondas a 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 segundos. Para su evaluación, las muestras se presentaron en una forma común de ser ingeridas por el consumidor como son tortillas fritas con puré de aguacate (tostadas de maíz sin sal).

Análisis estadístico

Los datos correspondientes al perfil de ácidos grasos se analizaron mediante análisis de varianza a un nivel de significancia de $p < 0.01$ empleando el programa Excel del paquete Office 2000.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que los ácidos grasos insaturados constituyeron la principal fracción en el aguacate, siendo el componente mayoritario el ácido oleico (63.5 %), seguido por el ácido linoleico (8.67 %) y el ácido palmitoleico

(6.20 %); mientras que el ácido palmítico fue el único ácido graso saturado presente en cantidades significativas (18.7%) (Tabla 1). Así mismo, se observó que el perfil de ácidos grasos del aguacate sin calentamiento en comparación con las muestras tratadas con microondas no presentó diferencia significativa ($p < 0.05$). Al calcular la energía aplicada de las microondas en el puré de aguacate, se observó que a tiempos de calentamiento menor de 40 s se obtuvieron valores inferiores a 1 KJ/g, mientras que el valor obtenido a 60 s fue de 1.89 KJ/g. La temperatura en las muestras tratadas con microondas alcanzó valores de 70.2 a $92.5^{\circ}\text{C} + 0.5$.

TABLA 1
Perfil de ácidos grasos en el puré de aguacate calentado con microondas durante 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 segundos

| Acido graso (%) ^a | Tiempo de tratamiento (segundos) | | | | | | |
|------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| C16:0 | 18.7 ± 0.20 | 19.0 ± 0.22 | 19.1 ± 0.10 | 19.5 ± 0.09 | 19.3 ± 0.38 | 19.2 ± 0.27 | 19.3 ± 0.10 |
| C16:1 | 6.2 ± 0.08 | 6.72 ± 0.05 | 6.70 ± 0.03 | 6.82 ± 0.05 | 6.77 ± 0.12 | 6.76 ± 0.12 | 6.73 ± 0.05 |
| C18:0 | 1.15 ± 0.09 | 1.12 ± 0.06 | 0.79 ± 0.05 | 0.77 ± 0.04 | 0.62 ± 0.03 | 0.75 ± 0.04 | 0.64 ± 0.03 |
| C18:1 | 63.5 ± 1.02 | 63.0 ± 0.12 | 63.3 ± 0.18 | 62.8 ± 0.32 | 62.9 ± 0.54 | 63.1 ± 0.92 | 62.7 ± 0.09 |
| C18:2 | 8.67 ± 0.12 | 8.73 ± 0.08 | 8.77 ± 0.03 | 8.73 ± 0.24 | 8.81 ± 0.00 | 8.85 ± 0.05 | 8.86 ± 0.07 |
| C18:3 | 1.82 ± 0.01 | 1.41 ± 0.01 | 1.35 ± 0.03 | 1.33 ± 0.00 | 1.59 ± 0.04 | 1.33 ± 0.03 | 1.81 ± 0.01 |

^a No hay diferencia significativa entre las muestras ($p < 0.05$).

Con respecto al efecto del tratamiento con microondas en la microestructura, se observó en el puré de aguacate sin tratar la presencia de idioblastos (Figura 1a), los cuales corresponden a células poliédricas a redondeadas, cuyas paredes están engrosadas y suberizadas, y contienen una sola gran gota de aceite (14). La micrografía (Figura 1a) mostró que los idioblastos tienen diferentes tamaños: 4, 10, 15 y 20 μm .

En las micrografías correspondientes al puré de aguacate tratado con microondas se observó la aparición de rugosidades a partir de un tiempo de calentamiento de 20 s (Figura 1b) esto posiblemente debido a cambios en las estructuras complejas de las células. A medida que se incrementó el tiempo de calentamiento (Figura 1c), el cambio en la estructura de las paredes celulares de estas células es mayor, ya que a 60 s (Figura 1d) se observaron zonas de rompimiento de las paredes y membranas celulares, liberando el aceite y mostrando restos de idioblastos vacíos.

Con respecto a los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, se encontró que las muestras calentadas por 60 s tuvieron menor preferencia en comparación con las muestras calentadas por 30 s (datos no mostrados).

DISCUSION

Con respecto al perfil de ácidos grasos del puré de aguacate no tratado térmicamente se observó que este patrón fue similar al reportado por Carranza-Madrigal y Col. (15). Así mismo, los resultados obtenidos sugieren que los tiempos de calentamiento aplicados permiten obtener un producto en el cual la composición de ácidos grasos no se ve afectada. Estos datos coinciden con estudios realizados en arroz que reportan que el perfil de ácidos grasos de arroz calentado con microondas no presenta cambios significativos durante su almacenamiento (16), así mismo, investigaciones realizadas en aceite de cáñamo calentado con microondas durante 0, 3, 6 y 12 min señalan mínimas diferencias en el perfil de ácidos grasos del aceite calentado con microondas en comparación con el control (17).

Por otra parte, en el presente trabajo no se detectaron ácidos grasos *trans* en las muestras tratadas con microondas, lo que sugiere que el tratamiento con microondas no afecta el contenido nutricional del puré de aguacate. Esto coincide con estudios realizados en aceite de aguacate extraído con microondas en donde al aplicar energías menores a 1 KJ/g no se generan ácidos grasos *trans* (18), mientras que a energías superiores a 2 KJ/g se detectaron los mayores niveles de ácidos grasos *trans*, el cual corresponde a una temperatura mayor a 100°C , y que es superior a la temperatura alcanzada en el presente estudio.

FIGURA 1

Micrografías del puré de aguacate calentado durante 0 (a), 20 (b), 40 (c) y 60 (d) segundos (CDI, 1000X)



A)



B)



C)



D)

En relación al análisis de la microestructura del puré de aguacate tratado con microondas, los datos obtenidos sugieren que la ruptura de los idioblastos influye en la calidad sensorial del puré de aguacate al liberarse el aceite contenido en ellos, de ahí que los jueces evaluaran las muestras calentadas a tiempos mayores de 60 segundos como aceitosas y grasas. Estudios realizados en cuanto a la extracción de aceite de aguacate con microondas indican que cuando se aplica una energía de 1.89 KJ/g hay un rompimiento de los idioblastos (18). Así mismo estudios realizados en cuanto a la influencia del tratamiento térmico con microondas en la composición de volátiles, indican que en el puré de aguacate a 60 s de calentamiento se producen mayor cantidad de compuestos volátiles derivados de la oxidación de lípidos, lo cual podría influir en la calidad sensorial de este producto (19).

Los datos obtenidos en el presente trabajo sugieren que a tiempos menores 40 s, se puede obtener un producto con buen sabor y textura, sin alterar su contenido nutricional en cuanto a los lípidos. Estos datos apoyan los resultados obtenidos en estudios previos, en donde se señala que a tiempos de 30 s se minimizan reacciones de oscurecimiento en el puré de aguacate, lo cual permite mantener el color del producto (3).

CONCLUSIONES

El tratamiento con microondas del puré de aguacate tiene un efecto positivo en la calidad nutricional del producto, al no afectar el perfil de ácidos grasos y no producir ácidos grasos *trans*. A tiempos menores de 40 s, se conservó en mayor grado la microestructura del puré de aguacate, siendo preferidas por los jueces las muestras que fueron procesadas a un tiempo de 30 s. En suma, los resultados obtenidos indican que el tratamiento con microondas es una tecnología emergente con potencial para el procesamiento del aguacate.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Margarita Naish de la Universidad de Reading, UK por las valiosas aportaciones realizadas para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS

1. Kidmose U, Martens, HJ. Changes in texture, microstructure and nutritional quality of carrot slices during blanching and freezing. *J. Sci. Food Agric.* 1999. 79: 1747-1753.
2. Ramesh M, Wolf W, Tevini D, Bognár A. Microwave blanching of vegetables. *J. Food Sci.* 2002. 67: 391-398.

3. Dorantes L, Gutiérrez G, Barbosa-Cánovas G. Microwave and convencional heating inactivation of avocado polyphenoloxidase. En: *Innovations in Food Processing*; Barbosa-Cánovas G, Gould G, (Eds) Technomic, USA, 2000. pp. 149-161.
4. Guzmán R, Dorantes L, Hernández H, Hernández H, Ortiz A, Mora R. Effect of zinc and copper chloride on the color of avocado puree heated with microwaves. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.* 2002, 3: 47-53.
5. Seymour G, Turker G. Avocado en: biochemistry of fruit ripening. Editado por Seymour G, Taylor J, Tucker G. Editorial Chapman & Hall. 1993. pp. 53-81.
6. Chan H. The mechanism of autoxidation en: autoxidation of unsaturated lipids. Editado por Chan H. Editorial Academic Press. London, UK. 1987. pp. 1-16.
7. Krumel D. Lípidos. en: *Nutrición y dietoterapia de Krause*. Editado por M.L Kathleen y M.S Escote-Stump. Editorial McGraw-Hill Interamericana. New York. 1998. pp. 49-61.
8. Pendersen J, Johansson L, Thelle DS. *Trans*-fatty acids and health. *Tidsskr. Laegeforen.* 1998. 118: 3474-3480.
9. Institute of Food Science and Technology. *Trans* fatty acids (TFA). 2007. <http://www.ifst.org/uploadedfiles/cms/store/ATTACHMENTS/tfas.pdf>
10. Buffler C. *Microwave Cooking and Processing*. Van Nostrand Reinhold: AVI. New York, USA. 1993. pp. 157-159.
11. A.O.C.S. 1994. Official Methods and recommended practiques of the American Oil Chemists' Society . Método Ce 2-66.
12. Aguilera J, Stanley D. *Microestructural Principles of Food Processing and Engineering*. Editorial Elsevier. 1995. pp. 35-40.
13. Pedrero F, Pangborn R. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Alhambra, México. 1989. pp. 110-115.
14. Barrientos A, García E, Avitia E. Anatomía del fruto del aguacate, ¿drupa o baya?. *Revista Chapingo Sene Horticultura* 1995. 2: 189-198.
15. Carranza-Madrigal J, Herrera-Abarca J, Alvizouriz MM, Alvarado-Jímenez M, Chávez-Carvajal F. Effects of a vegetarian diet vs. a vegetarian diet enriched with avocado in hypercholesterolemic patients. *Arch. Med. Res.* 1997. 28: 537-541.
16. Ramezanzade F, Rao R, Prinyawiwatkul W, Marshall W, Windhauser M. Effects of microwave heat, and storage temperature on fatty acid and proximate compositions in rice bran. *J. Agric. Food Chem.* 1999. 48: 467-464.
17. Oomah DB, Busson M, Godfrey VD, Drover JCG. Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Food Chem.* 2002. 76: 33-43.
18. Ortiz MA. Influencia de los métodos de extracción del aceite de aguacate variedad Hass en la formación de enantiómeros de los ácidos grasos omega 3, 6 y 9. Tesis doctoral. ENCB-IPN. 2002. pp. 65-68.
19. López MG, Guzmán GR, Dorantes AL. Solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry of volatile compounds from avocado puree after microwave processing. *J. Chrom. A.* 2004. 1036: 87-90.

Recibido: 22-11-2007

Aceptado: 16-07-2008