



DETERIORO DE ACEITE DE SOYA Y OLEÍNA DE PALMA DURANTE EL FREÍDO DE PAPAS A LA FRANCESA

Fernández Cedi, L. N.^a, Álvarez de la Cadena y Yañez L.^b y Sosa Morales M. E.^{a*}

^a*Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla. Sta Catarina Mártir, C.P. 72820. Cholula, Puebla, México.*
mariae.sosa@udlap.mx

^b*AarhusKarlshamn México SA de C. Héroes de Nocupétaro 1022, Colonia Ciudad Industrial, C.P. 58130. Morelia, Michoacán, México.* liliana.alvarez@aak.com

RESUMEN:

Se estudió el deterioro de aceite de soya y oleína de palma durante el freído de 45 lotes de papas a la Francesa. El índice de peróxidos aumentó más rápido en el aceite de soya con un valor de 12 meq/kg; los ácidos grasos libres aumentaron con el tiempo de freído y fueron mayores en la oleína de palma, debido al mayor contenido de ácidos grasos de cadena corta. El cambio en el color del aceite de soya fue más notorio que en la oleína de palma; la viscosidad aumentó con el tiempo de uso; el valor P-anisidina aumentó de 6 a 60% en el aceite de soya y de 2.7 a 46.5% en la oleína de palma; el valor de yodo se mantuvo entre 108 y 113 en el aceite de soya, y entre 63 y 70 en la oleína de palma, debido al mayor número de insaturaciones en el primero; el porcentaje de compuestos polares también fue mayor en el aceite de soya, de 0.5% en el aceite fresco a 7.5% al final del proceso, mientras que para la oleína de palma los valores fueron de 0 a 2.5%; el análisis cromatográfico mostró una disminución en los ácidos grasos insaturados, debido al rompimiento de los enlaces dobles, así como un aumento en el ácido esteárico y en los ácidos grasos *trans*: elaídico y linoelaídico, siendo mayor en el aceite de soya.

ABSTRACT:

Degradation of soybean oil and palm olein during the deep-fat frying of 45-batches of French fries was studied. Peroxide index increased faster for the soybean oil with a final value of 12 meq/kg. Free fatty acids increased with the frying time and were higher in the palm olein because to a higher content of fatty acids of short chain. Total color change was more noticeable in soybean oil respect to the palm olein. Viscosity augmented and also the p-anisidine value. Iode values ranged between 108 and 113 for soybean oil and had values from 63 to 70 for palm olein, due to a higher number of insaturations in the first one. Total polar compounds were higher for soybean than for palm olein. A reduction of unsaturated fatty acids was observed from the chromatography analysis. This is related to the breaking down of double links. Also, the presence of estearic acid and trans-fatty acids was observed at the end of the study. Elaidic and linoelaidic acids were in higher concentration in degraded soybean oil.

Palabras clave:

Deterioro de aceites, aceite de soya, oleína de palma.

INTRODUCCIÓN

El proceso de freído se ha realizado, tanto en restaurantes y establecimientos como en la industria alimenticia, durante años, como un método de cocción que resulta en alta palatabilidad de los alimentos. El papel de los aceites en el freído



es importante, pues sirven como medio de transferencia de calor al mismo tiempo que contribuyen con factores de calidad como la textura y sabor característicos del alimento (Tseng *et al.*, 1996). Sin embargo, las altas temperaturas y los largos periodos de tiempo durante el freído pueden producir compuestos tóxicos en grasas y aceites, así como un producto con calidad sensorial inaceptable.

Los aceites sufren cambios químicos que no solamente reducen su valor nutritivo, sino que además producen olores y sabores indeseables en los alimentos freídos en ellos. Estos cambios se clasifican en: lipólisis o rancidez hidrolítica y autooxidación o rancidez oxidativa. La lipólisis es catalizada por lipasas y, en el caso del freído, por las altas temperaturas utilizadas, que, en presencia de agua, generan la hidrólisis del enlace éster de los triacilglicéridos y de los fosfolípidos, formando ácidos grasos libres, que son mucho más sensibles a la autooxidación que en forma esterificada. La autooxidación es la forma más común de deterioro en grasas y aceites y ocurre cuando se oxidan los ácidos grasos insaturados, otorgando a la grasa un olor a oxidado. Esta reacción ocurre más rápidamente en aceites que tengan un alto contenido en ácidos esteárico, oleico, linoleico y linolénico, siendo mayor en los dos últimos, debido a que los ácidos grasos con más insaturaciones necesitan menos tiempo para absorber la misma cantidad de gas que los ácidos grasos con menos insaturaciones. Así, los aceites con ácidos grasos con muchas insaturaciones se oxidan más rápido (Badui, 2006).

El deterioro del aceite depende de varios factores: el tipo de proceso de freído, la temperatura, la intermitencia entre enfriar y calentar, el grado de insaturación del aceite utilizado, el alimento, la luz, el mantenimiento del equipo de freído y el uso de filtros (Paul y Mittal, 1996). Los factores que causan los cambios en la estructura del aceite durante el freído y, por lo tanto, su degradación, son: la humedad del alimento, que da lugar a alteraciones hidrolíticas; el oxígeno atmosférico, que entra al aceite produciendo reacciones oxidativas; las altas temperaturas (mayores a 90 °C), que causan alteración térmica; y la contaminación por ingredientes del alimento (Tseng *et al.* 1996).

Las grasas son importantes en el consumo humano, pues aportan 9 kcal/g, aproximadamente el doble de la energía que otorgan los carbohidratos o las proteínas. Los alimentos freídos son cada vez más consumidos debido a la practicidad, a las características sensoriales deseables y a los requerimientos de energía en la dieta. Sin embargo, un elevado consumo de estos productos puede causar problemas a la salud.

Durante el freído existe formación de polímeros de alto peso molecular. Según algunos estudios estos polímeros no atraviesan la pared intestinal pero sí disminuyen la capacidad de absorción de los nutrientes. Además, los monómeros y dímeros también producidos sí se digieren y resultan tóxicos para la salud del consumidor. Pueden aparecer también compuestos como el benzopireno, benoantraceno y dibenoantraceno, compuestos cancerígenos que afectan al colon, hígado y próstata y que se forman a partir de la ciclación y deshidrogenación del colesterol (Yagüe, 2003).

Las altas temperaturas catalizan reacciones químicas dañinas, como la oxidación y la degradación del aceite. Según estudios, un excesivo consumo de grasas oxidadas, sobre todo si son poliinsaturadas, causa daños a la salud como diarrea, pérdida del apetito, disminución y retraso en el crecimiento, disminución del valor



hematocrito, hepatomegalia y daños en células de hígado y riñón (De la Cruz Rodríguez, s/a, en Yagüe, 2003).

Los ácidos grasos poliinsaturados como el linoleico y linolénico, aunque buenos para la salud, son más susceptibles a oxidación y degradación, debido a la facilidad que tienen para formar radicales libres (Flores Morales *et al.*, 2001), por lo que es bueno consumirlos en forma cruda. El ácido oleico, por ser monoinsaturado, requiere más energía para oxidarse (Badui, 2006), resultando mejor que el linoleico o el linolénico para el proceso de freído.

METODOLOGÍA

MATERIA PRIMA

Se empleó como materia prima papas a la Francesa crudas congeladas de la marca Great Value adquiridas en una tienda de autoservicio de la ciudad de Puebla. Los aceites utilizados, de soya y oleína de palma, fueron donados por la industria AAK de grasas y aceites (Morelia, Mich.).

EXPERIMENTOS DE FREÍDO

El freído de papas se realizó en una freidora eléctrica marca Oster (Sunbeam products, Inc. Modelo ODF550, EUA) por cinco ciclos para realizar los análisis fisicoquímicos del aceite, fresco y después de un ciclo de uso. Un ciclo de freído consistió en freír tres lotes consecutivos de papas durante 2 min 45 s a una temperatura de entre 160 y 170 °C y 10 minutos de enfriado entre cada lote. Las muestras de aceite se tomaron al finalizar cada ciclo y las de papas del último lote de cada ciclo. Se utilizaron para freír, durante los cinco ciclos, 3.5 litros de aceite (sin reemplazar), y la cantidad de papas por lote fue de 150 g.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS EN EL ACEITE

Contenido de peróxidos: se siguió la norma mexicana NMX-F-154-1987. El procedimiento se realizó por duplicado. El índice de peróxido se calculó expresando los miliequivalentes de peróxido contenidos en un kilogramo de grasa o aceite con la fórmula:

$$\text{I.P.} = (\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \times 1000) / \text{peso de la muestra} \quad (1)$$

Donde:

I.P.= índice de peróxidos en meq/kg.

N= normalidad de la solución de tiosulfato de sodio utilizada.

Contenido de ácidos grasos libres: de acuerdo a la técnica 940.28 de la A.O.A.C. (1984).

Color: Se utilizó un colorímetro Color Gard System 05 (Hunter Lab., Reston, EE.UU.) en el modo de transmitancia para medir el color del aceite de freído. Se midieron los parámetros L, a y b de la escala de Hunter para los aceites estudiados frescos y usados después de diferentes tiempos. La medición se realizó por duplicado.



Viscosidad: Se midió por duplicado con un viscosímetro rotacional Brookfield DV I (HATD, Brookfield Eng. Lab., Inc., Stoughton, MA. EE.UU.).

P-anisidina: se utilizó la técnica cd 18-90 de la A.O.C.S. (2009). Se pesaron 0.5 g de muestra dentro de un matraz volumétrico de 25 ml, se disolvió con Iso-octano, se midió la absorbancia (Ab) de la solución a 350 nm en un espectrofotómetro con una celda con solvente como blanco. Se pipetearon 5 ml de la solución grasa en un tubo de ensayo y 5 ml de solvente en un segundo tubo. Se adicionó 1 ml de solución p-anisidina a cada tubo y se agitaron. Se midió la absorbancia del primer tubo (As), teniendo como blanco de referencia el segundo tubo. El índice de p-anisidina, en porcentaje, se calculó con la ecuación:

$$\text{Índice de P-anisidina} = [25(1.2A_s - A_b)]/m \quad (2)$$

donde m: masa en gramos de la porción de prueba, As: absorbancia de la solución grasa después de la reacción con el reactivo p-anisidina, y Ab: absorbancia de la solución grasa.

Valor de yodo: se utilizó la técnica de Wijs cd 1-25 de la A.O.C.S. (2006).

Compuestos polares: se determinaron utilizando un equipo EBRO modelo FOM 310 (AAK, 2010).

Cromatografía: se empleó la técnica de Nestlé 4C.M, utilizada en AAK (2010) usando un cromatógrafo de gases Agilent Technologies modelo 6890N con nitrógeno y helio como gases de arrastre.

Análisis estadístico: los resultados fueron analizados con un ANOVA usando MINITAB 14 con un intervalo de confianza del 95%. También se realizó una prueba de Tukey para establecer diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de peróxidos: El valor de peróxidos se duplicó en el quinto ciclo para el aceite de soya (Fig. 1), debido a que está compuesto en su mayoría por ácidos grasos poliinsaturados, más susceptibles a la oxidación. Ninguno de los aceites superó el límite permitido por la norma mexicana NMX-F-021-S-1979 de 20 meq/kg.

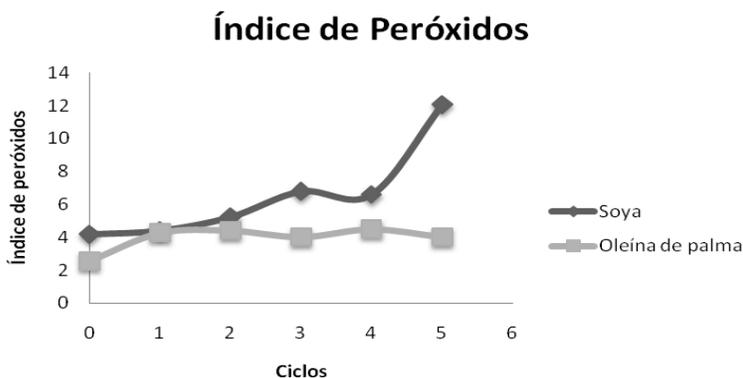


Figura 1. Índice de peróxidos para el aceite de soya y la oleína de palma frescos y durante cinco ciclos de freído (cada ciclo representa el freído de 9 lotes de papas).

Ácidos grasos libres: el porcentaje de ácidos grasos libres fue aumentando con el tiempo de freído, sin embargo, fue mayor incluso desde el principio para la oleína de palma. Esto se debe a que el proceso de ruptura del enlace éster de los triglicéridos es más frecuente en aceites que contienen ácidos grasos de cadena corta o media, como es el caso de esta grasa (Yagüe, 2003). La figura 2 muestra el aumento en el porcentaje de ácidos grasos libres con el tiempo de uso del aceite.

Los valores de la figura 2 fueron similares a los encontrados por Anwar *et al.*, (2007) para el aceite de soya, de 0.02% en aceite fresco y 0.21% después de 15 días de almacenamiento bajo la luz solar. Los valores encontrados por Tiffany *et al.*, (2010) para oleína de palma en un proceso de freído de papas a la Francesa concordaron con los obtenidos en este estudio y fueron de 0.06% en la grasa fresca a 0.33% después de 2 días con 8 horas de freído continuo.

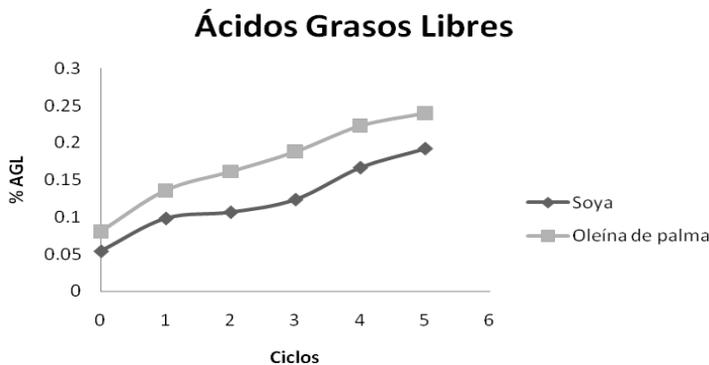
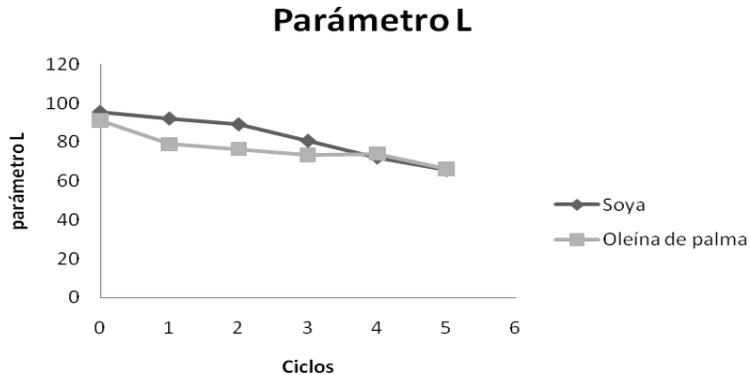


Figura 2. Ácidos grasos libres en aceite de soya y oleína de palma frescos y durante cinco ciclos de freído (cada ciclo representa freír 9 lotes de papas).

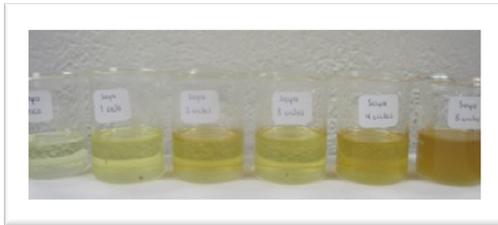
Color: el color de los dos aceites fue cambiando con el tiempo de uso, volviéndose cada vez más opaco, como lo indica el parámetro L de la figura 3a, más notable en el aceite de soya (3b), que en la oleína de palma (3b). El análisis estadístico demostró que el cambio en el color fue significativo en los dos aceites. El estudio mostró la misma tendencia que encontraron los autores Anwar *et al.*, (2007) en el aceite de soya y Tiffany *et al.*, (2010) en la oleína de palma.

Viscosidad: La viscosidad de los dos aceites aumentó al incrementarse el tiempo de freído, como se observa en la figura 4. Esto se debió a que los radicales libres formados durante la autoxidación de las grasas se combinan entre sí o con los ácidos grasos, formando polímeros lineales o cíclicos, sobre todo en presencia de enlaces dobles, como lo indica Yagüe (2003). Ya que el aceite de soya tiene un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados, se generan más fácilmente estos polímeros que tienen gran tamaño y alto peso molecular, por lo que aumentan la viscosidad del aceite y forman una película adherente al alimento que, al ser difícil de eliminar, se absorbe y aumenta el contenido de grasa en el mismo.

Un estudio realizado por Abdulkarim *et al.*, (2008), sobre el deterioro de grasas de freído usando calorimetría diferencial de barrido, reveló que la viscosidad del aceite de soya fresco, medido usando un viscosímetro Brookfield DV II (Stoughton, Massachusetts, USA) a 40°C fue de 46.7 cP, mientras que para oleína de palma fue de 53 cP. Después de un proceso de freído intermitente y continuo de trozos de plátano de 5 a 7 cm de longitud durante cinco horas, seis días consecutivos, la viscosidad de los dos aceites, medida a la misma temperatura, aumentó hasta 79.9 cP para el aceite de soya, y 87.4 cP para la oleína de palma.



(a)



(b)



(c)

Figura 3. (a) Cambios en el parámetro L de Hunter para el aceite de soya y la oleína de palma frescos y después de diferentes ciclos de freído. (b) Cambio en el color del aceite de soya (c) Cambio en el color de la oleína de palma.

P-anisidina: para los dos casos el valor de P-anisidina aumentó conforme lo hizo el tiempo de freído (figura 5), como encontraron Tompkins y Perkins (1999) en una evaluación de aceites de freído con el valor de P-anisidina. En el aceite de soya se logró un valor máximo en el ciclo tres para disminuir en los siguientes dos ciclos. Lo anterior puede deberse a que los compuestos medidos por el índice de P-anisidina (principalmente aldehídos: 2-alkenales y 2,4-dienales), al igual que los compuestos primarios de la oxidación, se van degradando con el tiempo, produciendo nuevos compuestos. Los compuestos medidos por el índice de P-anisidina son de suma importancia, ya que es posible que entre ellos se encuentren aldehídos oxigenados tóxicos, conocidos por su actividad geno y citotóxica y probables causantes de enfermedades degenerativas, como se encontró en un estudio realizado en la Universidad del País Vasco (S/a, 2005).

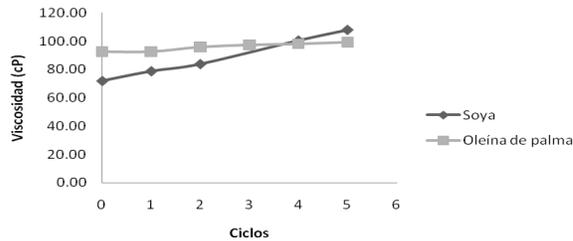


Figura 4. Aumento en la viscosidad del aceite de soya y la oleína de palma después de cinco ciclos de freído.

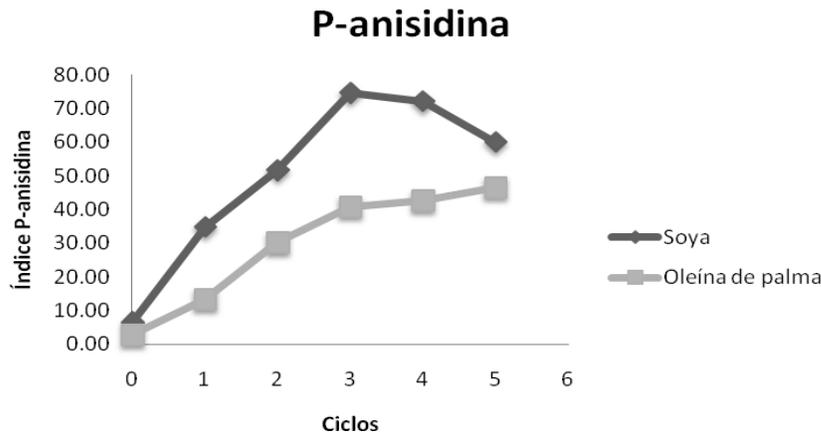


Figura 5. Cambio en el índice de P-anisidina con el tiempo de freído en aceite de soya y oleína de palma.

Valor de yodo: En el caso del aceite de soya el valor permaneció entre 105 y 112, mientras que para la oleína de palma los valores fueron casi constantes, de 63.8 a 70.1, debido a que el primero tiene más insaturaciones. Los valores coincidieron con los de la bibliografía de 123 a 139 para el aceite de soya y un mínimo de 56 para la oleína de palma (Badui, 2006). Los valores diferentes en el caso del aceite de soya pueden deberse al tiempo de almacenamiento que sufrieron los aceites antes del proceso de freído y hasta el momento en que fueron analizados.

Compuestos polares: En los dos casos el contenido de compuestos polares fue aumentando con el tiempo de freído y fue mayor en el aceite de soya, sin embargo, ninguno superó el límite permitido por muchos países, ubicado entre 24 y 25% (Bansal *et al.*, 2010 y Firestone *et al.*, 1991, en Bansal *et al.*, 2010).

Cromatografía: los principales ácidos grasos encontrados se muestran en la tabla 1. Según los datos reportados por Badui (2006), el ácido linolénico se transforma en linoleico y después en oleico, todos estos insaturados. El oleico va disminuyendo hasta desaparecer y se convierte en esteárico, saturado, el cual aumenta drásticamente al desaparecer el linoleico. El ácido elaídico, ácido trans formado a partir del ácido oleico, aumenta y luego disminuye. En los dos casos hay ácidos grasos *trans*, sin embargo, el porcentaje es mucho mayor en el aceite de soya. Estos ácidos son importantes tanto en la industria como en la salud, ya que, en el primer caso, "los *trans* son termodinámicamente más factibles y



estables que los isómeros *cis*; sus cadenas lineales y rígidas tienen un menor ángulo de la doble ligadura lo que provoca una asociación y empaquetamiento molecular compacto (cristal) semejante a un saturado, lo cual hace que los *trans* presenten temperaturas de fusión mayores que los correspondientes *cis* para el mismo tamaño de molécula” (Badui, 2006). En la salud, los ácidos grasos *trans* pueden ser muy dañinos, ya que el cuerpo no los reconoce y, por lo tanto, no sabe si debe aprovecharla o desecharla. De este modo los almacena en el organismo, primero en el tejido adiposo, después en venas y arterias, bloqueándolas y finalmente en la pared celular. La célula se reproduce con material ajeno a ella causando tumores (Álvarez, 2009).

CONCLUSIONES

El índice de peróxidos fue mucho mayor para el aceite de soya que para la oleína de palma, sin embargo no superó el límite máximo permitido por la norma mexicana, de 20 meq/kg. El aceite de soya tuvo un mayor cambio neto de color debido a la migración de pigmentos y compuestos solubles del alimento al aceite favorecida por la insaturación del aceite. El porcentaje de compuestos polares también fue mayor en el aceite de soya, pero no superó el 25% permitido por las legislaciones de diferentes países. El índice de p-Anisidina aumentó con el tiempo de freído y fue mayor en el aceite de soya debido al mayor número de insaturaciones. La cromatografía demostró que se producen más ácidos grasos *trans* en el aceite de soya que en la oleína de palma. Por lo anterior, se concluye que el aceite de soya es menos estable que la oleína de palma al freír papas a la Francesa.

REFERENCIAS

- AAK**, Aarhus Karlshamn. 2009. Comunicación personal. Morelia, México.
- ABDULKARIM**, S. M., Frage, A., Tan, C. P. y Ghazali, H. M. 2008. Determination of the extent of frying fat deterioration using differential scanning calorimetry. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 6 (3&4): 54-59.
- ÁLVAREZ**, L. 2009. Comunicación personal. Aarhus Karlshamn. Morelia, México.
- ANWAR**, F., Shahid, S. A. y Hussain, A. I. 2007. Assessment of oxidative deterioration of soybean oil at ambient and sunlight storage. *Grasas y aceites*, 58 (4).
- A.O.A.C.** 1984. “Official Methods of Analysis”. Décimo cuarta edición. Association of Oficial Analytical Chemists. Inc. Washington, D.C. E.U.A.
- A.O.C.S.** 2006. “Official Methods and Recommended Practices of the A.O.C.S.” Sampling and analysis of the commercial fats and oils. American Oil Chemists Society. Valor de yodo cd 1-25.
- A.O.C.S.** 2009. “Official Methods and Recommended Practices of the A.O.C.S.” American Oil Chemists Society. Sampling and analysis of the commercial fats and oils. Valor P-anisidina Cd 18-90.
- BADUI**, S. 2006. “Química de los alimentos”. Pearson Educación. México.



BANSAL, G., Zhou, W., Barlow, P. J., Joshi, P., Lo, H. L., & Chung, Y. K. (2010). Review of rapid tests available for measuring the quality changes in frying oils and comparison with standard methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, in press. Citado en: Bansal, G., Zhou, W., Barlow, P., Lo, H-L y Neo, F-L. 2010. Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. *Food Chemistry*, doi:10.1016/j.foodchem.2009.12.034.

DE LA CRUZ RODRÍGUEZ, (s/a). Formación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y 3-4 benzopireno en aceites comestibles alterados por recalentamiento. Disponible en: <http://www.sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata>. Citado en Yagüe, M.A. 2003. Estudio de utilización de aceites para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. Observatorio de la seguridad alimentaria. Estudio de prevención y seguridad integral. UAB, Bellaterra. Informes Técnicos. Observatorio de la Seguridad Alimentaria. Disponible en: <http://magno.uab.es/epsi/alimentaria/mangeles-aylon.pdf> 3 de marzo de 2010.

FIRESTONE, D., Stier, R. F., & Blumenthal, M. M. (1991). Regulation of frying fats and oils. *Food Technology*, 45, 90–94. Citado en: Bansal, G., Zhou, W., Barlow, P., Lo, H-L y Neo, F-L. 2010. Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. *Food Chemistry*, doi:10.1016/j.foodchem.2009.12.034.

FLORES MORALES, M. E., Rubio Hernández, D. y Arellano Gómez, J. A. S/a. Evaluación de la vida útil de un aceite para freído industrial. *Revista Tecnología de Alimentos*. 16:22.

NORMA Mexicana NMX-F-021-S-1979. Mayonesa. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Consultado en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-021-S-1979.PDF> el 7 de abril de 2010.

NORMA Mexicana NMX-F-154-1987. Alimentos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de peróxido. Normas Mexicanas. Dirección general de normas. Disponible: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-154-1987.PDF>. Adquirido: 13 de septiembre de 2009.

PAUL, S. y Mittal, G. S. 1996. Dynamics of fat/oil degradation during frying based on physical properties, *Journal of Food Processing Engineering*. 19:201-221.

S/A. 2005. Substancias Tóxicas en la Oxidación de Grasas y Aceites. Universidad del país Vasco. Alimentaria online. Consultado en http://www.alimentariaonline.com/imprimir_notas.asp?did=807 el 7 de abril de 2010.

TIFFANY, T., Peitz, M., Clark, D., Billiter, K. y Kickle, B. 2009. Laboratory Frying Evaluation of Palm Olein and Domestic Vegetable Oil Blends. 6th Global Oils and Fats Forum.

TOMPKINS, C. y Perkins, E. 1999. The evaluation of frying oils with the p-Anisidine value. *Journal of the American Oil Chemists Society*. Volume 76, Number 8. 945-947.



TSENG, Y-Ch., Moreira, R y Sun X. 1996. Total frying-use time effects on soybean oil deterioration and on tortilla chip quality. *International Journal of Food Science and Technology*. 31 287-294.

YAGÜE, M.A. 2003. Estudio de utilización de aceites para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. Observatorio de la seguridad alimentaria. Estudio de prevención y seguridad integral. UAB, Bellaterra. Informes Técnicos. Observatorio de la Seguridad Alimentaria. Disponible en: <http://magno.uab.es/epsi/alimentaria/mangeles-aylon.pdf> 3 de marzo de 2010.