
Valor nutritivo y efectos metabólicos de la reutilización de aceites comestibles calentados y oxidados

Nutritive value and metabolic effects of the reuse of food oils heated and oxidated

Francisco A. Tama Viteri *
Vicente Sánchez Crespo **
Mariano Montaña A. ***

Resumen

Las grasas y los aceites procesados, oxidados y calentados pueden tener propiedades nutricionales diferentes de la materia prima de donde provienen; existen cambios físico-químicos inducidos o provocados en las diferentes etapas a las que se someten durante la obtención comercial, lo que trae como consecuencia una modificación desde el punto de vista de la nutrición. Estos cambios van desde la modificación isomérica de los dobles enlaces naturales de las grasas poliinsaturadas que se someten a procesos de hidrogenación, con la consiguiente formación de isómeros trans, con los efectos biológicos que éstos ocasionan al organismo humano. Por otra parte, los fenómenos de auto oxidación de las grasas en general, así como a los cambios suscitados durante el proceso térmico como consecuencia del freído profundo, contribuyen a cambios radicales en la estructura molecular de las grasas produciéndose no sólo radicales libres de oxígeno, sustancias altamente reactivas y dañinas para las células, sino también un sin número de sustancias, algunas de ellas verdaderos carcinógenos.

Estudios como el nuestro, efectuados tanto de grasas calentadas como de ácidos grasos isoméricos, se han ideado experimentos para identificar isómeros o compuestos con efectos biológicos y/o nutricionales potencialmente indeseables en condiciones extremas de dieta o en circunstancias específicas. En general, los mismos síntomas que sugieren toxicidad en casos específicos no han sido reproducidos cuando se ingieren dietas con el nivel de grasas calentadas o hidrogenadas usualmente en Estados Unidos. Sin embargo, aún quedan muchas preguntas sin responder acerca de los efectos en la nutrición y fundamentalmente sobre el metabolismo lipoproteico de los aceites hidrogenados y calentados. Se tiene relativamente poca información acerca del umbral biológico de tolerancia de grasas parcialmente hidrogenadas o calentadas sin afectar el bienestar. Un problema aún más difícil es distinguir los efectos debidos a los isómeros de ácidos grasos y productos de las grasas calentadas de aquellos producidos por las diferentes influencias fisiológicas normales del alto contenido de grasa en la dieta de aquellas poblaciones que tienen esta tendencia. Una segunda dificultad es la identificación de rasgos genéticos que pueden ejercer una gran influencia en la respuesta humana a las grasas calentadas o parcialmente hidrogenadas.

Palabras claves: ácidos grasos saturados, ácidos TRANS.

Summary

Processed fats and oils, rusted and heated could have nutritional properties different from those of its prime material; there is chemical changes that take place during the different stages of their commercial process. These changes go from isomeric modification of the natural double links of polyunsaturated fats submitted to hydrogenization, with the formation of trans Isomers, with their biological effects in the human body. On the other hand, phenomenon's of auto-oxidation of fats, as well as changes during thermal process as results of deep heating, contribute to radical changes in the molecular structure of fats, producing highly lethal and reactive substances to the cell and carcinogens.

Reports like ours, performed on both heated fats as well as fatty isomeric acids, have been designed in order to identify isomers or compounds with biological and/or nutritional effects potentially undesirable in extreme conditions of diet or in specific circumstances. Generally, the same symptoms that suggest toxicity in specific cases have not been reproduced when diets with the level of heated or hydrogenated fats ingested in the United States. However, many questions still remain without answer about the effects on nutrition and fundamentally on the lipoproteic metabolism of the hydrogenated and heated oil. Scarce information is accessible about the biological threshold of tolerance of partially hydrogenated or heated fats without affecting the well-being. A more different problem is to distinguish the effects of the isomers of fatty acids and products of the heated fats from those produced by the several physiologic influences of the high content of fats in the diet of those populations that have this tendency. A second difficulty is the identification of genetic features that could exert a great influence in the human response to the heated or part hydrogenated fats.

* Médico Cardiólogo, Sociedad Ecuatoriana de Lipidología (SEL)

** Médico Cardiólogo Gerente Auditor Médico Hospital Naval. Sociedad Ecuatoriana de Lipidología (SEL)

*** Ingeniero Químico. Instituto de Ciencias Químicas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil

Introducción

La gran cantidad de literatura referente a los efectos biológicos de las grasas comestibles calentadas y oxidadas han sido revisadas extensamente por Lundberg (1962), Skellon y Wharry (1963), Uri (1967), y Artman (1969), así como por el grupo de Perkins (1976).

Por lo general, se pueden definir los aceites oxidados como aquellos en que una parte de la molécula de triglicéridos (grasa) han reaccionado con el oxígeno. Normalmente, estos aceites oxidados contienen oxígeno en su estructura. Sin embargo, una reacción posterior puede llevar a compuestos en los que se pierde éste elemento.

Los aceites calentados se pueden definir como aquellos en que han sido pirolisadas algunas de sus moléculas de triglicéridos. La pirólisis es la ruptura de enlaces carbono-carbono o carbono-hidrógeno por el calor y la consecuente formación de radicales libres de oxígeno (RLO). Estos RLO pueden reaccionar después con otros compuestos o con el oxígeno para formar compuestos nuevos. Selke y cols (1972; 1975; 1977 y 1978), han identificado una serie de productos de oxidación resultantes del calentamiento de los triglicéridos puros. En la **tabla 1** se enumeran algunas de las clases de compuestos formados por oxidación o pirólisis de los triglicéridos de la grasa dietética.

Tabla 1

Productos de la polimerización y ciclización de grasas calentadas.

Alcoholes	Hidroxi-ésteres grasos	Cetonas	Acidos dibásicos
Hidrocarburos alifáticos	Esteres cíclicos	Hidroxi-ácidos grasos	Mono y Dióxido de carbono
Aldehídos	Acidos diméricos cíclicos	Hidrocarburos cíclicos	Epóxidos
Acidos alifáticos	Acidos monoméricos cíclicos	Ceto-Hidroxi-ésteres grasos	Acidos poliméricos grasos

Tabla 1.- Muchos de estos compuestos, p. e. los epóxidos y los hidroperóxidos lipídicos son estéricamente inaccesibles a la acción de la glutatión peroxidasa.

Además de la autooxidación, los ácidos grasos, saturados o insaturados, pueden sufrir reacciones de descomposición cuando se someten a temperaturas elevadas, en presencia o ausencias de oxígeno. Por otra parte, el calentamiento a más de 200°C de triglicéridos que sólo contienen ácidos grasos saturados y en ausencia de oxígeno, provoca la ruptura de los ésteres y la formación de

compuestos (5), algunos de ellos identificados en la tabla 1.

Por lo general, al calentar los alimentos, hay cierta oxidación o descomposición de los lípidos. El grado de destrucción depende de la naturaleza de los lípidos, el tiempo, la temperatura y el método de cocción. La cantidad y composición de ácidos grasos en la grasa también influyen en la parte que se destruye o se altera durante el cocinamiento, así como la naturaleza de los productos derivados. Los métodos de cocción a alta temperatura, como freír, aceleran la oxidación de grasas y aumentan el grado de pirólisis o descomposición de los lípidos. La presencia de otros compuestos en los alimentos, como proteínas, antioxidantes, iones metálicos y agua, pueden retrasar o promover la oxidación de las grasas. Dichos compuestos también pueden reaccionar con grasas para producir otros nuevos.

El almacenamiento y el contacto del aire con las grasas producen su oxidación. Las grasas altamente poliinsaturadas se oxidan más fácilmente que las saturadas, y su oxidación puede acelerarse por contacto con la luz o con iones metálicos. Por otro lado, están descritos cambios isoméricos de los ácidos grasos insaturados, que en la naturaleza sus dobles enlaces se encuentran en configuración *cis*, cambian a posiciones *trans*, o sea, que adquieren una configuración que se asemeja más a la de los ácidos grasos saturados, cuando son sometidos a altas temperaturas de freído (7). Otra fuente a considerar de *transácidos grasos* en nuestra dieta podría estar constituida por los aceites reutilizados en el ámbito doméstico y principalmente industrial. Este tipo de grasa, o sea, la insaturada, cuando se oxida rinde malondialdehído y otros aldehídos de reactividad elevada que van a reaccionar con la carga de lisina que posee la lipoproteína de baja densidad (LDL), promoviendo de esta forma su oxidación (LDL-ox). Para evitar ser susceptibles a fenómenos oxidativos, la grasa poliinsaturada, frecuentemente la industria alimenticia agrega antioxidantes. Entre estos están los quelantes de iones metálicos, el betacaroteno y los tocoferoles. Se ha llegado a establecer que el 80% de los tocoferoles presentes inicialmente en el aceite de soya se conserva después de 10 horas de simulación de fritura a alta temperatura.

Cuando una grasa o un aceite comestible se usa continuamente (reutilización) para el freído de los

alimentos, sufren transformaciones que alteran sus propiedades físicas y químicas, y que además generan compuestos cuya toxicidad está en estudio (1). En este proceso se alcanzan temperaturas hasta de 190°C y se favorece la mezcla de los lípidos con la humedad del alimento y con el oxígeno del aire; estas condiciones propician cambios oxidativos y de degradación térmica de los ácidos grasos de los triglicéridos, tal como lo referí en líneas anteriores.

Las sustancias que se produce en la autooxidación (especialmente la grasa poliinsaturada), los llamados peróxidos lipídicos, por ser muy reactivos, pueden interactuar y causar su polimerización y ciclización, lo que incrementa la viscosidad del sistema. Además, el calentamiento lleva a cabo una lipólisis de los triglicéridos y libera ácidos grasos, cuya concentración está en función de la intensidad del tratamiento.

Nuestro grupo de investigación a estudiado cromatográficamente los cambios suscitados en un tipo de triglicérido (aceite común) utilizado para el freído comercial a 360°F, durante 16 horas al día y por un tiempo de 10 días, observando grandes cambios (tablas 2, 3, 4 y figura 1). Los fenómenos ocurridos en las grasas ponen en evidencia cambios en el índice de saturación, sin cambios significativos en los insaturados con relación al aceite virgen, sin embargo, cabe suponer que corresponden a isómeros *trans*.

Tabla 2

Muestra: Aceite comestible usado Método de Análisis: Cromatográfico (IATS - España)

Resultados

Nombre	Acidos Grasos	Aceite reutilizado (%)	Acéite virgen (%)
Laurico	C12	0,2	0 – 1
Mirístico	C14	0,8	0 - 3
Palmitico	C16	39,9	7 – 20
Palmitoleico	C16:1	0,1	1 – 3
Heptadecanoico	C17:0	0,1	
Estearico	C18	3,6	1 – 3
Oleico	C18:1	43,7	53 – 86
Linoleico	C18:2	11,0	4 – 22
Linoléico	C18:3	0,5	
Eicosatrienoico + Araquidónico	C20:3 + C20:4	0,1	

Obsérvese que el porcentaje del ácido graso más abundante (palmitico, C16) se incrementó en el aceite reutilizado, esto podría explicarse por la constante adición de aceite nuevo al ya usado. Por otro lado, la concentración de ácido linoleico (C18:2) no varió significativamente en relación al aceite original o virgen, sin embargo, éste podría corresponder a isómeros de configuración *trans*. La concentración de ácido linoleico en el aceite sin utilizar (< 40%) es característico de los aceites hidrogenados comestibles que se comercializan en nuestro medio.

Tabla 3

Condiciones de Análisis de Ácidos Grasos

Muestra: Aceite comestible usado
Fecha de Reporte: Febrero 29, 2001
Grupo SEL-ESPOL

CONDICIONES	
Equipo	GC-14 A Shimadzu
Columna	SP- 2330 columna empacada (Nueva) 160°C (5min) 2°C/min 220°C (15min)
Detector	FID 250°C
Inyector	240°C
flujo carrier	N ₂ 1,5 Kg/cm ²
flujo aire	0,50 Kg/cm ²
flujo hidrógeno	0,75 Kg/cm ²
Width	8
atenuación	5
Range	10 ²
Método	41 (áreas)
Slope	100
Área mínima	5000
Stop time	50 minutos

Figura 1

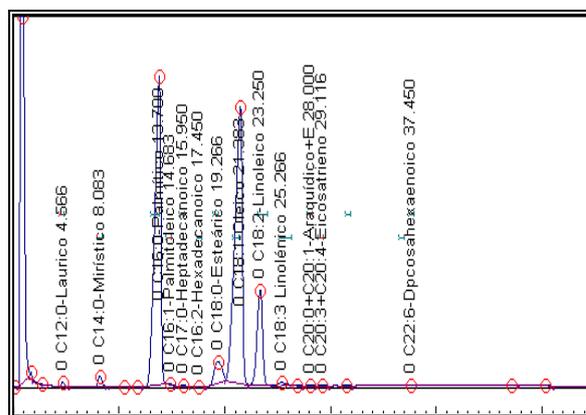


Tabla 4
Resultados

Component	Retention	Área
C12:0-Laurico	4.566	13.2760
C14:0-Mirístico	8.083	51.6450
C16:0-Palmitico	13.700	2632.1540
C16:1-Palmitoleico	14.683	8.2760
C17:0-Heptadecanoico	15.950	4.5020
C16:2-Hexadecanoico	17.450	2.9440
C18:0-Esteárico	19.266	237.5770
C18:1-Oleico	21.383	2882.5060
C18:2-Linoleico	23.250	724.0100
C18:3-Linolénico	25.266	32.5920
C20:0+C20:1-Araquidico+E	28.000	5.2480
C20:3+C20:4-Eicosatrieno	29.116	3.5360
C22:6-Docosahexaenoico	37.450	2.2940

Los fenómenos de polimerización y ciclización de los ácidos grasos constituyentes del aceite reutilizado, como es lógico suponer existen, sin embargo, por falta de la tecnología respectiva nos fue imposible determinarlas.

Los valores altos del aducto de urea que supuestamente debíamos encontrar (al tenor de los hallazgos constantes de estudios similares al nuestro), representan el reflejo de cambios significativos en la naturaleza organoléptica de los triglicéridos; aumentan con la intensidad del tratamiento térmico-oxidativo y con el grado de poliinsaturación de sus ácidos grasos.

Para certificar las aseveraciones de lo anteriormente enunciado, Chang S.A y cols. estudian el comportamiento de dos triglicéridos sometidos a simulación de freído; la **tabla 5** presenta a manera de orientación estos hallazgos: el valor del aducto de urea y el aumento de la viscosidad son más altos en los triglicéridos poliinsaturados; generalmente existe una relación directa entre estas dos características. Es interesante hacer notar que el índice de yodo por lo general se reduce durante el calentamiento debido a la oxidación y a la polimerización, sin embargo, el índice de yodo de la triestearina aumenta de 0.0 a 0.5, lo que invita a pensar que durante este proceso térmico existe una deshidrogenación de los ácidos grasos saturados, hecho éste último también encontrado en nuestro estudio.

Tabla 5

Cambios físicos y químicos de dos triacilglicéridos durante el proceso de calentamiento (freído)

	Trioleína		Triestearina	
	Antes	Después	Antes	Después
Acidos grasos libres (%)	nulo	3.9	nulo	4.0
Índice de yodo	85.0	78.1	0.0	0.5
Aducto con urea (%)	-	10.8	-	4.2

Abreviaturas: Trioleína de palma (aceite común), Triestearina (margarina). **Fuente:** Chang S.A y cols. *J. Am. Oil Chem.* 1978;55:718.

La alimentación de animales con grasas que contienen una alta proporción de aductos de inclusión de urea causa serios problemas que afectan de inmediato el crecimiento normal, y eventualmente inducen la muerte del animal (4). Sin embargo, es preciso considerar que estos estudios toxicológicos se hacen usando dietas con grandes cantidades de grasas oxidadas y con grados de oxidación que tal vez no se encuentren en las que el hombre consume normalmente; por esta razón no es posible por el momento extrapolar a los humanos los resultados logrados en el

laboratorio y considerar que el efecto es el mismo (2).

Parece ser que los responsables de los efectos tóxicos que se observan al suministrar a los animales de laboratorio grasas altamente termoxidadas son los polímeros y las sustancias cíclicas; la concentración de ambos grupos de compuestos es proporcional al grado de insaturación de los ácidos grasos de donde provienen, dicho de otra manera, a mayor poliinsaturación de la grasa mayor será la producción de sustancias cíclicas y polímeros (8).

Adicionalmente a esta opinión, hay tesis que suponen que debido a su tamaño, las moléculas polimerizadas no pueden ser absorbidas en el tracto gastrointestinal y consecuentemente no deben ejercer efectos dañinos. También se ha visto que las grasas usadas en condiciones normales de freído sólo producen una cantidad baja de estos compuestos. Estas observaciones están avaladas por diversos ensayos efectuados con compuestos aislados de grasas muy usadas, mostrando que los ácidos grasos diméricos se absorben mal a nivel intestinal y no son tóxicos esencialmente.

La absorción de los ácidos cíclicos monoméricos es como del 65%, y si se consumen en gran cantidad (0.15 % de la dieta) causan un aumento en el contenido graso del hígado provocando la degeneración grasa de la glándula hepática (hígado graso).

A la inversa, las grasas calentadas a temperaturas normalmente usada para cocinar domésticamente y durante períodos que no afectan seriamente el sabor de las grasas o alimentos no han producido efectos tóxicos en los estudios de alimentación de animales, a pesar de la presencia de bajos niveles de compuestos identificados como potencialmente tóxicos. Esta observación indica que quizás existe un umbral biológico y que los compuestos que se forman en la grasa calentada se pueden tolerar sin riesgo si su consumo es de un nivel inferior a este umbral. No parece haber diferencia en la inocuidad del aceite de soya parcialmente hidrogenado y calentado y los aceites calentados no hidrogenados, aunque en la mayor parte de los estudios de alimentación se han usado aceites no hidrogenados.

Durante la hidrogenación de los aceites con el objeto de solidificarlos, para la producción de margarinas (*aceites endurecidos*), no sólo sucede la saturación de los dobles enlaces de los ácidos grasos poliinsaturados, sino también la isomerización posicional y geométrica de los mismos (de *cis* a *trans*).

La formación de una considerable cantidad de isómeros *trans*, es el resultado. Los aceites naturales, que no han sufrido tratamiento de hidrogenación, se encuentra hasta 0.15% de estos isómeros; sin embargo, se ha comprobado que en las margarinas parcialmente hidrogenadas comercializadas se tiene un promedio de 21.7% de los mismos (desde 9.9 a 28.7g por cada 100g del producto). En un estudio posterior daremos a conocer la cantidad de isómeros *trans* de las margarinas ecuatorianas.

El proceso de hidrogenación aumenta la estabilidad del aceite en cuanto a la oxidación y a la pirólisis (freído). Esta mayor estabilidad sugiere que el calentamiento y oxidación de los aceites parcialmente hidrogenados forman niveles más bajos de productos potencialmente tóxicos, tal como lo evidencia la **tabla 5** (aductos de urea). Por tanto, el aceite de soya hidrogenado de hecho puede ser más aconsejable desde el punto de vista de la nutrición, que el no hidrogenado si se usa para frituras.

Es importante anotar que los *trans-ácidos grasos* se comportan físicamente como una unión saturada; *vg.*, el ácido linoleico en estado natural es *cis-cis*, pero si uno de sus dobles enlaces se isomeriza se produce el *cis-trans* o *trans-cis*.

El consumo de cantidades excesivas de estos *trans-ácidos grasos* puede dar lugar a disturbios nutricionales y metabólicos. Uno de estos efectos es limitar la biodisponibilidad de los ácidos grasos esenciales (poliinsaturados: linoleico) para la formación de las prostaglandinas afectando en esta forma una posible agregación plaquetaria. Otros efectos pocos deseables que se les ha imputado a estos isómeros, son: reducciones importantes de las lipoproteínas de alta densidad (HDL), y un aumento de la Lp(a) aterógena, con mayores probabilidades de padecer enfermedades cardiovasculares y específicamente enfermedad arterial coronaria. Por otra parte, a las grasas hidrogenadas también se las ha asociado con

incrementos tanto de los quilomicrones como en los niveles de colesterol en la sangre.

Además de todas estas transformaciones que sufren los ácidos grasos insaturados existen otros muchos compuestos de dobles ligaduras que también se hidrogenan y se isomerizan; entre éstos se encuentran algunos que tienen grupos cromóforos, como los carotenoides, y las vitaminas liposolubles, principalmente la vitamina A, todos ellos antioxidantes naturales de muchos de los aceites comestibles.

En relación a los efectos metabólicos de las grasas calentadas y oxidadas de acuerdo a varios estudios realizados, se pueden dividir en dos categorías.

- La primera se refiere a grasas que han sido **muy maltratadas** o **reutilizadas**, y
- La segunda a grasas que han sido calentadas u oxidadas a un nivel más realista, congruente con las prácticas actuales de cocina.

Los experimentos de alimentación de animales demuestran que las grasas muy maltratadas o los compuestos aislados de dichas grasas deprimen el crecimiento, reducen la absorción de grasas, producen hipertrofia del hígado y riñones, niveles más bajos de grasa corporal, pérdida del apetito, diarrea, mayor contenido de lípidos en el hígado (hígado graso), y posiblemente carcinogenicidad e interferencia con la reproducción en las ratas hembras. En casos de consumo prolongado se ha observado cáncer hepático y la muerte de los animales (9).

Por otra parte, se ha estudiado la mutagenicidad de grasas oxidadas y se ha visto que la formación de los compuestos dañinos depende de las condiciones en que se efectúa el freído (10, 12).

Cabe indicar que en esta transformación degeneran diversos compuestos aromáticos policíclicos derivados del antraceno, tales como:

- El 3,4-benzopireno,
- El metilcolantreno y
- El 1,2,5,6-dibenzatraceno. Todos ellos agentes carcinógenos conocidos.

El malonaldehído o dialdehído malónico, OHC-CH₂CHO, es uno de los principales productos de

la ruptura de los hidroperóxidos provenientes de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados linoleico, linolénico y araquidónico. Se conoce que la producción del malonaldehído y la ruptura de los lípidos procede aun a temperaturas inferiores a 0°C; sin embargo, la primera es inhibida por los antioxidantes, más no la segunda (3).

El malonaldehído reacciona con amino-fosfolípidos y con proteínas estructurales de las membranas celulares y causa rigidez en los eritrocitos; como mecanismo de defensa, las células sintetizan enzimas que inactivan radicales libres, tales como catalasas, glutatión peroxidasa y superóxido-dismutasa (13).

Por otra parte, el malondialdehído es también un co-producto del metabolismo del tromboxano A2 (TxA2), sí tomamos en consideración que éste proviene de la activación de los fosfolípidos plaquetarios. La producción y activación del TxA2, y del malondialdehído provoca la formación de radicales libres de oxígeno, los cuales pueden contribuir a la incorporación de lípidos dentro de las paredes arteriales en el proceso aterogénico (6).

Además, los radicales libres de oxígeno tienen una enorme capacidad para causar lesión irreversible a las membranas biológicas. De esta forma es probable que el metabolismo de éstas grasas quemadas u oxidadas contribuyan al proceso aterogénico.

Además de la autooxidación, los ácidos grasos, saturados o insaturados, pueden sufrir reacciones de descomposición cuando se someten a temperaturas elevadas (*comidas rápidas*), en presencia o en ausencia de oxígeno. La degradación de los ácidos grasos saturados con oxígeno implica la formación de monohidroperóxidos, cuya ruptura produce sustancias de peso molecular bajo, responsables de ciertos olores característicos; algunas de éstas son semejantes a las que se identifican en las reacciones de oxidación. Por otra parte, el calentamiento a más de 200°C de triglicéridos que sólo contienen ácidos grasos saturados, y en ausencia de oxígeno, provoca la ruptura de los ésteres y la formación de compuestos como cetonas, hidrocarburos, aldehídos, acroleína, monóxido y dióxido de carbono, etc (11).

Conclusiones y recomendaciones

En consenso actual de los datos publicados es que el aceite de soya no hidrogenado (no existe esta forma en nuestro país) usado bajo las condiciones normales de cocina es inocuo y no tóxico, y que conserva las propiedades alimenticias deseables. Los datos disponibles son insuficientes para evaluar con precisión los efectos nutritivos del calentamiento o la oxidación del aceite de soya parcialmente hidrogenado. Sin embargo, el mismo proceso de hidrogenación y la cantidad proporcional de isómeros *trans*, que poseen es un punto a considerar.

Al tenor de los resultados obtenidos de nuestra investigación utilizando aceite de palma parcialmente hidrogenado, como fuente original, nos resta concluir que los cambios (excluyendo los radicales libres de oxígeno) encontrados no dejan de ser preocupantes (si consideramos igualmente a los aductos de urea), en relación al tiempo de freído (variando de establecimientos censados entre 5-8 y hasta 10 días), tiempo que creemos que podría ser incluso subestimado en relación al uso del aceite y su reutilización, utilizado por la mayoría de locales comerciales para el preparado de comidas rápidas (*fast food*) y que asiduamente visitan y consume gran parte de la población laboriosa de nuestra ciudad. Creemos que es más que saludable que consideremos que el tiempo y el número de veces a utilizar dichas materias grasas no excedan del que normalmente se sugiere. Sin embargo, existe siempre la posibilidad de que se excedan las *condiciones normales de uso* en las operaciones comerciales de frituras a gran escala, como es la de reutilizar sin límites los aceites o maltratar las grasas, por obvias razones, ya que el cambio de aceite diariamente incrementarían los costos y no sería rentable para las empresas que preparan este tipo de alimentos. Por ahora no se cuenta con ningún método fácil para determinar con exactitud el momento en que se debe descartar el aceite, sin embargo, el sentido común invita a pensar que no se debería usar más de una vez los aceites o grasas calentadas debido al probable acúmulo de radicales libres de oxígeno (y de otros compuestos que hemos descritos), que éstas suelen generar con los efectos antes anotados para la salud.

Referencias bibliográficas

1. Alexander JC: Biological effects due to changes in fats during heating. *J Am Chem Soc* 55: 711, 1978
2. Badui SD: Química de los alimentos. Editorial Alambra-México, 1996
3. Caldironi HA, Bazan NG: Effects of antioxidants on malonaldehyde production and fatty acid composition in pieces of bovine muscle and adipose tissue stored fresh and frozen. *J Food Sci* 47: 1329, 1982
4. Chang SA: Chemical reactions involved in the deep-fat frying of foods. *J Am Oil Chem Soc* 55: 718, 1978
5. Crnjar DE, Witchwoot A, Nawar WW: Thermal oxidation of a series of saturated triacylglycerols. *J Agr Food Chem* 29: 39, 1981
6. Hernández R: Acción plaquetaria de la amlodipina. Sexta Reunión Científica de la Sociedad Interamericana de Hipertensión Arterial. Montreal-Canadá, 1995
7. Kemeny T, Weinbrenner ZS, Jeranek M: Investigation of oxidative stability of vegetable oils during heat treatment. En: Applewhite TH, editor. *Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization*. AOCS Press, 1992
8. Michael WR: Thermal reactions of methyl linoleate. I Heating conditions, isolation techniques, biological studies and chemical changes. *Lipids* 1: 353, 1966
9. Poling CE, Eagle NR, Rice EE: Long-term responses of rats to heart-treated dietary fats. IV Weight gains, food and energy efficiencies, longevity and histopathology. *Lipids* 5: 128, 1969
10. Scheutwinkel-Reich M, Ingersowski G, Stan HJ: Microbiological studies investigating mutagenicity of deep frying fat fractions and some of their components. *Lipids* 15: 849, 1980
11. Tama VF, Sánchez CV, Montaña AM: Estudio de la composición en ácidos grasos de aceites y mantecas vegetales de consumo frecuente y morbimortalidad cardiovascular en el Ecuador. *Lipids Research* 1(1), 1966
12. Taylor SL, Berg CM, Shoptaugh NH, Traisman E: Mutagen formation in deep-fat fried foods as a function of frying conditions. *J Am Oil Chem Soc* 60: 796, 1983
13. Younathan MT, McWilliams DG: Hematological status of rats fed oxidized beef lipids. *J Foods Sci* 50: 1396, 1985

Dr. Francisco Tama Viteri
E-mail: tamaviteri@hotmail.com

Dr. Vicente Sánchez Crespo
Teléfonos: 593-4-808104; 2575757



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL