

PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA
ISSN 0124-4108 Vol. 11 No. 1 Enero-Junio de 2009
Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia págs. 39-53

Artículo recibido: 1 de diciembre de 2008
Aceptado: 8 de mayo de 2009

Adriana Cecilia Suaterna Hurtado¹

Resumen

Durante el proceso de fritura todos los aceites, sin importar la fuente, presentan cambios en el contenido de nutrientes que pueden generar compuestos tóxicos que pasan al alimento. Las transformaciones se presentan de manera lenta o rápida, según el manejo durante el proceso de cocción, de las cuales las más críticas son: la temperatura; el tipo de alimento a freír, la relación aceite/alimento, el material de fabricación del equipo utilizado, la adición de aceite nuevo como reposición del que se pierde por el proceso; la limpieza y el almacenamiento del aceite.

Este artículo de revisión proporciona un marco de las investigaciones que evalúan el uso de los aceites de fritura como medio de cocción, las prácticas de manejo y los efectos del proceso sobre la composición de los ácidos grasos, tocoferoles, carotenoides y polifenoles, los indicadores de calidad y las formas rápidas para determinarlos, mejorando la evidencia con relación a la calidad de los aceites de fritura.

Palabras clave: fritura, aceites industriales, grasas, nutrientes, cocción, compuestos polares.

¹ Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
adrisu@pijaos.udea.edu.co

Como citar este artículo: Suaterna Hurtado AC. La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspect Nutr Humana*. 2009;11:39-53.

Abstract

The oil changes during deep-frying independent of kind. The change can be reduction of nutrients or formation of toxic component that through to food and then can be consumption. The transformation can be slow or fast depend of care during cooking, of parameter like as the control of temperature, kind of food, relation oil: food, equipment, addition of new oil as reposition, clean of oil and storage, something else. To know that the polar components and the monomer and polymers of cyclic acid fatty are the parameters international of quality and how can be identified easy and quietly, it's important because when an oil for deep-frying is no good it won't be used and this way prevent risk for health of people like fried food.

Keywords: deep-frying, oil, industrial oils, nutrients, cooking, food handling methods, polar content.

INTRODUCCIÓN

La fritura de los alimentos es definida como la cocción en aceite o grasa caliente a temperaturas elevadas (175-185°C), donde el aceite actúa como transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme en el alimento (1, 2). Durante este proceso, la grasa o el aceite presenta un gran número de reacciones complejas, que pueden producir disminución de los componentes nutricionales y aumento en la formación de compuestos tóxicos, como polímeros y monómeros de ácidos grasos cíclicos (3) y compuestos polares, que pueden pasar al alimento frito y ser ingeridos (4).

El alto consumo de compuestos tóxicos formados durante la fritura puede causar efectos sobre la salud tales como: irritación intestinal, incremento en el tamaño de algunos órganos, aterosclerosis, retardo en el crecimiento de niños y algunos tipos de cáncer (5, 6) Asegurar que durante el proceso de fritura la formación de compuestos tóxicos sea mínima es uno de los aspectos de mayor relevancia, especialmente cuando depende de factores controlables.

En este artículo se abordará de una manera general el aceite de fritura como medio de cocción, las prácticas de manejo y los efectos del proceso sobre

la composición de los ácidos grasos, tocoferoles, carotenoides y polifenoles, así como los indicadores de calidad y las formas rápidas para determinarlos, generando así evidencia con relación a la calidad de los aceites de fritura.

Aceite o grasa de fritura

En el mercado existe una gran cantidad de aceites utilizados para la fritura de los alimentos, entre los más importantes están los aceites de palma, soya, canola, oliva, maíz y girasol. En estado fresco cada aceite presenta una composición de ácidos grasos propia, como puede verse en la tabla 1. El aceite de palma presenta el más alto contenido de ácidos grasos saturados (49,3 g/100 g de aceite), mientras que el aceite de oliva tiene mayor contenido de monoinsaturados (72,9%) y el de soya y maíz mayor proporción de polinsaturados (57,7 y 54,7% respectivamente) (7).

Antes de elegir un aceite es necesario no dejarse llevar por la publicidad y leer la etiqueta o rótulo donde se especifican los ingredientes para determinar que correspondan a aceites puros y no a mezclas. La composición puede variar según los componentes de la mezcla.

Tabla 1. Composición de ácidos grasos en los aceites comunes para fritura

Tipo de aceite	Ácidos grasos (g/100g aceite)			
	Saturados	Monoinsaturados	Poliinsaturados	Trans
Palma	49,300	37,000	9,300	SRD
Soya	15,650	22,783	57,740	0,533
Canola	7,365	63,276	28,142	0,395
Girasol	9,009	57,334	28,962	0,219
Oliva	13,808	72,962	10,523	SRD
Maíz	12,948	27,576	54,677	0,286

SRD: Sin reporte de dato

Fuente: USDA. National Nutrient Database for Standard Reference (7)

Prácticas de manejo del aceite: el proceso de fritura es considerado un punto crítico de particular importancia debido a que un adecuado manejo del aceite puede alargar el tiempo promedio de vida útil y determina los criterios para desecharlo.

Algunas prácticas de manejo reportadas han tenido por objeto responder preguntas como: cuáles son los alimentos que más se fritan, número de veces que se utiliza un aceite, tipo de instrumento utilizado para la realización de la fritura y tipo de limpieza del aceite, entre otras. Se ha encontrado que los alimentos que más se fritan son los pre-fritos como las papas a la francesa y apanados congelados, y en segundo lugar los alimentos en estado fresco como el pescado, primero descongelado y luego enharinado, la carne apanada, los productos cárnicos, carnes de hamburguesa (8), para el caso de Colombia: los buñuelos (producto típico elaborado a base de fécula de maíz, queso y huevo), empanadas (producto típico elaborado con masa de maíz relleno de carne y papa) y plátano verde o maduro (9).

Los equipos más utilizados son las freidoras comerciales de acero inoxidable, en poca proporción se usan los sartenes profundos de aluminio (9).

Son muy pocas las investigaciones llevadas a cabo donde relacionan el tipo de material utilizado para la fritura con el deterioro del aceite, que no permite obtener conclusiones; sin embargo una aproximación a este tipo de investigaciones fue realizada por Quintaes y colaboradores (10), quienes estudiaron la estabilidad del aceite de soya sometido a cuatro calentamientos con intervalos de 24 h en cazuelas de diferentes materiales: vidrio, aluminio, acero inoxidable, hierro fundido y piedra, reportando como los mejores materiales para la fabricación de cazuelas el vidrio y el aluminio. Por su parte, el acero inoxidable presentó un alto desprendimiento de hierro y níquel, con un mayor desprendimiento cuando el utensilio es nuevo; la investigación concluyó que los equipos de acero inoxidable favorecen la oxidación del aceite por la presencia de metal.

Se recomienda realizar investigaciones que relacionen el calibre de la lámina, la diferencia entre ollas o recipientes caseros y freidoras industriales, si las uniones y la forma del recipiente influyen en la oxidación, así como la resistencia a la temperatura, entre otras condiciones para sacar conclusiones claras con relación a la influencia del tipo de material utilizado con el deterioro del aceite.

La fritura de los alimentos...

Los aceites de fritura se reutilizan varias veces para freír nuevas porciones de alimentos, por ejemplo en servicios de alimentación se utilizan hasta 22 veces y en restaurantes hasta 30 veces, con una utilización diaria promedio de 8 h para ambos, suponiendo un cambio semanal del aceite en la mayoría de los establecimientos, aunque en otros el uso repetitivo de éste se da hasta agotar la existencia. La limpieza del aceite se realiza desde una semana después de su primera utilización hasta 40 días después y como práctica diaria se realiza adición de aceite al ya utilizado para hacer reposición del que se gasta hasta lograr el nivel inicial en el recipiente (8, 9).

Para hogares españoles, Romero y colaboradores (11), reportaron que los alimentos que más se fríen son las papas pre-fritas, seguido del pescado empanado, normalmente el aceite es utilizado solo 20 veces. Se observó una tendencia a no freír otros alimentos después de freír pescado, por el sabor que el aceite le puede adicionar al otro alimento.

Bastidas y colaboradores (12) valoraron el rendimiento de los aceites de girasol, oliva y una mezcla de ambos, en término de merma ponderal de alimento, gasto de aceite o cantidad de alimento que pudo ser frito por litro de aceite antes de ser desechado, reportando que la disminución del volumen de aceite es similar en todos, con algo más de absorción por los alimentos congelados en las primeras frituras cuando se utiliza aceite de girasol y en las 20 últimas frituras con el uso de aceite de oliva. El aceite de oliva presentó un rendimiento de 3,1 Kg de alimento/L de aceite, para el aceite de girasol 2,23 y para la mezcla 2,64 Kg de alimento/L de aceite.

Otra práctica común es la adición de aceite fresco al aceite. Aunque se cree que mezclar aceite nuevo con aceite usado altera el proceso de catálisis del aceite, aumentando el deterioro de éstos, según los datos reportados por algunas investigaciones (3, 13-15); dicha práctica se recomienda para mantener el

perfil de ácidos grasos y disminuir la formación de compuestos tóxicos, aumentando la vida útil.

Deterioro del aceite o grasa de fritura: sin importar la fuente todos los aceites se deterioran lenta o rápidamente dependiendo de factores controlables y no controlables. Entre los controlados se encuentran las prácticas de manejo, el tipo de fritura, la relación entre cantidad de alimento y volumen de aceite, el tipo de alimento, la temperatura que alcanzan los aceites, la reposición o no de aceite, el retiro de los restos de alimentos en el aceite y el tiempo de utilización. Entre los no controlables se resalta la presencia de oxígeno (9).

Son tres las reacciones de deterioro del aceite: la hidrólisis causada por agua, la oxidación (primaria, secundaria y terciaria) y las alteraciones causadas por las altas temperaturas. Las reacciones de oxidación son las más relacionadas con la salud y la nutrición, ya que a partir de éstas se forman hidroperóxidos, compuestos polares y monómeros y polímeros cíclicos (16), los cuales han sido relacionados en animales de experimentación como productores de retraso en el crecimiento, hipertrofia o hiperplasia hepática, hígado graso, úlceras gástricas y lesiones titulares en corazón y riñón (17, 18).

Parámetros de calidad del aceite o grasa de fritura

Los compuestos tóxicos formados durante la fritura afectan la calidad sensorial de los alimentos y la salud del consumidor, de allí la importancia de investigar la cantidad formada durante su utilización. Para determinar la calidad de los aceites de fritura se encuentran los siguientes parámetros: compuestos polares, y polímeros y monómeros de ácidos grasos cíclicos.

Compuestos polares: se denominan así a todos los subproductos que se forman cuando un triglicérido es modificado por el proceso de fritura. Su formación se relaciona con factores como el sobrecalentamiento del aceite; fritura discontinua (calentar y

freír, enfriar y luego volver a calentar, freír y volver a enfriar) y la fritura combinada de diferentes clases de alimentos, en especial la mezcla de alimentos de origen vegetal con alimentos de origen animal; todos estos son factores críticos en restaurantes, servicios de alimentación y hogares. Estas prácticas no se aplican en la industria de alimentos, debido a que el proceso se realiza en línea, sólo se produce un tipo de alimento, el control de temperatura hace parte de la estandarización del proceso y se mantiene constante durante un periodo de tiempo prolongado sin llevar a picos de enfriamiento y calentamiento (1).

Países como España, Bélgica, Francia, Italia, República Checa, Hungría, Chile y Portugal aceptan como valor máximo de compuestos polares 25%, mientras que en Alemania se acepta solo el 24%, y en Austria y Suiza hasta el 27% (19).

La formación de compuestos polares parece depender del tipo de aceite utilizado y del tiempo de utilización, por ejemplo Abdulkarim y colaboradores (20) al investigar la estabilidad de un nuevo aceite para fritura (*Moringa oleífera*) compararon la formación de compuestos polares cuando se freían porciones de papas chips en intervalos de 15 min para un total de 6 h/día durante cinco días. Al final del periodo de fritura, los compuestos polares fueron significativamente más bajos en aceite de palma (21,28%), cuando se compararon con aceite de canola (28,73%) y aceite de soya (31,82%). Así mismo, concluyen que los aceites iban aumentando el contenido de compuestos polares a medida que aumentaba el tiempo de fritura.

El tipo de alimento a freír y el tipo de cobertura también tienen relación con la formación de estos compuestos, por ejemplo Haeyoung y Eunok (21) reportaron que la adición de yema de huevo en polvo a la harina para apanar disminuye la formación de compuestos polares en el aceite, probablemente por el contenido de fosfolípidos que le aporta el huevo a la mezcla.

Sánchez-Gimeno y colaboradores (22) en una investigación sobre aceite de oliva encontraron que a los 66 ciclos de fritura de papas pre-fritas no se había sobrepasado el límite de compuestos polares. En un estudio con aceite de soya, parcialmente hidrogenado, se alcanzó un contenido de 27,6% en compuestos polares, después de 56 h de fritura para un producto cárnico; no obstante el aceite presentó características organolépticas alteradas como color oscuro después de 42 h de calentamiento a 180°C, el contenido de compuestos polares aun no sobrepasaba el límite máximo permitido (23).

Algunos estudios detectaron un mayor contenido de compuestos polares en los aceites de fritura en restaurantes de comida rápida (19,9% ± 12,6), seguido de hospitales (10,5% ± 3,0), escuelas (9,6% ± 2,8) y hogares (6,6% ± 2,6) (24). En los restaurantes de comida rápida se han encontrado concentraciones de compuestos polares superiores al 25%, en más del 30% de los establecimientos (tabla 2) (1).

No obstante se han realizado investigaciones para determinar el tiempo en que se puede utilizar el aceite a temperaturas de fritura e identificar con exactitud el número de veces que se pueden freír alimentos, pero aún no hay consenso; los datos reportados son variables, al igual que los alimentos utilizados para realizar los procedimientos.

Bastidas y colaboradores (25), reportaron una vida útil del aceite de oliva de 32 frituras, 22 para el aceite de girasol y 26 para la mezcla de ambos cuando se utiliza para diferentes alimentos, tanto apanados, congelados y frescos. Daniel-O'Dwyer (26) reportó que después de 30 ciclos de fritura de papas a la francesa (40 h de calentamiento por un período de siete días y sin reemplazo de aceite), el contenido de compuestos polares en aceite de algodón, soya o canola se mantuvo por debajo del 25%. Sánchez-Muniz (27) analizaron el efecto de la reposición de aceite sobre la formación de compuestos polares encontrando que el contenido de

Tabla 2. Concentración de compuestos polares en restaurantes de comida rápida en algunos países

País	# de muestras	Rango de compuestos polares (%)	Muestras con compuestos polares >25% (%)
Brasil	60	2,1 – 57,4	30,0
Finlandia	20	7,7 – 55,8	60,0
Francia	31	8,2 – 54,6	48,4
Alemania	125	5,8 – 57,7	35,2
España	174	3,1 – 61,4	34,5
Suecia	100	1,0 – 55,0	38,0

Fuente: Sam and Dana (1)

compuestos polares después de la fritura número 30 de papas fritas en aceite de girasol y de oliva extra virgen no presentó diferencias. Sin embargo el contenido de compuestos polares era alto después de la fritura número 50 cuando no se reemplazó el aceite (24,1%), mientras que cuando se reemplazó frecuentemente fue de 18,9%.

Romero y colaboradores (28), intentaron resolver matemáticamente el tiempo que podía ser utilizado un aceite para fritura, extrapolando los valores de compuestos polares determinados experimentalmente en aceite de oliva y aceite de girasol con alto contenido de oleico, cuando se utilizan para fritura de papas a la francesa con reemplazo de aceite (mantenimiento de una relación constante de 500g alimento/3L de aceite); sugiriendo que el tiempo de vida de los aceites de fritura puede ser mayor a 290 veces cuando hay reemplazo frecuente de aceite fresco.

Polímeros y monómeros de ácidos grasos cíclicos: otro criterio utilizado para la medición del deterioro del aceite es la medición de monómeros cíclicos de ácidos grasos, compuestos que a diferencia de los polares, han sugerido ser mas precisos acerca del deterioro del aceite debido a que muchas veces estos compuestos ya han sobrepasado el

límite máximo sin que los compuestos polares hayan llegado al nivel máximo de formación y su rápida absorción por la mucosa intestinal los convierte en compuestos de mayor toxicidad. De igual forma, se ha visto que el consumo de estos compuestos por ratas preñadas aumenta la probabilidad de muerte en las recién nacidas los primeros días, siendo los ácidos grasos cíclicos del ácido linolénico más tóxicos que los del ácido linoleico (29). En los humanos, aún no se conocen los niveles requeridos para producir un efecto indeseable para la salud. Aunque han sido pocos los países que han adoptado este indicador, actualmente Bélgica y República Checa permiten el 10% como valor máximo, mientras que en Irlanda se permite hasta un 16% (15).

En varias investigaciones para determinar el contenido de polímeros y monómeros de ácidos grasos cíclicos en diferentes tipos de aceite y diferentes prácticas de manejo, se ha reportado mayor aumento de estos compuestos cuando se frien alimentos congelados sin adición de aceite fresco; el incremento se presenta cuando la temperatura de fritura está entre 200 y 220°C, a mayor número de frituras mayor es la formación, sin encontrar diferencias significativas entre el tipo de aceite utilizado (30, 31). La mayor formación se da en aceite de girasol, seguido de aceite de girasol con alto contenido de

ácido oleico y por último en aceite de oliva extra virgen fresco, con formación de 85,5 mg, 70,6 mg y 68,5mg/100g de aceite, respectivamente (3, 32).

Al igual que para los compuestos polares, aún no hay un consenso en el número de frituras máximo para la utilización del aceite; se ha reportado que la formación de ácidos grasos cíclicos (polímeros y monómeros) aún es baja cuando se han realizado 20 frituras continuas de papas pre fritas en aceite de girasol, girasol con alto contenido de linoleico y oliva (31).

Test químicos rápidos de detección de calidad

Debido a la poca precisión para recomendar el número de frituras y el tiempo de uso de los aceites, en la actualidad existe una gran variedad de test químicos de fácil manejo y de determinación rápida para conocer la calidad del aceite (tabla 3) (33).

Entre los test más utilizados están el Fritest® y el Oxifrit®. El Fritest® consiste en llenar con aceite caliente un tubo de ensayo que contiene un reagente hasta la línea indicada. El tubo se tapa y agita y luego de un minuto se contrasta el color del aceite, en una escala de cuatro colores. Se recomienda que

el aceite debe ser cambiado en el color 3. El Oxifrit® consiste en un tubo de ensayo con un reagente, al cual antes de adicionarse el aceite debe adicionarse cinco gotas de un segundo reagente, se tapa, se agita y se contrasta con una escala de tres colores; el laboratorio recomienda el cambio cuando el color es el número dos (verde).

Otras pruebas de calidad como el monitor de grasa LRSM®, una tirilla de papel blanco que tiene cuatro bandas azules que pueden cambiar de color después de la inmersión en el aceite y el Advantec®, tira plástica con un agente indicador, no son considerados buenos indicadores de calidad del aceite ya que solo determinan el contenido de ácidos grasos libres y no los compuestos indicadores de calidad (33).

La aplicación de estos test ha sido señalada como válida para la evaluación de la vida útil de los aceites, reportando correlación significativa con el material polar. Sin embargo, depende del tipo de test. Dobarganes y Márquez-Ruiz (34) encontraron un bajo número de falsos positivos y negativos en la valoración de aceites de fritura utilizando los test Verifry® y Oxifrit®.

Tabla 3. Test químicos rápidos de detección de calidad del aceite

Tipo de test	Laboratorio	Determina
Oxifrit®	Merck	Compuestos polares
Fritest®	Merck	Alcalinidad
PCM®	Mir-oil	Compuestos polares
ACM®	Mir-oil	Alcalinidad
Av-Check®	Advantec	Ácidos grasos libres
LRSM® (Shortening monitor)	3M	Ácidos grasos libres
TPM, FFA, WET®	Test kit technologies	Compuestos polares, ácidos grasos libres y detergentes y surfactantes suspendidos en sales y agua
PCT 120®	3M	Compuestos polares

Fuente: Stier (33)

La fritura de los alimentos...

En el mercado también se pueden encontrar instrumentos portátiles de medición instantánea, algunos pueden ser utilizados en forma similar a un termómetro digital; uno de los más comunes, el Fri-Check® mide simultáneamente la viscosidad, densidad y tensión superficial, para luego correlacionar estas variables y obtener el contenido de compuestos polares en los aceites, se recomienda que los resultados obtenidos sean multiplicados por 1,25 para obtener una aproximación más real (35). Otros instrumentos son el Food Oil Sensor® (FOS), el FOM 200® (Food Oil Monitor), el Optifry® y el Testo 265®, todos miden el contenido de compuestos polares en un rango de 0 a 45% con diferencias en la precisión, la resolución y la temperatura óptima del aceite para la medición (36, 37).

Características sensoriales de los alimentos fritos que determinan la calidad del aceite

No obstante se cree que existe una relación estrecha entre las características sensoriales de los alimentos cuando son fritos en aceites con diferentes contenidos de compuestos polares, no hay evidencia de que las características sensoriales de los alimentos

sean un buen predictor de la calidad del aceite. Billek (38) analizó más de 400 grasas de fritura y comparó su contenido de compuestos polares con el análisis sensorial por parte de un panel de jueces, reportando que el aroma y gusto de las grasas que contenían entre 25 y 30% de componentes polares eran aún aceptables, pero cuando sobrepasaba el 30%, las características eran consideradas inaceptables.

Sin embargo, se sabe que la fritura de los alimentos en aceite fresco muestra la apariencia de un alimento crudo, ya que estos no pardean y se cree que a medida que aumenta el contenido de compuestos polares aumenta la intensidad en el color del alimento, hasta que éste se torna demasiado oscuro sin llegar a la cocción en el centro del alimento, como puede verse en la tabla 4 (39).

Cambios en la calidad nutricional del aceite o grasas por fritura: existen otros compuestos relacionados con la calidad nutricional del aceite que pueden presentarse en ciertas concentraciones en el aceite nuevo y modificarse durante el proceso de fritura, con riesgos para la salud por su consumo. Por ejemplo los ácidos grasos *trans* pueden aumentar,

Tabla 4. Características sensoriales de los alimentos fritos en aceites con diferente composición de compuestos polares

Contenido de compuestos polares del aceite	Características sensoriales de los alimentos
1-3%	Con aceite fresco el alimento se frie con muy poco o sin ningún color. Muchas personas piensan que el alimento está crudo.
4-9%	Los alimentos tienen un pequeño color dorado oro y es libre de excesos de grasa. El centro del alimento se cocina completamente.
10 –15%	El alimento tiene un color oro oscuro. El aceite comienza a declinar en calidad.
16 – 22%	La superficie del alimento tiene un color oscuro pero la cocción en el centro del alimento se hace más difícil. La vida útil del aceite está por terminar.
> 25%	La superficie del alimento es oscura, además, el alimento queda con un exceso de aceite. Por lo general, el centro del alimento no está cocido, por ejemplo el "hueso del pollo es rojo".

Fuente: Frypoweder oil stabilizer (39)

mientras que algunos compuestos nutricionales, como las vitaminas liposolubles y los compuestos fenólicos pueden disminuir significativamente.

Ácidos grasos trans (TFA): los ácidos grasos *trans*, son ácidos grasos insaturados con al menos un doble enlace en configuración *trans*. Se forman en grasas y aceites de fritura como resultado de una isomerización geométrica o posicional, siendo el ácido graso *trans* más común el ácido eláidico. Estos ácidos grasos son formados intencionalmente debido a que aumentan el punto de humo de los aceites cuando se compara con el mismo ácido graso en forma *cis* o su correspondiente forma saturada, mejorando de esta forma sus propiedades industriales (40). Sin embargo, el consumo de estos ácidos grasos, se ha relacionado con un aumento en el riesgo de enfermedad cardiovascular y por eso las restricciones recomendadas para su consumo (41).

Las concentraciones de TFA en aceites de fritura varían de acuerdo con el tipo de aceite desde una composición inicial menor a 1% hasta concentraciones superiores al 50% (tabla 5) (42, 43). El uso repetitivo de los aceites para la fritura, puede incrementar la concentración de TFA, sin embargo,

Tabla 5. Contenido de ácidos grasos trans en diferentes aceites de fritura

Aceites	Concentración de TFA (%)
Maíz	1,41
Canola	0,79
Palma/vitina	1,30
Soya parcialmente hidrogenado	1,48
Girasol	2,11
Sésamo	1,24
Oliva	0,31
Aerosol	1,22

Fuente: Baylin, (43)

la sensibilidad de los aceites vegetales varía notablemente con la composición en ácidos grasos y aún los datos reportados no son contundentes. En el aceite de girasol el calentamiento a temperatura de fritura durante dos horas, produce 5,0% de isómeros *trans*, mientras que en el aceite de palma, el mismo tratamiento produce 0,3 % de estos isómeros (44), lo que probablemente explica porque los datos reportados en las investigaciones son diferentes cuando se compara el contenido de TFA entre empresas productoras de los mismos alimentos, en diferentes países y diferentes lugares del mismo país (45).

Romero y colaboradores (46) midieron la concentración de TFA que se formaba en el aceite extra virgen de oliva, aceite de girasol y aceite de girasol con alto contenido de ácido oleico, cuando se freían papas a la francesa congeladas por 8 min a 180°C, con y sin reemplazo de aceite después de cada fritura en un total de 20 ciclos. Los resultados indicaron que durante la fritura, la formación de TFA no excede de 5 mg/g de aceite, además, que la formación de los TFA aumenta con el número de frituras y hay mayor formación de estos cuando no hay adición de aceite nuevo. Daniel y colaboradores (47) evaluaron el perfil de los ácidos grasos en aceite de algodón, canola hidrogenado y aceite de soya, después de 30 ciclos de fritura de papas a la francesa, 8 h/ día por cinco días consecutivos y sin reemplazo de aceite, reportando bajo contenido de ácidos grasos *trans* (6,77%) en el aceite de algodón, seguido de aceite de canola (21,94%) y aceite de oliva (22,64%). Dinamarca es el único país que tiene regulación en la cantidad máxima de TFA, en aceites nuevos de fritura, con un máximo de 15% (48).

Ácidos grasos: durante la fritura de los aceites se dan cambios en el perfil de ácidos grasos principalmente en los insaturados, los cuales tienden a disminuir, mientras que los ácidos grasos saturados se mantienen constantes ó aumentan. Fillion y Henry (2) reportaron que después de 70 h de fritura cuando

se utiliza aceite de soya, las mayores pérdidas se presentan en el ácido linolénico, seguido del ácido linoleico y por último del ácido oleico, llegando a pérdidas del 72%, 52% y 21% respectivamente. Haak y colaboradores (49), analizaron el perfil de ácidos grasos de aceite de oliva, margarina y aceite enriquecido con ácidos grasos polinsaturados, cuando en ellos se fritó carne de cerdo, reportando que el mayor cambio se presentó en el aceite de oliva, donde solo el 16% de los ácidos grasos polinsaturados iniciales se conservaban al finalizar la fritura.

Antioxidantes en los aceites: la adición de antioxidantes naturales a los aceites comerciales ha sido uno de los mecanismos que busca brindarle mayor estabilidad al aceite durante la fritura profunda de los alimentos. Sin embargo, algunas investigaciones reportan pérdidas constantes con el tiempo de fritura.

La adición de una mezcla de tocoferoles a los aceites ha sido utilizada para mejorar la actividad antioxidante bajo condiciones de fritura, debido a la resistencia a la termo oxidación observada en aceites de 1 a 2 h de fritura, sin embargo al término de 15 h algunos tipos de tocoferoles ya no se detectan (50, 51). La respuesta a la pérdida depende del tipo de aceite, el tipo de alimento frito y mezcla utilizada.

Quiles y colaboradores (50), concluyeron que las pérdidas se presentaban más rápido en aceite de girasol (la pérdida comenzó a los 15 min de fritura), seguido de aceite de oliva extra virgen y por último aceite de oliva (pérdidas a partir de los 45 y 60 min de fritura). Gordon y Kourimská (52), reportaron una pérdida mayor y más rápida del α -tocoferol en aceite de canola, con una reducción del 50% después de 4 a 5 h de fritura. Similares pérdidas han sido reportadas en aceite de oliva (53).

Otro factor que parece estar relacionado con las pérdidas de tocoferoles es el tipo de alimento a freír. Kalogeropoulos y colaboradores (54) investigaron la

retención de α -tocoferol en aceite de oliva extravirgen después de freír vegetales, reportando que la retención puede ser del 32,3% cuando se fríe zuquini o calabacín (*Cucurbita pepo*), mientras que cuando se fríe berenjena fue de 63,6%, esto probablemente se deba al mayor contenido de polifenoles de la berenjena y por ende menor es la oxidación.

Johansson y colaboradores (55) reportaron que el uso de tocoferoles en seis diferentes grasas y aceites de fritura, reducen la formación de compuestos carcinogénicos cuando se frieron hamburguesas de res. Adicionalmente, se ha reportado que la adición de γ -tocoferol reviste la mejor protección a los aceites y a los alimentos fritos.

Para los carotenos, Manorama y Rukmini (56) investigaron el efecto del procesamiento de aceite de palma sobre el contenido de beta-caroteno encontrando una pérdida gradual de estos, desde la primera fritura y Fillion y Henry (2) reportaron que la degradación de todos los *trans*-beta-carotenos en aceite de palma roja calentado a temperaturas superiores a 170°C era completa a los 20 min de calentamiento.

Los compuestos fenólicos se encuentran principalmente en los aceites de oliva virgen, éstos disminuyen con el tiempo de fritura y el número de frituras, probablemente debido a un efecto protector que ejercen estos nutrientes para evitar la oxidación de los ácidos grasos (57). Una reducción del 50 al 60% del valor original se presenta 10 min después del primer proceso de fritura a 180°C y a partir de la sexta fritura sólo el 10% del contenido original se encuentra presente (58).

Sánchez-Gimeno y colaboradores (22), reportaron igualmente una disminución del contenido de fenoles en aceite de oliva extra virgen de manera acelerada durante las primeras 10 frituras de papas pre-fritas congeladas, llegando a pérdidas de aproximadamente el 60%. Pérdidas similares

para aceite de oliva, aceite de girasol y aceite de oliva virgen se reportan en la literatura (50, 53, 54, 59). Adicionalmente, las pérdidas se ven afectadas tanto por el tipo de alimento utilizado como por la práctica culinaria. Kalogeropoulos y colaboradores (54), obtuvieron una alta retención de compuestos fenólicos en aceite de oliva cuando se frieron papas y berenjenas, mientras que las más bajas retenciones se presentaron cuando se frieron vegetales apanados con harina de trigo.

Cambios en los aceites por almacenamiento: las condiciones de almacenamiento de los aceites son también un factor crítico en la calidad, determinan el tiempo de vida útil. Entre los principales factores que se deben controlar en el almacenamiento son la temperatura, el tipo de empaque utilizado y el tiempo.

Boran y colaboradores (60) determinaron la calidad de los aceites almacenados a diferentes temperaturas, reportando que los aceites almacenados a 4°C retienen las características de calidad hasta 90 días y los almacenados a -18°C hasta los 150 días.

En una investigación sobre el efecto del tiempo de almacenamiento y tipo de envase utilizado sobre la calidad del aceite, Méndez y Falqué (61) encontraron que las pérdidas son más marcadas los primeros tres meses de almacenamiento donde los ácidos grasos insaturados tiende a disminuir y a partir del sexto mes se presenta un incremento en los saturados. Sergio y colaboradores (62) reportaron disminución de los ácidos grasos insaturados (linoleico entre 2,1 y 3,8% y linolénico entre 5,8 y 10,0%) en aceite de oliva virgen, después de 21 meses de almacenamiento en un lugar oscuro a temperatura ambiente, al igual que disminución de los tocoferoles y los compuestos fenólicos, teniendo estos últimos una disminución hasta del 38% en la semana 45 y de 51% en la semana 93. Morelló y colaboradores (63), lograron disminución total del contenido de alfa tocoferoles durante el almacenamiento del aceite

de oliva después de 12 meses de almacenamiento, así como también disminución significativa de la fracción fenólica.

Según el tipo de envase, Méndez y Falqué (61) concluyeron que el envase de plástico tradicional no es el más adecuado para comercializar y almacenar aceite, es el que menor estabilidad y mayor disminución de los compuestos fenólicos presenta, cuando se compara con envase de plástico opaco, vidrio, hojalata y tetra-brik. El envase de plástico opaco, no obstante más resistente, a los seis meses presentó características similares al de plástico tradicional, probablemente por el paso del oxígeno que se puede presentar a través de él. El envase de vidrio transparente no es permeable al oxígeno pero deja pasar la luz, lo que disminuye la calidad; en conclusión, los mejores envases para conservar las características de calidad de los aceites son los de hojalata y el tetra-brik.

CONCLUSIONES

Aunque se conoce que todos los aceites de fritura, sin importar la fuente, sufren alteraciones durante el proceso y especialmente presentan pérdidas de los componentes nutricionales y antioxidantes, aún no es claro cuántas veces puede utilizarse un aceite, ni cuál es el tiempo máximo a utilizar. Prácticas como la limpieza diaria de los residuos de alimentos por medio de la filtración, la adición de aceite nuevo como reposición del que absorben los alimentos para mantener el nivel y utilizar preferiblemente utensilios de vidrio y aluminio para freír, son prácticas recomendables para alargar la vida útil de los aceites.

A la hora de escoger el aceite se debe tener en cuenta que esté almacenado, preferiblemente en envases opacos, almacenarlo en un lugar oscuro e idealmente a temperaturas bajas, siendo la refrigeración una temperatura ideal.

La fritura de los alimentos...

Internacionalmente se han determinado parámetros de calidad del aceite, el más utilizado es la medición de los compuestos polares con una recomendación en la mayoría de países: no sobrepasar su contenido de 25%. En el mercado existen test rápidos y

fáciles de utilizar que concuerdan con los análisis de laboratorio, por lo tanto se constituyen una ayuda al momento de determinar cuando un aceite de fritura ha llegado a su fin.

Referencias

1. Sam I, Dana D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J Food Engin.* 2003;56:143-52.
2. Fillion L, Henry CJK. Nutrient losses and gains during frying: a review. *Int J Food Sci Nutr.* 1998;49:157-268.
3. Romero A, Bastida S, Sánchez-Muñiz FJ. Cyclic fatty acid monomer formation in domestic frying of frozen foods in sunflower oil and high oleic acid sunflower oil without oil replenishment. *Food Chem Toxicol.* 2006;44:1674-81.
4. Mestdagh F, De Meulenaer B, Peteghem CV. Influence of oil degradation on the amounts of acrylamide generated in a model system and in French fries. *Food Chem.* 2007;100:1153-9.
5. Addis PB, Warner GJ. The potential health aspect of lipid oxidation products in food. In *free radicals and food additives*. London: Taylor & Francis; 1991. p. 77-119.
6. Esterbauer H. Cytotoxicity and genotoxicity of lipid-oxidation products. *Am J Clin Nutr.* 1993;57(Supp):7795-865.
7. USDA. National Nutrient Database for Standard Reference. [Citado noviembre de 2008]. Disponible en: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>
8. Yagüe MA. Estudio de utilización de aceites para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, Campus de Bellaterra; 2003.
9. Vives Cabarcas J. Puntos de control críticos en la preparación de alimentos fritos en 80 cafeterías del municipio de Medellín. *Perspect Nutr Hum.* 2003;9:23-31.
10. Quintaes KD, Amaya-Farfan J, Morgano MA, Almeyda NM. Migración de hierro y níquel, y estabilidad oxidativa del aceite refinado de soja calentado en utensilios culinarios de diversos materiales. *Grasas y Aceites.* 2007;58:334-8.
11. Romero A, Cuesta C, Sánchez-Muñiz JF. Utilización de freidora doméstica entre universitarios madrileños. Aceptación de alimentos congelados fritos en aceite de oliva virgen extra, girasol y girasol alto oleico. *Grasas y Aceites.* 2001;38:38-44.
12. Bastida S, Sánchez-Muñiz FJ, Trigueros G. Aplicación de un test calorimétrico al estudio del rendimiento y vida útil en fritura de alimentos precocinados y frescos de aceite de oliva, aceite de girasol y su mezcla. *Grasas y Aceites.* 2003;54:32-40.
13. Cuesta C, Sanchez-Muniz FJ, Garrido-Polonio MC, Lopez-Varela S, Arroyo R. Thermoxidative and hydrolytic changes in sunflower oil used in frying with a fast turnover of fresh oil. *J Am Oil Chem Soc.* 1993;70:1069-73.
14. Romero A, Cuesta C, Sánchez-Muñiz FJ. Effect of oil replenishment during deep fat frying of frozen foods in sunflower oil and high-oleic acid sunflower oil. *J Am Oil Chem Soc.* 1998;75:161-7.
15. Bastida S, Sánchez-Muniz FJ. Polar content vs tag oligomer content in the frying-life assessment of monounsaturated and polyunsaturated oils used in deep-frying. *J Am Oil Chem Soc.* 2002;79:447-51.
16. Dana D, Saguy IS. Review: mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. *Adv Colloid Interface Sci.* 2006;128-130:267-72.

17. Athias P, Ribot E, Grynberg A, Sebedio JL, Grandgirard A. Effects of cyclic fatty acid monomers on the function of cultured rat cardiac myocytes in normoxia and hypoxia. *Nutr Res.* 1992;6:737-45.
18. Joffre F, Martin JC, Genty M, Demaison L, Loreau O, Noël JP et al. Kinetic parameters of hepatic oxidation of cyclic fatty acid monomers formed from linoleic and linolenic acids. *J Nutr Biochem.* 2001;12:554-8.
19. Boatella Riera J, Codony R, Rafecas M, Guardiola F. Recycled cooking oils: assessment of risks for public health; final study. Luxembourg: European Parliament; 2000. [Citado noviembre de 2008]. Disponible en: http://www.europarl.europa.eu/stoa/publications/studies/1999_envi_01_en.pdf
20. Abdulkarim SM, Long K, Lai OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chem.* 2007;105:1382-9.
21. Haeyoung K, Eunok C. Effects of egg yolk powder addition to the flour dough on the lipid oxidation development during frying, LWT. *Food Sci Techn.* 2008;41:845-53.
22. Sánchez-Gimeno AC, Benito M, Vercet A, Oría R. Aceite de oliva virgen extra del Somontano: evaluación de las modificaciones fisicoquímicas tras la fritura doméstica de patatas prefritas congeladas. *Grasas y Aceites.* 2008;59:57-61.
23. Juárez MD, Masson L, Sammán N. Deterioro de aceite de soja parcialmente hidrogenado empleado en la fritura de un alimento cárnico. *Grasas y Aceites.* 2005;56:53-8.
24. Ruiz-Roso B, Varela G. Frying: improving quality. Chapter 5. Health issues. Madrid: Universidad Complutense, Woodhead Publishing Ltda; 2001. 26 p.
25. Bastida S, Sánchez-Muniz FJ. Thermal oxidation of olive oil, sunflower oil and a mix of both oils during forty discontinuous domestic frying of different foods. *Food Sci Tech Int.* 2001;7:15-21.
26. Daniel-O'Dwyer D. Non-hydrogenated cottonseed oil as a deep-fat frying medium. *Nutr Food Sci.* 2007;37:234-45.
27. Sánchez-Muniz, FJ, Cuesta C, López-Varela S, Garrido-Polonio MC. Evaluation of the thermal oxidation rate of sunflower oil using various frying treatments. In: Applewhite TH, ed. *Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization.* Champaign, IL: AOCS; 1993. p. 448-52.
28. Romero A, Cuesta C, Sánchez-Muñiz FJ. Does frequent replenishment with fresh monoenoic oils permit the frying of potatoes indefinitely? *J Agric Food Chem.* 1999;47:1168-73.
29. Dobson G, Christie W, Sebedio JL. The nature of cyclic fatty acids formed in heated vegetable oils. *Grasas y Aceites.* 1996;47:26-33.
30. Romero A, Cuesta C, Sánchez-Muñiz FJ. Cyclic fatty acid monomers and thermoxidative alteration compounds formed during frying of frozen foods in extra virgin olive oil. *J Amer Oil Chem Soc.* 2000;77:1169-75.
31. Sebedio JL, Catte M, Boudier MA, Prevost J, Grandgirard A. Formation of fatty acid geometrical isomers and of cyclic fatty acid monomers during the finish frying of frozen prefried potatoes. *Food Res Int.* 1996;29:109-16.
32. Romero A, Cuesta C, Sánchez-Muñiz FJ. Cyclic fatty acid monomers in high oleic acid sunflower oil and extra virgin olive oil used in repeated frying of fresh potatoes. *J Am Oil Chem Soc.* 2003;80:437-42.
33. Stier RF. *The measurement of frying oil quality and authenticity.* Cambridge Woodhead Publishing Ltda; 2001.
34. Dobarganes MC, Márquez-Ruiz G. Regulation of used frying fats and validity of quick tests for discarding the fats. *Grasas y Aceites.* 1998;49:331-5.
35. Osawa CC, Gonçalves LAG, Grimaldi R. The use of fri-check. An evaluation of quality of frying oils and fats. *Higiene Alimentar.* 2006;20:73-9.
36. Salas-Vázquez DI. Peligros a controlar en la fritura de alimentos. Vizcaya: Fundación Eroski; 2006 [Citado noviembre de 2008]. Disponible en: <http://www.consumaseguridad.com/ciencia-y-tecnologia/2006/08/16/24579.php>.

La fritura de los alimentos...

37. Stier RF. Tests to monitor quality of deep-frying fats and oils. *Eur J Lipid Sci Tech.* 2004;106:766-71.
38. Billek G. Heated fats in the diet. In: Padley FB, Podmore U, Eds. *The role of fats in human nutrition.* London: Academic; 1985. p.163-71.
39. Frypoweder oil stabilizer: ner frying technology. Allentown, PA: Miroild Products for Better Frying; 1994. Plegable.
40. Valenzuela A, Morgado N. Trans fatty acid isomers in human health and in the food industry. *Biol Res.* 1999;32:273-87.
41. Ascherio A. Epidemiologic studies on dietary fats and coronary heart disease. *Am J Med.* 2002;113:9S-12S.
42. Aro A, Van Amelsvoort J, Becker W, Van Erp-Baart MA, Kafatos A, Leth T, et al. Trans fatty acids in dietary fats and oil from 14 European countries:the trans-fair study. *J Food Compos Anal.* 1998;11:137-49.
43. Baylin A, Siles X, Donovan-Palmer A, Fernández X, Campos H. Fatty acid composition of Costa Rican foods including trans fatty acid content. *J Food Compos Anal.* 2007;20:182-92.
44. Grandgirard A, Sebedio JL, Fleury J. Geometrical isomerisation of linolenic acid during heat treatment of vegetable oils. *J Am Oil Chem Soc.* 1984;61:1563-8.
45. Stender S, Dyerberg J, Bysted A, Leth T, Astrup A. A trans world journey. *Atherosclerosis.* 2006;7(Suppl):47-52.
46. Romero A, Cuesta C, Sánchez-Muñiz FJ. Trans fatty acids production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. *Nutr Res.* 2000;20:599-608.
47. Daniel DR, Thompson LD, Shriver BJ, Wu CK, Hoover LC. Nonhydrogenated cottonseed oil can be used as a deep fat frying medium to reduce trans-fatty acid content in French fries. *J Am Diet Assoc.* 2005;105:1927-32.
48. Stender S, Dyerberg J, Astrup A. Consumer protection through a legislative ban on industrially produced trans fatty acids in foods in Denmark. *Scand J Food Nutr.* 2006;50:155-60.
49. Haak L, Sioen I, Raes K, Camp JV, De Smet S. Effect of pan-frying in different culinary fats on the fatty acid profile of pork. *Food Chem.* 2007;102:857-64.
50. Quiles JL, Ramirez-Tortosa MC, Gomez JA, Huertas JR, Mataix J. Role of vitamin E and phenolic compounds in the antioxidant capacity, measured by ESR, of virgin olive, olive and sunflower oils after frying. *Food Chem.* 2002;76:461-8.
51. Rossi M, Alamprese C, Ratti S. Tocopherols and tocotrienols as free radical-scavengers in refined vegetable oils and their stability during deep-fat frying. *Food Chem.* 2007;102:812-7.
52. Gordon MH, Kourimská L. Effect of antioxidants on losses of tocopherols during deep frying. *Food Chem.* 1995;52:175-7.
53. Brenes M, Garcia A, Dobarganes MC, Velasco J, Romero C. Influence of thermal treatments simulating cooking processes on the polyphenol content in virgin olive oil. *J Agric Food Chem.* 2002;50:5962-7.
54. Kalogeropoulos N, Mylona A, Chiou A, Ioannou MS, Andrikopoulos NK. Retention and distribution of natural antioxidants (α -tocopherol, polyphenols and terpenic acids) after shallow frying of vegetables in virgin olive oil. *LWT. Food Sci Tech.* 2007;40:1008-17.
55. Johansson MAE, Fredholm L, Bjerne I, Jaegerstad M. Influence of frying fat on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers and pan residues. *Food Chem Toxicol.* 1995;33:993-1004.
56. Manorama R, Rukmini C. Effect of processing on beta-carotene retention in crude palm oil and its products. *Food Chem.* 1991;42: 253-64.
57. Pellegrini N, Visioli F, Buratti S, Brighenti F. Direct analysis of total antioxidant activity of olive oil and studies on the influence of heating. *J Agric Food Chem.* 2001;49:2532-8.
58. Gómez-Alonso S, Fregapane G, Salvador MD, Gordon MH. Changes in phenolic composition and antioxidant activity of virgin olive oil during frying. *J Agric Food Chem.* 2003;51:667-72.

59. Beltrán G, Jiménez A, García JA, Frías L. Evolution of extra virgin olive oil natural antioxidants during continuous frying. *Grasas y Aceites*. 1998;49:372-3.
60. Boran G, Karacam H, Boran M. Changes in the quality of fish oils due to storage temperature and time. *Food Chem*. 2006;98:693-8.
61. Méndez AI, Falqué E. Effect of storage time and container type on the quality of extra-virgin olive oil. *Food Control*. 2007;18:521-9.
62. Gómez-Alonso S, Mancebo-Campos V, Desamparados Salvador M, Fregapane G. Evolution of major and minor components and oxidation indices of virgin olive oil during 21 months storage at room temperature. *Food Chem*. 2007;100:36-42.
63. Morelló JR, Motilva MJ, Tovar MJ, Romero MP. Changes in commercial virgin olive oil (cv Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food Chem*. 2004;85:357-64.