

Composición de ácidos grasos en algunos alimentos fritos y aceites de fritura y factores relacionados, en un sector universitario de Medellín-Colombia

PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA

ISSN 0124-4108

Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Vol. 16, N° 2, julio-diciembre de 2014, p. 159-174

Artículo recibido: 1 de marzo de 2014

Aprobado: 23 de junio de 2014

Briana Davahiva Gómez Ramírez¹; Julián Paul Martínez Galán²;
Luz Margarita Cardona Zuleta³

Resumen

Antecedentes: las condiciones de fritura afectan la proporción de ácidos grasos de alimentos fritos. **Objetivo:** determinar el efecto de las condiciones de fritura sobre la composición de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y trans en alimentos fritos y aceites de fritura. **Materiales y métodos:** se recolectaron 22 muestras de alimentos y sus aceites de fritura en cuatro restaurantes, cuatro cafeterías y tres puestos callejeros, de afluencia universitaria en Medellín-Colombia. Se determinó la composición de ácidos grasos mediante cromatografía de gases, luego de la fritura. La composición del aceite se relacionó con condiciones de fritura. **Resultados:** siete establecimientos usaban aceite de palma, dos de soya y dos mezcla de aceites vegetales. En papas fritas, el aceite de palma aumentó el contenido de saturados y disminuyó el de poliinsaturados ($p < 0,05$). El aceite de soya presentó mayor contenido de poliinsaturados y trans y menor contenido de saturados ($p = 0,05$) para todos los casos. En los aceites se asociaron saturados con sólidos presentes ($p = 0,03$) y trans con horas/uso/día ($p = 0,02$) y presencia de sólidos ($p = 0,04$). Las condiciones de fritura fueron deficientes. **Conclusión:** la distribución de ácidos grasos en papas fritas depende del aceite usado. Las deficientes condiciones de fritura afectan la cantidad de ácidos grasos saturados y trans del aceite.

Palabras clave: aceites, grasas, aceite de palma, aceite de soya, alimentos fritos, ácidos grasos trans, ácidos grasos monoinsaturados.

1 Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia. Calle 70 N° 52-21, Medellín, Colombia.

brianadahiva@gmail.com

2 Universidad Estadual Paulista-UNESP. São Paulo, Brasil.

3 Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia. Calle 70 N° 52-21, Medellín, Colombia.

Como citar este artículo: Gómez BD, Martínez JP, Cardona LM. Composición de ácidos grasos en algunos alimentos fritos y aceites de fritura y factores relacionados, en un sector universitario de Medellín-Colombia. Perspect Nutr Humana. 2014;16: 159-174.

DOI: 10.17533/udea.penh.v16n2a04

Composition of fatty acids in some fried food and frying oil and related factors in a college area of the city of Medellín-Colombia

Abstract

Background: Frying conditions affect fatty acids proportion in fried foods. **Objective:** To determine the effect of frying conditions on fatty acid composition: saturated, monounsaturated, polyunsaturated, and trans fatty acid in fried food and frying oils. **Materials and methods:** 22 food samples and their frying oils were collected in 4 restaurants, 4 coffee shops, and 3 street stalls placed at universities in Medellín, Colombia. Fatty acids composition was determined by gas chromatography after the frying. Oil composition was associated with frying conditions. **Results:** Palm oil was used in 7 places, soya oil in 2 and a mixture of vegetable oils was used in another 2 places. In fried potatoes, palm oil increased saturated fatty acid content and reduced polyunsaturated fatty acid content ($p < 0,05$). Soya oil had a greater polyunsaturated and trans fatty acid content, and a lower saturated content ($p = 0,05$), in all cases. In oils, saturated fatty acid were associated with present solids ($p = 0,03$) and TFA were associated with hours/usage/day ($p = 0,02$) and presences of solids ($p = 0,04$). Frying conditions were inappropriate. **Conclusion:** Fatty acid distribution in fried potatoes depends of oil used for frying. Poor frying conditions affect saturated and trans fatty acid content in oil.

Keywords: fat, palm oil, soybean oil, fried food, fatty acids.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos fritos son económicos, fáciles de conseguir, producen saciedad gástrica, tienen alta densidad energética, agradable sabor, textura crujiente y son llamativos a la vista por su color dorado (1). Por ello, frecuentemente están disponibles en el área comercial de los servicios de alimentación alrededor de establecimientos universitarios (2). La fritura puede ser profunda, si el alimento es sumergido en el aceite o superficial, cuando se fríe en reducida cantidad de aceite; también puede ser continua, si se realiza la preparación de alimentos en un ciclo o discontinua, si se hace en intervalos (3).

La oferta de alimentos sometidos a fritura profunda en los servicios de alimentación es amplia, con pocos controles en el proceso y en las grasas o aceites usados. Un aceite se utiliza varias veces antes de ser descartado; hasta 22 veces en los

servicios de alimentación y hasta 30 en restaurantes (4), en este número de frituras se pueden presentar cambios importantes en la composición del aceite, originando compuestos característicos de la alteración térmica y cambios en algunos ácidos grasos del aceite, transferidos luego al alimento por absorción o adsorción continua de grasa, como parte del reemplazo por los lípidos del agua evaporada en alimento (5), modificando no solo la composición de la grasa de fritura, sino también la del alimento (6). Dichos cambios dependen en gran medida de la composición del aceite utilizado (7), tiempo de uso, método de fritura, entre otras variables (8).

En la ciudad de Medellín solo se ha realizado un estudio sobre algunas prácticas y puntos críticos comunes en el proceso de fritura en servicios de alimentación (9); los factores más relevantes manifestados en dicha investigación fueron

la temperatura elevada, la alta reutilización de los aceites y la falta de claridad sobre cuando desecharlos. Dichos elementos pueden provocar cambio en ácidos grasos trans (AGT) producto de la isomerización de los ácidos grasos cis, cuya configuración se asemeja a la de los ácidos grasos saturados (AGS) estos AGT han demostrado que producen efectos adversos sobre los lípidos sanguíneos aumentando los niveles plasmáticos de LDL-colesterol, y de la relación LDL-c/HDL-c, en mayor medida incluso que el originado por el consumo de AGS, por lo tanto han sido relacionados con riesgo de enfermedad cardiovascular (ECV) (10), que constituye un importante problema de salud, por su alta incidencia en Colombia y en el mundo (11). De otra parte, la evidencia epidemiológica ha demostrado que los ácidos grasos poliinsaturados (AGP) tienen un efecto protector sobre el desarrollo de ECV (12); sin embargo, estos tienden a oxidarse y volverse inestables a las temperaturas de fritura y terminan sumándose a los peróxidos y AGT del aceite de fritura (13).

El Parque de la Vida ubicado en Medellín, es un espacio público aledaño a varias sedes universitarias y hospitalarias, que permite la implementación de actividades relacionadas con la salud en el marco de la promoción de la salud, la calidad de vida y el desarrollo humano (14). Teniendo en cuenta que la cantidad de grasa de los alimentos y la composición de la misma tienen serias implicaciones sobre la salud, es importante conocer la composición de los ácidos grasos de alimentos fritos y las variables de fritura que inciden en su distribución, con el fin de desarrollar acciones encaminadas a conseguir un perfil de ácidos grasos saludable en tales alimentos, especialmente aquellos disponibles en sectores de alta afluencia de población universitaria. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la composición de ácidos grasos de algunos alimentos sometidos

a fritura profunda, lo mismo que de sus respectivos aceites de fritura y factores condicionantes, en servicios de alimentación ubicados en un sector universitario de Medellín, donde se encuentra el Parque de la Vida, un espacio diseñado con el fin de implementar programas y proyectos para promoción de la vida y la salud (14).

MATERIALES Y MÉTODOS

El paso inicial fue realizar un censo, en los alrededores del Parque de la Vida, para identificar los establecimientos que ofrecían alimentos sometidos a fritura profunda, incluyendo puestos callejeros, y teniendo en cuenta que en el mismo establecimiento realizaran la preparación de los alimentos. Se encontraron seis restaurantes, seis cafeterías y cuatro puestos callejeros para un total de 16 establecimientos, a todos se les invitó a participar en el estudio. A la invitación respondieron positivamente 11 establecimientos (68,7%), distribuidos así: cuatro restaurantes, cuatro cafeterías y tres puestos callejeros. En todos los establecimientos se tomó la muestra de un alimento sometido a fritura profunda y de su respectivo aceite. Para cada alimento y su aceite de fritura, se tomó una muestra entre semana, y otra en fin de semana, para un total de 22 muestras de alimentos y 22 de los aceites de fritura. Los alimentos recolectados variaron según el establecimiento (Tabla 1).

A los establecimientos participantes se les aplicó una encuesta previamente estandarizada, sobre los factores que influyen en la calidad de aceites o grasas usados en la fritura, como son: tipo de aceite o grasa utilizado, tiempo de uso, razones de cambio, tiempo de reposición, fritura de otros alimentos y tipo de fritura (continua-discontinua); en la encuesta había posibilidades de respuesta múltiple para las preguntas relacionadas con tipo de aceite, criterios de selección y descarte del mismo, las demás, como tipo de aceites elegido,

Tabla 1. Alimentos recolectados en los establecimientos

Alimento	Descripción
Empanada	Elaborado a base de harina de maíz relleno de papas y cebolla.
Buñuelo	Preparado con masa de harina de trigo y queso.
Palito de queso frito	Elaborado con masa de hojaldre rellena de queso.
Papas a la francesa	Papas fritas en forma de rectángulo largo.
Papas criollas fritas	Papas pequeñas de color amarillo, nativas de Colombia.
Pastel de pollo frito	Se prepara con masa de maíz relleno con pollo desmechado y guiso a base de cebolla y tomate.
Papa rellena frita	Se elabora con masa de papa rellena con carne molida mezclada y se cubre con huevo.

tiempo de uso y mezcla de varios alimentos fritos eran de selección única y/o abiertas.

Recolección de la muestra de alimentos

Las muestras del alimento se adquirieron directamente de los establecimientos tal como llegan al consumidor, en dos días diferentes, uno de ellos en fin de semana. El aceite usado se colectó y depositó en frascos ámbar de 80 mL y las muestras de alimentos fritos se dispusieron en bolsas con sello hermético. Posteriormente se llevaron al laboratorio de Alimentación y Nutrición Humana de la Universidad de Antioquia, donde fueron codificadas y almacenadas para garantizar la confidencialidad de los establecimientos.

Extracción de grasa de alimentos fritos

Para la muestra sólida se pesaron 3 g de muestra previamente descongelada y homogenizada. Posteriormente se sometió a extracción de grasa con hexano x 3 h a 60°C en un equipo Soxtec®-2050 (AOAC 920.39B) (15). Los reactivos utilizados fueron de grado analítico.

Preparación de la muestra

Para el análisis del perfil de ácidos grasos las muestras fueron esterificadas según procedimiento descrito en la norma AOAC 969.33/2002 (15).

Determinación de la composición de ácidos grasos

Se utilizaron estándares de metilésteres de ácidos grasos (FAMES) y trans, adquiridos de Sigma-Aldrich. Posteriormente fueron inyectadas en un cromatógrafo de gases (GC) Agilent 6890N con detector de ionización en llama (FID).

Condiciones cromatografía de gases con detector de ionización de llama

Para FAMES se utilizó una columna TR-CN100 60mx250umx0, 20um ID, inyector split/splitless con una relación 100:1 (en trans la relación fue 50:1), con un volumen de inyección de 1,0 uL, Helio como gas de arrastre, flujo de 1,1 mL/min, temperatura de inyector de 260°C, temperatura del programa de 90°Cx7min, aumentando de 5°C hasta 240°C y temperatura del detector de 300°C. En trans se mantuvieron las condiciones excepto la temperatura de inyector que fue 220°C, la temperatura del programa 170°Cx7 min, aumentando de 5°C hasta 240°C y la temperatura del detector fue 250°C.

Identificación de ácidos grasos

Las unidades de análisis de ácidos grasos fueron cuantificadas por normalización de área (porcentaje de ácido graso sobre el total).

Categorización visual de los aceites (sólidos formados y color)

A las muestras de aceites usados se les evaluó cualitativamente, a temperatura ambiente, la presencia de partículas y color, teniendo en cuenta las siguientes características: sin partículas, pocos sólidos (sólidos en la parte superior o inferior), mediana soli-

dificación (solidificación del aceite inferior al 50%), abundante solidificación (solidificación del aceite superior al 50%). En cuanto al color se clasificaron en: muy claro, claro, medianamente oscuro, oscuro.

Análisis estadístico

Se efectuó análisis estadístico a partir de medidas descriptivas como la media, desviación estándar, error estándar y frecuencias. Se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y rachas para análisis de exploración. La prueba de Wilcoxon se usó para relacionar las medias de los ácidos grasos de las muestras tomadas entre semana y en fin de semana. La comparación del porcentaje de grupos de ácidos grasos AGS, AGP, AGM y AGT entre las papas a la francesa fritas en mezclas de aceites vegetales, las papas criollas fritas en aceite de palma y las papas a la francesa fritas en aceite de soya se comparó mediante la prueba Kruskal Wallis. Se utilizó la prueba de Spearman para correlacionar los grupos de ácidos grasos AGS, AGP, AGM y AGT en aceite con el número de frituras/día, uso promedio de aceite/día, presencia de partículas y color de aceite. Así mismo, se efectuó las pruebas de U de Mann-Whitney para mezclas de alimentos y Kruskal Wallis para evaluar el efecto de las variables de tipo de aceite, frecuencia de reposición del aceite y tipo establecimiento sobre el perfil de ácidos grasos del aceite de fritura. El nivel de significancia fue de 0,05. Para el análisis de los datos se empleó el paquete estadístico SPSS versión 19.

RESULTADOS

Distribución de los alimentos estudiados según tipo de establecimiento y aceite de fritura utilizado

En cada uno de los establecimientos seleccionados se tomaron dos muestras de cada alimento, una entre semana y otra en el fin de semana, para

un total de 22 muestras de alimentos y 22 de los respectivos aceites en que fueron preparados tales alimentos. Del total de las muestras analizadas, 14 correspondieron a alimentos fritos en aceite de palma, cuatro a alimentos fritos en mezcla de aceites vegetales y los cuatro restantes, a alimentos fritos en aceite de soya (Tabla 2). Los alimentos predominantes en cada uno de los establecimientos fueron papas a la francesa, empanadas y papas rellenas, en restaurantes; buñuelo y pastel de pollo en cafeterías; papa criolla y palitos de queso en puestos callejeros.

Prácticas relacionadas con la fritura de alimentos

En la mayoría de los restaurantes (3/4) manifestaron cambiar cada dos días el aceite completo a diferencia de las cafeterías y puestos callejeros. Solo en uno de los restaurantes hacía reposición parcial de aceite, diferente de lo que ocurre en las cafeterías y puestos callejeros, en los que dicha reposición se realiza diariamente en la totalidad de ellos. En la mitad de las cafeterías y restaurantes, y en la totalidad de los puestos callejeros utilizaban aceite de palma. Sobre el criterio para descartar el aceite, tanto en restaurantes como en las cafeterías la razón fue el color oscuro, y en los puestos callejeros la razón predominante fue la política del establecimiento (Tabla 3).

Con excepción de un restaurante, una cafetería y un puesto callejero, en los demás establecimientos freían simultáneamente varios tipos de alimentos. En la totalidad de los restaurantes indicaron usar entre 3 y 5 horas diarias el aceite de fritura, mientras que en la mayoría de las cafeterías (3/4) refirieron hacerlo entre 1 y 2 horas diarias, y en los puestos callejeros manifestaron diferentes categorías de frecuencia de uso del aceite. La mitad de los restaurantes tenían fritura continua, mientras en las cafeterías y en los puestos callejeros fue discontinua. Al examen visual en la mayoría

Tabla 2. Distribución de los alimentos estudiados según tipo de establecimiento y aceite de fritura utilizado

Alimentos según aceite de fritura	Total	Restaurante	Cafetería	Puestos callejeros
	n	n	n	n
Mezcla de aceites				
Papas a la francesa	2	2	0	0
Empanada	2	2	0	0
Aceite de palma				
Empanada	2	0	2	0
Palito de queso	4	2	0	2
Papa criolla	2	0	0	2
Papa rellena	2	2	0	0
Pastel de pollo	4	0	2	2
Aceite de soya				
Buñuelo	2	0	2	0
Papas a la francesa	2	0	2	0

de los restaurantes (3/4) el aceite estaba de color oscuro y en el resto medianamente oscuro, esta última apariencia fue observada también en la mitad de las cafeterías y la mayoría de los puestos callejeros (2/3). En ninguno de los establecimientos estudiados el aceite tenía color muy claro. En la totalidad de los restaurantes los aceites tenían mediana o alta solidificación, que no fueron observadas en ningún puesto callejero, y solamente en una de las cafeterías se observó abundante solidificación del aceite (Tabla 3).

Composición de ácidos grasos según tipo de aceite y variables relacionadas con la fritura

Tanto la comparación entre alimentos como en aceites de los ácidos grasos agrupados en AGS, AGM, AGP y AGT presentes en las muestras tomadas entre semana, no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) con relación a los de las muestras de fin de semana (Tabla 4). Por lo que se decidió agrupar las muestras tomadas entre semana con las de fin de semana.

En cuanto a los ácidos grasos agrupados en AGS, AGM, AGP y AGT de los aceites usados, se observó que en el de palma ($47,7 \pm 0,5\%$) la proporción de AGS fue más del doble de la presente en el de soya ($20,7 \pm 1,8$), en tanto que en la muestra de mezcla de aceites vegetales ($42,9 \pm 3,1$) fue un poco inferior al de palma, aunque conservó la proporción de más del doble con relación al de soya. En todos los tipos de aceite el ácido graso saturado presente en mayor proporción fue el palmítico, seguido por el esteárico. La proporción de AGM tanto en el aceite de palma ($42,1 \pm 0,4\%$) como en el de mezclas vegetales ($41,1 \pm 3,5\%$) fue muy superior con relación al de soya ($28,68 \pm 1,1\%$) y en todos los casos, más de 92% de los AGM correspondió al oleico. Por el contrario, en cuanto a los AGP, la cantidad presente en el aceite de soya ($47,9 \pm 2,7\%$) fue más de cinco veces la contenida en el de palma ($8,9 \pm 0,3\%$) y más de tres veces la que estaba en la mezcla de aceites ($14,1 \pm 5,3\%$). En los tres tipos de aceites el ácido linoleico representaba más de 90% del total de AGP. Se destacó el contenido de ácido linoléico en el aceite de

Tabla 3. Practicas relacionadas con la fritura según tipo de establecimiento.

Variable	Tipo de establecimiento		
	Restaurante	Cafetería	Puesto callejero
	(n=4) N	(n=4) N	(n=3) N
Frecuencia de cambio completo del aceite			
Cada 2 días	3	0	0
Semanal	1	3	0
Cada 20 días	0	0	3
Frecuencia de reposición parcial del aceite			
Diaria	1	4	3
No se realiza	3	0	0
Tipo de aceite			
Palma	2	2	3
Mezcla de aceites	2	0	0
Soya	0	2	0
Criterios para elección del aceite*			
Calidad	4	2	0
Economía	1	3	0
Sabor	0	0	2
Criterios de descarte del aceite*			
Color oscuro del aceite	3	3	1
Color oscuro del alimento	0	1	1
Olor del aceite	1	0	1
Políticas del establecimiento	1	1	2
Mezcla de alimentos en fritura			
Solo un tipo de alimento	1	1	1
Varios tipos de alimentos	3	3	2
Uso promedio de aceite/día			
Entre 1 y 2 horas	0	3	1
Entre 3 y 5 horas	4	1	1
Entre 5 y 8 horas	0	0	1
Número de frituras/día			
Continua	2	1	0
Discontinua (entre 2 y 3)	2	2	1
Discontinua (entre 4 y 5)	0	0	2
Discontinua (entre 6 y 8)	0	1	0
Color aceite			
Oscuro	3	1	0
Medianamente oscuro	1	2	2
Claro	0	1	1
Muy claro	0	0	0
Presencia de sólidos			
Abundante solidificación	2	1	0
Mediana solidificación	2	0	0
Pocos sólidos	0	1	2
Sin partículas	0	2	1

* Preguntas que podrían tener más de una respuesta.

Tabla 4. Comparación de los ácidos grasos en alimentos y aceites utilizados entre semana y los fines de semana.

	Aceite de fritura		Valor de p*	Alimento		Valor de p*
	Semana	Fin de semana		Semana	Fin de semana	
	(n=11) %	(n=11) %		(n=11) %	(n=11) %	
Σ AGS	41,7	42,1	0,72	42,0	41,4	0,37
Σ AGM	38,9	40,0	0,18	38,7	39,2	0,72
Σ AGP	17,5	16,3	0,72	16,9	18,2	0,13
Σ AGT	1,9	1,4	0,69	2,5	1,3	0,28

*Prueba de Wilcoxon

soya que representa cerca de 8% del aporte de AGP a diferencia del aceite de palma (2,2%) y del de mezclas vegetales (1,4%). La mejor relación W6/W3 la presentó el aceite de soya con 11,5±1,4 a diferencia de las mezclas vegetales (69,5±3,7) y el aceite de palma (43±0,2) (Tabla 5). Los valores de p según la prueba de Kruskal Wallis y Spearman para la comparación de cada grupo de ácidos grasos en los aceites se observa en la Tabla 6.

Según la prueba de correlación de Spearman entre AGS, AGM, AGP y AGT con el número de frituras, horas diarias de uso del aceite, categorías de color del aceite y el número de partículas en el mismo, se encontró asociación positiva entre AGS y presencia de partículas en el aceite (p=0,03). También se encontró correlación entre AGT con presencia de partículas en el aceite (p=0,04) y horas de uso diario del mismo (p=0,02) (Tabla 6).

Las comparaciones de las medianas de la sumatoria de AGS, AGM, AGP y AGT entre los aceites usados para freír un solo tipo de alimentos, frente a los utilizados para freír varios alimentos no mostraron diferencias significativas según la prueba de Kruskal Wallis (p>0,05), lo mismo ocurrió en las comparaciones de dichas medianas según la frecuencia de reposición del aceite y el tipo de establecimiento. Únicamente se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las compara-

ciones de las medianas de los AGS, AGM y AGP según el tipo de aceite usado (p=0,00) (Tabla 6), encontrando las medianas más altas de AGS en mezclas y aceite de palma en comparación con aceite de soya el cual tiene el contenido más alto de AGP (Tabla 5).

Contenido grasa y tipo de ácidos grasos de los alimentos según aceite de fritura

La cantidad de grasa aportada por cada porción de alimento varió desde 5,9 hasta 17,0 g según el tamaño de la misma y el tipo de alimento. La menor proporción de grasa por cada porción de alimentos se observó en la papa rellena (9,0%) y la mayor en las papas a la francesa fritas en mezcla de aceites vegetales (24%), seguido por las papas criollas fritas en aceite de palma y empanadas fritas en mezcla de aceite (23%) (Tabla 7). La comparación de los porcentajes promedio de AGS, AGM, AGP y AGT entre las papas a la francesa fritas en aceite de mezclas, las papas criollas fritas en aceite de palma y las papas a la francesa fritas en aceite de soya reveló diferentes estadísticas significativas en los AGS (p=0,04) y AGP (p=0,03). Se destacó el alto contenido de AGT en las papas criollas fritas en aceite de palma (Tabla 7).

Similar a lo ocurrido con los aceite, en todos los alimentos estudiados predominó en los AGS el

Tabla 5. Contenido de ácidos grasos de los aceites usados en la fritura.

Ácido graso		Tipo de aceite		
		Mezcla	Palma	Soya
		(n=2) X±DE %	(n=7) X±DE %	(n=2) X±DE %
C14:0	Mirístico	1,0±0,1	1,1±0,0	0,4±0,0
C16:0	Palmitico	35,8±2,6	37,7±0,6	14,3±0,9
C18:0	Esteárico	5,0±0,5	6,3±0,3	5,0±0,4
C20:0	Araquídico	0,4±0,0	1,8±0,0	0,4±0,0
C22:0	Behénico	0,0±0,0	0,0±0,0	0,4±0,0
C16:1	Palmitoleico	0,2±0,0	0,4±0,0	0,4±0,0
C18:1	Oleico	39,9±3,4	40,7±0,2	26,5±1,3
C20:1	Eicosenoico	0,2±0,1	0,3±0,0	0,8±0,0
C18:2n6	Linoleico	13,9±5,2	8,6±0,3	43,8±2,4
C18:3n3	α-Linolénico	0,2±0,0	0,2±0,0	3,8±0,4
C18:1 (trans-9)	Eláidico	0,0±0,0	0,0±0,0	0,3±0,0
C18:1 (trans-11)	Vaccénico	0,0±0,0	0,0±0,0	0,2±0,0
C18:2 (cis-9,trans-12)	Octadecadienóico (Ruménico)	0,8±0,6	0,5±0,0	1,1±0,1
C18:2 (trans-9,cis-12)	Octadecadienóico	0,8±0,7	0,4±0,0	1,1±0,1
Relación W6/W3		69,5±3,7	43,0±0,2	11,5±1,4
Σ AGS		42,9±3,1	47,7±0,5	20,7±1,8
Σ AGM		41,1±3,5	42,1±0,4	28,68±1,1
Σ AGP		14,1±5,3	8,9±0,3	47,9±2,7
Σ AGT		1,8±1,2	1,3±0,1	2,5±0,4

palmítico (C16:0), en los AGM el oleico (C18:1) y en los AGP el linoleico (C18:2n6). Los diferentes AGT no mostraron un patrón particular de distribución. Se resalta el alto contenido de ácido eláidico [C18:1 (trans-9)] en las papas criollas fritas en aceite de palma (Tabla 7).

DISCUSIÓN

El aporte de grasas de los alimentos y la distribución de la misma en AGS, AGM, AGP y AGT se relacionan con las distintas fracciones de lipoproteínas séricas, a su vez, las alteraciones de algunas

de ellas constituyen factores de riesgo para ECV, y para otras enfermedades crónicas degenerativas (16). Los principales hallazgos de este estudio fueron, la relación entre la composición de ácidos grasos en las papas fritas con la de los aceites de fritura. Además, la relación encontrada entre los AGS con la presencia de sólidos en el aceite ($p=0,03$) y entre AGT con las horas de uso diario del aceite ($p=0,02$) y la presencia de sólidos en el mismo ($p=0,04$).

Los resultados del presente estudio mostraron que el patrón de ácidos grasos en papas a la france-

Ácidos grasos en alimentos fritos y aceites de fritura

Tabla 6. Comparación entre ácidos grasos agrupados en saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y trans de los aceites, según variables relacionadas con la fritura

Ácidos grasos Aceite	Correlación de Spearman								Comparación de medianas			
	Numero de fritura/día		Uso promedio del aceite horas/día		Color aceite		Presencia de sólidos en el aceite		Mezcla de alimentos en fritura*	Frecuencia de reposición**	Tipo de aceite usado**	Tipo de establecimiento**
	(n=11)		(n=11)		(n=11)		(n=11)		(n=11)	(n=11)	(n=11)	(n=11)
	rS	p	rS	P	rS	p	rS	p	p	p	p	p
∑ AGS	0,06	0,85	0,46	0,14	0,02	0,94	0,63	0,03	0,79	0,22	0,00	0,78
∑ AGM	-0,03	0,91	0,54	0,08	0,11	0,74	0,56	0,07	0,60	0,22	0,00	0,08
∑ AGP	-0,03	0,92	0,49	0,12	-0,08	0,81	-0,45	0,15	0,79	0,22	0,00	0,70
∑ AGT	0,06	0,87	0,65	0,02	0,26	0,43	0,61	0,04	0,16	1,00	0,08	0,40

rS= Coeficiente de correlación de Spearman

*Valores de p según la prueba U de Mann-Whitney

**Valores de p según la prueba de Kruskal Wallis

Tabla 7. Contenido de ácidos grasos agrupados en saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y trans en cada porción de alimento, según tipo de aceite utilizado

Alimento por tipo de aceite	Peso de la porción promedio	Grasa total/ porción		AGS		AGM		AGP		AGT		
		g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	
		g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	
Mezclas de aceites		71	17	24	6,7	39,4	7	41,2	2,8	16,5	0,5	2,9
Papas a la francesa	(n=2)	42	9,7	23	3,5	36,1	3,8	39,2	2,3	23,7	0,1	1,0
Empanada	(n=2)											
Aceite de palma												
Empanada	(n=2)	33	5,9	18	3	50,8	2,4	40,7	0,4	6,8	0,1	1,7
Palito de queso	(n=4)	45	8,5	19	4,4	51,8	3,2	37,6	0,9	10,6	0	0,0
Papa criolla	(n=2)	60	13,8	23	5,9	42,8	5,6	40,6	1,2	8,7	1,1	8,0
Papa rellena	(n=2)	86	7,7	9	3,5	45,5	3,3	42,9	0,8	10,4	0,1	1,3
Pastel de pollo	(n=4)	75	16,4	22	7,5	45,7	6,9	42,1	1,9	11,6	0,1	0,6
Aceite de soya												
Buñuelo	(n=2)	56	11,7	21	3,9	33,3	3,4	29,1	4,1	35,0	0,3	2,6
Papas a la francesa	(n=2)	45	7,3	16	1,6	21,9	2,4	32,9	3,1	42,5	0,2	2,7
Valor de p*					0,17	0,04	0,11	0,03	0,03	0,57		

* Valor de p de la comparación del % promedio de cada grupo de ácidos grasos, entre las papas a la francesa fritas en mezclas de aceites vegetales, las papas criollas fritas en aceite de palma y las papas a la francesa fritas en aceite de soya según la prueba Kruskal Wallis

sa fritas en aceite de soya, otras fritas en mezcla de aceites vegetales y en papas criollas fritas en aceite de palma, tenía las mismas proporciones de AGS y AGP que sus respectivos aceites de fritura. Puesto que estos alimentos normalmente contienen cantidades mínimas de grasa, su contenido después de la fritura se atribuye enteramente a la absorción durante el proceso, con el reemplazo de buena parte de la humedad por la grasa de fritura. Infortunadamente, de los alimentos examinados más de la mitad fueron preparados en aceite de palma y no se encontraron otros tipos de alimentos preparados en diferentes clases de aceite que permitiera hacer otras comparaciones estadísticas. Sin embargo, en los alimentos fritos en aceite de palma predominó el aporte de AGS llegando hasta 51,8 % del total de la grasa, diferente a lo que ocurrió en aquellos fritos en aceite de soya en los cuales el aporte los AGP constituyó hasta 43,0% del total de las grasas y en aquellos alimentos fritos con una mezcla de aceites vegetales, el patrón de ácidos grasos fue muy similar al del aceite de palma.

La proporción de AGS encontrada en el palito de queso (51,8% del total de grasa) y en las papas fritas en mezcla de aceites (39,3%) fueron superiores a los reportados por Peterson y colaboradores en Argentina (17), de 21% en el palito de queso y 9,2% para las papas fritas, lo mismo que con los valores reportados por Tyburczy y colaboradores (18) de 20% para las papas fritas, 21,2% en un estudio de Guayaquil y próximos a los encontrados en Caracas en las papas fritas (33 a 41%) (19). Estudios clínicos han demostrado que los AGS de cadena larga como el láurico, mirístico, esteárico y palmítico tienen efectos adversos sobre el perfil lipídico (20), por elevar las concentraciones séricas de LDL-c y disminuir el HDL-c, cambios asociados con el riesgo de enfermedad cardiovascular (21). Por el contrario, cuando los insaturados cis de 18 carbonos como el oleico, linoleico y linolé-

nico sustituyen a los AGS o AGT, el riesgo cardiovascular disminuye asociado con la reducción del LDL-c (22). En el presente estudio se confirmó que el AGM predominante, tanto en los alimentos como en los aceites de fritura fue el ácido oleico, y en los AGP el linoleico. Sin embargo, únicamente en los alimentos fritos en aceite de soya el contenido de AGP y AGM fue superior al de AGS, contrario a lo encontrado por Peterson (17) y Tyburczy (18), esto se explica por la diferencia en la grasa utilizada. Esto indica que el alto consumo de los alimentos mencionados en Medellín, presenta mayor riesgo para ECV, para quienes lo consumen, en comparación con otras poblaciones.

En el presente estudio, entre los aceites de fritura después de usados, el de soya mostró el más alto contenido de AGT ($2,5 \pm 0,4\%$), en comparación con el de palma ($1,3 \pm 0,1\%$) y la mezcla de aceites vegetales ($1,8 \pm 1,2\%$) aunque las diferencias estadísticas no alcanzaron a ser significativas ($p=0,08$). Sin embargo, se sabe que la alta insaturación lo hace más susceptible a la isomerización producto del calor. Tyburczy y su grupo de trabajo (18) reportaron valores altos de AGT en papas fritas en aceite de soya (6-7%) que atribuyeron a la alta proporción de AGP (hasta 55,1%) en el aceite usado. Aunque este tipo de aceite tiene aspecto saludable por su mayor contenido de AGP, la formación de AGT asociada con el deficiente manejo durante la fritura es perjudicial, porque este tipo de ácidos grasos también se asocian con el riesgo para ECV (23-24). En este estudio se encontró relación directa entre el número de horas de uso diario del aceite con el contenido de AGT.

En aquellos aceites altamente insaturados, el tratamiento térmico induce isomerización de los ácidos grasos linoleico y el linoléico hasta los AGT C18:1 (elaídico:t-9 y vaccénico:t-11) (25), ambos asociados con riesgo para ECV (26-27). Se han reportado proporciones de AGT de 0,23-1,10% en

aceite de girasol sometido a 200°C durante 40 minutos (28) cifran que incrementaron hasta 3,2% cuando se aumentó la temperatura del aceite a 250°C durante el mismo tiempo (29). En los alimentos congelados sometidos prefritura, los AGT no sobrepasaron 0,25% (30). La formación de AGT se relaciona con la temperatura y tiempo de la fritura; para prevenir su formación los procesos de fritura deberían ser inferiores a cuatro horas (31). Aunque en los alimentos fritos en aceite de soya, las proporciones de AGT fueron relativamente altas (2,2%), fueron mayores en las papas fritas en mezcla de aceites vegetales (3,2%) e incluso se encontró una proporción atípica de 7,9% de AGT en las papas criollas fritas en aceite de palma, en el que se hacía fritura discontinua 4-5 veces al día, durante 5-8 horas diarias.

La principal limitación de este estudio fue el número reducido de establecimientos participantes, lo que limitó la aplicación de pruebas estadísticas para comparar las variables categóricas relacionadas con las prácticas de fritura según tipo de establecimiento. Aunque esto no permite sacar conclusiones definitivas, hubo varios hechos que llamaron la atención. Al parecer, según la encuesta realizada, las peores condiciones de fritura las presentaban los puestos callejeros porque todos utilizaban aceite de palma, hacían reposición total del aceite cada 20 días y parcial diariamente, además de otras prácticas de fritura deficientes compartidas con los otros establecimientos. Sin embargo, a la inspección visual la proporción de restaurantes que tenía aceite de color oscuro y presentaba solidificación fue mayor que en las cafeterías y los puestos callejeros. El color oscuro es un indicador de los procesos degradativos del aceite por la formación de compuestos oxidados, polimerizados y descomposición de los carotenos (32).

En el presente estudio se encontró asociación entre el contenido de sólidos en el aceite con los

AGS y AGT. En los restaurantes, a diferencia de los puestos callejeros y las cafeterías, debido a sus instalaciones, los usuarios no pueden ver el aceite de fritura, por lo que su recambio depende de la política del establecimiento más que del color del aceite, hecho documentado en otra investigación en Medellín (9). Lo observado en la inspección directa en algunos de los restaurantes contradice la información suministrada en la encuesta, posiblemente la persona responsable de suministrarla haya brindado información poco veraz, ante el temor de que la difusión de prácticas deficientes se conociera por los entes reguladores y tuviera consecuencias adversas. Cabe señalar que en Colombia no existe una normativa sobre el manejo de alimentos por diferentes tipos de establecimientos y que evalué aspectos diferentes a los higiénico-sanitarios, por tanto es importante incluir procesos relacionados con la cocción de los alimentos, entre ellos el recambio del aceite de fritura basado en parámetros cuantitativos más que cualitativos.

Es indispensable hacer la selección apropiada del aceite de fritura debido a la relación de las grasas dietarias con las distintas fracciones de lipoproteínas séricas, cuyos cambios a su vez constituyen factores de riesgo para ECV y otras enfermedades crónicas degenerativas. Es importante tener en mente los riesgos para la salud de los AGS y los beneficios de los AGM y AGP, especialmente la relación apropiada W6/W3. Teniendo en cuenta que la calidad del aceite utilizado en la fritura tiene gran impacto sobre la absorción de grasa por el alimento se recomienda utilizar, en la medida de lo posible aceite fresco, prácticamente conformado por triglicéridos, cuya estructura química se altera por el uso repetido. Los cambios fisicoquímicos producidos durante la fritura ocurren debido a diferentes factores, incluyendo el tipo de aceite utilizado y el volumen del mismo, limpieza de la freidora, el tiempo de exposición al calor, la composición

Tabla 8. Distribución de ácidos grasos presentes en los alimentos fritos según tipo de aceite utilizado

Alimentos según aceite de fritura	n	C14:0	C16:0	C18:0	C20:0	C22:0	C16:1	C18:1	C20:1	C18:2n6	C18:3n3	C18:1 (trans-9)	C18:1 (trans-11)	C18:2 (cis-9, trans-12)	C18:2 (cis-9, trans-12)	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Mezcla de aceites																
Papas a la francesa	2	0,8	33,1	4,5	0,4	0	0,2	39,9	0,3	16	0,4	0,3	0,2	1,1	1,2	
Empanada	2	0,7	29,9	5	0,4	0	0,2	37,4	0,5	21,9	1,2	0,1	0,1	0,4	0,4	
Aceite de palma																
Empanada	2	1,3	41,3	7	0,4	0,2	0,4	39,6	0,2	6,5	0,1	0,4	0,4	0,3	0,3	
Palito de queso	4	2,6	37,2	7,3	0,4	0	0,6	37,4	0,2	9,8	0,3	0,2	0,8	0,2	0,2	
Papa criolla	2	1,6	37,8	3,4	0,4	0	0,3	40,8	0,2	8,5	0,2	7,3	0,4	0,3	0,3	
Papa rellena	2	1,2	33,8	8,4	0,3	0,2	0,9	40,9	0,3	10,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	
Pastel de pollo	4	1,1	35,7	5,7	0,4	0	0,7	39,8	0	13,8	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	
Aceite de soya																
Buñuelo	2	3,4	18,9	9,2	0,4	0	0,7	24,1	3,9	32,6	3,3	0,3	1,7	0,6	0,4	
Papas a la francesa	2	0,3	16,5	4,7	0,4	0	0,5	29,8	1,1	39,4	2,3	0,1	0,1	1	1	

Ácidos grasos en alimentos fritos y aceites de fritura

del producto alimentario que se fríe, el volumen de alimentos, la temperatura alcanzada por el aceite y el grado de exposición atmosférica (6-8).

En conclusión las proporciones de AGS y AGP en los alimentos fritos se relacionan con la presencia de estos en los aceites utilizados para la fritura. El factor determinante de la distribución de dichos grupos de ácidos grasos en los aceites de fritura es el tipo de aceite utilizado, además en estos existe relación entre AGS con la presencia de partículas en el aceite y entre AGT con las horas de uso diario del aceite y la presencia de partículas en el mismo. En las papas fritas con diferentes tipos de aceite, al igual que en las papas criollas fritas en aceite de palma y en empanadas preparadas en el mismo tipo de aceite presentaron cantidades altas de AGT. De los tres aceites usados para fritura encontrados en este estudio, el mejor en cuanto a la composición de AGS, AGM, AGP y relación W6/W3 fue el de soya, pero a su vez fue el que mayor composición de AGT presentó, asociado con las horas de uso diario y el contenido de sólidos, lo

cual puede prevenirse con el uso correcto del proceso de fritura.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia por financiar este proyecto, al grupo de voluntarios de la Escuela por la realización de las encuestas y al Laboratorio de Alimentación y Nutrición Humana (GIANH) por prestar sus espacios y servicios.

FINANCIACIÓN

Este proyecto fue financiado por la Escuela de Nutrición y Dietética y apoyado por el Laboratorio de Alimentación y Nutrición Humana de la Universidad de Antioquia.

Referencias

1. Bordin K, Tomihei M, Kazue K, Favaro C. Changes in food caused by deep fat frying-A review. Arch Latinoam Nutr. 2013;63:5-13.
2. Sanchez-Muniz FJ. Oils and fats: Changes due to culinary and industrial processes. Int J Vitam Nutr Res. 2006;76:230-7. <http://dx.doi.org/10.1024/0300-9831.76.4.230>
3. Choe E, Min DB. Chemistry of deep-fat frying oils. J Food Sci. 2007;72:77-86.
4. Yagüe MA. Estudio de utilización de aceites para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona; 2003. [citado junio de 2013]. Disponible en: <http://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/mangeles-aylon-blog.pdf>
5. Martin C, Milinsk M, Visentainer J, Matsushita M, De-Souza N. Trans fatty acid-forming processes in foods: a review. An Acad Bras Cienc. 2007;79:343-50. <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652007000200015>
6. Masson L, Robert P, Izaurieta M, Romero N. Fat deterioration in deep fat frying of french fries potatoes at restaurant and food shop sector. Grasas y Aceites. 1999;50:460-8. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.1999.v50.i6.695>
7. Robert P, Masson L, Romero N, Dobarganes MC, Izaurieta M, Ortiz J, et al. Industrial frying of crisps: Influence of the unsaturation degree of frying fat on the oxidative stability during storage. Grasas y Aceites. 2001;52:389-96. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.2001.v52.i6.349>

8. Saguy IS, Dana D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J Food Eng.* 2003;56:143-52. [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00243-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00243-1)
9. Vives J. Puntos críticos en preparación de alimentos fritos en 80 cafeterías del municipio de Medellín. *Perspect Nutr Humana.* 2003;9:23-31.
10. Stender S, Dyerberg J. Influence of trans fatty acids on health. *Ann Nutr Metab.* 2004;48:61-6. <http://dx.doi.org/10.1159/000075591>
11. OMS. Estadísticas sanitarias mundiales 2009: mortalidad y morbilidad por causas específicas. [citado: junio de 2013]. Disponible en: http://www.who.int/whosis/whostat/ES_WHS09_Table2.pdf
12. Carrero J, Martín-Bautista E, Baró L, Fonollá J, Jiménez J, Boza J, et al. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutr Hosp.* 2005;20:63-9.
13. Alfaia CM, Alves SP, Lopes AF, Fernandes MJ, Costa AS, Fontes CM, et al. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Sci.* 2010;84:769-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.11.014>
14. Gómez JA. Parque de la vida: otro aporte al desarrollo integral de Medellín. Medellín: Alcaldía; 2014. [citado enero de 2014]. Disponible en: http://www.udea.edu.co/portal/page/portal/BibliotecaPortal/DetalleNoticia/facultadMedicina?p_id=13041913&p_siteid=37
15. AOAC International. Official method 996.06: Fat (Total, saturated and unsaturated) in food. Rockville, MD; 2001. [citado mayo de 2013]. Disponible en: <http://files.instrument.com.cn/bbs/upfile/2008622221856.pdf>
16. Ulbricht TL, Southgate DA. Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet.* 1991;228:985-92. [http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
17. Peterson G, Aguilar D, Espeche M, Mesa M, Jáuregui P, Dias H, et al. Ácidos grasos trans en alimentos consumidos habitualmente por los jóvenes en Argentina. *Rev Chil Pediatr.* 2006;77:92-101. <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062006000100015>
18. Tyburczy C, Delmonte P, Fardin-Kia AR, Mossoba MM, Kramer JK, Rader JL. Profile of trans fatty acids (FAs) including trans polyunsaturated FAs in representative fast food samples. *J Agric Food Chem.* 2012;60:4567-77. <http://dx.doi.org/10.1021/jf300585s>
19. Ortiz N, Montilla J, Alfonso C, Rodríguez O. Contenido de ácidos grasos "trans" eláidico y linoeláidico en alimentos consumidos en Caracas y Guayaquil. *Diabetes Internacional.* 2011;3:98-102.
20. Hunter JE, Zhang J, Kris-Etherton PM. Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 2010;91:46-63. <http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.2009.27661>
21. Mauger JF, Lichtenstein AH, Ausman LM, Jalbert SM, Jauhainen M, Ehnholm C, et al. Effect of different forms of dietary hydro-genated fats on LDL particle size. *Am J Clin Nutr.* 2003;78:370-5.
22. Mensink RP, Zock PL, Kester AD, Katan MB. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL-cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr.* 2003;77:1146-55.
23. De Roos N, Schouten E, Katan M. Consumption of a solid fat rich in lauric acid results in a more favorable serum lipid profile in healthy men and women than consumption of a solid fat rich in trans-fatty acids. *J Nutr.* 2001;131:242-5.
24. Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, Rimm E, Colditz GA, Rosner BA, et al. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med.* 1997;337:1491-9. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM199711203372102>
25. Tsuzuki W, Matsuoka A, Ushida K. Formation of trans fatty acids in edible oils during the frying and heating process. *Food Chem.* 2010;123:976-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.048>

Ácidos grasos en alimentos fritos y aceites de fritura

26. Du ZY, Degrace P, Gresti J, Loreau O, Clouet P. Vaccenic and elaidic acid equally esterify into triacylglycerols, but differently into phospholipids of fed rat liver cells. *Lipids*. 2011;46:647-57. <http://dx.doi.org/10.1007/s11745-011-3569-6>
27. Kuhnt K, Baehr M, Rohrer C, Jahreis G. Trans fatty acid isomers and the trans-9/trans-11 index in fat containing foods. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2011;113:1281-92. <http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201100037>
28. Romero A, Cuesta C, Sanchez-Muniz F. Trans fatty acid production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. *Nutr Res*. 2000;20:599-608. [http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317\(00\)00150-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317(00)00150-0)
29. Bansal G, Zhou W, Tan TW, Neo FL, Lo HL. Analysis of trans fatty acids in deep frying oils by three different approaches. *Food Chem*. 2009;116:535-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.083>
30. Miranda JM, Martínez B, Pérez B, Antón X, Vázquez BI, Fente CA, et al. The effects of industrial pre-frying and domestic cooking methods on the nutritional compositions and fatty acid profiles of two different frozen breaded foods. *LWT. Food Sci Technol*. 2010;43:1271-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.03.013>
31. Cuesta C, Romero A, Sanchez-Muniz F. Fatty acid changes in high oleic acid sunflower oil during successive deep-fat fryings of frozen foods. *Food Sci Technol Int*. 2001;7:317-28. <http://dx.doi.org/10.1106/197R-7YNE-8QNH-715Y>
32. Brien RD. *Fats and oils: Formulating and processing for applications*. 3rd ed. New York: Taylor & Francis; 2008.