

# REVISION BIBLIOGRAFICA

## La fritura de los alimentos: pérdida y ganancia de nutrientes en los alimentos fritos

PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA  
ISSN 0124-4108 Vol. 10 No. 1 Enero-Junio de 2008  
Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia págs. 77-88

Artículo recibido: 30 de octubre de 2007  
Aceptado: 18 de marzo de 2008

### **Adriana Cecilia Suaterna Hurtado**

ND, Esp en Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Profesora Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia  
adrisu@pjaos.udea.edu.co

## Resumen

La fritura es uno de los métodos de cocción más simples. Consiste en calentar aceite o grasa comestible entre 160 y 180 C e introducir el alimento para su cocción. Este método se caracteriza por formar una “costra” en la superficie del alimento y generar un sabor característico, agradable. Durante la fritura se presentan cambios en la composición nutricional de los alimentos, estos dependen del tipo de grasa, de las características propias del alimento, del tiempo, la temperatura y demás condiciones del proceso. Entre los cambios que más comúnmente se presentan está el aumento en el contenido de la grasa total o disminución, en el caso de los alimentos ricos en ésta con una tendencia similar al aceite o grasa utilizado. Con relación al contenido de vitaminas y minerales, las pérdidas de estos componentes son menores cuando se compara el método de fritura con otros métodos de cocción, debido a la rapidez del proceso. Durante el proceso de fritura también ocurren cambios indeseables como la formación de oxiesteroles por oxidación del colesterol cuando se fríen alimentos de origen animal o en grasa animal, y formación de acrilamidas, ambos compuestos relacionados con el aumento del riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles como las cardiovasculares y el cáncer.

**Palabras clave:** fritura, nutrientes, alimentos, aceites, grasas, cocción

## Deep frying: nutrient losses and profits from fried foods

### Abstract

Deep-fry is one of the simple food cooking processes that is used mainly to prepare potatoes. This cooking method consists of heating edible oil at 160 to 180 °C, at this temperature food fried like potatoes gets "crust" and develops a good taste. During the frying process food composition may change according to the type of food as well as the frying method applied. Food modification occurs mostly in total cholesterol, fat content and also fatty acids composition, even though, most of the vitamins are retained in fried food, some unlike changes occur in high carbohydrates food content such as cholesterol oxidation and acrylamide formation that are related to cardiovascular diseases.

**Key words:** deep frying, nutrients, foods, cooking, oil, food handling methods

### INTRODUCCIÓN

La fritura de los alimentos es uno de los métodos de cocción que mayor aceptación mundial tiene, no sólo por el sabor y textura crujiente que le aporta al alimento, sino por la rapidez de su preparación. Sin embargo el alto consumo de alimentos fritos es considerado un factor de riesgo para la salud, dado el alto contenido calórico que presentan a expensas de la grasa y por la formación de compuestos tóxicos, debido principalmente a procesos agresivos de fritura, entre ellos las acrilamidas, las cuales se han relacionado con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (1).

En este artículo, solo se analizará el alimento frito desde los aspectos nutricionales y toxicológicos que pueden ocurrir durante su procesamiento, buscando con ello aclarar dudas acerca de la ganancia, retención y formación de compuestos importantes para la salud y la nutrición.

### PROCESO DE FRITURA DE LOS ALIMENTOS

La fritura es un proceso extremadamente complejo que involucra factores dependientes del proceso,

del alimento y del tipo de grasa o aceite utilizado. En esencia, la fritura se define como la cocción de los alimentos en aceite o grasa caliente a temperaturas elevadas (160-180°C), donde el aceite actúa como transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme del producto (2).

Básicamente, la fritura es un proceso de deshidratación, con tres características distintivas: corto tiempo de cocción debido a la rápida transferencia de calor que se logra con el aceite caliente; temperatura en el interior del alimento menor a 100°C; y absorción de la grasa del medio por el alimento (2, 3).

Existen dos formas para realizar la fritura: superficial o en poca grasa y profunda o en abundante grasa. La primera, se realiza en un recipiente más o menos plano, tipo sartén, precalentado, donde parte del alimento queda fuera del aceite o grasa. La cantidad de aceite utilizado es mínima, pero suficiente para evitar que se adhiera el producto. La sartén no debe taparse para evitar que la parte no sumergida se cocine por efecto del vapor interno generado al calentarse (4).

En la fritura profunda o en abundante grasa se sumerge totalmente el alimento en aceite caliente; normalmente se realiza en una freidora o en re-

recipientes profundos con una capacidad alta para contener el aceite, en una relación producto: aceite entre 1:6 y 1:10, es decir que por cada gramo de alimento que se prepare debe adicionarse de 6 a 10 ml de aceite para mantener la relación. Este tipo de fritura es uniforme en toda la superficie y por lo general, el alimento se sumerge previamente en un apanado o batido para formar una capa protectora entre el alimento y la grasa (4).

**Absorción de grasa por los alimentos durante la fritura:** la magnitud de los cambios durante el proceso de fritura de un alimento depende de las condiciones del proceso de fritura, el tipo y la calidad y cantidad de grasa utilizada, y de las características de los alimentos a freír.

**Condiciones del proceso de fritura:** dentro de las condiciones del proceso de fritura que mayor importancia tienen sobre la absorción de grasa y el perfil final de ácidos grasos de los alimentos se encuentran la temperatura y la calidad y cantidad del aceite o grasa. Sin embargo las investigaciones no se pueden comparar entre sí debido a las diferencias en las metodologías y a los alimentos utilizados.

Moyano y Pedreschi (5) investigaron la influencia de la temperatura en la absorción de grasa de papas a la francesa reportando que a menor temperatura de fritura mayor contenido de grasa, cuando se comparó la fritura a 120 C, 150°C y 180 C. Math y colaboradores (6) reportaron que a mayor temperatura mayor es la absorción de grasa en rollos de harina (alimentos muy populares en la india) a los 40 segundos de fritura, siendo la absorción de 42,22%, 45,70% y 50,36% a los 165°C, 175°C y 185°C respectivamente.

Adicionalmente, hay investigaciones que indican que la ganancia del contenido de grasa total es mayor durante el periodo de enfriamiento del alimento que durante el periodo de fritura, debido a que la absorción de grasa es un fenómeno de superficie. Durante el enfriamiento, los poros del alimento están

más abiertos y la grasa superficial penetra mucho más fácilmente que durante la inmersión (7, 8). Solo del 15 al 20% del aceite se absorbe en la inmersión, mientras que el 65% del contenido total del aceite se absorbe durante el enfriamiento post-fritura y el resto es mantenido en la superficie o en los poros de la estructura crujiente (8).

Ngadi y colaboradores (10), relacionaron significativamente, el tiempo de fritura con la ganancia de grasa total en nuggets de pollo, concluyendo que a mayor tiempo de cocción mayor es la ganancia de grasa en estos alimentos, esto de igual manera, puede deberse a la temperatura de fritura. Love y Prusa (11) investigaron el efecto de dejar enfriar la carne en el aceite de fritura, sobre el contenido de grasa total, reportando que 15 minutos después de terminado el proceso de fritura la absorción de la grasa incrementa significativamente, siendo mayor la absorción en la carne apanada (6 a 8% de grasa adicional) que en la no apanada (1,1%).

Con relación a la calidad del aceite o grasa de fritura, las investigaciones sugieren que la composición de la grasa de los alimentos fritos tiende a ser similar a la grasa de la fritura sin importar el tipo de alimento, por lo tanto, si un alimento es frito en un aceite o en una grasa con alto contenido de ácidos grasos saturados o compuestos tóxicos, el alimento frito tenderá a tener un alto contenido de estos compuestos así naturalmente no los contenga (4, 12, 13, 14,15, 16, 17) .

**Cambios en la composición de los ácidos grasos:** además del aumento en el contenido de grasa total y de la tendencia de los alimentos fritos a presentar un perfil de ácidos grasos similar al del medio de cocción, otros investigadores han descrito el comportamiento de los ácidos grasos omega 3 (EPA y DHA) en los pescados porque son alimentos fuente de estos compuestos y normalmente se consumen fritos. Pescados como el salmón, el lenguado, el arenque, y la trucha, presentaron una

disminución leve en el contenido de EPA + DHA por fritura, a excepción de la trucha, la cual mostró una modesta pero no significativa reducción en estos ácidos grasos (18, 19).

El ácido linoléico conjugado (CLA) ha sido otro de los ácidos grasos estudiados con relación a los métodos de cocción, pues al igual que los omega 3, se vincula con la prevención de enfermedades. Shantha y colaboradores (20) investigaron el efecto de la fritura de la carne de res sobre el contenido de CLA, con dos grados de cocción (temperatura interna de 60 C y de 80 C), reportando un aumento en el contenido de este ácido graso, sin encontrar diferencias significativas por grado de cocción de la carne. Esto pudo deberse a la concentración de compuestos por efecto de la deshidratación de la carne.

Los ácidos grasos *trans* son otros compuestos cuyo consumo se ha relacionado con un aumento en el riesgo de enfermedad cardiovascular (21). Las investigaciones han reportado que el contenido de ácidos grasos *trans* en los alimentos fritos se puede deber a la temperatura que alcanza la superficie del alimento en el aceite caliente y al número de frituras realizadas en un mismo aceite, sin encontrarse diferencias significativas entre el tipo de aceite utilizado y el reemplazo de éste. Romero y colaboradores (22) investigaron el contenido de ácidos grasos *trans* en papas a la francesa congeladas y fritas

en abundante aceite de oliva extra virgen, aceite de girasol enriquecido y aceite de girasol regular, con una secuencia de 20 frituras de otros alimentos congelados y con y sin reemplazo de aceite, reportando que la formación de ácidos grasos *trans* se presentaba en cantidades trazas.

**Efecto de la composición inicial del alimento en la absorción de grasa:** no todos los alimentos absorben la misma cantidad de aceite o grasa durante la fritura; la absorción depende de varios factores como el contenido de agua del alimento, tamaño o superficie de contacto, cobertura que presente el alimento y pre-tratamientos como secado, blanqueado, y pre-fritura. La principal teoría que sustenta las diferencias en la absorción de grasa de un alimento es explicada como el reemplazo del agua del alimento que se evapora durante el proceso por el aceite o grasa de cocción (2).

Makinson y colaboradores (24) compararon la absorción de grasa de alimentos de origen vegetal con alimentos de origen animal fritos en abundante grasa a 175°C, concluyendo que los alimentos de origen vegetal que inicialmente contenían mayor cantidad de agua y bajo contenido de grasa, absorbían más grasa de fritura que los alimentos de origen animal, como se observa en la tabla 1.

Otros estudios han confirmado que los alimentos de origen animal no ganan mucha grasa durante la fritu-

**Tabla 1.** Cantidad de grasa absorbida por diferentes alimentos fritos en abundante grasa a 175 C

Alimentos de origen vegetal	g grasa/100g de peso seco	Alimentos de origen animal	g grasa/100g de peso seco
Pan blanco	+56,3	Carne de res	+7,2
Champiñones	+74,0	Muslo de pollo	+9,1
Cebolla	+34,5	Carne de cerdo	+6,8
Papa	+18,7	Salchicha de res	-11,6

Fuente: Makinson (24)

ra, independientemente del tipo y cantidad de grasa o aceite utilizado (25, 26, 27, 28). La explicación que se da para sustentar la poca ganancia de grasa de los alimentos de origen animal durante la fritura es que el espacio intracelular del tejido animal está lleno de fluidos que no permiten retener grasa, mientras que el espacio intracelular de los tejidos vegetales es lleno de aire, lo que le da gran capacidad para retener la grasa absorbida (3). Sin embargo, existen diferencias en la ganancia de grasa entre los mismos alimentos de origen animal. En investigaciones de Sánchez-Muniz (12), Sioen (14) y Echarte (29), se reportó un aumento en el contenido de grasa total en pescados como salmón y sardina, lo cual se debió al tipo de grasa o aceite utilizado, aumentándose más la absorción en manteca de cerdo que en los aceites vegetales.

Para productos cárnicos como salchichas y hamburguesas, Sheard y colaboradores (30) investigaron las diferencias en la ganancia de grasa de productos regulares versus los productos bajos en grasa, reportando que los productos cárnicos con bajo contenido de grasa tienden a aumentar significativamente la grasa durante la fritura a diferencia de los regulares (Ver tabla 2).

Otros aspectos que influyen en la ganancia o no de grasa durante la fritura son los pre-tratamientos de los alimentos como el secado previo que se

realiza con toallas absorbentes, lo cual se ha visto disminuye la grasa absorbida, esto es explicado por la reducción inicial de humedad (11). El blanqueamiento, otro proceso de pre-cocción que se realiza sometiendo el alimento a agua hirviendo por un periodo máximo de tres minutos, aumenta el contenido de grasa (5). El proceso de pre-fritura, normalmente realizado después del blanqueamiento de las papas congeladas, aumenta el contenido de grasa de los alimentos en la segunda fritura de un 6% a un 23% (31).

**Superficie de contacto y cobertura del alimento:**

la gran mayoría de grasa absorbida por un alimento durante la fritura se localiza en la superficie en contacto con el aceite o grasa, por lo tanto, el tamaño y la forma son importantes al considerar la cantidad de grasa absorbida, por ejemplo, cuando el tamaño de papas a la francesa disminuye, aumenta significativamente el contenido de grasa en forma lineal, al igual que entre mas corrugada sea la superficie, mayor ganancia de grasa (32).

Otro aspecto relacionado con la ganancia de grasa es la presencia del apanado, el cual es básicamente una mezcla compuesta por agua, harina de trigo o miga de pan y sazónadores, que se utiliza para cubrir los alimentos antes de la fritura para formar una costra dura impermeable al movimiento del agua y de la grasa. Sin embargo, esta cobertura también

**Tabla 2.** Contenido de grasa en algunos alimentos regulares y bajos en grasa después de fritos

Alimento	% grasa	
	Cruda	Frita
Salchicha de cerdo	23,0 ± 0,3	19,4 ± 0,1
Salchicha de cerdo y res	20,7 ± 0,3	13,8 ± 0,2
Salchicha baja en grasa	8,7 ± 0,2	9,4 ± 0,1
Hamburguesa 100% de res	27,4 ± 0,8	15,8 ± 1,2
Hamburguesa de res baja grasa	7,5 ± 0,2	11,3 ± 0,1

Fuente: Sheard (30)

atrapa grasa, aumentando el contenido calórico del alimento, por eso han sido varias las investigaciones que buscan una mezcla capaz de formar una barrera contra la absorción de grasa; dentro de los ingredientes más utilizados se tienen los alginatos, la celulosa, la metilcelulosa, el salvado de soya y la proteína de soya, sin obtener aún una mezcla óptima (33, 34, 35).

Tanto el grupo de investigación de Makinson (24) como el de Clausen (36), afirman que una forma de disminuir la absorción de grasa en alimentos apanados es pasar primero el alimento por el batido de huevo y luego cubrir con cobertura de pan, lo que crea una costra más dura que solo apanar con miga de pan. Adicionar hidrocoloides al apanado, o sustituir la harina de trigo por harina de maíz, y cuando no se agrega sal, disminuye la absorción de grasa (2).

## OTROS COMPUESTOS IMPORTANTES EN LA FRITURA DE LOS ALIMENTOS

**Colesterol y colesterol oxidado:** el colesterol y el colesterol oxidado (COP), también conocido como oxisterol, son compuestos que se encuentran exclusivamente en los alimentos de origen animal. Su importancia radica en que un alto consumo de estos compuestos tiene efectos no benéficos en los lípidos sanguíneos, como por ejemplo aumento por encima de lo normal de las LDL colesterol, aumentando el riesgo de enfermedad cardiovascular; adicionalmente se les ha atribuido efectos mutagénicos y cancerígenos, siendo mayor el efecto del oxisterol (37).

Aún no es claro el efecto de la fritura sobre el contenido de colesterol de los alimentos fritos; algunas investigaciones reportan un aumento de este como parte de la concentración de los compuestos debido a la deshidratación (29, 38, 39), mientras que otras reportan disminución por goteo o por oxidación del colesterol (12, 40).

A diferencia del colesterol, todas las investigaciones reportan un aumento significativo del colesterol oxidado por fritura, independiente del tipo de grasa utilizada, pero dependiente del tiempo de cocción y del tipo de alimento (15, 21, 23, 26, 37, 41, 42). Esto es explicado no solo por la pérdida de peso en el alimento por la evaporación del agua, sino también porque la relación oxisterol/colesterol muestra oxidación del colesterol. Sin embargo, cuando el método de fritura es comparado con métodos de cocción como el horneado y el microondas, el aumento es mucho menor, probablemente por la acción que ejerce el contenido de antioxidantes de los aceites utilizados en la fritura (15).

Aunque en alimentos de origen vegetal naturalmente no se encuentra colesterol, cuando son fritos en grasa animal, estos alimentos presentan colesterol y colesterol oxidado por absorción del medio (2).

**Macro y micronutrientes:** aunque son muy pocas las investigaciones que relacionan la fritura de los alimentos con otros nutrientes diferentes a los lípidos, no se ha reportado ningún efecto negativo en la digestibilidad de las proteínas en alimentos como carne de res, cerdo, pescado y albóndigas de carne, cuando se someten a fritura sin ningún otro ingrediente adicional (2, 43); en los carbohidratos se reporta una tendencia a la conversión de los almidones a resistentes, lo que implica una disminución de la digestibilidad, pero un aumento en el contenido de fibra (44).

**Vitaminas y minerales:** con relación a las vitaminas, las investigaciones reportan una alta estabilidad de las vitaminas hidrosolubles por fritura, cuando se compara con métodos de cocción como ebullición (45). Una de las teorías dadas es que esta estabilidad se debe a que en la fritura, la temperatura interna de los alimentos nunca excede los 100 C, los tiempos de fritura son muy cortos, y la costra dura que se crea con el apanado retiene los líquidos de los alimentos. Sin embargo, la tiamina sigue siendo

la vitamina que más pérdidas presenta (11, 46, 47, 48). Una recopilación de los porcentajes de retención por fritura de algunas vitaminas hidrosolubles, se relaciona en la tabla 3. De igual manera, para vitamina C, se ha observado una alta inestabilidad dependiente del tipo de aceite utilizado para la fritura, siendo el aceite de oliva refinado el que muestra mayor pérdida en brócoli frito, pero cuando se utilizó aceite de oliva extra virgen se presentó retención (47).

**Tabla 3.** Porcentaje de retención de algunas vitaminas por fritura

Vitamina	Alimentos	% retención
C	Varios vegetales	57 - 77
Tiamina	Carne de pollo	28,2 - 45,8
Riboflavina	Carne pollo	46 - 79
Folato	Vegetales de hoja	43 - 70
Folato	Otros vegetales	100
Folato	Hígado de res	50
B <sub>6</sub>	Carne de pollo apanada	95
B <sub>12</sub>	Carne de res	100

**Fuente:** Love (11), Lešková (46), Al-Khalifa (48), Simonne (49)

Al-Khalifa y Dawood (48) investigaron la retención de tiamina durante la cocción de pollo reportando altas pérdidas por fritura profunda, siendo mayor la pérdida en carnes de pollo donde hay menos irrigación sanguínea del ave, como la pechuga, que en carnes donde hay mayor irrigación, como muslos y contramuslos (retención del 28,2% y del 45,8% respectivamente). Fillion y Henry (3) reportaron porcentajes de pérdida de esta vitamina y concluyeron que la pérdida dependía del tipo de carne, siendo mayor la pérdida en carne de pollo blanca (hasta del 70%) que en carne de cerdo (hasta del 30%).

Las investigaciones llevadas a cabo para determinar la retención de las vitaminas liposolubles se han enfocado principalmente en el comportamiento de

la vitamina E y los carotenoides; algunas llegan a la conclusión de que estas vitaminas no disminuyen significativamente en el alimento frito (retención de 90%), independientemente del tiempo de fritura y el tipo de aceite (26, 45, 50, 51, 52, 53), otras reportan pérdidas significativas (54) e incluso se ha reportado un aumento de ellas, por absorción del aceite (2, 3, 55).

Al determinar el efecto de la fritura sobre los  $\beta$ -carotenos se reportan retenciones entre el 19% y el 92%, siendo la arveja el vegetal con mayor retención de  $\beta$ -caroteno y los vegetales de hoja los de menor retención (46, 51, 54, 55) e incluso en alimentos bio-fortificados con  $\beta$ -carotenos como las batatas la retención después de fritura profunda es del 78% (52). También se ha analizado el efecto del tiempo de fritura y del tamaño de patatas, tomates y pimentón en el contenido de  $\beta$ -caroteno sin encontrar diferencias significativas, por el contrario, los tomates en cuartos fritos por un minuto comparado con tomates en mitades, presentaron menor contenido de carotenos, probablemente debido a la superficie de contacto entre el alimento y el aceite de fritura (50).

Para vitamina E (Tabla 4) se ha reportado un incremento significativo en camarones apanados fritos en abundante aceite (49), mientras que para nuggets de pollo, salmón y carne de res, los cambios no han sido significativos, aunque depende del tipo de aceite utilizado (26, 56).

El efecto de la fritura de los alimentos sobre los minerales ha sido muy poco estudiado durante la cocción (2). Juárez y colaboradores (56) examinaron el efecto de la fritura de carne de cerdo apanada en abundante grasa sobre el contenido de Fe, Cu, Zn, Mg y Ca, reportando que el Ca y el Cu eran los minerales que más se retienen por fritura (97%), seguidos del Fe y el Mg (87%) y por último el Zn (75%), retención también observada en brócoli frito por Moreno y colaboradores (47).

**Tabla 4.** Absorción de vitamina E en alimentos

Alimentos	Vitamina E (mg -TE/100g)	Alimentos	Vitamina E (mg -TE/100g)
Papa cruda	0,06	Nugget de pollo crudo	4,6
Papas chips fritas en aceite vegetal	0,39	Nugget de pollo fritos	4,9
Papas a la francesa	1,00	Camarones apanados crudos	0,6
Papas chips congeladas fritas en aceite de maíz	3,27	Camarones apanados fritos en aceite no fortificado	5,1
Papas chips caseras fritas en aceite de maíz	4,90	Camarones apanados fritos en aceite fortificado con palmitato de retinil	5,8

Adaptado de Fillion (3), Simonne (49)

**Acrilamidas:** durante la fritura de alimentos con alto contenido de carbohidratos como las papas a la francesa o en tajadas, se ha detectado la formación de compuestos tóxicos denominados acrilamidas, los cuales son moléculas pequeñas, volátiles, y altamente reactivas que se han relacionado con una alta probabilidad de cáncer en roedores (57).

Las acrilamidas se forman cuando los alimentos son sometidos a temperaturas superiores de 120°C, aumentando con el tiempo de calentamiento y el corte del producto (57, 58, 59, 60, 61). Aunque la concentración máxima de acrilamidas se da después de ocho minutos, la concentración tiende a disminuir espontáneamente, sugiriendo una degradación por el calor (58). Con relación a la superficie de contacto, se ha reportado un mayor contenido de acrilamidas a menor tamaño de las papas (60).

Adicionalmente, se ha reportado que la formación de acrilamidas en los alimentos fritos depende de no solo del tipo de aceite utilizado, sino también de la presencia del aminoácido asparagina y glucosa en el mismo alimento (61); otras investigaciones han establecido que no hay diferencias significativas en la formación de acrilamidas con respecto a los aceites de oliva, girasol, soya, maíz y palma, utilizados

en la fritura por 5 minutos a 175 C de papas a la francesa (61, 62).

Entre de las alternativas propuestas para disminuir la formación de acrilamidas en las papas a la francesa se recomienda el proceso de blanqueado previo (70 C/1-3 min) y el blanqueado con adición de ácido cítrico o acético, siendo este último la forma más efectiva (57, 63).

## CONCLUSIÓN

Debido al corto tiempo que necesita el proceso de fritura y a que la temperatura interna que alcanzan los alimentos no excede los 100°C, la retención de los nutrientes se ve favorecida, principalmente con relación a la retención de la proteína y de los minerales. Sin embargo, la aplicación de este método a los alimentos conlleva a un aumento en el contenido calórico a expensas de la grasa. Adicionalmente, el aceite o grasa utilizada para la fritura influye tanto en el perfil de ácidos grasos como de colesterol de los alimentos. Por otra parte, es importante tener en cuenta que durante la fritura de alimentos de origen animal puede generarse un aumento en el contenido de un compuesto aterogénico conocido como oxisterol, el cual se presenta principalmente



por oxidación del colesterol; sin embargo, cuando se utiliza un aceite vegetal con antioxidantes se disminuye su formación. De igual manera, durante la fritura, especialmente de alimentos con alto contenido de carbohidratos como las papas, se forma

otro compuesto tóxico llamado acrilamida, pero la utilización de la técnica de blanqueado de los alimentos disminuye su formación, especialmente si se combina con la utilización de ácido ascórbico o vitamina C.

## Referencias

1. FAO/OMS. Consecuencias para la salud de acrilamida en los alimentos. Informe de consulta conjunta FAO/OMS. Ginebra; 2002.
2. Saguy I, Dana D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J Food Engin.* 2003;56:143-52.
3. Fillion L, Henry CJK. Nutrient losses and gains during frying: a review. *Inter J Food Scien Nutr.* 1998;49:157-268.
4. Spears M, Vaden A. *Foodservice organizations.* New York: Macmillan; 1985.
5. Moyano PC, Pedreschi F. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: effect of pre-treatments. *LWT- Food Sci Tech.* 2006;39:285-91.
6. Math RG, Velu V, Nagender A, Rao DG. Effect of frying conditions on moisture, fat, and density of papad. *J Food Eng.* 2004;64:429-34.
7. Aguilera JM, Gloria-Hernández H. Oil absorption during frying of frozen par-fried potatoes. *J Food Scien.* 2000; 65: 476-479.
8. Bouchon P, Hollins P, Pearson M, Pyle DL, Tobin MJ. Oil distribution in fried potatoes monitored by infrared microspectroscopy. *J Food Sci.* 2001;66:918-23.
9. Bouchon P, Pyle D.L. Modelling oil absorption during post-frying cooling I: Model Development. *Food and Bioproducts Processing.* 2005;83:253-60.
10. Ngadi M, Li Y, Oluka S. Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation. *Food Sci Tech.* 2007;40:1784-9.
11. Love JA, Prusa KJ. Nutrient composition and sensory attributes of cooked ground beef: effects of fat content, cooking method, and water rinsing. *J Am Diet Assoc.* 1992;11:1367-71.
12. Sánchez-Muniz FJ, Viejo JM, Medina R. Deep-frying of sardines in different culinary fats: changes in the fatty acid composition of sardines and frying fats. *J Agric Food Chem.* 1992;40:2252-6.
13. 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.
14. Sioen I, Haak L, Raes K, Hermans C, De Henauw S, De Smet S, et al. Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. *Food Chem.* 2006;98:609-17.
15. Echarte M, Ansorena D, Astiasarañ I. Consequences of microwave heating and frying on the lipid fraction of chicken and beef patties. *J Agric Food Chem.* 2003;51:5941-5.
16. Sebedio JL, Bonpant A, Grand Girard A, Prevost J. Deep-fat frying of frozen prefried French fries: influence of the amount of linolenic acid in the frying medium. *J Agric Food Chem.* 1990;38:1862-7.
17. Ramirez MR, Cava R. Changes in colour, lipid oxidation and fatty acid composition of pork loin chops as affected by the type of culinary frying fat. *Food Sci Tech.* 2005;38:726-34.

18. Gladyshev M, Sushchik N, Gubanenko GA, Demirchieva SM, Kalachova GK. Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species. *Food Chem.* 2007;101:1694-700.
19. Gladyshev M, Sushchik N, Gubanenko GA, Demirchieva SM, Kalachova GK. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Food Chem.* 2006;96:446-51.
20. Shantha NC, Crum AD, Decker E. Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. *J Agric Food Chem.* 1994;42:1757-60.
21. Ascherio A. Epidemiologic studies on dietary fats and coronary heart disease. *Am J Med.* 2002;113:9S-12S.
22. Romero A, Cuesta C, Sánchez-Muniz FJ. Trans fatty acid production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. *Nutr Res.* 2000;20:599-608.
23. 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.
24. Makinson JH, Greenfield ML, Wong ML, Wills RBH. Fat uptake during deep-fat frying of coated and uncoated foods. *J Food Comps Anal.* 1987;1:93-101.
25. Clausen I, Ovesen L. Proximate contents, losses and gains of fat, protein and water comparing raw, hospital and household-cooked pork cuts. *J Food Comp Anal.* 2001;14:491-503.
26. Al-Saghir S, Thurner K, Wagner Kh, Frisch G, Luf W, et al. Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). *J Agric Food Chem.* 2004;52:5290-6.
27. Candela M, Astiasaran I, Bello J. Deep-fat frying modifies high-fat fish lipid fraction. *J Agric Food Chem.* 1998;46:2793-6.
28. Candela M, Astiasaran I, Bello J. Effect of Frying on the fatty acid profile of some meat dishes. *J Food Comps Anal.* 1996;9:277-82.
29. Echarte M, Zulet MA, Astiasaran I. Oxidation process affecting fatty acids and cholesterol in fried and roasted salmon. *J Agric Food Chem.* 2001;49:5662-7.
30. Sheard PR, Nute GR, Chappell AG. The effect of cooking on the chemical composition of meat products with special reference to fat loss. *Meat Sci.* 1998;49:171-91.
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. Greenfield H, Makinson J, Wills, RBH. Lipids in French fries: a retail and laboratory study. *J Food Tech.* 1984;19:239-45.
33. Rimac-Brneic S, Lelas V, Rade S, Simundic B. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *J Food Eng.* 2004;64:237-41.
34. Bertolini Suárez R, Campañone LA, García MA, Zaritzky NE. Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. *J Food Eng.* 2008; 84:383-93.
35. Kim B-K. Preparation of low-fat uptake frying batter composite by dry particle coating of microparticulated soybean hull. *LWT. Food Sci Tech.* 2008;41:34-41.
36. Clausen I, Ovesen L. Changes in fat content of pork and beef after pan-frying under different conditions. *J Food Compos Anal.* 2005;18:201-11.
37. Hur SJ, Park GB, Joo ST. Formation of cholesterol oxidation products (COPs) in animal products. *Food Contr.* 2007;18:939-47
38. Pie JE, Spahis K, Seillan C. Cholesterol oxidation in meat products during cooking and frozen storage. *J Agric Food Chem.* 1991;39:250-4.
39. Eun J, Spahis K, Seillan C. Evaluation of oxidative degradation of cholesterol in food and food ingredients: identification and quantification of cholesterol oxides. *J Agric Food Chem.* 1990;38:973-9.

40. Larkeson B, Dutta PC, Hansson I. Effects of frying and storage on cholesterol oxidation in minced meat products. *J Am Oil Chem Soc.* 2000;77:675-80.
41. Savage GP, Dutta PC, Rodriguez-Estrada MT: Cholesterol oxides: their occurrence and methods to prevent their generation in foods. *Asia Pacific J Clin Nutr.* 2002;11:72-8.
42. Ohshima T, Li N, Koizumi C. Oxidative decomposition of cholesterol in fish products. *J Am Oil Chem Soc.* 1993;70:595-9.
43. Ismail A, Hainida E. Effects of cooking practices (boiling and frying) on the protein and amino acids contents of four selected fishes. *Nutr Food Sci.* 2004;34:54-59.
44. Thed ST, Phillips RD. Changes of dietary fiber and starch composition of processed potato products during domestic cooking. *Food Chem.* 1995;52:301-4.
45. Han JS, Kozukue N, Young KS, Lee KR, Friedman M. Distribution of ascorbic acid in potato tubers and in home-processed and commercial potato foods. *J Agric Food Chem.* 2004;52:6516-21.
46. Lešková E, Kubíková J, Ková iková E, Košická M, Porubská J, Hol íková K. Vitamin losses: retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *J Food Compos Anal.* 2006;19:252-76.
47. Moreno D, Lopez-Berenguer C, Garcia-Viguera C. Effects of stir-fry cooking with different edible oils on the phytochemical composition of broccoli. *J Food Sci.* 2007;72:s64-s8.
48. Al-Khalifa AS, Dawood AA. Effects of cooking methods on thiamin and riboflavin contents of chicken meat. *Food Chem.* 1993;48:69-74.
49. Simonne AH, Eitenmiller RR. Retention of vitamin E and added retinyl palmitate in selected vegetable oils during deep-fat frying and fried breaded product. *J Agric Food Chem.* 1998;46:5273-7.
50. Kidmose U, Yang RY, Thilsted SH, Christensen LP, Brandt K. Content of carotenoids in commonly consumed Asian vegetables and stability and extractability during frying. *J Food Compos Anal.* 2006;19:562-71.
51. Speek AJ, Spreek-Saichua S, Schreurs WHP. Total carotenoid and b-carotene content of thai vegetables and the effect of processing. *Food Chem.* 1988;27:245-57.
52. Rajagopal L, Giraud DW, Hamouz FL, Driskell JA. Carotenoid retention and sensory characteristics of selected vegetables prepared by induction stir-frying. *J Food Qual.* 2007;30:703-17.
53. Sulaeman A, Keeler L, Giraud DW, Taylor SL, Wehling RL, Driskell JA. Carotenoid Content and physicochemical and sensory characteristics of carrot chips deep-fried in different oils at several temperatures. *J Food Sci.* 2001;66:1257-64.
54. Bengtsson A, Namutebi A, Larsson M, Svanber U. Effects of various traditional processing methods on the all-trans- $\beta$ -carotene content of orange-fleshed sweet potato. *J Food Compos Anal.* 2008;21:134-43.
55. Al-Saghir S, Wagner, KH, Elmadfa I. Lipid oxidation of beef fillets during braising with different cooking oils. *Meat Sci.* 2005;71:4405.
56. Juárez MD, Alfaro ME, Sammán N. Nutrient retention factors of deep-fried milanesas. *J Food Compos Anal.* 2004;17:119-24.
57. Tareke E, Rydberg P, Karlsson P, Eriksson S, Tornqvist M. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric Food Chem.* 2002;50:4998-6.
58. Taubert D, Harlfinger S, Henkes L, Berkels R, Schomig E. Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *J Agric Food Chem.* 2004;52:2735-9.
59. Becalski A, Lau B, Lewis D, Seaman SW. Acrylamide in foods: occurrence, sources and modeling. *J Agric Food Chem.* 2003;51:802-8.
60. Gökmen V, Senyuva HZ, Dülek B, Cetin AE. Computer vision-based image analysis for the estimation of acrylamide concentrations of potato chips and french fries. *Food Chem.* 2007;101:791-8.

61. Mestdagh F, De Meulenaer B, Van Poucke C, Detavernier C, Cromphout C, Van Peteghem C. Influence of oil type on the amounts of acrylamide generated in a model system and in french fries. *J Agric Food Chem.* 2005;53:6170-4.
62. 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.
63. Pedreschi F, Moyano P, Kaack K, Granby K. Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Res Int.* 2005;38:1-9.