

## Migración de hierro y níquel, y estabilidad oxidativa del aceite refinado de soja calentado en utensilios culinarios de diversos materiales

Por Késia Diego Quintaes<sup>1</sup>; Jaime Amaya-Farfan<sup>1</sup>; Marcelo Antônio Morgano<sup>2</sup>; y Niurka Maritza Almeyda Haj-Isa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>\* Universidade Estadual de Campinas - DEPAN/FEA/NEPA - UNICAMP; jaf@fea.unicamp.br

<sup>2</sup> Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL); morgano@ital.sp.gov.br

<sup>3</sup> Faculdade de Jaguariúna (FAJ); niurka\_hajisa@hotmail.com

### RESUMEN

#### Migración de hierro y níquel y estabilidad oxidativa del aceite refinado de soja calentado en utensilios culinarios de diversos materiales

Durante la elaboración de alimentos los utensilios culinarios pueden liberar componentes inorgánicos ocasionalmente no deseables. La oxidación del aceite es durante la fritura es favorecida por la presencia de metales. Fue evaluada la migración de hierro y níquel (espectrometría de emisión óptica) y la estabilidad oxidativa (método AOCS) del aceite de soja sometido a cuatro calentamientos con intervalos de 24 horas en cazuelas de vidrio, aluminio, acero inoxidable, hierro y piedra-jabón. La mayor migración de hierro al aceite ocurrió en las cazuelas de hierro ( $3,94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) y piedra ( $3,21 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), sin diferencia estadística entre ellas. La pérdida progresiva de estabilidad oxidativa fue acentuada en los aceites calentados en utensilios de piedra, acero inoxidable e hierro, en tal orden. Vidrio y aluminio fueron considerados los mejores materiales para la fabricación de cazuelas para frituras, una vez que en ellos la migración de minerales fue más baja y el aceite presentó mayor estabilidad.

**PALABRAS-CLAVE:** Aceite – Cazuelas – Hierro – Níquel – Nutrición – Oxidación.

### SUMMARY

#### Oxidative stability and iron and nickel migration into soybean oil heated in cookware of different materials.

Cookware may release some inorganic components into foods during cooking, some of which have undesirable consequences. In fried foods, for instance, oil oxidation is favored by metals. The present study evaluated oxidative stability (AOCS method) and iron and nickel migration (inductively coupled plasma-optical emission spectrometry) into refined soybean oil in four cycles, with intervals of 24 hours. The cookware materials were glass, aluminum, stainless steel, iron and soapstone. The results demonstrated that the lowest metal migration occurred from glass and aluminum pans while the oil heated in these pans showed the highest oxidative stability. The highest migration of Fe and Ni into the oil occurred from the soapstone and iron pots ( $3.94$  and  $3.21 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , respectively). Nevertheless, increasing loss of oxidative stability was evident in the oils heated in the soapstone, stainless steel and iron cookware, in this order. Since iron migration was lower from glass and aluminum pans, these were considered the best type of materials for frying.

**KEY-WORDS:** Food utensils – Frying oil – Iron – Nickel – Nutrition – Oxidation.

### 1. INTRODUCCIÓN

El tiempo y la temperatura a los que son sometidos los utensilios culinarios durante los procesos de preparación de alimentos, en ambiente industrial o doméstico, pueden ocasionar alteraciones en la composición química, inocuidad y aspecto sensorial final de la preparación (Kumar *et al*, 1994; Park y Brittin, 2000).

Los principales factores que propician la migración de componentes del material de las cazuelas al producto final son la temperatura y el tiempo de contacto alimento – utensilio, el pH del alimento y la consistencia de la preparación (Liukkonen-Lilja y Pieppone, 1992; Park y Brittin, 1997).

Hay efectos indeseables cuando ocurre liberación de metales pesados en cantidades que puedan provocar efecto nocivo a la salud humana, directa o indirectamente, o cuando tal migración causa alteraciones sensoriales que inhiben el consumo del alimento. No obstante, la migración de metales presentes en los utensilios culinarios puede ser muy interesante cuando hay carencia de los mismos en la alimentación del consumidor (Agarwal *et al*, 1997; Park y Brittin, 1997; Quintaes *et al*, 2002).

El uso de cazuelas de hierro fue benéficamente asociado a la prevención y tratamiento de anemia ferropénica en niños etíopes, efectos consecuentes de la cantidad y biodisponibilidad del hierro liberado por el material del utensilio culinario (Adish *et al*, 1999). Sin embargo, el mismo hierro podría favorecer la oxidación lipídica del aceite durante el proceso de fritura de los alimentos.

En los últimos años el consumo diario de alimentos fritos ha aumentado por razones sociales, económicas, tecnológicas (el tiempo requerido en la fritura de alimentos es generalmente inferior a otros tipos de procedimientos culinarios) y además por promover características sensorias deseables (Ans *et al*, 1999; Cella *et al*, 2002).

Durante la fritura, los lípidos sufren un proceso complejo de degradación favorecido por la temperatura del proceso, originándose cambios drásticos en sus estructuras y formándose numerosos compuestos de degradación (Jorge *et al*, 1998; Ans *et al*, 1999; Cella *et al*, 2002). El complejo mecanismo

de degradación lipídica durante la fritura depende de varios factores (Jorge, 1997): cantidad de agua procedente del alimento, oxígeno del ambiente, temperatura y tiempo de exposición, tipo de proceso tecnológico (continuo o discontinuo) y presencia de factores pro-oxidantes (metales como hierro y níquel), entre otros.

Durante y posterior al proceso de fritura, las características funcionales, sensorias y nutricionales originales de los lípidos se modifican, pudiendo ocurrir la pérdida de calidad del alimento así procesado (Ans *et al*, 1999; Sanibal y Mancini Filho, 2004).

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la implicación del material del utensilio culinario (vidrio, aluminio, hierro fundido, acero inoxidable y piedra) en la estabilidad oxidativa del aceite refino de soya.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Materiales

Fueron adquiridos dos ejemplares de cazuelas de vidrio (Vision®), dos de aluminio (Panex®), dos de acero inoxidable (Tramontina®), dos de piedra-jabón (Ôro Preto Art's®) y dos de hierro fundido (FUMIL®), todas de origen brasilero, con capacidad aproximada de 2 litros y diámetro de 25 cm.

Antes del experimento todas las cazuelas fueron adecuadamente higienizadas. Las cazuelas de piedra-jabón (*esteatito*) también recibieron tratamiento de curado (Quintaes *et al.*, 2002).

### 2.2. Aceite y tratamientos

La compañía Cargill Agrícola S.A. de Brasil donó el aceite refinado de soya enlatado en envase de 900 mL.

En cada cazuela fueron colocados 400 mL de aceite refinado de soya. El fuego de la hornilla fue encendido y cuando alcanzada la temperatura de 214°C fueron medidos 20 minutos. Al término de ese periodo fue apagado el fuego y nuevamente leída la temperatura del aceite. El aceite fue mantenido en cada cazuela tapada hasta el próximo calentamiento. Igual procedimiento fue seguido al final de los otros tres ciclos secuenciales realizados con intervalo de 24 horas entre cada ciclo.

Después del enfriamiento natural del aceite dentro de cada cazuela hasta la temperatura ambiente, muestras de 5 g fueron colectadas en triplicado para la determinación de la estabilidad oxidativa y otras de 10 g en duplicado para el análisis del contenido de hierro y níquel. Las muestras fueron almacenadas en envases previamente descontaminados de metales con detergente Extran (Merck) y solución acuosa de ácido nítrico (Merck, p.a.) al 20 %. Hasta el momento de las determinaciones las muestras fueron almacenadas a -18°C y protegidas de la luz.

## 2.3. Determinaciones analíticas

### 2.3.1. Estabilidad oxidativa

La estabilidad oxidativa del aceite fue evaluada en *Oxidative Stability Instrument* (Omnion, Inc.; Rockland, Massachusetts, USA), equipo que registra automáticamente la conductividad en función del tiempo determinando el punto de inflexión en la curva de conductividad definido como índice de estabilidad del oxígeno (OSI), en horas. Con el aumento de oxidación de la muestra se producen ácidos orgánicos volátiles que afectan directamente la conductividad del agua, la cual es registrada en el electrodo (AOCS, 1994).

En el experimento se mantuvieron las siguientes condiciones de trabajo: 5,0 g de aceite, flujo de aire 20 L/h; temperatura de 110°C y 60 mL de agua en los frascos con los electrodos.

### 2.3.2. Determinación de metales

En las muestras de aceites obtenidas de cada recipiente fue determinado el contenido de hierro en tres momentos: aceite inicial, aceite posterior al primero y al cuarto ciclo de calentamiento. Las muestras fueron calentadas y posteriormente incineradas a 425°C hasta obtención de cenizas, las cuales fueron disueltas en ácido nítrico, filtradas, transferidas cuantitativamente a volumétricos de 25 mL y analizadas por espectrometría de emisión óptica en plasma inductivamente acoplado (ICP OES) y espectrómetro simultáneo BAIRD, modelo ICP 2000, Bedford, Massachusetts, USA (Tabla 1). En las muestras que procedían de las cazuelas de acero inoxidable y de piedra también fue cuantificado el contenido de níquel.

Fue efectuada la corrección de la radiación de fondo antes de la lectura de la curva analítica. Las curvas analíticas para el hierro y el níquel fueron preparadas en concentración de 0,005 a 20 mg·L<sup>-1</sup>. Las longitudes de onda usadas fueron 259,94 nm para hierro y 231,60 nm, para el níquel. Los límites de detección (tres veces la línea de desviación estándar de diez blancos) y de cuantificación (diez veces la línea de desviación estándar de diez blancos), obtenidos experimentalmente fueron de 1,2 y

Tabla 1  
Condiciones de operación del espectrómetro de emisión ICP OES para medición de la concentración de hierro e níquel en aceite de soya refinado

Parámetro	Condición
Potencia del plasma	0,9 kW
Gas refrigerante (aire)	15 L·min <sup>-1</sup>
Gas auxiliar (aire) <sup>a</sup>	1,5 L·min <sup>-1</sup>
Flujo de la muestra	2,1 mL·min <sup>-1</sup>
Altura y observación vertical	19 mm
Presión del nebulizador	3 bar

<sup>a</sup>: nebulizador neumático concéntrico.

4,0 mg·L<sup>-1</sup> para el hierro y de 0,4 y 10 mg·L<sup>-1</sup> para el níquel, respectivamente.

## 2.4. Análisis estadístico

Los resultados fueron estadísticamente analizados usando los valores medios de cada determinación analítica. La comparación entre las concentraciones de minerales entre los ciclos en las cazuelas del mismo tipo de material y entre las de materiales diferentes fue efectuada por el análisis de variancia (ANOVA) siendo considerado significativo valores de  $p < 0,05$ . Para verificar diferencias entre medias fue aplicada la prueba de Tukey. Para determinar el comportamiento de la estabilidad oxidativa del aceite en función de los ciclos de calentamiento en cazuelas del mismo material fue aplicada a regresión lineal simple (Kumar *et al*, 1994).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la evaluación de la estabilidad oxidativa se analizó el período medio de inducción de la muestra de aceite refinado de soja inicial (sin calentamiento) que fue de  $5,24 \pm 0,86$  horas. A partir del primer ciclo de calentamiento la estabilidad del aceite de soja se redujo en el aceite tratado en las cazuelas de todos los materiales evaluados. Menor reducción fue medida en las muestras de los envases de aluminio y de vidrio, mientras que el aceite calentado en cazuela de acero inoxidable presentó la mayor pérdida de estabilidad (Tabla 2).

Los procesos discontinuos de calentamiento de grasas y aceites producen mayor degradación que procesos continuos (Jorge, 1997). En este experimento, calentamientos discontinuos de aceite produjeron diferencias estadísticamente significativas en su estabilidad oxidativa en función del material de construcción del utensilio culinario empleado. Los aceites calentados en cazuelas de hierro, acero inoxidable y de piedra mostraron comportamientos distintos a aquellos tratados en cazuelas de vidrio y de aluminio (Tabla 2). El resultado de la estabilidad oxidativa indicó que el calentamiento

del aceite refinado de soja en envases de aluminio y de vidrio previene mejor la pérdida de integridad del aceite recalentado.

El análisis de regresión indicó que el utensilio de piedra indujo la más fuerte pérdida de estabilidad oxidativa el aceite, seguido de la cazuela de acero inoxidable y la de hierro. Mientras tanto las cazuelas de vidrio y aluminio mostraron impacto menos acentuado en la reducción de la estabilidad oxidativa, siendo el comportamiento del aceite calentado en estos dos materiales muy semejante, como puede observarse en las líneas correspondientes al vidrio y al aluminio que están solapadas debido a sus valores casi idénticos (Figura 1).

La alteración lipídica resultante del proceso aplicado también fue observada en la coloración de las muestras del aceite de acuerdo con el ciclo y el tipo de cazuela. El color del aceite oscureció a cada ciclo de calentamiento, principalmente en los utensilios de piedra, acero inoxidable e hierro, aumentando la intensidad en el orden citado.

La temperatura observada al final del primer ciclo de calentamiento del aceite fue de  $260,5 \pm 3,8^\circ\text{C}$  en las cazuelas de vidrio y aluminio y de  $275,2 \pm 6,3^\circ\text{C}$  en los demás utensilios. La temperatura se mantuvo similar en los otros ciclos de calentamiento en las cazuelas de aluminio y vidrio mientras que en los utensilios construidos con los otros materiales la temperatura del aceite fue superior a los  $300^\circ\text{C}$  a partir del segundo calentamiento. La temperatura acelera la degradación lipídica siendo este proceso más acentuado a temperaturas superiores a los  $200^\circ\text{C}$  (Jorge, 1997). Este resultado es compatible con el aumento progresivo de la concentración de productos de más alto peso molecular.

Los productos resultantes del calentamiento de aceite por períodos largos y a altas temperaturas son principalmente polares (polímeros, dímeros, ácidos grasos libres, diacilgliceroles y ácidos grasos oxidados), y la ingestión de estos productos puede resultar, a corto plazo, en irritaciones del tracto gastrointestinal, diarreas y en otros trastornos de la salud del individuo (Ans *et al*, 1999; Cella *et al*, 2002).

Tabla 2

Media y desviación estándar del índice de estabilidad oxidativa (OSI) de aceite refinado de soja, conforme ciclo de calentamiento y material del recipiente culinario

Ciclo	OSI por material de la cazuela utilizada*				
	Vidrio	Aluminio	Hierro	Acero inoxidable	Piedra ( <i>esteatito</i> )
1	4,86 <sup>Aa</sup> ±1,23	4,82 <sup>Aa</sup> ±1,07	3,94 <sup>Aa</sup> ±0,28	2,91 <sup>Ab</sup> ±0,83	3,21 <sup>Ab</sup> ±0,29
2	4,61 <sup>Aa</sup> ±0,51	4,63 <sup>Aa</sup> ±1,06	3,30 <sup>Aa</sup> ±0,73	1,23 <sup>Bb</sup> ±0,71	0,51 <sup>Bb</sup> ±0,24
3	4,45 <sup>Aa</sup> ±0,63	4,55 <sup>Aa</sup> ±0,89	1,25 <sup>Bb</sup> ±0,84	0,63 <sup>Cb</sup> ±0,36	0,50 <sup>Bb</sup> ±0,25
4	2,90 <sup>Ba</sup> ±1,38	2,78 <sup>Ba</sup> ±1,22	0,98 <sup>Cb</sup> ±0,53	0,55 <sup>Cb</sup> ±0,21	0,48 <sup>Bb</sup> ±0,21

\* Valores iniciales de la estabilidad oxidativa del aceite  $5,24 \pm 0,86$ .

<sup>a,b,c</sup>: Valores seguidos de superíndices diferentes en la horizontal, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) del OSI entre cada tipo de material de la cazuela utilizada.

<sup>A,B,C</sup>: Valores seguidos de superíndices diferentes en la vertical indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) del OSI entre cada ciclo de calentamiento.

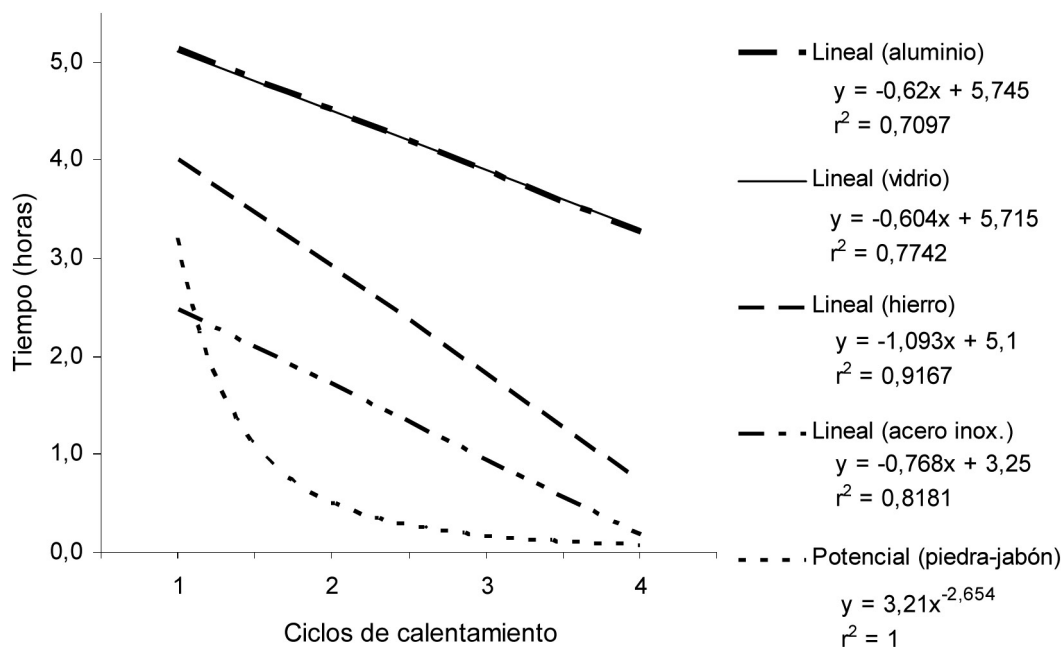


Figura 1

Líneas de tendencia ajustadas de la estabilidad oxidativa de aceite refinado de soja calentado en cazuelas de diferentes materiales y en cuatro tiempos sucesivos.

Con relación a la presencia de metal pro-oxidante, fue verificado que la concentración media de hierro en el aceite sin calentamiento era de  $0,10 \pm 0,02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , valor similar al observado posteriormente al primer y cuarto ciclos de calentamiento en las cazuelas de aluminio y de vidrio. En el primer ciclo de calentamiento, el aceite tratado en la cazuela de acero inoxidable presentó la mayor concentración de hierro, difiriendo estadísticamente de los aceites tratados en los otros materiales. En el cuarto ciclo, la cantidad de hierro medida en los aceites calentados en cazuelas de acero inoxidable y de piedra fue estadísticamente superior a la del primer ciclo, pero igual a la medida en la cazuela de hierro. El contenido de níquel se mantuvo sin alteración en las condiciones estudiadas (Tabla 3).

Los resultados observados para el hierro en las cazuelas de aluminio y de vidrio coincidieron con los esperados ya que estos materiales no poseen cantidad significativa de ese elemento en su composición química. Por otro lado, ese mineral está

presente en proporciones considerables en las cazuelas de hierro fundido, acero inoxidable y la de piedra. El elevado valor de la desviación estándar observado en el aceite calentado en las cazuelas de piedra es justificado por la naturaleza heterogénea del material (Quintaes *et al*, 2002).

El hierro y el níquel son elementos pro-oxidantes (Cella *et al*, 2002) que pueden favorecer la degradación lipídica. La literatura especializada registra que la migración mineral se da de forma ascendente en los utensilios de piedra y de hierro fundido, quiere decir que las menores concentraciones de migración son observadas en la primera cocción, elevándose con la frecuencia del uso de los utensilios (Park y Brittin, 1997; Quintaes *et al*, 2002; Quintaes *et al*, 2004).

El níquel está presente tanto en cazuelas de acero inoxidable como de piedra, siendo liberado progresivamente durante proceso de cocción (Quintaes *et al*, 2004). Las cazuelas de piedra muestran expresiva migración del níquel solamente

Tabla 3

Media y desviación estándar de la concentración de hierro y níquel en aceite refinado de soya, posterior al primero y cuarto ciclos de calentamiento, conforme el material de construcción de la cazuela

Ciclo	Material de la cazuela / Mineral						
	Vidrio	Aluminio	Hierro	Acero inoxidable	Piedra		
	Fe ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Fe ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Fe ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Fe ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Ni ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Fe ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Ni ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
Inicial	$0,09 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,02$	<0,01	$0,09 \pm 0,02$	<0,01
1	$0,10^d \pm 0,05$	$0,13^d \pm 0,05$	$0,14^d \pm 0,06$	$1,02^b \pm 0,06$	<0,01	$0,10^d \pm 0,03$	<0,01
4	$0,07^d \pm 0,02$	$0,09^d \pm 0,03$	$0,42^c \pm 0,10$	$2,52^a \pm 0,10$	<0,01	$2,31^a \pm 1,25$	<0,01

<sup>a,b</sup>: Valores seguidos de superíndices diferentes, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).



cuando son utilizadas sin curado previo. Cuando son tratadas como se reporta en este estudio, la migración se mantiene en flujos constantes y atóxicos para humanos desde el primer uso (Quintaes *et al*, 2002).

Es interesante resaltar que al usar las cazuelas de los dos materiales menos reactivos (vidrio y aluminio), la estabilidad oxidativa del aceite de soja no fue prácticamente afectada durante los tres primeros ciclos de calentamiento (Tabla 2). Esta observación puede ser importante, considerando la tendencia mundial que existe al rechazo de productos fritos en las grasas hidrogenadas estables y al hecho de que los equipos industriales y aquellos utilizados en preparaciones en cocinas institucionales deben ser de acero inoxidable.

El comportamiento de migración de metales es distinto en cada uno de los materiales de fabricación de los utensilios ensayados. Las cazuelas de acero inoxidable utilizadas en esta experiencia contienen en su composición aproximadamente 70% de hierro y 10% de níquel. Varios trabajos destacan que en utensilios de acero inoxidable nuevos ocurre un desprendimiento más sensible de hierro y níquel en la primera cocción, disminuyendo esa migración en usos subsecuentes (Kuligowski y Halperin, 1992; Kumar *et al*, 1994; Quintaes *et al*, 2004). Este comportamiento es inverso al descrito para las cazuelas de hierro fundido y de piedra.

Resaltamos que en el actual experimento, aún cuando los ciclos de calentamiento hayan sido discontinuos, la migración de minerales fue obtenida a partir del primer ciclo, o sea, la migración de metales debe ser considerada acumulativa una vez que el aceite no fue substituido, simulando el reciclaje de uso del aceite. Consecuentemente, las condiciones en que fue desarrollado este experimento y el hecho de haber sido realizados con cazuelas nuevas, pueden haber maximizado la migración del hierro en los utensilios del acero inoxidable y reducido este comportamiento en los utensilios de piedra y hierro.

#### 4. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de la oxidación lipídica, el aceite refinado de soja demostró mayor resistencia al calentamiento intermitente cuando el material del utensilio culinario es de vidrio o de aluminio. En esos casos, fue posible reutilizar el aceite por hasta tres veces. El uso de cazuelas de piedra-jabón, acero inoxidable e hierro confirió poca estabilidad oxidativa al aceite. La cantidad de hierro que migró al aceite fue mayor durante el calentamiento en las cazuelas de piedra-jabón y acero inoxidable. Se comprobó que, entre los materiales ensayados, el vidrio y el aluminio son los más adecuados para la fabricación de utensilios de fritura discontinua de alimentos. Estos resultados pueden contribuir a la decisión de compra de utensilios de cocina en función del material empleado para su fabricación.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Profa. Dra. Lireny Guaraldo Gonçalves (DTA-FEA-UNICAMP), al Dr. João Eduardo Addad, y a las firmas: Cargill Agrícola S.A.-Brasil, Tramontina, S.A., Núcleo Aço-Inox, Fundação Mineira Ltda. y Ôro Preto Art's.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Adish AA, Esrey SA, Gyorkos TW, Jean-Baptiste J, Rojhani A. 1999. Effect of consumption of food cooked in iron pots on iron status and growth of young children: a randomised trial. *Lancet* **353** (9154) 712-716.
- Agarwal P, Srivastava S, Srivastava M, Prakash S, Ramanamurthy M, Shirivastav R, Dass S. 1997. Studies on leaching of Cr and Ni from stainless steel utensils in certain acids and in some Indian drinks. *Sci Tot Environ*. **199** (3) 271-275.
- Ans VG, Mattos ES, Jorge N. 1999. Avaliação da qualidade dos óleos de frituras usados em restaurantes, lanchonetes e similares. *Ci Tecnol Aliment*. **19** (3), 413-419.
- American Oil Chemists' Society (AOCS). 1994. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, 4<sup>th</sup> ed. Champaign, IL (USA).
- Cella RCF, Reginato-D'Arce MAB, Spoto MHF. 2002. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. *Ci Tecnol Aliment*. **22** (2) 111-116.
- Jorge N. Alterações em óleos de frituras. 1997. *Hig Aliment*. **11** (52) 15-23.
- Jorge N, Gonçalves LAG. 1998. Comportamento do aceite de girassol com alto teor de ácido oléico em termoxidación e fritura. *Ci Tecnol Aliment*. **18** (3) 335-342.
- Kuligowski J, Halperin KM. 1992. Stainless steel cookware as a significant source of nickel, chromium, and iron. *Arch Environ Contam Toxic*. **2** (23) 211-215.
- Kumar R, Srivastava PK, Srivastava SP. 1994. Leaching of heavy metals (Cr, Fe and Ni) from stainless steel utensils in food simulants and food materials. *Bull Environ Contam Toxic*. **53** (2) 259-266.
- Liukkonen-Lilja H, Pieppone S. 1992. Leaching of aluminium from dishes and packages. *Food Add Contam*. **9** (3) 213-223.
- Park J, Brittin HC. 1997. Increased iron content of food due to stainless steel cookware. *J Am Diet Assoc*. **97** (6) 659-661.
- Park J, Brittin HC. 2000. Iron content, sensory evaluation, and consumer acceptance of food cooked in iron utensils. *J Food Qual*. **23** (2) 205-215.
- Quintaes KD, Amaya-Farfan J, Morgano MA, Mantovani DMB. 2002. Soapstone (steatite) cookware as a source of minerals. *Food Add Contam*. **19** (2) 134-143.
- Quintaes KD, Amaya-Farfan JA, Tomazini FM, Morgano MA. 2004. Migração de minerais de panelas brasileiras de aço inoxidável, ferro fundido e pedrasabão (esteatito) para simulantes de alimentos. *Ci Tecnol Aliment*. **24** (3) 397-402.
- Sanibal EAA, Mancini-Filho J. 2004. Perfil de ácidos graxos trans de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. *Ci Tecnol Aliment*. **24** (1) 27-31.

Recibido: 22/11/07  
Aceptado: 8/05/07