

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LA MIGRACIÓN DE METALES Y OTROS ELEMENTOS DESDE UTENSILIOS DE COCINA HACIA LOS ALIMENTOS

CASABURI, Manuela; FLAMINI, Nazarena; LETTIERI, Juliana; THERISOD, Mercedes; STAMBULLIAN, Marcela.

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Medicina, Escuela de Nutrición,
Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Los utensilios de cocina han avanzado a lo largo de la historia, adaptándose a las necesidades de las personas, en búsqueda de mejoras en las técnicas de cocción de alimentos. En la actualidad existe en el mercado una amplia variedad de materiales y recubrimientos de utensilios. Resulta esencial el conocimiento de los mismos y su aptitud para estar en contacto con alimentos.

El presente trabajo tiene como objetivo profundizar la información de ollas y sartenes de hierro, aluminio, acero inoxidable y teflón; y analizar la migración de éstos hacia los alimentos, expuestos a una fuente de calor directo. Así como también las generalidades, composición química, comportamiento y toxicidad. Se realizó una revisión de bibliografía.

Los resultados obtenidos luego de evaluar las siguientes variables: resistencia a altas temperaturas, durabilidad, migración y peso, evidencian que el acero inoxidable es superior en relación a los demás materiales, a pesar de su mayor costo. En cuanto a la migración de cada material, el aluminio es el que

presenta mayor migración. Sin embargo, se puede concluir que todos los materiales analizados son seguros para estar en contacto con alimentos.

Palabras claves: migración, hierro, aluminio, acero inoxidable, teflón.

ABSTRACT

Cookware has evolved throughout history, adapting to people's necessities, looking for better cooking techniques. At present, a wide variety of materials and coatings of cookware are available. However, it is essential to learn about them and their aptitude to be in contact with food.

The objective of the present investigation is to explore the information of cast iron, aluminum, stainless steel, and teflon cookware and analyze the migration towards food, when exposed to direct heat as well as their characteristics, chemical composition, behavior and toxicity.

The achievements reached after analyzing high temperature resistance, durability, migration and weight, makes it clear that stainless steel kitchenware is superior compared to other materials, despite its higher price. Regarding the differences between migration from each material it is known that aluminum has the highest migration rate when compared to the other analyzed materials. Nevertheless, all these materials are safe for use in kitchenware.

Key words: migration, iron, aluminum, stainless steel, teflon.

ABREVIATURAS:

ADA: American Dietetics Association

AFC: Panel sobre aditivos alimentarios, aromatizantes, coadyuvantes de elaboración y materiales en contacto con alimentos

AFSSA: Agencia Francesa para la Seguridad Alimentaria

Al: Aluminio

BFR: Instituto Federal Alemán de Evaluación de Riesgos

C: Carbono

CAA: Código Alimentario Argentino

CE: Consejo Europeo

Cr: Cromo

EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético

EFSA: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria

EMA: Agencia Médica Europea

EN: Norma Europea

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FDA: Food and Drug Administration

Fe: Hierro

ICPOES: Espectrometría de emisión óptica de plasma

INS: Instituto Nacional de Salud Italiano

INTN: Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metodología de Paraguay

JECFA : El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios

NaCl: Cloruro de sodio

NS: Nivel superior

OMS: Organización Mundial de la Salud

PFOA: Ácido perfluorooctanoico

PFOS: Sulfonato de perfluorooctano

PTFE: Politetrafluoroetileno

PTWI/ISPT: Ingesta semanal provisional tolerable

SFC: Comité Científico de la alimentación

SRL: Límite de liberación específico

TDI: Ingesta dietética tolerable

I. INTRODUCCIÓN

La alimentación es una práctica sumamente importante en la vida cotidiana de las personas. A lo largo de la historia de la humanidad, y junto con el desarrollo del hombre también han ido evolucionando las prácticas alimentarias. Las distintas eras y las distintas formas de organización social influyen notablemente en la manera en la que se preparan los alimentos. Estos avances fueron acompañados por la transformación paulatina de los elementos utilizados para la cocción de los alimentos, desde los primeros calderos, hasta las ollas y sartenes que se conocen en la actualidad (1).

A partir del descubrimiento del fuego y de su utilización para la cocción, en el período Neolítico, surgieron las primeras vasijas de cerámica para cocinar grandes trozos de carne; las mismas no podían soportar el fuego directo de las fogatas, por lo que se colgaban con pieles de animales manteniéndolas a distancia.

En la Edad de Bronce, se utilizaban ollas de barro y comenzaron las primeras evidencias de descubrimientos de metales. Surgieron así, calderos de metal hechos con láminas de cobre o bronce. En ese entonces ya contaban con la forma redondeada clásica, que permitía que las llamas se curvaran alrededor, logrando que los alimentos se cocinen más rápido. El nivel de calor se controlaba por la proximidad o lejanía de los calderos respecto del fuego (2).

Siguieron luego las ollas de hierro. Se diferenciaban de los calderos por tener tapa y manijas para sujetarlos. Las mismas fueron reemplazadas tiempo

después por las de bronce ya que eran más fáciles de mantener y limpiar. Asimismo, las ollas de barro se siguieron utilizando, conocidas por darle un sabor más suave a los alimentos y conservar el calor por más tiempo. De formas y tamaños diferentes cada una de esas ollas tenía un uso especial. No se empleaban las mismas para hervir los alimentos o cocinarlos lentamente.

Los utensilios continuaron evolucionando y así en el siglo XVIII se crearon los de cobre y hierro fundido aleados con estaño que evitaba la corrosión y la oxidación. Luego, con el surgimiento de las cocinas a gas en el siglo XIX se volvió necesario desarrollar revestimientos, evitando que los alimentos se quemen y logrando un calentamiento más uniforme.

Con el avance de la industria surgieron las primeras ollas de aluminio, con mejor conducción del calor y mayor durabilidad. Haciéndose muy popular en los años veinte. La búsqueda de una solución a la oxidación de los utensilios dio lugar al desarrollo del acero inoxidable, una aleación de hierro y cromo que complacía las exigencias cada vez más complejas de la era moderna.

En siglo XX comenzó la “era del plástico” innovando el ámbito culinario con la llegada del Teflón como recubrimiento antiadherente (3).

Existe en la actualidad una amplia variedad de utensilios aptos para cocción. Los mismos se encuentran compuestos por distintos materiales como: aluminio, aluminio anodizado, cerámica, acero inoxidable, hierro fundido, cobre, vidrio, titanio, acero quirúrgico, silicona. (Figura 1) A su vez, algunos de estos materiales poseen un revestimiento. El mismo puede ser de teflón, cerámica, porcelana y vidrio, y su finalidad es protegerlos, prolongar su vida útil y disminuir la adherencia de los alimentos durante la cocción.

Figura 1: Evolución de los utensilios de cocina a lo largo del tiempo

De los materiales enumerados anteriormente, se abordarán en profundidad: hierro, aluminio, acero inoxidable y teflón.

Los mismos fueron seleccionados en base a utilidad e información científica disponible hasta el momento. En cuanto a la utilidad, se hace referencia a dichos materiales por ser los empleados con mayor frecuencia tanto en hogares, como en gastronomía y servicios de alimentación. Respecto a la segunda variable mencionada, los materiales más actuales y novedosos no presentan información de carácter científico, como es el caso del acero quirúrgico y los esmaltados de vidrio y porcelana.

Debido a la disponibilidad en el mercado de nuevas tecnologías en utensilios alimentarios, surge la problemática acerca de la aptitud de estos para estar en contacto con alimentos. En la Argentina, se difunde ampliamente información comercial de fácil alcance para la población y por lo tanto están fuertemente instaladas creencias con falta de bases y sustento científico.

Esto impulsó la presente revisión de bibliografía con el objetivo de analizar las características y el comportamiento de los materiales en contacto con alimentos de ollas y sartenes, y la migración de los mismos durante la cocción. Además, describir las generalidades de los materiales, composición química y toxicidad, con el objetivo de profundizar la información de los utensilios de cocina, y la migración de éstos hacia los alimentos, expuestos a una fuente de calor directo. Para la búsqueda bibliográfica se utilizaron las palabras clave: migración, toxicidad, hierro, aluminio, acero inoxidable, teflón, utensilios alimentarios. Además, se incluyeron las publicaciones en idioma Inglés, Español y Portugués entre los años 2000 y 2018. Se consultaron las siguientes bases de información científica: Scielo, Pubmed, National Center for Biotechnology Information (NCBI), la base de revistas de la editorial Taylor & Francis y de la Red de Revistas Científicas de America Latina y el Caribe, España y Portugal (redALyC) y las publicaciones del sitio Altroconsumo. También se consultaron páginas de organismos internacionales, así como universidades nacionales e internacionales, bibliotecas de Facultad de Medicina y Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, Biblioteca Nacional Mariano Moreno. Se realizaron entrevistas con profesionales referentes en el tema que guiaron a los autores en la búsqueda bibliográfica. Se encontraron 80 publicaciones, de las cuales se excluyeron 28 por ser anterior al rango de fecha propuesto y falta de información específica sobre ollas y sartenes. Se realizó una lectura exhaustiva de 52 publicaciones que fueron el marco muestral.

II. DESARROLLO

Se analizaron las siguientes variables de los materiales seleccionados:
Composición química, generalidades, migración y toxicidad.

HIERRO FUNDIDO

- Composición Química

La composición química del hierro fundido es de 2,5 a 4% de carbono (C), 1 a 3% de silicio (Si) y el resto hierro (Fe). Esta considerable cantidad de C permite formar excelentes aleaciones con la intención de ser fundidas para darles la forma deseada, otorgando diversas propiedades a los utensilios alimentarios¹. Al igual que la mayor parte de los materiales fundidos, tiene alta resistencia a la compresión y corrosión, pero es sensible a la oxidación. Su amplio uso en la industria se debe a que su producción tiene un bajo costo y relativa facilidad. Sin embargo, tiene valores de resistencia al impacto y ductilidad moderadamente bajos y esto limita su uso para algunas aplicaciones (4). La densidad de este material es ligeramente inferior a la del acero en aproximadamente 6.920 kg/m³. En comparación a otros como el aluminio (Al) y el cobre (Cu), tiene baja conductividad térmica lo que lleva a una difícil distribución uniforme del calor. Paralelamente, se caracteriza por su capacidad calorífica y peso elevado. Por lo tanto, se requiere gran cantidad de energía para llevar el hierro fundido a cierta temperatura. No obstante, una vez alcanzada, es capaz de retener el calor por un tiempo extenso.

¹ Según el Código Alimentario Argentino (C.A.A): "Se entiende por Utensilios alimentarios, los elementos de uso manual y corriente en la Industria y establecimientos de la alimentación, así como los enseres de cocina y las vajillas, cuberterías y cristalerías de uso doméstico" En este trabajo se hará referencia a los mismos como utensilios alimentarios o utensilios de cocina. Se consideran únicamente aquellos empleados para la cocción a fuego directo

Generalidades

El Fe es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Se utiliza mayormente para la producción de acero. Los principales componentes son Fe ferroso [Fe (II)] y Fe férrico [Fe (III)]. Es utilizado en una gran cantidad de utensilios de cocina como latas de acero, tapas de botella y frascos, ollas y sartenes. También es el componente principal del acero inoxidable (5).

Desde el comienzo de la cocción a fuego directo, se hicieron imprescindibles los utensilios de hierro fundido. En la actualidad, a pesar de la aparición de nuevos materiales, sigue ocupando un rol importante en la cocina por sus características que logran cocción a altas temperaturas y por su capacidad de retención de calor. Esto es en parte porque los utensilios se construyen generalmente con un grosor igual o mayor a 3 mm, consecuentemente suelen ser pesados (6). Para disminuir la adherencia de los alimentos a la superficie del Fe es necesario que sean curadas mediante un tratamiento llamado *seasoning*. Este proceso le otorga adicionalmente mayor resistencia a la oxidación.

- Migración²

El Fe forma parte de una gran variedad de materiales que están en contacto con alimentos. Se realizaron numerosos estudios para medir la liberación de éste desde utensilios hacia los alimentos al momento de la cocción. La *American Dietetics Association* (ADA) realizó un estudio pionero donde 20 alimentos fueron cocinados en utensilios de Fe y de otros materiales. Se hicieron tres réplicas

² La Migración es la transferencia de componentes desde el material en contacto con los alimentos hacia dichos productos, debido a fenómenos fisicoquímicos.

y se determinó el tiempo de cocción y pH para cada alimento. Muestras duplicadas fueron deshidratadas y analizadas para determinar su humedad y contenido de Fe. Este último fue determinado por espectroscopía de absorción atómica. El 90% de los alimentos contenían significativamente más Fe cuando fueron cocidos en utensilios de Fe fundido que cuando no. La acidez de los alimentos, la humedad de la preparación y el tiempo de cocción afectaron significativamente la mayor migración de Fe. En la Tabla 1 se pueden ver algunos de los alimentos utilizados en el estudio y el contenido de Fe antes y después de la cocción. Se puede observar que el puré de manzana y la salsa de tomate, al ser los alimentos más ácidos y de mayor humedad, absorbieron una elevada cantidad de Fe. A esta publicación, le siguieron otros estudios confirmando que los utensilios de Fe no están compuestos por un material inerte (7).

Tabla 1: Listado de alimentos según el contenido de Fe antes y después de la cocción en un utensilio de hierro.

Alimentos	Contenido de Fe en crudo (mg)	Contenido de Fe después de cocción (mg)
Puré de manzana	0,35	7,38
Salsa de tomate	0,61	5,77
Huevos revueltos	1,49	4,76
Salsa de tomate con carne	0,71	3,58
Guiso	0,66	3,40
Huevo frito	1,92	3,48
Arroz blanco	0,67	1,97
Panceta	0,77	1,92
Pollo frito	0,88	1,89
Panqueques	0,63	1,31

Fuente: Brittin HC, *et al.* (7)

Park L, *et al.* (8) investigó el efecto de cocinar alimentos en utensilios de Fe y la migración del mismo. Los alimentos elegidos fueron hamburguesas y puré de

manzana por sus diferencias de pH y humedad. Se utilizaron utensilios de Fe y vidrio. Los cambios en las características organolépticas fueron mínimos. Se midió el contenido de Fe y los resultados fueron los siguientes: 2,15 mg/100 g en la hamburguesa cocinada en utensilios de Fe y 1,90 mg/100 g en aquella cocinada en vidrio. En cuanto al puré de manzana, el contenido de Fe cuando se utilizaron utensilios de este material fue de 18,55 mg/100g y en el que se utilizó vidrio fue 0,14 mg/100g. Se puede observar la diferencia en la migración según la acidez y humedad del alimento.

Otro estudio de migración llevado a cabo por Kroger-Ohlsen MV, *et al.* (9) en el que se analizaron los efectos que tiene el pH, sal y ácidos orgánicos en los utensilios de Fe. Se recurrió a muestras con diferentes pH (3,7 o 7,2), niveles de sal o cloruro de sodio (NaCl) (0% o 0,5% NaCl) y ácidos orgánicos (1% lactato, 1% citrato o ninguno). La concentración de NaCl tuvo efecto nulo, pero se concluyó, al igual que en el anterior estudio, que un pH ácido y la presencia de ácidos orgánicos (citrato en mayor medida que lactato) incrementan significativamente la migración de Fe, desde 1,7 mg a 26,8 mg de Fe cada 100 g de alimento. Recientemente, Khaniki GJ, *et al* (4) realizó una investigación en la Universidad de Ciencias Médicas de Teherán cuyo propósito fue indagar sobre la migración de Fe y otros metales y los factores que interfieren. Se midió el pasaje de Fe desde ollas de Fe fundido hacia soluciones ácidas y otras no ácidas en diferentes lapsos de tiempo. Se utilizó el método propuesto por la FDA que indica usar soluciones de ácido acético al 5% para experimentar la capacidad de migración que tienen los metales de envases y utensilios de Fe fundido hacia los alimentos. Además, se compararon muestras a diferentes temperaturas, así

como también la liberación de metales de utensilios nuevos con la de utensilios usados. La concentración de metales en las muestras se determinó por espectrometría de emisión óptica de plasma (ICP-OES). Al analizar los resultados, se observó que la migración de Fe aumenta con el tiempo de contacto, así como también es correlativo con el tiempo de uso que tiene el utensilio. Los niveles de Fe en un jugo de limón conservado en un utensilio nuevo fueron de 313,3 µg/l y en el utensilio usado de 5457,8 µg/l. En condiciones ácidas, esta migración tiene un nivel máximo que puede incrementarse a medida que disminuye el pH. En cuanto a la temperatura, no se vieron cambios significativos en los valores de liberación. En la publicación de este artículo se hace referencia a un estudio precedente en el que, utilizando el método ICP-OES, se midieron los niveles de Fe en muestras de yogurt antes y después de ser preparados en utensilios de este material y de vidrio. Los valores de contenido de Fe, después de preparado, resultaron de 0,037 y 1,302 mg en 100 g de yogurt, respectivamente (4).

Efectos positivos del Fe en la salud

El caso del Fe tiene un interés particular ya que es un mineral esencial para el cuerpo y su deficiencia tiene una alta prevalencia mundial. En este concepto se basan los estudios científicos que buscan una solución para las personas que padecen anemia ferropénica, vegetarianos o la población en general, mediante el incremento del aporte de Fe a las comidas. Entre otras estrategias, se estudió la migración del Fe de ollas y sartenes de hierro fundido hacia los alimentos tomando en consideración su biodisponibilidad mediante la medición de los niveles de hemoglobina. En una población rural de Malawi, se realizó una

intervención controlada y aleatoria en la cuál 164 participantes consumían alimentos cocinados en ollas de aluminio y 158 participantes utilizaban ollas de hierro fundido. Con el paso de 6 semanas, el promedio de la concentración de hemoglobina incrementó significativamente en adultos que consistentemente utilizaron ollas de Fe. En niños, se observó una reducción de la deficiencia de Fe. Se concluyó que la utilización de ollas y sartenes de Fe en países en desarrollo puede ser una forma innovadora de prevenir la deficiencia de Fe y anemia donde el uso de suplementos de Fe es problemático (10). Recientemente, en el 2007, se analizó la migración y los efectos que produce utilizar utensilios de este material en las reservas de Fe de estudiantes vegetarianos, quienes constituyen otra población de riesgo de anemia ferropénica. Se utilizaron arroz y salsa de tomate cocidas en sartenes de Fe. La salsa de tomate absorbió mayor cantidad de Fe que el arroz y la transferencia del mineral se incrementó con cada cocción. La anemia ferropénica disminuyó del 32,1% al 5,3% en 12 semanas (11). El Fe de los utensilios de Fe fundido, por lo tanto, migra en menor o mayor medida según las características de los alimentos y la vida de uso del material. De todas formas, se considera necesario una profundización en la investigación de la biodisponibilidad del Fe y sus mecanismos de absorción.

En los últimos años, las organizaciones internacionales no han logrado consensuar un valor máximo de ingesta diaria de Fe. El nivel superior de ingesta tolerable (NS) determinado por el Instituto de Medicina de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, es de 40 mg/día en niños y 45 mg/día en adultos. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) estableció una Ingesta Diaria Máxima Tolerable Provisional de 0,8

mg/kg de peso/día. Este valor aplica al Fe de todas las fuentes y es 8 veces más bajo que la dosis de toxicidad aguda. Esta misma organización como también el Comité Científico de la Alimentación (SFC) consideran al Fe como un problema de deficiencia y no toxicológico. A su vez, en el 2006, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria fue incapaz de definir un nivel superior de ingesta tolerable ya que la información disponible es insuficiente. Excluyendo los suplementos, los riesgos de tener efectos adversos con los actuales niveles de ingesta dietética de Fe, incluyendo alimentos fortificados, son considerados muy bajos para la población. Siendo el Fe utilizado en la síntesis de sustancias farmacéuticas, Agencia Médica Europea (EMA) lo clasifica dentro de la Clase 3, es decir, como metal con mínimo riesgo para la salud al igual que el zinc (Zn).

Finalmente, al no poder establecerse un límite superior máximo derivado de la toxicología, el Consejo de Europa decidió que el límite específico de migración de Fe debe ser lo más bajo alcanzable. Se aprobó una resolución para metales y aleaciones que entran en contacto con productos alimenticios y se definió que un límite de liberación específico (SRL) para el Fe es de 40 mg/kg de alimento (5).

- **Toxicidad**

Contrariamente a la prevalencia de anemia ferropénica, la toxicidad por Fe es una entidad poco común a nivel mundial. La intoxicación con alta mortalidad se encuentra relacionada a la ingestión pediátrica de suplementos destinados a adultos. La intoxicación por ingesta dietética es poco frecuente, sin embargo, puede ser considerado un factor acumulativo. La fisiopatología de la toxicidad

por Fe incluye daño directo a la mucosa gastrointestinal provocando náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea. También hipovolemia por pérdida significativa de líquidos y sangre. Las características clínicas de la intoxicación incluyen, además de síntomas gastrointestinales, shock y acidosis metabólica. También se observa coagulopatía, disfunción hepática, cardiomiopatía y falla renal (12).

En relación a los resultados descriptos sobre la migración de Fe desde los utensilios de cocción de Fe fundido, deben ser considerados en las enfermedades que requieren restricción del mismo como en la porfiria cutánea tarda y hemocromatosis hereditaria, sugiriendo a las personas que las padecen, no cocinar alimentos en estos utensilios (5).

ALUMINIO

- Composición química

El Al es uno de los metales más abundantes de la naturaleza, ocupando el tercer lugar como elemento de la corteza terrestre. Este material no se encuentra en forma elemental, y su mineral más importante mediante el cual se obtiene es la bauxita.

El Al es uno de los metales más versátiles que se conocen. Tiene una densidad baja, de $2,7 \text{ g/cm}^3$ y una alta resistencia a la tensión. Es maleable, puede formar láminas muy delgadas. Además, es dúctil y un excelente conductor de la electricidad y el calor, resistente a la corrosión en condiciones ordinarias. Posee una gran capacidad calorífica y se funde a 650°C . Este metal es sensible a la acción de los componentes alcalinos, de los derivados sulfurados, de compuestos orgánicos e inorgánicos, así como también de los componentes ácidos. Para protegerse de la acción de los agentes atmosféricos se recubre de forma natural por una delgada película de óxido. La misma lo protege de la corrosión y explica la poca reactividad del Al (13). Es posible obtener películas de óxido de manera artificial, más gruesas y de características diferentes a las de la capa natural, mediante un proceso químico y electrolítico denominado “anodizado” (14).

- Generalidades

La capacidad de conducir calor es un requisito esencial cuando se trata de encontrar un buen utensilio de cocina. Un recipiente con buena conductividad

regula eficazmente la temperatura durante la cocción, distribuye uniformemente el calor en todas las superficies y por lo tanto reduce el riesgo de sobrecalentamiento y quema localizados. Una mejor conductividad implica entonces una mayor eficiencia térmica y un incremento más rápido y uniforme de la temperatura.

Actualmente el Al es el metal que se utiliza con mayor frecuencia en los servicios de alimentación, en gran parte por su bajo costo. Pero los aspectos que limitan su uso en el hogar son principalmente la facilidad con que los alimentos se adhieren en el fondo de los utensilios de cocina porque no presenta efecto antiadherente. Así como también su incapacidad para utilizarlos en un lavavajillas, debido a que los detergentes utilizados en los mismos contienen productos químicos y sales que dañan el Al, provocando decoloraciones, corrosiones y picaduras.

La calidad de las ollas y sartenes de Al es directamente proporcional a su espesor (15). Existen también, utensilios de aluminio anodizado. Como se mencionó anteriormente, los mismos presentan un incremento de su espesor mediante un proceso electroquímico. Por lo tanto, tienen mayor durabilidad, distribución del calor, resistencia y menor porosidad. Este tipo de ollas son comúnmente utilizadas en el ámbito gastronómico y pastelero profesional. En comparación con los utensilios de Al, su costo es mayor, como consecuencia del complejo mecanismo de obtención.

- **Migración**

El instituto Nacional de Salud Italiano (INS) es uno de los principales centros de

prueba de migración del Al hacia los alimentos. Dicho Instituto se dedicó a verificar en qué medida el Al podría considerarse adecuado para el contacto con los alimentos dentro de un tiempo determinado, identificando su eventual migración. El INS llevó a cabo un estudio en particular, en un escenario hipotético, donde todo se preparó en recipientes de Al. Los resultados de las pruebas han revelado que el consumo de una comida habitual para un italiano promedio podría llevar a una contaminación menor a una parte por millón (ppm) por comida. Sin embargo, se recomienda como precaución evitar el contacto prolongado con alimentos ácidos a temperatura ambiente en recipientes de Al, debido a que el pH ácido aumenta la migración del Al hacia los alimentos (15).

A su vez, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios tuvo en cuenta los efectos que algunos compuestos de Al inducían sobre la reproducción y sobre el desarrollo del sistema nervioso, y redujo la Ingesta Semanal Tolerable Provisional (ISTP) de 7 mg Al/kg de peso/semana a 1mg Al/kg peso/semana. El JECFA ha evaluado varios contaminantes de los alimentos y les ha asignado el término ISTP en lugar de Ingesta dietética adecuada; debido a que los contaminantes son capaces de acumularse en el organismo en una proporción, que está determinada por las variaciones intermedias y formas químicas presentes en el alimento. Como consecuencia, la base sobre la que se expresa la ingesta debe ser superior a la de un solo día. Por otra parte, los alimentos pueden contener niveles por encima del valor medio de un contaminante, por lo que el consumo de alguno de ellos en un día particular intensificará la ingesta diaria. De acuerdo con esto, la ingesta provisional tolerable se expresa semanalmente. El término tolerable significa permisibilidad y aplica a aquellos casos en que la ingesta de un contaminante

está, inevitablemente, asociada con el consumo de alimentos o con la inhalación del aire. El uso del término provisional hace referencia a la escasez de datos y la exposición a niveles que se aproximan a aquellos que son considerados como preocupantes por el Comité Mixto FAO/OMS (16).

En consecuencia, en el año 2008, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) solicitó al panel sobre aditivos alimentarios, aromatizantes, o coadyuvantes de elaboración y materiales en contacto con alimentos (AFC) que emitiera un dictamen científico sobre la seguridad del Al en todas las fuentes de ingesta dietética. Dicha autoridad determinó que la principal vía de exposición al Al para la población general es a través de la alimentación. El Al en los alimentos se debe a su presencia en la naturaleza, así como también a la utilización de aditivos alimentarios que lo contienen y a los utensilios en contacto con alimentos como ollas, sartenes y papel Al. Además, se observó que, en presencia de ácidos y sales, el uso de utensilios de Al aumenta las concentraciones del mismo en los alimentos. El Al en el agua potable representa otra fuente y también está presente en productos farmacéuticos. La exposición alimentaria global Al se calculó sobre la base de estudios realizados en varios países europeos, incluidos los Países Bajos, Francia, Reino Unido y Suecia. El panel descubrió que pueden ocurrir grandes variaciones en la exposición alimentaria entre individuos. Se encontró que la exposición dietética promedio de un adulto varía entre 0,2 y 1,5 mg/kg de peso/semana. Mientras que en niños y jóvenes entre 0,7 y 2,3 mg/kg de peso/semana.

Dada la persistencia del Al en el organismo, dicho panel, con el aval de la EFSA, consideró apropiado asumir la reducción de la ISTP propuesta por FAO/OMS. Esto hace necesario evaluar el riesgo real tras exposición dietética al Al, debido a que se estima que una parte importante de la población europea supera el nivel seguro establecido (17).

Como se mencionó anteriormente, el Al reacciona tanto en un pH ácido, es decir, menor a 4,5 como en un pH básico, mayor a 8,5 produciéndose una disolución del metal. Por lo tanto, el Al puede ser liberado de superficies no recubiertas en contacto con alimentos. Diferentes estudios abordaron la migración de Al en relación al pH u otras condiciones producidas durante la cocción de alimentos. El Consejo Europeo (CE) dispone de un documento técnico que incluye las políticas establecidas en relación a los materiales y artículos en contacto con los productos alimenticios. El mismo incluye metales y sus derivados, y dentro de éstos se encuentran especificaciones sobre el Al. Dicho documento, además de abarcar los aspectos antes mencionados, hace referencia al aumento de la migración de este material en presencia de elevadas concentraciones de sal, mayores a 3,5% de NaCl, así como también durante la cocción con agua corriente. Por lo tanto, recomienda limitar la cocción prolongada y/o almacenamiento de alimentos líquidos excesivamente ácidos o salados para disminuir la migración del mismo. Además, el CE considera que los productores de utensilios alimentarios deberían ofrecer dicha información a los usuarios para que los mismos conozcan los cuidados necesarios (18).

TVRK Rao, *et al.* (19) realizaron un estudio sobre la migración del Al durante la cocción con utensilios de cocina de este material y el efecto que posee el Flúor (F) durante la misma. El trabajo evaluó la cocción de alimentos con diferentes niveles de pH, como espinaca, papa, lentejas, tomate. Se utilizó un grupo control, en el cual se cocinaron los mismos alimentos en utensilios de acero inoxidable. En el grupo experimental se observó que, en los alimentos ácidos una vez cocidos, la concentración de Al incrementó (Tabla 2). Además, se vio que hay una relación directa entre el F y la migración de Al. Es decir, cuanto mayor es la concentración de F presente en el agua corriente mayor es la migración. La presencia de fluoruro en el agua produce un incremento del 20 al 43% del Al en los alimentos (19).

Tabla 2: Migración de Al en los alimentos según material de los utensilios para su cocción.

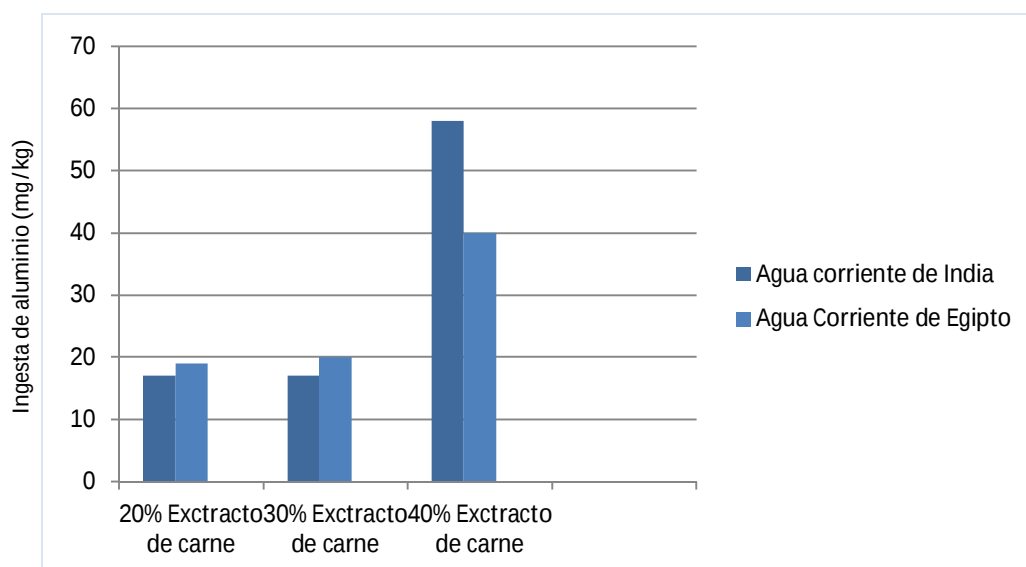
Alimentos	Ph	Absorción de Al en los alimentos (mg/100g)			Tamaño de la muestra
		Utensilios de Al	Utensilios de Acero Inoxidable	Diferencia entre ambos	
Lentejas	6,5	22,48	1,12	21,36	5
Papas	5,5	14,61	1,07	13,54	5
Repollo	5,5	5,30	0,88	4,42	5
Espinaca	5,5	12,49	0,73	11,76	5
Salsa de tomate	4,5	19,38	1,14	18,24	5
Frijol rojo	5,5	33,03	0,93	32,10	5
Jugo de tamarindo	3,0	23,76	1,25	22,51	5

Al: Al. Fuente: TVRK R, *et al.* (19)

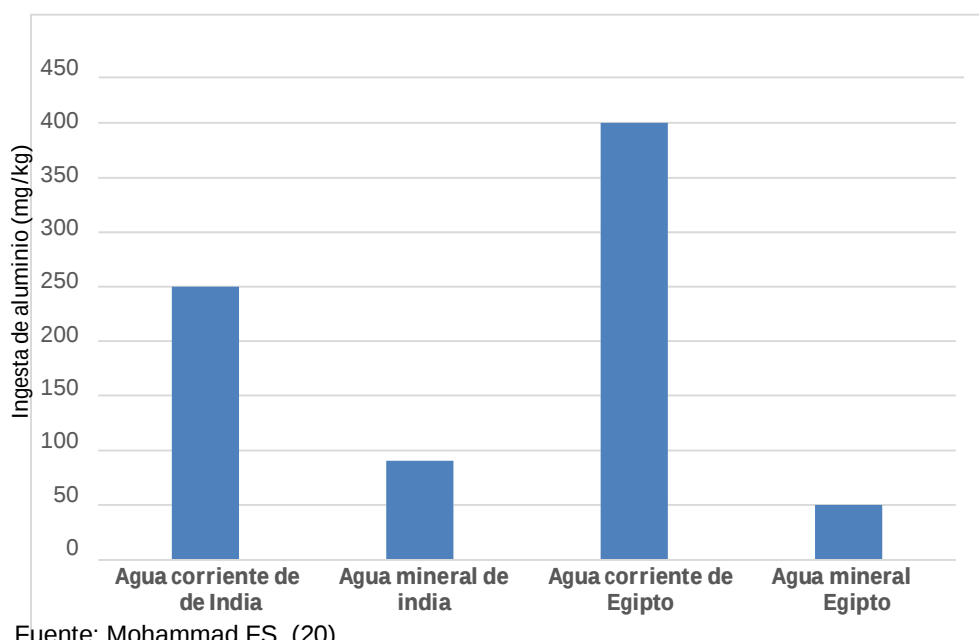
Resultados similares fueron obtenidos en un estudio realizado por Mohammad FS. (20). En dicha investigación, se utilizaron ollas de Al de dos orígenes diferentes, India y Egipto, para evaluar la corrosión del Al frente a diversas condiciones de pH, composición y concentración de alimentos. Se emplearon

alimentos y aditivos alimentarios como carne picada; extracto de carne, el mismo contiene bases orgánicas solubles, vitaminas y minerales; jugo de tomate; ácido cítrico y NaCl. La cocción se realizó en agua en ebullición. Un grupo, con agua corriente de India y Egipto, y otro, con agua mineral también de ambos orígenes. Los resultados obtenidos a través de Espectrometría de emisión óptica de plasma mostraron que en todos los casos los niveles de Al en los alimentos aumentaron significativamente luego de la prueba. Se cuantificó la ingesta de Al por persona proveniente de los alimentos. En la ilustración 1 se puede observar un aumento mayor en la ingesta de Al, proporcional a la concentración de extracto de carne en respuesta a su pH. Además, el proceso de migración incrementó con la adición de NaCl y ácido cítrico, así como también con el agua corriente en comparación con el agua mineral. A su vez, la migración fue mayor en el agua corriente de India en comparación con la proveniente de Egipto (Figura 2) (21).

Ilustración 1: Ingesta de Al en relación al pH de los alimentos.



Fuente: Mohammad FS. (20).

Figura 2: Ingesta de Al según origen y tipo del agua.

Como resultado de la importancia de la exposición dietética al Al y el uso de utensilios de este material en contacto con alimentos, en particular en los hogares, Stahl T, *et al.* (22) examinó la migración del Al a los alimentos. En el marco de protección del consumidor se investigó la migración de Al desde los utensilios de cocina. La misma abarcó el consumo de bebidas en botellas de Al, así como también utensilios de camping, ollas y sartenes de Al. Fueron examinados los niveles de Al después de su almacenamiento o preparación. Los resultados obtenidos mostraron que la cantidad de Al presente en el organismo, como consecuencia de la exposición dietética y el uso de utensilios de Al en contacto con alimentos, supera la ISTP (23). Actualmente el Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN) de Paraguay se encuentra ejecutando un proyecto de investigación que tiene como fin cuantificar la migración de Al de envases y utensilios de cocina destinados a entrar en contacto con alimentos.

Además, tienen como objetivo promover investigaciones posteriores para estudiar el grado en que la ingesta de Al por kg de peso por persona tiene efectos nocivos para el organismo (24).

- Toxicidad

Si bien la exposición dietética y el uso de utensilios de Al por sí solos no causan toxicidad, es una fuente más de exposición que en conjunto con otras, como el consumo excesivo de antiácidos y otros medicamentos, el agua corriente, el uso de algunos cosméticos o el Al presente en el líquido de diálisis en pacientes que lo requieren, puede resultar nocivo para el organismo (25).

La absorción de Al puede generar riesgos para la salud humana. A nivel pulmonar y óseo puede provocar fibrosis pulmonar y osteomalacia, respectivamente. A su vez, tiene un potencial efecto neurotóxico, provocando alteraciones de conducta, problemas de aprendizaje y memoria, disfunción motora, que podrían evolucionar en temblor, incoordinación, debilidad y ataxia (26). Hay resultados que refieren que el Al está relacionado con la etiología de la enfermedad de Alzheimer y que está asociado con otras enfermedades neurodegenerativas. Sin embargo, sigue siendo controvertido, ya que si bien las personas que padecen dicha enfermedad tienen valores de Al en sangre elevados, se desconoce la causa de la misma (27). En base a los datos científicos disponibles, el panel de AFC no avala que la exposición al Al a través de los alimentos represente un riesgo para la aparición de la enfermedad de Alzheimer. Además, el Instituto Federal Alemán de Evaluación de Riesgos (BfR), realizó un nuevo estudio sobre las posibles relaciones causa-efecto entre

la ingesta de AI y la enfermedad de Alzheimer, y concluyó que esta relación no ha sido probada de manera científica (27) (28).

ACERO INOXIDABLE

- Composición química

El acero inoxidable es una aleación basada en Fe, que contiene al menos 10,5% de Cr y un máximo de 1,2% de C. Este último se encuentra siempre presente y su bajo porcentaje es suficiente para aportar fuerza y dureza, así como también para evitar los efectos químicos de la corrosión y la oxidación (29). Este material es empleado en la fabricación de una amplia variedad de utensilios de cocina, debido a su resistencia bajo condiciones que podrían corroer a otros materiales. Esto ocurre gracias a una fina capa protectora, que se forma naturalmente en la superficie, denominada capa pasivadora. Es generada cuando el Cr entra en contacto con el oxígeno actuando de barrera entre la aleación y el medio que lo rodea. Además, es continua, no porosa y si se daña, se autorrepara en condiciones normales. Al ser adherente e insoluble previene una mayor difusión del oxígeno en la superficie, evitando así la oxidación del hierro de la matriz. Cuanto mayor porcentaje de Cr contiene el acero inoxidable, mayor es el grado de protección contra la corrosión y oxidación. Si en áreas localizadas el Cr se reduce a un valor menor a 10,5%, la capa pasivadora puede no formarse (29).

Según la composición química del acero inoxidable es la utilidad que puede darse. En particular, el acero que se utiliza en utensilios alimentarios contiene níquel (Ni) y molibdeno (Mo), que aumentan la estabilidad de la capa superficial natural. El Ni es un elemento esencial para brindar dureza, fuerza, estabilidad y tenacidad, incluso en temperaturas extremas. A su vez, le confiere al acero la

propiedad de que sea no magnético. El Ni no tiene influencia directa en la formación de la capa pasivadora, pero resulta beneficioso para protegerlo del ataque ácido, particularmente del ácido sulfúrico (H_2SO_4) contenido en los alimentos. La adición de Mo facilita la formación del film protector, incluso si se adiciona en cantidades muy pequeñas, estabiliza y además mejora la resistencia a la corrosión (30).

- Generalidades

Las propiedades físicas del acero inoxidable le otorgan resistencia a la corrosión y favorecen la resistencia mecánica. Dentro de sus ventajas se destaca la capacidad de poder reciclarse y poseer gran durabilidad. Además, se higieniza fácilmente, y se adapta a bajas y elevadas temperaturas.

Este material es ampliamente utilizado en diferentes sectores, desde la más sofisticada aplicación industrial hasta los utensilios domésticos, contribuyendo de manera directa a satisfacer las necesidades humanas básicas tales como alimentación, salud, construcción, medio ambiente, transporte y energía (29).

La Norma Europea que designa los aceros inoxidables es la EN 10088, pero está más extendida la designación de éstos según la clasificación AISI (USA). Cada familia del acero contiene un número específico que depende de la estructura interna del metal y de la distribución de sus átomos. Estos forman una red espacial, denominada estructura cristalina. Dependiendo de esta estructura, se clasifican en:

- Martensíticos: contienen al menos un 12% de Cr (hasta 18%) y más de 0,1% de C (alcanzando hasta 1,2%). Pueden ser tratados térmicamente y son magnéticos. Fueron los primeros que se desarrollaron y los

más comunes son los de la serie 402, 410, 414 AISI.

- Ferríticos: contienen entre un 15-30% de Cr y 0,1% de C. Su resistencia a la corrosión es ligeramente superior a los anteriores. No pueden ser tratados térmicamente, poseen baja resistencia mecánica, son frágiles y magnéticos. El más común es el 430 AISI.
- Austeníticos: esta aleación es la que se utiliza en los utensilios alimentarios, ya que son funcionales a temperaturas extremas, de hasta 800 – 900 °C. Se compone por 18% de Cr, 0,05% de C y 8% de Ni. Tienen mayor resistencia mecánica y a la oxidación, no pueden ser templados y no son magnéticos. Integra las series 200 y 300 AISI. Dentro de estos, las series 304 y 316 son los más utilizados en el rubro gastronómico.
- Dúplex: fue el último en desarrollarse. Posee una estructura ferrítica y austenítica, conteniendo 22% de Cr, 5% de Ni y 3% Mo. Presenta elevada resistencia a la corrosión, resistencia mecánica y son más fuertes que los austeníticos exclusivos (31).

- **Migración**

La intensidad de migración de los componentes del acero inoxidable hacia los alimentos en el momento de la cocción dependerá del tipo de acero inoxidable, del medio circundante y el tiempo de exposición. Al utilizar ollas y sartenes de este material, se produce migración de sus iones, entre ellos el Cr, Ni y Mo hacia los alimentos.

A partir de la necesidad de valorar dicha liberación y sus posibles consecuencias en los consumidores, se han realizado a lo largo de los años, múltiples estudios

sobre esta reacción fisicoquímica. A su vez, en varios países existen normativas que regulan las propiedades que deben tener los materiales que entran en contacto con los alimentos. Las disposiciones legales existentes en Europa, que regulan la utilización de materiales metálicos en contacto con alimentos, no presentan carácter obligatorio. En el año 2015 el Consejo de Ministros Nórdico puso a disposición una guía de orientación para las autoridades, la industria y el comercio: *"Food contact materials – metals and alloys"*. Esta guía contiene recomendaciones y legislaciones sobre el uso de metales y aleaciones; una lista de los iones que se liberan de los diferentes materiales en contacto con los alimentos, sus límites de migración específicos (Tabla 3) y su valor máximo permitido; evaluaciones de riesgo y propuestas de trabajos futuros (31).

Tabla 3: Valores límites de migración de metales según Cederberg

Mineral	Límites específicos de liberación (mg/kg de alimento)
Ni	0,14
Cr	0,250
Fe	50
Mo	0,12

Fuente: Cederberg DL, et al. (31).

Respecto del Cr la EFSA (2014) estableció la ingesta promedio entre 0,6 a 1,6 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal por día. Por lo tanto, se estableció una ingesta dietética tolerable (TDI) de 300 μg / kg de peso corporal por día.

En cuanto al Ni, las ingestas dietéticas promedio varían de 1,49 a 3,83 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal por día. La OMS en 2008 y 2011 estableció una TDI del Ni de 0.012 mg / kg de peso corporal por día (32).

Katalinić B, et al. (33) realizó un estudio en la Universidad Tecnológica de Viena, que tuvo como objetivo valorar el fenómeno de migración del Fe y del Ni

del acero inoxidable austenítico utilizado en la industria alimentaria. Se emplearon como simulantes alimentarios soluciones de ácido acético al 3% (Food Standards Agency, 2003) destinados a reemplazar los alimentos ácidos como medio corrosivo. Se realizaron pruebas durante diferentes períodos de tiempo, a una temperatura de 100°C. Las muestras de acero inoxidable que entran en contacto con el medio corrosivo fueron procesadas por papel metalográfico de diferentes granulaciones (180 μm y 800 μm) para obtener diversas rugosidades y por fieltro para obtener una superficie brillante.

El estudio ha demostrado que las superficies brillantes, es decir, aquellas que poseen un acabado superficial, caracterizado por su brillo y homogeneidad, tienen bajas tasas de migración de Fe y Ni para todos los períodos de tiempo de 30, 60 y 90 minutos. Mientras que las superficies rugosas poseen tasas de migración más altas. Como rugosidad se entiende al conjunto de irregularidades que posee la superficie en aquellas secciones en las que se corrigieron los errores de forma y las ondulaciones que se pueden presentar durante el proceso de fabricación. En el acabado superficial se pueden observar unas pequeñas rayas longitudinales, consecuencia de los medios técnicos que se utilizaron para realizar el acabado. Las concentraciones de los metales que migraron al simulante son menores en la superficie brillante en las pruebas de 30 minutos con respecto a las de 60 minutos, de todas maneras, los niveles migrados son bajos. En cuanto al Ni aislado, la migración fue mayor en la muestra metálica de superficie rugosa y en un tiempo de contacto de 90 minutos. Los resultados obtenidos ofrecen una visión sobre la influencia del estado de procesamiento del material, la duración de la exposición y la composición química de las superficies de contacto. Cuanto más rugosa es la superficie de

contacto con el medio corrosivo, mayor es la velocidad de migración. Se pudo observar una diferencia muy pequeña entre las cantidades transferidas a la solución tanto en Fe como en Ni en el grupo de tiempo de exposición de 60 minutos, independientemente del estado de procesamiento de la superficie (33).

Otro estudio de Quintaes KD, *et al.* (34) analizó la migración de distintos minerales como: Fe, magnesio (Mg), manganeso (Mn), Cr, Ni, calcio (Ca), Zn, plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg) de ollas de acero inoxidable 304, piedra esteatita y Fe fundido, durante 15 cocciones secuenciales y durante el almacenamiento de simulantes de alimentos. Se evaluaron dos preparaciones, una fue arroz pulido y la otra salsa de tomate comercial, tomado como un alimento ácido de referencia. La migración de minerales fue determinada por espectrometría de emisión óptica. El análisis de regresión de los datos reveló que, en función del uso, en las ollas de acero inoxidable la migración de metales se reduce a medida que se reutilizan; con las de piedra esteatita sucede lo mismo, pero en menor proporción. Contrastando con las de Fe, que presentan aumento en la migración de Fe y Mn con el uso continuo. En ningún utensilio se observó la liberación de metales pesados, como Pb, Cd o Hg. Los autores concluyeron que los principales factores que afectan la migración de los elementos componentes del material de las ollas incluyen el pH del alimento, el tiempo que el alimento permanece en contacto y el contenido de agua de la preparación. El área de contacto, temperatura de sistemas acuosos, agitación, presencia de agentes quelantes en el alimento y la propia calidad de la aleación, son factores que influyen en menor grado la disolución

de los metales. Los utensilios probados presentaron perfiles de migración distintos y susceptibles a la variación, según el tipo de simulante y la aplicación del utensilio, ya sea para cocción o almacenamiento. Tanto las ollas de acero inoxidable como las de Fe fundido no presentaron implicaciones toxicológicas bajo las condiciones de la prueba (34).

En un estudio realizado por Guarneri F, *et al.* (35) publicado en el año 2016, se utilizaron ollas y sartenes de acero inoxidable nuevas y usadas de diferentes fabricantes. En las pruebas de migración se utilizaron dos alimentos: salsa de tomate y mermelada de limón. Las mismas se realizaron con tiempos de cocción de una hora. Se emplearon dos muestras, una de ellas conteniendo ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para aumentar su acidez, y la otra sin el mismo; además, soluciones acuosas a pH 2,3; 7,7 y 9 se hirvieron durante una hora en dichas cacerolas. La liberación de metal se evaluó con espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente. Los resultados obtenidos en cuanto a la liberación de Ni y Cr concluyeron que la migración aumentaba con el tiempo de cocción. A su vez, se incrementó en las ollas de primer uso, en condiciones de pH bajo y según la procedencia de su fabricación.

En todas las investigaciones analizadas, las cantidades liberadas de los metales se encuentran por debajo de los niveles de toxicidad. En condiciones normales, el uso de recipientes de acero inoxidable austeníticos se considera seguro para la mayoría de las personas sensibles al Ni y/o al Cr (35).

- Toxicidad

Al hablar de la toxicidad del acero inoxidable, se hace referencia en particular a los efectos que posee el Ni en el organismo. Dicho elemento, en cantidades significativas puede provocar daño a los individuos. Aunque no se ha establecido su nivel toxicológico, puede ocasionar dermatitis y enfermedades respiratorias. Aproximadamente un 10 a 20% de la población es sensible al Ni y éste es el principal causante de la dermatitis alérgica por contacto, que provoca erupciones e inflamación de la piel. La misma posee diferentes grados de sensibilidad en las personas que la padecen, dependiendo del tiempo y magnitud de su exposición. Debido a que no existe una cura para tratar la alergia al Ni, se debería evitar la exposición de todos los materiales que lo contengan y evitar los alimentos con cantidades significativas del mismo.

Respecto a los utensilios de cocina de acero inoxidable, la migración de Ni de los mismos se podría considerar dentro de parámetros seguros para la mayoría de las personas con alergia al Ni. Aunque, al sumar esos valores con los aportados por los alimentos, se podría exceder la ingesta límite desencadenante de la reacción alérgica. Por lo tanto, las personas que tienen dermatitis alérgica de contacto deberían reemplazar el acero inoxidable de los utensilios alimentarios por otro material (36) (37) (38).

TEFLÓN

- Composición Química

Muchos de los materiales utilizados en la actualidad para envases, recipientes y utensilios alimentarios son polímeros. Hoy en día, la industria ha desarrollado distintos tipos de polímeros, que se diferencian por su apariencia, rigidez, transparencia y durabilidad. Los polímeros son compuestos en los cuales cadenas o redes de pequeñas unidades repetitivas forman moléculas de mayor tamaño. Cada pequeña unidad se denomina monómero, y estos se repiten una y otra vez para producir la cadena del polímero. Dentro de este grupo, se encuentra el politetrafluoroetileno (PTFE), mayormente conocido como teflón (39). La estructura química de dicho material es de suma importancia, ya que de ella derivan sus principales propiedades (40). En primer lugar, se puede mencionar que en la fórmula molecular del PTFE las uniones son muy fuertes y difícilmente se rompen. Además, gracias a su estructura cristalina, tiene propiedades mecánicas de resistencia frente a fuerzas, cargas y temperaturas elevadas. Por otro lado, como consecuencia de las débiles uniones intermoleculares, presenta propiedades elásticas pobres aportándole su característica de fragilidad. Este material presenta un alto peso molecular, una baja densidad, de $2.14 - 2.2 \text{ g/cm}^3$, menor a la del aluminio y una resistencia mecánica baja. Su temperatura máxima de utilización es de 250 a 271°C y si se calienta a 400°C se descompone con facilidad, dando lugar a vapores nocivos y altamente tóxicos. Las condiciones de conformación superan dichas temperaturas, por lo que se deben cumplir las normas de seguridad laboral en los procedimientos para su fabricación (41).

En resumen, el teflón es un material resistente, fácilmente adaptable a la superficie interior de los utensilios de cocina, con propiedades antiadherentes. Aunque también presenta algunas contrariedades, como cierta fragilidad (42).

- Generalidades

El teflón puede ser utilizado para obtener varas, cintas, tubos, aparatos de laboratorio químico, en la industria de adhesivos, en la industria alimentaria, para recubrimientos antiadherentes de sartenes, moldes, planchas, entre otras cosas y también en cirugías cardíacas, donde se utiliza como recubrimiento para stents (15) (41). El teflón presenta poca adherencia con otros materiales debido a débiles fuerzas superficiales que existen en el polímero, haciéndolo un excelente anti-adhesivo. Para obtener los recubrimientos, el PTFE requiere cierto tratamiento. Más específicamente, es sometido a procesos químicos y de soldadura y prensado a elevadas temperaturas (41). Entre los distintos tipos de recubrimientos, se pueden distinguir diferentes niveles de calidad basados en el espesor total y el número de capas aplicadas. Un factor considerablemente importante para garantizar la duración y la calidad de un utensilio antiadherente es el cuerpo del material sobre el que se aplica el recubrimiento. Si el mismo es de alta calidad, pero aplicado a una bandeja delgada es una contradicción, ya que el utensilio se sobrecalentará fácilmente y los puntos calientes resultantes comprometerán incluso el mejor recubrimiento. El material de base más utilizado para los revestimientos de teflón es el aluminio (15).

Actualmente, el teflón es un material que tiene la ventaja de ser económico y algunos recipientes son aptos para cocinar en horno de microondas. La gran desventaja es que absorbe olores y sabores y la limpieza es dificultosa, sobre

todo cuando se ha colocado en el recipiente algún elemento rico en aceites o grasas. Sin embargo, al ser antiadherente disminuye el uso de cuerpos grasos con tal fin. Otra desventaja que presenta es que para su limpieza no se pueden utilizar elementos abrasivos y en la cocción se deben utilizar utensilios de madera con bordes redondeados o de plástico para evitar que se ralle o desprenda el producto. Por lo tanto, para una mayor duración se recomienda evitar el uso de utensilios afilados de metal (43).

- Migración

En primer lugar, los polímeros fluorados como el PTFE, se utilizan en cantidades muy pequeñas en la fabricación de recubrimientos de utensilios alimentarios, lo que representa desde el inicio una baja exposición a este material por vía oral. Estudios epidemiológicos recientes demuestran la presencia, en plasma de seres humanos, de dos químicos particulares utilizados en dichos procesos, en ínfimas cantidades (44). Debido a esto, se genera la inquietud de investigar sobre el verdadero efecto en la salud de estos componentes y los medios por los cuáles se introducen al organismo y podrían llegar a causar toxicidad, como un gran número de personas lo advierten.

Estos químicos fluorados son biopersistentes, es decir que permanecen intactos en el organismo. Los químicos que reiteradas investigaciones analizan si se desprenden del teflón son el sulfonato de perfluorooctano (PFOS), un residuo además utilizado en algunas bolsas de plástico en contacto con los alimentos y el ácido perfluorooctanoico (PFOA) que es un colaborador en el procesamiento del PTFE. Entre los variados usos del PTFE, los que se investigan en profundidad en el presente trabajo son los utensilios de cocina antiadherentes.

La EFSA, en una sección donde recopila recomendaciones de miembros del estado, comisiones europeas, investigadores y miembros del sector industrial, destaca que las pruebas de migración de materiales plásticos como el teflón, deberían hacerse en condiciones extremas, ya que algunos materiales plásticos ceden exponencialmente más con el aumento de la temperatura. Y en caso de no poder realizarlas, debería indicar: “no utilizar a temperaturas superiores de..” También deberían indicarse los aditivos utilizados en el proceso de aplicación del revestimiento y la determinación exacta del polímero (45). Tomando como iniciativa esta consideración se comprueba que, aún en casos de calentamiento a temperaturas extremas, los residuos de PFOA no aumentan en los utensilios alimentarios. En el artículo de Begley TH. *et al.* (46) se destaca que los materiales como el PTFE y otros polímeros empleados en utensilios en contacto con alimentos, no son una fuente significativa de químicos nocivos para el organismo, como por ejemplo de PFOA. La conclusión de este estudio se basa en análisis de residuos de este compuesto en cinta sellante hecha con PTFE y utensilios de cocina recubiertos con este mismo material. Los resultados de las pruebas de migración realizadas por el grupo de Begley TH *et al.* demuestran que muy poca cantidad de PFOA migra hacia los alimentos. Los utensilios alimentarios llevados a temperatura de cocción, 175°C durante 2 horas muestran que solo un 17% del total de PFOA en el recubrimiento pasa al alimento simulador. A 100 °C la migración fraccional de PTFE en agua y en aceite es mínima. La conclusión asume que todos los utensilios de cocina presentes en el mercado tienen la misma cantidad inicial de PFOA, cuando en realidad, otros contienen 10 veces menos PFOA que las utilizadas en el estudio mencionado. Usualmente, los utensilios de cocina se utilizan repetidas veces y durante tiempos prolongados

ya que en los hogares no se suelen comprar utensilios nuevos por largos períodos de tiempo. En estos casos, la cantidad de PFOA debería aproximarse a cero, ya que este compuesto no se genera nuevamente (46).

La asociación de Dietistas y Nutricionistas italiana (ANDID), respaldada por organismos internacionales como la EFSA, Agencia Francesa para la Seguridad Alimentaria (AFFSA) Y Food and Drug Administration (FDA) en su *“Guía para la elección de materiales para la cocción de alimentos”* menciona al teflón como un material inerte, un polímero con todas las propiedades anteriormente destacadas (15). Así también se afirma en otro estudio actual realizado por el Instituto Nacional de Evaluación de la Seguridad Alimentaria y Medicamentos de Corea. En base a los resultados de dicho estudio se concluye, luego de analizar 312 utensilios de cocina, que todos los materiales son seguros para su uso. De todas formas, en este estudio no se indaga acerca de las cantidades en las que el PFOA es desprendido y persiste en los alimentos. Tampoco se hace mención a la interacción de estos residuos en el organismo por exposición a los mismos vía oral y si esto produciría efectos adversos en los seres humanos (47).

En el documento mencionado, publicado por la ANDID, se destaca que, aunque el recubrimiento de teflón se encuentre dañado, el único motivo por el que los utensilios deben ser reemplazados es por la pérdida de su función antiadherente, en lugar de por motivos de seguridad alimentaria. También se menciona la importancia de cumplir con las pautas de cocina habituales, en la utilización de ollas y sartenes de teflón. Es decir, no sobrecalentar los utensilios, siendo las temperaturas recomendadas para hervir 100 °C y para cocinar carnes aproximadamente 200 °C. Se podrían utilizar hasta 260 °C sin dañar el

recubrimiento antiadherente. El sobrecalentamiento, las abrasiones y las

rayaduras son los factores que influyen en mayor medida en la duración de estos utensilios alimentarios. Por lo tanto, se recomienda siempre utilizar una fuente de calor adecuada para el tamaño de la olla o sartén a utilizar y centrarlos en la fuente de calor para una cocción apropiada. Si el grosor de los utensilios es menor, es conveniente cocinar a fuego moderado para una distribución pareja del calor. En algunos casos, se deposita una capa con una alta dureza superficial de óxidos de titanio entre el sustrato del material de la bandeja de cocción y el recubrimiento antiadherente, para dar a este último una mayor resistencia al rayado. La revista italiana *Altroconsumo* dispone de artículos científicos donde publican distintos investigadores en variadas temáticas, incluyendo también comentarios y opiniones de otros profesionales y especialistas. Un artículo en una de sus ediciones publicada en septiembre de 2011 concluye en la falta de riesgos para la salud en la utilización de utensilios de cocina recubiertos con PTFE (15). La legislación Italiana declara que todos los recubrimientos de PTFE no contienen Ni, metales pesados o PFOA, mediante las reglamentaciones posteriormente citadas: Decreto ministerial italiano de 21 de marzo de 1973 y modificaciones posteriores; Decreto Ministerial no. 220 de 26 de abril de 1993 y modificaciones posteriores; Directiva CEE 2002/72 / CE y enmiendas posteriores (15). En cuanto a la legislación argentina, el CAA no presenta especificaciones sobre los distintos materiales en contraposición a la legislación europea. El capítulo IV del CAA, “*Utensilios, recipientes, envases, envolturas, aparatos y accesorios*” no detalla los límites de migración para el teflón. Únicamente indica que pueden ser utilizados los polímeros que se incluyen en la lista positiva, y el PTFE forma parte de ella (48).

En el departamento de medio ambiente del Laboratorio Central de Ciencias del Reino Unido, se analizaron 26 utensilios de cocina antiadherentes con distintos materiales de base. Los recubrimientos fueron puestos a prueba en las exactas condiciones en las cuales fueron adquiridos y se simularon las condiciones normales de uso. Ninguno de estos productos excede una migración total de 10 mg dm², cantidades que se consideran despreciables. Se detectó benceno en dos de las muestras, en concentraciones de 1,4 - 2,4 ug dm². Estos niveles son muy bajos para detectar migración hacia los alimentos y no se obtuvieron resultados positivos para el desprendimiento de sustancias fluoradas. El origen de muchas de las sustancias detectadas es el envoltorio, la migración se produce desde las impresiones en los papeles utilizados para la venta de los utensilios (49).

Por último, un estudio realizado por Hutchings LR, *et al.* (50) menciona la interacción presente entre el material del recubrimiento y el material de la superficie de los utensilios alimentarios. Cuanto mayor es la interacción entre los mismos, los recubrimientos son más estables, especialmente en superficies inertes químicamente, como el teflón. Para una mayor plasticidad, los aditivos presentes en los recubrimientos son partículas de menor tamaño que las del teflón, teniendo en cuenta que es un polímero de largas cadenas carbonadas, lo que lo hace un material inerte. De todas formas, estos aditivos se encuentran en cantidades mínimas como para poder medir la migración hacia los alimentos y menos aún para identificar toxicidad en el cuerpo humano. Se concluyó que debe haber futuras investigaciones destinadas a indagar en los mecanismos de interacción de los polímeros en las diferentes superficies, estudiando las reacciones producidas en diversos materiales. En la actualidad no hay estudios

suficientes acerca de recubrimientos antiadherentes, y se debe tener en cuenta su gran relevancia debido a su amplia utilización (50).

- Toxicidad

Según el “*Manual de toxicología clínica de Dreisbach: prevención, diagnóstico y tratamiento*”, los vapores de polímeros como el teflón producen efectos tóxicos en el organismo por exposición respiratoria. Este manual clasifica al PTFE dentro de los “tóxicos poco comunes” y enumera los efectos presentes en personas con exposición adicional al PTFE, es decir, por descomposición a altas temperaturas de teflón sólido o en aerosol o de otros hidrocarburos fluorados. Estos efectos son malestar, astenia, parestesias en brazos y dedos, dolor faríngeo y dificultad respiratoria (51). La toxicidad del PTFE se produce por la exposición prolongada a la pulverización de este material. Esto ocurre en el proceso de fabricación, y provoca lesiones por inhalación. Varios estudios realizados en trabajadores expuestos a los procesos de pulverización del PTFE fueron diagnosticados con enfermedades respiratorias, en uno de los casos con enfermedad pulmonar granulomatosa.

No se advierten daños en el organismo producidos por la degradación del PTFE elevado a altas temperaturas (52) (53) (54).

III. CONCLUSIÓN

En la presente revisión de bibliografía, se consideró importante la recopilación de información de carácter científico sobre Fe, Al, acero inoxidable y teflón, ya que la práctica culinaria involucra utensilios alimentarios de dichos materiales. Se debe tomar consciencia acerca del acto de cocinar como una actividad cotidiana, tanto a pequeña como a gran escala, que se lleva a cabo en hogares, hospitales, escuelas, comedores comunitarios, servicios de alimentación, entre otros. Por ello, se considera relevante conocer el comportamiento de los materiales de los utensilios, con sus ventajas y desventajas, para la toma de decisiones profesionales como la educación a los consumidores. Las mismas se analizaron a partir de las siguientes variables: generalidades, composición química, migración y toxicidad.

El Fe fundido presenta la ventaja de poseer gran capacidad de retención del calor logrando cocción pareja a altas temperaturas. Así como también presenta la contrariedad de tener un peso elevado lo que limita su manipulación. El mismo fue reemplazado con el paso del tiempo por otros materiales, por lo que actualmente no es utilizado con frecuencia. Aunque, hoy en día con la aparición de los revestimientos antiadherentes, los utensilios de Fe se adaptaron al nuevo mercado para poder competir, presentando un recubrimiento porcelanizado y vitrificado que le confiere propiedades superiores. La principal desventaja es su muy elevado costo, lo que lo convierte en un material de baja accesibilidad para la mayor parte de la población. Por estas razones, dichos revestimientos no fueron incluidos en esta revisión, en conjunto con la falta de

información científica disponible. En cuanto a la migración de este material hacia los alimentos, se concluye que la misma no genera efectos nocivos en el organismo, excepto para las personas que tienen restricción dietaria de Fe.

Dentro de sus ventajas del Al, el bajo costo es la principal variable que lo caracteriza, otorgándole una amplia accesibilidad a la población. Debido a esto, es el material más utilizado en los distintos ámbitos. Otra cualidad presente es que los utensilios son livianos lo que permite encontrar en el mercado ollas y sartenes de diversos tamaños. La desventaja que este material presenta es la facilidad con la que los alimentos se adhieren a la base de los utensilios, esto mismo se ve exacerbado por el daño causado al presentarrayaduras. Respecto a la migración, se concluyó que la misma aumenta en presencia de alimentos con pH extremos, es decir alimentos ácidos y alcalinos. Así como también se incrementa en presencia de F, a mayor cantidad del mismo presente en el agua, mayor será la migración. A pesar de esto, las cantidades de Al ingeridas por la utilización de utensilios de cocina en contacto con alimentos no generan toxicidad en el organismo. Sin embargo, representan una fuente más de exposición, lo que contribuye a alcanzar e inclusive superar el nivel provisional de ingesta tolerable.

El acero inoxidable, como ya se desarrolló anteriormente, es una aleación que tiene como componentes Fe, Cr, C y Ni. La combinación en proporciones ideales se creó específicamente para su utilización en utensilios de cocina, lo que le confiere a éstos, alta resistencia mecánica y resistencia a la corrosión, en especial frente a los alimentos ácidos. Además, posee gran durabilidad y soporta cocción a altas temperaturas. Con respecto a su peso, aunque es un material relativamente liviano, es mayor en comparación al Al. La única

desventaja analizada en la bibliografía es la posibilidad de que los alimentos se adhieran a los utensilios si se realiza cocción en un medio no acuoso. El pasaje de los elementos que componen el acero inoxidable hacia los alimentos se ve influenciado en mayor medida por el pH, la duración de la cocción y el contenido de agua en la preparación. Además, los utensilios de primer uso liberan mayores niveles de metales que los utilizados repetidamente. La calidad de la aleación es otro factor que se debe tener en cuenta. De todas formas, los niveles de estos componentes en los alimentos luego de estar en contacto con utensilios de acero inoxidable no son perjudiciales para el cuerpo humano. Los valores de ingesta permitidos superan ampliamente la ingesta real. Se debe exceptuar, los casos de dermatitis alérgica por contacto al Ni, donde se deben reemplazar estos utensilios por otro material.

Por último, el teflón es un material que se ha desarrollado recientemente y se destaca por su propiedad antiadherente. Desde su descubrimiento hasta la actualidad se utiliza en distintos ámbitos y tiene gran variedad de usos. Presenta el beneficio de ser accesible en relación al precio, en comparación con los materiales mencionados anteriormente, siempre dependiendo de la calidad y el grosor del material de la bandeja sobre la cual se aplica. El teflón como recubrimiento antiadherente es apto para su uso en microondas y puede utilizarse en fuentes de otros materiales y en variados utensilios de cocina como budineras, fuentes, entre otros. Además de estas virtudes, permite la reducción del consumo de cuerpos grasos por su capacidad antiadherente, siendo estos utensilios recomendados en planes alimentarios con reducción de grasas o aceites. Por otro lado, en cuanto a sus desventajas, se deben tener ciertos cuidados, por ejemplo, no utilizar elementos con bordes afilados o cortante, ya

que pueden dañar el material perdiendo su capacidad antiadherente. Además, no se deben utilizar elementos abrasivos para su limpieza y estos recubrimientos absorben olores y sabores. Teniendo en cuenta las concentraciones de este material que pueden ingresar al organismo por vía oral desde los utensilios alimentarios, y destacando que con el uso prolongado la cantidad de residuos disminuye, la migración del teflón no presenta toxicidad en el organismo ni es perjudicial para la salud.

En resumen, dentro de la variable migración, el comportamiento de los diferentes materiales se analizó según:

- El pH de los alimentos
- El contenido de agua de los alimentos
- La composición química del agua de cocción
- El tiempo de cocción o exposición al material
- Los años de uso del utensilio

Estas características deben ser tenidas en cuenta a la hora de analizar otros materiales o realizar nuevos estudios de investigación sobre materiales de los utensilios alimentarios.

De la totalidad de variables analizadas se seleccionaron las que presentaron mayor relevancia para comparar los materiales entre sí: Resistencia a altas temperaturas, durabilidad, costo, migración y peso. (Tabla 4).

Tabla 4: Comparación de utensilios de cocina de los materiales Fe, Al, acero inoxidable y teflón

Material	Resistencia a altas T°	Durabilidad	Costo	Migración	Peso
Hierro	+++	+	+	+	+++
Al	+	+	+	+++	+
Acero inoxidable	+++	+++	+++	+	++
Teflón	+	+	++	+	+

“+ = Bajo”; “++ = Moderado”; “+++ = Alto”.

Como describe la tabla 4, el acero inoxidable es superior en comparación con los demás materiales analizados. Si bien su costo es mayor, no difiere en grandes proporciones respecto del teflón, ya que el mismo presenta variaciones en el precio según la calidad y el grosor del material de base, y se priorizan las ventajas que posee el acero como la resistencia a altas temperaturas, durabilidad, migración y el peso.

IV. AGRADECIMIENTOS

A la Escuela de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires y todos sus docentes, por guiarnos en el aprendizaje y formarnos como profesionales.

A nuestra tutora, Dra. Marcela Stambullian, por acompañarnos en este año y guiarnos en la realización del trabajo.

Al Dr. Ing. Leopoldo De Bernardez y al M.S Ing. Alejandro Ariosti por su colaboración en la recopilación de bibliografía.

A Lic. Diana Kabbache por orientarnos en la elección de los materiales y en la metodología de estudio.

A nuestras familias y amigos por el apoyo constante.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rambourg P. Historia de la cocina y Gastronomía Francesa. Buenos Aires, Argentina: Claridad; 2011.
2. Melnik L. Antropología del consumo. Buenos Aires, Argentina: Claridad; 2013.
3. Bonduri C, Frigerio L. Salta a la olla, un siglo de evolución social y de cocina. Círculo amigo editor; 2007.
4. Khaniki GJ, Khosravi R, Nazmara S, Foroushani AR. Migration of heavy metals into water and lemon juice stored in cast iron containers. AFST 2016;17 (2):1-10.
5. Council of Europe's Policy Statement concerning metals and alloys. Metals and alloys used in food contact materials and articles: A practical guide for manufacturers and regulators [Technical Document]; 2013. Disponible en: http://www.mast.is/Uploads/document/guidelines_metals_alloys_used_as_food_contact_materials.pdf
6. Villacís S. Energy Efficiency Analysis of Different Materials for Cookware Commonly Used in Induction Cookers. Energy Procedia. 2015;75:925–930.
7. Brittin HC, Nossaman CE. Iron content of food cooked in iron utensils. J Am Diet Assoc. julio de 1986;86(7):897-901.
8. Park J, Brittin HC. IRON CONTENT, SENSORY EVALUATION, AND CONSUMER ACCEPTANCE OF FOOD COOKED IN IRON UTENSILS. J Food Qual. mayo de 2000;23(2):205-15.
9. Kroger-Ohlsen MV, Trugvason T, Skibsted LH, Michaelsen KF. Release of Iron into Foods Cooked in an Iron Pot: Effect of pH, Salt, and Organic Acids. J Food Sci. noviembre de 2002;67(9):3301-3.

10. Geerligs PP, Brabin B, Mkumbwa A, Broadhead R, Cuevas LE. The effect on haemoglobin of the use of iron cooking pots in rural Malawian households in an area with high malaria prevalence: a randomized trial. Trop Med Int Health. abril de 2003;8(4):310-5.
11. Quintaes KD, Amaya-Farfan J, Tomazini FM, Morgano MA, de Almeyda Hajisa NM, Neto JT. Mineral Migration and Influence of Meal Preparation in Iron Cookware on the Iron Nutritional Status of Vegetarian Students. Ecol Food Nutr. 7 de mayo de 2007;46(2):125-41.
12. Yuen H-W, Gossman WG. Iron Toxicity. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2018 [citado 12 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459224/>
13. Chang R, Goldsby KA. Química. 11^{va} Ed. Mc Graw Hill; 2015.
14. Giudice C, Pereyra AM. Protección de materiales: anodizado de Aluminio [monografía en internet]. La Plata: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. [citado 12 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/anodizado.pdf>
15. Italian Asosiation of Dietitians. Guide for using materials for cooking food. Italy; 2006. Disponible en: http://www.ballarini.it/pdf/guide_for_choosing_materials_for_cooking_food.pdf
16. PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMITÉ DEL CODEX SOBRE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS PARA RÉGIMENES ESPECIALES [Internet]. [citado 12 de octubre de 2018]. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCNFSDU/ccnfsdu34/nf34_05s.pdf
17. EFSA Advises on the Safety of Aluminium in Food [Internet]. European Food Safety Authority. 2008 [citado 12 de octubre de 2018]. Disponible en:

<http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/080715-0>

18. COUNCIL OF EUROPE'S POLICY STATEMENTS CONCERNING MATERIALS AND ARTICLES INTENDED TO COME INTO CONTACT WITH FOODSTUFFS. GUIDELINES ON METALS AND ALLOYS USED AS FOOD CONTACT MATERIALS. 2002.
19. Kumari P, Yadav A, Kumari K. Aluminium uptake by some foods from the aluminium cookware during cooking and effect of fluoride on the uptake. *Der Pharma Chemica*, 2014, 6(3):1-5.
20. Mohammad FS. Effect of Aluminum Leaching Process of Cooking War. *Int. J. Electrochem. Sci.* 2011; 6: 222 – 230.
21. Mohammad FS. Effect of Aluminum Leaching Process of Cooking Wares on Food. *Int J Electrochem Sci.* 2011;6:9.
22. Stahl T, Falk S, Rohrbeck A, Georgii S, Herzog C, Wiegand A, et al. Migration of aluminum from food contact materials to food—a health risk for consumers? Part I of III: exposure to aluminum, release of aluminum, tolerable weekly intake (TWI), toxicological effects of aluminum, study design, and methods. *Environ Sci Eur [Internet]*. diciembre de 2017 [citado 12 de octubre de 2018];29(1). Disponible en: <http://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-017-0116-y>
23. Stahl T, Falk S, Rohrbeck A, Georgii S, Herzog C, Wiegand A, et al. Migration of aluminum from food contact materials to food—a health risk for consumers? Part III of III: migration of aluminum to food from camping dishes and utensils made of aluminum. *Environ Sci Eur [Internet]*. diciembre de 2017 [citado 12 de octubre de 2018];29(1). Disponible en: <http://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-017-0117-x>
24. Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología – INTN.

Migración de Aluminio a los alimentos provenientes de envases y utensilios de cocina nacionales e importados, comercializados en nuestro país [Proyecto de Investigación Institucional de próxima aparición] 2018.

25. Klaassen CD, Watkins JB. Fundamentos de toxicología. 1° Ed. Madrid, España: MC GRAW HILL; 2015.
26. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Toxicological Profile for Aluminum ; 2008. [citado 12 de octubre de 2018] Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp22.pdf>
27. Gutiérrez F, Arcila V, Quintero K, Álvarez R, Querales M. Niveles de Al sérico en un grupo de pacientes con enfermedad de Alzheimer. Acta Bioquímica Clínica Latinoam. diciembre de 2014;48(4):485-90.
28. Federal Institute for Risk Assessment. No risk of Alzheimer's disease from aluminium in consumer products [Internet]; 2007. [citado 25 de octubre de 2018]. Disponible en: https://mobil.bfr.bund.de/cm/349/no_risk_of_alzheimers_disease_from_aluminium_in_consumer_products.pdf
29. European stainless steel development association. When health come first. Bruselas: Euro inox; 2009. [citado 15 de octubre de 2018]. Disponible: http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/WhenHealthComesFirst_EN.pdf
30. Euro Inox, Steel Construction Institute (Regne Unit). Manual de diseño para acero inoxidable estructural. Barcelona: Euro Inox; 2006.
31. Nordic guidance for authorities, industry and trade. Food contact materials – metals and alloys. Dinamarca: Norden; 2015. Disponible: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:816816/fulltext02.pdf>
32. European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare. Metals and

alloys used in food contact materials and articles. Strasbourg, France: Edom. 2013. [citado 25 de octubre de 2018]. Disponible: https://www.edqm.eu/medias/fichiers/list_of_contents_metals_and_alloys_1st_edition.pdf

33. Katalinić B, Danube Adria Association for Automation & Manufacturing, editores. Annals of DAAAM for 2011 & proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium «Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity» [& 5th European DAAAM International Young Researchers' and Scientists' Conference]: 23 - 26th November 2011, Vienna, Austria. Vienna: DAAAM Internat. Vienna; 2011. 1704 p.
34. Quintaes KD, Amaya-Farfan J, Tomazini FM, Morgano MA, Mantovani DMB. Migração de minerais de placas brasileiras de aço inoxidável, ferro fundido e pedra-sabão (esteatito) para simulantes de alimentos. Ciênc E Tecnol Aliment. septiembre de 2004;24(3):397-402.
35. Guarneri F, Costa C, Cannavò SP, Catania S, Bua GD, Fenga C, Dugo G. Release of nickel and chromium in common foods during cooking in 18/10 (grade 316) stainless steel pots. [Internet] 2017. [citado 20 octubre de 2018]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27804135>
36. Torres F, das Graças M, Melo M, Tosti A. Management of contact dermatitis due to nickel allergy: an update. Clin Cosmet Investig Dermatol. 17 de abril de 2009;2:39- 48.
37. Hannah J. Nickel Allergy: What It Is and How It Can Affect Our Patient Care. Gastroenterol Nurs. 2012;35(4):263-8.
38. Balch PA. Recetas nutritivas que curan. 2da Ed. New York, USA: Avery; 2000
39. Atkins PW, Jones LL. Principios de química: los caminos del descubrimiento 5ta Ed. Buenos Aires; Bogotá; Caracas: Editorial Médica Panamericana; 2013.

40. Leguizamón M. Tecnología 2, Cátedra Paglianiti, Diseño industrial [Material audiovisual]. Buenos Aires: Facultad de diseño y arquitectura UBA; 2017.
41. Universidad de Barcelona. Politetrafluoroetileno [Internet]. Barcelona. [citado 11 de octubre de 2018].

Disponible en:

<http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/politetrafluoroetileno>
42. Teng H, Teng H. Overview of the Development of the Fluoropolymer Industry. Appl Sci. 29 de mayo de 2012;2(2):496-512.
43. Skoropada JE. Libro teórico-digital Administración de Servicios de Alimentación. Buenos Aires: Edición del autor; 2007.
44. Agencia española de consumo, seguridad alimentaria y nutrición. Preguntas y respuestas sobre PFAS [Internet]. [citado 3 de noviembre de 2018]. Disponible en:

http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/Ficha_FAQs_PFOS_PFOA_1.pdf
45. European Food Safety Authority. Note for guidance: Food contact materials [Internet]. [citado 24 de octubre de 2018]. Disponible en:

<http://www.foodcontactmaterials.com/eu/noteforguidance.pdf>
46. Begley TH, White K, Honigfort P, Twaroski ML, Neches R, Walker RA. Perfluorochemicals: Potential sources of and migration from food packaging. Food Addit Contam. octubre de 2005;22(10):1023-31.
47. Choi H, Bae I-A, Choi JC, Park S-J, Kim M. Perfluorinated compounds in food simulants after migration from fluorocarbon resin-coated frying pans, baking utensils, and non-stick baking papers on the Korean market. Food Addit Contam Part B. 10 de agosto de 2018;1-9.
48. ANMAT. Código Alimentario Argentino [Internet]. Ministerio de Salud y

Desarrollo Social; Disponible en:

http://www.anmat.gov.ar/webanmat/normativas_alimentos.asp

49. Bradley EL, Read WA, Castle L. Investigation into the migration potential of coating materials from cookware products. Food Addit Contam. marzo de 2007;24(3):326- 35.
50. Hutchings LR, Sarih NM, Thompson RL. Multi-end functionalised polymer additives synthesised by living anionic polymerisation—the impact of additive molecular structure upon surface properties. Polym Chem. 2011;2(4):851.
51. Robert H. Dreisbach B-LT. Manual de toxicología clínica de Dreisbach: prevención, diagnóstico y tratamiento. 7 °. Manual moderno; 2003. 792 p.
52. Lee N, Baek K, Park S, Hwang I, Chung I, Choi W, et al. Pneumoconiosis in a polytetrafluoroethylene (PTFE) spray worker: a case report with an occupational hygiene study. Ann Occup Environ Med [Internet]. diciembre de 2018 [citado 12 de octubre de 2018]; 30(1). Disponible en: <https://aoemj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40557-018-0248-6>
53. Choi W-I, Jung HR, Shehu E, Rho BH, Lee M-Y, Kwon KY. Small Airway-Centered Granulomatosis Caused by Long-term Exposure to Polytetrafluoroethylene. Chest. junio de 2014;145(6):1397-402.

54. Johnston CJ, Finkelstein JN, Mercer P, Corson N, Gelein R, Oberdörster G. Pulmonary Effects Induced by Ultrafine PTFE Particles. Toxicol Appl Pharmacol. noviembre de 2000;168(3):208-15.