

Concentración de aluminio en carne cocida almacenada en bandejas de aluminio descartables

Aluminum concentration in cooked beef stored in disposable aluminum trays

Iezzi, Sebastián^{1*}; Lifschitz, Adrian¹; Landa, Roberto³; Quiroga, Miguel Angel³; Purslow, Peter P²

¹Centro de Investigación Veterinaria de Tandil, (CIVETAN, CONICET-CICPBA), ²Departamento de Tecnología y Calidad de los Alimentos, ³Laboratorio de Minerales, Departamento de Fisiopatología, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA, Tandil, Argentina
*siezzi@vet.unicen.edu.ar

Recibido: 01 de agosto de 2018

Aceptado: 06 de marzo de 2019

Resumen. El aluminio puede ser consumido por personas a través de la contaminación de alimentos y el agua. Los metales pesados en alimentos de origen animal son un riesgo potencial para la salud de los consumidores. En algunos países, es una práctica habitual que las comidas cocinadas listas para el consumo se presenten y mantengan calientes en bandejas de aluminio en tiendas minoristas, como locales de comida rápida y supermercados. No hay información disponible sobre el desprendimiento de metal en este tipo de recipiente de conservación de alimentos. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de aluminio en la carne y en los líquidos de cocción almacenados en bandejas de aluminio descartables. El diseño del estudio incluyó carne bovina cocida almacenada sola, en una salsa acuosa de hierbas a pH 7, y en una salsa acuosa cítrica (a base de limón) a pH 4, para simular condiciones encontradas en la práctica minorista. El Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios estableció una ingesta semanal tolerable provisional de 2 mg Al kg⁻¹ de peso corporal. Una sola porción de 250 g de carne en salsa ácida almacenada en una bandeja de aluminio calentada durante 1, 2, 4 u 8 horas contribuiría con 0,9%, 3,4%, 6,9% y 19,8% respectivamente de acuerdo al límite tolerable. Aunque la carne se mantiene caliente durante largos períodos en bandejas de aluminio descartable, el contenido de aluminio no se acerca a los límites actualmente recomendados. Este estudio proporciona datos que sugieren que puede ser prudente limitar el consumo de este tipo de comidas a base de carne con salsas ácidas almacenadas calientes por tiempos extendidos en contenedores de aluminio.

Palabras clave: Carne; Consumidor; Metales; Bandejas de aluminio; Contaminación.

Abstract. Aluminium can be consumed by people through contamination of foods and in water. Heavy metals in foods of animal origin are a potential risk to the health of consumers. It is common practice in some countries that ready-to-eat cooked meals are often presented and maintained hot in aluminium trays in retail outlets such as fast food take-out stores and supermarkets. There are not available information about the detachment of metal in this kind of container food preservation. The objective of this study was to determine the concentration of aluminium in meat and cooking liquids stored in disposable aluminium trays. The design of the study included cooked beef meat stored either alone, or in an aqueous sauce of herbs at pH 7, or in a citric (base of lemon) aqueous sauce at pH 4, to simulate a range of conditions found in retail practice. The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives established a provisional tolerable weekly intake of 2 mg Al kg body weight⁻¹. A single 250 g portion of meat in acid sauce stored in a heated aluminium tray for 1, 2, 4, or 8 hours would contribute 0.9%, 3.4%, 6.9% or 19.8% towards this tolerable limit, respectively. Although the aluminium content in meat held warm for long periods in aluminium foil trays does not approach the consumption limits currently recommended, this study provides data that suggest that is may be prudent to limit consumption of ready-to eat meat-based meals with acid sauces stored warm in aluminium containers for extended times.

Keywords: Meat; Consumer; Metals; Aluminum foil trays; Contamination.

Introducción

El aluminio es un elemento metálico muy abundante en la corteza terrestre y es liberado por las erupciones volcánicas. Sin embargo, solo se detectan niveles bajos en el entorno al que los seres humanos están expuestos (Exley 2013). El aluminio se usa ampliamente para la fabricación de utensilios, recipientes y materiales de embalaje doméstico. No hay riesgos evidentes para la salud del consumidor por el uso de re-

ipientes o papel de aluminio para cocinar o almacenar carnes. Sin embargo, ingerir comidas preparadas o almacenadas en estos elementos, aporta aluminio a la dieta (Thuran 2006). La administración parenteral de aluminio, a diferencia de la ingesta oral, está asociada con problemas en la salud humana, como la insuficiencia renal crónica (Klein 2005). El papel potencial de este metal en la patogénesis de

la enfermedad de Alzheimer continúa discutiéndose (Flaten 2001; Tabrizi 2007; ATSDR 2008; Tomljenovic 2011). En general, se produce una transferencia del metal cuando el aluminio se encuentra en contacto con líquidos, especialmente en medios acuosos que contienen ácidos y a temperaturas elevadas. Por ejemplo, las ollas de aluminio liberan este elemento especialmente cuando se usan para cocinar tomates, ruibarbo u otras sustancias ácidas (Neelam y Kaladhar 2000; Soni y col. 2001; Juhaiman 2010). En carnes y otros alimentos horneados con papel de aluminio, la concentración del metal aumenta entre 76% y 378% (Thuran 2006). La actual ToxGuide de la Agencia de Servicios de Salud Pública del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ToxGuide 2011) establece un nivel de riesgo mínimo (LMR) de 1 mg de aluminio / kg de peso corporal / día derivado de la exposición oral de duración intermedia (15-364 días). La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) establece un límite para el agua embotellada de 0,2 mg L⁻¹ (ATSDR 2008).

En algunos países, es una práctica común que las comidas preparadas y listas para el consumo se presenten y se mantengan calientes en bandejas de aluminio en establecimientos minoristas, como tiendas de comida rápida y supermercados. Como la carne caliente y las salsas asociadas están en contacto con el aluminio de las bandejas descartables durante varias horas, los residuos de aluminio podrían transferirse a la carne. Sin embargo, no hay información bibliográfica sobre la liberación de aluminio en este tipo de alimentos comercializados. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de aluminio en la carne y en los líquidos de cocción almacenados en bandejas de aluminio desechables. El diseño del estudio incluyó carne de res cocida almacenada sin líquidos, en una salsa acuosa de hierbas a pH 7 y en una salsa acuosa cítrica (a base de limón) a pH 4 para simular un rango de condiciones que se encuentran en la práctica minorista.

Materiales y métodos

Cocción y recolección de muestras

Muestras de músculo semitendinoso bovino fresco (<72 horas *post mortem*) se obtuvieron comercialmente de un proveedor local en Tandil, Argentina. La carne se cortó en cubos de

aproximadamente 1 pulgada (2,5 cm) y se sometieron a tres tipos de cocción (a-c) en una bandeja Pyrex® en horno a 180 °C durante 35 minutos: (a) 15 muestras fueron sometidas a cocción sin líquido (cocción en seco), (b) 15 muestras en agua que contenía 20% de jugo de limón (pH 4) y (c) 15 muestras en agua que contenía 10% de hierbas (orégano, romero, perejil) (pH 7). Después de 35 minutos de cocción, se tomaron 3 muestras (como controles, sin contacto posterior con aluminio) y el resto de las muestras de carne y sus salsas en los tratamientos (b) y (c) se colocaron en bandejas de aluminio desechables y se mantuvieron a una temperatura constante de 65°C en un baño maría. Se recogieron muestras de carne y de los líquidos de las bandejas 1, 2, 4 y 8 horas después de la cocción.

Procedimientos analíticos

El contenido de aluminio de las muestras de carne se determinó usando un espectrofotómetro de absorción de atomización en la llama modelo 906AA (GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Melbourne, Australia). La combustión de la llama se obtuvo con una mezcla de óxido nitroso y acetileno. Se utilizó el método de Thuran (2006), con modificaciones. Todos los reactivos usados fueron de grado analítico y los envases de vidrio se lavaron con ácido clorhídrico 1% (durante 8 horas) y se enjuagaron con agua bidestilada antes de su uso. La muestra de carne se picó y se secó a 120 °C en estufa durante 4 horas y luego se sometió a 500 °C durante 6 horas hasta obtenerlas cenizas. A las cenizas obtenidas se les realizó digestión con 5 mL de HNO₃ 2 M durante 2 minutos a 120 °C, se dejó enfriar a temperatura ambiente y luego se filtró con filtro Whatman No. 41. Una fracción de 2,5 mL de cada muestra líquida se digirió con 2 mL de HNO₃ 2 M. El contenido de aluminio de las muestras de cada tratamiento (a-c) y en cada tiempo de almacenamiento (4 repeticiones) se calculó a partir de curvas de calibración de lecturas de espectrofotómetro con sal de aluminio (Sigma-Aldrich) en un rango de (a) 25 - 120 µg g⁻¹ para la carne, y (b) 25 - 120 µg mL⁻¹ para líquidos de cocción (pH 4 y pH 7). Los valores de r² para estas curvas de calibración fueron 0.997-0.998. Algunas muestras de carne y líquidos de cocción se enriquecieron con cantidades conocidas de aluminio y la recuperación de estas cantidades fue del 93% para la carne y el 98% para los líquidos.

Resultados

El análisis de humedad mostró que la carne cocida utilizada para los experimentos contenía 51% de H₂O.

En la *Tabla 1* se muestran las concentraciones de aluminio ($\mu\text{g g ceniza seca}^{-1}$) detectadas en muestras de carne y líquidos de cocción en diversos tiempos de almacenamiento en bandejas de aluminio calentadas. No se encontraron concentraciones detectables de aluminio en las muestras control de carne y muestras de líquido de cocción en el tiempo 0, ya que la cocción de las muestras se realizó en una bandeja Pyrex® para evitar el contacto con el metal durante la cocción.

Al almacenar carne cocida (sin líquidos de cocción) en las bandejas de aluminio (tratamiento a), no se encontraron concentraciones detectables de aluminio durante todo el período de almacenamiento de hasta 8 horas. De manera similar, no se encontraron niveles detectables de aluminio en las muestras de carne cocidas y mantenidas con el líquido a pH 7. Sin embargo, la carne cocida y almacenada en un líquido áci-

do presentó 2,7 – 3,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ luego de una hora y 28,5 – 35,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ luego de 8 horas de almacenamiento a 65 °C. Las concentraciones más desfavorables detectadas en cada tiempo de almacenamiento fueron 3,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (1 hora), 5,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (2 horas), 11,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (4 horas) y 35,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ (8 horas) de almacenamiento en bandejas.

Durante el almacenamiento a temperatura elevada, restos de aluminio pueden disolverse en el líquido de las bandejas. Para los tratamientos (b) y (c), los líquidos en las bandejas fueron las dos salsas (limón, pH 4 y hierba, pH 7) en las que se cocinó originalmente la carne. En el caso de la carne secada al horno (tratamiento a) se liberó un poco de líquido de la carne asada en la bandeja. Como el pH normal de la carne vacuna posterior al rigor mortis es 5,4-5,8, el líquido liberado se considera ligeramente ácido. En todas las muestras y tiempos de almacenamiento después de la cocción, el volumen final de líquidos medido fue en promedio de 7,6 mL. La concentración media (+/- DS) de aluminio en estas muestras líquidas se indican en la *Tabla 2*.

Tabla 1. Concentraciones medias de aluminio ($\mu\text{g Al g ceniza seca}^{-1}$) detectadas en muestras de carne almacenadas en bandejas de aluminio sin líquidos de cocción, con líquido de cocción pH 4 y con líquido de cocción pH 7. Los valores son medias +/- DE (desvío estándar).

Muestra	Tiempo de almacenamiento en bandejas de aluminio (horas)				
	0 (sin contacto)	1	2	4	8
Carne cocida sin líquido	ND	ND	ND	ND	ND
Carne cocida en líquido pH 4	ND	3,06 ± 0,4	5,34 ± 0,19	10,93 ± 0,4	31,13 ± 3,79
Carne cocida en líquido pH 7	ND	ND	ND	ND	ND

ND= no detectable

Tabla 2. Concentración promedio de aluminio (mg mL^{-1}) en muestras de carne almacenadas en bandejas de aluminio vs tiempo (horas).

Muestra	Tiempo de almacenamiento en bandejas de aluminio (horas)				
	0 (sin contacto)	1	2	4	8
Carne sin líquido de cocción	ND	ND	ND	ND	ND
Carne con líquido de cocción pH 4	ND	0,07 ± 0,034	0,249 ± 0,119	0,393 ± 0,191	0,703 ± 0,350
Carne sin líquido de cocción pH 7	ND	ND	ND	ND	ND

ND= no detectable

Discusión

No se encontraron concentraciones detectables de aluminio en la carne control (0 horas), ya que las muestras de carne utilizadas se obtuvieron de animales no sometidos a contaminación ambiental de aluminio y sin ingesta de metal dietético. Sin embargo, estos hallazgos no concuerdan con los hallazgos previos de Jorhem y col. (1989) y Thurán (2006), que detectaron $0,024-0,68 \text{ mg kg}^{-1}$ y $16,39 \pm 1,35 \text{ mg kg}^{-1}$ de materia seca, respectivamente, para el aluminio en la carne cruda. Por lo tanto, es evidente que, dependiendo del ambiente y la dieta de los animales, la carne cruda pueda contener algunos niveles de aluminio antes de que se consideren los efectos del almacenamiento o la cocción en los recipientes de aluminio.

La concentración de aluminio detectada a las 8 horas de almacenamiento en bandejas fue similar a la detectada por Thurán (2006) al cocinar carne bovina en papel de aluminio a diferentes tiempos y temperaturas del horno (60 min a $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 40 min a $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$, o 20 min a $250 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Repetto (1995) reportó que tanto el tiempo de almacenamiento cuanto la naturaleza del medio influyen en la disolución del aluminio, y que éste tiene una migración óptima desde los contenedores hacia el alimento a un pH de 3,8. En el presente trabajo, la concentración de aluminio detectada luego de 1 hora de almacenamiento en bandejas con líquido de cocción (pH 4) fue similar a la informada por Gramiccioni y col. (1996), quienes estudiaron la migración del aluminio de los envases a los alimentos en condiciones representativas de uso práctico. Los resultados de este trabajo también fueron similares a los de Müller y col. (1998) que hallaron $0,4$ a 737 mg kg^{-1} o mg L^{-1} en diferentes alimentos y 3 mg kg^{-1} de aluminio en productos de panadería cocinados en bandejas de aluminio. Las concentraciones detectadas en nuestro estudio en la carne fueron mayores que las concentraciones de $1,0-2,1 \text{ mg kg}^{-1}$ de alimento encontrados en la dieta italiana (Gramiccioni y col. 1996).

El patrón observado en las muestras líquidas fue similar al de las muestras de carne; no se detectaron concentraciones de aluminio en el líquido de cocción a base de hierbas (pH 7) o en el jugo de la carne almacenada sin líquido de cocción. Se observó un aumento constante en el contenido de aluminio del líquido de cocción ácido con mayor tiempo de almacenamiento, alcanzándose una concentración media máxima de $0,703 \text{ mg mL}^{-1}$ después de 8 horas de almacenamiento.

Una porción moderada de carne para ser consumida de una sola vez por una persona es de 250 g. La *Tabla 3* muestra la cantidad total promedio de aluminio contenida en una porción de carne de 250 g tomada de la bandeja de aluminio en cada tiempo de almacenamiento.

Estos valores calculados representan el contenido de aluminio de la carne, y no tienen en cuenta la contribución del líquido / salsa de cocción (que también podría consumirse).

Considerando la peor situación (8 horas de almacenamiento), la concentración promedio de $31,13 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ de cenizas secas reportada en la *Tabla 1* corresponde a $15,8 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ de carne, o $3,9 \text{ mg}$ de aluminio por porción de 250 g. En su guía sobre toxicidad de aluminio, la Agencia de Servicios de Salud Pública del Departamento de Salud y Servicios Humanos de E.E.UU. para sustancias tóxicas, sugiere un Límite de Riesgo Mínimo (LMR) de $1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$, para una persona de 70 kg (peso promedio de adulto) o un consumo total de 70 mg por día para una persona promedio. Este valor de 3,9 mg equivaldría al 5,6% del LMR en una sola porción. La Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA 2008) estableció una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) para adultos de $1 \text{ mg de aluminio kg pc}^{-1}\text{semana}^{-1}$. Considerando un peso corporal promedio de 70 kg, esto equivaldría a 70 mg por semana, o 10 mg por día. Una porción de 250 g de carne en salsa ácida almacenada en una bandeja de aluminio calentada durante 1, 2, 4 u 8 horas contribuiría con un 3,8%, 6,8%, 13,9% o 39,6% a este límite diario tolerable, respectivamente. El Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios estableció una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) de 2 mg / kg de peso corporal basada en un nivel de efectos adversos no observados (NOAEL) de 30 mg / kg de peso corporal por día y la aplicación de un factor de seguridad de 100 (JECFA 2011). La ISTP se aplica a todos los compuestos de aluminio en los alimentos, incluidos los aditivos alimentarios. El cálculo con esta ISTP evidencia que una porción de 250 g de carne con salsa ácida almacenada en una bandeja de aluminio calentada durante 1, 2, 4 u 8 horas contribuiría con 1,9%, 3,4%, 6,9% o 19,8% a este límite diario tolerable, respectivamente.

El presente estudio demostró que cuando la carne se almacena con líquidos ácidos para cocinar en bandejas de aluminio, se detectan concentraciones significativas del metal en los alimentos y en el líquido de cocción. La con-

Tabla 3. Cantidad de aluminio ingerido (en mg) por el consumo de una porción de carne de 250 gramos vs tiempo de almacenamiento (horas).

Muestra	Tiempo de almacenamiento en bandejas de aluminio (horas)				
	0 (sin contacto)	1	2	4	8
Carne en líquido pH 4	0	0,38	0,68	1,39	3,96

centración de aluminio en el cuerpo humano es producto del equilibrio entre la exposición (ingreso a través de la vía respiratoria, dérmica y oral) y la eliminación del metal. Aunque se considera que la biodisponibilidad del aluminio es baja, la ruta más importante de exposición no es segura. Si bien no es posible determinar con certeza cuáles son los niveles que afectan la salud humana y cuál es la vía de absorción más importante, se considera conveniente adoptar un enfoque cauteloso para reducir la exposición al aluminio (Exley 2013). Es difícil determinar la contribución de diversas fuentes de aluminio en personas que viven y trabajan en entornos variados, consumen dietas diferentes y presentan diversos niveles de residuos en el agua potable. Por ello, los comités de expertos de Estados Unidos y Europa establecen recomendaciones variadas sobre la ingesta diaria tolerable de aluminio. Si bien es recomendable contar con más estudios sobre niveles de aluminio en los alimentos procesados y la armonización de las normas entre las organizaciones federales, la opinión de los expertos actuales indica que se debe evitar el consumo excesivo de residuos de aluminio. Considerando las recomendaciones europeas y estadounidenses tratadas anteriormente, el contenido de aluminio presente en comidas preparadas mantenidas calientes en bandejas de aluminio descartables no excedería los límites recomendados de ingesta.

Las preparaciones cárnicas que se mantienen calientes en recipientes de aluminio en exhibidores podrían aportar residuos de aluminio si se cocinaran con salsas que contienen ácidos orgánicos. Hasta que se disponga de información más precisa para establecer límites seguros del consumo de aluminio para la salud humana, puede considerarse razonable el enfoque precautorio de reducir la exposición al aluminio a un mínimo. Considerando los resultados obtenidos en el presente estudio, se sugiere evitar el almacenamiento en caliente de alimentos con

salsas ácidas en recipientes de aluminio por un tiempo prolongado.

Agradecimientos. El trabajo actual fue apoyado por el Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (PCVA).

Bibliografía citada

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Public Health Statement for Aluminum. 2008. [Consulta: 23 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=1076&tid=34>.

European Food Safety Agency (EFSA). Safety of aluminium from dietary intake[1] - Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC) EFSA Journal. 2008. [Consulta: 12 de marzo de 2018]; 754,1-34. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/754>.

Exley C. Human exposure to aluminum. Environ Sci Process Impacts. 2013;15(10):1807-1816.

Flaten T.P. Aluminum as a risk factor in Alzheimer's disease with emphasis on drinking water. Brain Res Bull. 2001;55(2):187-196.

Gramiccioni L., Ingrao G., Milana M.R., Santaroni P., Tomassi G. Aluminium levels in Italian diets and in selected foods from aluminium utensils. Food Addit Contam. 1996;13(7):767-774.

Joint FAO / WHO Expert Committee On Food Additives (JECFA), Seventy-fourth meeting 14-23 June. Rome. 2011. [Consulta: 3 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-at873e.pdf>.

Jorhem L., Sundström B., Åstrand C., Hae-gglund G. The levels of zinc, copper, manganese, selenium, chromium, nickel, cobalt, and aluminium in the meat, liver and kidney of Swe-

dish pigs and cattle. *Z Lebensm Unters Forsch.* 1989;188(1):39-44.

Juhaiman L. Estimating Aluminum leaching from Aluminum cook wares in different meat extracts and milk. *J Saudi Chem Soc.* 2010;14:131-137.

Klein G.I. Aluminum: new recognition of an old problem. *Curr Opin Pharmacol.* 2005;5:637-640.

Müller M., Anke M., Illing-Günther H. Aluminium in foodstuffs. *Food Chemistry.* 1998;61(4):419-428.

Neelam B.M., Kaladhar M. Risk of increased Aluminum burden in the Indian population: contribution from Aluminum cookware. *Food Chem.* 2000;70:57-61.

Repetto M. *Toxicología Avanzada.* Madrid: Díaz de Santos, 1995.

Soni M.G., White S.M., Flamm W.G., Burdock G. Safety evaluation of dietary Aluminum. *Regul Toxicol Farmacol.* 2001;33(1):66-79.

Tabrizi A.B. Cloud point extraction and spectrofluorimetric determination of aluminum and zinc in food stuffs and water samples. *Food Chem.* 2007;100:1698-1703.

Thuran S. Aluminum contents in baked meats wrapped in aluminum foil. *Meat Sci.* 2006;74(4):644-647.

Tomljenovic L. Aluminum and Alzheimer's disease: after a century of controversy, is there a plausible link? *J. Alzheimers Dis.* 2011;23(4):567-98.

ToxGuide for Aluminum. U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease. 2011. [Consulta: 23 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-22.pdf>.