

鋁製食品容器重金屬溶出試驗之探討

朱正明 陳石松 許哲綸 傅偉銘

食品藥物管理局研究檢驗組

摘 要

2011年5月10日自由時報報載：網路流傳，鋁製容器加熱會釋出鋁離子，長期累積體內有導致老年癡呆症可能，宜蘭縣政府消保官要求相關單位重視全國性飲食危機。為消弭消費者之疑慮，本研究進行鋁製食品容器之溶出試驗，模擬使用鋁製食品容器烹調時是否會造成鋁及其他重金屬之溶出，係參考行政院衛生署93.05.26署授食字第0939311138號公告「食品器具、容器、包裝檢驗方法—金屬罐之檢驗」方法，分別以水及0.5%檸檬酸溶液為溶出液，於95°C溶出30分鐘，再將溶出液以感應耦合電漿質譜儀檢測砷、鉛及鎘含量，並以感應耦合電漿放射光譜儀檢測鋁含量，結果顯示：7件市售鋁製食品容器並無砷、鉛及鎘之溶出，僅有微量鋁之溶出，由於鋁於消化道之吸收率極低，短時間加熱鋁製食品容器其溶出量並不會對人體造成危害。

關鍵詞：鋁製食品容器、溶出試驗、重金屬

前 言

鋁是一種可延展的、柔軟的、銀白色有光澤的金屬。在地殼存在豐富之鋁，其在自然環境中多與其他元素形成化合物存在。鋁之用途極為廣泛，除作為工業用途外，尚可製造烹飪用具(鋁鍋)、食品包裝材料(鋁罐及鋁箔袋等)、食品添加物，亦可作為醫療用途之制酸劑(胃乳)之主要成分。飲水中含有微量鋁，其含量低於0.2 ppm。鋁存在空氣、水及土壤中，並且是很多植物和動物的一部分，天然食品中一般含量均小於5 ppm。有些食物可能含有較高量的鋁，如馬鈴薯、菠菜和茶葉。使用鋁製烹飪用具和食品包裝容器可能會導致食物中鋁含量增加。

由動物實驗結果顯示，鋁經腸胃道吸收的比率一般低於1%。鋁一經吸收後，會進入體內大部分器官，並主要積聚於骨骼中。由於其吸收率極低，鋁主要經由糞便和尿液排出體外。由於消化道對鋁的吸收差，因而鋁金屬口服攝入毒性極

低。目前並無報告顯示經口服途徑攝入鋁會引致急性中毒。曾有研究推測鋁與老人癡呆症有關，近年來有關鋁可能導致神經系統危害之研究甚多，聯合國糧農組織/世界衛生組織食品添加物聯合專家委員會(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)於2006年最新評估指出，目前並沒有重要的流行病學研究資料可作為此項風險評估的基礎。歐洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)在2008年發表的報告指出，基於現有的科學數據，不認為從食物攝入鋁會有導致老人癡呆症的風險。

自由時報100年5月10日報載：網路流傳，鋁製容器加熱會釋出鋁離子，長期累積體內有導致老年癡呆症可能，宜蘭縣政府消保官卻發現國內很多餐廳與外燴市場，為了應付大宗煮食便利性，竟以鋁製洗澡、洗菜用的盆子充當鍋具，要求相關單位重視全國性飲食危機。

為消弭消費者之疑慮，本研究進行鋁製食品容器溶出試驗，探討模擬使用鋁製食品容器烹調

時是否會造成鋁及其他重金屬之溶出。

材料與方法

一、檢驗樣品

於100年5月在台北市抽樣，包括鋁製內鍋1件、菜盆2件、水壺1件、雪平鍋2件及鋁箔容器1件，共計7件檢體。

二、試藥

多元素標準品(multi-element standard solution, 100 mg/L)採用ICP-MS分析級，質譜儀調校溶液(mass spectrometer tuning solution)均購自美國Perkin Elmer Instruments公司(Shelton, CT)。銻內部標準品(1000 mg/L)採用ICP-MS分析級；過氧化氫溶液(30%)採用超純級；檸檬酸及氫氧化鈉採用試藥級，均購自德國Merck KGaA公司(Darmstadt)。硝酸採用超純級，購自美國Mallinckrodt Baker公司(Phillipsburg, NJ, USA)。各種溶液之配製均使用比電阻於25°C可達18 MΩ-cm之去離子水。

三、設備

- (一)感應耦合電漿質譜儀(Inductively coupled plasma mass spectrometer, ICP-MS)：Elan DRC-e，具同心圓霧化器(concentric nebulizer)及旋風式噴霧室(cyclonic spray chamber)，為加拿大Perkin-Elmer Sciex公司(Concord)產品。
- (二)感應耦合電漿放射光譜儀(Inductively coupled plasma optical emission spectrometer, ICP-OES)：Optima 2200 DV，為加拿大Perkin-Elmer Sciex公司(Concord)產品。
- (三)酸蒸氣清洗裝置(Acid steam cleaning system)：TraceCLEAN，為義大利Milestone公司(Sorisole, BG, Italy)之產品。
- (四)去離子水製造機(Reagent water system)：Milli-Q，為美國Millipore公司(Billerica, MA, USA)之產品。

四、器具之清洗

塑膠瓶(SC475，68 mL，聚丙烯材質，附蓋)、漏斗、燒杯、容量瓶、吸量管等玻璃器具均為派勒斯(Pyrex)材質，使用前均先以洗劑刷洗，經清水洗滌後，以酸蒸氣清洗裝置，以硝酸(試藥特級)蒸氣酸洗2小時後，取出將附著之硝酸以去離子水沖洗乾淨，乾燥備用。

五、0.5%檸檬酸溶液之調製

稱取檸檬酸5 g，以去離子水溶解使成1000 mL，以1N氫氧化鈉溶液調pH值至3.5。

六、標準溶液之配製

- (一)內部標準溶液(Internal working standard solutions)：精確量取10 mg/L之銻標準溶液10 mL，以1%硝酸溶液定容至100 mL，供作內部標準溶液(1 µg/mL)。
- (二)多元素標準原液(Multi-element stock standard solutions)：精確量取100 µg/mL之多元素標準溶液及汞標準溶液各10 mL置於100 mL容量瓶中，以1%硝酸溶液定容，供作多元素標準原液(10 µg/mL)。
- (三)ICP-MS用多元素標準溶液(Multi-element working standard solutions for ICP-MS)：精確量取上述標準原液，添加銻(Rh)內部標準溶液，以1%硝酸溶液稀釋成濃度為0.1-25 ng/mL (含Rh 10 ng/mL)，供作感應耦合電漿質譜儀使用之多元素標準溶液，臨用時調製。
- (四)ICP-OES用多元素標準溶液(Multi-element working standard solutions for ICP-OES)：精確量取上述標準原液，以1%硝酸溶液稀釋成濃度為10-100 ng/mL，供作感應耦合電漿放射光譜儀使用之多元素標準溶液，臨用時調製。

七、檢驗方法

表一、鋁製食品器具之溶出用溶劑及溶出條件

溶出用溶劑	溶出條件
水	95°C，30分鐘
0.5%檸檬酸(pH 3.5)	95°C，30分鐘

表二、感應耦合電漿質譜儀之儀器參數

Parameter	Condition
Nebulizer	Concentric
Spay chamber	Cyclonic
Nebulizer Ar flow rate	0.97 L/min
RF power	1500 W
Ar plasma gas flow rate	17.0 L/min
Ar auxiliary gas flow rate	1.475 L/min
Auto lens	On

表三、感應耦合電漿光譜儀之儀器參數

Parameter	Condition
Plasma argon flow rate	0.8 L/min
Nebuliser argon flow rate	15 L/min
Auxiliary argon flow rate	0.2 L/min
Pump flow rate	2.5 L/min
View dist	15 mm
Torch position	Axial mode

濃度(ng/mL)

V_1 ：最終定容體積(mL)

V_2 ：溶出液取出量(mL)

八、品質管制分析

每批次分析時，均進行空白及重複分析。空白分析為直接取溶出用溶劑，依檢驗方法步驟與待測檢體同時進行檢驗分析，管制範圍為分析值須低於儀器檢出限量。重複分析為同一檢體分取兩份，在相同條件下，使用同一檢驗方法進行分析，計算其變異係數，管制範圍為變異係數須低於10%。

結果與討論

目前衛生署並未針對金屬製食品容器訂定鋁之溶出試驗項目及限量標準，本研究係參考金屬罐之溶出試驗條件，及實際應用之條件，分別以水及0.5%檸檬酸溶液為溶出用溶劑，於95°C溶出30分鐘，再將溶出液以感應耦合電漿質譜儀檢測砷、鉛及鎘含量，其檢出限量為0.001 ppm；另以感應耦合電漿光譜儀檢測鋁含量，其檢出限量為0.1 ppm。

鋁製食品容器重金屬溶出試驗之檢驗結果，7件檢體之水溶出液均未檢出砷、鉛、鎘及鋁；0.5%檸檬酸溶出液亦未檢出砷、鉛及鎘(表四)。7件檢體中0.5%檸檬酸溶出液中鋁溶出量除1件多用途鋁箔容器為未檢出外，其他6件檢體中1件雪平鍋(22 cm)最高，其鋁溶出量為8.17 ppm，依次為鋁製水壺1.92 ppm、鋁製內鍋1.73 ppm、合金菜盆0.52 ppm、合金特厚白金雪平鍋0.20 ppm、鋁盆

(一)溶出試驗：

參考行政院衛生署93年5月署授食字第0939311138號公告「食品器具、容器、包裝檢驗方法—金屬罐之檢驗」，溶出條件如表一。檢體以去離子水洗淨乾燥後，依表一將溶出用溶劑，加入約容器80%容積量之預先加熱至規定溫度之溶出用溶劑，置於95°C之烘箱中，並時時輕搖，30分鐘後取出15 mL溶出液，移入PP儲存瓶中並添加200 μ L之內部標準品後，以去離子水定容至20 mL，供作檢液。另取溶出用溶劑置燒杯中，依上述步驟操作，供作空白檢液。

(二)含量測定：

將上述溶出液及空白檢液，分別注入感應耦合電漿質譜儀檢測砷、鉛及鎘含量，檢測條件如表二；另以感應耦合電漿光譜儀檢測鋁含量，檢測條件如表三。就溶出液及空白檢液所得信號強度由下列計算式求得檢體中各重金屬含量(ppm)：

$$\text{檢體中各重金屬含量(ppm)} = \frac{(C - C_0)}{1000} \times \frac{V_1}{V_2}$$

C：由標準曲線中求得溶出液之各重金屬濃度(ng/mL)

C_0 ：由標準曲線中求得空白檢液之各重金屬

表四、鋁製食品器具溶出試驗之重金屬含量

編號	檢體名稱	重金屬含量(ppm)							
		水溶出液				0.5%檸檬酸溶出液			
		砷	鉛	鎘	鋁	砷	鉛	鎘	鋁
1	鋁製內鍋	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.73
2	鋁盆(中)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.13
3	合金菜盆5號	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.52
4	22 cm雪平鍋	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8.17
5	鋁製水壺	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.92
6	合金特厚白金雪平鍋20 cm	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.20
7	多用途鋁箔容器	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

方法檢出限量：砷、鉛、鎘均為0.001 ppm，鋁為0.1 ppm

0.13 ppm。以上結果顯示，使用鋁製食品容器並無砷、鉛及鎘之溶出，僅有微量鋁之溶出。

聯合國糧農組織/世界衛生組織食品法典委員會(Codex Alimentarius Commission, CAC)建議鋁之暫定每週容許攝取量(provisional tolerable weekly intake, PTWI)為1 mg/body weight/week⁽²⁾，依平均體重60公斤換算成每週容許攝取量為60 mg/week。由於鋁於消化道之吸收率極低，約為0.07-0.35%⁽³⁾，短時間加熱鋁製食品容器其溶出量並不會對人體造成危害。Scancar等人將德國泡菜及酸蕪菁置鋁製鍋具加熱2小時，結果顯示，鋁溶出至此2種食物的含量分別為313及260 mg/kg (以乾重計)⁽⁴⁾。故建議消費者儘量採用不銹鋼食品容器，若使用鋁製食品容器烹調時間則不宜過久，且儘量勿以鋁製食品容器儲存及烹調酸性食物，以確保食用安全。

參考文獻

1. 行政院衛生署。2004。食品器具、容器、包裝檢驗方法－金屬罐之檢驗。93.05.26署授食字第0939311138號公告。
2. FAO/WHO. 2011. Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the GSCTFF. [http://64.76.123.202/cclac/documentos/CCCCF/2011/3%20Documentos/Documentos%20Ingles/cf05_INF.pdf].
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2008. Toxicological profile for aluminum. [<http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp22.pdf>].
4. Scancar, J., Stibilj, V. and Milacic, R. 2004. Determination of aluminium in Slovenian foodstuffs and its leachability from aluminium-cookware. Food Chem. 85: 151-157.

Study on the Migration Test for Heavy Metals in Aluminum-Made Food Containers

CHENG-MING CHU, SYR-SONG CHEN, CHU-LYN HSU AND WEI-MIN FU

Division of Research and Analysis, FDA

ABSTRACT

According to Liberty Times on May 10th, 2011, an issue was circulating on the internet that aluminum containers will release aluminum ions during heating, leading to Alzheimer's disease due to long-term accumulation of aluminum ions in the human body. The Ilan County Government Consumer Ombudsman has thus asked related agencies to pay attention to this dietary issue. For relieving consumer concern, this study was to perform the migration test of aluminum-made food containers by simulating the migration of heavy metals from these containers. We referred to "Method of Test for Food Utensils, Containers and Packages – Test for Metal Cans" announced by the Department of Health Food No. 0939311138 on May 26th, 2004, and selected water and 0.5% citric acid as the migration solvents. The migration conditions for the two solvents were both set at 95°C for 30 min. The inductively coupled plasma mass spectrometer was employed to determine arsenic, lead and cadmium migrated from aluminum-made food containers, and used inductively coupled plasma optical emission spectrometer to detect aluminum. The testing result showed that there was no arsenic, lead and cadmium migrated from seven aluminum-made food container samples purchased from markets, but only trace amount of aluminum was leached out. Due to very low absorption of aluminum in the gastrointestinal tract, the migration levels of heavy metals from aluminum-made food containers for short-time heating barely endanger human bodies.

Key words: aluminum-made food container, migration test, heavy metals