

アルミニウム含有食品添加物を使用した食品中のアルミニウム含有量

(平成23年6月9日受理)

荻本真美* 鈴木公美 樺島順一郎 中里光男 植松洋子

Aluminium Content in Foods with Aluminium-Containing Food Additives

Mami OGIMOTO*, Kumi SUZUKI, Junichiro KABASHIMA, Mitsuo NAKAZATO and Yoko UEMATSU

Tokyo Metropolitan Institute of Public Health:

3-24-1 Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan;

*Corresponding author

The aluminium (Al) content of 105 samples, including bakery products made with baking powder, agricultural products and seafoods treated with alum, was investigated. The amounts of Al detected were as follows (limit of quantification: 0.01 mg/g): 0.01–0.37 mg/g in 26 of 57 bakery products, 0.22–0.57 mg/g in 3 of 6 powder mixes, 0.01–0.05 mg/g in all three agricultural products examined, 0.03–0.90 mg/g in 4 of 6 seafood samples, 0.01–0.03 mg/g in 3 of 11 samples of instant noodles, 0.04–0.14 mg/g in 3 of 4 samples of vermicelli, 0.01 mg/g in 1 of 16 soybean products, but none in soybeans. Amounts equivalent to the PTWI of a 16 kg infant were detected in two samples of bakery products, two samples of powder mixes and one sample of salted jellyfish, if each sample was taken once a week. These results suggest that certain foods, depending on the product and the intake, might exceed the PTWI of children, especially infants.

(Received June 9, 2011)

Key words: アルミニウム aluminium; 暫定的耐容週間摂取量 provisional tolerable weekly intake; アルミニウム含有食品添加物 aluminium-containing food additives; ベーキングパウダー baking powder; FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議 JECFA; 誘導結合プラズマ発光分析法 inductively coupled plasma emission spectrometry

緒言

2006年第67回JECFA¹⁾において、アルミニウム(Al)の生殖器および発達中の神経系への影響が従来の想定より低用量で生じる可能性が確認されたため、暫定的耐容週間摂取量(PTWI)が7 mg/kg (体重)/週²⁾ (以下mg/kg/週とする)から1 mg/kg/週へと変更された。その後、欧州食品安全機関(EFSA)では、2008年の意見書³⁾でこの結果を追認し、耐容週間摂取量(TWI)として1 mg/kg/週を設定した。

Alは、食品添加物の成分、食品用器具・容器包装、医薬品などに使用されているが、医薬品としての使用を除くと、Alの主な摂取源は食品、特に食品添加物である¹⁾とされ、香港の報告⁴⁾でも、食品添加物からの摂取が最も多いことが指摘されている。アルミニウム含有食品添加物を含む菓子、パンなどの食品を日常多量に摂取している子どもについて推定される暴露量は、英国の1.5~4.5歳児で

2.31 mg/kg/週などと、PTWIを大幅に超過する可能性が指摘されている¹⁾。

Alを含む代表的な食品添加物である硫酸アルミニウムカリウムや硫酸アルミニウムアンモニウム (以下合わせてミョウバン) は、酸性剤として、アルカリ剤の炭酸水素ナトリウムと反応して二酸化炭素を発生させる目的で、膨脹剤の成分として使用される^{5), 6)}。またそのほか、漬物や煮物の補色剤、ゆでダコやくらげの筋肉の引き締めなどの目的でも使用される⁷⁾。

日本では、1996年から1998年までの3年間にマーケットバスケット方式による食品中のAl含有量調査⁸⁾が行われている。さらに、1992~1993年^{*1)}、1997年⁹⁾にも調査が行われているが、Al含有食品添加物を含む食品に関するデータはわずかであり、子どもなどが日常的に摂取するAl含有食品添加物を含む食品に特化した調査報告はない。

そこで、今回、Al含有食品添加物を含む可能性のある食品を中心にAl含有量を調査した。

* 連絡先 Mami_Ogimoto@member.metro.tokyo.jp
東京都健康安全研究センター：〒169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

*1 <http://kaken.nii.ac.jp/ja/p/04808012>

Table 1. Recovery of Al

Sample	Number of trials	Spiked amount (µg/g)	Recovery (%)
Pound cake-4	3	20	97.0 ± 6.2
Hot cake mix-2	3	20	85.9 ± 3.3
Mung bean vermicelli-2 (Harusame)	3	20	102.6 ± 3.7
Salted jellyfish	3	500	92.0 ± 2.2

実験方法

1. 試料

平成21年度に東京都内のスーパーマーケットや小売店で購入した105試料を使用した。試料の内訳は、膨脹剤の表示がある菓子・パン類として、スコーン1、パウンドケーキ4、ケーキ9、ドーナツ2、どら焼き1、クッキー17、スナック菓子15、蒸しパン3、パン5の57試料、小麦粉調製品として、スコーンミックス1、ホットケーキミックス2、お好み焼き粉2、たこ焼き粉1の6試料、野菜加工食品として、レンコンの水煮1、ナスの漬物2の3試料、海産物として、塩くらげ1、ゆでダコ2、ゆでイカ2、生ウニ1の6試料、即席めんとして、小麦粉めん7、米粉めん3、バレイシヨめん1の11試料、春雨として、サツマイモ春雨1、バレイシヨ春雨1、緑豆春雨2の4試料、大豆2試料、大豆加工食品として、豆乳6、きな粉3、高野豆腐2、大豆フレーク3、大豆ベースの代替乳1、粉末プロテイン飲料1の16試料である。このうち、クッキー1、生ウニ1、即席めん11、サツマイモ春雨1、緑豆春雨1、豆乳4、大豆フレーク2の21試料は輸入品であった。

2. 試薬・試液

硝酸：特級（比重1.42）、和光純薬工業(株)製。Al標準液：関東化学(株)製原子吸光分析用（1,000 mg/L）。標準溶液：標準液を硝酸(1→100)で希釈し、5 µg/mLを含有する標準溶液とした。水：超純水製造装置により精製したもの。

3. 装置

ICP-AES: Perkin Elmer社製Optima 7300DV型、マイクロ波式分解装置: CEM社製MDS-2000型、超純水製造装置: (株)Yamato Millipore製AutoPure WQ500。

4. 分析法

安野らの方法¹⁰⁾に準じ、試料約1gを精密に量り採り、硝酸(1→2)10 mLを加え、マイクロ波式分解装置で30分加熱して分解した後、水を加え正確に200 mLとした。その後、0.45 µmのフィルターでろ過したものを試験溶液とし、ICP法により測定した。硝酸(1→100)をブランクとして5 µg/mLの標準溶液との2点で検量線を作成し、試験溶液中のAlの定量を行った。試料1g当たりのAl量に換算して含有量を求めた。

5. 添加回収試験

Alを高含有量で検出したパウンドケーキ、ホットケーキミックス、春雨と同種類で、Alを検出できなかった試料に定量限界の倍量である0.02 mg/gのAlを添加し、回収試

験を行った。塩くらげについては含有量の約1/2量である0.5 mg/gのAlを添加して同様に試験を行った。

結果および考察

1. 対象食品の選定

Al含有食品添加物を含むか、またはその可能性のある食品を選定した。Al含有食品添加物の代表的なものとしてミョウバンがあり、合成膨脹剤に汎用される。わが国の食品衛生法では食品に膨脹剤を使用した場合、膨脹剤、膨脹剤、ベーキングパウダーまたはふくらし粉のいずれかをういた一括名表示のため¹¹⁾、表示からはミョウバンの含有の有無が判断できないが、膨脹剤は、ミョウバンを含有する可能性の高い食品添加物であるため、一括名表示のある食品を対象とした。さらに、ミョウバン⁷⁾の表示のある野菜加工食品および海産物、また、ミョウバンや膨脹剤の表示の有無にかかわらず、欧米でAlの検出報告がある即席めん類（輸入品）、春雨¹²⁾、大豆および大豆加工食品¹³⁾も対象とした。

2. 添加回収試験

Table 1に示すように、回収率は86~103%、標準偏差2.2~6.2%といずれも良好な結果を得た。定量限界は0.01 mg/gであった。

3. Al含有量

各試料中のAl含有量測定結果をTable 2に示した。また、Fig. 1には、食品の種類ごとの検出数とそれぞれのAl含有量をグラフにプロットして示した。

(1) 膨脹剤を使用した菓子・パン類

膨脹剤表示のある57試料中26試料から、0.01~0.37 mg/gのAlが検出された。含有量の高いものでは、スコーン1試料から0.37 mg/g、パウンドケーキ1試料から0.36 mg/gが検出された。通常、400~500 gの焼き菓子を製造するのに2~5 gのベーキングパウダーが使用される*2。一般的なベーキングパウダー中にミョウバンは20~30%含まれており、Alとしては2.1~3.2%である。このため、焼き菓子中のAlは0.08~0.40 mg/g含まれることが予測される。今回検出されたレベルはほぼこのレベルであった。また、同種類の食品でも検出されるものとされないものがあり、検出されたものについても、パウンドケーキで

*2 http://www.kyounoryouri.jp/recipe/9287_%E3%83%95%E3%83%AB%E3%83%84%E3%82%B1%E3%83%BC%E3%82%AD.html

Table 2. Content of Al in foods

Product name	Food group	Labeling	Content (mg/g)
Scone	Bakery products	Baking powder	0.37
Pound cake-1	Bakery products	Baking powder	0.36
Pound cake-2	Bakery products	Baking powder	0.04
Pound cake-3, 4	Bakery products	Baking powder	ND*
Cake-1	Bakery products	Baking powder	0.15
Cake-2	Bakery products	Baking powder	0.13
Cake-3	Bakery products	Baking powder	0.10
Cake-4	Bakery products	Baking powder	0.08
Cake-5	Bakery products	Baking powder	0.07
Cake-6	Bakery products	Baking powder	0.03
Cake-7	Bakery products	Baking powder	0.02
Cake-8, 9	Bakery products	Baking powder	ND
Doughnut-1	Bakery products	Baking powder	0.03
Doughnut-2	Bakery products	Baking powder	ND
Dorayaki	Bakery products	Baking powder	ND
Cookies-1	Bakery products	Baking powder	0.16
Cookies-2	Bakery products	Baking powder	0.05
Cookies-3*-17	Bakery products	Baking powder	ND
Snack-1	Bakery products	Baking powder	0.19
Snack-2	Bakery products	Baking powder	0.18
Snack-3	Bakery products	Baking powder	0.17
Snack-4	Bakery products	Baking powder	0.15
Snack-5	Bakery products	Baking powder	0.02
Snack-6	Bakery products	Baking powder	0.02
Snack-7	Bakery products	Baking powder	0.02
Snack-8	Bakery products	Baking powder	0.01
Snack-9-15	Bakery products	Baking powder	ND
Steamed bread-1	Bakery products	Baking powder	0.17
Steamed bread-2	Bakery products	Baking powder	0.06
Steamed bread-3	Bakery products	Baking powder	0.02
Bread-1	Bakery products	Baking powder	0.08
Bread-2	Bakery products	Baking powder	0.05
Bread-3-5	Bakery products	Baking powder	ND
Scone mix	Powder mix	Baking powder	0.57
Hot cake mix-1	Powder mix	Baking powder	0.43
Hot cake mix-2	Powder mix	Baking powder	ND
Okonomiyaki mix-1	Powder mix	Baking powder	0.22
Okonomiyaki mix-2	Powder mix	Baking powder	ND
Takoyaki mix	Powder mix	Baking powder	ND
Boiled lotus root	Agricultural products	Alum	0.05
Pickled eggplant -1	Agricultural products	Alum	0.02
Pickled eggplant -2	Agricultural products	Alum	0.01
Salted jellyfish	Seafoods	Alum	0.90
Boiled octopus-1	Seafoods	Alum	0.03
Boiled octopus-2	Seafoods	Alum	ND
Boiled cuttlefish-1	Seafoods	Alum	0.17
Boiled cuttlefish-2	Seafoods	Alum	ND
Sea urchin*	Seafoods	Alum	0.09
Wheat noodle-1*	Instant noodles	No labeling	0.03
Wheat noodle-2*	Instant noodles	No labeling	0.01
Wheat noodle-3*-7*	Instant noodles	No labeling	ND
Rice noodle-1*-3*	Instant noodles	No labeling	ND
Potato noodle*	Instant noodles	No labeling	0.01
Sweet potato vermicelli*	Vermicelli (Hirusame)	No labeling	0.14
Potato vermicelli	Vermicelli (Hirusame)	Alum	0.12
Mung bean vermicelli-1	Vermicelli (Hirusame)	Alum	0.04
Mung bean vermicelli-2*	Vermicelli (Hirusame)	No labeling	ND
Soybean1, 2	Soy bean	No labeling	ND
Soy milk-1*-4*, 5, 6	Soy bean products	No labeling	ND
Roasted soy bean powder-1-3	Soy bean products	No labeling	ND
Freeze dried tofu-1, 2	Soy bean products	No labeling	ND

Table 2. Continued

Product name	Food group	Labeling	Content (mg/g)
Soybean flake-1*-3*	Soybean products	No labeling	ND
Soya-based formulae	Soybean products	No labeling	ND
Soy protein powder	Soybean products	No labeling	0.01

ND: <0.01 mg/g

*Imported

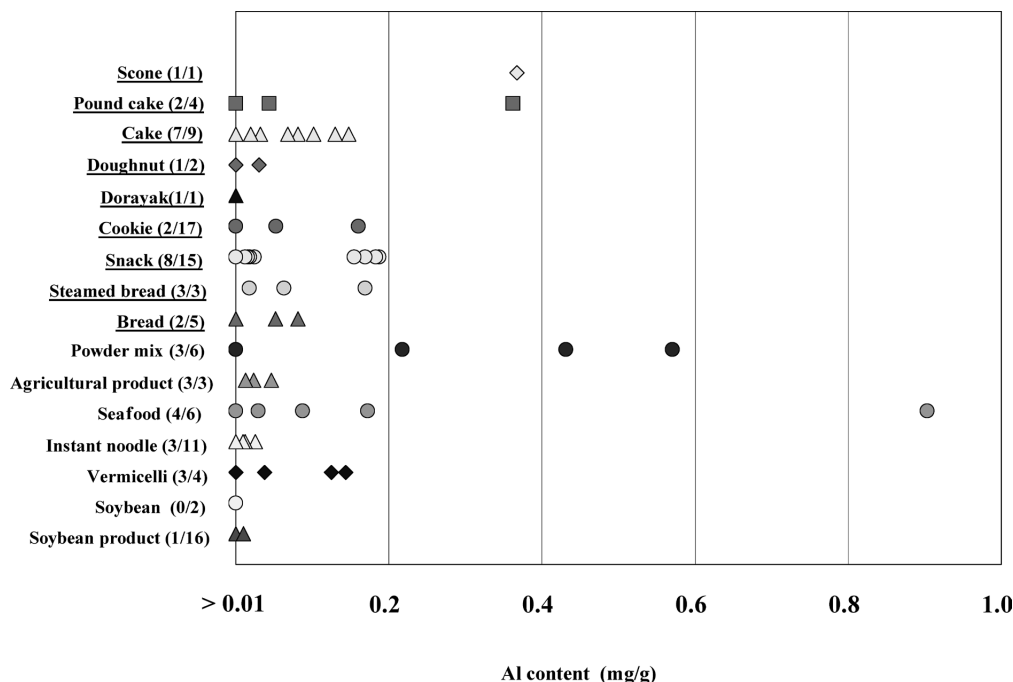


Fig. 1. Al content in foods

(/): Number of samples in which Al was detected/total number of samples

—: Bakery products

0.36 mg/gと0.04 mg/gなど、検出量には最大約10倍の差があった(Table 2)。膨脹剤には、ミョウバン以外にも多くの酸性剤の使用が認められている¹⁴⁾ため、Alの検出されなかった試料ではミョウバン以外の酸性剤が配合されているものと考えられた。

一方、含有量の少なかった試料は、酸性剤として複数の添加物が使用され、ミョウバンの配合割合が少ない可能性が考えられた。また、今回調査した菓子・パン類のうち、「1歳から」など喫食年齢の表示のあった8試料からは、いずれもAlは検出されず、子どもへの配慮がうかがわれた。

(2) 小麦粉調製品

6試料中3試料から、0.22~0.57 mg/gのAlが検出された。含有量の高いものでは、スコーンミックス1試料から0.57 mg/g、ホットケーキミックス1試料から0.43 mg/gのAlが検出された。また半数の試料では、前述の菓子類同様ミョウバンは使用されず、ミョウバン以外の酸性剤が配合されていると考えられた。

(3) 野菜加工食品および海産物

ミョウバンの表示のある野菜加工食品3試料と海産物6

試料について調査した結果、野菜加工食品すべて、レンコンの水煮から0.05 mg/g、ナスの漬物2試料から0.02および0.01 mg/gのAlが検出された。なお、漬物の汁や煮汁についても同様の分析法を用いて測定した結果、Alは検出されなかった。また、海産物6試料から、0.03~0.90 mg/gのAlが検出され、含有量が最も高かったのは塩くらげであった。香港でもくらげ15試料を分析した結果、すべての試料から0.4~1.8 mg/gのAlが検出されたという報告⁴⁾がある。日本での塩くらげの製造法は中国の方法とほぼ同じであると考えられるため³⁾、含有量もほぼ同じと考えられる。今回検出されたレベルはこの報告の範囲内であり、かつ中国の塩くらげについて1.2~2.2%というミョウバンの工業規格(Alとして0.7~1.3 mg/g)¹⁵⁾の規格内であった。

(4) 即席めんおよび春雨

輸入即席めん11試料中3試料からAlが検出された。内

*3 福井県食品加工研究所「平成16年度 食品加工に関する試験成績」

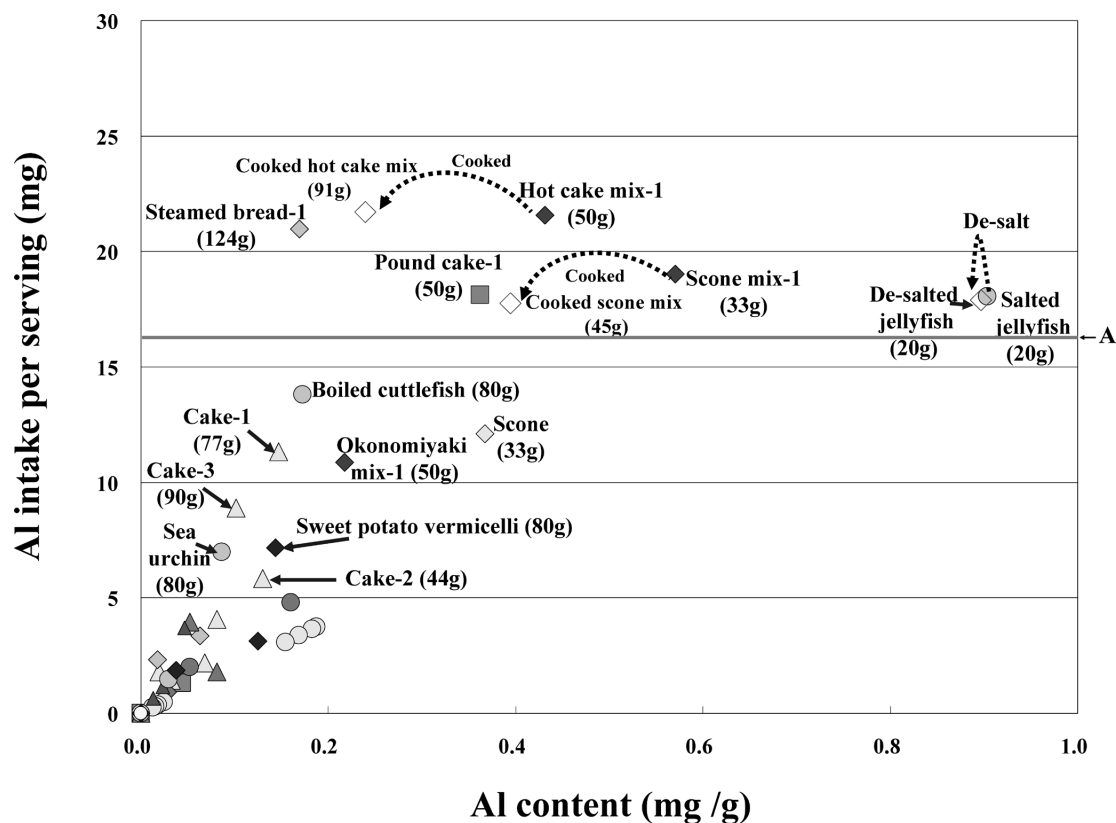


Fig. 2. Al intake per serving

A : Tolerable Al intake per week (mg) for 3- to 5-year-old children of 16 kg body weight

() : Amount per serving (g)

←..... : Cooking or desalting

訳は、小麦粉めん2試料から0.03 および0.01 mg/g, バレイシヨめん1試料から0.01 mg/gであった。春雨については、4試料中3試料から0.04~0.14 mg/gのAlが検出された。内訳は、バレイシヨ春雨0.14 mg/g, サツマイモ春雨0.13 mg/g, 緑豆春雨0.04 mg/gであった。欧州委員会健康・消費者保護総局(DG-SANCO)の食品および飼料に関する緊急警告システム(RASFF)では、2009年に即席めん16製品から最大0.34 mg/g¹²⁾, 2010年に10製品から最大0.18 mg/g^{*4)}のAlが検出されているとの報告がある。また、春雨では、2010年に1製品から0.208 mg/gのAlが検出されている^{*4)}。今回の調査結果では、即席めん、春雨ともこれらの検出量を上回るものはなかった。

(5) 大豆および大豆加工食品

輸入品6試料を含む大豆および大豆加工品18試料について分析した結果、粉末プロテイン飲料1試料からAlが0.01 mg/g検出された。欧米では、大豆ベースの代替乳から最高2.346 mg/LのAl検出の報告があり、その原因は原材料の大豆あるいは製造工程で使用される添加物などである可能性が高い¹³⁾とされている。そのため、今回大豆およびその加工食品について調査したが、Alはほとんど検

出されなかった。輸入品からも検出されなかったため、国産・輸入にかかわらず、大豆および大豆加工食品を原因とするAlの高含有量暴露の可能性は低いと考えられた。

4. 調理・塩抜きによるAl量の変化

スコーンミックスとホットケーキミックスについて、パッケージに表示されているレシピどおり調理した。スコーンは、1個当たり33 gを使用し調理したところ45 gとなり、1個当たりのAl量は調理前18.8 mg, 調理後18.0 mg, また、ホットケーキは、50 gを使用し調理したところ91 gとなり、1枚当たりのAl量は、調理前21.5 mg, 調理後21.8 mgと、いずれの場合もほとんど変化は見られなかった(Fig. 2)。また、塩くらげを塩抜きしたが、重量は変わらず、1回に20 g食べるとすると塩抜き前後とも18 mgとAl量の変化はなく(Fig. 2)、塩抜きによるAlの減少の可能性は低いと考えられた。

5. Al含有量と喫食量

Fig. 2の横軸にそれぞれの試料中のAl含有量、縦軸に1回に摂取すると推測される喫食量中のAl量を示した。喫食量はパッケージに表示されているもののほかは、1回分と考えられる重量を測定して決定した。Al量が5 mgを超えるものについて1回の喫食量を括弧内に示した。体重16 kgの3~5歳児が週1回喫食すると、Al摂取量が1.13~1.34 mg/kg/週とPTWIを超えるものが、蒸しパンNo. 1,

*4 <https://webgate.ec.ertopa.eu/rasff-window/portal/index.Cfm>

パウンドケーキNo. 1, スコーンミックスおよびホットケーキミックスNo. 1, 塩くらの5試料あった。JECFAでは、特に幼児でPTWIを大幅に超過することを指摘しているが、わが国でも同様の傾向があることが示唆された。

6. AI摂取量の低減化

わが国では、通常食品添加物はADIを超えないよう使用量の基準が設定されている^{*5}が、AI含有食品添加物についての基準はない。しかし、コーデックスの食品添加物一般規格では、AI含有食品添加物について最大使用量が設定されており、現在さらにそれらの最大使用量の改定に向けて検討が行われている^{*6}。また、香港政府もAI含有食品添加物の使用を減らすことや他の食品添加物で置き換えることを推奨している^{*7}。一方、表示に関しても、わが国では膨張剤中のミョウバン使用の有無は分からないが、米^{*8}、英^{*9}、コーデックス^{*10}ではミョウバン使用の有無が分かるような表示をしている。これら使用基準設定や表示方法がAIの低減化につながるものと考える。

ま と め

AI含有食品添加物を使用した食品を中心として105試料についてのAI含有量調査を行った。その結果、週一度摂取すると体重16 kgの幼児のPTWIに相当するものが5試料あり、子ども、特に幼児では製品の種類や喫食量により、PTWIを超過する可能性があることが示唆された。

文 献

- 1) Evaluation of certain food additives and contaminants (sixty-seventh report of JECFA). WHO Technical Report Series, **940**, 33–44 (2007).
- 2) Evaluation of certain food additives and contaminants (thirty-third report of JECFA). WHO Technical Report Series, **776**, 26–27 (1989).
- 3) Aguilar, F. *et al.* Scientific opinion of the panel on safety of aluminium from dietary intake. The EFSA Journal, **754**, 1–34 (2008).
- 4) Wong, W. W. K., Chung, S. W. C., Kwong, K.P., Ho, Y. Y., Xiao, Y. Dietary exposure to aluminium of the Hong

Kong population. Food Addit. Contam., **27**, 457–463 (2010).

- 5) Tanimura, A., Tanamoto, K. eds. Shokuhintenkabutsu Koteisho Kaisetsusho, 8th ed. Tokyo, Hirokawa Shoten, 2007, D-1741. (ISBN: 978-4-567-01853-1)
- 6) 食品添加物表示問題連絡会・日本食品添加物協会編. 食品添加物表示の実務. 東京, 日本食品添加物協会, 2007, p. 341.
- 7) Tanimura, A., Tanamoto, K. eds. Shokuhintenkabutu Koteisho Kaisetsusho, 8th ed. Tokyo, Hirokawa Shoten, 2007, D-1740. (ISBN 978-4-567-01853-1)
- 8) Matsuda, R. *et al.* Estimation of daily dietary intake of aluminium. Shokuhin Eiseigaku Zasshi (J. Food Hyg. Soc. Japan), **42**, 18–23 (2001).
- 9) 入口政信ほか. 食品中のアルミニウム含有量実態調査. 川崎市衛生研究所年報, **33**, 65–66 (1997).
- 10) Yasuno, T. *et al.* Survey on quality of mineral suppliers used as ingredients of mineral supplements. Tokyo Kenko Anzen Kenkyu Senta Kenkyu Nenpo (Annual Report of Tokyo Metropolitan Institute of Public Health), **56**, 175–178 (2005).
- 11) Shokuhin Eisei Kenkyukai eds. Shokuhin Eisei Shoroppo II, Tokyo, Shinnihon Houki, 2011, p. 667. (ISBN 978-4-7882-7358-0C3032).
- 12) The Health and Consumers Directorate-General of the European Commission (DG-SANCO) eds. The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) Annual Report 2009. Luxembourg, Belgium, European Union, 2010, p. 35. (ISBN 978-92-79-15314-3)
- 13) Koo, W. W., Kaplan, L. A., Krug-Wispe, S. K. Aluminium contamination of infant formulas. J. Parenter Enteral Nutr., **12**, 170–173 (1988).
- 14) Tanimura, A., Tanamoto, K. eds. Shokuhin Tenkabutu Koteisho Kaisetsusho, 8th ed. Tokyo, Hirokawa Shoten, 2007, D-579. (ISBN 978-4-567-01853-1)
- 15) Centre for Food Safety of the Food and Environmental Hygiene, Hygiene Department of the Government of the Hong Kong Special Administrative Region. ALUMINIUM IN FOOD. Risk Assessment Studies Report, **35**, 26–27 (2009).

^{*5} <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syokuten/gaiyo.html>

^{*6} CODEX REPORT OF THE FORTY-THIRD SESSION OF THE CODEX COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES (REP11/FA)

^{*7} http://www.cfs.gov.hk/english/whatsnew/whatsnew_fstr/whatsnew_fstr_13_ins.html

^{*8} http://edocket.access.gpo.gov/cfr_2006/aprqr/pdf/21cfr/101.4.pdf

^{*9} http://www.food.gov.uk/foodindustry/imports/imports_advice/food_additives

^{*10} Labelling of Prepackaged Foods (CODEX STAN 1-1985) section 4.2.3.3