

음료식품의 알루미늄 함량

- 연구 노트 -

김중만 · 한성희[†] · 백승화

원광대학교 농화학과

The Contents of Aluminum in Beverage Foods

Joong-Man Kim, Sung-Hee Han[†] and Seung-Hwa Baek

Dept. of Agricultural Chemistry, Wonkwang University, Cheonbuk 570-749, Korea

Abstract

This study was carried out to estimate aluminum contents of commercial beverage foods by atomic absorption spectrophotometer. The contents of aluminum in drinking yogurt, curd yogurt, fruit beverage, carbonated beverage, fruit canned food and commercial teas ranged from 161.667 to 173.333ppm, 139.300 to 293.925 ppm, 1.481 to 7.130ppm, 1.803 to 6.026ppm, 4.600 to 7.053ppm, 194.437 to 846.056ppm, respectively.

Key words : aluminum contents, yogurt, beverage, fruit canned, teas

서 론

식품가공 생산에는 각종 첨가물의 사용 증가, 새로운 재질의 용기 및 포장의 개발로 인한 각종 금속을 비롯한 유해성분의 혼입이 문제로 대두되고 있다. 그 유해물질 중 독성이 잘 알려진 수은, 카드뮴, 비소, 납 등에 대한 연구는 활발하게 진행되어 왔으나¹⁻⁵⁾, 알루미늄은 금속성 이취가 적고, 연성과 신전성, 열전도성, 금속 광택, 인체유지성이 우수하고 중량이 가벼운 특성과 무해한 것으로 알려져 각종 식품포장지, lake 색소, 운반 보관용기, 조리용기 재질, 조제 의약품, 건축용 자재, 사무용품 등에 널리 이용되는 등 과거 어느 때 보다 알루미늄과의 접촉빈도가 매우 높아진 상황이다. 더우기 알루미늄 원소의 경구 섭취 가능성은 식품의 종류와 가공 조건 등에 따라서 다르기 때문에 의외로 많이 섭취될 가능성이 높다고 할 수 있다⁶⁾. 알루미늄에 기인된 인간의 질병으로는 dialysis osteodystrophy (투석성 골이영양증), amyotropic lateral sclerosis (근위축성 측삭경화증), Guam Parkinsonism dementia (Guam의 파킨슨씨의 치매), Alzheimer disease (알츠하이머병), alcohol dementia (반절형 탈수초화를 동반한 알콜성 치매), cryst-

alline deposits (결정질의 축적) 등⁷⁻¹¹⁾이 알려져 있고 또한 알루미늄은 위장관에서 흡수되어 신장에서 소변으로 배설되는데 정상적인 신장에 비해 신장에 장애가 있는 만성신장 장애 환자의 경우는 체조직에 알루미늄이 축적되어 독성을 유발시키는 것으로 알려졌으며 특히 뇌질환과 골이영양증, 빈혈을 일으킨다고 보고하였다¹²⁾. 알루미늄은 알츠하이머병에 가장 많은 영향을 끼친다고 하였는데 발병의 원인은 뇌의 세포 중 신경섬유를 퇴화시키기 때문이라고 하였으며, 뇌세포를 *vitro*에서 배양한 결과 쌍 나선형 섬유 (paired helical filament, PHF)가 만들어지는데 관여하며 다른 금속에 비해 뇌에 많이 축적될 경우 뇌기능 장애의 독성요소가 된다고 한다¹³⁾.

한편 인간은 생활공간에서 알루미늄과 알게 모르게 접촉하고 있으며 특히 식생활면에서 볼 때 가공식품의 종류와 가공조건에 따라서는 많은 양의 알루미늄이 혼입된 식품으로 비가공 식품에 함유된 양이 소량 일지라도 장기간 섭취될 경우 위에서 언급된 여러 질환을 발생시킬 가능성이 높을 것으로 생각된다. 따라서 대중화되어 있는 몇가지 음료식품 중 유산균 음료, 탄산 음료, 과일 음료, 과일 통조림 및 차류를 수집하여 알루미늄 함량을 조사하여 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

재료 및 방법

시료채취 및 조제

시료는 시중에 유통되는 동일형의 식품으로 제조일자는 같고 제조사는 다른 음료로서 호상과 액상요구르트, 청량 음료와 탄산 음료·과실 통조림, 차류 제품을 구입하였다. 단 액상요구르트, 과실 음료, 탄산 음료 및 과실 통조림 당액은 5배로 농축하였고, 차류와 과실 통조림 과육은 수분 함량을 일정하게 하기 위하여 24시간 50°C에서 열풍건조시킨 후 분석시료로 사용하였다.

시료분해 및 측정

습식분해법¹⁴⁾으로 시료 1g을 정확히 달아 질산 : 과염소산(2 : 1, v/v)의 혼산용액 10ml를 가하여 100±10°C에서 분해액이 담황색 내지는 투명하여지면 분해가 종료된 것으로 보고 방냉한 다음 분해된 액에 증류수를 가하여 50ml로 한 후 여과지 No. 5B에 거른 액을 분석에 이용하였다.

알루미늄의 분석

원자흡수분광도계(Varian ; Model Spectr AA-30)를 이용하여 분석하였는데 Light Source은 Al Hollow cathode lamp, lamp 전류는 10ml, 연료는 acetylene, support gas는 nitrous oxide gas, 파장은 309.3nm, slit 0.5nm으로 하였다.

통계처리

분석하여 얻어진 자료는 SAS series package의 ANOVA와 DMRT를 이용하여 유의성을 검증하였다¹⁵⁾.

결과 및 고찰

유산균 음료의 알루미늄 함량

유산균 음료의 유형 및 제조사에 따른 알루미늄의 함량(Table 1)은 마시는 요구르트(drink yogurt)에서 161.667~173.333ppm, 떠 먹는 요구르트(curd yogurt)는 139.303~293.926ppm의 범위로 제조사에 따라 함량 차이가 달랐다. 이는 원료 조성의 비율 차이에 의한 고형물의 양 차이에 기인된 것으로 사료된다. 또한 유산균 음료의 뚜껑포장에는 알루미늄 호일을 사용하는데 알루미늄 호일은 산, 알칼리, 염분에 약한 단점¹⁶⁾이 있어 유산균 음료의 pH(4.0~4.3)가 산성이어 용기 뚜껑으로 알루미늄 호일을 사용할 경우 용해되어 유산균 음료에 알루미늄이 용출 혼입되어 알루미늄이 용출된 것으로 생

각된다. 한편 요구르트 음료 중 139.303~293.926ppm 범위이므로 1일에 8ml를 마신다고 가정할 경우 11.144~23.514mg의 알루미늄을 섭취하는 결과가 된다. 따라서 Alfrey¹⁷⁾의 보고에 따르면 성인의 경우 알루미늄 섭취는 3~5mg/day이며 그 중 0.3~0.5%가 인체에 흡수된다고 볼 때 유산균 음료의 80ml를 마실 경우 체내에 섭취되는 양이 0.35~0.71mg~0.56~1.15mg이 되므로 장기간에 걸쳐서 섭취할 경우 제조직에 지속적으로 축적되는 결과를 가져와 질환이 발생할 수 있을 것으로 사료된다.

캔용기 음료의 알루미늄 함량

캔용기에 저장된 과실 음료 및 탄산 음료의 알루미늄 함량(Table 2)을 보면 과실음료는 1.481~7.130ppm 범위였고, 탄산 음료는 1.803~6.027ppm으로 음료의 종류에 따라 함량이 달랐다. 이는 음료를 가공할 경우에 있어서 첨가하는 구연산과 용해시켜 넣은 CO₂에 의하여 pH 저하가 일어나 캔의 재질인 알루미늄이 용해되는 것으로 생각할 수 있다. 이와같이 음료들의 경우 구연산의 첨가와 원료자체의 산성분으로 인해 산성을 띄기 때문에 흡수가 증가하므로 알루미늄의 섭취가 증가할 것으로 사료된다. 松島¹⁸⁾가 기호 음료에서 조사한 알루미늄 농도를 보면 탄산 음료는 0.029~0.52ppm, 과즙이 들어 있는 청량 음료는 0.51~0.72ppm, 스포츠 음료는 0.024~0.14ppm의 범위로서 본 실험 결과와 비교시 과실 음료와 탄산 음료는 1.481~7.130ppm으로 松島¹⁸⁾보다 높았는데 이러한 차이는 각 제조사의 원료 종류, 배합 비율, 제법 그리고 유통기간 등이 다르기 때문으

Table 1. Contents of aluminum in commercial drinking, and curd yogurt (unit : ppm)

Type	Sample	Al contents*	% CV*
Drinking yogurt	A ^{ab}	168.333±2.88 ^{abc}	1.71
	B	161.667±2.88 ^{ab}	1.79
	C	173.333±2.88 ^b	1.67
		LSD=8.894 ^{***}	
Curd yogurt	A	139.303±4.44 ^c	3.19
	B	169.181±0.12 ^b	0.07
	C	293.926±4.69 ^d	1.60
		LSD=11.496	

* Mean±SD of three times measurement

** Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test

*** LSD=Least significant difference

* Coefficient variance

** Means of alphabet are same name with products of each company

로 생각된다. 한편, 우리나라 식품위생법에서 과일 음료의 중금속 허용기준이 남의 경우 0.3mg/kg, 주석의 경우는 150mg/kg 그리고 캔으로 포장한 음료의 유통기한을 2년¹⁹⁾으로 규정하고 있다. 요즘음 알루미늄의 재질 사용이 증가되고 있음을 볼 때 알루미늄에 대한 허용기준이 마련되어야 한다고 보며 음료뿐만 아니라 알루미늄 함량이 높을 가능성이 있는 식품에 대해서도 알루미늄 함량을 표시하는 식품규격의 제정도 고려할 필요가 있다고 생각된다.

과실통조림 식품의 알루미늄 함량

과실 통조림 식품을 액상과 과육의 고형물로 나누어서 알루미늄 함량 (Table 3)을 보면 포도 통조림의 당액과 과육의 고형분은 각각 5.661ppm, 5.935ppm, 복숭아 통조림의 황도 당액과 과육의 고형분은 5.217ppm, 7.053ppm, 복숭아 백도 통조림의 당액과 과육의 고형분은 4.600ppm, 6.339ppm의 범위로 검출되어 당액 보다 과육의 고형분에 함유된 알루미늄 함량이 약간 높았다. 또한 이²⁰⁾, 서²¹⁾의 보고에 의하면 음료를 장기간 보관한 경우나 뚜껑 개봉 후에는 공기와 접촉하므로써

Table 2. Contents of aluminum in commercial canned beverages
(unit : ppm)

Beverage	Sample	Al contents*	% CV*
Fruit beverage	Apricot juice	1.481±0.03 ^{a**}	1.91
	Grape "	1.481±0.03 ^a	1.91
	Orange "	5.291±0.04 ^b	0.78
	Pineapple "	7.130±0.12 ^b	1.63
		LSD=0.178***	
Carbonated beverage	Fanta	6.027±0.37 ^a	0.62
	Soda pop	5.557±0.53 ^b	0.95
	Sprit	2.803±0.05 ^c	1.65
	Cola	1.803±0.05 ^d	2.61
		LSD=0.127	

Foot notes are the same as Table 1.

Table 3. Contents of aluminum in commercial canned fruit foods
(unit : ppm)

Sample	Type	Al contents*	% CV*
Grape	Solid	5.935±0.05 ^{a**}	0.25
	Liquid	5.661±0.03 ^a	0.61
Yellow peach	Solid	7.053±0.03 ^a	0.50
	Liquid	5.217±0.76 ^c	1.46
White peach	Solid	6.339±0.08 ^b	1.36
	Liquid	4.600±0.05 ^b	1.25
		LSD=0.142***	

Foot notes are the same as Table 1

산화가 빨리 진행되어 중금속 함량이 증가되거나 유리용기에 담아 보관하는 경우에는 중금속 함량이 크게 변화되지 않는다고 하였다. 따라서 유리용기 저장의 활용이 바람직하나 유통과정에서의 충격에 대한 내구성이 없기 때문에 캔을 사용하는 것으로 알루미늄 캔 사용시 무해한 도료를 개발하여 내용물과 접촉하는 면에 도포 (coating) 하는 것이 바람직 할 것으로 생각되므로 이에 대한 체계적인 연구가 요구된다.

차류의 알루미늄 함량

현재 국내에서 유통되고 있는 녹차, 울무차, 인삼차 중의 알루미늄 함량을 분석한 결과 (Table 4) 차류의 알루미늄 농도는 326.592~846.056ppm으로 다른 식품에 비해 다량 검출되었다. 울무차의 알루미늄 함량은 326.592ppm으로 松島¹⁸⁾의 0.9~3.8ppm 보다 본 실험 결과의 울무차의 알루미늄 함량이 높았다. 알루미늄 함량은 인삼차와 녹차가 505.987ppm, 846.056ppm으로 울무차에 비해 인삼차와 녹차의 알루미늄 함량이 높았는데 이는 재배 환경의 특성 및 가공 공정의 차이에서 기인된 것으로 사료된다. 松島¹⁸⁾의 녹차의 알루미늄 함량 조사는 36ppm (150ml 물/1.0g 차잎), 鈴木 등²²⁾은 760ppm, Corit와 Cillard²³⁾은 8,700~23,000ppm, Koch 등²⁴⁾은 555~1,000ppm (150ml/2.0g 차잎)으로 함량 차이가 매우 컸다. 이는 차의 추출조건이 서로 다르기 때문으로 사료된다. 또한 Koch 등²⁴⁾은 알루미늄 함량이 들 또는 커피의 추출물 보다 녹차의 추출물에 많이 함유되어 있다고 하였는데 이는 녹차에 함유되어 있는 알루미늄이 난용성 보다 가용성 상태로 존재하기 때문에 열수에 의하여 용해도가 증가된 결과로 생각된다. 차류의 경우 알루미늄 농도는 326.592~846.056ppm범위로 1일에 20ml를 마신다고 가정할 경우 6.532~16.921mg의 알루미늄을 섭취한다고 볼 수 있으며 성인의 평균적인 섭취는 3~5mg/day Al이며 그 중 0.3~0.5%가 인체에 흡수된다고 하였는데¹⁷⁾ 차 1잔 (20ml)을 마신다고 가정할 경우 체내 섭취량이 0.196~0.507mg~0.327~0.846mg의 알

Table 4. Contents of aluminum in commercial teas
(unit : ppm)

Commercial teas	Al contents*	% CV*
Green	846.056± 5.04 ^{a***}	0.60
Yulmu	326.592±10.85 ^c	3.32
Ginseng	505.987± 3.14 ^b	0.62
		LSD=18.056***

Foot notes are the same as Table 1

루미늄을 섭취한다고 볼 수 있다. 본 연구 결과 유산균 음료나 차류가 캔 음료나 통조림 식품에 비해 알루미늄 함량이 높았는데 장기간에 음용할 경우는 뇌, 간, 폐, 뼈에 알루미늄이 축적될 것으로 예측되어지는데 柳澤과 化田²⁵의 보고에 의하면 만성신장 장애를 일으키고 인과 칼슘 및 철의 흡수 약화로 인해 골이 영양증 및 빈혈증을 유발하고 신장장애 말기 단계에 이르르면 뇌에 알루미늄의 축적량이 증가되면서 신경섬유퇴화를 가져와 알츠하이머병을 유발시킨다고 하였기 때문에 요구르트 및 차류의 음용량을 줄여야 할 것으로 사료된다.

요 약

여러 금속 원소 가운데 유해하지 않은 것으로 알려진 알루미늄 재질의 용기나 화학물의 사용이 증가하고 있어서 알루미늄의 허용수준에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있으나 그에 대한 연구가 거의 없는 실정이어서 이의 기초자료를 얻고자 여러 가지 대중적인 음료 식품 가운데, 유산균 음료, 탄산 음료, 과일 음료, 과일 통조림 등에 대한 알루미늄 함량을 원자흡수분광광도법으로 분석한 결과는 다음과 같다. 3개 제조사의 유산균음료중 엑상요구르트는 161.667~173.333ppm, 호상요구르트는 139.303~293.926ppm으로 호상요구르트 함량이 약간 높았다. 4개사의 캔 용기의 과일 음료와 탄산 음료는 각각 1.481~7.130ppm, 1.803~6.027ppm으로 이들 서로 간에 함량 차이는 크지 않았다. 3개사의 과일 통조림 중 포도 통조림은 5.661~5.927ppm, 복숭아 통조림은 4.600~7.053ppm의 범위였고, 3개 제조사의 차류 제품은 326.592~846.056ppm으로 그 중에서 녹차의 함량이 846.056ppm으로 제일 높았다.

문 헌

- 고인석, 노정배, 권혁희, 김길생, 연구보, 유명천 : 식품중 유해성 미량금속에 대한 연구(제 1보). 국립보건원보, **10**, 437(1973)
- 김길생, 이종옥, 소유섭, 서석춘, 강혜경, 유순영 : 식품중 미량금속에 관한 조사연구. 국립보건원보, **28**, 354(1991)
- 유홍일, 서윤수, 전성환, 이인효, 유순주, 김수연 : 우리나라 논토양 및 현미 중 중금속 자연 함유량에 관한 조사연구. 국립환경연구원보, **10**, 155(1988)
- 이재관 : 쌀중의 미량금속에 대한 조사 연구. 국립보건연구원보, **16**, 435(1979)
- 홍사오 : 토양 및 채소중의 중금속 오염에 관한 연구. 환경위생학회지, **10**, 33(1984)
- 김중만, 한성희 : 알루미늄 섭취의 문제점과 과량 섭취 가능성. 식품공업, **3**, 23(1994)
- Alfery, A. C., Hegg, A. and Craswell, P. : Metabolism and toxicity of aluminum in renal failure. *Am. J. Clin Nutr.*, **33**, 1509(1980)
- Kim, Y. S. : The nature and cause of Alzheimer's disease. Proceeding of international symposium in commemoration of the opening of Korea Gerontology Center, p.42(1991)
- Candy, J. M., Oakery, A. E., Klinowski, J., Carpenter, T. A., Perry, R. H., Atack, J. R., Pertt, E. K., Blessed, G., Fairbairn, A. and Edwarson, J. A. : Aluminosilicates and sensile plague formation in Alzheimer's disease. *Lancet*, **15**, 354(1986)
- Martyn, C. N., Barker, D. J. P., Osmond, C., Harris, E. C., Edwardson, J. A. and Lacey, R. F. : Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminum water. *Lancet*, **14**, 59(1989)
- Crappier, D. R. and Boni, U. D. : Experimental and clinical neurotoxicology. In "Aluminum and its role in biology" Helmut, S. and astrid, S.(eds.), Marcel dekker, Inc, p.326(1988)
- Wills, M. R. and Savory, J. : Aluminum intoxication. *Lancet*, **2**, 29(1983)
- Crappier, D. R., Karlik, S. and De Bobi, U. : Aluminum and other metals in senile (Alzheimer)dementia. In "Alzheimer's disease : Senile dementia and related disorders" Katzman, R., Terry, R. D. and Bick, K. L. (eds.), Raven Press, New York, p.471(1978)
- Ganje, T. J. and Page, A. L. : Rapid acid dissolution of plant tissue for cadmium determination by atomic absorption spectrophotometry. *At. Absorpt. Newsl*, **13**, 131(1976)
- SAS : "SAS series package". SAS Institute Inc, Carync(1987)
- 김덕용 : 식품포장재료의 종류와 특징. 식품과학과 산업, **23**, 29(1990)
- Alfery, A. C. : Aluminum intoxication. editorial. *The N Engl. J. Med.*, **310**, 1114(1984)
- 松島文子 :嗜好飲料中のアルミニウム濃度. 日本家庭學會誌, **42**, 12(1991)
- 보건사회부 : 식품공전. p.227(1988)
- 이덕행 : 식품중의 미량금속에 관한 조사연구. 서울특별시 보건 연구소보, **11**, 181(1975)
- 서순희 : 사관 통조림 제품의 중금속 함량의 경시적 변화. 경북대학교 대학원 석사학위논문(1983)
- 鈴木章伍, 松本紀代, 岡田往子, 平井昭司 : 分析化學. 朝倉書店, 東京, p.993(1986)
- Corit, A. M. and Cillard, R. D. : Beware the cups that cheer. *Nature*, **321**, 570(1986)
- Koch, K. R., Pougnet, M. A. B. and Villiers, S. D. : Increased urinary excretion of aluminum after drinking tea. *Nature*, **333**, 121(1988)
- 柳澤俗之, 化田 攻 : Aluminum. 日本臨床, **43**, 560(1985)

(1994년 5월 13일 접수)