

조리시 조리용기로 부터의 알루미늄 용출량 비교

김중만 · 한성희 · 백승화
원광대학교 농화학과

Comparison of Aluminum Leaching from Cooking Utensils During Cooking

Joong-Man Kim, Sung-Hee Han and Seung-Hwa Baek
Department of Agricultural Chemistry, Wonkwang University

Abstract

This study was performed to investigate the effects of the type of utensils (*onggi*, aluminum, enamel coated, stainless-steel and stone), cooking sources (deionized-water, *doenjang* soup and *kochujang* soup), and cooking time (0, 10, 20, and 30 min) on aluminum leaching. Aluminum content leached by *onggi*, aluminum, enamel coated, stainless-steel and stone was 0.53~2.76, 1.17~4.20, 0.77~3.23, 0.53~2.03, 0.83~2.70 ppm in deionized-water, respectively; 4.60~7.73, 6.45~11.50, 5.53~9.27, 3.50~6.70, 5.00~9.13 ppm in *doenjang* soup, respectively; 5.18~9.70, 6.30~11.23, 4.73~8.63, 3.23~6.50, 4.50~9.25 ppm in *kochujang* soup, respectively. The leached aluminum content was increased with the elapse of cooking time. Aluminum utensil showed the highest leached aluminum content among different types of utensils.

Key words: aluminum content, cooking utensils, deionized water, *doenjang* soup, *kochujang* soup

서 론

사람이 알루미늄을 장기간 섭취하였을 때는 알츠하이머병, 근위축성측삭경화증, 골이영양증, 빈혈, 투석 뇌질환 등 질병을 유발하는 것으로 알려져있다^(1,2). 알루미늄 섭취원으로는 식품 중에 함유된 양도 중요하지만 조리중 조리용기로 부터의 용출도 문제시 해야 된다고 본다. 조리용기로 부터 알루미늄이 용출된다는 보고^(3,8)와 함께 조리용기에 대한 유해성 논의는 1957년 Campbell 이후 계속되고 있다^(9,10). 알루미늄이 용출되는 정도는 식품을 끓이는 시간, 조리식품의 pH와 종류, 조리용기의 종류, 조리하는 방법 등에 따라서 달라지며^(4,6,11) 특히, 유기산과 염분이 함유되어 있는 식품을 가열 조리하는 동안 다량의 알루미늄이 용출된다고 하였다⁽¹²⁾. 이로 보아 알루미늄 섭취량은 조리용기, 조리용수, 조리재료 및 식생활 방식에 따라서 크게 다르게 될 것으로 생각된다.

우리나라에서는 발효식품인 된장, 고추장을 직접

또는 조리재료로 많이 소비하는 식생활 특성상, 그리고 알루미늄 용기를 아직도 무의식 중에 많이 사용하는 실정이기 때문에 장기간에 걸쳐서 알루미늄이 섭취될 가능성이 있다고 사료된다. 따라서 본 연구에서는 전보⁽¹³⁻¹⁵⁾에 이어 우리의 조리용기 및 조리재료로 부터 용출되는 알루미늄 함량을 파악하기 위하여 옹기, 알루미늄, 법랑, 스테인레스 스틸, 돌그릇 등에 된장과 고추장을 넣어 조리하는 동안 용기별, 재료별, 조리시간별, 알루미늄 용출 정도를 조사하였기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

실험재료

조리용기는 옹기, 알루미늄, 법랑, 스테인레스 스틸, 돌그릇이고 조리재료는 시판되고 있는 된장과 고추장 제품, 물은 탈이온 증류수를 사용하였다. 그릇의 크기는 위생시험법의 가정용품 시험법⁽¹⁶⁾에 따라 그릇의 표면적을 계산하였다. 옹기그릇(1600 mL, 직경 11 cm), 알루미늄 그릇 (950 mL, 10 cm) 법랑냄비(1500 mL, 11 cm), 돌그릇(1000 mL, 11 cm), 스테인레스-스틸(1300 mL, 12 cm)인 그릇을 10 mM EDTA 용액으

Corresponding author: Joong-Man Kim, Department of Agricultural Chemistry, College of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, 344-2 Shinyong-dong, Iksan, Cheonbuk 570-749, Korea

로 세척 후 사용하였다.

알루미늄 용출량 조사

각각의 용기에 탈이온 증류수 250 mL만 가한 경우와 된장과 고추장 50 g에 증류수 200 mL를 가하여 혼합한 것을 실온(25±2°C)에서 30분간 방치한 경우를 대조군으로 하였고 hot plate로 100±1°C에서 10, 20, 30분 동안 끓인 시료를 250 mL로 정용하여 알루미늄 용출량을 측정하였다. pH는 초자전극(TOA, HM-5EST, Japan)을 이용하였다.

알루미늄 농도 측정

알루미늄 분석은 Ganje의 혼산분해법⁽¹⁷⁾에 준하여 시료 1 g을 정확히 취해 HNO₃:HClO₄ (2:1, v/v)의 혼산용액 10 mL를 가하여 hot plate로 100±10°C에서 분해액이 담황색 또는 미색으로 변하면 분해가 종료된 것으로 보았다. 이것을 방냉한 다음 50 mL로 정용한 여과액을 원자흡수분광광도계(Model Spectr AA-30, Varian)를 이용하여 전보^(14,15)와 같이 분석하였다.

통계처리

분석하여 얻어진 자료는 "SAS series package"의 ANOVA, DMRT로 유의성을 검증하였다⁽¹⁸⁾.

결과 및 고찰

탈이온 증류수로 조리시의 알루미늄 용출량

Table 1에서 보는 바와 같이 탈이온 증류수 250 mL

를 넣고 옹기, 알루미늄, 법랑, 스테인레스-스틸, 돌그릇에서 0, 10, 20, 30분간 끓였을때 각각의 조리용기에서 용출된 알루미늄 함량은 0.53~2.76, 1.17~4.20, 0.77~3.23, 0.53~2.03, 0.83~2.70 ppm 범위로 용출되었고, 끓이기전의 pH는 6.6~6.8 사이였으나 끓인 시간이 경과하여 증류수가 증발한 상태의 pH는 6.3~6.4로 저하되었다. 증류수를 알루미늄제 조리용기에서 30분 동안 끓였을때 알루미늄 조리용기가 4.20 ppm으로 가장 높게 나타났고 다른 조리용기에서도 조리시간이 경과할 수록 알루미늄 용출량이 증가되었다. 이는 pH 저하로 인한 조리용기가 미약하게 부식된 결과로 생각되었다.

한편 吉田⁽¹⁹⁾은 도자기, 법랑제품, 유리제품 등의 식기 60여종에서 용출된 알루미늄을 측정한 결과 22±2°C, 24시간 동안 용출된 알루미늄 함량은 0.07~1.67 ppm이었고, Knoll⁽²⁰⁾은 요리용으로서 25년간 사용한 3개의 알루미늄 냄비를 이용하여 스프와 우유를 60분 동안 끓였더니 0.25~1.5 ppm의 알루미늄이 용출되었다고 보고하였다.

따라서 본 실험 결과에서 우리가 늘 사용하고 있는 조리용기에서도 알루미늄이 용출되고 시간이 경과할 수록 그 함량이 증가한다는 것을 알 수 있어 식기나 조리용기를 사용함으로써 미량이나마 알루미늄을 섭취할 가능성이 높을 것으로 사료된다.

된장과 고추장으로 조리시의 알루미늄 용출량

Table 2에서 보는 바와 같이 된장을 옹기, 알루미늄, 법랑, 스테인레스-스틸, 돌그릇에서 0, 10, 20, 30분간

Table 1. Dissolution of aluminum and pH change in deionized water before and after boiled in various cooking utensils for different time (unit : ppm)

Utensils	Boiling time							
	Non-boiling		10 min		20 min		30 min	
	pH	Al content	pH	Al content	pH	Al content	pH	Al content
Onggi	6.7	0.53±0.21 ^d	6.6 [6.4]	0.96±0.15 ^c 1.55±0.25 ^b	6.5 6.3	1.40±0.10 ^b 1.85±0.45 ^b	6.5 6.3	2.76±0.15 ^a 3.43±1.10 ^a) ¹⁾
Aluminum	6.6	1.17±0.15 ^d	6.5 [6.4]	2.63±0.15 ^c 3.96±0.36 ^c	6.5 6.4	3.37±0.21 ^b 5.72±0.63 ^b	6.5 6.4	4.20±0.10 ^a 6.92±0.55 ^a) ¹⁾
Enamel	6.7	0.77±0.15 ^d	6.6 [6.5]	1.20±0.10 ^c 1.58±0.15 ^c	6.5 6.4	2.53±0.21 ^b 2.67±0.25 ^b	6.5 6.4	3.23±0.25 ^a 3.40±0.29 ^a) ¹⁾
Steel	6.7	0.53±0.21 ^d	6.6 [6.5]	1.10±0.10 ^{bc} 1.65±0.12 ^c	6.5 6.4	1.40±0.20 ^b 2.24±0.31 ^b	6.5 6.4	2.03±0.21 ^a 2.75±0.31 ^a) ¹⁾
Stone	6.8	0.83±0.31 ^d	6.7 [6.6]	1.30±0.30 ^c 1.71±0.42 ^c	6.5 6.4	2.40±0.10 ^{ab} 4.30±0.36 ^b	6.5 6.4	2.70±0.10 ^a 6.50±0.45 ^a) ¹⁾

Mean ± SD of three times measurement.

^{a-c}Means with the same lettered superscripts in a rows are not significantly different at 1% level by Duncan's multiple range test.

¹⁾Change of pH and aluminum contents in residue water after boiling.

Table 2. Dissolution of aluminum and pH change in *doenjang* soup before and after boiled in various cooking utensils for different time (unit : ppm)

Utensils	Boiling time							
	Non-boiling		10 min		20 min		30 min	
	pH	Al content	pH	Al content	pH	Al content	pH	Al content
Onggi	6.0	4.60±0.15 ^d	5.1 [5.0]	5.70±0.25 ^c 8.90±0.43 ^c	4.9 4.7	6.90±0.42 ^b 10.18±0.52 ^b	4.7 4.6	7.73±0.31 ^a 21.92±0.54 ^a) ¹⁾
Aluminum	6.5	6.45±0.30 ^d	6.0 [5.0]	9.68±0.32 ^c 12.10±0.56 ^c	5.6 4.9	10.23±0.21 ^b 16.13±0.32 ^b	4.9 4.7	11.50±0.25 ^a 24.20±1.06 ^a) ¹⁾
Enamel	6.3	5.53±0.25 ^d	5.8 [5.3]	6.13±0.15 ^c 9.58±0.36 ^c	5.3 4.9	8.30±0.27 ^b 18.03±0.36 ^b	4.8 4.6	9.27±0.31 ^a 25.54±1.10 ^a) ¹⁾
Steel	6.0	3.50±0.20 ^d	5.5 [5.0]	4.68±0.25 ^c 5.40±0.39 ^c	5.2 4.9	5.83±0.26 ^b 15.60±1.21 ^b	4.8 4.6	6.70±0.20 ^a 18.00±1.05 ^a) ¹⁾
Stone	5.7	5.00±0.10 ^d	5.3 [5.1]	6.40±0.27 ^c 8.42±0.54 ^c	5.0 4.9	7.73±0.21 ^b 10.00±0.74 ^b	4.6 4.7	9.13±0.15 ^a 24.62±1.20 ^a) ¹⁾

Footnotes are same as Table 1.

끓였을 경우 용출된 알루미늄 함량은 각각 4.60~7.73, 6.45~11.50, 5.53~9.27, 3.50~6.70, 5.00~9.13 ppm으로 조리전에 비하여 조리후 시간이 경과될 수록 모든 조리용기에서 알루미늄의 용출량은 약간씩 증가하였다. 용기별로 된장을 넣고 끓이지 않은 시료를 분석한 결과 3.50~6.45 ppm으로 이는 된장에 함유된 알루미늄과 된장중의 염 및 유기산에 의하여 조리용구로 부터 용출된 결과로 생각 되었으며, 알루미늄제 용구에서 30분간 조리하였을때 11.50 ppm으로 가장 많이 용출되었다. pH는 시간이 경과할 수록 약산성으로 나타났다.

Table 3에서 보는 바와 같이 고추장을 용기, 알루미늄, 법랑, 스테인레스-스틸, 돌그릇에 0, 10, 20, 30분간 끓였을 때 알루미늄은 각각 5.18~9.70, 6.30~11.23,

4.73~8.63, 3.23~6.50, 4.50~9.25 ppm으로 용출되어 조리전에 비하여 조리시간이 증가 할수록 모든 조리용구에서 알루미늄의 용출량은 증가되었다. 용기별로 고추장을 넣고 끓이지 않은 시료를 분석한 결과 3.23~6.30 ppm 범위로 이는 고추장에 함유된 알루미늄과 고추장중의 염 및 유기산에 의하여 조리용구로 부터 용출된 결과로 생각 되었으며, 알루미늄제 조리용구에서 30분간 끓였을때 11.23 ppm으로 알루미늄 용출량이 가장 높았으며, pH는 시간이 지날수록 약산성으로 나타났다.

이와같이 증류수만을 가지고 여러 조리용기에서 끓였을 경우 알루미늄 용출량은 낮았으나 된장과 고추장을 조리재료로 이용하여 끓였을 경우 된장 및 고추

Table 3. Dissolution of aluminum and pH change in *kochujang* soup before and after boiled in various cooking utensils for different time (unit : ppm)

Utensils	Boiling time							
	Non-boiling		10 min		20 min		30 min	
	pH	Al content	pH	Al content	pH	Al content	pH	Al content
Onggi	6.5	5.18±0.15 ^d	6.3 [4.7]	6.30±0.21 ^c 8.59±0.31 ^c	6.0 4.6	7.40±0.10 ^b 10.05±0.45 ^b	5.5 4.5	9.70±0.21 ^a 13.13±0.55 ^a]
Aluminum	6.6	6.30±0.15 ^d	6.2 [4.9]	8.57±0.25 ^c 10.06±0.36 ^c	5.9 4.7	9.87±0.15 ^b 13.82±0.98 ^b	5.5 4.7	11.23±0.10 ^a 16.48±1.02 ^a]
Enamel	6.0	4.73±0.15 ^d	5.8 [4.8]	5.63±0.31 ^c 8.28±0.56 ^c	5.5 4.7	6.73±0.21 ^b 10.05±0.55 ^b	5.2 4.5	8.63±0.15 ^a 11.26±0.87 ^a]
Steel	6.5	3.23±0.21 ^d	6.0 [4.8]	4.43±0.15 ^c 7.91±0.65 ^c	5.5 4.7	5.20±0.10 ^b 8.83±0.23 ^b	5.3 4.5	6.50±0.10 ^a 15.82±0.55 ^a]
Stone	6.1	4.50±0.15 ^d	5.9 [4.8]	5.13±0.20 ^c 8.02±0.69 ^c	5.7 4.6	7.36±0.15 ^b 8.84±0.63 ^b	5.4 4.5	9.25±0.15 ^a 14.25±0.65 ^a]

Footnotes are same as Table 1.

장이 지닌 유기산과 염에 의한 용기와 반응에 의한 용출량과 된장 및 고추장에 함유된 알루미늄이 용출되어 합쳐진 결과로 생각된다.

특히 알루미늄 조리용기에서 30분 동안 끓였을 때는 된장에서 11.50 ppm, 고추장에서 11.23 ppm으로 다른 용기에 비하여 높게 용출되었는데 이는 된장과 고추장에 함유되어 있는 염과 유기산이 쉽게 알루미늄으로 만든 용기와 반응하여 용출량이 다른 조리용구에 비하여 증가된 것으로 사료된다.

松島⁽¹²⁾는 소금이 함유되어 있는 식품을 조리할 경우 상온에서는 알루미늄 용출량이 소량이지만 가열할수록 용출량이 증가한다고 한다고 보고한 내용과 본 실험 결과는 유사하였다. Mosironi⁽²¹⁾은 알루미늄 팬에서 유기산이 매우 많은 토마토 스프를 2시간, 3시간 끓인 경우에 각각 32.0 ppm, 57.0 ppm으로, Ondreicka⁽²²⁾은 알루미늄 pot에 15분 동안 토마토를 조리하였을 때 70.0 ppm이, Greger⁽⁶⁾은 토마토소스의 경우 조리전에는 0.10 ppm이었으나 조리후에는 알루미늄팬과 스테인레스-스틸팬에서 각각 57.1 ppm, 0.16 ppm으로 알루미늄이 유기산에 쉽게 용해되고 있음을 알 수 있다.

이와같이 알루미늄제 조리용기를 이용하여 고온조건에서 단시간 가열하거나 산이나 소금을 넣어 식품을 조리하면 알루미늄의 용출이 촉진되어 식품과 함께 일상적으로 장기간에 걸쳐서 미량이나마 경구 섭취될 가능성이 높다고 사료된다.

요 약

조리용기의 재질 종류와 조리식품의 종류 및 조리 시간에 따른 알루미늄의 용출 특성을 알아보기로자 탈이온증류수, 된장, 고추장을 이용하여 용기, 알루미늄, 법랑, 스테인레스-스틸제 용기 및 돌그릇에서 조리시간(0, 10, 20, 30분)을 달리하여 각각 끓였을 때 용출된 알루미늄 함량을 조사하였다. 증류수는 각 용기에서 0.53~2.76, 1.17~4.20, 0.77~3.23, 0.53~2.03, 0.83~2.70 ppm의 범위였다. 된장을 각 용기에 담아 끓이지 않고 30분간 상온에서 정치한 경우 각각 4.66, 6.45, 5.53, 3.50, 5.00 ppm이며 끓였을 때는 5.70~7.73, 9.68~11.50, 5.53~9.27, 3.50~6.70, 5.00~9.13 ppm이 용출되었다. 고추장을 넣고 끓이지 않았을 때는 각 용기에서 5.18, 6.30, 4.73, 3.23, 4.50 ppm이며, 끓였을 경우에는 6.37~9.70, 8.57~11.23, 5.63~8.63, 4.43~6.50, 4.50~9.25 ppm 용출되었다. 따라서 끓이는 시간이 경과될수록 알루미늄의 용출량은 증가하였고, 특히 알루미늄 재질의 조리용기에서는 다른 용기에 비해 용출량이 가장 많았다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 원광대학교 교내 연구비 지원에 의해 이루어진 결과로서 이에 깊이 감사 드립니다.

문 헌

1. Poe, C.F. and Leberman, J.H.: The effect of acid foods on aluminum utensils. *Food Technol.*, **3**, 71 (1949)
2. Lione, A.: The prophylactic reduction of intake. *Food Chem. Toxic.*, **21**, 103 (1982)
3. Trapp, G.A. and Cannon, J.B.: Aluminum pots as a source of dietary aluminum. *New Engl. J. Med.*, **304**, 172 (1981)
4. Koning, J.H.: Aluminum pots as a source of dietary aluminum. *New Engl. J. Med.*, **304**, 172 (1981)
5. Lione, A., Allen, P.V. and Smith, J.: Aluminum coffee percolators as a source of dietary aluminum. *Food Chem. Toxic.*, **22**, 265 (1984)
6. Greger, J.L., Goetz, W. and Sullivan, D.: Aluminum levels in foods cooked and stored in aluminum pans, trays and foil. *J. Food Prot.*, **48**, 772 (1985)
7. 松島文字, 飯塚舜介, 船川一彦, 能勢降之: 食器および調理器具からのアルミニウム, シリコンの溶出. *日本衛生學會誌*, **43**, 969 (1988)
8. Tennakone K. and Wickramanayake, S.: Aluminum leaching from cooking utensils. *Nature*, **325**, 202 (1987)
9. Savory, J., Nicholson, J.R. and Wills, M.R.: In aluminum leaching enhanced by fluoride. *Nature*, **327**, 107 (1987)
10. Campbell, I.R., Cass, J.S., Cholak, J. and Koehoe, R.A.: Aluminum in the environment of a man: Review of its hygienic status. *Archs Ind., Hlth.*, **15**, 359 (1957)
11. Levick, S.E.: Dementia from aluminum pots? *New Engl. J. Med.*, **303**, 164 (1980)
12. 松島文字, 飯塚舜介, 船川一彦, 能勢降之: アルミニウム製調理器具からのアルミニウムの溶出に對する食鹽, 醋酸およびクエン酸の影響, *日本衛生學會誌*, **45**, 964 (1990)
13. 김중만, 한성희: 알루미늄 섭취의 문제점과 과량 섭취 가능성. *식품공업*, **123**, 63 (1994)
14. 김중만, 한성희, 백승화: 음료식품의 알루미늄 함량. *한국영양식량학회지*, **23**, 863 (1994)
15. 김중만, 한성희, 백승화: 밀가루식품의 알루미늄 함량. *한국식품과학회지*, **27**, 30 (1995)
16. 日本衛生試驗法註解: 家庭用品試驗法: 日本藥學會編, 金原出版社, p.566 (1983)
17. Ganje T.J. and Page, A.L.: Rapid acid dissolution of plant tissue for cadmium determination by atomic absorption spectrophotometry. *At. Absorpt. Newsl*, **131** (1976)
18. SAS: SAS Series Package, SAS Institute Inc, Cary, NC (1987)
19. 吉田令子, 佐藤憲一, 遠藤英美: セラミック製食器から溶出する金屬, 東京都立衛生研究所. *研究年報*, **35**, 235 (1984)
20. Knoll, O., Lahl, H., Bockmann, J. Henning, H. and Un-

tenalt, B.: Aluminum contamination of tap water and food, *Trace Elements in Medicine*, **3**, 172 (1986)

21. Mosironi, R.: International studies on trace elements in etiology of cardiovascular disease. *Nutr. Rep. Int.*, **79**, 51 (1973)

22. Ondreicka, R., Kortus, J. and Ginter. E.: Intestinal ab-

sorption of metal ions. In *Trace Elements and Radionuclides*, Skornya, S.C. and Edward, D.W. (Ed.), Pergamon, New York, p.293 (1971)

(1995년 9월 7일 접수)