

알루미늄 조리기구에서 산성조미료와 조리조건이 알루미늄 용출에 미치는 영향

The Effect of Acid Condiment and Cooking Condition on
Aluminum Dissolution from Aluminum Cookware

영남대학교 생활과학대학 가정관리학과

강사 김명선
교수 한재숙

京都府立大學校 人間環境學部 食保健學科
교수 남출隆久

Dept. of Home Management, Yeungnam Univ.

Instructor : Kim, Myung-Sun

Prof. : Han, Jae-Sook

Dept. of Food and Health, Kyoto Prefectural Univ.

Prof. : Minamide Takahisa

목 차

I. 서론

II. 실험재료 및 방법

III. 결과 및 고찰

IV. 요약

참고문헌

< Abstract >

Effect of aluminum dissolution from aluminum sauce pans with the kind and concentration of acidity, boiling times and temperature of acidity solution, in new and old sauce pans, and aluminum content in typical food was investigated. As acetic acid concentration increases, aluminum content has increased. But malic acid and citric acid have suddenly increased until acidity concentration would be 0.4%. After that rapidly increasing is not shown. As boiling time and temperature of acidity solution increases, concentration of aluminum dissolved from aluminum sauce pan has increased. Concentration of aluminum by repeated use has increased only a slightly. But aluminum content has dissolved in large quantities from new pan rather than old pan.

Key words : Aluminum, Sauce pan, Acetic acid, Malic acid, Citric acid, Dissolution

I. 서론

알루미늄은 지구상에 3번째로 널리 존재하는 것으로 대부분의 식품에 소량 함유되어 있으며 알루미늄량은 식품의 종류, 토양의 조건, pH에 의하여 큰 차이가 있다(Hopkins & Eisen, 1959; Eden, 1976)

알츠하이머형 치매등 뇌·신경 질환의 발생 및 뼈 형성에도 알루미늄이 영향을 미친다고 지적되고 있다(Sorenson, Campbell, Tepper & Lingg, 1974). 또한 식품소재 중에 함유되어 있는 알루미늄량 만이 아니라 조리과정에서 사용하는 알루미늄 기구에 의해서도 섭취량에 상당한 영향을 미치는 것도 보고되고 있다(Levick, 1980 : Trapp & Cannon, 1981). 게다가 알루미늄을 함유한 조리기구를 사용하면 그 음식에는 알루미늄이 조금 증가하지만 산성이나 염분이 많은 음식을 조리하면 보다 많이 증가한다는 것도 보고되고 있다(Mattsson, 1981: Greager, Goetz & Sullivan, 1985).

조리에 사용되는 금속 냄비의 주요 소재는 알루미늄, 철, 동 등이다. 그 중에서 알루미늄 조리기구는 열의 전도가 좋고 가볍고, 가격이 저렴하며 피막이 없어 손쉽게 취급할 수 있는 장점 때문에 일반적으로 널리 사용되고 있다.

식초는 산성조미료로서 이용될 뿐만 아니라, 여러 가지 조리작용과 영양 생리작용을 가지고 있어 각종 조리에서 폭 넓게 사용되고 있다. 식초의 조리작용에는 짠맛·기름진 맛의 억제작용, pH 저하에 의한 갈변방지, 안토시아닌 색소 및 플라보노이드 색소의 안정화, 점질물과 쓴맛의 둔화, 단백질의 응고·변성작용, 방부·살균 작용이 있다. 또한 생선의 비린내를 중화시키는 작용과 생선을 졸일 때 식초를 넣으면 뼈까지 연하게 되며 달걀식초와 같이 갈숨을 녹이는 작용도 하고 있다(正井博之, 1974 : 吉松藤子, 1981 : 菅野幸一, 1992).

본 연구는 산성조미료로서 곡물 식초·쌀 식초의 주성분인 아세트산(acetic acid)과 밀감류와 과즙에 함유되어 있는 구연산(citric acid), 사과산(malic acid)을 이용하여 조리할 경우 산의 종류와 온도, 시간 등의 조리조건이 냄비로부터 알루미늄 용출에 미치는 영향에 대하여 검토하였기에 그 결과를 보고하

고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 재료

산성 수용액으로 아세트산, 구연산(무수), 사과산을 사용하였다.

2. 시료의 조제

- 1) 아세트산, 구연산, 사과산을 증류수로 0, 0.02, 0.04, 0.1, 0.2, 0.4, 1.0, 2.0, 4.0%의 농도가 되도록 희석하였다. 그것을 알루미늄 냄비(직경 14cm, 깊이 9cm, 두께 3mm)에 넣고 실온에 30분 방치시킨 후 30분간 끓였다. 증발에 의한 용액의 감소는 증류수를 보충하여 일정한 용량을 유지시켰다. 열원은 가스로 2300kcal/h를 사용하였다.
- 2) 식품재료는 액체질소로 동결시킨 후 믹서로 분쇄하였다. 분석시료로 1-2g을 도가니에 넣고 105°C에서 4시간 전기로에서 건조한 후, 다시 전기로를 이용하여 550°C에서 20시간 건식회화하였다. 여기에 6N-HCl(4.2mg)을 사용하여 용해한 후 간섭제거제로서 1% LaCl₃(2.5mg)를 넣고 증류수를 사용하여 25ml로 정용(定容)하여 시료액으로 하였다.
- 3) 분석방법
알루미늄 정량분석은 ICP-AES(Seiko Co. SPS-1500VR) 분석장치를 사용하였다. 알루미늄 발광스펙트럼은 자외부에 3개의 강한 스펙트럼을 가지고 있지만 다른 스펙트럼의 영향이 가장 적은 396.154 nm의 발광량에서의 검량선을 사용하여 알루미늄을 정량하였다.
- 4) 계산
각 시료의 농도를 다음의 식에 의하여 산출하였다.
용액 중의 알루미늄량
(mg/100ml) = 농도(ppm) × a* / b* × 100 / 1000
a* = 끓은 후 남은 용량
b* = 끓기 전 용량

III. 결과 및 고찰

1. 산의 종류와 농도가 알루미늄 함량의 변화에 미치는 영향

식품에 함유된 산으로서 일상적으로 사용되는 것 중에서 식초의 주성분인 아세트산과 과즙에 함유되어 있는 사과산, 구연산을 이용하여 알루미늄의 용출량을 측정된 결과는 <그림 1>과 같다. 아세트산은 산의 농도와 함께 증가하였으나 사과산과 구연산 첨가군은 아세트산만큼 산의 농도에 의존하지 않았고, 알루미늄 농도는 산 농도 0.4%를 초과하면 거의 포화에 도달하였다. 알루미늄 용출은 산 농도 1.0%까지는 산의 종류에 따른 용출량에 커다란 차이를 나타내지 않았으나 1.0%를 초과하면 아세트산이 가장 많이 용출되었다.

알루미늄의 용출은 사과산과 구연산보다 아세트산에서 농도와 함께 증가하므로 알루미늄냄비를 사용하여 음식물을 조리할 때에는 아세트산보다 사과산과 구연산으로 산미를 내는 것이 알루미늄 냄비로부터 알루미늄 용출량을 억제할 수 있다. 그러나 구연산 알루미늄은 흡수되기 쉽기 때문에(Pennington & Schoen, 1995) 산미료를 첨가하여 고온에서 장시

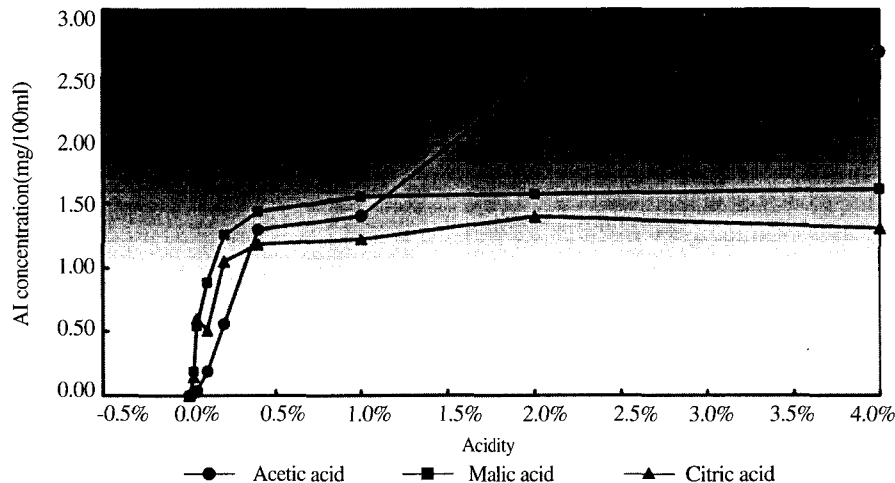
간 조리하는 경우는 가능한 알루미늄 냄비를 사용하지 않는 것이 바람직하다고 사료된다.

2. 산성조미액의 온도가 알루미늄 용출에 미치는 변화

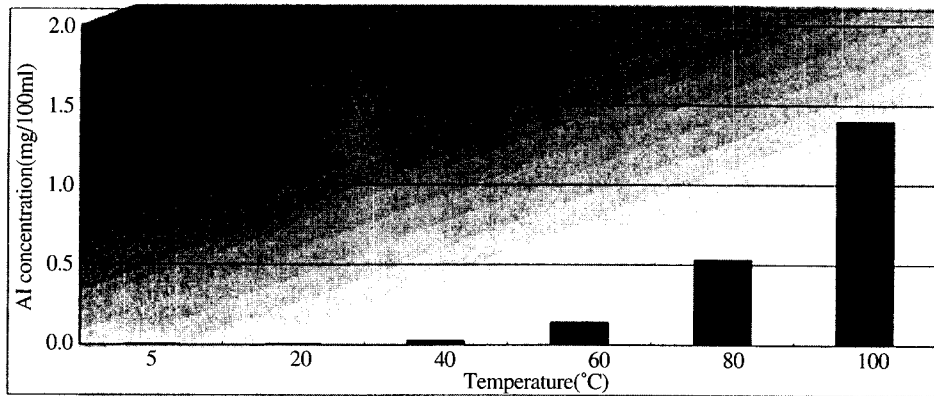
1% 아세트산 용액을 5, 20, 40, 60, 80, 100°C에서 30분간 알루미늄 냄비에 넣어 두었을 때 용출된 알루미늄량은 <그림 2>와 같다. 알루미늄 용출량은 40°C에서부터 온도 상승과 함께 증가하여 100°C에서 보다 많은 용출을 나타내었다. 20°C이하에서는 0.005mg/100ml 이하로서 거의 미량에 지나지 않았다. 이것은 산성조미액 1%에서 조리할 때 80°C이상을 요구하는 높은 온도는 가능한 피할 것을 시사하였다.

3. 가열 시간이 알루미늄 용출량에 미치는 영향

1% 아세트산 용액을 냄비에 넣고 30분 방치한 후 가열하여 가열시간과 용출량의 관계를 조사한 결과는 <그림 3>과 같다. <그림 3>에서 보는 바와 같이 0분의 시료는 1% 수용액을 냄비에 넣고 30분 방치한 후 가열하지 않고 처리한 것이다. 알루미늄 용



<Fig. 1> Variation of Al quantity dissolved from aluminum pan for 30 min. boiling in acetic, malic, and citric acid solution



<Fig. 2> Changes of Al concentration as different temperature of 1% acetic acid solution for 30 min. incubation

출량의 변화는 가열 40분까지는 가열시간에 비례하여 증가하였으나 가열 40분 이후부터는 완만하게 증가하였다. 또한 실온에서 30분 방치한 용액 중의 알루미늄 용출량은 0.005mg/100ml로 거의 미량에 지나지 않았다.

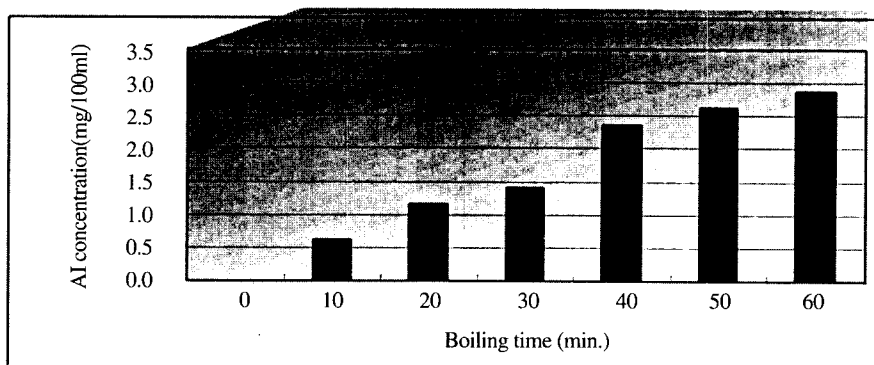
4. 냄비의 사용횟수와 수용액이 알루미늄 용출에 미치는 영향

두 개의 새 알루미늄 냄비 각각에 1% 아세트산 용액과 증류수를 넣고 30분 방치한 후 30분 가열하였다. 동일한 냄비에 동일한 방법으로 10회 반복하였을 때 냄비로부터 알루미늄이 용출되는 양의 변

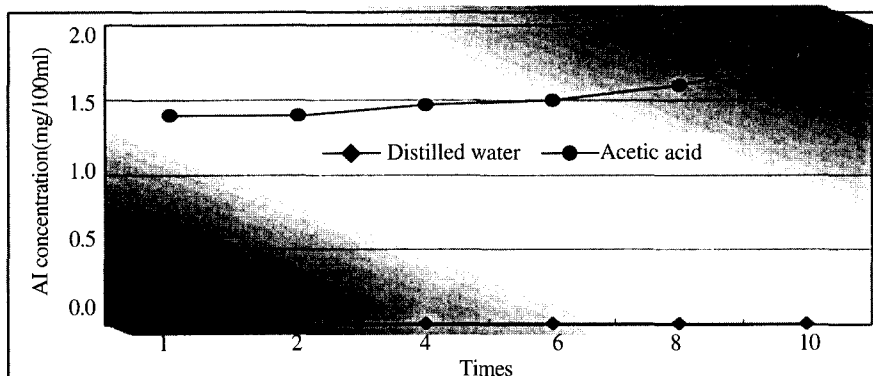
화는 <그림 4>와 같다. 1% 아세트산 수용액에서 알루미늄 용출량은 반복횟수에 비례하여 완만한 증가를 보였지만 증류수를 넣고 30분 끓인 용액 중에는 알루미늄이 거의 용출되지 않았다. 이 결과로부터 알루미늄 냄비는 아세트산 수용액에서는 반복 사용함으로써 알루미늄 용출량이 조금씩 증가하였지만 증류수에서는 반복해서 사용하여도 알루미늄은 용출되지 않음을 알 수 있었다.

5. 새 냄비와 오래 사용한 냄비의 사용횟수에 따른 알루미늄 용출량

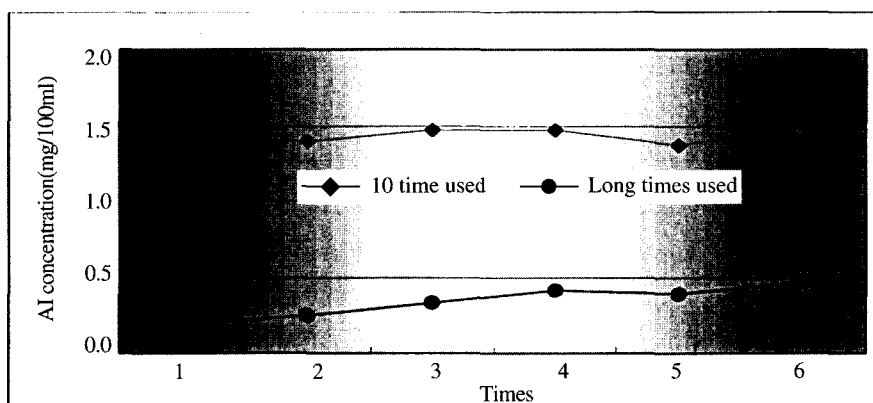
<그림 5>는 새 냄비와 50회 이상 사용했던 오래



<Fig. 3> Variation of Al concentration in 1% acetic acid solution boiled for variety time by aluminum pan



<Fig. 4> Changes of Al concentration to pan for boiling and immerse 30 min. with 1% acetic acid and distilled water by use repeated of aluminum pan



<Fig. 5> Changes of Al concentration in 1% acetic acid solution with new and long times used aluminum sause pan

된 냄비의 알루미늄 용출량을 알아보기 위하여 1% 아세트산 수용액에 넣고 30분간 끓인 후 이것을 6회 반복하여 용출량의 변화를 나타낸 것이다. 새 냄비와 오래 사용한 냄비 모두 알루미늄 용출은 완만한 증가를 나타내었다. 6회 사용한 새 냄비의 알루미늄 용출량은 2.49mg/100ml인데 비하여 오래 사용한 냄비는 0.47mg/100ml로 알루미늄 용출량은 새 냄비가 오래 사용한 냄비보다 약 5배나 되었다. 이것은 새 냄비의 경우 용액 중에 녹아 나오는 것은 산화 피막 중의 알루미늄이며 피막은 사용횟수와 함께 침식되기 때문에 피막과 용액과의 접촉면적은 일시 증가한다. 이와 같이 침식에 의한 표면적의 변화는 어느 정도 침식을 받으면 안정되기 때문에 오

래 사용한 냄비의 용출량이 새 냄비보다 적다고 생각된다.

IV. 요약

본 연구는 산성조미료로서 식초의 주성분인 아세트산, 감귤류와 과즙에 함유되어 있는 구연산, 사과산을 이용하여 조리할 경우, 산의 종류와 온도, 시간 등의 조리조건이 냄비의 재질로부터 알루미늄 용출에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

1. 아세트산, 사과산 및 구연산에 대한 알루미늄 용출량은 아세트산은 산의 농도와 함께 증가하였

- 지만 사과산, 구연산은 아세트산 만큼 농도에 크게 의존하지 않았고 산의 농도가 0.4%를 초과하면 거의 포화상태에 도달하였다.
2. 알루미늄은 실온에서는 거의 용출되지 않았고 40°C부터 조금 용출되었다.
 3. 알루미늄 냄비로부터 알루미늄 용출은 가열시간과 비례하여 증가하였다.
 4. 냄비의 사용횟수에 따른 용출량의 변화는 증류수에서는 용출되지 않았지만 1% 산성 수용액에서 알루미늄 용출은 냄비의 사용횟수에 비례하여 완만하게 증가하였다.
 5. 알루미늄 용출량은 새 냄비가 오래 사용한 냄비보다 용출량이 많았다.

■ 참고문헌

- 1) Mineral elements in fresh vegetables from different geographic areas, *Agric. Food Chem.*, 7, 633-638.
- 2) Eden, T.: Climate and soils, in tea, Longman Group Ltd., London, p. 8-15(1976)
- 3) Sorenson, J. R. J., Campbell, I. R., Tepper, L. B. and Lingg, R. D. (1974) Aluminum in the environment and human health, *Env. Health Perspectives*, 8, 3-95.
- 4) Levick, S. E. (1980) Dementia from aluminum pots? *New Engl. J. Med.*, 303, 164.
- 5) Trapp, G. A. and Cannon, J. B. (1981) Aluminum pots as a source of dietary aluminum, *New Engl. J. Med.*, 304, 172.
- 6) Mattsson, P. (1981) Aluminum from cooking vessels, *Var Foda*, 33, 231-236.
- 7) Greager, J. L., Goetz, W. and Sullivan, D. (1985) Aluminum levels in foods cooked and stored in aluminum pans, trays and foil, *J. Food Prot.*, 48, 772-777.
- 8) 正井博之 (1974) 酢と調理, *調理科學*, 7, 58-64.
- 9) 吉松藤子 (1981) 酢と調理, *食の科學*, 6, 78-84.
- 10) 菅野幸一 (1992) 食酢の調理特性, *調理科學*, 25, 341-348
- 11) Pennington, J. A. T. and Schoen, S. A. (1995) Estimates of dietary exposure to aluminum, *Food Additives and Contaminants*, 12(1), 119.
- 12) 系川嘉則 (1987) 生体微量金屬の話, *自然の友社*, 東京, p. 22.
- 13) 松島文字, 飯塚舜介 (1991) 嗜好飲料中の Aluminum의 濃度, *家政誌*, 42, 1095-1101.