KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 19, No. 6 (1987)

쌀, 콩나물, 물고기의 水洗 및 調理중 水銀 함량의 변화

朴仙玉 · 李瑞來
이화여자대학교 식품영양학과

Changes in the Mercury Content of Some Foods during the Washing and Cooking Processes

Sun-Ok Park and Su-Rae Lee
Department of Food & Nutrition, Ewha Woman's University, Seoul

Abstract

This study was carried out to estimate the change of Hg content in contaminated food materials including rice grain, soybean sprouts and crucian carp during their washing and cooking processes. The residue level of Hg in contaminated rice at 1 *ppm* level was decreased to the extent of 24% by three-times washing whereas it was not decreased in cooking. The removal efficiency of Hg in soybean sprouts contaminated at 80 *ppm* level was about 26% in three-times washing. While the Hg content was not decreased in blanching or cooking of soybean sprouts as a whole, the extent of leached Hg into the fluid part varied in the range of 23-41% depending on the heating time, salinity and volume of cooking water. While the Hg content in fish contaminated at 1 ppm level was not decreased in cooking as a whole, the leaching ratio of Hg into the fluid part was in the range of 2-10% depending on the salinity of cooking water. Disposal of inedible portion in cooked fish could remove 32% of contaminated Hg residue.

서 론

環境汚染性 중금속 가운데 수은이 식품에 오염되어 현실적으로 독성이 문제 된 것은 1953년과 1962년 일본의 Minamata와 Niigata에서 발생한 대량중독사고였다. 이는 메틸수은에 오염된 魚貝類를 섭취함으로써 중독증상을 일으켰음이 판명되었고[1,2]이에 따라 일본에서는 식품중 殘留水銀의 許容量을 설정하였다. 국내에서는 일본에서와 같은 대량중독사고의 발생사례는 없으나 유기수은제 農藥의 잔류성으로 말미암아 1969년과 1972년 2단계에 걸쳐 그의 생산판매를 제한하고 종자살균제에 국한하여 허가하였다. 그러나 종자살균제인 phenyl mercury acetate를 불법적으로 콩나물에 사용한 것이 문제되어 1978년 그의 생산판매를 완전히 금지시키고 1981년 콩나물중의 수은함량이 0.1*ppm*을 초과하지 못하도록 그 잠정기준을 설정하였다.[3] 그러나 다른 식품에서는 수은의 허용기준이 아직 설정되어 있지 않다.

여러 선진국에서는 식품의 安全性을 확보하기 위해 1970년대부터 Hg, Cd, Pb과 같은 중금속에 대하여 식품별 허용기준을 설정하고 정기적으로 total diet sample을 분석하고 있다.[4] 이때 부수적인 문제로는 환경으로부터 식품에로의 중금속의 移行관계, 식품원료에 오염된 중금속의 形態別농도, 調理加工중에 일어날 수 있는 중금속의 형태변화 또는 除去효과에 대한 연구가 필요하다.

국내에 있어서 수은으로 오염된 식품의 조리중 수은함량의 변화에 대한 연구는 김과 박[5,6]에 의해 생선 및 해조류(죽은 상태)를 하루정도 승홍에 담근뒤 수세 및 초산 침지에 의한 수은의 제거 효과를 본것과 김과 임[7]에 의한 채소의 가열 및 튀김에 의한 수은의 제거 효과 그리고 최근 정 등[8]의 조리과정에 따른 콩나물중의 수은잔류량의 변화로 제한되어 있다.

따라서 본 연구에서는 유해금속중 수은의 오염이 우려되는 쌀, 콩나물, 그리고 물고기 시료에 대하여 그의 調理과정중 일어날 수 있는 수은함량의 변화에 대해 조사하였으므로 이에 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

쌀의 汚染 방법

쌀은 서울 서대문구 신촌시장에서 구입한 아끼바레 품종을 사용하였다. 쌀 100*g*당 10*ppm* 농도의 수은용액(HgO를 사용하였으며 이하 모든 실험에서도 마찬가

지이다) 10*ml*를 분무기로 고루 뿌려 오염시킨 후 폴리에틸렌 비닐주머니에 싸서 냉장고(4~5℃)에서 하룻밤 보관하였다. 이것을 tray에 펼쳐 그늘에서 3일이상 충분히 건조시킨 후 만능분쇄기(슈퍼밀러 HM-1800, 한주 전자회사)로 분쇄시킨 것을 일정량 취하여 습식분해 후 수은함량을 정량하였다.

쌀의 水洗 및 炊飯 방법

수세효과를 보기 위하여 1*l* 비커에 오염시킨 쌀 180*g*을 취하여 600*ml*의 물로 수세하였다. 1회 수세때마다 손갈로 5회씩 저은 후 물을 따라버렸다. 수세된 쌀은 tray에 펼쳐 3일이상 그늘에서 건조시켜 만능분쇄기로 분쇄시킨 후 일정량을 취하여 습식분해 후 수은함량을 정량하였다.

오염시킨 쌀 180*g*씩을 취하여 물 600*ml*로 3회 수세 후 3일동안 건조시킨 쌀을 전기밥솥(RC-122B, 금성전자 주식회사)과 사용압력 1*kg/cm*²인 압력밥솥(캐스탈 압력솥, 서울엔지니어링회사)에 취반하였다. 취반 후의 흡수량을 고려하여 전기밥솥으로 취반하는 경우 쌀과 물을 합한 무게가 수세전 쌀 무게의 2.4배(432*g*), 압력밥솥의 경우 2.3배(414*g*)가 되도록 물을 첨가하였다. 취반방법은 20분간 침수시킨 다음 열원을 가했는데, 압력밥솥은 전기곤로(1.2kW)에서 약 10분간 가열하다가 압력추가 돌기 시작하면 2분간 더 가열한 후 열원을 제거하였다. 두가지 방법 모두 취반후 한시간 뒤에 중량을 측정하여 吸水量을 계산하였고 100*g*씩을 취하여 동량의 물을 가하여 만능분쇄기에서 균질화시킨 다음 일정량을 취하여 습식분해 후 수은함량을 정량하였다.

콩나물의 재배 및 부위별 구분

콩나물 콩(오리알태 파란콩)을 對照群과 汚染群으로 구분하여 실험실에서 재배하였다. 즉, 콩 300*g*을 900*ml*의 수도수로 5회 세척한 다음 대조군은 1*l*의 수도수에, 오염군은 5*ppm* 농도의 수은용액 1*l*에 하룻밤 침지시킨 후 콩나물 자동재배기(豆元자동재배기, 유일정밀주식회사)에 고루 펼쳐 놓았다. 콩나물 자동재배기는 콩위로 물이 지속적으로 뿌려지게 되어 있는데 이때 대조군은 수도수를, 오염군은 5*ppm* 수은용액을 공급하였다. 이때 사용되는 물의 용량은 원료콩 300*g*에 대하여 4.5*l*였고 하루에 한번씩 갈아 주었다. 콩나물은 길이가 대부분 12*cm*이상 생장되었을 때 수확하였다.

콩나물은 콩껍질, 자엽, 1차뿌리, 2차뿌리의 4부분으로 구분한 뒤 일정배수의 물을 부어 만능분쇄기로 균질화시켰다. 이때 2차뿌리는 콩나물 아래 약 2~3*cm* 부분으로 줄기에 비해 두께가 현저히 작아지기 시작하고 잔뿌리가 나 있는 부분이며 1차뿌리는 그 윗부분으로 하였다.

콩나물의 水洗 및 調理방법

수세효과를 보기 위하여 콩나물 100*g*을 취해 900*ml*의 물로 수세하였다. 1회 수세때마다 손갈로 10회씩 저은 후 물을 따라 버렸다. 수세된 콩나물은 체위에 30분간 받쳐 놓은 다음 동량의 물을 부어 만능분쇄기에서 균질화시킨 후 일정량을 취하여 습식분해 후 수은함량을 정량하였다.

수세한 콩나물 무게에 대한 調理用水의 비율은 7배용량으로 한 경우 증류수와 2% 소금물을, 3배용량으로 한 경우는 1% 소금물을 각각 첨가하였다. 7배의 조리용수를 사용한 경우는 끓기 시작하여 20분간을, 3배의 조리용수를 사용한 경우는 끓기 시작하여 10분간을 전기곤로 위에서 가열하였다. 조리된 콩나물은 깔대기에 거즈를 받치고 고형물과 국물로 구분하였다. 이때 고형물은 동량의 물을 부어 만능분쇄기에서 균질화 하고, 국물은 그대로 일정량을 취하여 습식분해후 수은함량을 정량하였다.

물고기의 飼育 및 部位別 구분

물고기(붕어)는 남대문시장에서 구입하였고 어항에서 일주일간 적응시킨 것을 대조군으로 하였다. 역시 일주일간 적응시킨 후에 어항속의 물(사육수)을 오염시키기 시작하여 8일간 기른 것을 오염군으로 하였다. 실험에 사용한 어항은 가로×세로×높이가 75*cm*×30*cm*×45*cm* 크기였으며, 그안에 깨끗이 세척한 모래 약 7.7kg을 펼쳐 넣고 기포발생기(N-3000SA, 성광특수화학제품)를 2개 설치하였다.

적응기간 동안은 어항속에 60*l*의 수도물을 담아놓고 이틀에 한번 30*l*씩을 교환해 주었다. 오염기간 동안은 오염첫날에 어항속의 물을 0.5*ppm* 수은 농도로 만들고 이틀에 한번 0.5*ppm* 수은용액 30*l*씩을 교환해 주었다. 어항속의 물은 매일 한번씩 수은농도를 측정하였는데 0.25~0.35*ppm*이 유지되었다.

물고기는 수조에서 꺼낸 후 paper towel로 외부의 물기를 닦아낸 다음 머리, 뼈, 살, 내장, 비늘 및 지느러미로 구분하여 drying oven으로 60~65℃에서 48시간 건조시켰다. 건조된 시료는 막자사발로 분쇄하고 일정량을 취하여 습식분해 후 수은함량을 정량하였다.

물고기의 調理방법

오염군 물고기를 수조에서 꺼내어 paper towel로 외

부의 물기를 닦아낸 다음 비늘 및 지느러미와 내장을 제거하였다.

조리용수는 비늘 및 지느러미와 내장을 제거한 무게의 5배 용량을 사용하였다. 조리용수는 증류수, 2% 소금물, 10% 소금물로 구분하였고, 조리용수가 끓기 시작하면 비늘 및 지느러미와 내장이 제거된 물고기를 넣고 15분간 가열하였다. 조리된 물고기는 깔대기에 거즈를 받치고 고형물과 국물로 구분하였다. 고형물은 다시 可食部(살)와 非可食部(머리와 뼈)로 구분한 다음 drying oven으로 60~65℃에서 48시간 건조 후 막자사발로 분쇄한 것을, 국물은 그대로의 것을, 일정량씩 취하여 습식분해 후 수은함량을 정량하였다.

시료의 酸分解 및 수은定量

실험에 사용된 모든 기구는 10% 질산용액에 담근 후 2차 증류수로 충분히 세척하였다.

분해에 사용된 시료는 Perkin-Elmer 2380의 manual에 따라 다음과 같이 처리하였다. 즉, 균질화된 시료에서 일정량을 정밀하게 취한 후 여기에 물 1ml, 황산 5*ml*와 질산 4*ml*를 가하고 50℃ water bath에서 용액이 투명해질 때까지 흔들어 준 다음 꺼내어 식혔다. 여기에 6% 과망간산칼륨용액 15*ml*를 넣고 하룻밤 상온에 놓아둔 다음 분해액의 색이 투명해질 때까지 20% 염산히드록실아민용액(약 2*ml*)을 첨가하였다. 일정량의 검액을 만들기 위해 5% 질산을 더 가했으며, 검액중 일부를 취하여 원자흡광도를 측정하였다. Flameless atomic absortion spectrophotometer(MHS-10, Perkin-Elmer 2380) 의 측정조건은 다음과 같다.

Light source: Hg hollow cathode lamp, lamp current: 6 mA, wavelength: 253.6nm, slit width: 0.7mm, reductant: sodium borohydride, inert gas: nitrogen.

回收率을 알아보기 위해 일정량의 수은이 오염되어 쌀을 시료로 사용하였다. 분쇄된 쌀 1.00*g*을 정밀히 취하여 습식분해 후 수은을 정량하고, 동일시료에 일정량의 수은(1.00μg Hg)을 함유하는 수용액을 첨가한 다음 습식분해 후 수은을 다시 정량하였다. 이와 같은 방법으로 수은을 정량하였을 때 회수율은 95% 이상이었다.

결과 및 고찰

쌀의 水洗에 따른 수은함량의 변화

신촌시장에서 구입한 쌀의 수은함량을 측정한 결과 흔적량(<0.005*ppm*)만이 검출되었기에 수세나 취반과정중 수은의 消失과정을 알아보기에는 부적합한 것으로 생각되었다. 따라서 구입한 쌀에 약 1*ppm* 수준이 되도록 수은을 인위적으로 오염시켰다.

오염된 쌀을 실온의 물에서 수세한 다음 쌀중 수은의 殘留量 및 除去率을 분석한 결과는 표1과 같다.

수세과정에 의한 수은의 除去効率을 보면 1회 수세로 오염된 수은의 11%가 제거되었고, 2회수세 후에 16%, 3회수세 후에 24%, 4회수세 후에 31%가 제거되었다. 쌀의 수세과정에서는 표면층에 오염된 수은만이 제거되는 것으로 생각되며 내부에 침투된 수은은 여러차례에 걸친 수세에 의해서도 제거되지 않는 것으로 나타났다.

쌀의 炊飯에 따른 수은함량의 변화

쌀을 취반하는 과정에서는 100℃이상의 고온과 수증기 발생이라고 하는 조건이 주어진다. 따라서 취반과정중 쌀에 오염된 수은이 어느정도 제거되는지에 대한 문제는 식품의 소비단계에서 큰 관심사가 될 수 있다.

Table 1. Effect of water washings on the removal of Hg residues from rice grains

(Unit: air-dry basis)

Treatment	Hg concn* (*ppm*)	Removal efficiency** (%)
Before washing	1.037±1.051	—
After 1st washing	0.927±0.055	11
After 2nd washing	0.877±0.068	16
After 3rd washing	0.793±0.055	24
After 4th washing	0.713±0.073	31

* Mean±S.D. of triplicate runs

** Removal efficiency(%) = $(1-\frac{\text{residue level after washing, ppm}}{\text{residue level before washing, ppm}})\times 100$

본 실험에 사용한 오염된 쌀을 3회수세 후 전기밥솥과 압력밥솥을 이용하여 취반후 잔류하는 수은함량을 분석한 결과는 표2와 같다.

전기밥솥으로 취반한 밥중의 수은농도는 0.373*ppm*이고, 압력밥솥의 경우는 0.377 *ppm*으로 서로간의 유의적 차이는 없었다. 그리고 취반된 밥의 수은농도를 풍건물 기준으로 환산한 후의 수은 함량과 취반전 쌀(3회 수세한 쌀)에 존재하는 수은함량과도 역시 유의적 차이를 보이지 않았다. 따라서 수은의 화학형태가 H_gO인 경우 본실험에서 사용된 炊飯條件하에서는 수은의 除去효과를 기대할 수 없었다.

콩나물의 部位別 수은함량의 분포

서울시내의 몇개 시장에서 구입한 콩나물의 수은함량을 측정한 결과 0.005 *ppm*수준의 흔적량만이 검출되었기에 인위적으로 콩나물 재배중에 수은을 오염시키게 되었다.

수도물을 주어 기른 대조군 콩나물의 경우 수은이 검출되지 않았다. 이는 최근(1986) 정등[8]이 지하수로 재배한 콩나물의 경우 잔류허용치의 5배 이상(0.52 *ppm*)이나 검출되어 음료수의 오염을 우려한 것과는 달리 정상적인 방법으로 콩나물을 재배할 때에는 수은의 오염을 크게 우려할 바가 아닌 것으로 나타났다.

5*ppm*의 수은용액으로 재배한 콩나물은 표3과 같이 수은의 생물농축(bioaccumulation)에 의해 전체 콩나물에서 82*ppm*의 값을 보이고 있으며 부위별로 서로 다른 농축현상을 보이고 있다. 즉, 2차뿌리가 가장 높게 농축이 되어있고 콩껍질, 자엽, 1차뿌리의 순서임을 알 수 있다. 그런데 李[9]의 연구에 의하면 40*ppm*농도의 H_gCl_2로 기른 콩나물의 부위별 수은농도가 2차뿌리에 1.0ppm, 1차뿌리에 0.76*ppm*, 자엽에 0.72*ppm*으로 나타났다고 하였다. 따라서 본 실험과는 농축정도 및 부위별 농축상태에 있어 다른 경향을 보였는데 이는 수은의 오염조건 및 콩나물의 발육상태가 다르기 때문이 아닌가 생각된다.

수은의 농축에 따른 콩나물의 부위별 농도비는 콩껍질 : 자엽 : 1차뿌리 : 2차뿌리에 대하여 23 : 10 : 3 : 64로 나타낼 수 있으나 부위별 무게비를 감안한 수은의 총량 비율은 11 : 19 : 20 : 50로 나타났다. 결국 콩나물을 조리할 때는 수세과정중 콩껍질의 대부분이 폐기되므로 오염된 총수은의 11%는 콩껍질로 제거되는 셈이다.

콩나물의 水洗에 따른 수은함량의 변화

汚染된 콩나물의 수세에 따른 수은함량의 변화를 보면 표4와 같다. 수세과정에 따른 수은의 除去効率은 1

Table 2. Residue level of Hg in rice cooking (Unit: ppm)

Sample	Hg concn	Electric rice cooker	Pressure rice cooker
Cooked rice	as-is basis	0.373 ± 0.021^{NS}	0.377 ± 0.031^{NS}
	air-dry basis	0.803 ± 0.041^{NS}	0.798 ± 0.049^{NS}
Washed rice	air-dry basis	0.793 ± 0.055^{NS}	0.773 ± 0.055^{NS}

NS: not significantly different between washed and cooked rices and between electric and pressure cookers at $\alpha = 0.05$ by t-test. Values are mean ± S.D. of triplicate runs

Table 3. Hg concentration in different parts of contaminated soybean sprouts (Unit: fresh weight basis)

Part of soybean sprout	Hg concn* (*ppm*)	Weight ratio (%)	Total Hg ratio(%)
Seed coat	169±9	5.1	11
Cotyledon	70±10	21.8	19
Primary root	25±2	64.3	20
Secondary root	462±82	8.8	50
Whole sprout	82±4	100.0	100

* Mean ± S.D. of triplicate runs

Table 4. Effect of water washings on the removal of Hg residues from soybean sprouts

(Unit: fresh-weight basis)

Treatment	Hg concn (ppm)*	Removal efficiency(%)**
Before washing	81.9±4.1	—
After 1st washing	69.1±3.7	16
After 3rd washing	60.3±3.5	26

* Mean±S.D. of triplicate runs

** Removel efficiency(%)=$\left(1-\frac{\text{residue level after washing, ppm}}{\text{residue level before washing, ppm}}\right)\times 100$

회수세로 오염된 수은의 16%가 제거되었고, 3회수세로 26%가 제거되었다. 따라서 3회수세후 殘留하는 수은은 74%로 대부분의 수은은 콩나물에 그대로 잔류되는 것으로 생각된다.

정등[8]의 연구에서는 市販 콩나물에서 잔류허용치의 13배인 1.32*ppm*의 수은이, 지하수로 재배한 콩나물에서는 5배인 0.52*ppm*의 수은이 나타났고 이들을 수세하였을 때 수은의 제거효과가 60%이상인 것으로 나타났다. 그러나 본 연구에서는 3회 수세시 26%의 수은만이 제거되었다. 이러한 차이는 수은의 오염상태 또는 분석 방법이 다르기 때문이 아닌가 생각된다.

콩나물의 調理방법에 따른 수은함량의 변화

콩나물에 대한 조리용수의 용량 및 가열시간을 각각 달리한 것은 국끓이기와 데치기의 실제적인 조리형태를 고려한 때문이다. 오염된 콩나물을 3회 수세후 콩나물 중량에 대해 7배 용량의 증류수와 2% 소금물로 가열조리한 것과 3배의 1% 소금물로 가열 조리한 것의 수은농도는 표5와 같다.

조리조건에 따라 고형물과 국물에 분별, 잔류하는 수은의 농도는 달라졌으나 전체 수은의 함량은 조리전과 조리후의 시료간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 즉 7배의 증류수로 20분간 가열한 경우 콩나물 전체에 잔류하던 수은중 41%가, 2% 소금물의 경우는 34%가 국물로 용출되었으며 3배의 1% 소금물로 10분간 가열한 경우에는 23%의 수은이 국물로 용출되었다.

이상의 결과, 콩나물에 존재하는 수은은 가열조리중 蒸氣로 제거되지 않고 국물로 溶出되며 용출되는 수은의 량은 調理用水의 소금농도, 용량, 가열시간에 따라 다르게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 오염된 콩나물을 조리한 후에 고형물과 국물을 함께 섭취하는 경우에는 전체수은의 섭취량 변화는 일어나지 않을 것이며 한편 국물을 버리고 고형물만을 이용하는 경우에는 국물에 용출되어 나온 것만큼 汚染된 수은이 除去될 수 있을 것이다.

물고기의 部位別 수은함량의 분포

남대문시장에서 구입한 붕어의 수은함량을 분석한 결과 표6에서와 같이 0.05*ppm* 내외로 그 함량이 적었고 더우기 그 값의 편차가 심하여 이들 시료를 사용하여 물고기의 조리과정에 따른 수은함량의 변화를 알아

Table 5. Effect of boiling on the Hg concentration of soybean sprouts under different conditions

(Unit: *ppm* on as-is basis)

Treatment	Drained residue	Fluid	Combined
Boiling in H_2O for 20 min. at sprout:water=1:7	38±4[a] (59%)	3.8±0.4[a] (41%)	8.2±0.7[a] (100%)
Boiling in 2% saline for 20 min. at sprout:water=1:7	45±2[b] (66%)	3.2±0.2[b] (34%)	8.4±0.1[a] (100%)
Boiling in 1% saline for 10 min. at sprout:water=1:3	52±3[c] (77%)	6.1±0.3[c] (23%)	18.8±0.7[a] (100%)

* Values are mean±S.D. of triplicate runs. Values not followed by the same letter in the same column are significantly different at = 0.05 by t-test. Figures in parentheses are % ratio of total Hg in different parts.

** Sprout before boiling weighed 90±2 g/ run and contained 60±4 ppm of Hg.

Table 6. Distribution of Hg in different parts of fish (crucian carp)

(Unit; ppm on air-dry basis)

Part of fish	Hg concn (ppm)*		Weight ratio (%)	Total Hg ratio in contaminated (%)
	Non-contaminated	Contaminated		
Jowl	0.032±0.031	18.19±2.20	27	58
Bone	0.044±0.049	1.53±0.33	17	4
Flesh	0.077±0.057	1.26±0.41	25	4
Viscera	0.046±0.057	20.59±5.30	12	27
Scales & fins	0.031±0.024	3.16±0.89	19	7
Whole	0.046±0.038	8.22±1.00	100	100

* Mean±S.D. of five separate experiments

보기에는 부적합한 것으로 생각되었다. 따라서 본 실험에서는 구입한 물고기에 수은을 생육조건하에서 인위적으로 오염시켰으며 부위별 수은함량은 표6과 같다. 오염시킨 물고기의 부위별 수은농도(풍건물기준)를 보면 내장이 가장 높게 나타나 내장>머리>비늘 및 지느러미>뼈>살의 순으로 나타났으나 물고기의 부위별 무게를 고려한 총 함량으로는 머리>내장>비늘 및 지느러미>뼈>살의 순서로 나타났다.

물고기의 調理방법에 따른 수은함량의 변화

수은으로 汚染시킨 물고기(붕어)에서 비늘, 지느러미와 내장을 제거하고 調理用水를 달리하여 가열조리한 후 고형물과 국물로 분리하였으며 고형물을 다시 可食部(살)와 非可食部(머리, 뼈)로 나누어 수은함량을 분석한 결과는 표7과 같다.

여기에서 볼 수 있는 바와 같이 세가지 部位 전체에 존재하는 수은함량은 조리전의 물고기에서와 같이 1.5 ppm수준을 유지하였으며 조리용수에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. 따라서 調理과정에 의한 수은의 除去효과는 기대할 수 없었다.

그러나 魚體에 존재하는 수은은 조리과정중 일부가 국물로 溶出되며 조리용수의 소금농도가 높아질수록 그 溶出率이 떨어지는 경향을 나타났다. 이때 可食고형물에서는 소금농도가 높아짐에 따라 수은농도가 증가한 반면 非可食 고형물에서는 조리용수에 따라 수은함량에 차이가 나타나지 않았다. 이러한 현상은 可食部인 근육중의 수은이 국물에 쉽게 溶出되는 반면 머리, 뼈와 같은 非可食部에 함유된 수은은 용출되지 아

Table 7. Effect of boiling on the Hg concentration of fish under different conditions

(Unit: *ppm* on as-is basis)

Treatment	Drained residue		Fluid	Combined
	Edible portion	Inedible portion		
Boiling in H_2O for 15 min. at fish:water=1:5	0.89±0.03^a (65%)	2.62±0.47^a (25%)	0.039±0.004^a (10%)	1.50±0.14^a (100%)
Boiling in 2% saline for 15 min. at fish:water=1:5	1.35±0.20^b (61%)	2.59±0.22^a (36%)	0.013±0.003^b (3%)	1.62±0.15^a (100%)
Boiling in 10% saline for 15 min. at fish:water=1:5	1.22±0.25^b (63%)	2.57±0.13^a (36%)	0.006±0.001^c (2%)	1.47±0.08^a (100%)

* Values are mean±S.D. of 5 separate runs. Values not followed by the same letter in the same column are significantly different at α = 0.05 by t-test. Figures in parentheses are % ratio of total Hg in different parts

** Fish body from which viscera, scales and fins were removed contained 1.52±0.10 ppm of Hg before cooking. Drained residue after cooking was separated into edible portion (flesh) and inedible portion (jowl & bone)

니하고 그대로 殘留하기 때문이 아닌가 생각된다.

생선의 조리과정에서 非可食 고형물, 可食 고형물, 국물로 分配되는 총수은량의 비율은 평균적으로 보아 63 : 32 : 5로 나타났다. 따라서 생선을 가열조리한 후 非可食部인 머리와 뼈를 버리는 경우에는 汚染된 수은의 32%가 除去될 수 있다고 판단된다.

이상과 같은 결과는 수은의 汚染源으로서 무기수은인 H_gO를 사용할 때 얻어질 수 있었다. 그러나 수은의 오염원을 유기수은이나 다른 무기수은으로 사용할 경우 그 결과가 달라질 수 있을 것이다. 예컨데 수은의 오염원이 승화성을 지닌 금속수은일 경우 가열조리에 의한 제거효과를 기대할 수도 있으리라 생각된다.

요 약

식품에 수은이 汚染되었을 경우 水洗 및 調理중 수은함량에 어떠한 변화가 일어나는가를 알아보기 위해 수은 오염이 우려되는 쌀, 콩나물, 물고기가 사용되었으며 수은의 검출은 無炎火 원자흡광법에 의해 측정되었다.

수은을 인위적으로 1ppm수준으로 오염시킨 쌀을 3회 수세시 전체 수은량의 24%가, 4회 수세시 31%가 감소되었으나 炊飯에 의해서는 유의적인 함량변화를 보이지 않았다. 수은 80ppm으로 오염된 콩나물을 3회 수세한 경우 수은잔류량의 약 26%가 감소하였으나 가열조리에 의해서는 전체 수은량의 감소가 없었다. 콩나물의 가열조리시 수은은 고형물에서 국물로 溶出되었으며 용출량은 가열시간, 소금농도와 첨가하는 물의 양에 따라 23-41%의 범위에서 다르게 나타났다. 수은 1*ppm*으로 오염된 물고기의 가열조리시 전체 수은량의 감소는 없었으나 이때 수은은 고형물에서 국물로 용출되었으며 용출량은 調理用水의 소금농도에 의해 2-10%의 범위에서 달리 나타났다. 물고기를 조리후 非可食部를 버리는 경우 汚染된 수은의 32%가 제거되었다.

감사의 말

본 연구는 한국과학재단 1986-87년도 기초연구비(일반연구)에 의하여 이루어졌으며 "유독성 중금속의 흡수억제 및 제독에 관한 연구" 제1보로 한다.

문 헌

1. Irukayama, K: in *Safety of Foods*, 2nd ed., Graham, H.D.(ed.), AVI Pub. Co., Westport, Conn. (1980)
2. Takizawa, Y.: *Acta Med. Biol.*, 17, 293(1970)
3. 보건사회부 : 식품등의 규격 및 기준(1986)
4. Egan, H. and Hubbard, A.W.: *British Medical Bulletin*, 31(3), 201(1975)
5. 김영희, 박영선 : 한국영양식량학회지, 15(2), 144(1986)
6. 박영선, 김영희 : 한국영양식량학회지, 15(2), 148(1986)
7. 김영희, 임영숙 : 한국영양식량학회지, 13, 359(1984)
8. 정준용, 박정덕, 정규철 : 대한예방의학회지, 19(2), 307(1986)
9. 이주원 : 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문 (1980)

(1987년 8월 17일 접수)