J. Fd Hyg. Safety 20(4), 205–210 (2005)

통영연근해역 양식산 및 자연산 어류 중의 미량금속 함량 및 안전성 평가

최종덕 · 정인권†

경상대학교 해양생물이용학부/해양산업연구소

Trace Metal Contents in Cultured and Wild Fishes from the Coastal Area of Tongyeoung, Korea and their Safety Evaluations

Jong-Duck Choi and In-geon Jeoung†

Division of Marine Bioscience/Institute of Marine Industry, Gyeongsang national University, Tongyeong 650-160, Korea

(Received August 4, 2005; Accepted November 29, 2005)

ABSTRACT – The content of the trace metals in the cultured and wild fishes were determined. The tested fishes were genuin porgy (*Pagrus major*) and black porgy (*Acanthopogrus schlegeli*). The samples of the cultured and wild fishes were collected from slices of raw fish in shops, during 2003 to 2004. The samples were digested with acids, then analyzed by ICP (inductively Coupled Plasma Spectrometer) and AAS (Automic Absorption Spectrometer) for the content of lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn). The content of mercury (Hg) was determined using mercury analyzer. The mean contents of trace metals in cultured and wild fish was 0.031, 0.047mg/kg for total-mercury, 0.321, 0.407 for Pb, 0.048, 0.063 for Cd, 1.006, 1.132 for As, 0.467, 0.806 for Cu, 0.233, 0.293 for Cr, 9.69, 12.20 for Zn, 0.798, 0.624 mg/kg for Mn, respectively. The content of all the trace metals except manganese in wild fish was more than that in cultured fish. The highest level of total-mercury, lead, cadmium, zinc, chromium and arsenic in the samples analyzed were all below the quarantine limit of Korean regulation and guideline established by the U.S. Food and Drug Administration for human consumption. The level of the trace metals in the samples was negligible, which could be endogenous. Our data obtained in this study showed that the average weekly intakes of lead, cadmium and mercury from cultured and wild fishes takes about 6~13 % of PTWI(Provisional Tolerance Weekley Intakes) that FAO/WHO Joint Food Additive and Contaminants Committee has set to evaluate their safeties.

Key words: trace metals, cultured fish, wild fish, safety evaluation

최근 산업의 발달로 각종 공해가 발생하고 산업폐수 및 생활하수가 하천 및 연안으로 유입되어 연안해수의 오염이 가증되고 있다. 이러한 연안해수의 오염은 어패류에 의하여 축적되고 이들이 우리의 식생활로 연결되어 결국 중금속이나 내분비 교란물질, 잔류농약 등 오염물질을 섭취함으로써 건강에 악영향을 가져오게 된다[1]. 생활수준의 향상과 식품공업의 발달에 힘입어 우리의 식생활은 양적인 패턴에서 질적인 소비패턴으로 변화를 가져오게 되었으며, 영양학적으로도 우수하고, 건강상 위해가 없는 웰빙식품에 많은 관심이 집중되고 있다. 이러한 측면에서 최근 식품 중에 함유되어 있는 미량의 중금속 오염여부가 안전한 식품을 소비자에게 공급해야 한다는 관점에서 사회적인 문제로 대두되고 있다. Horada[2]와 Bakir *et al.*[3]이 먹이 연쇄를 통하여 사람에게 중금속의 중독 현상이 밝혀짐에 따라 국내에서도 Kim and Ryang[4], Rhu *et al.*[5]이 토양에서, Chung et *al.*[6]이 채소류에서, Ha *et al.*[7], Kim and Han[8], Choi *et al.*[9], Sheo *et al.*[10], Sho *et al.*[11], Choi *et al.*[13]이 해산물에서 중금속 함량에 대한 다수의 보고가 있다.

지금까지 우리나라에서 어패류의 중금속 오염실태에 관한 조사 보고는 다수 있으나 위생 안전성 측면에서 조사는 대부분 시중에 유통되고 있는 것에 대한 결과로서 실제 정확한 생산해역은 파악되지 못하고 있는 실정이다[11~13]. 또한 우리나라 남해안에 서식하는 어패류의 중금속 함량에 관하여 다수의 연구가 있었으나[14~17] 어류의 각 부위별과 자연산 및 양식산을 구별하여 중금속 오염실태에 대하여서는 찾아보기 힘들다.

따라서 본 연구자들은 어류의 중금속 오염 문제가 우려되는 시점에서 중금속 오염의 실태를 파악하여 연안산 수산물

†Author to whom correspondence should be addressed.

의 식품위생학적 안전성 확보를 위한 자료를 제공하기 위하여, 양식어류생산해역이 산재하고 있는 통영 인근 연안에 서식하고 있는 양식산과 자연산 어류의 부위별로 미량금속 농도를 조사하였다.

재료 및 방법

시료채취

실험에 사용된 시료 중 어류는 횟집에서 가장 많이 사용되는 참돔과 감성돔을 중심으로 2003년 3월부터 2004년 2월까지 통영 인근 횟집에서 유통되고 있는 것을 자연산과 양식산으로 구별하여 월 2회씩 약 10개체 이상에서 수집하였다. 수집방법은 즉살 후 배 안쪽의 내용물과 껍질을 취하여 부위별로 구분하고, 부위별로 정리된 시료는 스틸로폼 용기에 담아 얼음을 채워 10°C 이하로 유지하여 실험실로 운반한 후, 육질외부를 Mili-Q 탈이온수로 잘 씻은 다음, 즉시 동결 보존하여 두고 실험에 사용하였다.

시료조제 및 미량금속 정량

어류의 부위별 미량금속 분석시에는 어류의 각 부위별로 중량을 측정하고 homogenizer로 30초간 균질화하여 분석에 사용하였다.

미량금속 분석을 위한 시료는 산 용액에 침지한 conical beaker로 균질화한 시료 약 20~30 g을 취하고 진한 질산 50 mL를 가한 다음 하룻밤 방치하였다. 그리고 가열판에서 반응액이 미황색이 될 때까지 가열한 후 산을 증발시키고 0.5 N 질산용액 20 mL로 재추출한 후 여과한 다음 탈이온수로 100 mL로 정용하여 분석용 시험용액으로 하였다. 이 실험에 사용한 질산은 Super-Pure(Merck, Germany)이었다. 미량금속 함량의 분석은 수은의 경우는 Gold-amalgam법에 의하여 직접 측정하였고, 납은 Automic absorbance analyzer로, 카드뮴, 비소, 구리, 크롬, 아연, 망간은 Inductively coupled Plasma(ICP, Autumscan 25. Thermo Jarrell Ash. USA)를 사용하여 각각 측정하였다. 이 때 본 시험의 분석 정밀도는 National Research Council of Canada의 Certified Reference Material (DOLT-2)과 미량금속 표준용액을 첨가한 어류 시료를 위에서 기술한 것과 같이 처리 분석하여 90% 이상의 회수율을 확인하였다.

결과 및 고찰

양식산 어류의 부위별 미량금속 함량

어류의 쓸개, 내장, 비장, 위, 간, 껍질 속의 미량금속 함량은 Table 1과 같다.

양식산 어류의 부위별 중금속의 함량은 쓸개에서 수은(Hg)이 0.061, 납(Pb) 0.022, 카드뮴(Cd) 0.047, 비소(As) 1.337 mg/kg, 구리(Cu) 0.381 mg/kg, 크롬(Cr) 0.130, 아연 0.460 mg/kg이, 내장에서 Hg가 0.006, Pb 0.022, Cd 0.041, As 0.909, Cu 0.232, Cr 0.115, Zn 8.002, Mn 0.505 mg/kg, 비장에서 Hg가 0.031, Pb 0.595, Cd 0.064, As 1.133, Cu 0.825, Cr 0.175, Zn 17.27, Mn 0.643 mg/kg, 위에서 Hg가 0.025, Pb 0.220, Cd 0.042, As 0.700, Cu 0.443,

Table 1. The contents of trace metals in cultured fish's each portion

	Heavy metals (mg/kg)							
	Hg	Pb	Cd	As	Cu	Cr	Zn	Mn
Spleen	0.061 (ND*~0.113)	0.245 (ND~1.254)	0.047 (ND1~0.065)	1.337 (0.567~1.958)	0.381 (ND~1.143)	0.130 (0.052~0.307)	11.07 (3.481~30.30)	0.460 (0.224~0.906)
Intestine	0.006 (ND~0.010)	0.022 (ND~0.031)	0.041 (00.20~0.042)	0.909 (0.600~1.218)	0.232 (ND~0.464)	0.115 (0.103~0.028)	8.002 (4.114~9.890)	0.505 (0.218~0.792)
Eggshell	0.031 (ND~0.043)	0.595 (ND~0.817)	0.064 (0.040~0.118)	1.133 (0.600~5.666)	0.825 (ND~1.649)	0.175 (0.128~0.223)	17.27 (4.114~38.32)	0.643 (0.218~1.067)
Stomach	0.025 (ND~0.037)	0.220 (ND~0.440)	0.042 (ND2~0.057)	0.700 0.653~0.748	0.443 (0.264~0.622)	0.260 (0.186~0.334)	9.242 (6.648~11.84)	0.869 (0.322~1.416)
Liver	0.042 (0.026~0.054)	0.533 (0.321~0.745)	0.051 (0.032~0.064)	1.546 (0.562~1.847)	0.581 (0.425~0.725)	0.256 (0.187~0.345)	12.56 (5.428~17.47)	2.310 (1.049~3.056)
Skin	0.021 (0.012~0.042)	0.308 (0.272~0.527)	0.042 (0.037~0.068)	0.409 (0.375~1.746)	0.341 (0.246~0.445)	0.462 (0.272~0.642)	0.018 (ND~0.422)	0.001 (ND~0.003)
Total	0.031 (ND~0.113)	0.321 (ND~1.254)	0.048 (ND~0.118)	1.006 (0.375~5.666)	0.467 (ND~1.649)	0.233 (0.052~0.642)	9.690 (ND~38.32)	0.798 (ND~3.056)

[1] The value are means(min~max)
[2] ND ; Not detect

Cr 0.260, Zn 9.242, Mn 0.869 mg/kg, 간에서는 Hg가 0.042, Pb 0.533, Cd 0.051, As 1.546, Cu 0.581, Cr 0.256, Zn 12.56, Mn 2.310 mg/kg, 껍질에서 Hg가 0.021, Pb 0.308, Cd 0.042, As 0.409, Cu 0.341, Cr 0.462, Zn 0.018, Mn 0.001 mg/kg이 검출되었다.

미량금속별로는 Hg는 비장, Pb는 비장, Cd는 비장, As는 간, Cu는 비장, Cr은 껍질, Zn은 간, Mn은 간에서 높게 나타났다. 양식산 어류의 금속별 평균값은 Hg가 0.031, Pb 0.321, Cd가 0.048, As가 1.006, Cu가 0.467, Cr이 0.233, Zn 9.690, Mn 2.708 mg/kg으로 분석되었다. 이들의 결과는 우리나라 식품공전과 일본 및 미국 FDA 기준값을 초과하지 않는 것으로 나타났다[18~21].

자연산 어류의 부위별 미량금속 함량

자연산 어류의 부위별 미량금속의 함량은 Table 2와 같다. 자연산 어류의 부위별 미량금속의 함량은 쓸개에서 수은(Hg)이 0.021, 납(Pb) 0.110, 카드뮴(Cd) 0.030, 비소(As) 1.251 mg/kg, 구리(Cu) 1.179 mg/kg, 크롬(Cr) 0.148, 아연 0.315 mg/kg이, 내장에서 Hg가 0.038, Pb 0.352, Cd 0.036, As 1.257, Cu 0.268, Cr 0.154, Zn 10.05, Mn 0.500 mg/kg, 비장에서 Hg가 0.136, Pb 1.015, Cd 0.128, As 1.076, Cu 1.658, Cr 0.412, Zn 21.44, Mn 1.179 mg/kg, 위에서 Hg가 0.045 Pb 0.482, Cd 0.063, As 1.370, Cu 0.562, Cr 0.300, Zn 14.89, Mn 0.472 mg/kg, 간에서는 Hg가 0.019, Pb 0.449, Cd 0.114, As 1.145, Cu 1.149, Cr 0.203, Zn 13.05, Mn 0.948 mg/kg, 껍질에서 Hg가 0.022, Pb 0.032, Cd 0.008, As 0.677, Cu 0.021, Cr 0.542, Zn 5.374, Mn 0.32 9mg/kg이 검출되었다.

미량금속별로는 Hg, Pb, Cd, Cu, Zn 및 Mn은 비장에서, As는 위에서, Cu는 쓸개와 간에서 높게 나타났다. 자연산 어류의 금속별 평균값은 Hg가 0.047, Pb 0.407, Cd 0.063, As 1.132, Cu 0.806, Zn 12.20, Mn이 0.624 mg/kg으로 분석되었다. 이들의 결과도 기준치 이내에 있는 것으로 나타났다.

양식산 자연산 어류의 미량금속 함량 비교

통영연근 해역의 양식산과 자연산 어류의 미량금속 함량 평균값의 비교는 Fig. 1과 같다. 수은은 양식산이 0.031, 자연산이 0.047, 납은 0.321, 0.407, 카드뮴은 0.048, 0.063, 비소는 1.006, 1.132, 구리는 0.467, 0.806, 크롬은 0.233. 0.293, 아연은 9.69, 12.20, 망간은 0.798, 0.624 mg/kg으로 각각 분석되었다.

미량금속의 함량은 일반적으로 자연산이 양식산에 비하여 높게 나타났다. 양식산이 자연산보다 미량금속이 높은 이유는 정확하게 알 수 없었으며, 서식환경과 관련이 있을 것으로 추측하였다. 이들 어류들도 우리나라의 총 수은은 규제치인 0.5 mg/kg보다 훨씬 낮았고, 미국에서는 1메틸수은으로 1.0 mg/kg, 일본에서는 총수은으로 0.4 mg/kg으로 설정하고 있으나 대부분의 국가에서는 규제하고 있지 않고 있는 실정이다. 양식산 및 자연산 어류의 납 함량은 0.321 및 0.407로 다른 나라에서 조사된 결과와 뚜렷한 차이는 없었다[22~24]. 양식산 및 자연산 어류 중의 카드뮴 함량은 0.048 및 0.063

Table 2. The contents of trace metals in wild fish's each portion

Sample	heavy metals(mg/kg)							
	Hg	Pb	Cd	As	Cu	Cr	Zn	Mn
Spleen	0.021 (ND~0.045)	0.110 (ND~0.220)	0.030 (ND~0.601)	1.251 (1.098~1.903)	1.179 (0.927~2.030)	0.148 (0.097~0.200)	8.367 (8.158~8.576)	0.315 (0.256~0.375)
Intestine	0.038 (ND~0.077)	0.352 (ND~0.384)	0.036 (ND~0.084)	1.275 (0.834~1.959)	0.268 (ND~0.556)	0.154 (0.080~0.273)	10.05 (5.188~16.42)	0.500 (0.211~1.251)
Eggshell	0.136 (ND~0.154)	1.015 (0.045~1.224)	0.128 (0.045~0.245)	1.076 (0.645~1.452)	1.658 (1.247~2.487)	0.412 (0.225~0.568)	21.44 (10.42~28.27)	1.179 (0.648~1.486)
Stomach	0.045 (ND~0.074)	0.482 (0.018~1.290)	0.063 0.019~0.127	1.370 (0.363~2.896)	0.562 ND~1.490	0.300 (ND~0.589)	14.89 (5.868~32.43)	0.472 (0.210~0.763)
Liver	0.019 (ND~0.075)	0.449 (ND~0.787)	0.114 0.15~0.261	1.145 (0.513~2.282)	1.149 0.826~3.562	0.203 (0.059~0.462)	13.05 (4.332~22.84)	0.948 (0.452~1.321)
Skin	0.022 (ND~0.043)	0.032 (0.012~0.057)	0.008 (ND~0.010	0.677 (0.224~0.875)	0.021 (ND~0.043)	0.542 (0.248~0.958)	5.374 (3.221~8.257)	0.329 (0.242~0.531)
Total	0.047 (ND~0.154)	0.407 (ND~1.290)	0.063 (ND~0.245)	1.132 (0.224~2.896)	0.806 (ND~3.562)	0.293 (ND~0.958)	12.20 (3.221~32.43)	0.624 (0.210~1.486)

[1] The value are means(min~max)
[2] ND ; Not detect

mg/kg으로 일본의 모니터링 결과[25]와 비교하여 볼 때 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 비소 함량은 1.006 및 1.132 mg/kg로 외국의 모니터링 결과 비슷하여 어류에 의한 비소의 섭취는 위해를 줄 정도는 아닌 것으로 판단되었다. 구리의 함량은 0.467 및 0.806 mg/kg로 외국의 모니터링 결과와 큰 차이가 없었으며 자연함량 수준인 것으로 사료되었다. 망간과 아연의 경우도 외국의 경우와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

미량금속 안전성 평가

식품을 통해 섭취되는 미량금속 등 오염물질에 대한 안전성 평가는 실제 식품을 통해 섭취하는 각 미량금속의 주간 섭취량(일주일 동안 식품을 통하여 섭취하는 미량 금속의 양을 잠정주간섭취허용량(PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake)[26]과 비교하여 평가하였다. FAO/WHO 합동 식품첨가물 및 오염물질 전문가 위원회에서는 수은, 납, 카드뮴이 1972년에 식품오염물질로 제기되면서부터 이들 금속이 인체 내에 축적되는 독성 때문에 PTWI를 산출하여 그 오염도를 비교하도록 권장하고 있다.

이 연구에서 안전성 평가는 한국농촌경제연구소 식품수급표[27]의 일일 식품 섭취량 자료를 토대로 우리나라 국민의 미량 금속 섭취량을 각 미량금속의 PTWI와 비교하여 안전성을 평가하였다. 각 금속별 주간섭취량은 FAO/WHO의 PTWI와 비교하여 Fig. 2에 나타내었다.

우리나라 국민의 수은 주간 섭취량은 체중 kg당 양식 및 자연산 어류는 0.30 μg, 0.46 μg이며 이는 PTWI(5 μg/kg b.w/week)의 약 6%와 9.2%에 각각 해당 되었다. 납 주간 섭취량은 체중 kg당 양식산 및 자연산 어류가 3.15 μg 및 3.99 μg으로 PTWI(25 μg/kg b.w/week)의 약 12.6 및 16.0%에 각각 해당되었다. 또한 카드뮴 주간 섭취량은 체중 kg당 양식산 및 자연산 어류에서 0.47 μg, 0.62 μg이며 이는 각각 PTWI(7 μg/kg b.w/week)의 약 6.7, 8.8%를 차지하였다. 비소 주간섭취량은 체중kg당 양식산 및 자연산 어류에서 9.87 μg, 11.1 μg으로 이는 각각 PTWI(15 μg/kg b.w/week)의 약 65.8, 74.0%에 해당한다. 그러나 이 PTWI는 무기비소에 제한된 것으로 실제 우리나라 국민의 무기비소섭취량 비율은 총 비소 섭취량보다 더 낮다. 우리나라 국민이 어류를 통해 일주일에 섭취하는 수은, 납, 카드뮴 등의 함량은 PTWI(UNEF/FAO/WHO, 1992)의 6~13%에 해당되고 있으며, 이는 다른 나라와 비교해 볼 때 안전한 수준으로 판단되었다.

우리나라 국민이 섭취하는 양식산 및 자연산 어류의 구리 주간섭취량은 PTWI(3,500 μg/kg b.w/week)의 약 0.13%, 0.22%를 차지하였으며 아연 주간섭취량은 PTWI(7,000 μg/kg b.w/week)의 1.4%, 1.7%를 차지하고 있다. 망간의 경우는 양식산 및 자연산 어류를 통한 주간섭취량이 각각 약 26.5 μg 및 23.1 μg으로 1989년도 미국 NRC(National Research Council)에서 제시한 안전하고 적절한 망간 섭취범위인 1일 2~5 mg(주간 14~35 mg)과 비교시 각각 약 0.19-0.08%, 0.17-0.07%에 해당된다. 구리, 아연, 망간 등은 우리 체내에서 없어서는 안될 필수 무기질 성분으로서 현재 우리나라 국민의 섭취수준이 적절하거나 오히려 부족한 상태이므로 과잉섭취에 의한 위해(危害)염려는 거의 없는 것으로 사료되었다.

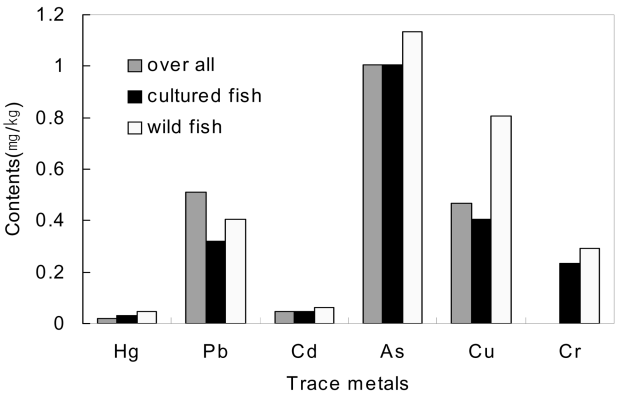

Fig. 1. Comparison of trace metals contents in cultured and wild fish.

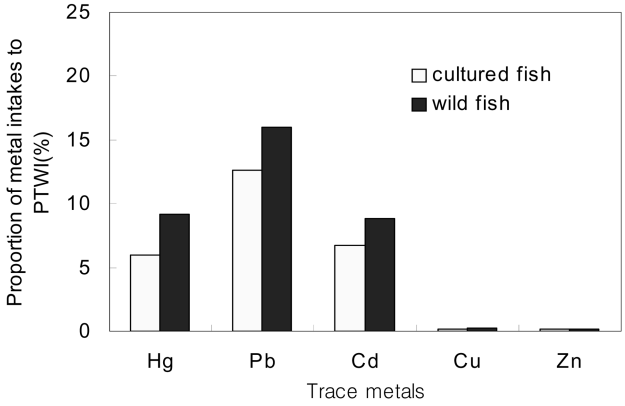

Fig. 2. Proportion of trace metals intakes to provisional tolerable weekley intakes (PTWI).

국문요약

2003년 3월부터 2004년 2월까지 통영 인근 연안에 서식하고 있는 양식산 및 자연산 어류의 부위별 미량금속의 함량을 분석하였다. 수은은 Gold-amalgam법에 의하여 직접 측정하였고, 납, 카드뮴, 비소, 구리, 크롬, 아연, 망간 등은 습식분해 후 ICP 및 AAS로 분석하였다. 미량금속별로는 수은이 양식산에서 0.031, 자연산이 0.047, 납은 0.321, 0.407, 카드뮴은 0.048, 0.063, 비소는 1.006, 1.132, 구리는 0.467, 0.806, 크롬은 0.233, 0.293, 아연은 9.69, 12.20, 망간은 0.798, 0.624 mg/kg으로 각각 분석되었다. 대부분의 미량금속은 망간을 제외하고 자연산이 높은 값을 나타내고 있었다. 부위별로는 수은, 납, 카드뮴, 구리 및 아연 등은 비장에서 높은 함량을 보였고, 비소는 쓸개와 간에서, 크롬은 껍질에서, 망간은 비장과 간에서 높은 함량을 나타내었다. 통영연근해 어류 중의 미량금속 함량은 우리나라의 중금속 허용기준치 및 미국의 중금속 권고치를 초과하지 않았으며 자연함유량 수준인 것으로 판단되었다. 또한 우리나라 국민이 어류를 통하여 섭취하는 납, 수은, 카드뮴 등의 미량금속 주간 섭취량이 FAO/WHO에서 미량금속 안전성 평가를 위하여 제시한 PTWI의 6.0~13.0%로 조사되었다.

참고문헌

1. Classen, C.D. : Heavy metals and heavy metal antagogist. Macimlian Publishing Co. Inc., London, pp. 1615-1637 (1980).
2. Horada, M. : Methyl mercury poisoning due to environmental contamination (minamata deaseas). In Toxicity of heavy metals in the environmental, Marcel Dekker, Inc. New York, Part 1, 261 (1978).
3. Bakir, F., Damlujis, S.F., Amin-Raki L. and Murtadha, M. : Methylmercury posoning in Iraque. Science, 181, 230-241 (1973).
4. Kim, S.J. and Rayang, H.S. : Study on the heavy metals in paddy rice and soils in Janghang semelter. J. Korean Society of soil Science and Fertilizer. 18, 336-337 (1985).
5. Rhu, H.I., Suh, Y.S., Jun, S.H., Lee, M.H., Yu, S.J., Hur S.N. and Kim, S.Y. : A study on the natural contents of heavy metals in paddy soil and brown rice in Korea. The Report of National Institute of Environmental Research., 10, 155-163 (1988).
6. Chung S.Y., Kim, M.H., Sho, Y.S., Won, K.P. and Hong, M.K. : Trace metal contents in vegetable and their safety evaluation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 30(1), 32-36 (2001).
7. Ha G.J., Song, J.Y. and Hah. D.S. : Study on the heavy metal contents in fishes and shellfishs of Gyeongsangnam-Do coastal area- part 1. J. Fd Hyg. Safety, 19(3), 132-139 (2004).
8. Kim, Y.C and Han, S.H. : A study on heavy metal contents of the fresh water fish and the shellfish in Korea. J. Food Hyg. safty, 14, 305-318 (1999).
9. Choi, S.N., Lee, S.U., Chung, K.H. and Ko. W.B. : A study of heavy metals contents of the seaweeds at various area in Korea. Korean J. Food Sci. 14(1), 25-32 (1998).
10. Sheo, H.J., Hong, S.W. and Choi, J.H. : Study on the contents of heavy metals of fisheries products in south coast of Korea. J. Korean Soc. Food Nutr., 22(1), 85-90 (1993).
11. Sho, Y.S., Kim., J.S., Chung, S.Y., Kim, M.H. and Hong, M.K. : Trace metal content in fish and shellfishes and their safety evaluation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 29, 549-554 (2000).
12. Choi, H.G., Park, J.S. and Lee, P.Y. : Study on the heavy metal concentration in mussels and oysters from the Korean coastal water. Bull. korean Fish. Soc., 25, 495-494 (1992).
13. Baik, D.W., Kwon, W.C., Won, K.P., Kim, J.H., Kim, O.H., Sho, Y.S., Kim, Y.,J., Park, K,S., Seong, D.H., Seo, S.C. and Lee, K.J. : Study on the contents of trace elements in food (on the trace element contents of shellfish in Korea coastal waters). Kor. J. Food Hygine, 3, 718 (1998).
14. Hwang, G.C., Kim, S.J., Song. K.C., Wi, C.H., and Park, J.H. : Heavy metal concentration in oyster, *Crassostrea gigas* and blue mussel, *Mytilus edulis* in Hansan-Koje Bay. Bull. Fish Res. Dev. Agency, 37, 201-223 (1986).
15. Hwang, G.C., Song. K.C., Wi, C.H., Park, J.H and Kim, S.J. : Heavy meatal concentration of sea water and shellfish in Charanman-Saryangdo and Mirukdo area. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 48, 217-225 (1993).
16. Hwang, G.C., Song. K.C., Wi, C.H., Park, J.H and Kim, S.J. : Heavy meatal concentration of sea water and shellfish in Kamk Bay. Bull. Fish. Res Dev. Agency, 48, 205-215 (1993).
17. Kim, J.H., Lim, C.W., Kim, P.J. and Park, J.H. : Heavy metals in shellfishes around the south coast of Korea. J. Food Hyg. Safety, 18, 125-132 (2003).
18. Ministry of Health and Welfare (Korea) : 95' National nutrition survey Report (1997).
19. Korea Food and Drug Adminisration : 2000 Food Code, pp.45-46 (2000).
20. U.S. Food and Drug Adminisration : Industry activities staff

booklet, Action levels for poisonous or deleterious substances in human food and animal feed (1998).
21. Food Hyginic Society of Japan : The standards on foods and food additives. J. Food Hyg. Soc. Iapan, 36, 107-199 (1995).
22. Joint UNEF/FAO/WHO : Food contamination monitoring programme. Summary of 1884-1885 Monitoring data. WHO, geneva (1988).
23. National Food Authority (Austrailia) : The 1992 Austrian market basket survey; a total diet survey of pesticides and contamination (1992).
24. Dabeka, R.W. and McKenzie : A.D. : Total diet study of lead and cadmium in food composites; preliminary investigations. J. AOAC Int., 75, 386-394 (1992).
25. Ikebe, K. ,Nishimune, T. and Tanaka, R. : Contents of 17 metal elements in food determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry - Fish and shellfishes J. Jap. soc. Food Hyg., 32, 336-350 (1991).
26. FAO : Summary of evaluations performed by the Joint FAO/ WHO Expert Committee on Food Additives(JECFA). ILSI, geneva (1994).
27. Korea Rural Economic Institute. : Food balance sheet. (2001).