J. Fd Hyg. Safety 13(3), 201 - 205(1998)

서해안 지역 수산물의 비소함량에 관한 연구

김애정 · 김선여*† · 이완주* · 박미정**
*충남 혜전대학 식품영양과, *농촌진흥청 농업과학기술원, **국립보건원 독성연구소*

Contents of Arsenic in Some Fisheries Caught in Western Coast

Ae-Jung Kim, Sun Yeou Kim*†, Won-Chu Lee* and Mijung Park**
Department of Food & Nutrition, Hyejeon College, Chung-nam 350-800, Korea
**Department of sericulture & Entomology, NIAST, R. D. A., Suwon 441-100, Korea*
***National Institute of Toxicological Research, Seoul 122-020, Korea*

ABSTRACT— In Korea, a small proportion of fishery products are contaminated with a considerable amount of potentially hazardous contaminants. So, there is generally a high risks to consumers. Inorganic contaminants with the greatest potential for toxicity are Sb, As, Cd, Pb, Hg, Se and the Sulfides. As appears to be much more variable than the others. This study was performed to assess the levels of the As in fisheries caught from the waters of the western coast of Korea. The samples included 26 kinds of fishes, 18 kinds of Mollusca, 3 kinds of Crustacea and 7 kinds of salted fishes. The Moisture content of molluscans was significantly higher than that of others ($p<0.05$). And the As contents of crustaceans were significantly higher than those of fishes, molluscans and salted fishes ($p<0.05$). The As content of Turban shell was 51.62 ppm, which was the highest among the samples. Also, the As contents of eel, cuttle fish and blue crab were found to be higher than in other fisheries. This variability offers a solution for the reduction of exposure to As through restricting the harvest of aquatic organism from the western coast of Korea.

Key words □ Inorganic contaminants, Molluscans, Crustacenasn

무기화합물 중에는 미량으로도 유해수준에 이르는 것이 많다. 특히 비소는 예로부터 궁중의 사약으로 사용될 정도로 유명한 독성물질로 단독금속 그 자체로는 유독하지 않지만 화합물이 되면 맹독성을 발휘한다. 대부분의 비소화합물이 수용성이기 때문에 비소에 의한 수질오염에 관해서는 보고된 바가 많다.[1] 비소는 자연계에 널리 분포하며 많은 식품에 미량의 비소가 함유되어 있다. 곡류, 야채, 육류에는 0.01~1.0 ppm 정도 존재한다. 특히 수산물에는 그 함량이 높은 것으로 알려져 있는데 어패류의 경우 0.2~18 ppm, 해조류의 경우 10~60 ppm으로 비교적 많은 양의 비소가 함유되어 있다.[2]

인간의 1일 비소섭취량은 지역, 식습관, 수질환경 등에 의해서 변동된다. 보통 산업폐기물에 의한 노출되지 않은 경우 인간이 하루에 섭취하는 비소의 양은 0.1~0.4 g 정도이다. 일본인의 1일 평균 비소섭취량은 수산물을 많이 섭취하는 식습관으로 인하여 하루에 100~400 μg에 이르는 것으로 알려져 있다. 또한 식수의 경우 비소함량이 1 μg/*l*보다 적게 존재해야 하는데 일본의 경우는 1.7 mg/*l* 존재하는 것으로 알려져 있다.[3] 식품위생법에서 식품일반에 존재하는 비소의 기준량은 고체식품 및 조미료의 경우 1.5 ppm, 액체식품은 0.3 ppm으로 설정되어 있다.[4] 이러한 기준은 천연에 존재하는 양은 제외한 것으로 가공식품의 제조 과정에 비소오염을 방지하기 위한 규제기준이다. 따라서 식품에 존재하는 미량의 비소오염 기준량은 1~3 ppm 수준에서 설정되어야 한다.

비소를 경구적으로 섭취하게 되면 장관에서 흡수되는데 체내에 들어가면 SH기를 가진 단백질이나 효소와 결합하여 기능장애를 일으키는 것으로 알려져 있다. 흡수된 비소는 한계농도 이하에서 뇨로 배설될 수 있는데 생물학적 반감기는 약 10시간으로 3일이 지나면 80% 이상 배설된다.[5] 그러나 비소의 경우 축적성이 있기 때문에 만성독성을 일으킬 수 있다. 즉 소량의 비소를 장기연용하여 만성중독이

† Author to whom correspondence should be addressed.

되면, 발열, 위장장애, 오심 등의 증상과 더불어 전형적인 흑피증, 발진 및 각화와 같은 피부변화가 일어난다.[6] 증상이 심해지면 다발성 신경염, 간장 및 심장 등의 장기변화를 일으키고 최근에는 비소가 함유된 분진에 노출됨으로써 피부암과 폐암이 발생되는 예가 있어 주목의 대상이 되고 있다. 보통 70~200 mg을 섭취하면 급성독성을 일으켜 구토, 설사, 근육통, 연하곤란 및 피부의 짓무름 등의 현상이 나타나며 혼수후 사망한다.[7] 급성흡입은 소종을 형성시키고 말초신경계의 지각감각을 손상시킬 수 있다. 만성노출시에는 말초와 중추신경계의 신경독성을 일으키고, 간독성도 유발함으로써 황달, 간경화등을 가져온다.[8]

비소화합물에 의한 수질오염은 자연상태에서는 양적인 변동은 없지만 산업폐기물이나 농약 등에 의해 현저하게 증가할 수 있다. 최근 우리나라의 서해안지역에 농공단지가 조성됨에 따라 해양오염이 날로 심각해지고 있다. 과거에는 해조섭취에 의한 비소중독 발생은 없었으나 최근은 여러 가지 환경오염의 원인으로 인하여 수산물에 존재하는 무기비소의 문제점이 점차 대두되고 있다.[9,10]

본 연구는 서해안에서 채취되거나 가공된 어패류 및 수산물에 존재하는 비소량을 측정함으로써 비소에 오염이 덜된 어패류 및 수산물을 탐색할 수 있는 기초를 마련하고자 하였다. 본 연구결과로부터 체내 축적량을 감소시킬 수 있는 식이인자를 발굴하여 일상식이에서 권장함으로써 체내 중금속 축적으로 기인하는 여러 질병에 대해 예방할 수 있을 것이다.

재료 및 방법

서해안 일부지역에서 잡히는 어패류를 직접 산지에서 종류별로 3개씩 수거하여 흐르는 물에 세척한 후 가식부만 냉동건조기(PVTFD 10A, ILSID)에 24시간 동안 냉동건조하였다. 또 이를 분말화하여 한 시료당 3회씩 5 m*l*의 HNO_3를 넣고 갈색연기가 나오지 않을 때까지 회화시켰다. 일차회화시킨 시료 각각에 10 m*l*의 Ternary 용액[HNO_3:H_2SO_4:$HClO_4$(10:1:4)]을 가하여 흰연기가 나오지 않을 때까지 이차 회화시키는 임의 습식분해법[11]에 의거하여 분해하였다. 이 후 10 m*l*의 탈이온수로 각각의 검액을 희석시킨 후 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer:Labtam 8440 Plasmalab)을 이용하여 비소 함량을 측정하였다(Table 1). 그리고 어류, 연체류, 갑각류 및 젓갈류의 수분함량간의 유의성, 비소함량간의 상호작용을 알아보고자 각각 SAS program의 Duncan's multiple range test로 그 유의성을 검정하였다.[12]

Table 1. Analytical conditions of flame ICP for Arsenic

Item		Conditions
Analytical wavelength		250.559 228.616 (nm)
Line gas pressure		80 (psi)
Coolant gas flow rate		4 (*l*/min)
Nebulizer	Sample gas pressure	38 (psi)
	Carrier gas flow rate	3.5 (*l*/min)
	Pump rate	3 (ml/min)
Integration period		60 (sec)

결과 및 고찰

생선중의 비소 함량

서해안 일부지역에서 잡히는 어류중의 비소 함량은 Table 2에 제시된 바와 같다.

서해안 일부 지역에서 수거한 26종류에 대한 어류의 평균 비소함량은 7.70±1.52 ppm이었다. 이는 지금까지 보고된 어패류중에 존재하는 평균 비소함량 범위인 2~18

Table 2. The amount of As in some dried fishes

Korean name	English name	Moisture contents (%)	As (ppm)
전어	Hickory Shad	70.8	2.90
망둥어	Gobies	80.1	3.30
병어	Pomfret	71.2	2.89
임연수	Atkafish	76.7	4.40
가자미	Flounder	79.3	8.37
잠뱅이	-	87.4	8.96
아귀	Monk Fish	84.3	14.59
황색갈치	Yellow Hair Tail	75.9	2.82
고등어	Mackerel	71.4	8.03
장대	Bartailed Flathead	76.4	2.86
명태	Alaska Pollack	79.6	2.56
민어	Brown Croaker	79.6	2.86
장어	Eel	67.7	40.49
아나고(붕장어)	Sea-eel	65.0	8.27
양미리	Sand Lance	60.0	10.44
도다리	Fine-Spotted Flounder	84.4	11.55
우럭	Black-Spotted Grouper	79.2	2.65
뱅장어	Sea-eel	83.3	13.20
절인고등어	Mackerel Salted	66.4	2.72
꽁치	Pacific Saury	70.2	10.80
박대	Areliscus honaleus	72.4	9.63
(건)실치	Small boil-dried Anchovy	36.8	1.24
도미	Sea bream, genuine	77.7	6.43
놀래미	-	76.2	3.14
광어	Bastard Hsilbut, fresh	78.8	10.97
갈치	Hair Tail	78.3	3.99
	Mean±S.E.	74.2±2.0	7.70±1.52

ppm의 한계에 포함되는 수준이다. 그러므로 아직까지는 서해안의 어류에 의한 비소중독은 심각한 상태는 아님을 확인할 수 있다. 그러나 측정된 26종의 어류중 장어의 비소함량이 40.49 ppm으로 가장 높은 수준으로 존재하였다. 이러한 장어에 존재하는 비소함량은 한계수준을 넘는 양이므로 미식가들 사이에서 자주 이용하는 장어에 의한 비소중독 가능성은 매우 높다 할 수 있다. 이외에도 26종중에 평균 비소함량의 한계에 속하지만 비소함량이 비교적 높은 어류는 아귀, 뱅장어, 도다리, 광어, 양미리 순이었으나 이들의 함량은 비소독성을 나타내기에 충분한 양으로 볼 수 없다고 판단된다. 특히 건실치는 비소가 1.24 ppm 수준으로 존재하여 조사한 어류중에서는 가장 낮은 함량을 나타냈다. 또한 전어, 망둥어, 병어, 황색갈치, 장대, 명태, 민어, 절인고등어, 놀래미, 갈치에는 비소가 4 ppm 이하로 존재하였다. 지금까지 금속화합물들은 생물발생에 관여하고 생체내에 극미량으로 존재하면서 생리적 물질대사에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러므로 이들 금속들이 결핍시에는 생리적 구조적 장해를 나타내게 된다. 그러나 비소의 경우 아직까지 생체내에서의 생리작용에 대해서 구체적으로 밝혀진 바가 별로 없고 과량 축적시에만 신체독성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 이상의 논의를 종합할 때, 현재 서해안 지역의 산업화 결과로 인한 어류의 비소오염은 아직까지는 심각하지 않은 것으로 볼 수 있다.

연체류중의 비소 함량

서해안 지역에서 잡히는 18종 연체류중의 비소함량은 Table 3과 같다. 연체동물은 형태학상 두족류(Cephalopoda), 복족류(Gastropoda), 이매패류(이매패류)로 분류한다. 두족류에는 낙지, 오징어, 꼴뚜기 등이 있고, 복족류에는 소라(top shell), 전복(abalone), 우렁이(tiver snail) 등이 있으며 이매패류에는 대합, 모시조개, 굴 등이 있다. 조개류는 두족류(頭足類)를 제외한 대부분의 연체동물의 총칭이다. 주로 조가비(패각)를 가진 것을 지칭하는데, 속 살이 연하여 식용한다.

Table 3을 보면, 18종의 연체류의 비소함량은 0.77~51.62 ppm의 범위 수준으로 존재하였고, 분석된 연체류의 평균 비소량은 11.51±2.97 ppm이었다. 연체류중에서 비소함량이 10 ppm 이상인 것은, 오징어, 해삼, 한치, 갑오징어, 소라 및 피조개이다. 특히 소라와 갑오징어의 비소함량은 51.62 ppm과 41.89 ppm으로 다른 연체류에 비해 월등히 높아 유해수준에 이르렀다. 또한 서해안지역의 논에서 채취한 논우렁은 비소함량이 0.77 ppm으로 가장 낮았다. 이렇게 논우렁이의 비소오염 정도가 가장 낮게 나타난 것은 그의 서식지가 주로 서해안의 바닷가가 아닌 논지역이기 때문인 것으로 보인다. 연체류는 어류에 비하여 상대적으로 비소의 함량이 높았으나 유의적으로 높지는 않았다.

Table 3. The amount of As in some dried molluscans

Korean name	English name	Moisture contents (%)	As (ppm)
낙지	Whip-arm octopus	81.6	9.58
꼴뚜기	Sea arrow	85.5	6.28
오징어	Common squid, fresh	78.5	12.23
해삼 (극피동물)	Sea cucumber	96.6	10.06
한치	Squid, Han Chi	66.7	12.80
멍게	–	90.5	9.97
갑오징어	Cuttle fish	86.5	41.89
대합	Orient Calm, fresh	82.2	6.69
해락	–	82.8	8.88
동죽	Surf clam	82.7	5.85
개조개	Butter clam	79.9	6.73
모시조개	Crib shell	81.5	7.54
소라	Turban shell, fresh	69.5	51.62
논우렁	Pond snail	80.4	0.77
굴	Oyster, fresh	83.8	6.78
새조개	Egg Cockle, fresh	88.0	3.43
바지락	Little Neck Calm, fresh	90.3	7.41
피조개	Arkshell	79.9	10.17
	Mean±S.E.	82.9±1.6	11.51±2.97

갑각류중의 비소함량

서해안 일부지역에서 잡히는 일부 갑각류중 대하, 건조된 보리새우와 꽃게의 비소함량은 Table 4에 제시된 바와 같다.

본 연구결과 대하, 건조된 보리새우, 꽃게중의 평균비소함량은 27.00±4.34 ppm의 수준으로 지금까지 보고된 평균 비소함량의 범위를 넘었다. 특히 꽃게중의 비소함량은 35.58 ppm으로 갑각류중에서는 가장 높은 수준으로 존재하였다. 이는 어류나 연체류에 비해서는 유의적으로 높은 함량을 나타냈다. 서해안의 꽃게류는 봄에 동중국해안으로부터 북상하여 서해안에서 여름을 나고 산란과 부화시기를 거치면 점차 깊은 해안으로 이동하거나 월동하기 위하여 동중국해

Table 4. The amount of As in some dried crustaceans

Korean name	English name	Moisture contents (%)	As (ppm)
대하	Shrimp Large	93.7	23.83
보리새우(건)	Barley Shrimp(dried)	11.4	21.59
꽃게	Blue Crab	86.5	35.58
	Mean±S.E.	63.9±26.3	27.00±4.34

안으로 재이동할 수 있다고 추정하는 보고가 있다.[13] 아마도 꽃게중에 비소함량이 높은 것은 꽃게의 이러한 월동과 관련이 있으리라 추정된다. 그러나 게나 새우류는 다른 수산물에 비하여 비소가 특히 고농도로 축적되지만 이들은 거의 모두 인체내에서 arsenobetaine과 같은 수용성 물질로 변하여 거의 배설된다. 그렇기때문에 게나 새우류에 오염된 비소에 의한 인체독성은 발생 예가 상대적으로 훨씬 적기 때문에 다른 수산물에 비해서는 비소 독성이 큰 문제가 되지는 않는다.

젓갈류중의 비소함량

우리나라 전통 수산발효식품인 젓갈류는 54종으로 조사되고 있고 새우젓과 멸치젓을 비롯한 7종이 상업적으로 많이 유통되고 있다.[14] 젓갈은 원료어로부터 식염을 보통 15%~30%를 첨가하여 7일~60여일을 숙성시킴으로써 제조된다. 숙성에 따라 맛과 영양성분에 있어 원료어와는 차이가 날 수 있는데, 특히 회분양이 크게 증가한다. 예를 들면 곤쟁이젓은 살아있는 곤쟁이를 맑은 해수로 수세한 다음 물기를 빼고 30% 상당의 소금을 가하여 고루 혼합한 후 항아리에 넣어 밀봉한면 숙성된다. 이 과정에서 숙성에 따라 성분이 변화하는데, 원료성분에 가하는 염도에 따라 수분, 조단백질 및 지방함량 변화가 관찰되고 회분의 경우는 10배이상 현저하게 증가하고 당분은 감소된다.

중금속중 인체에 비교적 독성이 강한 As, Cd, Pb 및 Hg 등은 생물체 본래의 구성성분이 아니고 동식물의 생육과정이나 식품의 가공 및 제조중에 외부에서 오염되는 환경오염성 중금속(environmental heavy metal)이다. 따라서 서해안 일부지역에서 포획되어 가공저장된 젓갈류중에는 환경오염성 중금속함량이 원료어보다는 상대적으로 높을 수 있다.[15]

지금까지 보고된 밴댕이젓에 대한 중금속 함유수준은 Hg 0.06 ppm, Zn 18.20 ppm, Cd 0.36 ppm, Pb 1.86 ppm 및 Cu 0.84 ppm으로 알려져 있으나 비소에 대하여는 보고된 바가 전혀 없다. 숙성시에는 alanine, lysine이 증가되어 단맛을 내고 leucine, isoleucine에 의해 쓴맛을 내게 된다. 이렇게 하여 맛의 조화가 이루어져 독특한 풍미를 내는 데 큰 구실을 한다. 서해안 일부지역에서 잡히는 어패류로부터 가공한 젓갈류중의 비소함량은 Table 5와 같다. 젓갈의 경우 젓갈종류에 따라, 즉 원료어에 따라 비소의 함량이 증가하기도 하고 오히려 감소되기도 한다. 새우의 원료상태일 때 비소함량이 21.59 ppm이었고, 젓갈로 가공하게 되면 비소함량이 60.48 ppm으로 증가되어 평균비소량 범위의 한계를 훨씬 넘었다. 그러나 한치젓갈의 경우는 오히려 원료어 상태일 때의 비소함량은 12.80 ppm이었고, 젓갈로 가공하게 되면 1.75 ppm으로 감소되었다.

Table 5. The amount of As in some dried salted fishes

Korean name	English name	Moisture contents (%)	As (ppm)
새우젓	salted shrimps	68.36	60.48
조개젓	salted shellfish	71.52	5.46
어리굴젓	salted and spiced oysters	81.19	8.61
밴댕이젓	salted large-eyed herring	62.27	2.71
곤쟁이젓	tiny shrimps preserved in brine	71.30	5.28
황석어젓	salted broadbill	64.27	2.73
한치젓	salted squid, Hanchi	66.74	1.75
	Mean±S.E.	69.38±2.35	12.43±8.06

어류, 연체류, 갑각류 및 젓갈류간의 유의성 검정

서해안 일부지역에서 잡히는 일부 어류, 연체류, 갑각류 및 젓갈류간의 유의성을 검정한 결과가 Table 6에 제시되어 있다.

어류, 연체류, 갑각류 및 젓갈류간의 비소함량에 있어 차이점은 다음과 같다. 즉 갑각류와 여타의 다른것들을 비교할 때 갑각류가 유의적으로 높은 비소함량을 함유하였고, 기타의 어류, 연체류 및 젓갈류 사이에는 비소함량에 있어 유의적인 차이점을 발견할 수가 없었다.

본 연구결과의 유의성 검정을 위하여 우선 Duncan's multiple-range test의 통계분석을 하여 어류, 연체류, 갑각류 및 젓갈류 각각의 그룹중에서 가장 높은 유의성을 나타내는 시료를 확인하였다. 또한 3-way analysis of variance (ANOVA) test의 통계분석을 통하여 어류, 연체류, 갑각류 및 젓갈류의 네 그룹간의 유의성을 검색하였다. 어류, 연체류, 갑각류 및 젓갈류간에 수분과 비소 함량간에 유의차를

Table 6. Statistical analysis on the correlation with fishes, molluscans, crustaceans salted fishes

	Moisture contents (%)		As (ppm)	
Group 1(fishes)	74.19±2.0[1]	AB[2]	7.70±1.52	B
Group 2(molluscans)	82.98±1.6	A	11.51±2.97	B
Group 3(crustaceans)	63.85±26.3	AB	27.00±4.34	A
Group 4(salted fishes)	69.38±2.35	AB	12.43±8.06	B
ANOVA Term[3]	3.85*		3.90*	

[1] Mean+S.E.

[2] Mean with different letters (a, b) within a column are significantly different from each other at $p<0.05$ as determined Duncan's multiple-range test (a>b).

[3] F-values for terms or interaction are based on 3-way analysis variance (ANOVA).

* $p<0.05$

검정한 결과, 수분함량은 연체류>어류>젓갈류>갑각류순이었고, 연체류의 수분함량은 갑각류에 비해 유의하게 높았다($p<0.05$). 비소함량은 네 그룹간에 유의적인 차이가 있었는데, 비소함량은 갑각류>젓갈류>연체류>어류순이었고, 갑각류는 어류, 연체류 및 젓갈류에 비해 유의하게 많은 양의 비소를 함유하고 있었다($p<0.05$).

국문요약

서해안 지역에서 생산되고 있는 54종의 어패류(26종의 어류, 18종의 연체류, 3종의 갑각류, 젓갈류 7종)를 산지에서 직접 수거하여 냉동건조한 후 분말화하여 비소함량을 분석하였다. 그 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 1) 어류, 연체류, 갑각류중 수분함량은 연체류가 가장 높았다($p<0.05$). 비소함량에 대해서는 갑각류가 여타의 다른 세 군과 유의적인 차이가 있었고 평균치 역시 갑각류>젓갈류>연체류>어류 순으로 높았다($p<0.05$). 2) 54종의 어패류중 비소를 많이 함유하고 있는 것은, 어류중에는 장어, 연체류중에는 소라와 갑오징어, 갑각류중에는 꽃게 그리고 젓갈류중에는 새우젓인 것으로 밝혀졌다. 이와 같이 어패류는 다른 식품에 비해 비소를 많이 함유하고 있다. 이에 산업폐기물 등의 이유로 비소오염의 노출기회가 많은 지역의 사람들에게는 식품의 1일 권장량에 대한 일정한 제한을 제시하는 방안이 고려될 필요가 있다. 이렇게 함으로써 산업화사회의 진행과정에서 나타날 중금속, 특히 비소오염으로 인한 중독을 미리 대처할 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구의 시료 수가 제한되어 있는 만큼 앞으로 더 광범위한 설계로 더 많은 수산물을 대상으로 한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. Newberne, P.M.: Mechanisms of interaction and modulation of response, in Vouk VB, Butler GC, Upton AC et al(eds): Methods for assessing the effects of mixture of chemicals. New York: Wiley, pp. 555-588 (1987).
2. Johnson, R.D., Manske, D.D., New, D.H., Podrebarac, D. S.: Food and feed pesticides, heavy metal and other chemical residues in infant and toddler total diet samples. *Pest Monitor J.*, **15**, 39-43 (1981).
3. Smith, A.H., Hopenhayn-Rich, C. and Bates, M.N.: Cancer risks from arsenic in drinking water. *Environ Health Perspect*, **97**, 259-267 (1992).
4. WHO: Guidelines for the study of dietary intake of chemical contaminants. WHO, Geneva (1985).
5. Klaassen C.D.: Billary execretion of metals. *Drug Metab Rev*, **5**, 165-196 (1976).
6. Wu, M.M., Kuo, T.L., Hwang, Y. and Chen, C.J.: Dose-response relation between arsenic concentration in well water and mortality from cancers and vascular diseases. *Am. J. Epidemiol.* **130**, 1123-1132 (1989).
7. Bryan, F.L.: Disease transmitted by foods-a classification and summary, in Anderson JA, Soga DN(eds): Adverse reactions to foods. Washington, DC: US Department of health and human services, Appendix, pp. 1-101 (1984).
8. Engel, R.R. and Smith, A.H.: Arsenic in drinking water and mortality from vascular disease: An ecological analysis in 30 countries in the United States. *Arch Environ Health*, **49**, 418-428 (1994).
9. 박태조: 연안어장 환경 갈수록 오염. 새어민, **1**, 26 (1992).
10. 서화종, 홍성운, 최종환: 남해안에서 서식하는 수산물의 중금속함량에 관한 연구. 한국영양식량학회지, **22**, 1 (1993).
11. 임정남: 식품의 무기성분 분석. 식품과 영양, 농촌진흥청, **7**, 42 (1986).
12. Steel, R.G.D. and Torrie, J.H.: Principles procedures of statistics. MaGrow H Book Co., New York, 1 (1980).
13. Kim, B.K., Kim, S.U., and Baik, J.M.: Results of tagging experiments of the Blue Crab, Portunus trituberculatus(Miers). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency. Korea*, **13**, 21-27 (1986).
14. 차용준: 한국산 멸치젓의 휘발성 향기성분에 관한 연구, 한국영양식량학회지, 143 (1993).
15. 이서래: 식품의 안정성 연구. 이화여자대학교 출판부, 143 (1993).