

한국인의 상용식품내 요오드 함량*

문수재 · 김정연 · 정영주** · 정용삼**

연세대학교 생활과학대학 식품영양학과, 한국원자력연구소**

The Iodine Content in Common Korean Foods

Moon, Soo Jae · Kim, Jung Yeon · Chung, Young Ju** · Chung, Yong Sam**

Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul, Korea
Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon, Korea*

ABSTRACT

This study was undertaken to analyze the iodine content in commonly consumed Korean foods. Food samples were purchased from 3 randomly selected markets. The iodine contents in foods were determined by neutron activation analysis(NAA). All irradiations of food samples were done at a pneumatic transfer system(thermal neutron flux : $1 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$) of the TRIGA Mark-III research reactor in the Korea Atomic Energy Research Institute. The results indicated that the iodine content was high in seaweeds, fishes, and iodine-enriched eggs in that order and very low in grain, beans, fruits and vegetables. Edible seaweeds contained iodine levels of between 13,700 and 1,790,600 $\mu\text{g/kg}$. Levels of iodine in fishes and shellfishes were between 478 and 2,840 $\mu\text{g/kg}$. Ordinary eggs contained 314 $\mu\text{g/kg}$ iodine, but iodine-enriched eggs contained 1,869 $\mu\text{g/kg}$. The average concentration of iodine in milk was 207 $\mu\text{g/kg}$. There was seasonal variation in the iodine content of milk, levels were highest in winter milk(230 $\mu\text{g/kg}$) and lowest in summer milk(180 $\mu\text{g/kg}$). The iodine contents of most vegetables and fruits were below 10 $\mu\text{g/kg}$. From high to low, the sequence of foods with high iodine content in one serving was as follows : sea tangle, sea mustard, iodine-enriched eggs, fish, laver and milk. This study may provide basic data on the iodine content of foods consumed by Koreans which have not yet been analyzed. (*Korean J Nutrition* 31(2) : 206~212, 1998)

KEY WORDS : iodine content · Korean food · neutron activation analysis(NAA).

서 론

요오드는 신체의 성장 및 발달에 관여하는 갑상선 호르몬인 3,5,3 triiodothyronine(T_3)과 3,5,3,5 tetraiodothyronine(T_4)의 구성 성분으로 체내 필수적인 미량 무기질이다¹⁾.

채택일 : 1997년 12월 23일

This work was supported by GRANT No. KOSEF 971-0603-017-1 from the Korea Science and Engineering Foundation.

요오드의 결핍은 갑상선호르몬 생산 저하로 인한 갑상선기능저하증(hypothyroidism)을 초래할 수 있으며, 갑상선이 비대해지는 갑상선종(goiter)을 비롯하여 크레틴병(cretinism), 다발성 갑상선종(thyrototoxicosis), 갑상선암(thyroid cancer) 등 여러 갑상선 질환을 유발할 수 있다^{2,7)}. 요오드 결핍으로 인한 문제를 해결하고 예방하기 위해 요오드가 강화된 식염 사용, 동물사료및 달걀 내 요오드 강화, 제빵과정중 밀가루 반죽 조정제로 요오드화합물의 사용 등이 이루어지고 있다^{8,10)}. 미국, 영국, 핀란드, 네덜란드에서는 요오드가 강화된 식염, 달걀 사용으로 갑상선종 발생이 크게 낮아졌으며 최근에는 오

히려 권장량을 상회하는 수준으로 섭취하고 있다¹⁶⁻¹⁹.

요오드는 결핍으로 인한 문제 뿐만 아니라 과잉 섭취로 인한 문제도 중요시되고 있다. 즉 과다한 요오드 섭취도 갑상선염, 갑상선종, 갑상선기능항진증 및 저하증 등을 초래할 수 있다¹⁵⁻²⁴. 풍토성 갑상선종 발생 지역에서는 요오드 보충 프로그램이나 우유오염 등을 통해 요오드 섭취가 증가했을때 갑상선 증독증의 발생이 증가한 것으로 나타났으며²⁵⁻²⁷, 일본 북부 해안지역에서는 요오드에 민감한 사람에게서 생선과 해조류의 섭취로 갑상선종이 발생하였으며¹⁸ 중국의 저지대 주민들에게는 다량의 요오드가 함유된 소금, 절임 야채 및 요오드 함량이 높은 우물물로 인한 과다 섭취로 풍토성 갑상선종이 발생하였다¹⁶. 영국에서는 갑상선증독증 발병이 우유내 요오드 함량이 높은 겨울철에 높았으며, 타즈마니아에서도 우유내 요오드 함량의 급격한 증가로 인해 갑상선증독증이 발생하였다^{25/28}. 이러한 사실은 우유나 유제품의 요오드 농도가 해로운 수준에 도달해 있다는 것을 반영하는 것이라고 하였다. 우유내 요오드 함량은 사료내 요오드 첨가, 유두 소독, 기구 살균을 위한 요오드화합물의 사용 등에 영향을 받는다^{25/29}. 그러므로 요오드 결핍과 과다 섭취로 인한 여러 문제들로부터 적절한 요오드 섭취의 중요성이 강조되는 바이다.

식품내 요오드 함량 점검 및 바람직한 수준으로의 조절, 요오드 섭취 수준 조사와 적절한 섭취수준 및 권장량 설정을 위해 식품내 요오드 함량의 정확한 측정은 아주 중요하다³⁰. 그러나 대부분 식품내 요오드 함량이 낮고 시료의 연소, 분리과정에서의 손실, 분석 시약에 의한 오염, 식품내 존재하는 다른 물질들의 영향 등으로 식품내 요오드 함량을 정확히 분석한다는 것은 어렵다³¹. 또한 식품내 요오드 함량은 토양, 비료, 물, 동물 사료, 가공방법 등의 요인들에 영향을 받으므로 더욱 정확한 자료를 얻기가 어려운 실정이다. 일반적으로 바다에서 나는 식품은 바닷물로부터 요오드를 농축시키기 때문에 다른 식품보다 요오드 함량이 더 높으며 육, 가금, 난류, 유제품의 요오드 함량은 가축이 마시는 물, 먹이, 사료의 요오드 함량을 반영하며, 사료내 요오드 보충, 요오드를 함유한 소금, 요오드가 함유된 가축병 치료약물, 요오드 함유 살균제 및 소독제의 사용여부에 따라 좌우된다. 가공식품내 요오드 함량은 요오드 함유 식품첨가제(erythrosine)의 사용에 따라 다르다^{30/32}.

국내의 경우 요오드 분석 방법에 대한 연구의 어려움 등으로 한국인이 섭취하는 식품내 요오드 함량에 관한 자료가 거의 없어 직접적인 요오드 섭취 수준 조사나 섭취 수준의 적절성에 대한 평가 등 전반적인 연구가 아주 미비한 실정이다.

다시마, 미역, 김 등과 같은 해조류가 풍부하며 특히 수유부의 경우 산후 일정기간 동안 많은 양의 미역국을 섭취하는 풍습을 가지는 우리나라에 있어서 일반인 및 수유부의 요오드 섭취 수준 파악과 요오드가 풍부한 지역에서 갑상선질환 발생에 요오드 섭취 수준이 미치는 영향 등에 관한 연구를 위해 식품내 요오드 함량에 대한 자료가 절실히 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 요오드 분석 방법에 대한 김정연³³의 연구결과로부터 다양한 식품에 대해 적용가능하며 정확성 및 감도가 좋은 방법인 중성자방사화 분석법(neutron activation analysis)을 이용하여 한국인의 상용식품내 요오드 함량을 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시료 수집

본 연구에서 분석한 식품은 일본 및 다른 나라의 식품내 요오드 함량에 관한 자료³⁴⁻³⁶를 통해 요오드 함량이 비교적 높은 식품과 한국인들이 상용하는 식품들³⁷ 중에서 총 85종류를 선정하였다. 분석 식품은 서울 시내의 백화점, 슈퍼마켓, 재래시장 등에서 각 식품별로 2~3종류 이상을 구입하여 분석에 이용하였다.

2. 시료 분석

본 연구는 식품 및 다양한 시료내 요오드 함량을 분석하기 위한 방법에 대한 연구³³로부터 중성자로 방사화시켜 생성된 방사성 핵종으로부터 방출된 특정 γ 선을 측정하는 방법인 중성자방사화 분석법이 시료의 화학적 형태에 영향받지 않아 다양한 식품에 대해 적용할 수 있는 방법으로 평가됨에 따라 한국인의 상용식품내 요오드 함량을 중성자방사화법으로 분석하였다. 이 방법으로 각 시료들내 요오드 함량을 분석하기 위해 먼저 조사하는 시료양, 조사시간, 냉각시간, 측정시간 등 최적 분석 조건 설정을 위한 실험을 실행하였으며, 분석 조건 및 전체적인 분석 과정은 김정연³³의 연구와 같다.

식품 시료의 전처리하는 균질화 과정을 거친 후 Speed-Vac을 이용하여 냉동건조하였다. 식품시료의 중성자 조사는 한국 원자력 연구소의 TRIGA MARK-III 연구용 원자로의 조사시설을 사용하여 실행하였으며, 식품시료는 미리 설정한 분석 조건에 따라 기총관(PTS)에서 조사시켜 냉각하였다. 중성자 조사시킨 시료는 계측장치를 이용하여 방사능 및 γ spectrum을 측정하였으며, 계측 자료로부터 함량계산은 직접법을 이용하여 구하였다.

3. 자료분석

모든 자료는 Statistical Analysis System(SAS)

package를 이용하여 통계처리하였으며³⁸⁾ 모든 결과의 평균값과 표준편차를 산출하였다.

결과 및 고찰

한국인의 주요 상용 식품과 요오드 함량이 높은 식품 총 85종류를 선정하여 중성자방사화 분석법으로 요오드 함량을 분석한 결과는 Table 1에 제시하였다.

식품내 요오드 함량은 해조류가 가장 높았으며 그 중 다시마는 100g당 179,060µg으로 가장 함량이 높았고 그 다음은 미역, 김, 파래 순이었다. 어패류는 그 종류에 따라 함량의 차이를 보였으며 멸치, 청어, 북어, 꽂치, 굴, 전갱이의 요오드 함량은 100g당 100µg 이상이였다. 달걀은 보통란에 비해 요오드란이 6배정도 요오드 함량이 더 높았으며, 우유 및 유제품은 100g당 10~30µg 범위인 것으로 분석되었다. 곡류, 두류의 요오드 함량은 분석 방법의 검출한계인 0.01ppm 이하로 검출되지 않았으며, 과일 및 야채류의 요오드 함량도 대부분이 검출한계 이하로 매우 낮았다.

본 연구에서는 식품의 조리, 가공과정을 거친 후의 요오드 함량 분석은 실시하지 못하였으나, 각 식품의 1인 1회 섭취분량내 요오드 함량이 어느 정도 되는지 추정해 보고자, *눈대중량표*³⁹⁾, 당뇨환자를 위한 식품교환표의 교환 단위와 한국인 영양권장량의 1인 1회분량⁴⁰⁾을 참고하여 요오드 함량을 산출하여 보았다. 미역 1대접내(9g)의 요오드 함량은 786µg, 자르지 않은 크기 김 1장(2g)은 72µg, 생선류 1토막은 40~157µg, 쇠고기 60g 섭취시 14µg, 닭다리 1개(60g)는 20µg이며, 보통 달걀 1개(50g)는 15.7µg, 요오드란은 93.5µg의 요오드를 함유하는 것으로 계산되었다. 우유 1컵(200ml)은 41.4µg, 요거트 1개(110g)는 26µg, 중간크기 사과 1개(200g)는 2µg의 요오드를 섭취하게 된다.

본 연구 결과를 다른 나라의 식품 성분 분석표와 비교자료들¹²⁾³⁴⁻³⁶⁾⁴¹⁾을 참고하여 나라별로 비교해 본 결과는 Table 2에 제시하였다.

본 연구에서 해조류의 요오드 함량이 100g내 1,370~179,060µg로 특히 다시마의 함량이 아주 높았는데, 일본과 영국의 경우도 해조류인 kelp 또는 kombu의 함량이 가장 높았다. 김은 본 연구 결과가 일본에 비해서 높았으며 다시마와 미역은 일본에서 보고된 범위에 속하며 영국에서는 그 함량이 더 높은 것으로 보고되었다. 해조류는 요오드 함량이 아주 높으며 함량 범위도 상당히 큰데 이는 식품내 요오드 함량이 나라, 지역, 계절, 분석 방법 등 여러 조건들에 의해 영향을 받기 때문이다.

Table 1. Iodine content of common Korean foods

Foods	µg/100g
Seaweeds	
Laver, dried(마른김)	3,570
Sea tangle, dried(다시마, 말린것)	179,060
Sea mustard, dried(미역, 말린것)	8,730
stem, fresh(미역줄기)	ND
Sea lettuce(파래)	1,370
Fishes and shellfishes	
Hair tail(갈치)	52.2
Mackerel, fresh(고등어, 생것)	66.5
Pacific saury, fresh(꽂치, 생것)	129.8
Anchovy, boiled-dried	
large anchovy(큰멸치)	219.0
small anchovy(잔멸치)	284.0
Alaska pollack, fresh(명태, 생것)	47.8
dried(명태, 말린것)	166.4
Spanish mackerel, fresh(삼치, 생것)	88.9
Horse mackerel, fresh(전갱이, 생것)	121.1
Yellow croaker, salt-cured and dried	ND
(조기, 염건품)	
Pacific herring, fresh(청어, 생것)	197.4
Bluefin tuna, canned(참치통조림)	ND
Fish paste, fried(어묵, 튀김)	ND
Oyster(굴)	126.7
Clam, meat, fresh(조갯살, 생것)	ND
Crab, blue, fresh(꽃게, 생것)	ND
Shrimp, metapenaeus shrimp, fresh	ND
(새우, 중하, 생것)	
Common squid, fresh(오징어, 생것)	ND
Meat, meat products, and eggs	
Chicken, meat and skin, raw(닭고기)	32.6
Pork, raw(돼지고기)	ND
Beef, raw(쇠고기)	23.2
Sausage(소시지)	ND
Chicken's egg, whole egg, fresh(계란, 전란)	31.4
fortified iodine egg(요오드란)	186.9
Milk and milk products	
Milk powders(분유)	ND
Cow's milk, ordinary, liquid milk	20.7
(우유, 보통우유)	
low fat milk(1.5% fat)(저지방우유)	17.0
banana(바나나우유)	21.0
Ice cream, vanilla(아이스크림, 바닐라)	ND
Yogurt(야쿠르트)	13.4
Drinking yogurt, plain(요구르트, 액상, 플레인)	30.4
Drinking yogurt, strawberry	22.9
(요구르트, 액상, 딸기)	
Yogurt, curd type, strawberry	28.6
(요구르트, 호상, 딸기)	
Cheese, processed(가공치즈)	ND
Vegetables and fruits	
Pepper, green red pepper(풋고추)	ND
Perilla leaf(갯잎)	ND

*ND : Not detectable

어패류도 요오드가 풍부하며 종류에 따라서 함량이 다양하였다. 생태(48µg/100g)가 가장 함량이 낮았고 밀치류(284µg/100g)가 가장 높았으며 콩치, 복어, 전갱

Table 1. Continued

Foods	µg/100g
Carrot, raw(당근)	ND
Doraji, raw(도라지)	ND
Radish root(무)	ND
Chinese cabbage, raw(배추)	ND
Lettuce(상치)	ND
Mungbean sprouts, raw(숙주나물)	9.6
Spinach, raw(시금치, 생것)	ND
Burdock, raw(우엉, 생것)	ND
Soybean sprout, raw(콩나물)	ND
Oyster mushroom, raw(느타리버섯)	5.0
Mushroom, raw(표고버섯)	8.3
Persimmon, hard(단감)	ND
Citrus fruit(귤)	ND
Jujube, dried(대추)	ND
Banana(바나나)	8.6
Peach(복숭아)	ND
Apple(사과)	1.1
Watermelon(수박)	ND
Melon(참외)	ND
Grape, raw(포도)	ND
Cereals and grain products	
Barley(보리)	ND
Rice, well-milled rice(쌀)	ND
Glutinous rice, milled(찹쌀)	ND
Wheat flour, all purpose(밀가루)	ND
Noodles, dried(국수)	ND
Loaf bread(식빵)	ND
Plain steamed rice bread(백설기)	ND
Potatoes and nuts	
Potatoes, raw(감자)	ND
Sweet potatoes, raw(고구마)	ND
Peanuts, roasted(땅콩)	ND
Chestnuts, raw(밤)	ND
Pulse and pulse products	
Kidney bean, dried(강낭콩)	ND
Soybean curd(두부)	ND
Soybean milk(두유)	8.1
Small red bean, dried(팥)	ND
Beverages and seasonings	
Cider(사이다)	ND
Cola(콜라)	ND
Beer(맥주)	ND
Green tea, leaves, dried(녹차)	ND
Fiber drink(섬유음료)	ND
Ionized drink(이온음료)	ND
Soy sauce(간장)	ND
Fermented red pepper soybean paste(고추장)	ND
Soybean paste(된장)	ND

*ND : Not detectable

이, 청어, 굴의 함량 높은 편이었다. 영국, 일본, 독일도 어류내 요오드 함량의 차이가 큰 것으로 나타났는데 영국의 경우는 송어류(11µg/100g)가 가장 낮으며 대구류(328µg/100g)가 가장 높았다.

우유내 평균 요오드 함량은 20.7µg/100g으로 이는 일본, 미국의 함량 범위와 비슷하며 독일은 특히 우유내 함량이 낮은 것으로 보고되었다. 영국에서는 우유내 요오드 함량이 지리적, 계절적인 변동이 크다고 보고하였으며²⁵⁾, Lee 등¹²⁾도 우유내 요오드 함량이 여름에 90 µg/kg, 겨울에 210µg/kg으로 겨울에 특히 요오드 함량이 높다고 보고하였다. 이러한 변동은 상업적으로 요오드가 강화된 사료 섭취가 초기 수유 기간인 겨울에 가장 높으며 여름에 가장 낮은 것과 관련되는데 사료내 요오드는 생식기능과 우유 생산에 유익함을 주기 때문에 첨가된다. 본 연구에서도 계절에 따른 우유내 요오드 함량 차이를 살펴보기 위해 5개 회사의 제품에 대해 5월, 8월, 12월에 분석해 본 결과 각각 200µg/kg, 180 µg/kg, 230µg/kg으로 시판유의 종류에 따라 요오드 함량의 차이는 있으나 대체적으로 여름에 그 함량이 가장 낮은 경향을 보였으며 겨울에 가장 높은 것으로 나타났다(Fig. 1). 우유내 요오드는 사료에 첨가되는 것 외에 착유, 보관, 가공 처리 과정에서 요오드 화합물을 함유하는 살균제의 사용에서도 기인한다⁴²⁻⁴⁷⁾.

달같은 보통란의 경우 요오드 함량이 100g당 31.4µg이었으며 요오드가 강화된 요오드란은 186.9µg으로 일반란에 비해 6배 이상 높았는데, 일본의 경우는 보통 달걀가루(egg powder)의 요오드 함량이 35µg인데 비해 요오드가 강화된 달걀가루는 11배 높은 392µg이었다⁴⁸⁻⁵⁰⁾.

핀란드는 식품내 요오드 함량이 대부분 낮은 편인데 홍합이 가장 높았으며(180µg/100g) 그의 어류가 100g 당 8~65µg, 과일, 채소류는 10µg 미만이었다¹⁰⁾. 네덜란드 식품내 요오드 함량을 본 연구 분석방법과 같은 증성자방사화 방법으로 분석한 보고에 의하면¹¹⁾ 생선류가 150µg/100g, 곡류와 시리얼 제품이 37µg/100g으로 함량이 높은 식품군으로 나타났는데 이는 네덜란드에서는 곡류와 시리얼 제품의 경우 요오드가 강화된 식염을 사용하기 때문이다.

이상의 결과들로 부터 식품내 요오드 함량은 여러가지 요인에 의해 영향을 받으며 특히 나라마다 같은 종류의 식품이라 할지라도 그 함량이 다를 수 있다. 따라서 각 나라마다 요오드 섭취 수준도 각기 다를 것이며, 특히 요오드 함량이 높은 해조류가 풍부한 우리나라의 경우 실질적인 요오드 섭취 수준 파악을 위해 본 연구결과는 중요하게 활용될 수 있을 것이라고 사료된다.

Table 2. Comparison of food iodine contents produced from different countries

Food	Country				
	Korea	Japan ¹⁾	German ²⁾	USA ³⁾	U.K ⁴⁾
			(µg/100g)		
Laver	3,570	1,100	-	-	430/2,500
Sea tangle	179,060	114,600 - 386,400	-	-	266,000
Sea mustard	8,730	7,030 - 11,420(9,220)	-	-	10,400/21,700
Mackerel	66.5	102.0	40 - 106	-	138
Horse mackerel	121.1	-	48	-	-
Herring	197.4	66.5	24 - 65	-	29
Oyster	126.7	-	58.0	-	-
Milk	20.7	15, 20	4.1(2 - 6)	25	7 - 37
Yogurt	23.8	-	3.5	19	-
Egg	31.4	52	1 - 40	40 - 71	53
Beef	23.2	-	6.8	15 - 35	6
Chicken	32.6	-	-	32	-
Apple	1.1	4.76	1.08	4	3
Banana	8.6	6.4	2.80	-	-
Mushroom	8.3	<0.1	3.3	1	3
Rice	ND	-	1.96	46	5

- : No reliable data available ND : Not detectble

- 1) 食品微量元素 マニュアル. 中央法規出版, 日本. 1985
- 2) Food Composition and Nutrition Tables(5th). CRC press, Germany, 1994
- 3) Nutritional elements in U.S. diets : Results from the total diet study, 1982 to 1986. J Am Diet Assoc 89 : 659-664, 1989
- 4) The Composition of Foods(4th Edition). RSC/MAFF. UK, 1989 Iodine in British foods and diets. Br J Nutr 72 : 435-446, 1994

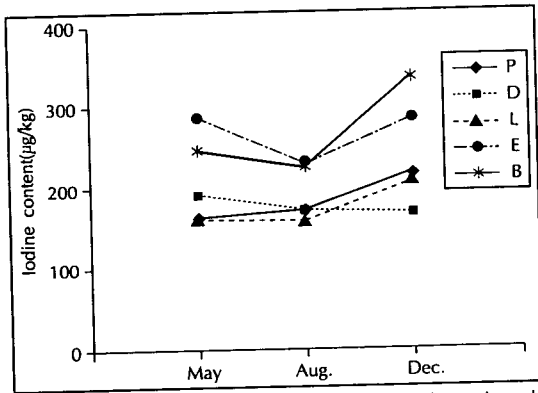


Fig. 1. Iodine contents of cow's milk with different brands produced in different season(P, D, L, E, B : brand name of milk).

요약 및 결론

중성지방산화 방법으로 분석한 한국인의 상용식품내 요오드 함량은 해조류, 어패류, 요오드란 순으로 높았다.

해조류의 요오드 함량은 1,370~179,060µg/100g이었으며, 어패류는 48~284µg/100g이었다. 달걀은 보통란의 경우 31.4µg/100g인데 비해 요오드가 강화된 요오드란은 186.9µg/100g이었으며, 우유내 요오드 함량은 평균 20.7µg/100g으로 계절적인 변동이 있었다. 즉 시

판유의 종류에 따라 요오드 함량의 차이는 있으나 여름에 가장 낮았으며 겨울에 가장 높았다. 곡류, 두류, 과일 및 야채류는 대부분이 1µg/100g 이하였다. 1인 1회 섭취 분량내 요오드 함량은 다시마, 미역, 요오드란, 어패류, 김, 우유 순으로 높았다.

이상의 결과들로부터 한국인의 상용 식품내 요오드 함량은 해조류와 어패류가 높으며 다른 나라와 비교시 이러한 식품들의 요오드 함량의 차이를 보였다.

식품내 요오드 함량은 식품내 요오드 수준 점검 및 조절을 위해, 또한 실질적인 요오드 섭취 수준 조사 및 적절한 수준의 요오드 권장량 설정을 위해 절실히 필요한 중요한 자료이다. 따라서 본 연구결과는 아직 분석되지 못한 한국인의 식품내 요오드 함량에 관한 기초자료로 이용될 수 있을 것이며, 이를 근거로 한국인의 요오드 섭취 수준을 파악할 수 있으며 요오드 영양권장량 책정을 위한 근거자료로, 나아가 갑상선질환 환자를 위한 교육자료로도 활용될 수 있을 것이다.

그러나 본 연구에서는 우유에 대해서만 계절적인 변동에 대해 고찰해 보았으나 다른 식품들에 대해서도 계절적, 지리적 차이에 따른 요오드 함량의 변동에 대해 심도있는 분석이 필요하다고 사료된다. 또한 식품내 요오드 함량 분석을 위해 사용한 중성지방산화 분석법은 존재하는 화학적 형태 및 시료의 형태 등에 영향을 받

지 않는 방법이나 CI에 방해를 받으므로 CI함량이 높은 식품에 대해 요오드 함량을 검출하지 못하였다. 그러므로 이러한 영향을 제거할 수 있는 감도높고 정확성이 큰 분석 방법의 개발이 요구된다.

Literature cited

- 1) Clugston GA, Hetzel BS. Iodine. In *Modern Nutrition in Health and Disease*, 8th ed. pp.252-262, Lea & Febiger, 1994
- 2) Delange F. Correction of iodine deficiency : benefits and possible side effects. *Eur J Endocrinol* 132 : 542-543, 1995
- 3) Laurberg P. Iodine intake-What are we aiming at? *J Clin Endocrinol Metab* 79 : 17-19, 1994
- 4) Vermiglio F, Lo Presti VP, Scaffidi AG, Finocchiaro MD, Cullo D, Squatrito S, Trimarchi F. Maternal hypothyroxinaemia during the first half of gestation in an iodine deficient area with endemic cretinism and related disorders. *Clin Endocrinol* 42 : 409-415, 1995
- 5) Baltisberger BL, Minder CE, Burgi H. Decrease of incidence of toxic nodular goitre in a region of Switzerland after full correction of mild iodine deficiency. *Eur J Endocrinol* 132 : 546-549, 1995
- 6) Glinoe D, De Nayer P, Delange F, Lemone M, Toppet V, Spehl M, Grun JP, Kinthaert J, Lejeune B. A randomized trial for the treatment of mild iodine deficiency during pregnancy : Maternal and neonatal effects. *J Clin Endocrinol Metab* 80 : 258-269, 1995
- 7) Maberly GF. Iodine deficiency disorders : Contemporary scientific issues. *J Nutr* 124 : 1473S-1478S, 1994
- 8) Gebriel ZW, West C, Gebru H. Interrelationship between vitamin A, iodine and iron status in schoolchildren in Shoa region, Central Ethiopia. *Br J Nutr* 70 : 593-607, 1993
- 9) Kohler B, Schnabel D, Biebermann H, Gruters A. Transient congenital hypothyroidism and hyperthyrotropinemia : Normal thyroid function and physical development at the ages of 6-14 years. *J Clin Endocrinol Metab* 81 : 1563-1567, 1996
- 10) Varo P, Saari E, Paaso A, Koivistoinen P. Iodine in Finnish Foods. *Int J Vitam Nutr Res* 52 : 80-89, 1982
- 11) Van Dokkum W, De Vos RH, Cloughley FA, Hulshof K, Dukel F, Wijsman JA. Food additives and food components in total diets in the Netherlands. *Br J Nutr* 48 : 223-231, 1982
- 12) Lee SM, Lewis J, Buss DH. Iodine in British foods and diets. *Br J Nutr* 72 : 435-446, 1994
- 13) Pennington JA, Young BE. Total diet study : Nutrients elements, 1982-1989. *J Am Diet Assoc* 91 : 179-183, 1991
- 14) Dokkum WV, De vos RH, Muys TH, Westra JA. Min-

- erals and trace elements in total diets in the Netherlands. *Br J Nutr* 61 : 7-15, 1989
- 15) Namba H, Yamashita S, Kimura H, Yokoyama N, Usa T, Otsuru A, Izumi M, Nagataki S. Evidence of thyroid volume increase in normal subjects receiving excess iodide. *J Clin Endocrinol Metab* 76 : 605-608, 1993
- 16) Mu L, Derun L, Chengyi Q, Peiyang Z, Qidong Q, Chunde Z, Qingzhen J, Huaixing W, Eastman CJ, Boyages SC, Collins JK, Jupp JJ, Maberly GF. Endemic goitre in central china caused by excessive iodine intake. *Lancet* 2 : 257-258, 1987
- 17) Konno N, Makita H, Yuri K, Iizuka N. Association between dietary iodine intake and prevalence of subclinical hypothyroidism in the coastal regions of Japan. *J Clin Endocrinol Metab* 78 : 393-397, 1994
- 18) Paul T, Meyers B, Witorsch RJ, Pino S, Chipkin S, Ingbar SH, Braverman LE. The effect of small increases in dietary iodine on thyroid function in euthyroid subjects. *Metabolism* 37 : 121-124, 1988
- 19) Pennington JA. A review of iodine toxicity reports. *J Am Diet Assoc* 90 : 1571-1581, 1990
- 20) Konno N, Yurk K, Taguchi H, Miura K, Taguchi S, Hagiwara K, Murakami. Screening for thyroid diseases in an iodine sufficient area with sensitive thyrotrophin assays, and serum thyroid autoantibody and urinary iodide determinations. *Clin Endocrinol* 38 : 273-281, 1993
- 21) Gushuurst CA, Mueller JA, Green JA, Sedor F. Breast milk iodide : Reassessment in the 1980s. *Pediatrics* 73 : 354-357, 1984
- 22) Martin FI, Tress BW, Colman PG, Deam DR. Iodine-induced hyperthyroidism due to nonionic contrast radiography in the elderly. *Am J Med* 95 : 78-82, 1993
- 23) Hall R, Lazarus JH. Changing iodine intake and the effect on thyroid disease. *Br Med J* 294 : 721-722, 1987
- 24) Mooij P, Wit HJ, drexhage HA. An excess of dietary iodine accelerates the development of a thyroid-associated lymphoid tissue in autoimmune prone BB rats. *Clin Immunol Immunopathol* 69 : 189-198, 1993
- 25) Phillips DIW, Nelson M, Barker DJP, Morris JA, Wood TJ. Iodine in milk and the incidence of thyrotoxicosis in England. *Clin Endocrinol* 28 : 61-66, 1988
- 26) Todd CH, Allain T, Gomo ZAR, Ndiweni M, Oken E. Increase in thyrotoxicosis associated with iodine supplements in Zimbabwe. *Lancet* 346 : 1563-1564, 1995
- 27) Fradkin JE, Wolff J. Iodide-induced thyrotoxicosis. *Medicine* 62 : 1-20, 1983
- 28) Wenlock RW, Buss DH. Trace nutrients 4. Iodine in British food. *Br J Nutr* 47 : 381-390, 1982
- 29) Nelson M, Phillips DIW, Morris JA, Wood TJ. Urinary iodine excretion correlates with milk iodine content in se-

- ven British towns. *J Epidemiol Community Health* 42 : 72-75, 1987
- 30) Allegrini M, Pennington JA, Tanner JT. Total diet study : Determination of iodine intake by neutron activation analysis. *J Am Diet Assoc* 83 : 18-24, 1983
 - 31) Holak W. Improving and developing analytical methods. A continuing challenge. *J Assoc Off Anal Chem* 71 : 1-6, 1988
 - 32) Pennington JA. Iodine. In Trace Minerals in Foods, pp. 249-289, Marcel Dekker, Inc., 1988.
 - 33) Kim JY. Analysis of the iodine content in common Korean foods and an assessment of the iodine status of Koreans. Yonsei university doctoral thesis, 1996
 - 34) 細貝祐太郎 堤 忠一 高居百合子. 食品微量元素 マニユアル. 中央法規出版, 日本. 1985
 - 35) Souci SW, Fachmann W, Kraut H. Food Composition and Nutrition Tables(5th). CRC press, Germany, 1994
 - 36) Holland B, Unwin ID, Buss DH. The Composition of Foods(4th Edition). RSC/MAFF. UK, 1989
 - 37) Moon HK. Frequency consumed food items of Korean. Seoul National University, 1994
 - 38) SAS/STAT. Guide for personal computer, version 6.03, 1987
 - 39) Korea Advanced Food Research Institute. Book for eye estimation of food weight in consumption survey, 1988
 - 40) Korean Nutrition Society. Recommended dietary allowances for Koreans, 6th revision, Seoul, 1995
 - 41) Pennington JA, Young BE, Wilson DB. Nutritional elements in U.S. diets : Results from the total diet study, 1982 to 1986. *J Am Diet Assoc* 89 : 659-664, 1989
 - 42) Bruhn JC, Franke AA, Bushnell RB, Weisheit H, Hutton GH, Gurtle GC. Iodine in cow's milk produced in the USA in 1980-1981. *J Food Prot* 46 : 41-46, 1983
 - 43) Bruhn JC, Franke AA, Bushnell RB, Weisheit H, Hutton GH, Gurtle GC. Sources and content of iodine in California milk and dairy products. *J Food Prot* 46 : 41-6, 1983
 - 44) Dunsmore DG. Iodophors and iodine in dairy products : 1. The iodine content of Australian dairy products. *Aust J Dairy Technol* 31 : 125-128, 1976
 - 45) Dunsmore PG, Nutzum C. Iodophors and iodine in dairy products : 2. Udder washes and salves. *Aust J Dairy Technol* 32 : 42-44, 1977
 - 46) Dunsmore PG, Nutzum C, Dettman B. Iodophors and iodine in dairy products : 3. Teat dipping. *Aust J Dairy Technol* 32 : 45-50, 1977
 - 47) Cantor A, Most S. Milk iodides : Effects of iodophor teat dipping and udder washing, and dietary iodide supplementation. *J Milk Food Technol* 39 : 554-560, 1976
 - 48) Katamine S, Hoshino N, Totsuka K, Suzuki M. Effects of long-term(17 - 19 months) feeding of high-iodine eggs on lipid metabolism and thyroid fuction in rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 31 : 339-353, 1985
 - 49) Tanaami S, Katamine S, Hoshino N, Totsuka K, Suzuki M. Histo-pathological study on rats fed iodine-enriched eggs long-term(7 and 19 months). *J Nutr Sci Vitaminol* 31 : 29-42, 1985
 - 50) Katamine S, Tanaami S, Mamiya Y, Seimoto K, Hoshino N, Totsuka K, Suzuki M. Influences of feeding of high-iodine eggs on hypo-and hyperthyroid rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 31 : 541-551, 1985