

비타민 무기질 임의영양강화 최대허용수준 추정*

정 해 랑** · 오 세 영***§

한국보건산업진흥원 연구사업지원본부, ** 경희대학교 생활과학대학 식품영양학과***

Estimation of Safe Maximum Levels of Vitamins and Minerals to Foods*

Chung, Hae-Rang** · Oh, Se-Young***§

Health Technology, Planning & Evaluation Board,** Korea Health Industry Development Institute, Seoul 156-050, Korea
Department of Food and Nutrition,*** Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

ABSTRACT

The voluntary addition of vitamins and minerals to the appropriate foods may help reduce the risks associated with low intakes of these micronutrients, yet the potential of excessive intake, particularly for persons consuming very large amount of foods needs to be addressed. Using the Flynn's model to estimate the level of each vitamins and minerals that can be added safely to foods, maximum levels of fortification to conventional foods per 100 kcal portion were estimated. Critical factors in the Flynn's model included tolerable upper intake level (UL), each micronutrient intake at the 95th percentile, the proportion of fortified foods in the diets of individuals, the proportion of foods to which micronutrients could be practically added, and a range of estimates for fractions of foods which might be actually fortified in each nutrient. Food vehicles included all foods except for fresh foods and alcoholic beverages, in general. With fortification of 50% of all potentially fortifiable foods, micronutrients could be added safely to foods at levels per 100 kcal 1) >100% Recommended Intake (RI) for vitamin B₁₂, 2) 1,200% RI for vitamin B₁ and niacin, 3) 1,000% RI for vitamins B₂ and B₆, 4) 400% RI for vitamin E, 5) 30% RI for calcium, 6) 20% RI for folic acid, iron and zinc, 7) 10% RI for manganese, 8) no fortification for magnesium, phosphorous and vitamin A, and 8) further consideration of vitamin D, copper and selenium due to insufficient evidence. Results of this study suggests a wide range of vitamins and minerals that can be added safely to foods in current diets of Koreans. (*Korean J Nutrition* 39(7): 692~698, 2006)

KEY WORDS : vitamins, minerals, fortification, tolerable upper intake levels, recommended intake.

서 론

영양강화는 의무 (mandatory) 강화와 임의 (voluntary) 강화로 구분된다.¹⁾ 의무강화는 주로 밀가루와 같은 많은 사람들이 섭취하는 덜 가공된 주식이 대상 식품이 되는 경우가 많으나 임의강화는 보다 더 가공된 주식외의 식품이 대상이 된다. 의무강화는 임의강화에 비해 강화식품에 대한 소비자의 지식이나 행동변화가 거의 요구되지 않는다는 장점이 있으나 영양강화를 의무로 할 것인가 임의로 할 것인가는 영양문제의 심각성, 보편성을 비롯한 여러 요인에 의해 결정된다. 의무 영양강화의 대표적인 예로는 미국과 캐

나다에서 신경관 결함 출생아 방지를 위해 실시된 씨리얼과 곡류제품의 엽산강화와 중국의 간장의 철분강화가 있다.^{2,3)}

식품에 영양소를 강화할 때에는 목표집단의 영양소 섭취 부족을 감소시킬 수 있어야 하고 이미 충분한 양을 섭취하고 있는 인구집단에서 과잉섭취의 위험이 발생하지 않도록 해야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 주요국 (캐나다, 유럽연합)은 영양강화에 대한 기준을 마련하고 있다. 임의영양강화와 관련하여 캐나다에서는 2005년에 기준을 제안하였고⁴⁾ 유럽연합은 2003년에 제안된 1차 시안을 수정·보완하여 빠른 시일내에 시안을 확정한다는 계획을 가지고 있다.⁵⁾ 이와 관련하여 Flynn 등⁶⁾의 일반식품의 비타민 무기질 강화 안전수준 연구와 Health Canada⁴⁾에서 Monte carlo simulation을 사용하여 구한 최대강화수준은 임의영양강화수준 설정에 참고할 만하다.

반면 한국의 경우 식품 등의 기준 및 규격에서 영양소강화에 대한 조항은 매우 드물다. 우유류와 밀가루의 제조, 가공기준에서 강화를 언급하고 있으나 이것도 의무적인 강

접수일 : 2006년 9월 19일

채택일 : 2006년 10월 1일

*Supported by a grant of the 2005 Korea Food and Drug Administration (Principal investigator Se-Young Oh).

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail : seyoung@khu.ac.kr

화가 아니라 강화를 허용한다는 정도에 한정된다.⁷⁾ 한국에서 영양강화제는 식품첨가물로 간주한다.⁸⁾ 즉, 비타민과 무기질을 첨가하고자 할 때 식품첨가물기준 및 규격에서 허용한 품목이면 사용할 수 있으며 대부분의 비타민과 무기질이 이에 해당한다. 비타민과 무기질 영양강화는 영양 표시를 통해 간접적으로 관리할 수 있으나 우리나라의 경우 영양강화식품의 영양성분 표시를 의무화하는 규정이 없다.⁹⁾ 다만 영양소 함량 강조표시에 해당하는 강화, 함유 등의 용어에 대한 사용기준을 정하고 이 기준에 적합할 경우 해당용어를 사용하도록 하고 있다.

이와 같이 현재 한국에서 영양강화에 대한 기준이 아직 마련되어 있지 않으나 보충제를 섭취하는 인구가 늘고 있고, 시중에는 다양한 강화제품이 유통되고 있어 무분별한 영양강화시 과잉섭취도 우려된다. 각종 가공식품 즉, 스낵류, 라면, 레토르트식품, 주스류, 우유와 유가공품, 시리얼, 특수영양식품 등에 칼슘, 철분, 비타민 A, B군, C, 엽산 등 다양한 미량 영양소가 첨가되며 그 수준도 매우 광범위하다.¹⁰⁾ 어린이가 많이 섭취하는 우유 및 유제품에는 칼슘 이외의 1~8종의 영양소가 동시에 강화되어 어린이들은 본래의 의도와 상관없이 다른 영양소를 초과하여 섭취하거나 또는 부족하지 않은 영양소들을 더불어 섭취해야 하는 문제가 있음이 제시되었다.¹¹⁾ 따라서 임의영양강화에서 안전 강화 수준 제시가 시급하나 관련연구가 이루어진 바가 없다. 이에 본 연구는 최근 발표된 영양섭취기준에 근거하여 일부 비타민과 무기질 임의영양강화 안전수준을 제안하고자 한다.

연구 방법

1. 대상영양소 설정

현재 우리나라에서 임의영양강화에는 대부분의 비타민과 무기질이 대상이 된다. 따라서 본 연구는 2001년도 국민영양조사 자료에 있는 영양소를 모두 포함하였고 그 외

비타민과 무기질은 섭취량이 제시된 문헌을 참고하였다. 영양강화 대상영양소는 Institute of Medicine의 임의영양 강화에 대한 의사결정 모형¹²⁾을 참고하여 한국인에서 섭취 부족이 문제될 수 있는 영양소로 하였다. 이에 따라 2001년도 국민영양조사와 계절별조사 자료를 분석하여 섭취부족 인구비율이 5%이상인 영양소를 영양강화 대상으로 간주하였다.¹²⁾ 국민영양조사 자료 분석을 통해 선정된 영양소는 칼슘, 인, 칼륨, 철분, 나이아신 및 비타민 A, B₁, B₂, C이다. 문헌을 참고한 영양소는 Table 1과 같다. 요오드는 한국인에서 과잉섭취가 우려되는 영양소로 강화대상에서 제외하였다. 최종적으로 선정된 강화대상 영양소는 칼슘, 칼륨, 철분, 비타민 A, 비타민 B₁, 비타민 B₂, 나이아신, 비타민 C, 비타민 D,¹³⁾ 비타민 E,¹⁴⁾ 비타민 B₆,¹⁵⁾ 엽산,¹⁶⁾ 비타민 B₁₂,¹⁷⁾ 마그네슘,¹⁸⁾ 이연,¹⁹⁾ 구리,¹⁹⁾ 셀레늄,¹⁹⁾ 망간²⁰⁾ 등이다(Table 1).

2. 비타민 무기질의 상한섭취량

한국인 영양섭취기준²¹⁾에 제시된 영양소별 상한섭취량을 참고하였다. 상한 섭취량이 제시되지 않은 비타민 B₁, B₂, B₁₂는 guidance level을 기준으로 하였다.²²⁾

3. 임의영양 강화대상 식품 선정

임의영양강화대상식품은 국민건강과 강화기능 식품이라는 측면이 고려하여 설정된다. 본 연구에서는 최근 가장 심도 있게 영양 강화를 연구한 유럽연합과 캐나다 사례를 적용하고,¹⁵⁾ 2001년도 국민영양조사의 1차 식품분류군에 포함된 2738 식품목록에 근거하여 1차로 강화대상 식품을 정하였다. 1차 선정된 강화대상 식품은 전문가회의를 거쳐 확정하였다.

4. 영양소별 임의영양강화 최대수준 설정

Flynn등이 제시한 방법에 따라 다음과 같이 구하였다.⁶⁾

1) 열량과 해당 미량영양소 섭취의 95백분율 산출

국민영양조사자료에 포함된 영양소는 95백분율에 해당

Table 1. Micronutrient intakes of Koreans from selected literature

Nutrient	Mean ± SD	RI ¹⁾	Subject	Reference number	Year of publication
Vitamin D (μg)	3.75 ± 2.19	5	Urban adults (21-49 yr, n = 72)	13	1998
Vitamin E (mg)	9.74 ± 6.3	10	Urban adults (> 20 yr, n = 208)	14	2001
Vitamin B ₆ (mg)	1.5 ± 0.8	1.5	College students (n = 294)	15	2004
Folic Acid (μg)	256.2 ± 99.7	400	Adults and elderly (> 40 yr, n = 469)	16	2004
Vitamin B ₁₂ (μg)	4.6 ± 5.8	2.4	Women with childbirth experience (n = 49)	17	2004
Magnesium (mg)	240.4 ± 78.5	350	Rural adults (n = 30)	18	1993
Zinc (mg)	12.1 ± 6.2	10	Rural elderly (>60 yr, n = 168)	19	2003
Copper (mg)	1.8 ± 1.3	800	Rural elderly (>60 yr, n = 168)	19	2003
Selenium (μg)	109.6 ± 57.1	50	Rural elderly (>60 yr, n = 168)	19	2003
Manganese (mg)	3.81 ± 2.21	3.5	College women (n = 50)	20	2000

1) Recommended intake for males aged 20-49 yr

하는 열량과 영양소섭취 수준을 SAS의 PROC UNIVARIATE를 이용하여 산출하였다.²³⁾ 국민영양조사에 포함되지 않아 기존문헌을 이용한 경우는 평균에 표준편차의 1.645를 곱한 수치를 더한 값을 각 영양소섭취의 95백분율 값으로 하였다 (95th percentile = mean + 1.645 × SD).

2) 1)에서 산출한 값이 이용하여 Flynn 등⁶⁾이 제시한 방법에 따라 100 kcal 당 최대영양강화수준을 구하였다. 최대 영양강화수준을 계산하기 위해 열량과 미량영양소의 95백분율 수치 외에 필요한 자료는 다음과 같다.

- 미량영양소 권장섭취량 (Recommended Intake, RI)
- 미량영양소 상한섭취량 (Upper Limit, UL)
- 전체식품 중 강화가능식품비율 (Total Available, TA)
- 강화가능한 식품 중 실제 영양강화 식품 비율 (Proportion of fortified foods of total available, PFF)
- 최대 미량영양소강화 수준 (Maximum allowance for intake of micronutrients from fortified foods, MA)
- 100 kcal당 미량영양소 강화 허용수준 (Acceptable level of addition with which nutrient per 100 kcal portion of the food, ALA) = $MA/[PFF \times TA \times (\text{energy intake}/100)]$

예를 들어 성인남자군의 95백분율 열량섭취와 칼슘섭취가 4,100 kcal와 1,176 mg이고 칼슘 상한섭취량이 2,500 mg, 권장섭취수준이 700 mg이면 $MA = UL - CI_{95} = 2,500 - 1,176 = 1,324$ mg이고 이는 권장섭취수준의 약 1.9배 ($1,324/700 \approx 1.9$)에 해당한다. 미량영양소 강화 가능식품으로부터 섭취하는 열량이 30%이고 이 가운데 영양강화되는 비율 (PFF)이 50%라 할 때 일반식품의 100 kcal당 칼슘 강화 허용 수준은 $MA/(41 \times 0.3 \times 0.5) = 1.9/6.15 \approx 0.31$, 즉 권장섭취수준의 31%에 해당한다.

영양강화가능 식품은 기술적, 비용적 문제와 식품업체의 의도에 따라 그 비율이 달라진다. 이와 같은 정보를 얻기 위해선 식품업체 대상 조사가 필요하나 현재 우리나라에서 관련 자료가 매우 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 강화가능한 식품 중 실제로 강화되는 식품의 비율 (PFF)을 100%, 50%, 25%, 10%, 5%의 경우를 가정하여 결과를 산출하였다.

본 연구는 2001 국민영양조사 자료 (1일치 자료)와 2002 계절별 영양조사 자료 (2일치 자료)에서 20~50세와 20~65세 성인남자의 영양소 섭취자료를 분석하였는데 그 결과가 유사하여 본 연구에서는 2001년도 20~65세 성인남자 국민영양조사자료 분석결과를 제시하였다.

결 과

1. 강화대상 식품 및 강화대상식품으로 섭취한 열량 비율

임의영양강화대상식품은 캐나다와 유럽연합의 경우를 참고하여^{4,5)} 다음 3가지 안에 제시된 식품을 제외한 모든 가공식품으로 하는 것으로 하였다. 제 1안은 강화대상 제외 식품으로 영양강화가 가능하지 않은 신선식품과 국민건강상 영양강화가 바람직하지 않은 주류와 동물성기름을 포함하였고 그 외 소금과 왜간장은 사용빈도가 높아 임의강화대상식품에 적절하지 않다고 보아 포함하였다. 제 2, 3안은 1안에 지방 섭취를 고려하여 널리 쓰이는 유지류와 대부분의 유지류를 영양강화 대상 제외식품으로 정하였다.

1) 임의영양강화 제외 식품

(1) 제1안

신선식품 (곡류, 과일, 채소, 육류, 가금류, 어패류 등 모든 신선식품), 술, 동물성기름 (예. 돼지기름, 닭기름), 양념류 (소금, 왜간장)

(2) 제2안

제1안 + 널리 쓰이는 유지류

(3) 제3안

제 1안 + 대부분 유지류

위의 안을 적용하였을 때 영양강화가능한 가공식품으로부터 섭취한 열량비율이 남자는 평균 26.7~29.2%이었다 (Table 2). 이에 본 연구에서는 최대 강화비율을 고려하여 우리나라의 영양강화대상 식품은 전체열량섭취의 30%로 정하였다.

2. 열량, 비타민, 무기질 95백분율 섭취수준

열량섭취의 95백분율에 해당하는 값은 Table 3에 제시하였다. 결과에 따라 열량섭취의 95백분율 값은 4,100 kcal로 하였고 4,100 kcal를 100 kcal로 나눌 때 41이라는 값이 도출되었다. 이렇게 산출된 41은 100 kcal당 미량영양소 강화 허용수준을 구하는 데에 적용되었다.

영양소 별 95백분율에 해당하는 값은 Table 4에 제시하였다.

3. 임의 영양강화 최대허용 수준

비타민 B₁₂, B₂, 나이아신, B₆, E, B₁, C는 강화가능식품의 5%에서 100% 강화될 경우 최대 허용량은 모두 권장섭취량의 100 kcal 당 100% 이상으로 나타났다. 이러한 영양

Table 2. Proportion (%) of energy intake from fortifiable foods in male adults calculated from the 2001 Korean health and nutrition survey

	Male (n = 4,631)
Option 1	29.2 ¹⁾²⁾
Option 2	28.1
Option 3	26.7

1) mean (range by age group), 2) Unit (%)

Note: Option 1 included all foods except for fresh produce (grains, fruits, vegetables, meat, poultry, fish, shellfish), alcoholic beverages, animal fat, seasonings (salt, soy sauce). Option 2 consisted of all foods except for widely used fats and oils and foods excluded in Option 1. Option 3 included all foods except for most of fats and oils and foods excluded in Option 1

Table 3. Energy intake of male adults (20-65 yr) by the 2001 Korean health and nutrition survey

	All corresponding subjects included	With exclusion of those with either > 7,000 kcal or < 500 kcal
Number of subjects	2,844	2,833
Mean (kcal)	2,393	2,382
Median (kcal)	2,221	2,221
95% confidence interval (kcal)	4,142	4,113

소들은 영양강화 가능식품의 50%가 강화된다고 할 때 영양소에 따라 권장섭취량의 267 (비타민 C) - 13,134 (비타민 B₁₂)%의 범위를 보였다(Table 4).

구리, 비타민 D는 강화가능식품의 100% 강화할 경우는 최대허용수준이 100 kcal당 권장섭취량의 각각 99%, 83%였으며, 50% 강화될 경우는 198%, 167%로 나타났다. 셀레늄은 이보다 낮아 강화식품의 비율이 100%와 50%일 때 각각 31%, 62%, 칼슘은 15%, 31%이었다. 엽산, 인, 철분, 아연은 강화가능제품의 25~100%가 강화된다고 할 때 10~46%의 범위를 보였고 망간은 8~32% 수준을 나타냈다. 마그네슘은 최대허용 수준이 -9~0%로 나타나 임의 영양강화 대상으로 적절하지 않음을 알 수 있다. 비타민 A는 최대 허용범위가 경우에 따라 13~258%로 나타났다.

고 찰

본 연구는 우리나라에서 일반식품에의 비타민/무기질 임의강화기준 마련을 위한 과학적 증거를 제시하기 위해 대규모 식이섭취와 문헌을 참고하여 강화대상식품과 강화수

Table 4. Safe maximum levels of vitamins and minerals that can be added to foods

Nutrient	Units (mg) or (μg)			Expressed as RIs ¹⁾			% Foods fortified (of total available) ²⁾				
	RI ¹⁾	UL ³⁾	CI ₉₅ ⁴⁾	UL ³⁾	CI ₉₅ ⁴⁾	MA ⁵⁾ (UL-CI ₉₅)	100%	50%	25%	10%	5%
Magnesium (mg)	350	350	369.9	1.0	1.1	-0.1	0	-1	-2	-5	-9
Manganese (mg)	3.5	11	7.5	3.1	2.1	1.0	8	16	32	79	159
Zinc (mg)	10	35	22.3	3.5	2.2	1.3	10	20	40	101	202
Iron (mg)	10	45	32.2	4.5	3.2	1.3	10	21	42	104	208
Phosphorous (mg)	700	3500	2547	5.0	3.6	1.4	11	22	44	111	221
Folic acid (μg)	400	1000	420.7	2.5	1.1	1.4	11	23	46	115	230
Vitamin A (RE)	750	3000	1812	4.0	2.4	1.6	13	26	52	129	258
Calcium (mg)	700	2500	1176	3.6	1.7	1.9	15	31	62	154	308
Selenium (μg)	50	400	203.8	8.0	4.1	3.9	31	62	125	311	623
Vitamin D (μg)	5	60	7.4	12.0	1.5	10.5	83	167	334	835	1670
Copper (mg)	800	10000	3.9	12.5	0.0	12.5	99	198	397	992	1983
Vitamin C (mg)	100	2000	359	20.0	3.6	16.4	133	267	534	1334	2668
Vitamin B ₁ (mg)	1.2	50	3.21	41.7	2.7	39.0	317	634	1268	3170	6340
Vitamin E (mg)	10	540	20.1	54.0	2.0	52.0	413	825	1650	4126	8252
Vitamin B ₆ (mg)	1.5	100	2.82	66.7	1.9	64.8	514	1028	2057	5142	10284
Niacin (mg) (nicotinamide)	12	1000	43.3	83.3	3.6	79.7	648	1296	2593	6482	12963
Vitamin B ₂ (mg)	1.3	200	2.63	153.8	2.0	151.8	1234	2469	4937	12343	24687
Vitamin B ₁₂ (μg)	2.4	2000	14.2	833.3	5.9	827.4	6567	13134	26267	65668	131336

1) Recommended Intake

2) By total available is meant the 30% of all foods that are assumed to be fortifiable. Values were calculated using the equation, MA/(0.3 × 41 × % foods fortified)

3) Tolerable upper intake level

4) 95th percentile intake

5) Maximum allowance which can be added per 100 kcal food without exceeding UL at the 95th percentile intake
95th percentile energy intake = 4,100 kcal

UK expert vitamin & mineral group upper safety limits are used for ULs for vitamin B₁ and B₂

준을 제시하였다.

주요국의 비타민/무기질강화대상 식품은 앞서 제시한 바와 같이 많은 차이를 보인다. 기본적으로 신선식품과 술을 제외한 가공식품이 강화대상 식품이 되나 국민영양과 건강 문제를 고려하여 포화지방산이나 트랜스지방산, 첨가당 함량이 높은 식품 등이 포함되기도 한다. 본 연구에서는 신선식품, 술, 동물성기름, 널리 사용되는 유지류를 제외한 가공식품을 강화대상 식품으로 정하여 3가지 경우를 고려하여 강화대상 식품으로 취하는 열량섭취 비율은 30% 내외로 산출하였다. 이러한 결과는 주요국과 비교해 매우 낮은 수준이다. 참고로 불란서는 47%, 유럽연합과 캐나다는 50% 선으로 보고하였다.⁶⁾ 이러한 결과는 밥 위주의 한국인의 식이섭취의 특성에 기인한 것이라 본다. 밥으로 섭취하는 열량의 비율이 높기 때문에 신선식품이며 대표적인 널리 섭취되는 식품인 밥을 제외하였을 경우 임의강화대상 식품으로부터 섭취하는 열량섭취 비율은 적어지기 때문이다. 본 연구에서는 한국인이라는 대표성을 고려하여 성인 남자를 기준으로 자료를 분석하였지만 가공식품으로부터 섭취하는 열량비율이 연령별로 차이가 이를 고려한 후속연구가 필요하다. 아울러 본 연구에서 제시한 강화대상 식품은 학계 전문가 회의를 거쳐 타당성이 검증되었기는 하나 정책 실시를 위해 최종 확정하기 위해선 전문가 그룹을 확대하고, 소비자, 제조업자 등의 입장을 고려하여 결정되어야 할 것이다.

Table 5에서는 실제 강화되는 식품을 강화가능식품의 50%로 가정하여 유럽연합과 캐나다의 경우와 비교하였다. 유럽연합은 실제 강화비율을 25%기준으로 최대허용량을 설정하였으나 이는 식품업체 대상 조사 결과 중 보수적인 결과를 적용된 것이며,⁶⁾ 최근 덴마크에서 50%를 적용하는 것이 타당하다는 견해가 있다. 또한 DHA와 같은 영양소가 우리나라에서는 모든 시판용 분유에 첨가되나 주요국의 경우 DHA강화에 대해 보다 보수적인 입장을 보이는 것을 감안할 때 영양강화 기준이 제시될 때 실제 강화되는 식품은 주요국 보다는 높다고 본다. 이러한 점을 고려하여 우리나라의 경우 아직 이에 상응하는 자료가 부재하나 본 연구에서는 실제 강화 비율을 50%로 하여 기준을 제시하고자 한다. 이 경우 비타민 B₁₂는 유럽연합과 같이 100 kcal 당 권장섭취량의 100% 이상으로 하여 강화 허용 폭을 넓혀도 무방할 것으로 생각된다. 비타민 B₁과 나이아신은 1,200%, 비타민 B₂와 B₆는 1,000%, 비타민 E는 400% 정도가 된다. 칼슘은 30%, 엽산, 철분, 아연은 20%, 망간은 10%가 적절하다고 판단된다. 그 외 마그네슘, 인, 비타민 A의 영양강화는 제한하는 것으로 한다. 비타민 A는 주

Table 5. Safe maximum levels of vitamins and minerals that can be added to foods by selected countries

Nutrient	Korea	EU	Canada
	Per 100 kcal	Per 100 kcal	Daily value for per reference amount
Magnesium	No		5-10%
Manganese	? (DB?)		No
Zinc	20%	10-40%	No
Iron	20%	10-40%	No
Phosphorous	No	10-40%	NA
Folic acid	20%	50-100%	10%
Vitamin A (RE)	No	No	No
Calcium	30%	10-40%	10%
Selenium	? (DB?)	50-100%	No
Vitamin D	? (DB?)	50-100%	10%
Copper	? (DB?)	50-100%	No
Vitamin C	250%	100%이상	20%
Vitamin B ₁	800%	50-100%	20%
Vitamin E	1000%	> 100%	20%
Vitamin B ₆	1000%	> 100%	20%
Niacin (nicotinamide)	1200%	> 100%	20%
Vitamin B ₂	1200%	> 100%	20%
Vitamin B ₁₂	> 100%	> 100%	20%

No: Fortification was not allowed, NA: Not available

? (DB?): Not determined due to insufficient available database

요국에서 대표적인 임의영양강화 제한 영양소이고 인은 섭취부족비율은 6~8%선으로 낮은 편이고 칼슘영양과의 연관하여 과다섭취가 문제가 될 것으로 판단되기 때문이다. 비타민 D, 구리, 셀레늄은 과학적 증거의 보완이 필요하다고 보아 강화수준 설정을 보류한다. 참고로 최소강화 수준은 영양 표시를 기준으로 정하는 것이 타당할 것이다.

실제 강화식품 비율을 25%로 하고 100 kcal 당으로 제시된 유럽연합 최대영양소 강화수준과 비교해 볼 때 비타민 C는 우리나라의 경우 섭취량이 높아 다소 낮은 강화 수준이 제시되었다(Table 5). 반면 칼슘이 다소 높은 수준으로 나타났다. 망간, 아연, 철분은 25%를 적용할 때 같은 수준을 나타내었다. 캐나다는 섭취분량 당으로 영양소 강화 최대허용량을 제시하여 본 연구의 분석과는 차이가 있기는 하나 본 연구와 유럽연합에서 100 kcal 당 강화허용 범위가 큰 영양소의 최대강화수준을 캐나다에서는 섭취분량 당 20%, 칼슘과 엽산 및 마그네슘은 10%로 하였고, 망간, 엽산, 철분, 비타민 A의 영양강화는 허용하지 않았다.^{4,5)} 이러한 결과는 마그네슘을 제외하고는 유럽연합에 비해 보수적인 입장을 취한 것으로 보인다. 캐나다의 강화대상 식품이 유럽연합에 비해 제한되어 있음도 이를 뒷받침한다.

본 연구에서 제안된 임의영양강화 최대수준은 제안은 영

양소 위해평가를 위한 대규모 섭취자료에 근거하여 타당성이 검증될 필요가 있다. 국민영양조사 자료의 경우 미량영양소 종류가 제한되어 있어 여러 미량영양소 섭취를 소규모로 진행된 연구에서 추정하였기 때문에 이로 인한 오차를 배제할 수 없기 때문이다. 현재 한국인의 영양보충제 섭취량에 대한 자료가 부족하여 본 연구결과에는 보충제 섭취가 고려되지 못했으나 향후 연구에서는 보완되어야 할 것이다.

요약 및 결론

최근 발표된 영양섭취기준에 근거하여 일부 비타민과 무기질의 일반식품에의 임의강화 안전 수준을 제안하고자 한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 임의영양강화대상 식품은 캐나다와 유럽연합의 경우를 참고하여 (1) 신선식품, 술, 동물성기름, 소금, 왜간장 등을 제외한 모든 일반 가공식품, (2) (1)안에 널리 쓰이는 유지류를 제외한 모든 일반 가공식품, (3) (1)안에 대부분의 유지류 제외한 모든 일반 가공식품으로 하였다.
- 2) 위의 3안을 적용하였을 때 영양강화 가능한 가공식품으로부터 섭취한 열량비율이 성인남자에서 평균 26.7~29.2%로 나타나, 우리나라의 영양강화대상 식품은 전체 열량섭취의 30%로 정하였다.
- 3) 열량섭취의 95백분율에 해당하는 값은 4,100 kcal로 산출되어 100 kcal 당 portion은 41로 하였다.
- 4) 영양강화 가능식품의 50%가 강화된다고 가정할 때, 최대 허용 강화수준은 비타민 B₁₂, B₂, 나이아신, B₆, E, B₁, C는 영양소에 따라 100 kcal 당 권장섭취량의 267 (비타민 C) - 13,134 (비타민 B₁₂)%의 범위를 보였다. 구리, 비타민 D는 50% 강화될 경우는 160~200%이었고 셀레늄은 이보다 낮아 60%, 칼슘은 30%로 나타났다. 같은 강화수준에서 최대 강화허용수준은 엽산, 인, 철분, 아연, 비타민 A는 20%, 망간은 15% 선으로 나타났다. 마그네슘은 최대허용 수준이 0%보다 적었다.
- 5) 위의 결과에 근거하여 최대임의 강화허용수준은 비타민 B₁₂는 100 kcal 당 권장섭취량의 100%이상, 비타민 B₁과 나이아신은 1,200%, 비타민 B₂와 B₆는 1,000%, 비타민 E는 400%, 칼슘은 30%, 엽산, 철분, 아연은 20%, 망간은 10%가 적절한 것으로 제시하였다. 그 외 마그네슘, 인, 비타민 A의 영양강화는 제한하였고 비타민 D, 구리, 셀레늄은 과학적 증거의 보완이 필요하다고 강화수준 설정을 보류하였다.

비타민과 무기질 종류에 따라 다양한 최대 강화 허용기

준을 제시한 본 연구의 결과는 향후 임의 영양강화정책 마련에 유용한 기초 자료가 될 것이다. 하지만 강화허용기준 산출을 위해 사용된 자료에 제한점이 있어 향후 이를 보완할 수 있는 연구 실시가 요구된다.

Literature cited

- 1) Institute of Medicine. National Academy. Dietary Reference Intakes: guiding principles for nutrition labelling and fortification. National Academy Press, Washington DC, 2004
- 2) Yetley EA, Rader JJ. Modelling the level of fortification and post-fortification assessment: U.S. experience. *Nutr Rev* 62(6): S50-S59, 2004
- 3) Mannar V, Gallego EB. Iron fortification: country level experiences and lessons learned. *J Nutr* Apr;132(4 Suppl): 856S-8S, 2002
- 4) Health Canada. Addition of Vitamins and Minerals to Foods, 2005. http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/vitamin/fortification_final_doc_1_e.html, 2005
- 5) European Commission. Regulation of the European parliament and of the council on the addition of vitamins and minerals and of certain other substances to foods, 2003
- 6) Flynn A, Moreiras O, Stehle P, Fletcher RJ, Muller DJ, Rolland V. Vitamins and minerals: A model for safe addition to foods. *Eur J Nutr* 2: 118-130, 2003
- 7) Korea Food & Drug Administration. Food standards and regulation, Korea food code. http://www.kfda.go.kr/cgi-bin/t4.cgi/foodikorea/food_main.taf accessed at June 1, 2006
- 8) Korea Food & Drug Administration. Korea Food Additives code. http://mdmoa.kfda.go.kr:9020/standard/gongjeon_chongchik.jsp accessed at June 1, 2006
- 9) Korea Food & Drug Administration. Food labelling standards. <http://nutrition.kfda.go.kr/> accessed at June, 2006
- 10) Oh SY. A study on the development of nutrient fortification guidelines for conventional foods. Final report, Korea Food and Drug Administration, 2004
- 11) Kim OH, Kim ES. A study on the current status of calcium fortification in the processed foods in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(1): 170-176, 2002
- 12) Paik HY. Development of standards for nutritional assessment. Final report, Korea Food and Drug Administration, 2005
- 13) Moon SJ, Kim JH. The effects of vitamin D status on bone mineral density of Korean adults. *Korean J Nutrition* 31: 46-62, 1998
- 14) Shim JE, Paik HY, Lee SY, Kim YO, Moon HK, Kwon HH, Kim JH. Assessment of vitamin A and E status in Korean rural adult population by dietary intake and serum levels. *Korean J Nutrition* 34: 213-221, 2001
- 15) Cho YO, Kim BY. Evaluation of vitamin B₆ status and RDA in young Koreans. *Ann Nutr Metab* 48: 235-240, 2004
- 16) Choe JS, Paik HY. Seasonal variation of nutritional intake and quality in adults in longevity areas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33(4): 668-678, 2004
- 17) Im MY, Nam YS, Kim SU, Jang NS. Vitamin B status and serum homocystein levels in infertile women. *Korean J Nutri-*

- tion* 37: 115-122, 2004
- 18) Sung CJ, Rho SN, Kim AJ, Choi MK, Lee JH. Relationship among dietary intakes, blood levels, and urinary excretions of Ca, P, Mg and serum lipid levels in Korean rural adult men and women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 22: 709-715, 1993
 - 19) Gwag EH, Lee SL, Yun JS, Lee HS, Kwon JS, Kwon IS. Macro-nutrient, mineral and vitamin intakes in elderly people in rural area of north Kyungpook province in South Korea. *Korean J Nutrition* 36: 1052-1060, 2003
 - 20) Sung CJ, Yoon YH. Originals: The study of Zn, Cu, Mn, Ni contents of serum, hair, nail and urine for female college students. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 99-105, 2000
 - 21) Korean Nutrition Society. Dietary Reference Intakes for Koreans. Kukjinyhwak, Seoul, 2005
 - 22) Export group on vitamins and minerals. Safe upper levels for vitamins and minerals. Food Standards Agency, London, 2003
 - 23) Cody RP, Smith JK. Applied statistics and the SAS programming language. 5th ed. Prentice-Hall Inc., New Jersey, 2005
 - 24) Rasmussen SE, Anderson NL, Dragsted LO, Larsen JC. A safe strategy for addition of vitamins and minerals to foods. *Eur J Nutr* 54: 123-135, 2006