

비타민의 화학적인 특성과 기술적인 문제에 대한 이론

비타민의 工業的인 利用

朴 基 賢

〈韓國人蔘煙草研究所〉

Ⅰ 서 론

비타민의 중요성은 국민학교의 교육에서부터 강조되고 있으나 실제 우리 생활에서 큰 비중을 두지 않고 일상 취하는 식품에 어느정도 함유되어 있을 것이라는 추측만으로 식생활을 영위하고 있다. 그리고 유아기 또는 성장기에만 비타민이 절대 필요한 영양소인 것으로 인식하고 있는 중년 이후의 사람들이 의외로 상당수에 이르고 있다. 때로는 신체에 이상을 느끼면서 중년기에서 흔히 볼 수 있는 비타민 결핍에 의한 초기의 대사장애인 줄 모르고 그냥 지나쳐 버리곤 한다. 그러다가 장기간 계속되든가 또는 견딜 수 없을 정도가 되면 병원을 찾는 습관을 우리 주변에서 볼 수 있다.

복지제도가 완비된 유럽의 국민들이 평소 갖고 있는 건강유지에 대한 개념은 영양소가 균형을 이루는 식품을 최대로 섭취하는 것이 병원을 찾는 회수를 줄일 수 있다는 것으로

우리와는 큰 차이를 보이고 있다. 영양공급을 위해 일부에서는 상습적으로 약을 복용하는 것으로 만족하는 경우도 있기 때문이다. 그러므로 비타민에 대한 제반 고찰에서는 이와 같은 우리의 다소 그릇된 사고방식을 개선하는 한편 비타민강화에 따른 비타민의 화학적인 특성과 기술적인 문제에 대한 이론을 예를 들어 간략히 기술하여 식품제조업계 등에 종사하는 여러분에게 도움이 되었으면 한다.

② 비타민의 중요성

1753년 James Lind가 선원들의 괴혈병 방지를 위해서는 신선한 과일과 야채의 섭취가 무엇보다 중요하다고 제안한 이래 Casimir Funk는 정상적인 신체가 장애를 받는 것은 우리가 음식물로부터 섭취하는 vital-amines이란 물질이 몸안에 결핍되어 유발된다고 지적하였다.

그후 Szent Györgyi, Haworth, Karrer 등은 근대적인 생물학 또는 화학적인 방법의 도입으로 오늘날 Vitamin에 관한 학술적인 개념을

그림 1. 비타민 C의 공업적인 합성방법과 생합성 과정의 비교

(A) 공업적인 합성방법	(B) 동물체에서 생합성
<p>D-Glucose ↓ D-Sorbitol ↓ L-Sorbose ↓ Diacetone-2-keto-gulonic acid ↓ 2-keto-gulonic acid ↓ Ascorbic acid</p>	<p>D-Glucose D-Galactose ↓ Uridine diphosphate D-glucose ↓ D-Glucuronic acid ↓ L-Gulono-γ-lactone ↓ limiting step (in man, monkey, guinea pig) 2-Keto-gulono-γ-lactone ↓ L-Ascorbic acid</p>

확립하였다. 따라서 우리가 섭취하는 “음식물의 질”이라는 영양학적인 제반 요인은 비타민 으로부터 시작되어 인체의 정상적인 신진대사에 필수적인 영양요소로서 거론되어 왔다.

현재까지 13종류의 비타민이 알려져 있으나 비타민C의 경우는 그림1.에서 보는 바와 같이 사람을 비롯하여 gulonooxidase가 결핍된 폐지, 원숭이를 제외한 동물들에서는 유전적으로 생합성되고 있다.

13종의 비타민 외에도 현재 orotic acid(비타민B₁₃), inosital, pangamic acid(비타민 B₁₅) (rutin비타민P) 등은 그 비타민으로서의 생체내 영양학적인 그리고 생화학적인 특성이 구체적으로 밝혀지고 있지 않으나 때때로 여러 학자들에 의해 분류되어 그 중요성이 강조되고 있다.

오래 전부터 가장 많이 연구되어 현재 그 특성과 결핍으로 인하여 유발되는 질병은 잘 알려진 바와 같이 각기병, 구루병, Pellagra (niacin결핍, 남미, 남유럽에서는 때때로 풍토병으로 분류되기도 함)등으로 개발도상국가에서 흔히 볼 수 있으며 기아나 식생활의 이상에서 야기되는 질병들이다. 때문에 저개발국가에서는 주요한 식료품에 비타민을 첨가하여

예방 및 치료의 효과를 보고 있으며 그 예로 파테말라에서는 설탕에 비타민A를 첨가하여 소기의 성과를 거두고 있다.

그러나 위에 언급한 질병들은 영양결핍에 대한 임상적인 증상이며 준임상적인 (subclinical)대사장애의 정도를 진단하기에는 무척 어렵다. 그리고 이와 같은 초기의 대사장애는 도시 생활을 하는 현대인에 주관적으로 흔히 나타나는 신경성 불안감, 욕구불만, 허약, 피로, 신경과민 등을 말하며 오래 계속되면 축적되기도 하여 만성화 하는데 일정기간 균형 있는 식생활습관에 따라 충분한 영양공급이 되면 해소되나 경우에 따라서는 성격이 다소 변하게 된다.

③ 비타민의 권장량

과거 생물학적인 면에서만 취급되던 식품에 함유된 비타민은 biological unit로 나타냈으나 국제회의에서 분석방법이 표준화되어 international unit라는 개념이 도입되었다.

예를 들면 비타민D의 one international unit는 건강한 쥐에게 specified diet를 매일 일정량 투여 했을때 구루병의 발생을 방지하

는데 충분한 비타민의 양이다.

그러나 분석화학의 발달에 따라 비타민 구조가 속속 밝혀 지면서 화학적인 방법은 좀더 중요성을 갖게 되었으며 현재 비타민함량과 필요량은 표 1과 같이 일반적으로 무게로서 표시되고 있다.

이 표에 제시한 수치는 절대적인 양이 될 수 없으며 사람이 실질적으로 필요로 하는 비타민함량을 정확히 산출하기는 불가능하다.

때문에 권장되는 각각의 양은 국가마다 큰 차이를 보이고 있으며 표 2는 영국과 미국의

표 1. 비타민의 activity

비타민	각종 유도체	순수 1g의 activity
A	Retinol	3300000IU
	Retinyl acetate	2907000IU
	Retinyl palmitate	1819000IU
D	Ergocalciferol(D ₂)	40000000IU
	Cholecalciferol(D ₃)	40000000IU
E	d- α -tocopherol	1490IU
	dl- α -tocopherol	1100IU
	dl- α -tocopheryl acetate	1000IU

표 2. 비타민의 권장량

비타민	단위	영국*	미국*
A	mg retinol	750	1000
D	mg	2.5	10
E	International unit		15
B ₁	mg	1.2	1.4
B ₂	mg	1.7	1.6
B ₆	mg	—	2
B ₁₂	mg	—	3
niacin	mg	18	18
C	mg	30	45
Folic acid	mg	—	400
Pentothenic acid	mg	—	5~10
Biotin	mg	—	100~300
K	mg	—	—

* : 18~35세의 건강한 남자를 표준하며 산출
+ : 23~50세의 남자를 표준하여 산출

권장량을 각각 종류별로 표시했으나 특히 A, D의 경우는 상당한 차이를 보이고 있다. 특히 C의 경우 영국에서는 하루의 권장량이 잘 지켜지지 않는다 하더라도 하루 섭취 식품에서 권장량의 $\frac{1}{6}$ 정도는 함유되어야 한다고 강조하고 있다. 비타민섭취에 관련된 제반 최신 정보는 HMSO Monthly Digest of Statistics에서 정기적으로 발간하고 있다.

표 3. 각 가정의 섭취하는 영양가(1978 영국)*

비타민	권장량에 대비한 섭취량 (%)
A(retinol equivalents)	181
B ₁	121
B ₂	134
Niacin	177
C	161
D*	72

+ : 4명 이상의 어린이가 있는 가정

* : 비타민 D는 피부에 햇빛을 받아 자체 전환 또는 합성되므로 식품으로부터의 필요량이 적음.

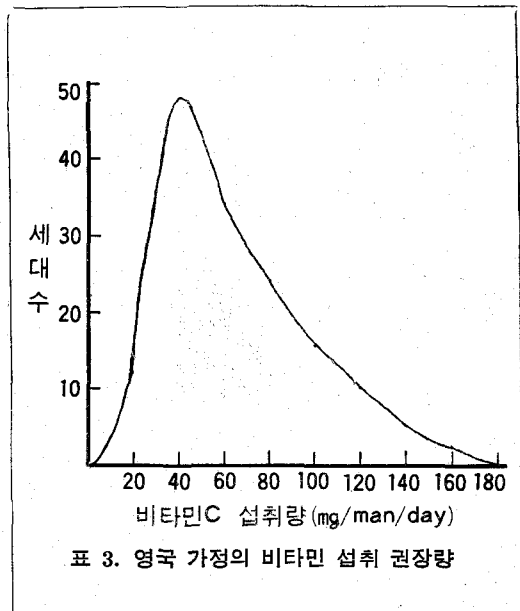


표 3. 영국 가정의 비타민 섭취 권장량

이에 따라 표 3은 1978년 영국에서 각 가정의 음식물 섭취중 비타민 섭취에 대한 권장량

을 표시한 것으로 우리 가정에서도 참고가 될 것이다.

Allen과 Brook(Brit. J. Nutr., 22, 555(1968))가 조사한 바에 따르면 그림 2에서와 같이 비타민 C의 경우 영국의 각 계층의 가정을 표본 조사한 결과 권장량에 미달되는 식생활을 영위하는 가정이 의외로 많은 것으로 나타났다. Kallner등 (Am. J. Clin. Nutr., 32, 530(1979))이 최근에 연구조사한 결과에서도 비타민 C의 섭취가 너무 적었다고 지적하였는데 오늘날 건강을 지키기 위한 영양개선이 구미각국에서 상당한 관심을 끌고 있는 현실을 감안할 때 10여년 전의 조사결과나 별 차이가 없는 것은 식생활 습관에 큰 잘못이 있는 것으로 판단된다.

따라서 영양학자들은 불안정한 흡수까지를 고려할 때 70~75mg/day 정도를 강조하고 있으며 건강한 비흡연 남자의 경우는 100mg 정도가 적절하다고 제안하고 있다. 더욱 흡주나 흡연습관이 있는 남자는 비타민의 생체이용에 영향을 받을지 모르므로 식품섭취에 특별한 주의가 요망될 뿐아니라 체중조절 또는 미용을 위한 음식조절은 자칫하면 영양결핍으로 인한 부작용을 야기하게 된다.

표 4. 비타민 흡수에 대한 약의 효과

약 품	영향을 받는 비타민
Antiepileptics	Folic acid, 비타민 D
Antimalarials	Folic acid
Isoniazid	Pyridoxine
Oral contraceptives	Pyridoxine, 비타민 C

한편 경구피임을 실시하는 부인이나 임산부, 약을 정기적으로 복용하는 사람들은 표 4에 지적한 바와 같이 평상시 보다 더 많은 비타민이 요구된다. 이에 따르면 항간질성약품(A-

ntiepileptics)을 복용하는 환자는 엽산과 D의 흡수가 방해받으므로 권장량보다 더 많은 양을 섭취해야 하며 항말라리아제(Antimalarials)경우도 엽산섭취를 충분히 하기 위해서는 평상시보다 많은 엽산함유식품을 취해야 한다.

④ 식품제조에서 비타민의 첨가에 따른 제반문제

공업적으로 생산된 비타민은 오늘날 저렴한 가격으로 식품제조에 첨가되며 그 첨가기술은 상당히 발달되어 있어 제조업자들은 영양가가 강화된 이상적인 표준식품을 제조할 수도 있다.

예를 들면 감자가공식품에는 탄수화물이 대사되는데 필요한 비타민 B그룹을 첨가하는 것이 바람직하다. 또한 직장인은 점심때 보통 간단한 즉석식품을 찾게 되는데 대량생산되는 인스턴트식품의 제조과정에서 질을 강화하는데는 비타민 첨가 식품을 공급하는 것이 소홀해지기 쉬운 직장인의 영양관리에 도움이 될 것이며 중년 이상의 영양공급과 불편한 치아나 틀니를 한 사람이 즐겨 찾는 비스킷, 샌드위치, 빵 등도 비타민첨가에 의해 좀 더 개선할 수 있다. 이와 같은 시도는 특히 학교급식에서 강조될 만하다. 그러나 식품의 제조과정상 비타민강화는 다음의 몇가지 사항을 연구 검토할 필요가 있다.

1. 식품제조중 어느 공정에서 비타민을 첨가해야 가장 이상적인가.
2. 첨가된 비타민은 제조중에 안정성을 유지할 수 있으며 소비자의 식탁에 오르기 전까지 즉 유통과정을 포함한 저장에서 안정성유지 문제는 어떻게 해야 하는가.
3. 여러 비타민중 어느 것을 적절히 첨가해

야 하는가.

4. 첨가 또는 강화시설에 대하여 중간취급자를 포함한 소비자를 위해 어떤 표시를 하는 것이 바람직한가.

5. 제품가격은 어느 정도로 할 것인가.

일반적으로 비타민은 식품제조과정에서 가능한 한 최종 공정 중에 첨가하는 것이 가장 바람직하다. 비타민의 안정성(역가)을 저하시키는 여러 요인을 각각 표 5에 표시하였다.

표 5. 식품제조에 첨가되는 비타민의 최적 pH와 저해물질

비 타 민	안정성에 대한 최적 pH 범위	안정성을 저해하는 물질
A Acetate Palmitate	5~7	산화제 산소 Peroxide가 함유된 지방 알카리산 금속이온 자외선
D	5~7	산화제 산소 Peroxide가 함유된 지방 산, 금속이온 자외선
E Tocopherol	5~7	산화제 산소 Peroxide가 함유된 지방 알카리. 금속이온 자외선
Tocopheryl acetate	5~7	산화제 Peroxide가 함유된 지방 알카리. 산
K Phytomenadione	5~7	산화제, 환원제 자외선
B ₂ Hydrochloride mononitrate	2~3	산화제, 환원제 금속이온. 알카리
B ₂ Riboflavine	4~6	자외선 환원제 금속이온 자외선

B ₆ Pyridoxine	2~3	강알카리 산화제 금속이온 자외선
P ₁₂ Cyanocobalamin	4~5	강알카리 산화제, 환원제 금속이온. 햇빛 강산, 강알카리
H Biotin	6~7	산화제 자외선
Folic acid	6~7	강산, 강알카리 산화제, 환원제 금속이온, 햇빛
Niacin	6~7	금속이온
Calcium Pantothenate	4~5	강산, 강알카리 산. 알카리. 열
C	2~7 (5~6)	산화제 금속이온 햇빛 알카리열

비타민의 안정성 측정은 실험실의 조건에 따라 상당한 차이를 보이므로 관련 분야에 종사하는 사람들 상호간에 긴밀한 협조가 있어야 한다.

그리고 첨가된 비타민은 반드시 첨가한 사실과 가능하면 첨가량까지도 표시해야 한다. 비타민 첨가로 인하여 소요된 생산비용은 식품제조의 총 비용에 비교하여 볼 때 대단치 않다. 이에는 제조과정과 저장중에 비타민역가 저하를 보충하기 위하여 적정량보다 여분의 양을 좀더 첨가하는 비용이나 분석비용이 포함된다. 그러나 원가절감이라는 면에서 효율적인 관리가 뒤따라야 함은 물론이다.

5 현황과 실제 이용

첨가된 비타민은 영양강화를 위한 것이 일차적인 목표지만 식품을 착색하므로써 소비자의 기호성을 증진시키기 위한 효과를 간과 할

표 6. 비타민의 생산 비용(1978년도 영국)

비타민	생산물의 형태	1kg 생산 비용(원)
A	A Palmitate (300,000 μ gretinol/gr)	24,700
B ₁	Thiamine hydrochloride	27,450
B ₂	Riboflavin	48,040
B ₆	Pyridoxine hydrochloride	41,180
Niacine	Nicotinic acid	8,235
C	Ascorbic acid	8,235

수 없다.

그리고 유지식품의 경우 항산화제로서 비타민이 첨가되기도 한다. 그 예로서 ascorbic acid sodium ascorbate, ascorbyl palmitate, tocopherol 등은 항산화제로서 널리 사용된다. 또한 β -caratene과 같은 비타민 A 유도체들 즉 Carotenoids, 그리고 B₂는 천연의 식품착색제로서 날로 그 사용량이 증가되고 있다. 비타민 C는 식품의 산화에 의한 산패방지는 물론 밀가루 품질을 개선하는데 첨가되기도 하며 산소제거제(oxygen scavenger)나 과일, 채소에서 볼 수 있는 효소에 의한 갈색화 현상을 억제한다는가 향기보존제로서 사용된다. ascorbic acid, caratenoid를 첨가하므로써 품질보존 및 개선을 위한 식품류와 이에 따른 첨가량을 표 7과 8에 각각 대비하였다.

(1) 밀가루와 제빵

제빵의 질은 밀가루의 gluten 함량에 달려 있는데 유럽의 여러 나라에서 생산되는 밀의 경우 gluten 함량이 상당히 적은 것으로 알려졌다. 그러므로 밀가루 100kg당 2~5gr의 비율로 ascorbic acid를 첨가하여 품질을 높여주고 있으며 특수한 경우에는 7.5~10gr까지도 첨가한다. 이것은 밀가루 반죽시에 발생하는 gas retention capability와 elasticity 그리

표 7. 식품제조에 비타민 C의 공업적 이용

식품종류	첨가량
냉동과일의 갈색화 반응억제	300~1000mg/kg
과실주스의 갈색화 반응억제	150~200mg/l
통조림과일의 갈색화 반응억제	1~3g/kg
감자가공품의 변색 억제	0.1~0.5g/kg
통조림버섯의 변색 억제	1.5~3g/kg
밀가루 또는 제빵의 품질개선제	0.02~0.05g/kg
육류절임	0.5g/kg
냉동어류, 가공어류의 산화에 의한 산패 억제	0.1~0.2g/kg
맥주의 향기보존제	20~50mg/l
와인의 향기보존과 투명효과	25~100mg/l
분유, 시유의 산화억제	700mg/kg
요구르트의 산화억제	400~800mg/l

표 8. 식품제조에서 Carotenoids의 공업적 이용

식품종류	첨가량(mg/kg)
케이크, 비스킷	5~10
버터	3~5
버터소스	2~6
치즈	6~30
어류제품	25~30
젤리, 푸딩	3~5
마가린	2~7
육류, 제품	5~20
유지	3~6
셀러드	3~6
soft drinks	1~5mg/l
soups	2~3mg/l

고 단백질분자간의 cross linking을 개선하기 위한 것이다.

(2) 육류

신선한 육류에서 볼 수 있는 색소도 myoglobin은 공기 중에 극히 불안정하다. 이것은 oxymyoglobin으로 되고 다시 갈색의 metmyoglobin으로 산화된다. 그러나 ascorbic acid 존재하에서는 metmyoglobin으로 되는 것을 억제시켜 준다.

절임육류에서 저장의 목적으로 첨가하는 nitrite는 그 일부가 myoglobin을 metmyoglobin으로 산화시키며 nitric oxide로 전환되기도 한다. 그리고 nitric oxide는 myoglobin과 반응하여 nitrosyl myoglobin이 되고 이것은 다시 metmyoglobin과 반응하여 nitrosyl metmyoglobin으로 된다.

그러나 이 화합물은 nitrosyl myoglobin이 되기도 하여 안정한 물질을 형성한다. 열을 가하면 nitrosyl myoglobin은 nitrosyl haemochromogen으로 전환되어 아주 특이한 연분홍색이 된다. 계속되는 산화에 의한 변색을 방지하기 위하여 ascorbic acid를 절임소금과 함께 첨가하면 효과적으로 억제할 수 있다.

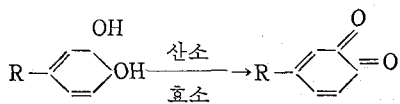
(3) 음료

주로 과즙음료와 맥주의 독특한 천연향기를 보존하기 위하여 그리고 색소성분의 산화와 용액이 혼탁되는 것을 방지하기 위하여 ascorbic acid가 첨가된다. 중요한 것은 음료의 보존재로서 첨가되는 sulfur dioxide의 양을 적게 할 수 있으며 soft drink의 향을 보존한다. 한편 head space에서 산소를 제거 또는 감소시키기 위해서도 첨가되는데 실제로 ascorbic acid 3.3mg은 산소 1ml와 반응한다.

(4) 과일과 야채류

대부분의 과일과 야채는 지질함량이 낮기 때문에 산패가 문제되지 않는다. 그러나 효소에 의한 산화는 사과와 같이 과일껍질이 제거되는 부분에서 주로 일어난다. 과일에서 폐놀 화합물은 공기 중에서 phenoloxidase에 의해 색을 나타내는 quinone 화합물로 산화된다. 이때 ascorbic acid는 이 과정을 억제할 수 있

지만 이것이 없다면 산소공급이 계속되면 quinone화합물은 더 산화되어 중합반응이 일어나 갈색색소를 형성한다.



Phenolic substrate

Quinone compound

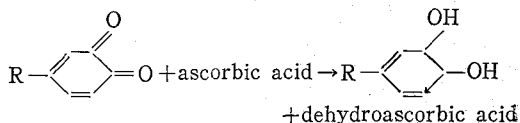


그림 3. 비타민 C의 효소에 의한 산화과정

그림 3은 이와 같은 효소에 의한 갈색화 반응을 나타낸 것이다.

그리고 야채의 sulphite 화합물을 blanching에 의해 제거시켜 바람직하지 않은 맛을 없애는데 ascorbic acid가 첨가 된다.

감자, 셀러리, 사과에 대한 이상적인 blanching 조건은 다음과 같다.

Ascorbic acid	0.1%
Citric acid	0.25%
Sodium chloride	0.5%
Sodium bisulphite	0.375%

앞으로 식품가공에서 ascorbic acid 사용은 계속해서 증가될 것으로 예상되는데 그 이유는 인체에 미치는 유해성 여부로 관심의 대상이 되고 있는 nitrosamine이 식품가공중 형성되는 것을 ascorbic acid가 감소시킬 수 있다는 데에도 유용한 첨가물이 되기 때문이며 보존재로서 사용되는 sulfur dioxide의 양도 대신 감소시킬 수 있기 때문이다.

(5) 유지류

유지를 안정화시키기 위해 항산화제로써

ascorbyl palmitate의 사용량이 점차 증가되고 있으며 tocopheral과 함께 첨가했을 때 상승 효과를 나타내기도 한다.

(6) 천연 색소

식품첨가물로서의 인공색소는 소비자의 기

표 9. 유지류의 산화방지에 ascorbyl palmitate의 효과

Ascorbyl palmitate (mg/kg)	peroxide value				
	Sun flower oil (1일)	Peanut oil(2일)	Soya bean oil (2일)	Palm oil (3일)	Lard (5일)
control	46.2	17.2	100.0	29.5	>400.0
100	12.7	7.6	43.2	23.6	>400.0
200	15.4	6.5	12.5	14.2	>400.0
300	10.0	4.9	3.2	13.3	>400.0
400	13.7	4.3	2.5	13.0	186.0
500	14.2	3.7	2.0	9.9	1.2

호성을 증진시키기 위하여 오랫동안 사용되고 있으나 그 중에서 몇가지 색소는 인체에 미치는 영향으로 인하여 때때로 논란의 대상이 되고 있는 실정이다. 때문에 천연색소가 큰 호명을 받고 있으며 특히 β -carotene의 경우 천연색소로서는 물론 식품의 영양가라는 면에서 그 이용이 증가되고 있는데 표 8은 유지 및 단백질 식품 등에 carotenoid의 가장 적절한 첨가량을 나타낸 것으로 음료수 등에도 사용되는 양을 제시하였다.

관심을 두지 않으면 안된다. 음식물 섭취 후 포만감을 느끼는 것으로 만족할 때는 지났다.

한편 식품제조업자들은 비타민 강화식품을 제조하는데 과감한 투자를 해야 할 줄로 안다. 비타민 강화에 소요되는 생산비용은 전 제조비용에 견줄 때 그리 대단치 않으며 소비자의 건강을 도모하는 데도 막중한 사명감이 있다는 것을 잊어서는 안되기 때문이다.

참 고 문 헌

1. Vitamins. Proceedings of the University of Nottingham Residential Seminar. Mendel Stein(ed). Churchill Livingstone' 1971.
2. Vitamins in the elderly, A.N. Exton-Smith and L.D. Scott(eds), John Wright and sons Ltd., 1968.
3. Vitamin C. Recent aspects of its physiological and technological importance. G.G. Birchard and K.J. Parker(eds), Applied Science Publishers, 1974.
4. Food Flavorings, Ingredients and Processing, 79, OCTOBER, 1979.

5 결론

대부분의 사람들은 비타민은 필수적으로 식품을 통하여 섭취해야 한다는 사실을 알고는 있지만 권장량에 대해서는 별로 관심이 없는 듯하다.

그리고 일상의 섭취식품에 함유된 비타민량 정도면 충분하리라고 막연히 믿고 있다. 그러나 비타민 부족에 의한 초기의 대사장애는 육구불만을 비롯해 신경성불안 또는 피로 등으로 나타나기 때문에 그 섭취량에 대하여 항상