

식·음료제품에 대한 항산화성 비타민의 활용

이 부 용

특용작물가공팀

일반적으로 나이가 들어감에 따라 생기는 많은 퇴행성 질병들은 자유라디칼이라고 부르는 파괴적인 화학물질에 인체가 오랫동안 노출되어서 발병하는 경우가 많다. 자유라디칼이란 에너지준위가 높고 반응성이 강한 한개의 홀전자(unpaired electron)를 갖고 있는 불안정한 분자로서, 다른 전자를 하나 더 찾아서 짝을 이루고 안정된 형태로 될때까지 계속해서 세포나 DNA들을 공격한다. 이런 자유라디칼들은 체외에서 들어오기도 하고 체내 대사 과정중에 생성되기도 한다.

자유라디칼들을 소거시키거나 안정화시키는 능력이 있는 물질들을 보통 항산화제(antioxidant)라고 부르며, 이들은 자유라디칼이 발생하는 산화반응을 막아준다. 자연계에는 많은 항산화제가 존재하지만 인체에는 비타민C, 비타민E, 카로테노이드가 매우 중요한 역할을 한다. 베타카로틴(β -carotene), 리코펜(lycopene), 루틴(lutein), 제이크산틴(zeaxanthin)과 같은 몇몇 카로테노이드들이 항산화성을 갖고 있으며, 베타카로틴이 가장 많은 연구가 되어있다. 일반적으로 비타민C, 비타민E, 베타카로틴을 항산화성 비타민이라고 부르지만, 엄밀하게 말하면 베타카로틴은 비타민이 아니

라 체내에서 필요시 비타민A로 전환되는 프로비타민이다.

항산화성 비타민들의 주요 효과는 자유라디칼 소거능력이다. 비타민C와 베타카로틴은 일중항산소(singlet oxygen)제거제로 작용하고, 비타민E와 전구체인 베타카로틴은 반응단계를 막아주는 항산화제로서 작용한다. 비타민C는 비타민E를 생성시키는 수용성 항산화제이지만 비타민E와 베타카로틴은 지용성 항산화제이다. 비타민E는 높은 산소압력하에서 효과적이지만, 베타카로틴은 낮은 산소압력에서 더 효과적이다. 따라서 이와같은 항산화성 비타민들은 단독적으로나 상호 협력하여 암, 심장질환, 백내장 등의 퇴행성 질병을 일으키는 여러가지 산화 반응들을 지연시키거나 막아준다.

1. 건강 증진 효과

표 1은 자유라디칼들이 일으키는 것으로 알려진 만성적인 질병들에 대한 항산화성 비타민들의 효과에 대한 과학적 증거 정도를 나타낸 것이다.

표 1에 나타난 증거정도는 동물실험, 역학조사, 임상시험 등의 많은 자료들을 기초로한 것으로서

표 1. 만성질환들에 대한 항산화성 비타민들의 증상개선효과 관련도

| Disease | Vitamin C | Vitamin E | β -Carotene |
|------------------------|-----------|-----------|-------------------|
| Cardiovascular disease | + | +++ | + |
| Cancer | ++ | ++ | + |
| Cataracts | ++ | ++ | ++ |
| Immune function | ++ | +++ | ++ |
| Arthritis | + | + | + |
| Alzheimer's disease | - | ++ | - |

- Little or no evidence of relationship
 + Some evidence of relationship

++ Good evidence of relationship
 +++ Excellent evidence of relationship

수많은 연구들이 진행중이며 새로운 과학적 증거들이 계속 발표되고 있다. 그러나 효과가 있다고 많은 과학적인 증거들이 발표되어도 아직 소비자들은 효과가 나타날 정도로 충분한 양의 항산화성 비타민들을 섭취하고 있지는 않다. 1992년에 Paterson등은 제2차 국민건강 및 영양조사(The Second National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES II, 1976-80) 보고서에서 보면 29% 만이 권장량의 과일을 섭취하고 있었고, 27%만이 권장량의 야채를 섭취하고 있었으며, 단지 9%만이 권장량의 야채와 과일을 둘다 섭취하고 있었다는 사실을 발견했다.

그림 1은 1987년부터 90년 사이에 실시된 제 3

차 국민건강 및 영양조사(NHANES III, 1987-90)에 나타난 권장량과 실제 섭취량의 차이를 살펴본 것이다.

그림 1에 표시한 권장량은 미국 농무성(USDA) 과 국립보건원(NIH)의 자료를 참고하여 Lachance가 제안한 것으로서 실제 섭취량은 권장량에 비해 턱없이 부족하다. 1998년에 유치원 아이들을 상대로 조사된 보고서에서는 아이들이 권장량의 80% 정도되는 과일을 섭취하고 있었으나, 야채는 권장량의 25% 정도만 섭취하는 것으로 나타났다.

이 조사결과는 많은 어린아이들이 필요한 양 만큼의 항산화성 비타민들을 섭취하고 있지 않다는 사실과 함께, 이런 비타민들이 적게 함유되어 있거나 없는 음식들을 주로 먹고 있다는 사실을 말해주는 것이다. 이런 국민보건상의 문제를 해결할 수 있는 가장 좋은 방법은 항산화성 비타민들이 강화된 기능성 식품을 제조하여 섭취시키는 것이다.

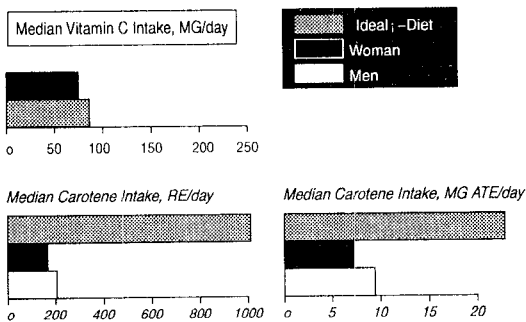


그림 1. 제 3차 국민건강 및 영양조사에 나타난 항산화성 비타민의 권장량과 실제 섭취량.

2. 항산화성 비타민의 강화수준

표 2는 항산화성 비타민들이 첨가된 강화식품을 제조할 때 적정 첨가량을 나타낸 것이다.

현재 이 첨가량은 임상적으로 매우 효과적인 것으로 나타났으며 1일 4번의 음식물을 섭취하는 것을 기준으로 정한 양이다. 비타민E 1ATE는 1mg

이나 1.49 IU의 α -토코페롤에 해당하는 양이다. 실제 이 권장 첨가량은 상당한 양이기는 하지만 RDI의 권장량을 크게 초과하고 있지는 않다. 위의 기준으로 보면 하루 4번의 식사로 비타민C는 RDI 권장량의 400%를 섭취하며, 비타민E는 200%, 베타카로틴도 200%를 섭취하게 된다. 그러나 비타민E의 경우 200%라도 최소한 이 정도는 섭취해야 한다. 많은 임상시험 결과들을 보면 하루에 최소한 100 IU/day 이상을 섭취하라고 하는데, 이것은 RDI 권장량의 333%에 해당하는 양이다.

위의 첨가수준은 더 많은 첨가량의 임상시험에서도 전혀 부작용이 나타나지 않았던 안전한 첨가량이다. 베타카로틴 임상시험에서 흡연에 의한 폐암 환자그룹에서 약간의 부작용이 관찰되었으나 그때 투여량은 20~30mg으로서 권장강화량보다 4~5배량이다. Erythropoietic protoporphyria라고 부르는 광 민감성 질환자들의 경우에도 몇주간 하루에 120mg의 베타카로틴을 섭취하여도 아무런 부작용이 관찰되지 않았다. 단 피부가 노랗게 되는 현상은 몇주간 계속해서 하루 30mg이상의 베타카로틴을 섭취할때 나타나는 현상으로서 섭취량을 줄이면 곧 정상으로 돌아온다. 이처럼 항산화성 비타민들을 강화시키기 좋은 식품들로는 음료, 시리얼바(cereal bar), 시리얼, 유제품들이 있다. 현재 이 성분들이 강화된 음료제품들이 강화제품 시장에 나타나기 시작하고 있다.

스포츠 음료나 유동식, 영양식들에 항산화성 비타민들이 주로 강화되고 있으며, 식사대용 시리얼이나 스포츠바(sports bar) 제품들도 좋은 강화대상이고 유제품의 경우도 전통적인 제품 이미지가 조금 변형된 부드러운 호르몬성을 갖는 제품들의 경우가 적합한 것으로 추천되고 있다.

3. 강화방법

다양한 형태의 항산화성 비타민들이 식·음료에 사용되고 있다. 베타카로틴은 보통 분말 형태로 사용되는데 물에 쉽게 분산되며, 찬물에서의 용해도에 따라 10%, 7%, 1%의 다양한 분말제품이 있다. 최근에는 비수용성의 백색 분말형태도 있다. 비타민 C는 보통 분말형이나 그레놀형, 코팅된 형태로 제공된다. Na가 붙은 sodium형과 Ca가 붙은 calcium형 비타민C도 있다. 비타민E 아세테이트는 찬물에도 녹는 형태로 판매된다. 베타카로틴이나 α -토코페놀, 비타민E 아세테이트 등을 30% 정도 함유한 지용성 제품들도 제조되고 있으며, 이들은 또 유화제품으로 제조되어 판매되기도 한다.

분말 형태의 베타카로틴과 토코페롤 아세테이트를 음료에 첨가할 때 이들을 미리 증류수에 저장용액으로 녹인 다음 에멀전으로 만들어서 균질화시킨 다음 음료에 첨가한다. 분말음료 제품들의 경우에는 분말 형태 비타민들을 그대로 첨가하여도 좋다.

표 2. 첨가수준

| | | |
|---|-------------------|-------------------------------|
| "Ideal" intake/day based on USDA/NCI guidelines(Lachance, 1994) | β -Carotene | 5.2-6.0 mg |
| | Vitamin C | 217-225 mg |
| | Vitamin E | 17-20 ATE |
| "Effective" intake/day based on clinical studies | β -Carotene | 10-50 mg |
| | Vitamin C | 250-1000 mg |
| | Vitamin E | 133-533 ATE |
| Minimum recommended levels/serving based on 4 equivalent servings/day | β -Carotene | 1.5 mg(50% RDI for vitamin A) |
| | Vitamin C | 60 mg (100% RDI) |
| | Vitamin E | 10 ATE (50% RDI) |

30% 분산액은 140℃, 질소충전하에서 식물성 유지에 결정들이 완전하게 녹을때까지 교반시킨다. 베타카로틴은 정유성분에 첨가되어 수용성 검으로 제조되기도 한다. 비타민C나 Na 결합 비타민C는 물에 쉽게 녹지만 산화문제를 최소화시켜야 한다.

상업적으로 이용되고 있는 형태로서 항산화성 비타민들의 향기문제와 권장하는 용액 형태의 목록은 표 3과 같다.

예를 들면 베타카로틴은 노란색이나 오렌지색을 띠는 것이 좋은데 음료를 제외하고는 10% 분말형으로 사용하는 것이 색이 빠지지 않고 좋다.

식·음료에 첨가된 항산화성 비타민들의 안정성에 영향을 주는 요인들은 표 4에 나타나 있다.

비타민C와 베타카로틴은 모두 열과 산소에 취약하지만 비타민E는 아세테이트 형태로 있으면 매우 안정하다. 또한 가공방법도 손실을 최소화하는 공정을 선택해야 한다. 비타민C는 음료 첨가시 가공 방법에 따라 크게 영향을 받는다. 비타민C가 산화되는 것을 막기 위해서는 스테인레스 용기, 알루미늄 용기, 프라스틱 용기들을 사용해야 하며 구리, 철, 놋쇠, 청동이 함유된 용기는 피해야 한다. 제품을 탈기시키는 것도 도움이 되며, 병입시 되도록이면 빈 공간(headspace) 적게 남기고, 일정한 속

도로 충전시키는 것이 좋다. 열처리하는 가급적 짧은 시간 내에 하고, 방사선조사는 피해야 한다. 제품 속의 산소를 제거시키기 위해서 좀더 과량의 비타민C를 넣기도 한다.(산소 1cc를 제거시키는데 비타민C는 3.4mg 소요됨)

항산화성 비타민들은 적용대상 제품의 가공 방법과 저장 방법에 따라 적정 첨가량 이상으로 더 첨가되는 과잉량(overage)이 다른데 표 5에 나타나 있다.

실제 첨가되는 정확한 과잉 수준은 가공공정과 저장조건에 따라 조금더 높거나 낮을수도 있지만 제품의 정확한 시험을 통해서 저장중 안정성을 부여하는 것은 매우 중요하다.

4. 기능성식품에 대한 적합성

성장이 빠른 동물을 이용한 역학적, 임상연구 결과를 보면 항산화성 비타민들이 확실히 암, 심장질환, 백내장, 관절염, 당뇨병, 알츠하이머 등의 질병에 예방 효과가 있다는 것이 밝혀지고 있다. 항산화성 비타민들은 GRAS(일반적으로 안전하다고 분류되는 등급) 등급의 첨가물로 분류되어 안전성에 대한 많은 자료를 갖고 있으며, 상업적으로 관

표 3. 내재하는 관능적인 문제점들과 적정용액

| Antioxidant vitamin | Potential problem | Suggested solution |
|--------------------------------|--|---|
| β -Carotene Vitamin E | Dry product forms cloud in clear (transparent) beverages | Add more juice to make opaque (natural juices are often cloudy) Add 30% β -carotene or tocopheryl acetate (oily form) to flavor emulsion |
| Vitamin C | Taste too tart at higher levels of ascorbic acid | Use part or all of requirement as of sodium ascorbate Calcium ascorbate is bitter and not recommended for most food uses |
| β -Carotene | Yellow to orange color not desirable | Use β -carotene 10% B in products except beverages |

표 4. 안정성에 영향을 주는 주요 인자들

| Antioxidant vitamin | Factor |
|---------------------|---|
| β -Carotene | Exposure to oxygen Heat above 45°C for extended period of time Packaging in oxygen-permeable or clear packages Oxidation catalyzed metal ions, light, and heat |
| Vitamin C | Very stable in dry form Very sensitive to oxygen and heat in solution Oxidation catalyzed by metal ions and heat |
| Vitamin E | dl- α -tocopheryl acetate very stable except at pH extremes dl- α -tocopherol sensitive to oxidation which is catalyzed by heat and metal ions |

표 5. 가공 공정이나 저장중 손실을 감안한 과잉 첨가량

| Antioxidant vitamin | Percent overage needed | | | |
|---------------------|------------------------|-------------|-------------------|----------------|
| | Beverages | Cereal bars | Breakfast cereals | Dairy products |
| β -Carotene | 25-40 | 25 | 25 | 25 |
| Vitamin C | 40-200 | 50-100 | 100 | 50 |
| Vitamin E | 10-25 | 10-15 | 25 | 15 |

능적 문제를 최소화한 목적에 맞는 다양한 형태로 활용되고 있다. 이들은 기능성 건강식품 제조에 매우 이상적인 소재성분들인 것이다.

참 고 문 헌

- ATBC. 1994. The effect of vitamin E and beta carotene on the incidence of lung cancer and other cancers in male smokers. The Alpha-Tocopherol, Beta Carotene Cancer Prevention Study Group. *New Eng. J. Med.* 330:1029-1032.
- Bendich, A. 1988. The safety of beta carotene. *Nutr. Cancer* 11:207
- Block, G. and Langseth, L. 1994. Antioxidant vitamins and health prevention. *Food Technol.* 46(7):80
- Block, G., Patterson, B., and Subar, A.F. 1992. Fruit, vegetable and cancer prevention: A review of the epidemiological evidence. *Nutr. Cancer* 18:1-29.
- Dennison, B.A., Rockwell, H.L., and Baker, S.L. 1998. Fruit and vegetable intake in children. *J. Am. Coll. Nutr.* 17:371.
- Elliott, J. 1994. Functional candies. : Scientific, marketing and regulatory aspects. *Mfg. Confect., Dec.*, pp. 39-46.
- Hercberg, S., Galan, P., Preziosi, P., Alfarez, M., and Vazquez, C. 1998.

- The potential role of antioxidant vitamins in preventing cardiovascular diseases and cancers. *Nutrition* 14:513-520.
- Lachance, P. 1994. Impact of RDA on entitlement population groups. In "Proceedings of a Workshop on Future Recommended Dietary Allowances, April 13, 1993." Rutgers Univ. Press New Brunswick, N.J.
- Lascari, A.D. 1981. Carotenaemia: A review. *Clin. Pediatr.* 20:25.
- Mathews-Roth, M.M. 1982. Neutropenia and β -carotene. *Lancet* 2:222.
- Meydani, S.B. and Beharta, A.A. 1996. Recent developments in vitamin E and immune response. *Nutr. Rev.* 56(1):S49-S58.
- NCI. 1991. Eat more fruits and vegetables: 5 a Day for better health. NIH Pub. No. 92-3248. Natl. Cancer Inst., U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Natl. Insts. of Health, U.S. Govt. Print. Office, Washington, D.C.
- Omenn, G.S., Goodman, G.E., Thornquist, M.D., Balmes, J., Cullen, M.R., Glass, A., Keogh, J.P., Meyskens, F.L., Valanis, B., Williams, J.H., Barnhart, S., and Hammar, S. 1996. Effects of a combination of beta carotene and vitamin A on lung cancer and cardiovascular disease. *New Eng. J. Med.* 334:1150-1155.
- Paterson, B.H., Block, G., Rosenberger, W.F., Pee, D. and Kahle, L.L. 1990. Fruit and vegetables in the American diet: data from the NHANES II survey. *Am. J. Public Health* 80:1443-1449.
- Sano, M., Ernesto, C., Thomas, R.G., Klauber, M.R., Schafer, K., Grundman, M., Woodbury, P., Growdon, J., Cotaman, C.W., Pfeiffer, E., Schneider, L.S. and Thal, L.J. 1997. A controlled trial of selegiline, α -tocopherol, or both as treatment for Alzheimer's disease. *New Eng. J. Med.* 336:1216-1222.
- Weber, P., Bendich, A., and Schalch, W. 1996. Vitamin C and human health—a review of recent data relevant to human requirements. *Intl. J. Vit. Nutr. Res.* 66:19-30.
- 〈출처 : Food Technology, 53(2), 46, 1999〉