

특집 : 녹즙의 기능성과 향후 전망

녹즙의 항산화 영양성분과 아질산염 소거능

정 소 영

식품의약품안전청 식품평가부

Antioxidant Nutrients of Green Yellow Vegetable Juices and Nitrite Scavenging Effect

So Young Chung

Dept. of Food Evaluation, KFDA, Seoul 122-704, Korea

우리나라는 1980년대 중반이후 암이 사망원인 1위(1)로 밝혀지면서 암의 원인과 예방에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 우리가 섭취하는 식품에는 암을 예방하는 기능을 가진 식품과 발암성 물질을 함유하는 식품이 있는데, 많은 역학조사(2-9)결과 비타민 C, β -carotene, 비타민 E 등이 많이 함유된 녹황색야채의 섭취는 암을 예방하는 기능을 갖는다고 밝혀지면서 녹황색 채소에 대한 관심과 함께 항암식품으로서 녹즙붐이 일고 있다(10-16). 녹즙이란 가열하지 않은 생야채를 잘게 빻아서 인체가 영양소를 소화 흡수하기 쉽도록 제조된 즙으로 β -carotene 외에 각종 무기질, 비타민, 효소 등이 풍부하다고 알려져 있다(11, 19). 녹즙에 사용된 주재료로는 케일, 신선초, 당근, 셀러리, 오이 등으로 대부분의 가정에서는 기존의 juicer기, mixer기 등에 재료를 단독으로 넣거나 여러 가지 재료를 함께 넣어 녹즙을 만들고 있고 최근에는 녹즙기가 보급되어 보다 간편하게 녹즙제조가 가능하다. 최근 녹즙을 짜서 가정에 배달하는 녹즙 전문점과 효능 및 제조방법에 대한 서적(17-19) 및 녹즙기 판매가 증가하는 추세로 녹즙을 음용하는 인구가 점차 늘어나는 추세이다.

가공된 과일, 야채의 무기질, 비타민 손실은 불가피한데 특히 비타민 C가 가장 민감한 영양소(20)로 열처리에 의한 비타민 C 손실율은 대략 40~90%이므로(21) 과채류는 가공처리 하지 않고 생으로 먹는 것이 가장 이상적이다.

녹즙은 제조 즉시 마시는 것이 가장 효과적인데 이는 카로틴이 산화되기 쉽고 장기 저장시 비타민 C 등이 산화되어 효능을 잃고 미생물이 증식하기 쉽기 때문에 shelf-life가 짧은 문제점이 있다. 녹즙의 성분인 β -carotene과 비타민 C 등은 공기중에 노출시 산소와 접촉하여 변화할 가능성이 큰 성분들이다. 특히 현대생활이 바쁘고 복잡해짐에 따라 녹즙을 보관하거나 제품화된 것을 섭취하는 경

우가 점차 늘고 있으므로 이에 따른 성분의 변화를 알아보는 것이 필요하다. 또한 최근에는 비료사용량의 증가에 의한 채소류의 질산염 과다축적에 대한 문제도 대두되고 있는 실정이다. 그러므로 본고에서는 현재 각국의 연구문헌을 토대로 녹즙의 항산화 영양성분 및 녹즙추출물의 아질산염소거능 등의 생리활성기능에 대한 과학적인 자료를 제공하고, 저장온도에 따른 성분변화 등을 알아보아 녹즙산업의 활성화를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

녹황색 채소의 항산화 영양성분과 항암효과

인간의 노화현상이나 암발생은 생체내에서 산화되는 생리기능에 스트레스를 가하는 현상인 oxidative stress에 의해 끊임없이 생산되는 자유기(free radical)에 기인하는 것으로 알려져 있다(22). 자유기는 비공유전자쌍을 갖는 반응성 화학물질로서 모든 세포구성성분과 강하게 반응하려는 경향으로 인해 여러 세포와 조직에 손상을 가하고 계속적인 DNA의 손상은 돌연변이를 일으켜 암, 노화 등을 유발할 수 있다(23-26).

Ames의 연구에 의하면 인간의 세포는 매일 산화적 손상을 받는데 인체 각 세포의 DNA는 하루에 약 10,000번의 산화적 공격을 받는다. 이로 인한 손상은 일부 회복되지만 회복되지 않은 손상이 축적되어 노화, 암, 심장병 등의 질병을 일으키게 된다(27).

지난 20년간 인간을 대상으로 한 역학조사와 동물연구로부터 우리가 섭취하는 식품중에는 암의 발생을 억제하는 역할을 하는 항산화 영양성분을 함유하고 있는 것이 입증되었다. 항산화 영양성분으로는 β -carotene, 비타민 E, 비타민 C 등의 비타민과 Se, Cu, Mn, Zn 등의 미량원소와 총 phenol이 알려져 있다(28-37). 이들 미량성분의 항암효과는 항산화능력에 기인한다(20,22). 많은 연구에서 암

에 의한 사망률은 β -carotene과 항산화제 비타민 섭취량과 반비례관계가 있음이 판명되었다(38). 최근 미국의 국립암연구소(National Cancer Institute)에서는 암을 예방하는 식품으로 녹황색 채소, 과일, 콩을 추천하고 있다. 녹황색 채소에 많이 함유된 β -carotene, 비타민 C, 비타민 E 등은 체내에서 생성된 자유기 제거(free radical scavenger) 역할을 하는데, 자유기가 발암과정에 중요한 역할을 하는 것을 감안할 때 녹황색 채소의 항암효과는 이러한 항산화기능에 의한 것으로 생각된다(22,30). 식품섭취로 인한 암의 예방연구가 활발히 이루어지면서 특히 녹황색 채소의 발암억제효과에 대한 연구가 국내외에서 이루어지고 있다(39-41). 우리나라는 1980년대 중반이후 암이 사망원인 1위(1)로 또한 미량원소중 Se은 항산화효소인 glutathione peroxidase(GSH-Px)와 phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase(PHGSH-Px)의 필수 구성 성분이며 Mn, Cu, Zn는 항산화효소인 superoxide dismutase(SOD)의 주요 구성분으로 Mn-SOD는 미토콘드리아에서, Cu/Zn-SOD는 세포질에서 주로 작용하여 항산화기능을 가진다. Se은 비타민 E와 밀접한 관계를 가지고 synergistic action으로 항산화 작용을 하는데 특히 포유동물의 종양을 예방하는 역할에는 어느 한 영양소만의 공급으로는 효과적으로 작용하지 않는다. SOD는 superoxide radical($O_2\cdot$)를 hydrogen peroxide(H_2O_2)로 전환시켜 제거시키는 효소로 이 효소의 활성이 억제되면 $O_2\cdot$ 가 H_2O_2 와 반응하여 hydroxy radicals을 생성하게 되고 지질 과산화반응이 점진적으로 개시되어 세포막의 integrity가 손상된다. 식이와 환경적 상태가 SOD 활성에 영향을 끼치며, $O_2\cdot$ 생성을 유발하는 상황하에서 이 효소의 활성은 증가한다. 항산화효소에 함유된 미량무기질들 즉 Se, Mn, Cu, Zn의 식이내 섭취정도는 다른 항산화영양소와 항산화 metalloenzymes의 농도와 활성에 직접적인 영향을 끼치므로 유기기에 의한 세포의 손상으로부터 신체의 방어기전을 증가시키기 위해서는 충분한 양의 섭취가 필요하다고 본다(42).

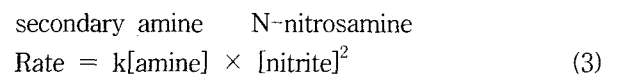
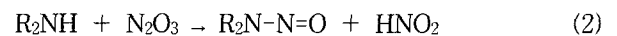
녹황색 채소의 항산화 영양성분과 니트로사민 생성 억제효과

니트로사민(nitrosamine)생성 기전

1956년에 니트로사민이 발암성이 있다고 밝혀지고 1969년에 Sander와 Burkle이 *in vivo*에서 주입된 2차아민과 아질산염이 발암성인 니트로사민을 생성한다고 주장한 이후 니트로사민의 생성기전 및 생성억제인자에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(43-45). 니트로사민의 생성기전은 다음과 같다. 즉 nitrosating agent인 nitrous anhydride(N_2O_3)가 수용액중의 nitrite로부터 식(1)처럼 형성

되고, N_2O_3 는 2차아민과 결합하여 식(2)처럼 N-nitrosamine을 생성한다. 니트로사민 생성속도는 pH에 의존적이며 식(3)에서와 같이 아질산염과 아민농도에 비례한다.

Nitrous anhydride는 전하를 띄지 않는 아민(unprotonated amine)과 반응하기 때문에 2차아민의 니트로사민 생성속도는 아민의 염기도에 반비례한다. 니트로사민 생성의 최적 pH는 2.5~3.0이다. 대부분 식품의 pH는 이보다 높지만 인간의 위장의 pH는 이 범위이다. 대표적인 니트로사민은 Fig. 1과 같다(44). 즉 모두 니트로소기(N-N=O)를 갖고 결사슬의 종류에 따라 이름이 다르다.



니트로사민 생성억제인자(nitrosation inhibitors)

식품에서 일어나는 니트로사민 생성반응은 nitrite와 반응할 수 있는 화합물에 의해 억제될 수 있다고 오래전부터 알려져 있다. 비타민 C, α -tocopherol, sulfur dioxide, 총 phenol 화합물 등이 니트로사민 생성을 억제하는 기능을 갖는 것을 보여준다(28,43,44,46,48,49).

이들은 nitrosating agent를 빠르게 파괴하거나 반응성 없는 물질로 환원시키는 역할을 하므로 니트로사민 생성이 감소, 최소화 되거나 완전히 방지된다. 이들은 니트로사민 생성의 기질인 아민과 경쟁적으로 작용하며 생성억제 정도는 상호간의 농도 및 pH에 의해 영향받는다.

비타민 C(ascorbic acid): Mirish 등(1972)에 의해 처음 발견된 이후 ascorbic acid와 ascorbate의 니트로사민

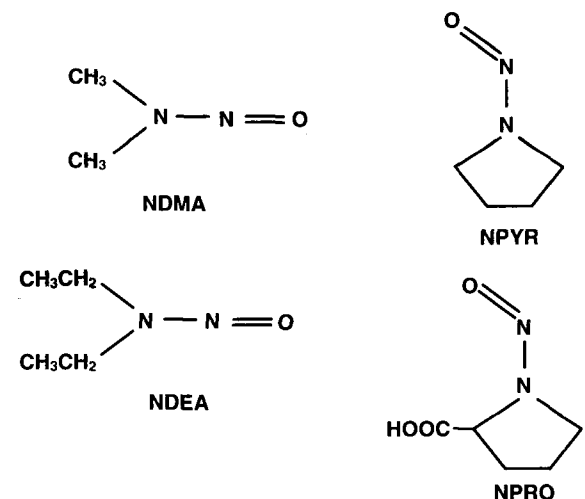
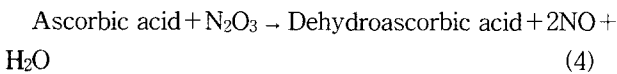


Fig. 1. Structure of some nitrosamines which occur in foods.

NDMA: N-nitrosodimethylamine, NPYR: N-nitrosopyrrolidine, NDEA: N-nitrosodiethylamine, NPRO: N-nitrosoproline.

생성 차단효과가 *in vivo*와 *in vitro*에서 많이 논증되었다(43). Gray 등(46)은 모델 시스템에서 dimethylamine (DMA) 1 mM과 NaNO₂ 5 mM를 첨가하고 여기에 ascorbic acid를 농도별로 첨가했을 때 니트로사민 생성 억제효과를 실험한 결과 ascorbic acid : nitrite 의 농도가 2 : 1 이상의 경우 완벽한 억제효과를 나타내었다. Ascorbic acid는 식(4)에서 보는 바와 같이 pH 2~5의 수용액에서 N₂O₃를 빠르게 NO로 환원시킨다.



Ascorbic acid는 니트로사민 생성을 차단하는데 완전히 효과적이지는 못하다. 왜냐하면, 산화적 조건에서는 NO가 다시 N₂O₃로 전환될 수 있고 ascorbic acid는 수용성이기 때문에 lipophilic media에서는 효과적이지 못하기 때문이다.

토코페롤 (α -tocopherol) : 비타민 E 중에서 α -tocopherol은 지용성 니트로사민 생성억제제로 억제기전은 ascorbic acid와 비슷하다. 즉 nitrite를 NO로 환원시키므로서 니트로사민 생성을 억제하는 작용을 한다(43,50).

페놀화합물(total phenolics) : 페놀화합물은 그들의 구조와 반응조건에 따라 니트로사민 형성속도를 감소시킨다. 산성조건하에서 페놀화합물은 대부분 아미노화합물보다 더 빠르게 nitrite와 반응한다. 일반적으로 억제효과는 nitrite와 페놀화합물의 몰비율이 1보다 작을 경우 나타나고 이 비율이 낮을 때 억제효과가 증가한다. 페놀화합물의 농도가 높으면 N₂O₃가 완전히 NO로 환원되거나 C-nitroso derivatives로 전환되어 니트로사민 생성을 완전히 차단한다(43,46).

황화합물(sulfur compound) : Sulfur oxide와 bisulfide는 N₂O₃를 NO로 그리고 N₂O로 환원시킨다. Sulfamic acid와 그 염은 pH 2이하에서 N₂O₃를 N₂로 환원시킨다. 결과적으로 이들 황화합물은 니트로사민 생성을 강하게 억제한다(43,46).

녹황색 채소의 아질산염 소거능과 니트로사민 생성억제효과

니트로사민 생성억제인자인 비타민 C, α -tocopherol, 총 phenol 화합물, 황화합물의 함량이 높은 식품의 아질산염 소거작용에 대한 연구가 이루어지고 있다(29,51,52). 특히 녹황색 채소는 비타민 C를 비롯하여 α -tocopherol, 총 phenol 화합물을 섭취할 수 있는 주요 급원이므로 최근에 많은 연구결과 채소추출물이 니트로사민 형성을 억제함을 알 수 있었다(43). 이는 채소즙에 함유된 ascorbic acid 등이 아질산염을 nitric oxide(NO)로 분해시키기 때문인 것으로 알려져 있다(31,51). Kurechi 등(53)의 연구에 의하면

당근, 오이, 감자, 일본무우(*Raphanus sativus*)즙의 아질산염 소거능 실험결과 일본 무우즙이 산성조건에서 효과적으로 아질산염을 감소시키며, 니트로사민인 N-nitrosodimethylamine과 N-nitrosodiethylamine 형성을 효과적으로 억제하였다. 김(52)은 마늘, 상추, 생강, 양파, 파, 당근의 야채추출물의 아질산염 분해작용을 연구한 결과 일상생활에서 상식하고 있는 야채류들이 전반적으로 아질산염 분해가 강하게 나타났으며 마늘, 상추, 생강, 양파, 및 파 등은 수용성 획분에서, 당근은 methanol 가용성 획분에서 그 효과가 높게 나타났다. 또한 야채추출물의 분해능은 pH 의존성이 크게 나타났다.

pH 4.2와 6.0보다는 강산성 영역인 pH 1.2에서 분해성이 높게 나타났는데 니트로사민은 강산성조건하에서 특히 인체나 동물의 위내 pH 조건에서 용이하게 생성되므로 야채추출물이 니트로사민의 전구물질인 아질산염 소거능이 뛰어난 사실은 니트로사민 생성억제에 크게 기여할 것이라 하였다.

森田 등(40)은 채소와 과일추출물의 돌연변이 억제효과를 측정해 본 결과 가지, 우엉, 생강, 브로콜리, 사과, 파인애플 추출물이 돌연변이 활성을 강하게 억제하는 것을 확인 하였다.

Ning(54)은 29종의 신선한 채소, 과일의 자유기(free radical)와 아질산염 제거 효과를 연구하였다. 즉, 인공 위장의 조건에서 H₂O₂와 NaNO₂를 제거하는데 있어서 채소와 과일의 영양소, peroxidase, hydrogen peroxidase의 활성도를 측정하였다. 연구결과, 모든 채소와 과일은 자유기인 H₂O₂와 아질산염의 제거능력이 있었으며 식품중의 환원물질인 GSH(glutathion), 비타민 E, 비타민 C와 cysteine이 NaNO₂와 H₂O₂에 대한 활성이 있음이 입증되었다.

녹황색 채소의 질산염에 대한 연구

Chemistry

질산염(nitrate)은 질소(N)원자 1개와 산소(O)원자 3개의 화학적 결합으로 NO₃를 말하며 아질산염(nitrite)은 질소원자 1개와 산소원자 2개의 화학적결합 또는 NO₂로서, 이들 용어는 식품에 함유된 4가지 화학물질인 질산나트륨(NaNO₃), 질산칼륨(KNO₃), 아질산나트륨(NaNO₂), 아질산칼륨(KNO₂)을 언급할 때 자주 사용된다(55). 또한 질산염, 아질산염은 수용액중에서 이온형태로 존재하므로 nitrate ion(NO₃⁻), nitrite ion(NO₂⁻)로 혼용된다.

질산염, 아질산염의 급원

환경계에 존재하는 질산염은 “natural”과 “unnatural” 급원이 있다. 자연적인 급원의 형태는 채소, 과일 등 식물체에 존재하는 질산염으로 식물성장을 위해 질소를 공급

받는 질소고정화 과정의 결과로 존재한다(55). 따라서, 과채류의 질산염 함량은 자연적인 함량으로 질소고정화 과정의 진행도와 고정화된 질소의 대사과정에 의해 좌우되고 또한 식물의 품종, 종류, 부위, 토양의 비옥도, 온도, 강수량, 일조량, 온실 또는 야외 등의 재배환경과 비료사용량, 저장조건에 따라 함량의 차이가 크다(56). 또한 공기중에도 질소고정화 과정의 결과로 질산염이 존재하지만 현재까지는 이들이 건강의 유해성에 대한 정확한 징후는 없다. 음용수중의 질산염은 표면수보다는 지하수에 함량이 더 높는데 지하수의 질산염 함량은 비료의 사용량 증가와 animal waste가 주요 기여인자로(56) 지하수의 질산염 함량은 대부분의 나라에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 으로서 10 mg/kg 이하로 기준을 정해 음용수가 질산염에 과도하게 오염되지 않도록 관리하고 있다.

“Unnatural” 급원은 햄, 베이컨 등의 식육제품에 발색제로 사용되는 식품첨가물인 NaNO_3 , NaNO_2 로 이들은 사용량을 엄격히 규제하고 있고 동물을 대상으로 한 독성실험 결과를 토대로 ADI가 설정 되어있다(55,57).

질산염, 아질산염의 대사

섭취된 질산염은 인간의 소장으로부터 능동수송과정에 의해 쉽게 흡수되며, 아질산염은 위점막이나 장을 통해 확산에 의해 흡수된다. 흡수된 후 여러조직에 분배되나 축적되지는 않는다. 질산염은 *in vivo*에서 다른 화합물로 대사되지 않고 위장관과 구강에서 질산염을 아질산염으로 환원시키는 효소인 nitrate reductase 효소를 갖는 세균의 작용에 의해 아질산염으로 환원된다(44,58).

섭취된 질산염의 60~70%는 뇨로, 약 1%는 대변으로 배설된다. 섭취된 질산염의 약 25%가 타액으로 분비되어 20%가 아질산염으로 환원되므로 전체적으로 섭취된 질산염의 5%가 아질산염으로 환원된다(44,58).

식으로 섭취되는 질산염 외에 인간과 동물은 질산염의 섭취가 낮거나 뇨로 분비되는 질산염의 양이 증가되면 질산염의 내재적인 생합성이 일어나며 생합성된 질산염은 뇨로 하루에 평균 1 mg/kg body weight가 분비된다(58-60).

질산염, 아질산염의 독성

식품에 정상적으로 존재하는 수준에서 질산염 그 자체는 독성이 없고(57,58) *in vivo*에서 섭취된 질산염의 독성은 일부 환원된 아질산염에 의한 청색증과 발암성인 니트로사민 생성에 대한 학설이 있으나 이런 반응은 특정조건 하에서 발생할 가능성이 있다는 학설이 있을 뿐 실제 임상 연구를 통해 체내에서 이 반응이 어느정도 진행되는지는 밝혀지지 않았다(57,61). 청색증의 발병에는 대부분 질산염이 다량 함유된 물을 유아가 섭취한 경우이며, 질산염이

많이 함유된 채소를 섭취한 유아에게서는 청색증이 나타나지 않았다고 한다(61). 질산염을 많이 함유한 물은 질산염을 많이 함유한 채소보다 훨씬 해로운데 물에는 비타민 C, 비타민 E와 같은 니트로사민 생성억제제가 없기 때문이다(62). FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문가 위원회에서는 합성첨가물인 NaNO_3 , KNO_3 와 NaNO_2 , KNO_2 의 ADI를 동물실험결과를 토대로 각각 5 mg/kg body weight, 0.2mg/kg body weight으로 설정하고 있다(57,63).

녹황색 채소류의 질산염 함량

우리가 식품으로부터 섭취하는 질산염의 85%는 채소를 통해 공급된다. 채소류의 질산염 함량은 1~10000 mg/kg 까지 다양하며 이 수준은 채소의 종류 등 유전적 요소와 재배, 저장조건 등 환경적 요소에 따라 영향을 받는다(57, 63). 많은 연구결과 특히 녹황색 채소의 질산염 함량이 높다고 보고되어 있다(56). Breimer(64)는 채소류를 질산염 함량에 따라 5가지 그룹으로 분류하였는데 1군(200 mg/kg 이하)에는 감자, 토마토 등의 채소류를, 2군(500 mg/kg 이하)에는 오이 등을, 3군(1000 mg/kg 이하)은 당근, 케일 등을, 4군(2500 mg/kg 이하)에는 배추 등을, 5군(2500 mg/kg 이상)에는 샐러리, 양상치, 시금치 등의 채소류가 포함된다.

녹황색 채소류의 섭취량과 암발생과의 관계에 대한 연구 질산염의 평균 섭취량은 나라마다 큰 차이가 있다. 일본은 식이를 통해 NO_3^- 을 하루평균 218~409 mg, 유럽과 미국은 40~100 mg을 섭취한다고 한다(65).

Bartsch 등(43)은 녹황색 채소류의 소비량과 질산염의 섭취량은 양의 상관관계가 있지만 녹황색 채소에 함유된 비타민 C, 비타민 E, 총 phenol 등 니트로사민 생성을 억제하는 성분들에 의한 보호효과는 질산염의 섭취로 인한 위해성을 능가한다고 하였다. 위암에 대한 이러한 몇몇 채소류의 보호효과는 아마도 high molar ascorbate:nitrate ratio에 의한 것으로 채소류에 이런 니트로사민 억제제의 함량이 높으면 채소를 더욱 효과적인 발암억제제로 만들 것이다. Forman(66)은 생체내에서 질산염이 니트로화합물로 전환되는데 있어서 질산염 투여량 이외에 많은 변수들이 존재하며 투여된 질산염의 양은 니트로화합물 형성의 rate limiting step이 아니기 때문에 질산염 노출과 암발생이 직접적으로 연관되어 있다는 가설을 증명하지 못했다. 이외에도 많은 연구논문들은 채소가 질산염의 가장 큰 공급원임에도 불구하고 채소의 다량섭취가 암발생, 특히 위암발생을 감소시킨다는 사실을 보고하고 있다(34,59, 67).

WHO에서는 많은 연구논문을 종합하여 제 44차 FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문가위원회 회의 보고서(1995

년)에서 질산염에 대한 노출과 인간의 암발생 위험성과는 상관관계가 없다고 결론을 내렸다(57). 또한 식육제품에 사용되는 식품첨가물인 NaNO₃의 ADI인 5 mg/kg body weight(NO₃⁻로서 3.7 mg/kg body weight)을 채소류에 그대로 적용해서 채소류의 질산염 기준을 설정하는 것은 부적절한데 이는 채소에 많이 함유된 항산화 영양성분에 의한 항암효과 및 니트로사민 생성억제 등의 잘 알려진 채소류의 장점과 채소류에 함유된 질산염과 ADI 설정을 위해 동물실험에 사용된 질산염의 생체 이용도(bioavailability)에 대한 자료가 부족하기 때문이라고 밝혔다(57). Walker(58)는 최근의 동물실험 결과를 토대로 현재 질산염의 ADI를 5배 증가시킨 25 mg/kg body weight로 증가시키도 된다고 주장했다.

저장중의 질산염의 변화

신선하고 손상되지 않은 녹황색 채소의 아질산염 함량은 매우 낮아 대부분 10 mg/kg이하이나 장기간 저장하거나 채소가 손상되는 경우에는 아질산염 함량이 급격히 증가되며 어떤 경우 400 mg/kg까지 증가된다고 보고되었다(57). 이는 nitrate reductase 효소를 분비하는 미생물의 성장에 의한 것으로 수많은 연구결과 실온이나 냉장에서 장기간 저장된 채소류가 아질산염이 축적된다는 것을 보여준다(68-71).

녹황색 채소의 섭취량과 암발생에 관한 역학조사연구

지난 10년 동안 50개 이상의 역학조사결과 β-carotene이 풍부한 과일과 야채를 많이 섭취하는 것이 특정암의 발생을 감소시키는 것과 연관성이 있었다(72). 1992년에 200개 이상의 역학조사결과 과일과 채소의 섭취량과 암의 위험도와 상관을 조사한 결과 132개 연구에서 통계적으로 유의적인 보호효과가 입증되었다. 이는 과일과 채소는 비타민 C와 카로티노이드, 비타민 E 등의 항산화영양소의 주요급원이므로 노화, 암, 심장병을 예방하는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져있다(37). 녹황색 채소의 항산화 영양성분인 비타민 C, 비타민 E 등은 암의 원인인 자유기를 제거하는 free radical scavenger 역할과 발암물질인 니트로사민의 생성을 억제하는 기능을 모두 가지므로 이러한 채소의 섭취량 증가는 암을 예방하는 역할을 한다. 각국에서 역학 조사한 연구는 다음과 같다.

우리나라

1985년 이 등(6)은 암환자의 과거 10년간의 평균식품 섭취를 기록하게 하여 간이법으로 비타민 A 섭취량을 조사하고 혈청 β-carotene 농도를 측정된 결과 암환자의 1일 평균 β-carotene섭취량이 정상인 보다 유의적으로 낮았고 혈청 β-carotene 농도도 유의적으로 낮게 나타났다. 1992

년 염 등(7)의 연구에 의하면 정상인과 암환자의 혈청농도 비교시 β-carotene농도가 가장 큰 차이를 보여주며 암의 종류별로 비교시 폐암과 위암의 경우 정상인에 비해 유의적으로 낮음을 알 수 있었다.

1995년 김 등(38)의 연구에서 혈청의 항산화비타민(β-carotene, tocopherol 등)의 농도가 증가할수록 유방암 발생위험도가 유의하게 감소하였다고 하였다.

일본

平山の 보고에 의하면 1965부터 1982년까지 17년간 전국에서 뽑은 6개부, 현의 29개 보건소 관내에 거주하는 약 27만명의 40세 이상의 성인을 대상으로 생활습관, 식습관을 상세하게 조사한 결과 녹황색 채소를 자주 먹는 사람일수록 암에 대한 상대위험도, 질병에 대한 사망율이 낮아진다는 것을 알 수 있었다(9,73). 小清水弘一(34)은 녹황색 채소가 발암효과를 보이는 것이 많은 역학조사에서 나타났다

미국

Pisani 등(2)의 연구에 의하면 당근을 먹지않는 흡연가는 1주일에 한번 이상 먹는 사람에 비해 폐암으로 발전하는 위험성이 3배 이상으로 당근 소비량과 폐암 위험성의 감소와 연관이 있었다.

Colditz 등(3)은 메사츄세츠에서 66세 이상의 노인 1271명을 대상으로 Cohort study를 한 결과 카로틴을 함유하는 야채(당근, 시금치, 토마토, 샐러드, 염채류, 건조과일, 신선한 딸기)의 소비량과 그 이후 5년간 사망율과의 관계를 조사한 결과 카로틴 섭취증가에 따라 암발생율은 유의적으로 낮았다. Ziegler(5)는 New Jersey의 백인 대상으로 폐암과 carotenoid 섭취량과의 관계를 조사한 결과 카로틴 섭취가 낮을수록 암의 위험도가 증가하였고(1.3배), 녹황색 채소의 소비량이 증가 할수록 폐암 발생율이 낮아졌다.

Grideley(74)는 미국내 흑인의 식이와 인두암, 구강암과의 상관관계를 평가하기 위해 항산화 비타민인 비타민A, C, E의 섭취가 풍부한 식이를 주된집단에 근거한 환자-대조군 연구를 시행한 결과 야채와 과일 섭취량의 증가는 남녀모두에서 구강암의 위험도 저하와 관계가 있었다.

또한, 폐암의 위험성이 카로틴보다는 야채, dark green vegetables과 yellow orange vegetable과 더 강한 역의 관계가 있다는 것을 보여준다. 즉, 암의 예방과 치료를 위해서는 β-carotene만이 필요한 것이 아니라 녹황색 채소의 모든 성분이 필요하다고 하였다.

녹즙의 항산화 영양성분과 아질산염 소거에 관한 연구

정(75)은 녹즙재료로 많이 이용되는 신선초, 케일, 당근,

샐러디, 오이의 항산화 영양성분을 분석한 결과, 이들 5가지 녹즙에는 항산화 영양성분인 비타민 C, 비타민 E, 베타카로틴, Se, Cu, Mn 등이 함유되어 있으며 특히 케일 녹즙에는 비타민 E, 비타민 C 함량이, 신선초 녹즙에는 Se, Mn 함량이 당근에는 베타카로틴 함량이 유의적으로 높았다. 또한 항산화 영양성분의 함량이 높은 신선초 케일, 당근의 추출물의 아질산염 소거능 연구한 결과(76), 아질산염 소거능은 14.0~91.2%로 수용성 분획보다는 메탄올 가용성 분획에서, pH 1.2에서 아질산염 소거능 효과가 우수하였고 녹즙 종류별로는 케일 메탄올 추출물의 아질산염 소거능이 pH 1.2에서 91.2%로 가장 뛰어났다. 강산성 영역인 pH 1.2에서 분해성이 높게 나타났는데 니트로사민은 강산성 조건하에서 특히 인체나 동물의 위내 pH 조건에서 용이하게 생성되므로 야채추출물이 니트로사민의 전구물질인 아질산염 소거능이 뛰어난 사실은 니트로사민 생성억제에 크게 기여할 것이라 하였다. 또한 3가지 녹즙메탄올추출물의 생리활성기능을 측정된 결과 케일 녹즙추출물은 아질산염소거능, 항산화능, 항암성이 모두 뛰어났는데, 이 추출물들의 비타민 함량 분석결과 케일 녹즙추출물은 비타민 E와 비타민 C의 함량이 다른 녹즙추출물에 비해 유의적으로 높았다. 3가지 녹즙을 냉장(4°C)과 실온(25°C)조건에서 저장하면서 각각 12시간, 24시간마다 성분변화를 측정된 결과 냉장저장시 72시간까지 비타민C, pH, 미생물수, 질산염(NO_3^-), 아질산염(NO_2^-)의 함량은 유의적인 변화가 없었으나 α -tocopherol, β -carotene 함량은 24시간이 경과되면 유의적으로 감소하였다. 실온저장시에는 12시간까지는 성분변화가 적었으나 24시간이 경과되면 미생물수가 급격히 증가되고 pH, α -tocopherol, β -carotene, 비타민 C 등이 유의적으로 감소하였다. 냉장 저장시에는 질산염함량, 아질산염함량이 변화가 거의없으며 저장 72시간까지 아질산염 함량은 1 mg/kg이하이었으나 실온 저장시에는 신선초, 당근녹즙의 질산염 함량이 감소하고 아질산염 함량이 급격히 증가하였다.

이상의 연구결과를 토대로 다음과 같이 몇가지를 제안하고자 한다.

1) 연구결과에 의하면 녹즙에는 다른 채소음료에 비해 항산화 영양성분이 많이 함유되었으며 특히 케일녹즙에는 비타민 E와 비타민 C의 함량이 높아 생리활성기능이 우수하게 나타났다. 그러나 케일녹즙은 당근 등 다른 녹즙에 비해 쓴맛이 강하므로 국민모두가 건강증진을 위해 음용하려면 맛을 개선하는 연구가 이루어져야한다.

2) 녹황색 채소로 제조한 녹즙에는 질산염(NO_3^-)이 자연적으로 함유되어 있으나 동시에 항산화 영양성분으로 항산화능과 아질산염 소거능을 갖는 비타민 E, 비타민 C의 함량이 높아 질산염 섭취로 인한 위해가능성은 없는 것으로 생각된다. 이는 녹즙에 함유된 비타민 C, 비타민 E가

니트로사민이 생성되기 쉬운 인간 위의 산도조건인 pH 1.2에서 니트로사민의 전구물질인 아질산염을 효과적으로 분해시키기 때문이다. 따라서 채소중의 질산염함량은 물에 함유된 질산염과는 위해정도가 다른 것으로 생각되며 이 기전을 설명하기 위해서는 앞으로 더욱 광범위한 연구가 필요하다고 생각된다.

3) 녹즙은 냉장저장시에는 성분변화가 적었으나 실온(25°C)저장시의 급속한 성분변화는 효소의 작용에 의한 것으로 생각된다. β -Carotene, 비타민 C 함량의 급격한 변화는 녹즙에 존재하는 lipoxygenase, ascorbic acid oxidase 등의 산화효소에 의한 것으로 여겨지며, 질산이온이 감소하고 아질산이온이 급격히 증가되는 것은 질산환원효소를 분비하는 미생물의 성장에 의한 것으로 추정되므로 앞으로 녹즙의 품질변화를 최대한 방지하려면 이들 효소의 특성 및 효소의 불활성 조건에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

4) 녹즙은 열처리를 전혀하지 않는 비가열 채소즙이므로 세척을 깨끗이 해야하며, 초기 일반세균이 $10^5 \sim 10^6$ 이고 미생물이 증식하기에 좋은 조건이므로 녹즙제품은 반드시 cold chain system에 의해서 유통이 이루어져야 하며 여름철 등 실온이 높은 계절에는 특별한 주의가 요구된다. 또한 집에서 녹즙을 제조하여 음용하는 경우에는 즉시 섭취하고 부득이한 경우는 반드시 냉장저장하고 가능하면 하루이내에 섭취할 것을 권장한다.

참 고 문 헌

1. 질병예방 및 건강증진 전략개발연구. 1992. 한국보건사회연구원.
2. Pisani P, Berrino F, Macaluso M, Pastrorino U, Crosignani P, Baldasseron IA. 1986. Carrots, green vegetables, and lung cancer: a case-control study. *Int J Epidemiol* 15: 463-468.
3. Colditz GA, Branch LG, Lipnick RJ, Willett WC, Rosner B, Posner BM, Hennekens CH. 1985. Increased green and yellow vegetable and lowered cancer deaths in an elderly population. *Am J Clin Nutr* 41:32-36.
4. Stahelin HB, Gey KF, Eichholzer M, Ludin E. 1991. β -carotene and cancer prevention: the basal study. *Am J Clin Nutr* 53: 265s-269s.
5. Ziegler RG, Mason TJ, Stemhagen A, Hoover R, Schoenberg JB, Gridely G, Virgo PW, Alterman R, Fraumeni JF. 1986. Carotenoid intake, vegetables, and the risk of lung cancer among white men in New Jersey. *Am J Epidemiol* 123: 1080-1093.
6. 이기열, 이양자, 박영심, 윤교회, 김병수. 1985. 한국인의 식이섭취와 암유발의 관계에 대한 연구. *한국영양학회지* 18: 301-311.
7. 염경진, 이양자, 이기열, 김병수, 노계경, 박계숙. 1992. 혈청

retinoids, β -carotene 및 α -tocopherol과 암과의 관계. 대한암학회지 24: 343-351.

8. 이윤경, 염경진, 이경식, 박인서, 송시영, 이양자. 1993. 위암 환자의 위점막내 carotenoids와 α -tocopherol 농도에 관한 연구. 대한암학회지 27: 353-360.

9. 히라야마다케시. 1992. 채식건강 365일. 동풍문화사.

10. Ziegler RG, Subar AF, Craft NE, Ursin G, Patterson BH, Graubard BI. 1992. Does β -carotene explain why reduced cancer risk is associated with vegetable and fruit intake? *Cancer Research* 52: 2060-2066.

11. 녹즙의 효과. 식품과 위생. 1993년 6월호.

12. 베타카로틴의 효능, 효과. 식품과 위생 1993년 11월호.

13. 식품업계 10대 News. 식품과 위생 1993년 12월호.

14. 질병예방 및 치료에 좋은 식품. 식품과 위생 1993년 6월호.

15. 항암식품. 식품과 위생 1994년 1월호.

16. 암을 일으키는 식품, 예방하는 식품. 식품위생 1993년 8월호.

17. Waker NW. 1992. 질병에서 구제해줄 야채즙. 집문사.

18. 遠藤仁郎. 1992. 녹즙의 효용. 건강레포츠 출판사.

19. 장생편집부. 1993. 녹즙으로 고친 병. 장생출판사.

20. Kromhout D. 1987. Essential micronutrients in relation to carcinogenesis. *Am J Clin Nutr* 45: 1361-1367.

20. 1993. 과일, 야채, 해산물 및 육류의 modified atmosphere packaging 저장기술. 식품기술 6: 114.

21. 임숙자. 1992. 여러 가지 가열방법에 따른 최소의 ascorbic acid 잔존량. 한국조리과학회지 8: 411-419.

22. 박완수. 1993. 조직내 oxidative stress에 대한 식품성분의 역할. 식품기술 6: 15-29.

23. Shulz H. 1994. Regulation of fatty acid oxidation in heart. *J Nutr* 124: 165-171.

24. Barry H, Murcia A, Chirico S, Okezie IA. 1995. Free radicals and antioxidants in food and in vivo: What they do and how they work. *Crit Rev Food Sci Nutr* 35: 7-20.

25. 조성희. 1993. 지질과산화와 항산화 영양. 한국지질학회지 3: 23-32.

26. Shils M, Olson JA, Shike M. 1994. *Modern nutrition in health and disease*. 8th ed. Lee & Febiger, A Waverly Company. p 214-277.

27. Ames BN. 1983. Dietary carcinogen and anticarcinogens. *Science* 221: 1256-1264.

28. Byers T, Perry G, 1992. Dietary carotenes, vitamin C and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. *Annu Rev Nutr* 12: 135-159.

29. Macrae RG, Robinson RK, Sadler MJ. 1993. *Encyclopedia of food science food technology and nutrition*. Academic Press. Vol 1, p 607-620.

30. Algeria BC. 1992. Cancer preventive foods and ingredients. *Food Technology* 4: 65-68.

31. Stahelin HB, Gey KF, Ludin E. 1991. β -carotene and cancer prevention. *Am J Clin Nutr* 53: 256.

32. Mascio PD, Murphy ME, Sies H. 1991. Antioxidant defense systems: the role of carotenoids, tocopherols, and thiols. *Am J Clin Nutr* 53: 194.

33. Block G. 1991. Vitamin C and cancer prevention. *Am J Clin Nutr* 53: 270.

34. 小清水弘一. 1992a. 植物成分と發癌抑制効果その1; 植物成分による發癌抑制とそのメカニズム. *Health Digest* 7(4): 1-10.

35. Burton GW. 1989. Antioxidant action of carotenoids. *J Nutrition* 119: 109.

36. Larson RA. 1988. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry* 27: 969.

37. Block G, Langseth L. 1994. Antioxidant vitamins and disease prevention. *Food Technology* 7: 80-84.

38. 김미경. 1995. 한국정상성인과 유방암환자의 항산화비타민류의 섭취수준과 혈청농도. 연세대학교 박사학위논문.

39. 박건영, 이경임, 이숙희. 1992. 녹황색 채소류의 돌연변이 유발억제 및 AZ-521 위암세포의 성장저해효과. 한국영양식량학회지 21: 149-153.

40. 小清水弘一. 1992b. 植物成分と發癌抑制効果その2; 植物成分のイニシエーション抑制. *Health Digest* 7(5): 1-8.

41. 小清水弘一. 1992c. 植物成分と發癌抑制効果その3; 植物成分のプロモーション抑制. *Health Digest* 7(6): 1-10.

42. 황진아. 1996. 한국 정상성인의 혈청 항산화 무기질 농도에 관한 연구. 연세대학교 석사학위논문.

43. Bartsh H, Ohshima H, Pignatelli B. 1988. Inhibition of endogenous nitrosation: Mechanism and implications in human cancer prevention. *Mutation Research* 202: 307-324.

44. Macrae R, Robinson RK, Sadler MJ. 1993. *Encyclopedia of food science food technology and nutrition*. Vol 5, p 3240-3249.

45. Sen NP, Smith DC, Schwinghamer L. 1969. Formation of N-nitrosamines from secondary amines and nitrite in human and animal gastric juice. *Fd Cosmet Toxicol* 7: 301-307.

46. Gray JI, Dugan JR. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J Food Science* 40: 981-984.

47. Leaf CD, Wishnok JS, Tannenbaum, SR. 1989. Mechanisms of endogenous nitrosation. *Cancer Surveys* 8: 323-334.

48. Kyrtpoulos SA. 1989. N-nitroso compound formation in human gastric juice. *Cancer Surveys* 8: 423-442.

49. Forman D. 1989. Are nitrates a significant risk factor in human cancer? *Cancer Surveys* 8: 443-458.

50. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Bio Chem* 51: 1333-1338.

51. 강윤환, 박용근, 이기동. 1996. 페놀성 화합물의 아질산염 소거 및 전자공여작용. 한국식품과학회지 28: 232-239.

52. 김동수, 안방원, 엄동민, 이동우, 김선태, 박영호. 1987. 천연 식품성분에 의한 발암성 니트로사민 생성인자 분해작용. 한국수산학회지 20: 463-468.

53. Kurech T, Kikugawa, Fukuda S. 1980. Nitrite-reacting substances in Japanese radish juice and their inhibition of nitrosamine formation. *J Agric Food Chem* 28: 1265-1269.

54. 宇正祥, 張水化, 高建化, 莫磊, 除卉, 黃灰波, 蔡燕城. 1995. 些果蔬封活性自由基和並硝酸鹽的消除作用. *Food and Fermentation Industry* 2: 31-35.

55. Ensminger AH, Ensminger NE, Konlande JE, Robson, JRK. 1994. *Foods & nutrition encyclopedia*. 2nd edition. CRC press. Vol 2, p 1596-1601.
56. Walker R, 1975. Naturally occurring nitrate/nitrite in Food. *J Sci Fd Agric* 26: 1735-1742.
57. WHO. 1995. Evaluation of certain food additives and contaminants. 44th report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 859.
58. Walker R. 1990. Nitrates and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Additives and Contaminants* 7: 717-768.
59. Gangolli SD, van den Brandt PA, Feron VJ, Janzowsky C, Koeman JH, Speijers GJA, Spiegelhalter B, Walker R, Wishnok JS. 1994. Assessment of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *European J. Pharmacology, Environmental Toxicology and Pharmacology Section* 292: 1-38.
60. Vittozzi L. 1992. Toxicology of nitrates and nitrites. *Food Additives and Contaminants* 9: 579-585.
61. Swann PF. 1975. The toxicology of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds. *J Sci Fd Agric* 26: 1761-1770.
62. Laitinen S, Virtanen SM, Rasanen L, Penttilag PL. 1993. Calculated dietary intakes of nitrate and nitrite by young Finns. *Food Additives and Contaminants* 10: 469-477.
63. European Commission. 1995. Opinion on nitrate and nitrite. Scientific Committee for Food. European Commission. III/5611/95, Annex 4.
64. Blomzandstra M. 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Ann Appl Biol* 115: 553-561.
65. Ellen G, Egmond E, Vanloon JW, Sahertion ET, Tolsma K. 1990. Dietary intakes of some essential and non-essential trace elements, nitrate, nitrite and N-nitrosamines, by Dutch adults: estimated via a 24-hour duplicate portion study. *Food Additives and Contaminants* 7: 207-221.
66. Forman D. 1989. Are nitrates a significant risk factor in human cancer? *Cancer Surveys* 8: 443-458.
67. Steinmetz KA, Potter JD. 1991. Vegetables, fruit and cancer. I. Epidemiology, and II. Mechanisms. *Cancer Causes and Control* 2: 325-357; 427-442.
68. Phillips WEJ. 1968. Changes in the nitrate and nitrite contents of fresh and processed spinach during storage. *J Agr Food Chem* 16: 88-91.
69. Akemi H, Kuniyasu O. 1978. Nitrate and nitrite in Japanese radish and change during growing, storage, and pickling process. *J Japan Food Sci Tech* 25: 280-286.
70. Hunt J, Turner MK. 1994. A survey of nitrite concentrations in retail fresh vegetables. *Food Additives and Contaminants* 11: 327-332.
71. Ezeagu IE, Fafunso MA. 1995. Effect of wilting and processing on the nitrate contents of some Nigerian leaf vegetables. *Nutrition and Health* 10: 269-275.
72. 이양자, 박인서, 김병수. 1994. 베타카로틴과 건강. 한국비타민정보센터.
73. 平山雄. 1990. 大規模コホート研究にもとづく部位別にみたライフスタイルとの関係. 癌の臨床ね 36: 233-242.
74. Gridely G. 1990. Diet and oral and pharyngeal cancer among Blacks. *Nutr and Cancer* 14: 219-225.
75. 정소영, 김현위, 윤선. 1999. 녹즙의 항산화 영양성분 분석. 한국식품과학회지 31: 880-886.
76. 정소영, 김낙경, 윤선. 1999. 녹즙 추출물의 아질산염 소거능에 대한 연구. 한국식품영양과학회지 28: 342-347.