

특집 : 녹즙의 기능성과 향후 전망

녹즙의 DNA 손상 억제 및 혈장 지질 감소 효과

강 명 희

한남대학교 식품영양학과

Green Vegetable Juice Reduces *in vitro* and *in vivo* DNA Damage and Plasma Lipid Concentrations

Myung-Hee Kang

Dept. of Food and Nutrition, Hannam University, Daejeon 306-791, Korea

서 론

최근 건강에 대한 관심이 높아지면서 채소녹즙을 복용하는 사람들이 크게 증가하고 있다. 이는 녹즙 섭취가 질병이 있는 경우뿐만 아니라 일반인에게도 영양의 불균형을 해소하고 건강에 도움이 되는 천연 성분들을 공급하여 질병을 예방하고 최적의 건강을 유지한다고 소개되고 있기 때문이다(1). 녹즙은 가열하지 않는 신선한 생 야채를 마쇄하여 흡수하기 쉽도록 제조된 즙으로 카로테노이드와 비타민, 무기질을 많이 함유하고 있고(2), 그 외에도 flavonoids 등 phytochemical을 풍부하게 포함하고 있다(3, 4). 녹즙의 주재료로는 케일, 신선초(명일엽), 셀러리, 돌미나리, 당근, 토마토, 오이, 사과 등의 녹황색 채소 및 과일이 널리 사용되고 있으나 녹즙의 생리적 효능에 대한 과학적인 연구는 충분하지 않다. 그 동안의 녹즙 연구로는 각 채소들의 비타민함량 등 영양소 함량에 대한 연구(2), 녹즙 추출물의 세포 돌연변이 유발억제효과(5,6), 암세포의 성장을 저해하는 효과에 관한 *in vitro* 연구(7) 등이 보고되고 있다. 녹즙에 관한 동물실험 연구로는 케일 녹즙 섭취 후 혈청지질 개선효과 연구(8), 명일엽 녹즙의 간 손상 방지효과(9) 및 지질대사 개선 효과에 관한 연구(10)가 보고되었다. 인체를 대상으로 한 생리활성 효과에 관한 연구로는 녹즙의 섭취가 혈청 지질 양상에 미치는 영향에 관한 보고(11)가 있다.

한편, 흡연자는 우리나라 15세 이상 성인 남자의 68%를 차지하고 있으며 흡연은 폐암을 비롯한 각종 암의 주요 원인이다. 담배 연기에는 tar, nicotines를 비롯한 다양한 발암원이 다량 함유되어 있으므로 흡연을 하게 되면 신체 내에서 광범위한 해로운 활성을 가진 활성산화물질(reactive oxygen species, ROS)의 생산이 비정상적으로 높

아진다. 증가한 ROS 농도가 항산화계의 방어한계를 넘어 서면 oxidative stress 현상이 일어나며 그 결과로 암 발생 초기단계인 DNA 손상을 유발하게 되며 이는 세포 돌연변이를 유발해서 암으로까지 발전하게 된다. 선행 연구에 의하면 DNA 손상에 영향을 주는 요인 중 흡연이 가장 상관성이 높았고, 최근 한 biomonitoring 연구에서도 흡연이 Comet assay로 분석한 DNA 손상에 큰 영향을 미친다고 보고된 바 있다. 반면 항산화제의 섭취 증가 및 항산화 체계의 개선 등으로 체내 DNA의 손상을 회복시킬 수 있다면 흡연자의 암의 걸릴 확률은 감소할 것이다.

최근 연구에 의하면 vitamin C, E 및 β -carotene과 같은 정제된 항산화 영양소보다는 채소 및 과일류의 섭취가 oxidative stress로 인한 DNA 손상을 회복시키는 효과가 더 높은 것으로 보고되었으며, 특히 녹즙에는 항산화 영양소 외에 flavonoids 등의 phytochemical이 풍부하게 포함되어 있어 흡연자의 DNA 손상을 효과적으로 회복시킬 수 있을 것으로 사료된다.

본 원고에서는 저자의 실험실에서 그동안 수행되었던 녹즙의 DNA 손상 회복 효과 및 지질 개선 효과에 대한 몇 가지 연구 결과, 즉, 생체의 DNA 손상을 측정하는 새로운 방법으로 최근 소개되고 있는 Comet assay 방법을 사용하여 *in vitro* 세포배양 연구로 알아본 녹즙의 항 돌연변이 효과, 그리고 신선초 녹즙을 흡연자에게 일정기간 보충해 준 후 임파구 DNA 손상 억제 효과 및 지질 개선 효과를 알아본 *in vivo* 녹즙보충 영양중재연구 결과를 다루고자 한다.

DNA 손상 측정 방법: Comet assay 및 관련 연구동향
식품의 생리활성을 측정하는 방법에는 여러 가지가 있는데, 유전 독성 억제 효과를 알아보는 방법으로 세포

DNA의 손상을 측정하는 방법이 최근 널리 쓰이고 있다. 체내에서 자유유리기(free radical)와 항산화 물질(anti-oxidant)간의 균형이 깨져 free radical 생성이 antioxidant 보다 많아지면 신체는 산화적 stress를 받게되고, 그 결과 DNA와 같은 민감한 biomolecule이 손상되어 결국은 퇴행성 만성질환으로 발전될 가능성이 높아진다(12). 특히, 활성 산화 물질(reactive oxygen species, ROS)이나 활성 질소 물질(peroxynitrite)이 과도하게 존재할 때 이들은 더욱 파괴적이고 비가역적인 DNA 손상을 일으키며, 이것이 원인이 되어 mutagenesis를 초래하고 나아가 암으로까지 발전할 수 있게 된다(12,13). 그 동안 세포의 DNA 손상을 측정하는 많은 연구방법들이 개발되어 왔는데 최근 DNA 손상을 분석하거나 특히 DNA strand breaks를 검출하는데 간단하며 민감한 기술로 Comet assay가 소개되고 있다 (Fig. 1)(13). Comet assay는 분자 독성학 및 유전자 손상에 관련된 연구에 두루 적용되고 있는 최신 연구기술로서, 분석결과 현미경 상에서 보이는 혜성과 같은 모양에 의해 Comet assay, 혹은 single cell gel electrophoresis (SCGE) assay라 부른다. 이 방법의 이론은 근본적으로 분자량에 따라 그 이동속도가 반비례되는 전기영동의 원리에 기초하고 있다. 즉 DNA 손상을 입은 세포를 lysis시켜 핵만 남긴 후 전기영동을 하게 되면 DNA 분자량의 크기가 작을수록 핵으로부터 멀리 이동되므로 손상되어 잘려진 DNA 가닥이 많을 수록 혜성 꼬리처럼 긴 모양이 생긴다 (Fig. 2).

각 세포수준에서 DNA 손상정도를 관찰하는 Comet assay는 현재 국내외를 막론하고 방사선 조사식품의 방사선 검지 실험(14,15), 유전독성 실험과 세포사멸 등의 연구(16,17) 및 DNA 손상에 미치는 ROS의 영향이나 식품 항산화제의 DNA 손상 방어효과에 대한 다양한 연구 등에 활발히 사용되고 있다(18-20). 또 외국의 경우, 최근 수 년



Fig. 2. Images of comets obtained by single-cell gel electrophoresis representing different of DNA damage.

간 Comet assay를 biomarker로 이용해 암과 관련된 많은 역학조사가 이루어지고 있으며 암 예방을 위한 영양중재 효과(intervention) 연구도 활발히 진행되고 있다(21,22).

그동안 Comet Assay를 이용하여 수행된 선행 연구를 살펴보면, 식품 내 특정 성분인 quercetin, myricetin, kaempferol, rutin 등 flavonoid 성분(18,20), vitamin C(20), 대두 부산물(23) 또는 epigallocatechin 같은 phenolic compound 등(12,24)이 hydrogen peroxide의 산화적 손상을 받은 DNA에 대한 항 돌연변이 효과를 가지는지를 살펴본 논문들이 보고되고 있었으나, 최근에는 식품의 특정성분을 분리, 정제하여 항 돌연변이 효과를 보기보다 식품 전체로서의 항 돌연변이나 항 유전독성 효과를 평가하는 방향으로 연구의 추세가 전환되고 있다(25,26). 우리나라에서는 지 등(27)이 전통발효식품인 김치에서의 항 유전 독성 효과를 Comet assay로 분석하여 발표한 것이 있으며, 저자의 실험실에서 녹즙(28)을 비롯하여, 녹용음료(29), 포도씨, 루이보스티, 홍경천, 맥류약엽, 녹차 등 항산화 식품

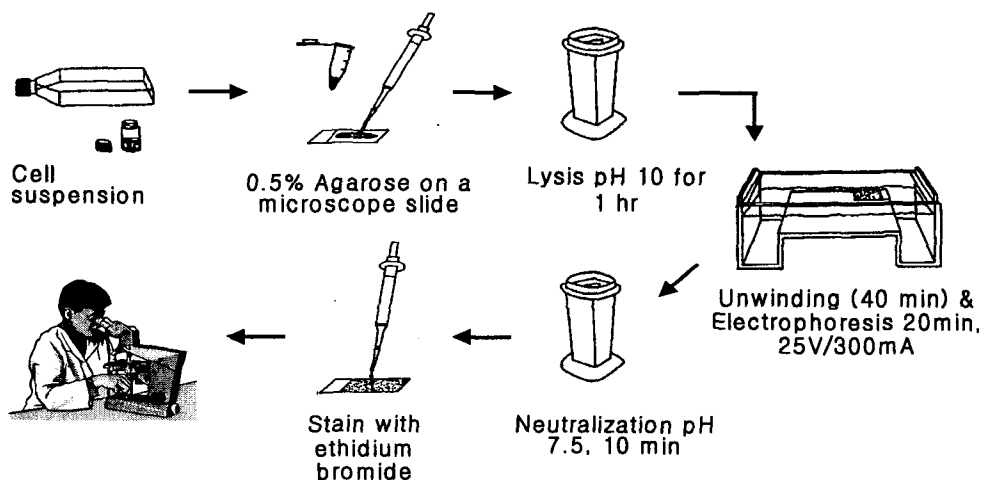


Fig. 1. Alkaline Comet assay scheme

소재들(30)의 항유전 독성효과를 Comet assay로 분석하여 발표한 바 있다.

또한 이외에도 흡연자나 위해 환경 작업자 및 여러 질환자의 인체의 DNA 손상을 monitoring하기 위한 biomarker로 사용한 연구들(31,32), 그리고 특정 영양소나 식품을 일정기간 섭취케 한 후, DNA 손상 억제효과를 보는 영양중재연구(33,34)도 보고되고 있다. 우리나라에서의 연구로는 현재 흡연자나 질환자의 경우 입과구 DNA 손상이 증가하였다는 연구가 보고되었고(35,36), 흡연자, 혹은 심혈관질환 환자에게 포도 주스를 섭취케 한 후 DNA 손상 억제효과를 본 영양중재연구가 보고되었다(37,38).

Comet assay에서 image analysis에서 보이는 각 이미지의 손상 정도는 Komet 4.0 프로그램을 통해 수치상으로 비교할 수 있게 되며, 보통 DNA in tail(%), Tail length (TL), Tail moment(TM) 등 세 가지 지표를 통해 나타낸다. DNA in tail(%)이란 핵으로부터 이동하여 꼬리 부분에 포함되어 있는 DNA 퍼센트로써 세포의 손상이 클수록 DNA in tail(%)이 커진다. TL 값은 핵으로부터 끌려나온 꼬리의 길이로서 DNA 손상이 많이 일어난 세포는 그 길이가 커진다. TM 값은 핵으로부터 이동된 DNA의 거리(TL)와 DNA in tail(%)을 곱한 값으로서 역시 세포의 손상이 클수록 TM 값도 커지는 경향을 보인다(Fig. 2).

녹즙의 생리활성에 관한 선행연구들

녹즙의 주된 재료로 이용되고 있는 신선초(*Angelica keiskei Koidz.*)는 미나리과에 속하는 다년생 초목으로 명일엽, 선삼초, 심립초라 불리우며 비타민, 무기질, 식이섬유질이 풍부할 뿐 아니라 생리활성 물질인 각종 flavonoid, coumarin, saponin 등이 들어있어 자연 건강식품으로 주목받고 있는 녹색 채소이다. 신선초 녹즙에 관한 연구는 주로 영양성분에 관한 것이 보고되었으며(3,4) 최근 생리적 기능에 관한 연구가 보고되고 있다(9,10). 김 등(3)은 신선초 생즙의 영양성분을 분석하였고, 박과 김(4)은 온도별 저장의 차이와 착즙 즉시에 비해 24, 48, 72시간 후의 신선초 생즙의 β -carotene과 vitamin C의 함량 및 항산화능의 변화를 보았으며 착즙 후 시간의 경과에 따라 항산화비타민의 파괴율이 증가됨을 보고한 바 있다. 최근 신선초 녹즙의 동물실험을 통한 *in vivo* 생리활성기능에 관한 연구가 몇 편 보고되었는데, 허 등(9)은 신선초 녹즙이 간 손상을 유발한 흰쥐의 간기능 개선에 미치는 영향을 살펴 보아 간 기능보호 기능의 가능성을 제시하였으며, 박 등(10)은 신선초가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향을 살펴 보아, 혈장콜레스테롤 감소효과를 보고하였다.

당근은 베타카로틴이 많이 함유되어 있는 식품으로 그 영양적인 평가가 높은 편이었으나(2,39), 생리적 활성에 대한 연구는 미비하다. 오히려, 당근에 함유되어 있는 as-

corbate oxidase는 가열처리를 하지 않는 경우에 비타민 C를 파괴할 수 있다(40). 당근에 들어있는 대표적인 항산화 물질인 β -carotene에 대한 연구는 상당히 많은데 비해, 당근 자체의 생리활성에 관한 연구는 많지 않다. 본 연구에서는 당근의 생리활성 연구의 하나로 당근녹즙에 DNA 손상 억제효과가 있음을 관찰하였으며, 이는 당근에 함유된 bioactive molecule이 세포 내로 흡수되어 DNA 손상 억제의 생리활성을 보인 것을 생각된다. 이와 같은 결과는 앞으로 인체 영양중재 연구를 계획할 때, β -carotene 등 단일 항산화제 보충보다는 식품으로의 보충섭취를 권장하는데 사용될 수 있으리라 생각된다.

한편, 돌미나리는 우리나라에서 흔히 식용되는 녹색채소이며 비타민 A, B₁, B₂, C 등이 풍부하고, 무기질 또한 상당량 함유하고 있다고 전해져오고 있으나, 돌미나리의 영양성분에 관한 연구 논문은 거의 보고된바 없다. 돌미나리의 생리활성효과에 관한 연구도 돌미나리 추출물이 발암제에 의한 돌연변이 유발 실험에서 항 돌연변이 효과를 나타냈다는 보고(6)와, 세포면역기능을 강화시켰다는 동물실험결과 등이 보고된 바 있을 뿐(41), 그 외에는 보고된 바 없다.

녹즙의 DNA 손상 억제효과를 보기 위한 *in vitro* 연구 풀무원에서 현재 제품으로 나와있는 녹즙 중 단일녹즙인 케일(kale), 신선초(혹은 명일엽, *Angelica keiskei*), 당근(carrot), 돌미나리(small water dropwort)등 4종의 녹즙을 선정하여 DNA 손상 억제 효과를 알아보기 위한 *in vitro* 연구를 실시하였다. 세포로는 포유동물 세포인 Chinese Hamster Lung (CHL) cell을 사용하였으며, oxidative stress 유발물질인 H₂O₂를 투여하여 DNA 손상을 유도한 후, 녹즙을 농도별로 투여하여 DNA 손상 감소효과를 관찰하였다. DNA 손상의 측정은 alkaline single cell gel electrophoresis (Comet) assay 법을 사용하였다.

In vitro 세포배양 실험을 통해 녹즙의 항 돌연변이 효과를 살펴본 결과, 네 가지 녹즙 모두 positive control에 비해 pre-treatment로 처리한 녹즙의 농도가 높아질수록 oxidative stress DNA 손상이 억제되는 효과를 보였으며 ($p < 0.05$), 특히 케일 녹즙이 다른 녹즙에 비해 DNA 손상 억제효과가 우수하였다(Fig. 3-6).

각 녹즙간의 DNA 손상 억제효과를 비교하기 위하여 각 녹즙시료에 대한 농도별 DNA 손상 억제효과를 regression analysis한 후, ED₅₀(50%의 DNA 손상 보호효과를 보이는 녹즙의 농도)을 계산하여 본 결과, DNA 손상 억제 효과는 케일이 가장 좋았고, 그 다음 신선초, 돌미나리, 당근의 순으로 나타났다. 박 등(42)은 케일의 불용성 및 수용성 식이섬유소의 항돌연변이 작용을 보고하였으며, 최 등(43)은 aflatoxin B₁에 의한 돌연변이 유발 실험에

서 신선한 케일쥬스의 유전독성 억제효과를 확인하여 보고하였다. 그 외 동물실험 연구결과로는 케일 녹즙이 고콜

레스테롤혈증 흰쥐의 인지질과 콜레스테롤 농도를 저하시켰으며 혈청 및 간장의 과산화지질 농도도 낮추었다는 보

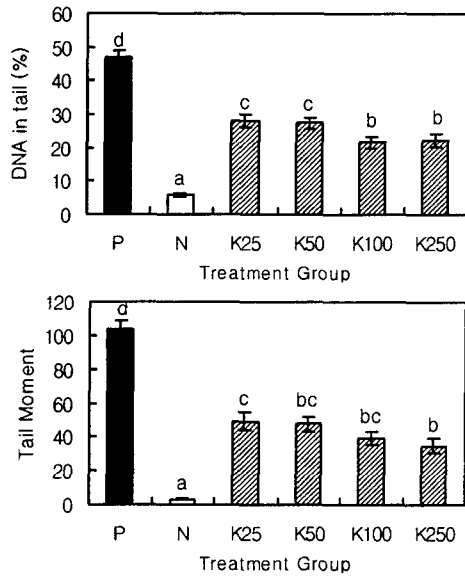


Fig. 3. Inhibition effect of Kale juice on H₂O₂-induced oxidative DNA damage in CHL cell.

Data represent the mean ± SEM for n=100. Values not sharing the same letter are significantly different from one another (p<0.05).

P: positive control (200 μM H₂O₂), N: negative control (PBS), K25: 25 μg/mL kale+H₂O₂, K50: 50 μg/mL kale+H₂O₂, K100: 100 μg/mL kale+H₂O₂, K250: 250 μg/mL kale+H₂O₂.

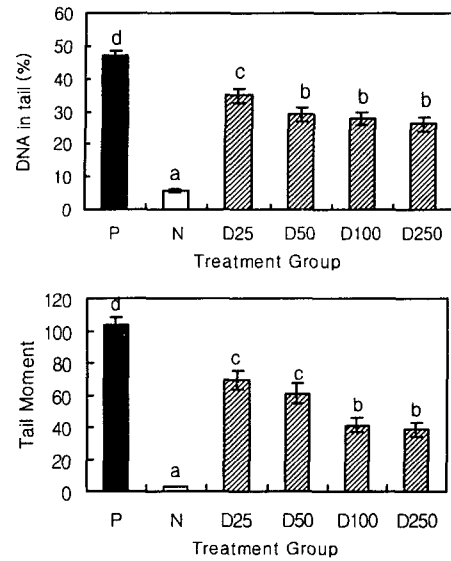


Fig. 5. Inhibition effect of small water dropwort juice on H₂O₂-induced oxidative DNA damage in CHL cell.

Data represent the mean ± SEM for n=100. Values not sharing the same letter are significantly different from one another (p<0.05).

P: positive control (200 μM H₂O₂), N: negative control (PBS), K25: 25 μg/mL water dropwort+H₂O₂, K50: 50 μg/mL water dropwort+H₂O₂, K100: 100 μg/mL water dropwort+H₂O₂, K250: 250 μg/mL water dropwort+H₂O₂.

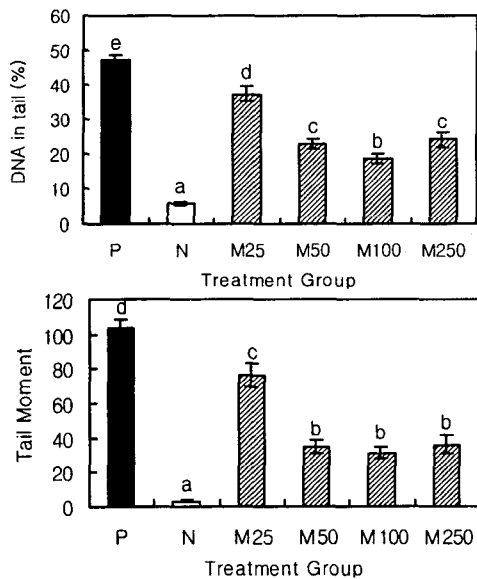


Fig. 4. Inhibition effect of *Angelica keishei* juice on H₂O₂-induced oxidative DNA damage in CHL cell.

Data represent the mean ± SEM for n=100. Values not sharing the same letter are significantly different from one another (p<0.05).

P: positive control (200 μM H₂O₂), N: negative control (PBS), K25: 25 μg/mL *A. keishei*+H₂O₂, K50: 50 μg/mL *A. keishei*+H₂O₂, K100: 100 μg/mL *A. keishei*+H₂O₂, K250: 250 μg/mL *A. keishei*+H₂O₂.

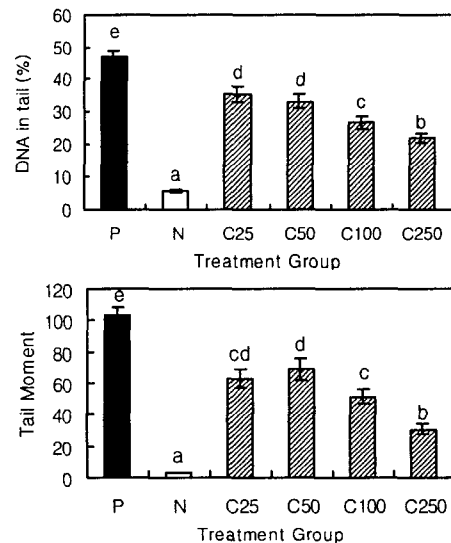


Fig. 6. Inhibition effect of carrot juice on H₂O₂-induced oxidative DNA damage in CHL cell.

Data represent the mean ± SEM for n=100. Values not sharing the same letter are significantly different from one another (p<0.05).

P: positive control (200 μM H₂O₂), N: negative control (PBS), K25: 25 μg/mL carrot+H₂O₂, K50: 50 μg/mL carrot+H₂O₂, K100: 100 μg/mL carrot+H₂O₂, K250: 250 μg/mL carrot+H₂O₂.

고가 있다(8,44).

최근 항암효능이 우수한 물질을 찾아내고, 그 생리활성 물질을 연구 검토하여 천연물에서 추출하거나, 기존의 화합물들 중, 독성이 낮고, 발암억제가 우수한 물질에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(45). 널리 알려진 ATBC (alpha-tocopherol and beta-carotene) 종단연구에서 흡연자에게 β -carotene을 supplement로 주고 폐암 발생을 관찰한 결과, 기대와는 달리 β -carotene 투여가 오히려 발암을 촉진하는 결과가 가져오는 것이 보고된(46) 반면, β -carotene이 많이 함유되어 있는 녹황색채소 및 과일, 고구마 등의 섭취량이 높은 사람이 일반적으로는 위암, 대장암, 유방암 발생이 낮은 것이 보고되어(47) 식품의 특정성분을 분리하여 섭취하는 것보다 식품 자체를 섭취하는 것이 암 예방에 보다 더 유리할 수 있다는 사실이 입증되고 있다.

녹즙의 DNA 손상 억제효과를 보기 위한 *in vivo* 인체 섭취 연구

흡연하는 성인 남자 54명과 비흡연자 18명을 대상으로 *in vitro* 연구결과 DNA 손상 억제효과가 좋았던 신선초 녹즙을 선정하여 6 주일 동안 하루에 2병(총 300 mL)의 신선초 녹즙을 섭취시킨 후 채혈하여 녹즙 섭취 전과 6주 후의 DNA 손상 정도를 관찰하여 비교하였다. Baseline 자료를 얻기 위해 제 1차 채혈을 실시한 후 DNA 손상정도를 분석하였으며, 녹즙 섭취가 끝난 6주에 제 2차 채혈을 하여 각각의 DNA 손상정도를 Comet assay 법으로 분석하였다. 녹즙 섭취 전과 후의 결과를 비교하여, 녹즙의 DNA 손상 억제 효과를 살펴보았다.

녹즙 섭취가 임파구 DNA 손상에 미치는 영향: 대상자들의 녹즙섭취 전의 DNA 손상에 비해, 6주 동안의 신선초 녹즙 섭취 후, 흡연자와 비흡연자 모두에게서 DNA 손상이 감소되었다. 먼저 흡연자의 DNA in tail은 녹즙 섭취 전에 비해 섭취 후에 15% 감소하였고 비흡연자의 경우도 섭취 후 12.6% 감소하였다. 흡연자의 TM은 녹즙 섭취 후 31.8%, 비흡연자는 섭취 후 29.1% 감소하였다. 흡연자의 TL은 녹즙 섭취 후 29.4%, 비흡연자는 29.6% 감소하였다.

녹즙 섭취가 혈장 지질수준에 미치는 영향: 신선초 녹즙의 섭취가 혈장 지질수준에 미치는 영향을 살펴보기 위해 녹즙 섭취 전 후의 total cholesterol, triglyceride, HDL-C, LDL-C 수준을 분석하였다. 녹즙 섭취 전 흡연자와 비흡연자의 total cholesterol 수준은 정상범위였으며 신선초 녹즙 섭취 후 흡연자의 total cholesterol 수준은 11.7% 감소하였다. 마찬가지로 흡연자의 혈장 LDL-C 수준도 녹즙 섭취 후에 유의적으로 감소하였다. 혈장 tri-

glyceride 및 HDL-C 수준은 조사 대상자 모두 정상범위에 속하였으며, 흡연자와 비흡연자 모두 녹즙 섭취 후 유의적인 변화는 나타나지 않았다.

결 론

본 원고에서는 녹즙의 여러 생리활성 효과 중 DNA 손상 억제 효과(항 돌연변이 효과)를 Comet assay를 통해 살펴보았다. 먼저 *in vitro* 세포배양 실험으로 녹즙 4종의 DNA 손상 억제효과를 살펴본 결과, 케일, 신선초, 돌미나리, 당근 녹즙 모두 CHL 세포에 대한 DNA 손상 억제효과가 나타났다. 또 신선초 녹즙을 6주간 흡연자에게 섭취시킨 *in vivo* 실험 결과, 15~30% 정도의 임파구 DNA 손상 억제효과가 있는 것으로 관찰되었다. 이 외에도 흡연자의 혈장 total-cholesterol과 LDL-cholesterol 수준도 6주 녹즙 섭취 후에 감소하였다.

녹즙의 이와 같은 DNA 손상 억제효과, 혹은 항 돌연변이 효과는 녹즙에 항산화 영양소 뿐 아니라 flavonoids 등의 phytochemical이 풍부하게 포함되어 있는 것에 기인하는 것으로 생각된다. 특히 담배로 인해 DNA가 많이 손상된 흡연자의 경우, 항산화 생리활성이 높은 야채 녹즙을 지속적으로 섭취한다면, 항산화 영양상태를 개선할 수 있을 뿐 아니라 DNA 손상 회복을 통한 암 예방효과도 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 양현숙. 1993. 녹즙의 효과. 식품과 위생 6: 62-67.
2. 정소영, 김현위, 윤선. 1999. 녹즙의 항산화 영양성분 분석. 한국식품과학회지 31: 880-886.
3. 김옥경, 궁성실, 박원봉, 이명환, 함승시. 1992. 명일엽 전초 및 생즙의 영양성분 분석. 한국식품과학회지 24: 592-596.
4. 박원봉, 김덕숙. 1995. 저장조건에 따른 신선초 생즙의 베타카로틴과 비타민 C의 함량 및 항산화능의 변화. 한국식품과학회지 27: 375-379.
5. 이선미, 박건영, 이숙희. 1997. Salmonella 실험계에서 케일 녹즙의 항돌연변이 효과와 활성분획. 한국식품영양과학회지 26: 965-971.
6. 한규석, 정의호, 함승시, 심태흠, 이택수, 이해금. 1993. 2-AF에 의해 유발된 미생물 변이원성에 미치는 돌미나리즙의 돌연변이 억제작용. 한국식품위생안전성학회지 8: 225-230.
7. Okuyama T, Takada M. 1991. Antitumor-promotion by principles obtained from *Angelica keiskei*. *Planta Med* 57: 242-246.
8. 정승용, 김성희, 김한수, 강진순, 정효숙, 김군자, 김행자. 1999. 영지, 케일 및 sodium dextrothyroxine이 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 hormone 및 지질대사에 미치는 영향 1. 혈청 중 triiodothyronine, thyroxine, 혈당 농도 및 지질성분. 한

- 국식품영양과학회지 19: 381-389.
9. 허남칠, 김경수, 김성오, 이명렬, 정희경, 박평심. 1998. 신선 초 녹즙이 사염화탄소 투여에 의한 흰쥐의 간 손상에 미치는 영향. 한국식품과학회지 27: 531-536.
 10. 박정로, 박석규, 조영숙, 전순실, 최성희, 박종철. 1997. *Angelica keiskei*가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지 26: 308-313.
 11. 권수미, 윤선, 김수연, 박계숙, 여익현, 최인, 이양자. 2000. 녹즙의 고지혈증 완화효과에 관한 연구. 한국영양학회 추계학술대회 초록집 p 84.
 12. Simic MG. 1988. Mechanism of inhibition of free-radical processes in mutagenesis and carcinogenesis. *Mutat Res* 202: 377-386.
 13. Eva H, Darina S, Lucia H, Tapan KM, Alena G, Andrew RC. 1998. The nature and origin of DNA single-strand breaks determined with the Comet assay. *Mutat Res* 409: 163-171.
 14. Olive PL, Banath JP. 1993. Induction and rejoining of radiation-induced DNA single-strand breaks: "tail moment" as function of position in the cell cycle. *Mutat Res* 294: 275-283.
 15. 이해정, 양재승, 김충기. 1999. DNA 'Comet assay'를 이용한 곡류의 방사선 조사 여부 확인 한국식품과학회지 31: 906-911.
 16. Fairbairn DW, Olive PL, O'Neill KL. 1995. The Comet assay: a comprehensive review. *Mutat Res* 339: 37-59.
 17. Mckevery-Martin VJ, Green MHL, Schmezer P, Pool-Zobel BL, De Meo MP, Collins A. 1993. A European review. *Mutat Res* 288: 47-63.
 18. Collins AR, Duthie GG, Dobson VL. 1997. Quercetin and myricetin protect against hydrogen peroxide induced DNA damage (strand breaks and oxidised pyrimidines) in human lymphocytes. *Mutat Res* 393: 223-231.
 19. Duthie SJ, Johnson W, Dobson VL. 1997. The effect of dietary flavonoids on DNA damage (strand breaks and oxidised pyrimidines) and growth in human cells. *Mutat Res* 390: 141-151.
 20. Mostafa N, Wilson JA, Michael EJL. 1998. Effects of flavonoids and vitamin C on oxidative DNA damage to human lymphocytes. *Am J Clin Nutr* 67: 1210-1218.
 21. Collins A, Dusinska M, Franklin M, Somorovska M, Petrovska H, Duthie S, Fillion L, Panayitidis M, Raslova K, Vaughan N. 1997. Comet assay in human biomonitoring studies: reliability, validation, and applications. *Environ Mol Mutagen* 31: 139-142.
 22. Kassie F, Parzefall W, Knasmuller S. 2000. Single cell gel electrophoresis assay: a new technique for human biomonitoring studies. *Mutat Res* 463: 13-31.
 23. Michael JP, Elizabeth DW, Lynn K, Karen R, Lori CA, Rayburn AL. 1998. The use of single cell gel electrophoresis and flow cytometry to identify antimutagens from commercial soybean by-products. *Mutat Res* 402: 211-218.
 24. Melissa RK, Jing X, Karen EA, George L. 2001. Disparate effects of similar phenolic phytochemicals as inhibitors of oxidative damage to cellular DNA. *Mutat Res* 485: 309-318.
 25. Zhu CY, Loft S. 2001. Effects of brussel sprouts extracts on hydrogen peroxide-induced DNA strand breaks in human lymphocytes. *Food Chemical Toxicol* 39: 1191-1197.
 26. Verhoeven DTH, Goldbohm RA, van Poppel G, Verhagen H, van den Brandt PA. 1996. Epidemiological studies on brassica vegetables and cancer risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 5: 733-748.
 27. 지승택, 박종흠, 현창기, 신현길. 2000. Comet assay를 이용한 전통발효식품인 배추김치의 항유전 독성효과. 한국식품영양과학회지 29: 316-321.
 28. 전은재, 김정신, 박유경, 김태석, 강명희. 2003. Comet assay를 이용한 케일, 명일엽, 당근, 돌미나리 녹즙의 Chinese hamster lung 세포 DNA 손상 보호효과. 한국영양학회지 36: 24-31.
 29. Park YK, Kim HY, Kang MH. 2002. Effect of deer antler drink on lymphocyte DNA damage and blood glucose level in diabetic patients. 한국영양학회 추계학술대회 초록집, p 2-7, 123.
 30. 박유경, 전은재, 장해동, 강명희. 2002. Human lymphocyte cell의 oxidative DNA 손상 감소를 위한 항산화 식품소재 탐색. 2002년도 한국식품영양과학회 제 52차 학술발표회 초록집, p 143.
 31. Jacobson JS, Begg MD, Wang LW, Wang Q, Agarwal M, Norkus E, Singh VN, Young T-L, Santella RM. 2000. Effects of a 6-month vitamin intervention on DNA damage in heavy smokers. *Cancer Epidemiol Biomark Prev* 9: 1303-1311.
 32. Welch RW, Turley E, Sweetman SF, Kennedy G, Collins AR, Dunne A, Livingstone MB, McKenna PG, McKelvey-Martin VJ, Strain JJ. 1999. Dietary antioxidant supplementation and DNA damage in smokers and nonsmokers. *Nutr Cancer* 34: 167-172.
 33. Van den Berg R, Van Vliet T, Broekmans WMR, Cnubben NHP, Vaes WHJ, Roza L, Haenen GRMM, Bast A, van den Berg H. 2001. A vegetable/fruit concentrate with high antioxidant capacity has no effect on biomarkers of antioxidant status in male smokers. *J Nutr* 131: 1714-1722.
 34. Collins BH, Horska A, Hotten PM, Riddoch C, Collins AR. 2001. Kiwifruit protects against oxidative DNA damage in human cells and *in vitro*. *Nutr Cancer* 39: 148-153.
 35. 박은주, 강명희. 2002. 인체 산화적 DNA 손상에 대한 human biomonitoring 도구로서 alkaline Comet assay의 활용 가능성 연구. 한국영양학회지 35: 213-222.
 36. Park E, Kim SM, Kang MH. 2002. Relation between oxidative DNA damage and cardiovascular disease in Koreans. FASEB Meeting Experimental Biology 2002, New Orleans, Louisiana, USA, April 20-24, A243.
 37. Kang MH, Park E, Kim SM, Kim JS. 2002. Grape juice consumption protects DNA damage in human peripheral lymphocytes. FASEB Meeting Experimental Biology 2002, New Orleans, Louisiana, USA, April 20-24, A996.
 38. Park YK, Kim SM, Seong IW, Kang MH. 2003. Purple

- grape juice supplementation reduces lymphocyte DNA damage in coronary artery disease patients. FASEB Meeting Experimental Biology 2003, San Diego, California, USA, April 11-15 (Abstract submitted).
39. Hertog MGL, Hollman PCH, Katan MB. 1992. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherland. *J Agric Food Chem* 40: 2379-2386.
 40. Pachla LA, Reyhods DL, Kissing PT. 1985. Analytical methods for determining ascorbic acid in biological samples, food products and pharmaceuticals. *J AOAC* 68: 2.
 41. 김광혁, 장명웅, 박건영, 이숙희, 류태형, 선우양일. 1993. 들미나리 추출물이 마우스의 세포성 면역에 미치는 효과. *대한미생물학회지* 28: 419-430.
 42. 박건영, 이숙희, 권미향, 이선미. 1996. 케일, 대두 및 당근의 수용성 식이섬유소(SDF)의 *in vitro* 상에서의 항암효과. *한국식품영양과학회 춘계 학술대회 초록집*, p 36.
 43. 최영현, 박건영, 이선미, 유미애, 이원호. 1995. 케일 주스에 의한 aflatoxin B1의 유전독성 억제 효과. *한국유전학회* 17: 183-190.
 44. 정승용, 김성희, 김한수, 정효숙, 김행자, 강진순. 1991. 영지, 케일 및 sodium dextrothyroxine이 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 hormone 및 지질대사에 미치는 영향 2. 간장, 뇌 및 고환 중의 지질 성분. *한국식품영양과학회지* 20: 59-64.
 45. Ziegler RG. 1989. Review of epidemiology that carotenoids reduce the risk of cancer. *J Nutr* 119: 116-120.
 46. Vainio H. 2000. Chemoprevention of cancer: lessons to be learned from beta-carotene trials. *Toxicol Letters* 112-113: 513-517.
 47. Owens WC, Cross KW. 1994. The alpha-tocopherol and beta-carotene cancer prevention study group. *New Eng J Med* 330: 1029-1039.