J. Fd Hyg. Safety 12(4), 321 - 327(1997)

Salmonella 실험계에서 십자화과 채소류의 항돌연변이효과

이선미 · 이숙희 · 박건영†
부산대학교 식품영양학과

Antimutagenic Effect of Various Cruciferous Vegetables in *Salmonella* Assaying System

Seon-Mi Lee, Sook-Hee Rhee and Kun-Young Park†
Dept. of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

ABSTRACT — The antimutagenic effects of juices and methanol extracts from cruciferous vegetables (cabbage, red cabbage, Korean cabbage, kale, cauliflower, broccoli, radish root, leafy radish, rape leaves and shepherd's purse) on the mutagenicity induced by aflatoxin B_1 (AFB_1) and N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine(MNNG) were studied using *Salmonella* assay system. In the case of juices from the cruciferous vegetables, the juices of cabbage, kale, cauliflower and radish root in the concentrations of 50, 200 and 500 μl/plate considerably decreased the mutagenicity induced by AFB_1, and the juices of cabbage and broccoli in the concentrations of 200 and 500 μl/plate significantly reduced the mutagenicity induced by MNNG. The antimutagenic activities of the juices against AFB1 were stronger than those against MNNG. In the case of methanol extracts from the cruciferous vegetables, the methanol extracts of kale, broccoli and shepherd's purse appeared to inhibit the mutagenicity induced by AFB_1 and MNNG in *Salmonella typhimurium* test strains. The effects of the juices against mutagens quite different from ones of the methanol extracts. The juice of cabbage showed antimutagenicity, but its methanol extract was less effective. However, both juices and methanol extracts from kale and broccoli exhibited strong antimutagenic activities against the mutagens.

Key words □ Cruciferous vegetables, Antimutagenicity, AFB_1, MNNG

십자화과(*Brassica*)속은 350속의 약 3,000종이 있으며, 주로 북반구의 온대에서 난대에 분포하고 있고 그 중에서도 서아시아에서 지중해 연안지방에 특히 종류가 많다. 한편 우리나라에서 많이 재배되고 있는 십자화과 채소류로는 양배추, 배추, 케일, 컬리플라워, 브로콜리, 무우, 열무, 유채, 냉이, 갓 등이 있는 것으로 알려지고 있다.

십자화과(*Brassica* 또는 *Cruciferous*)채소들은 최근 *in vitro* 및 *in vivo*상의 실험연구들과 여러 역학조사들에 의해 암생성을 억제하는데 큰 역할을 하는 것으로 밝혀졌다.[1-3] 특히, 십자화과채소들에서 독특하게 생성되는 indole화합물은 돌연변이원인 3,4-benzo[a]pyrene 및 7,12-dimethylbenz[a]anthracene(DMBA)에 의해 발생되는 암을 억제시켰고, 또한 indolylmethyl glucosinolate의 자가분해산물들인 indole-3-carbinol(I3C), indole-3-acetonitrile(IAN), 3,3'-diindolylmethane(I33') 등도 설취류들에서 화학적으로 발생되는 암의 생성을 저해시키는 것으로 보고된 바 있었다.[1,4-5] Wattenberg[6]는 양배추, 싹양배추, 컬리플라워, 케일, 순무와 같은 십자화과식물들에서 독특하게 발견되는 benzyl isothiocyanate와 phenethyl isothiocyanate라는 물질이 female Sprague-Dawley rat에서 DMBA에 의해 유도된 유암의 생성을 낮추었다고 보고하였다. 또한, 십자화과채소류에 포함된 peroxidase,[7,8] 클로로필의 유도체인 pheophytin a, 식물 스테로이드인 β-sitosterol[5] 등도 항돌연변이 및 항암활성을 가지는 것으로 밝혀졌는데, 이와 같이 십자화과 채소류는 다른 채소류보다 더 많은 기능성 활성물질들을 가졌기 때문인 것으로 사려되어 진다.

본 실험에서 사용된 박테리아의 변이주를 이용한 Ames 실험계는 간편성, 경제성 및 신뢰성때문에 가장 널리 이용되는 *in vitro* 돌연변이 유발(발암)실험계로써 동물실험들과 85%의 상관관계를 가지고 있다.[9] 사용된 histidine 요구성

† Author to whom correspondence should be addressed.

균주인 *Salmonella typhimurium* TA100과 TA98은 돌연변이원/발암원을 탐지하기 위한 균주들로써, *S. typhimurium* TA100은 base-pair substitution을 일으키는 돌연변이원을, *S. typhimurium* TA98은 frame shift 돌연변이원을 검출하는데 이용된다.[9]

본 연구에서는 암예방효과가 있다고 알려진 십자화과 채소류 중 우리나라에서 생식하고 있는 시료들을 선택하여 항돌연변이 활성의 차이를 검토하기 위해, 주요 십자화과채소들인 양배추, 적채, 배추, 케일, 컬리플라워, 브로콜리, 무우, 열무, 유채, 냉이의 즙액 및 메탄올추출물을 이용하여, 이 시료들이 돌연변이원(AFB_1, MNNG)에 대해 돌연변이유발 억제효과를 나타내는 지를 *Salmonella* 실험계를 이용하여 검토하였다.

재료 및 방법

시료

10종의 십자화과채소류(양배추(cabbage), 적채(red cabbage), 배추(Korean cabbage), 케일(kale), 컬리플라워(cauliflower), 브로콜리(broccoli), 무우(radish root), 열무(leafy radish), 유채(rape leaves), 냉이(shepherd's purse))는 부산시의 일반시장에서 구입하여 흐르는 물로 씻고 증류수로 행군 다음 물을 제거하고 녹즙기(엔젤라이프(주))를 이용하여 시료의 즙액부분을 모았다. 4°C, 9,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 상등액을 채취한 후, milipore filter(0.45 μm)로 여과 멸균하여 즙액추출물로써 실험에 사용하였다.[10,11] 또한 메탄올추출물은 각 시료를 동결건조한 다음 분말화하여 건조시료 1 g에 각각 20 m*l*의 메탄올을 첨가하고 8시간씩 3회 교반 추출한 후, 회전식 진공 농축기(Buchi 011 & 461, Switzerland)를 이용하여 농축한 후 2 m*l*의 dimethyl sulfoxide(DMSO)에 녹여 실험에 사용하였다.[12]

돌연변이유발물질/발암물질

Aflatoxin B_1(AFB_1)은 미국 Sigma회사에서 구입하여 dimethyl sulfoxide(DMSO)에 녹여서 실험에 사용하였고, N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine(MNNG)은 미국 Aldrich 회사로부터 구입하여 증류수에 녹여 실험에 이용하였다.

항돌연변이효과 실험

Salmonella typhimurium TA100과 TA98을 이용한 항돌연변이효과 실험은 다음과 같은 방법으로 행하였다.[9,13-15] 간접돌연변이성을 검토하기 위해 Maron과 Ames[9]의 방법에 따라 약 200 g의 Sprague-Dawley rat(male)를 Aroclor 1254로 복강주사하여 induction시킨 5일 후, 적출하여 얻은 간의 microsomal enzyme fraction으로부터 S9 mix.를 조제하였다. S9 mix. 0.5 m*l*(간접돌연변이인 경우) 혹은 phosphate buffer 0.5 m*l*(직접돌연변이인 경우), 12시간 배양된 균주($1\sim2\times10^9$ cells/m*l*) 0.1 m*l*, 십자화과채소류의 즙액(50, 200 and 500 μ*l*/plate) 혹은 메탄올 추출물(50 μ*l*/plate), 돌연변이원 희석액(50 μ*l*)을 ice bath에 담긴 cap tube에 넣고 가볍게 vortex한 후 37°C에서 30분간 예비배양하였다. 45°C의 top agar 2 m*l*씩을 각 tube에 붓고 3초간 vortex하여 minimal glucose agar plate에 도말하고 37°C에서 48시간 배양한 후 복귀돌연변이(revertant)숫자를 계수하였다. 한편 실험에 사용된 시료들과 돌연변이원들의 농도는 예비실험(독성실험 및 dose response)을 통하여 결정하였다.

통계분석

대조군 및 각 시료들의 돌연변이 억제효과에 대한 통계적 유의성을 측정하기 위해, 실험 자료로부터 ANOVA을 구한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 통계분석하였다.

결과 및 고찰

S. typhimurium TA100균주에서 여러 십자화과채소들로부터 추출한 즙액시료의 첨가량(50, 200 and 500 μ*l*/plate)에 따라 AFB_1의 돌연변이성이 어떤 영향을 받는지를 검토하였다(Fig. 1). 채소즙액의 낮은 시료농도인 50 μ*l*/plate에서 AFB1의 돌연변이성을 50% 이상 저해한 것은 케일, 컬리플라워, 무우즙액이었는데, 케일은 55%, 컬리플라워는 57%, 무우는 66%의 각각 높은 항돌연변이효과를 가지는 것으로 나타났다($p<0.05$). 200 μ*l*/plate의 채소시료농도에서, AFB_1의 돌연변이성을 50% 이상 저해한 것은 양배추, 배추, 케일, 컬리플라워, 무우, 냉이즙액으로써 각각 63%, 55%, 88%, 73%, 83%, 70%의 높은 돌연변이억제효과를 가졌으며, 이 중 특히 케일과 무우의 즙액시료가 80%이상의 항돌연변이효과를 보였다($p<0.05$). 높은 채소시료 농도인 500 μ*l*/plate에서는 양배추, 케일, 컬리플라워, 브로콜리, 유채즙액이 대조군에 비해 90% 이상의 돌연변이 저해효과를 가졌다($p<0.05$). 그러므로 채소시료농도(50~500 μ*l*/plate)가 증가됨에 따라 현저한 저해효과를 보인 것은 양배추, 케일, 컬리플라워, 무우즙액인 것으로 나타났는데, 이런 즙액시료들은 간접돌연변이원에 관여한 전구물질을 최종 돌연변이물질로 전환되는 것을 방지하였거나, 활성화된 돌연변이물질에 직접 결합하여 돌연변이성을 제거하였을 것이라고 추측되어진다. Fig. 1과 2에서 대조군의 증류수첨가량이 3가지로 나누어지는 것은 신선한 즙액시료군의 실험조건

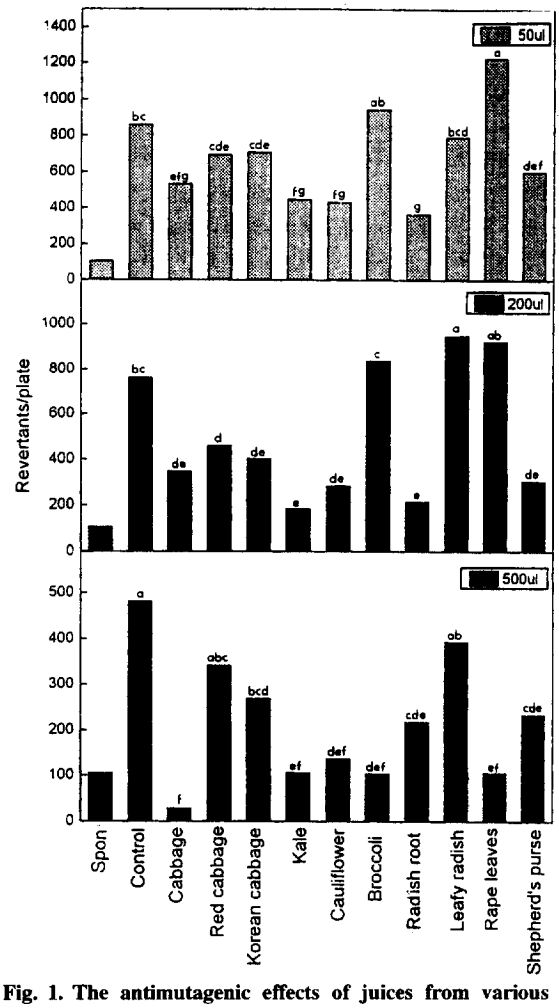

Fig. 1. The antimutagenic effects of juices from various cruciferous vegetables on the mutagenicity induced by aflatoxin B_1 (AFB_1, 0.1 μg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100.
a-g: Means with the different letters are significantly different at the 0.05 level of significance as determined by Duncan's multiple range test.

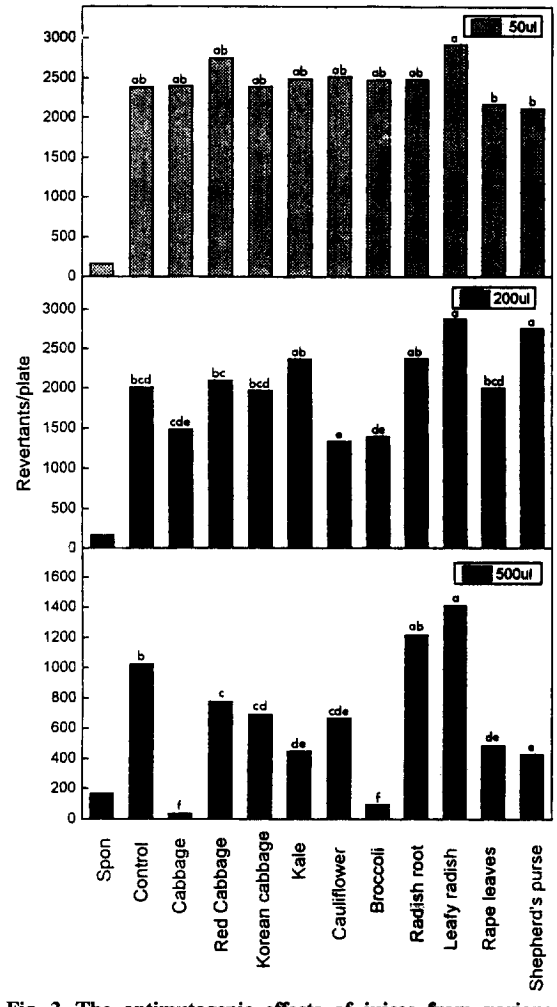

Fig. 2. The antimutagenic effects of juices from various cruciferous vegetables on the mutagenicity induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG, 0.4 μg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100.
a-f: Means with the different letters are significantly different at the 0.05 level of significance as determined by Duncan's multiple range test.

을 맞추기 위한 것으로, 대조군에 시료대신 증류수량이 증가함에 따라 plate당 revertants수가 감소되는 것을 알 수 있었다.

Fig. 2에서는 10종의 십자화과채소류의 즙액추출물이 직접돌연변이원인 MNNG의 돌연변이유발성을 감소시키는지를 *S. typhimurium* TA100균주를 사용하여 조사하였는바, 간접돌연변이원인 AFB_1에 비해 돌연변이 억제효과가 떨어지는 것으로 나타났다. 시료농도 50 μl/plate에서는 10종의 십자화과 채소즙액들 모두가 효과가 없는 것으로 나타났고, 또한 200 μl/plate에서도 거의 항돌연변이 활성이 없었으며, 높은 시료농도인 500 μl/plate에서는 양배추, 케일, 브로콜리, 유채, 냉이즙액이 50% 이상의 돌연변이 저해효과를 가졌다($p<0.05$). 이상에서와 같이 십자화과채소류의 즙액시료의 항돌연변이활성은 MNNG보다 AFB_1의 돌연변이성을 더 강하게 억제하였는데, 특히 양배추, 케일, 컬리플라워, 무우의 즙액시료는 낮은 시료농도인 50 μl/plate부터

AFB_1의 돌연변이성을 상당히 저해하는 것으로 나타났으며, MNNG에서는 AFB_1에 비해 10배로 높은 시료농도인 500 μl/plate 첨가시 양배추, 브로콜리의 즙액이 상당한 항돌연변이효과를 가지는 것으로 분석되어졌다.

Shinohara 등[16]은 *S. typhimurium* TA100균주에서 우엉, 가지, 시금치, 사과 등의 즙액투석물이 MNNG, benzo[a]pyrene, AFB_1의 돌연변이성을 억제하는 지를 검토한 바, 특히 간접돌연변이원에서 더 많은 돌연변이유발 억제효과를 가지는 것으로 나타났는데 이것은 위의 Fig. 1과 Fig. 2의 연구결과와 유사한 양상이었다. 또한 본 실험에 사용된 시료들 중에서 양배추, 케일, 컬리프라워, 브로콜리즙액이 특히 항돌연변이효과가 높은 것으로 나타났는데, 이것은 다른 연구결과들[7,8,17,18]과 비슷하였다. 양배추즙액의 변이원 불활성화인자로 동정된 물질은 peroxidase이였고,[7] 브로콜리즙액으로부터 추출한 변이원불활성화 인자도 양배추즙액과 서양고추냉이즙액에서 동정된 peroxidase와 유사하였다.[8] 케일의 경우는 최 등[18]은 *Drosophila*를 이용하여 케일즙액에 대한 항돌연변이성을 조사하여 매우 효과적이었음을 보고한 바 있었고, 케일의 수용성 식이섬유소가 항돌연변이작용이 있음이 발표되었으며,[17] 항암효과를 가지는 flavonoid로 알려진 quercetin과 kaempferol함량이 케일에 다량 함유되어 있다고 알려져 있다.[19,20]

S. typhimurium TA100균주에 대한 십자화과채소류의 메탄올추출물의 항돌연변이효과를 AFB_1을 사용하여 검토한 결과(Fig. 3), AFB_1의 돌연변이성을 50% 이상 저해한 시료는 케일, 브로콜리이었으며 각각 64%의 저해성을 나타내었다($p<0.05$). 또한 *S. typhimurium* TA98균주에서 십자화과채소류의 메탄올추출물의 항돌연변이효과를 검토한 바(Fig. 4), AFB_1의 돌연변이성을 50% 이상 저해한 시료는 케일, 컬리플라워, 브로콜리 및 냉이메탄올추출물로써 각각 73%, 59%, 71%, 60%의 돌연변이 억제효과를 보였다($p<0.05$). 특히, 케일과 브로콜리 메탄올추출물이 TA100과 TA98균주 모두에서 현저한 저해효과를 가짐을 알 수 있었다. Lawson 등[5]은 브로콜리를 공급한 식사가 rat의 간에서 glutathione S-transferase와 arylhydrocarbon hydroxylase(AHH) 활성을 증가시켰다고 보고한 바 있다.

Fig. 5은 십자화과 채소류의 메탄올추출물의 MNNG에 대한 항돌연변이효과를 나타낸 것으로, 40% 이상의 저해효과를 나타낸 시료는 케일, 브로콜리, 냉이메탄올추출물이였으며($p<0.05$), 그 중에서 특히 브로콜리와 냉이메탄올추출물이 각각 95%, 84%의 높은 돌연변이억제효과를 가진 것으로 분석되어졌다. 위의 결과로부터, 채소류의 메탄올추출물의 경우 AFB_1과 MNNG 모두에서 효과가 높게 나타난 것은 케일, 브로콜리, 냉이메탄올추출물이었는 데, 이것은 앞의 즙액시료에서 효과가 있는 것으로 나타난 양배추, 컬리플라워, 무우는 제외되고 새로이 냉이의 메탄올추출물이 높은 항돌연변이효과를 가지는 시료로써 나타났다.

Edenharder 등[21]은 항돌연변이활성과 몇몇 채소들의 클로

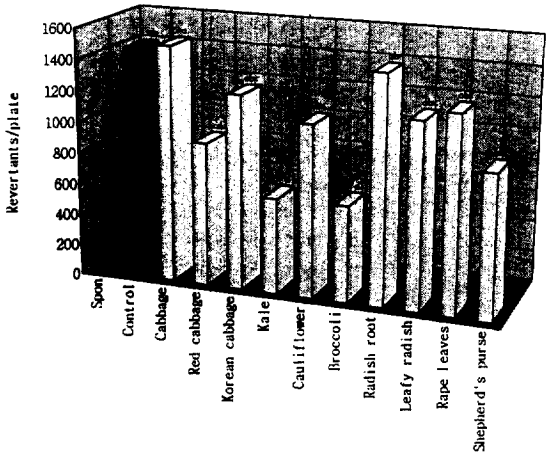

Fig. 3. The antimutagenic effects of methanol extract from various cruciferous vegetables on the mutagenicity induced by aflatoxin B_1 (AFB_1, 0.3 μg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100.
a-d: Means with the different letters are significantly different at the 0.05 level of significance as determined by Duncan's multiple range test.

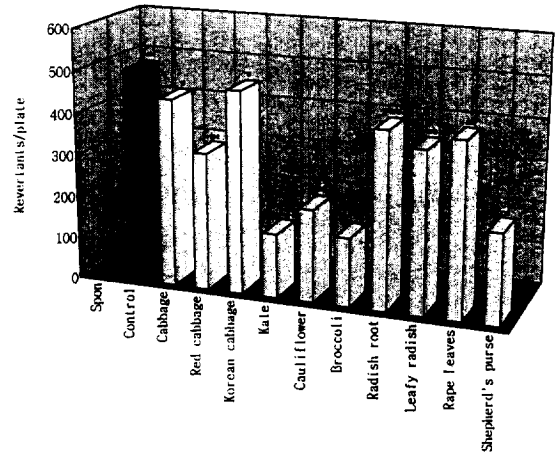

Fig. 4. The antimutagenic effects of methanol extract from various cruciferous vegetables on the mutagenicity induced by aflatoxin B_1 (AFB_1, 0.3 μg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA98.
a-d: Means with the different letters are significantly different at the 0.05 level of significance as determined by Duncan's multiple range test.

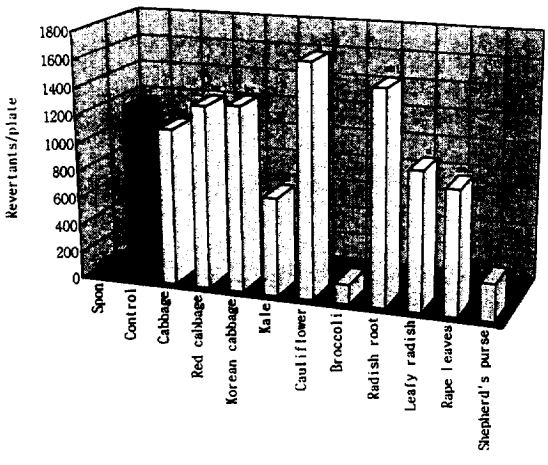

Fig. 5. The antimutagenic effects of methanol extract from various cruciferous vegetables on the mutagenicity induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG, 0.35 μg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100.
a-f: Means with the different letters are significantly different at the 0.05 level of significance as determined by Duncan's multiple range test.

로필함량 사이에는 정의 상관관계가 있다고 보고하였고, Newmark[22]는 chlorophyll a와 chlorophyll b가 클로로필의 수용성염인 클로로필린에 비해 항돌연변이활성은 다소 떨어지지만 돌연변이유발억제활성을 갖는다고 발표하였다. 또한 케일메탄올추출물에서 항돌연변이 물질로 동정된 chlorophyll a는 SOS chromotest 및 Ames 실험계에서도 높은 항돌연변이효과를 가지는 것으로 나타났으며,[23] Zhang 등[24]은 브로콜리추출물에서 항발암 해독효소인 phase II 효소의 유도효과가 큰 것을 관찰하였고 관련물질은 sulforaphane(S-methylsulfinyl butyl isothiocyanate)으로 알려진 isothiocyanate임을 확인하였고, Wattenberg[6,25]는 양배추, 컬리플라워, 케일 등을 포함한 십자화과식물들에서 항암물질인 benzyl isothiocyanate와 phenethyl isothiocyanate가 발견되었다고 하였다. 이상과 같이 십자화과 채소들의 여러 성분들이 발암물질의 활성을 억제하는 것으로 추측되어지며, 발암전구물질이 최종 발암원으로의 전환을 주로 많이 억제하지만 직접발암물질의 돌연변이유발성도 저해하는 것으로 나타났다. 그래서 십자화과채소 시료들의 항돌연변이효과는 polyphenol, flavonoid, 수용성 식이섬유소, peroxidase같은 효소, 비타민 C, benzyl isothiocyanate, phenethyl isothiocyanate, chlorophyll 등 여러가지 성분들의 상호작용에 기인한다고 추측되어진다.

결론적으로, Ames 실험계에서 십자화과 채소류로부터 추출한 즙액들의 경우, 특히 양배추, 케일, 컬리플라워, 무우즙액이 AFB_1의 돌연변이성에 대한 항돌연변이효과가 큰 것으로 나타났으며, MNNG의 돌연변이성에서는 양배추, 브로콜리즙액이 높은 돌연변이억제효과를 가지는 것으로 나타나서, 전체적으로 시료들은 MNNG에 비해 AFB_1의 돌연변이성을 더 많이 억제하는 것으로 관찰되었다. 또한 십자화과 채소류의 메탄올추출물의 경우, 특히 케일, 브로콜리, 냉이 메탄올추출물이 AFB_1과 MNNG모두에서 항돌연변이효과가 높았다. 그러므로 10종의 십자화과 채소류의 즙액과 메탄올추출물에 대한 돌연변이 억제효과는 시료가 즙액추출물인지 또는 메탄올추출물인지에 따라 다른 효과를 나타냈었다. 이것은 즙액추출물인 경우 수용성 활성물질만 함유한 반면, 메탄올 추출물인 경우는 수용성 및 지용성 활성물질을 동시에 포함하며 유기용매에 의해 효소, 비타민 C 등과 같은 활성물질이 파괴되었을 가능성이 있는 것과 관계가 있는 것으로 사려되어진다. 또한 돌연변이원의 종류에 따라, 사용된 균주(TA98 또는 TA100)에 따라서도 돌연변이억제작용의 차이를 관찰할 수 있었다.

감사의 말씀

본 연구는 한국과학재단 연구비지원(과제번호: 951-0602-081-1)에 의한 결과의 일부이며 이를 감사드립니다.

국문요약

Salmonella 실험계에서 10종의 십자화과 채소류(양배추, 적채, 배추, 케일, 컬리플라워, 브로콜리, 무우, 열무, 유채, 냉이)의 항돌연변이효과를 검토하였다. 십자화과 채소류로부터 추출된 즙액들의 경우, 양배추, 케일, 컬리플라워, 무우즙액이 간접돌연변이원인 AFB_1의 돌연변이성을 상당히 저해했으며, 양배추, 브로콜리의 즙액은 직접돌연변이원 MNNG에 의해 발생되는 돌연변이성을 유의성 있게 감소시켰다($p<0.05$). 즙액의 항돌연변이 활성은 MNNG보다 AFB_1의 돌연변이성을 더 강하게 억제하는 것으로 나타났다. 십자화과 채소류의 메탄올

추출물들의 경우, 케일, 브로콜리, 냉이의 메탄올추출물이 *Salmonella typhimurium* 시험균주(TA100 또는 TA98)에서 AFB_1과 MNNG의 돌연변이성을 크게 저해하여, 즙액추출물과는 꽤 다른 양상을 가졌다. 양배추의 즙액은 특히 항돌연변이성이 강한 것으로 나타났으나 그것의 메탄올 추출물은 효과가 거의 없었던 반면, 케일과 브로콜리는 돌연변이원들에 대해 즙액과 메탄올추출물 모두가 상당한 돌연변이 억제효과를 가지는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Bradfield, C.A. and Bjeldanes, L.F.: High performance liquid chromatographic analysis of anticarcinogenic indoles in *Brassica oleracea*. *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 46-49 (1987).
2. Whitty, J.P. and Bjeldanes, L.F.: The effects of dietary cabbage on xenobiotic metabolizing enzymes and the binding of aflatoxin B_1 to hepatic DNA in rats. *Fd. Chem. Toxic.*, **25**(8), 581-587 (1987).
3. 박건영, 이경임, 이숙희: 녹황색 채소류의 돌연변이유발 억제 및 AZ-521위암세포의 성장 저해효과. 한국영양식량학회지, **21**(2), 149-153 (1992).
4. Wattenberg, L.W. and Loub, W.D.: Inhibition of polycyclic aromatic hydrocarbon-induced neoplasia by naturally occurring indoles. *Cancer Res.*, **38**, 1410-1413 (1978).
5. Lawson, T., Nunnally, J., Walker, B., Bresnick, E., Wheeler, D. and Wheeler, M.: Isolation of compounds with antimutagenic activity from savoy chieftain cabbage. *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 1363-1367 (1989).
6. Wattenberg, L.W.: Inhibition of carcinogenic effects of polycyclic hydrocarbons by benzylisothiocyanate and related compounds. *J. Natl. Cancer Inst.*, **58**(2), 395-398 (1977).
7. Inoue, T., Morita, K. and Kada, T.: Purification and properties of a plant desmutagenic factor for the mutagenic principle of tryptophan pyrolysate. *Agric. Biol. Chem.*, **45** (2), 345-353 (1981).
8. Morita, K.: Purification and properties of desmutagenic factor from broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica plenck*) for mutagenic principle of tryptophan pyrolysate. *J. Food Safety*, **4**, 139-150 (1982).
9. Maron, D.M. and Ames, B.N.: Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutat. Res.*, **113**, 173-215 (1983).
10. Morita, K., Hara, M. and Kada, T.: Studies on natural desmutagens; Screening for vegetable and fruit factors active in inactivation of mutagenic pyrolysis products from amino acids. *Agric. Biol. Chem.*, **42**(6), 1235-1238 (1978).
11. Kada, T., Morita, K. and Inoue, T.: Antimutagenic action on vegetable factor(s) on the mutagenic principle of tryptophan pyrolysate. *Mutat. Res.*, **53**, 351-353 (1978).
12. Natake, M., Kanazawa, K., Mizuno, M., Ueno, N., Kobayashi, T., Danno, G. and Minamoto, S.: Herb water-extracts markedly suppress the mutagenicity of Trp-P-2. *Agric. Biol. Chem.*, **53**(3), 1423-1425 (1989).
13. Ames, B.N., Lee, F.D. and Durston, W.E.: An improved bacterial test system for the detection and classification of mutagens and carcinogens. *Proc. Natl. Acad. Sci.(U.S. A.)*, **70**(3), 782-786 (1973a).
14. Ames, B.N., Durston, W.E., Yamasaki, E. and Lee, F.D.: Carcinogens are mutagen ; A simple test system combining liver homogenates for activation and bacteria for detection. *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)*, **70**(8), 2281-2285 (1973b).
15. Ames, B.N., McCann, J. and Yamasaki, E.: Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella* mammalian-microsome mutagenicity test. *Mutat. Res.*, **31**, 347-364 (1975).
16. Shinohara, K., Kuroki, S., Miwa, M, Kong, Z-L. and Hosoda, H.: Antimutagenicity of dialyzates of vegetables and fruits. *Agric. Biol. Chem.*, **52**(6), 1369-1375 (1988).
17. Lee, S.M., Rhee, S.H. and Park, K.Y.: Antimutagenic effect of soluble dietary fibers from kale and soybean. *Environ. Mutagen. Carcino.*, **13**, 26-35 (1993).
18. 최영현, 박건영, 이선미, 유미애, 이원호: 케일 쥬스에 의한 Aflatoxin B_1의 유전독성 억제효과. 한국유전학회지, **17**(3), 183-190 (1995).
19. Hertog, M.G.L., Hollman, P.C.H. and Katan, M.B.: Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherland. *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 2379-2383 (1992).
20. Bilyk, A. and Sapers, G.M.: Distribution of quercetin and kaempferol in lettuce, kale, chive, garlic chive, leek, horseradish, red radish and red cabbage tissues. *J. Agric. Food Chem.*, **33**(2), 226-228 (1985).
21. Edenharder, R., John, K. and Ivo-Boor, H.: Antimutagenic activity of vegetable and fruit against *in vitro* benzo(a) pyrene. *Z. Gesamte. Hug.*, **36**(3), 144 (1990).
22. Newmark, H.L.: Plant phenolics as inhibitors of mutational and precarcinogenic events. *Can. J. Physiol.*

Pharmacol., **65**, 461-466 (1987).
23. 이선미: 케일의 항돌연변이 및 항암효과와 기작연구. 부산대학교 박사학위 논문 (1995).
24. Zhang, Y., Talalay, P., Cho, C.G. and Posner, G.H.: A major inducer of anticarcinogenic protective enzyme from broccoli isolation and elucidation of structure. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **89**, 2399 (1992).
25. Wattenberg, L.W.: Inhibition of chemical carcinogenesis. *J. Natl. Cancer Inst.*, **60**(1), 11-18 (1978).