

김치와 배추, 무, 무청의 간암억제효과

김 영 진

한국식품연구원 김치연구단

1. 김치의 간암억제효과

현대에 들어와서 인간의 수명은 과거보다 연장되고 있으나, 아직도 암(cancer)은 세계적으로 발병률이 높고 사망률도 높다. 암은 일단 발생하면 치료하기 어렵고, 치료기간과 비용이 많이 소요되므로 미리 예방하는 것이 중요하다. 식품과 관련된 암으로선 위암, 간암, 대장암을 들 수 있으면, 이들 암은 암을 억제하는 식품을 섭취함으로써 억제할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

김치는 암을 억제하는 효과가 있을까? 한국식품개발연구원에서는 실험쥐에 발암물질 diethylnitrosamine (DEN)과 D-galactosamine을 복강주사하여 간암을 발생시켰다(1999).⁽¹⁾ 이 실험쥐에게 한국인이 평소에 섭취하는 정도의 배추김치와 깍두기를 동결건조하여 사료에 섞어서 각각 먹였다. 배추김치로는 발효전 배추김치와 발효후 배추김치를 시험하였다. 간암의 발생정도는 간암병소(glutathione S-transferase placental form positive foci, GST-P⁺)의 생성정도로 조사하였다. 간암병소(GST-P⁺ foci)는 암으로 발전할 가능성을 제시해 주는 표지(biomarker)로 사용하였다. 발효전 배추김치와 발효후 배추김치를 먹은 쥐, 발효된 깍두기를 먹은 쥐들은 일반사료(AIN-76사료)만을 먹은 쥐보다도 모두 간암병소의 수(GST-P⁺)

가 절반이하로 감소되었다. 따라서 발효된 배추김치, 발효후 배추김치, 그리고 발효된 깍두기는 모두 간암에 대하여 억제효과를 갖고 있는 것으로 나타났다. 발효후 배추김치와 발효전 배추김치간의 간암억제효과에는 차이가 없이 모두 간암억제효과가 있었다. 이와 비슷하게 발암물질 2-acetylaminofluorene (2-AAF)로 간암이 유도된 실험쥐에 김치의 메탄올추출물을 먹였을 때 간암이 억제되었음이 보고되었다(2000).⁽²⁾

2. 김치의 암억제가능성 (시험관내 방법; *in vitro*)

김치가 암을 억제할 수 있는 가능성에 대하여 실험동물이외에 암세포주를 이용한 시험관내 방법(*in vitro*)으로 다수 연구되었다. 김치의 메탄올추출액은 Ames test와 SOS chromotest에서 발암물질(aflatoxin 과 N-methyl-N'-nitrosoguanidine, MNNG)에 대하여 항돌연변이효과를 나타내었다.⁽³⁾ 그리고 김치추출액은 조직배양된 결장암세포(HT29), 백혈병암세포(leukemia K-562 and HL-60), 유방암세포(MCF-7), 골수암세포(osteosarcoma MG-63)의 성장을 억제 또는 정지(atoptosis)시키고,^(4,9) 쥐에서 인터루킨(interleukin)-2

의 생성을 촉진시키고 림프구 killer cell의 활성을 높이고,⁽¹⁰⁾ 발암물질 3-methylcholanthracene (MCA)와 7,12-dimethylben[a]-anthracene (DMBA)의 독성을 약화시켰다.⁽¹¹⁾ 또한 김치젖산균 즉 *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, *L. actobacillus fermentum*, *L. plantarum pediococcus acidilactici*는 발암물질 4-nitroquinoline-1-oxide (4-NQO)와 3-amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b]-indole (Trp-P-2)에 대하여 항돌연변이효과를 나타냈다.⁽¹²⁾ 김치젖산균의 세포벽성분(cell wall)도 항돌연변이효과가 있다.⁽¹³⁻¹⁴⁾ 김치에는 소금이 필수적으로 사용되고 있는 데, 소금(NaCl)대신 염화카리(KCl)로 바꾸어 김치를 담으면 Ames test에서 항돌연변이효과가 조금 더 높아진다.⁽¹⁵⁾ 또 당귀 잎을 첨가하여 김치를 제조하면, Ames test에서 항돌연변이효과가 높아졌고,⁽¹⁶⁾ mouse 꼬리에 암세포(colon 26-M3.1)를 투여한 종양전이실험에서 전이억제효과가 조금 더 높아졌다. 겨우살이 추출물을 김치에 첨가하면 mouse(Balb/c)에 암세포(sarcoma-180)를 주입한 종양전이실험에서 종양성장을 억제하는 효과가 있었다.⁽¹⁷⁾

3. 배추와 무, 무청의 간암억제효과

배추김치와 깍두기가 간암억제효과를 가지고 있음이 밝혀짐에 따라, 한국식품연구원에서는 김치의 주원료인 배추와 무가 간암억제효과를 나타내는 지 여부를 조사하였다(2003). 배추와 무를 동결건조하여 위와 동일한 방법으로 간암을 발생시킨 실험쥐에 섭취시켰다.

그 결과 배추와 무를 먹은 쥐는 기본사료만 먹은 쥐에 비하여 간암병소가 모두 절반수준으로 감소되어 있는 것으로 나타남으로서, 배추와 무는 간암억제효과를 갖고 있음을 보여 주었다.⁽¹⁸⁾ 무와 무청, 알타리무, 알타리 무청에 대하여서도 간암억제효과

가 있는지의 여부를 동일한 방법으로 조사하였다.

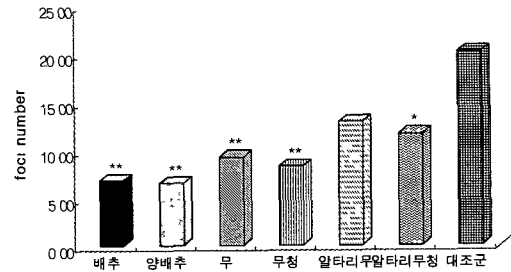


그림 1. 발암물질로 유발된 전암성 간암병소생성에 대한 배추, 양배추, 무, 무청, 알타리무, 알타리무청 추출물들의 영향

- * 통계적으로 5%수준에서 유의차 있음(p < 0.05)
- ** 통계적으로 1%수준에서 유의차 있음(p < 0.001)

그 결과 배추와 양배추는 가장 효과가 높았고, 그 다음으로 무청, 무, 알타리무청 순으로 간암억제효과가 있었다(그림 1). 알타리 무는 간암억제효과가 약하였고, 통계적으로 유의하지 않았다.

4. 배추, 마늘, 양파의 암위험 감소효과

김치에 사용되고 있는 배추와 마늘, 양파가 사람에서 암억제효과가 있을 것으로 추정된 역학적 조사결과가 다수 보고되어 있다. 미국 Harvard 의과대학⁽¹⁹⁾에서 1986년부터 1996년까지 방광암(bladder cancer)에 걸린 환자 47,909 명의 생활환경을 조사한 결과 배추를 포함한 십자화과 채소(cruciferous vegetables)의 섭취가 많을수록 방광암의 발생이 적었고, 십자화과 중 특히 배추와 브로콜리만이 방광암의 위험을 감소시켰다고 하였다(1999). 또한 중국에서 1993년부터 1995년까지 뇌암에 걸린 환자 129 명의 생활환경을 조사한 결과⁽²⁰⁾ 신선한 채소 특히 배추와 양파, 신선한 생선을 먹은 사람은 뇌암이 적

다고 하였다(1999). 배추와 콜리플라워, 브로콜리의 섭취와 폐암이 발생할 위험간에는 역의 상관관계가 있으며,⁽²¹⁾ 브라시카(brassica)속의 섭취는 위암과 역의 관계를 보였다고 하였다(1996). 오스트리아의 Wien 대학에서는 배추와 마늘이 암에 대하여 보호 효과가 있다고 하였다(1997).⁽²²⁾

마늘이 암의 위험을 낮출 수 있다는 보고도 있다. 미국 국립암연구소에서는 중국 산둥지방의 창산주(Changshan county)의 주민은 위암이 적음을 발견하고 주민 214명을 조사하였다.⁽²³⁾ 그 결과 마늘의 섭취와 *Helicobacter pylori*의 감염과는 역의 상관관계에 있었고, 마늘은 위암의 초기발생과 진행을 억제할 수 있을 것으로 추측하였다(1998). 스위스 로잔에서 1992년부터 1997년까지 결장암(colorectal cancer) 환자 223명에 대하여 식사를 조사한 결과, 마늘이 암에 대하여 가장 보호효과가 높았다고 결론을 내렸다(1999).⁽²⁴⁾ 프랑스에서는 1986년부터 1989년까지 345명의 유방암환자를 조사한 결과, 섬유(fiber)와 마늘과 양파의 섭취가 증가할수록 유방암의 위험이 감소한다고 하였다(1998).⁽²⁵⁾

5. 김치중 암억제성분

김치에서 암을 억제하는 성분은 무엇인가? 한국 식품연구원에서는 배추추출물을 제조하여 hexane, butanol, 물로 각각 분획하여 위와 같은 방법으로 간암이 발생한 실험쥐에 섭취시키고, 간암억제효과 여부를 관찰하였다(2004). 그 결과 배추추출물에서는 높은 간암억제효과를 보였지만, 각 분획물로 분리하면, 간암억제효과는 감소하는 것으로 나타났다.⁽¹⁸⁾ 이중 hexane 분획물과 물 분획물은 간암을 약간 억제하는 효과를 보였지만, 통계적으로 유의하지는 않았다. 이 결과로 배추에서 나타나는 간암억제효과는 단일성분에 의한 것이 아니고, 여러가지

성분의 효력이 합하여 발휘하는 것으로 생각되었다.

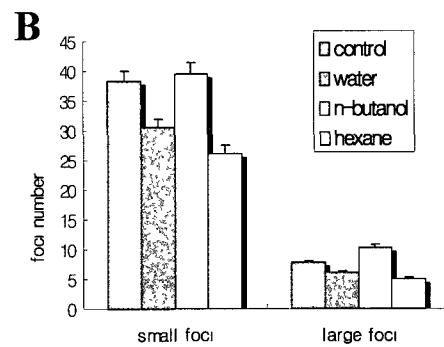
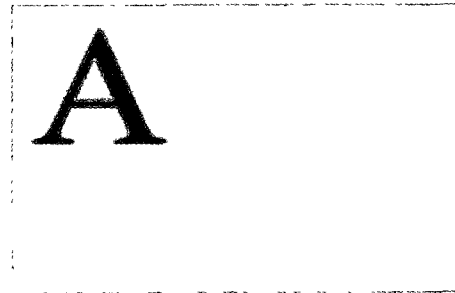


그림 2. 배추분획물이 전암성 간암병소(GST-P⁺ foci)의 수에 미치는 영향

A : 염색된 간암병소의 형태(GST-P⁺ foci ; 작은 형태와 큰 형태)

B : 각각의 배추분획물에 따른 간암병소(GST-P⁺ foci)의 수

김치에서 암을 억제하는 성분은 아직 구체적으로 밝혀지지 않고 있다. 현재까지 암을 억제할 수 있을 것으로 추정되는 성분으로는 다음과 같다.

1) 인돌(indole)류

배추, 무, 순무, 브로콜리, 케일, 브루셀 스프라우트 등 십자화과채소를 섭취하면 암의 위험을 줄일 수 있다고 1984년 제안되었다.⁽²⁶⁾ 그 이유로서 십자화과채소가 절단되거나 분해, 조리되는 과정이나 생체내 효소분해에 의하여 다양한 인돌성분이 생성

되고, 그 인돌성분들은 암을 억제하기 때문이었다. 십자화과 채소에서 생성되는 인돌류에는 indole-3-carbinol(ICZ), 3,3'-di-indolyl methane(DIM), indole [3,2-b]carbazole(ICZ), 5,6,11,12,17,18-hexahydrocyclo, 3-(methoxymethyl)indole, 5,10-dihydroindeno[1,2-b]indole 등이 있다. 이들 인돌성분들을 실험관수준(*in vitro*)에서 생화학지표(biomarker)로 시험한 결과, indole-3-carbinol 이 가장 암을 억제하는 효과가 큰 것으로 나타나서, indole-3-carbinol이 주요 암억제성분으로 기대되었다. 이에 따라 indole-3-carbinol의 암억제효과가 사람과 실험동물에서 다수 연구되었다.⁽²⁷⁾

한국원자력연구원에서는 indole-3-carbinol을 쥐에 투여하고 위암, 간암, 폐암, 갑상선암(thyroid), 방광암(urinary bladder) 위암에 미치는 영향을 조사한 결과⁽²⁸⁾ 간암, 폐암, 갑상선암(thyroid), 방광암(urinary bladder)의 발생을 억제하였지만,⁽²⁹⁻³⁰⁾ 그러나 위암에는 아무 효과도 없었다고 하였다(1991).⁽³¹⁾

미국 록펠러대학병원에서는 배추의 indole-3-carbinol을 많이 섭취할수록 오줌에서 estrogen receptor를 활성화하는 대사산물의 농도가 감소되었음을 발견하고 indole-3-carbinol이 여성호르몬인 에스트로젠(estrogen)의 자극을 낮추어 유방암의 증식을 억제하는 것으로 추측하였다(1997).⁽³²⁾

Indole-3-carbinol의 투여시기가 암억제효과에 미치는 영향을 조사한 연구도 있다. 무지개송어(rainbow trout)나 쥐(rat)를 모델로 indole-3-carbinol을 먼저 투여하고, 발암물질 aflatoxin B1을 나중에 투여하거나 동시에 투여하면, 간암발생이 억제되었다. 그러나 발암물질을 먼저 투여하고 indole-3-carbinol을 나중에 투여하면, 억제효과가 나타나지 않았다. 따라서 indole-3-carbinol은 체내에 들어오는 발암물질의 독성을 해독하거나 제거하지만, 발암물질이 DNA를 손상시키고 난 후에는 억제효과가 없는 것으로 생각되고 있다.⁽³³⁾ 아직 indole-3-carbinol에 대한 암억제 효과는 더 연구가 필요하다.

2) 글루코시놀레이트(glucosinolate)와 그 분해산물 아이소사이오사이아네이트(isothiocyanate)

십자화과채소에는 글루코시놀레이트(glucosinolate)가 있으며, 그 분해효소인 마이로시네이즈(myrosinase)도 포함되어 있다. 정상적인 조건에서 이 두 가지는 물리적으로 분리되어 있으므로 접촉하지 않는다. 그러나 조직이 파괴되면 glucosinolate가 myrosinase에 접촉하여, 분해되어 isothiocyanate를 형성한다. 또한 glucosinolate가 장내로 흡수되면, 장내미생물에 의하여 분해되어 isothiocyanate가 형성되기도 한다. 이러한 isothiocyanate에는 allyl isothiocyanate(AITC), benzyl isothiocyanate (BITC), phenethyl isothiocyanate (PEITC), sulforaphane(SFN), phenylpropyl isothiocyanate (PITC), phenylbutyl isothiocyanate(PBITC), phenylmethyl isothiocyanate (PMITC), phenylhexyl isothiocyanate (PHITC) 등이 있다.

미국 John Hopkins 의과대학에서는 배추를 포함한 브라시카속(brassica)에는 glucosinolate를 많이 포함하고 있고, 조직이 손상되면 효소 myrosinase에 의하여 glucosinolates가 isothiocyanates로 변화되고 isothiocyanates는 발암물질이 암을 일으키는 것을 억제한다고 하였다(1998).⁽³⁴⁾ 배추를 포함한 glucosinolate와 isothiocyanate가 많은 채소를 먹으면 해독기능이 강화되어 암을 억제하는 것 같다고 하였다.

최근에 들어 isothiocyanate 들은 쥐(rat)의 폐암, 식도암, 유방암, 간암, 소장암, 결장암, 췌장암, 방광암을 억제하는 효과를 보였다고 보고되고 있다. Isothiocyanate들은 발암물질이 활성화되는 것을 방지하거나, 해독기능을 보강하거나, 발암물질을 배출하는 작용을 갖는 다고 생각되었다. 또한 isothiocyanate 들은 암세포의 자살(apoptosis)을 유도한다는 보고가 많이 있다(2005).⁽³⁵⁻³⁷⁾ 세포자살을 유도하는 효과는 isothiocyanate의 성분에 따라 다르고, 암세포종류에 따라 다르다.

3) 마늘에 있는 유허성분들

마늘에 있는 유허성분은 실험쥐의 유방암, 결장암, 피부암, 방광암, 갑상선암, 폐암의 발생을 억제하는 것으로 보고되었다. 역학조사에서도 마늘의 섭취와 위암, 결장암, 전립선암의 발생과는 역의 관계가 있다.

한국 원자력병원에서는 마늘의 에탄올추출물은 발암물질 diethylnitrosamine (DEN)에 의하여 발생한 쥐의 간암을 억제시켰다고 한다.⁽³⁸⁾ 또한 마늘에 많은 allyl sulfide를 쥐에 투여하고 위암에 미치는 영향을 조사한 결과,⁽³⁹⁾ allyl sulfide는 위암을 억제하였고(1991), 쥐의 간암, 폐암, 갑상선암(thyroid), 방광암(urinary bladder)의 발생을 억제하였다고 한다.⁽⁴⁰⁻⁴¹⁾

마늘은 스스로 소화되어 S-allylcystein과 S-allylmercaptocysteine 같은 수용성 유허성분이 형성되기도 하고, 조직이 파괴되어 allicin이 분해되어 유허성 성분인 dially sulfide, dially disulfide, diallyl trisulfide, ajoene이 형성된다. Dially disulfide, dially sulfide, S-allylcystein과 S-allylmercaptocysteine, allicin, ajoene 들은 여러 가지 암세포의 자살을 유도하는 것으로 보고되었다. 예를 들면 dially disulfide는 인간 대장암세포(colon HT 29)와 인간 폐암세포(H460, H1299)에서 세포자살을 유도하였고, allicin은 인간 위암세포(SGC-7901)과 대장암세포(SW480), 백혈병 암세포(HL-60)에서 자살을 유도하였다. 이와 같이 유허성분들은 ①발암물질이 활성화되는 것을 억제하거나, ②해독효소를 작용시켜서 발암물질을 체외로 배출시키거나, ③ glutathion 합성을 증가시켜서 자유라디칼에 의한 세포손상을 방어하거나 ④세포자살을 유도시키는 것에 의한 것으로 생각되고 있다.⁽³²⁾ 그러나 아직 근본적인 암억제기구와 암세포간에 왜 차별적으로 효과가 있는 지에 대하여 알려지지 않고 있다.

4) 식이섬유

식이섬유는 인체의 소화효소로 분해되지 않는 섬유로서, 특히 곡류표피에 있는 불용성 식이섬유가 대장암과 직장암을 억제할 수 있다고 밝혀지고 있다. 그러나 식이섬유가 풍부한 식사를 하는 암환자에서 수술후 재발되었다는 보고와 여성에서는 식이섬유가 암억제효과를 나타내지 않았다는 보고도 있다.⁽⁴²⁾ 따라서 불용성 식이섬유뿐만 아니라, 불용성 섬유에 포함된 미량성분도 암억제에 관여할 가능성도 있다.

5) 베타카로틴

베타카로틴은 식물에 널리 분포되어 있는 것으로 오래 전부터 식이조사나 동물실험의 결과에서 암을 억제하였기 때문에 암억제성분으로 거의 받아들여졌다. 베타카로틴의 섭취량과 암발생간의 조사에서 위암, 폐암은 예방효과가 있으나, 유방암, 전립선암에는 효과가 없는 것으로 보고되었다. 그래서 흡연남성을 대상으로 베타카로틴을 투여한 실험을 대규모로 하였던 데, 실험도중 폐암의 위험이 오히려 더 증가한다는 결과가 발표되었다. 현재 베타카로틴의 암억제효과는 논란중에 있다.

6) 비타민 C와 E

비타민 C와 E는 생체내에서 항산화효과를 가진 성분으로 자유라디칼에 의한 손상을 억제시킬 수 있는 것으로 생각되고 있다. 역학적으로 비타민 C가 풍부한 과일이나 채소를 먹는 것은 암위험이 적다는 것이 오래전부터 보고되고 있다. 비타민 C가 폐암에 효과가 있고(2000),⁽⁴³⁾ 위암예방효과가 있다는 것이 보고되었다(2000).⁽⁴⁴⁾ 또한 비타민 C는 위암의 위험요인인 헬리코박타 파이로리(Helicobacter pylori)를 감소시킬 수 있다는 보고도 있다(1999).⁽⁴⁵⁾

7) 셀레늄(Se)

셀레늄은 토양에서 유래하는 것으로 토양중 셀레늄 함유량에 따라 농산물중의 셀레늄 함량은 크게 영향을 받는다. 셀레늄섭취와 암발생률간에는 역의 관계가 있다. 전립선암이 있는 남자 33,700명을 대상으로 발톱중 셀레늄이 낮은 남자들은 셀레늄이 높은 남자들에 비하여 전립선암이 악화될 가능성이 3배나 더 높았다. 셀레늄을 보충함으로써 전립선암의 위험을 줄일 수 있다고 한다.^(46, 47) 그러나 아직 표본이 작고, 다른 교란변수들이 있어서 셀레늄의 암억제효과는 더 연구할 과제이다.

6. 김치의 암억제기구

김치는 어떠한 기구(mechanism)로 암을 억제하는 것일까? 한국식품연구원에서서는 발효된 배추김치와 깍두기를 실험쥐에 먹이고, 간에 있는 해독효소 glutathione S-transferase의 활성도와 TBA 반응물질(TBA reactive substance)의 함량을 측정하였다. 그 결과 배추김치를 먹은 쥐와 깍두기를 먹은 쥐는 먹지 않은 쥐에 비하여 이 해독효소 glutathione S-transferase의 활성이 훨씬 더 높았고, TBA 반응물질 함량은 더 낮은 것으로 나타났다.⁽¹⁾ 이 결과로 배추김치와 깍두기는 간의 해독작용과 항산화력을 높이고, 이것이 간암억제작용과 관련이 있는 것으로 생각되고 있다.

일반적으로 식품으로 암을 억제한다는 것(chemoprevention)은 어떠한 원리에 의하여 암을 억제하는 것일까? 이것은 암억제식품을 섭취하거나, 암위험이 높은 식품을 피함으로써 암을 발생할 위험인자(risk factor)를 감소시키는 것이다. 암억제식품은 주로 암발생전 또는 초기발생단계에서 억제효과가 있다. 발암물질이 세포속의 DNA를 공격하기 전에 해독시켜서 무독화시키거나, 체외로 배출시키거나, 암

세포가 DNA 또는 단백질을 합성하는 것을 억제하거나, 암세포를 스스로 자살시키거나, 에스트로젠 수용체(estrogen receptor)를 봉쇄하여 에스트로젠(estrogen)에 의한 증식을 억제하는 것으로, 암의 개시단계와 촉진단계에서 작용하는 것으로 생각되고 있다.⁽⁴⁸⁾

이와 별도로 항암제(anti-tumor drugs)가 있다. 항암제란 이미 발생한 암을 치료하기 위한 화학요법(chemotherapy)이다. 정상세포는 가능한 적게 손상시키고, 암세포를 죽이려는 것이다. 항암제는 빠르게 분열을 계속하는 암세포의 DNA, RNA, 또는 단백질의 합성을 억제함으로써 암의 증식을 억제하려는 것이다. 항암제는 암세포는 물론, 분열하는 세포는 모두 공격한다. 따라서 정상적으로 분열하는 장내 상피세포(intestinal epithelium), 머리털세포(fair follicles), 생식선세포(gonads; 난소와 고환), 뼈세포(bone marrow)도 공격한다. 항암제는 대부분 돌연변이 유발성(mutagenic)을 갖고 있다. 항암제로는 DNA의 구조를 변화시키는 것(polyfunctional alkylating agents), 암세포의 대사를 억제하는 것(antimetabolites), 항생제(antibiotics), 스테로이드성 호르몬(steroid hormones), 세포분열억제제(metaphase inhibitors), 기타 항암제 등이 있다.

김치는 암억제효과를 나타내는 그리 많지 않은 식품중의 하나이며, 아직까지 김치의 암억제성분이나 억제기구 등 많은 부분이 밝혀지지 않고 있다. 김치는 우리나라는 물론, 일본과 다른 나라에서도 관심을 가지고 있다. 앞으로 김치의 암억제효능에 대하여 더 밝혀서 세계적인 우수식품으로 보급할 필요가 있다.

참고문헌

1. 김영진, 박완수, 구경형, 장자준 : 김치의 생리활

- 성효능에 관한 연구. 한국식품개발연구원 E1487-9902(1999)
2. 박건영, 김형진, 정근옥 : 김치추출물의 2-AAF로 유도된 쥐의 간발암과정의 억제효과, *대한암예방학회지* 5, 81-86(2000)
 3. 박건영 : 김치의 영양학적 평가와 항돌연변이 및 항암효과. *한국영양식량학회지* 24, 169-182(1995)
 4. 박건영, 최홍식 : 김치의 항돌연변이성 및 항암성. "제1회 김치의 과학 심포지움발표논문집". 한국식품과학회, 서울, pp.205-225(1994)
 5. Choi MW, Kim KH, Kim SH, and Park KY : Inhibitory effects of kimchi extracts on carcinogen-induced cytotoxicity and transformation in C3H/10T1/2 cells. *J. Food Sci. Nutr.* 2, 241-245(1997)
 6. 조은주, 이숙희, 이선미, 박건영 : 김치분획물의 *in vitro* 항돌연변이 및 항암효과. *대한암예방학회지* 2, 113-121(1997)
 7. Hur YM, Kim SH, and Park KY : Inhibitory effects of kimchi extracts on the growth and DNA synthesis of human cancer cells. *J. Food Sci. Nutr.* 4, 107-112(1999)
 8. Choi WY and Park KY : Anticancer effects of organic Chinese cabbage kimchi. *J. Food Sci. Nutr.* 4, 113-116(1999)
 9. Jung KO, Lee KI, Suh MJ, and Park KY : Antimutagenic and anticancer effects of Buchu kimchi. *J. Food Sci. Nutr.* 4, 33-37(1999)
 10. Kim KH, Kim SH, Rhee SH, and Park KY : Effects of kimchi extracts on interleukin-2 production and natural killer cell activity in mice. *J. Food Sci. Nutr.* 3, 282-286(1998)
 11. 조은주, 이숙희, 박건영 : 배추김치분획물의 *in vitro* 항발암효과. *대한암예방학회지* 4, 79-85(1999)
 12. 손태진, 김소희, 박건영 : 김치에서 분리한 유산균의 항돌연변이효과. *대한암예방학회지* 3, 65-74(1998)
 13. Park KY, Kim SH, and Son TJ : Antimutagenic activities of cell wall and cytosol fractions of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *J. Food Sci. Nutr.* 3, 329-333(1998)
 14. 한국식품개발연구원 : 전통발효식품의 과학화 연구, 제1차년도 보고서 N1035-0623, 과학기술처. pp.383-424(1995)
 15. 최선미, 박건영 : 소금종류가 김치발효와 암예방가능성에 미치는 효과. *대한암예방학회지* 7, 192-199(2002)
 16. 최선미, 길정하, 문숙희, 박건영 : 당귀잎김치 및 당귀잎처가가 배추김치의 암예방효과. *대한암예방학회지* 8, 181-187(2003)
 17. 길정하, 최선미, 박건영 : 마우스에서 겨우살이 추출물 첨가김치의 항암 및 종양전이억제효과. *대한암예방학회지* 8, 221(2003)
 18. 김영진, 성기승, 김은미, 한선희, 장자준, 이미숙, 박수영 : 채소부산물을 이용한 생리활성농축물 및 식이섬유의 제조기술. 한국식품연구원 GA0471-0272(2004)
 19. Michaud DS, Spiegelman D, Clinton SK, Rimm SK, and Willett WC : Fruit and vegetable intake and incidence of bladder cancer in a male prospective cohort. *J. Natl. Cancer Inst.* 7, 605-613(1999)
 20. Hu J, La VC, Negri E, Chatenoud L, Bosetti C, Jia X, Liu R, Huang G, Bi D, and Wang C : Diet and brain cancer in adults: a case-control study in northeast China. *Int. J. Cancer* 81, 20-23(1999)
 21. Vehoeven DT, Goldbohn RA, van Poppel G, Verhagen H, and van den Brandt PA : Epidemiological studies on brassica vegetables and cancer risk. *Cancer Epidemiol. Biomarkers. Prev.* 5, 733-748(1996)
 22. Frohlich RH, Kunze M, and Kiefer I : Cancer

- preventive value of natural, non-nutritive food constituents. *Acta Med. Austriaca.* 23, 108-113(1997)
23. You WC, Zhang L, Gail MH, Ma JL, Chnag YS, Blot WJ, Li JY, Zhao CL, Liu WD, Li, HQ, Brave JC, Correa P, Xu GW, and Fraumeni JF Jr. : *Helicobacter pylori* infection, garlic intake and precancerous lesions in a Chinese population at low risk of gastric cancer. *Int. J. Epidemiol.* 27, 941-944(1998)
24. Levi F, Pasche C, La Vecchia C, Lucchini F, and Franceschi S : Food groups and colorectal cancer risk. *Br. J. Cancer* 79, 1283-1287(1999)
25. Challier B, Perarnau JM, and Viel JF : Gralic, onion and cereal fibre as protective factors for breast cancer: French case-control study. *Eur. J. Epidemiol.* 14, 737-747(1998)
26. Lee YS, Jang WS, Eui MJ, Lee SJ, and Jang JJ : Inhibitory effect of Chinese cabbage extract on diethylnitrosamine-induced hepatic foci in Sprague-Dawley rats. *J. Korean Cancer Assoc.* 22, 355-359(1990)
27. 강진석, 김대중, 장동덕 : 십자화과 유래의 식품 성분인 indole-3-carbinol (I3C) 및 대사체의 화학 발암 및 암예방 수식효과. *대한암예방학회지* 5, 199-208(2000)
28. Lee YS and Jang JJ : Modifying effect of garlic and red pepper extracts on diethylnitrosamine-induced hepatocarcinogenesis. *Environmental Mutagens and Carcinogens* 11, 21-28(1991)
29. Jang JJ, Cho KJ, Lee YS, and Bae JH : Different modifying responses of capsaicine in a wide-spectrum initiation model of F344 rat. *J. Korean Med. Sci.* 6, 31-36(1991).
30. Jang JJ, Cho KJ, Lee YS, and Bae JH : Modifying responses of allyl sulfide, indole-3-carvinol and germanium in a rat multi-organ carcinogenesis model. *Carcinogenesis* 12, 692-695(1991)
31. Kim DJ, Lee KK, Bae JH, Jang JJ, Furihata C, and Tatematsu M : The inhibitory effects of allyl sulfide and indole-3-carbinol on N-methy-N'-nitro-N-nitrosoguanidine-induced glandular stomach carcinogenesis in rats. *J. Korean Cancer Assoc.* 26, 392-398(1994).
32. Michnovicz JJ, Adlercreuts H, and Bradlow HL : Changes in levels of urinary estrogen metabolites after oral indol-3-carbinol treatment in humans. *J. Natl. Cancer Inst.* 89, 718-723(1997)
33. Nixon JE, Hendricks JD, Pawlowski NE, Pereira CB, Sinnhuber RO, and Bailey GS : Inhibition of aflatoxin B1 carcinogenesis in rainbow trout by flavone and indole compounds. *Carcinogenesis* 5, 615-619(1984).
34. Shapiro TA, Fahey JW, Wade KL, Stephenson KK, and Talalay P : Human metabolism and excretion of cancer chemoprotective glucosinolates and isothiocyanates of cruciferous vegetables. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 7, 1091-7100(1998)
35. Wu X, Kassie F, and Mersch-Sundermann V : Induction of apoptosis in tumor cells by naturally occurring sulfur-containing compounds. *Mutation Research* 589, 81-102(2005)
36. Myzak MC and Dashwood RH : Chemoprotection by sulforaphane: Keep one eye beyond Keap1. *Cancer letters* xx 1-11(2005)
37. Zhang Y, Li J, and Tang L : Cancer-preventive isothiocyanates: dichotomous modulators of oxidative stress. *Free Radical Biology & Medicine* 38, 70-77(2005)
38. Lee YS and Jang JJ : Modifying effect of garlic and red pepper extracts on diethylnitrosamine-induced hepatocarcinogenesis. *Environmental Mutagens*

- and *Carcinogens* 11, 21-28(1991)
39. Jang JJ, Cho KJ, Lee YS, and Bae JH : Different modifying responses of capsaicine in a wide-spectrum initiation model of F344 rat. *J. Korean Med. Sci.* 6, 31-36(1991).
40. Jang JJ, Cho KJ, Lee YS, and Bae JH : Modifying responses of allyl sulfide, indole-3-carbinol and germanium in a rat multi-organ carcinogenesis model. *Carcinogenesis* 12, 692-695(1991)
41. Kim DJ, Lee KK, Bae JH, Jang JJ, Furihata C, and Tatematsu M : The inhibitory effects of allyl sulfide and indole-3-carbinol on N-methy-N'-nitro-N-nitrosoguanidine-induced glandular stomach carcinogenesis in rats. *J. Korean Cancer Assoc.* 26, 392-398(1994).
42. 이미숙, 정인평, 장자준 : 암예방과 식이. *대한암 예방학회지* 7, 210-214(2002)
43. Voorrips LE, Goldbohm RA, Brants HA, and van Poppel GA : Sturmans F, Hrmus RJ, van den Brandt PA. A prospective cohort study on antioxidant and folate intake and male lung cancer risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 9, 357-365(2000)
44. Ekstrom A, Serafini M, Nyren O, Hansson LE, Ye W, and Wolk A : Dietary antioxidant intake and the risk of cardia cancer and noncardia cancer of intestinal and diffuse types: a population based case-control study in Sweden. *Int J Cancer* 87, 133-140(2000)
45. Biasco G and Paganelli GM : European trials on dietary supplementation for cancer prevention. *Ann. NY Acad Sci.* 889, 152-156(1999)
46. National ResearchCouncil : Diet, nutrition, and cancer. Washington DC, pp.163-169 (1982)
47. Yoshizawa K, Willet WC, Morris JS, et al. : Study of prediagnostic selenium level in toenails and the risk of advanced prostate cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* 90, 1219-1224(1998)