

김치의 영양학적 평가와 항돌연변이 및 항암효과

- 총 설 -

박 건 영

부산대학교 식품영양학과

The Nutritional Evaluation, and Antimutagenic and Anticancer Effects of Kimchi

Kun-Young Park

Dept. of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

Abstract

The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of Kimchi were reviewed. Kimchi contains high levels of vitamins including vitamin C, β -carotene, vitamin B complex, niacin, and of minerals such as calcium, potassium, iron and phosphorous, etc. Kimchi is a low energy food, but contains high quantities of organic acids, dietary fiber and lactic acid bacteria in addition to the vitamins and minerals. Thus Kimchi could be developed as a protective food as it contains the various regulatory nutrients. The levels of NO_3 , NO_2 and nitrosamines in Kimchi ingredients and Kimchi during the ripening are not significant. However, high level of NaCl that could be used when prepared Kimchi in the warm region can be a problem, since high concentrations of NaCl (>9.5%) in Kimchi could be comutagenic to the mutagen of MNNG. The methanol extract of Kimchi, red pepper powder, garlic and lactic bacteria revealed antimutagenic or anticancer activities. The Kimchi extract also inhibited the growth of various human cancer cells.

Key words : Kimchi, nutrition, antimutagenic, anticancer

서 론

김치는 한국을 대표하는 식품으로 최근에는 세계적으로 널리 알려지게 되었으며 그 과학성에 대해 국민적 관심이 크게 높아지고 있다. 그러나 김치는 지역별, 계절별, 가정별 그리고 종류별 등 생산되는 원료의 다양성(주로 배추김치), 담금방법, 발효속성 방법 등이 매우 다양하며 특히 재료별 차이로 인해 지금까지 알려져 있는 김치의 종류만 해도 187종¹⁾이나 된다. 김치는 이웃 일본을 비롯하여 국제적으로 그 우수성과 맛이 알려져 이제 가정마다의 특성에 의해 전래해 왔던 김치를 표준화하고 과학화, 산업화 및 국제화를 해야 할 시점에 와 있다.

이때까지 김치의 연구는 주로 발효 및 저장성에 대해 많이 연구가 되어 있으나 김치의 다양성 때문에 일관된 data가 부족하며 영양학적 또는 김치의 기능성을 강조한 연구는 드물었다. 김치는 겨울철 채소류가 부족한 시기에 우리국민에게 비타민과 무기질 공급원으로,

또한 주식인 밥과 잘 어울리는 최적의 부식으로 우리의 식생활과 가장 가까이 있는 복합적인 식품이다. 김치는 주재료가 야채이므로 야채가 갖는 비타민과 무기질의 조절영양소로서의 역할 및 식이섬유소 공급원 그리고 발효과정에서 생성된 맛과, 젖산균 및 유기산에 의한 변비에방 및 정장작용에도 중요하게 작용하여 일상 생활에서 한국인을 위한 영양공급 및 건강유지를 위해 중요하게 관련되어 있다.

한편 한국인의 주부식류인 이 김치의 다량 섭취는 다른 소금으로 절인 밀반찬류와 함께 소금의 섭취량을 증대시켰으며 또 김치의 특징인 고추가루의 매운맛 등은 식욕증진과 맛에는 좋은 영향을 끼쳐 왔지만 특히 소금은 우리나라에 흔한 위암과 뇌졸중 발병 등의 원인이 아니었나 하는 의심도 있어 왔다. 이 등²⁾의 역학조사 연구에 의하면 위암환자를 비롯한 암환자들이 정상인에 비해 특히 김치의 섭취가 월등히 많았다는 보고가 있었다. 그러나 그 보고에서는 녹황색 채소류를 많이 섭취하는 경우 암을 예방하는 효과가 있으리라는 보고

도 있었다. 김치의 재료는 거의가 녹색채 채소류임을 기억할 때 이런 상반되는 추측은 매우 흥미롭다 하겠다. 박 등³⁾의 연구에 의하면 김치의 주재료인 배추를 비롯하여 부재료인 마늘, 고추가루, 생강 및 파와 그의 주재료 채소류들은 암을 예방하는 효과 및 항암적인 효과가 있다고 보고한 바 있다.

본 총설에서는 김치의 영양적인 평가와 김치와 암발생, 암예방 및 항암적인 관련성 등에 주로 초점을 두어 그동안 본 연구실에서 연구되었던 결과들을 중심으로 정리하고자 한다.

김치의 영양학적 평가

김치재료의 영양학적 특성 및 평가

대부분의 채소를 주재료로 하여 김치를 만들 수 있다. 대표적인 것이 배추를 주재료로 한 배추김치이지만 그의 주재료에 따라서 깍두기, 열무김치, 오이김치, 파김치, 갓김치, 고들빼기 김치, 깻잎김치, 도라지김치, 부추김치, 우영김치, 풋고추김치, 케일김치, 해물김치, 호박김치 등의 여러 별미김치도 널리 알려져 있다⁴⁾. 무우를 비롯한 이들 주재료인 채소류는 독특한 영양과 인체에 여러 조절기능을 가지고 있으므로 이들 재료의 영양가치와 기능성을 연구하는 것은 매우 중요하다. 그러나, 김치의 대표적이며 가장 널리 섭취되는 김치(섭취량의 70% 이상)는 배추(김장)김치이다. 현재 김치공장에서 제조하는 배추김치의 원부재료의 평균 배합

비는 배추(85.9%), 무(2.8%), 마늘(1.4%), 고추가루(2.9%), 파(1.5%), 짓갈(1.9%), 생강(0.7%), 소금(2.5%), 설탕(0.8%), 조미료(0.3%)의 배합비로 제조하나⁵⁾ 제조공장이나 가정에 따라 미나리, 부추, 갓 등을 첨가하기도 하고 각각 배합비가 다르다.

김치는 여러식품이 혼합되어 만들어지기 때문에 첨가물질 및 배합비 등의 다양성이 특징이라고도 볼 수 있다. 김치의 영양가는 김치제조시 첨가되는 재료에 따라 기본적으로 영양가치가 변하고 발효중 영양소의 변화는 숙성 조건에 따라 달라진다. Table 1에서 보는 바와 같이 김치의 주재료는 열량은 매우 낮으나 비타민 및 무기질 함량 등의 생리적 조절 작용을 하는 물질들의 함량이 높은 것이 특징이다. 주원료인 배추는 열량이 낮은 건강식품이지만 결구한 연백부분만 섭취하면 카로틴 및 클로로필이 거의 없으므로 녹색잎을 너무 제거하지 않도록 한다. 재료중 고추가루, 멸치젓 및 꿀은 단백질과 지방질 함량이 높다. 한편 유산균 발효시 필요한 당질은 고추가루와 마늘 등에 많지만 주원료인 배추에는 2.4g/100g 정도 있어 고추가루와 마늘의 첨가량을 높이면 숙성이 빨리 일어난다^{6,7)}.

무기질중 칼슘과 인은 대부분의 재료에 많고 특히, 고추가루, 새우젓, 멸치젓 및 꿀에 많다. 카로틴(비타민 A) 및 최근 생리적 활성이 두드러진 플라보노이드류는 주로 녹색이나 황색, 적색을 띄는 배추, 파, 당근, 고추가루 등에 많고 비타민 C는 배추와 고추가루가 주 공급원이다.

Table 1. Nutritional compositions* of the raw materials used for making Baechu Kimchi (/100g of edible portion)

Kimchi raw materials Components \	Chinese cabbage	Radish	Red pepper	Garlic	Green onion (small)	Ginger	Carrot	Salted, fermented shrimp	Salted, fermented anchovy	Oyster
Energy, kcal	13	30	242	143	24	60	35	50	165	87
Moisture, %	94.3	90.3	19.4	60.4	91.2	81.7	89.3	64.9	54.4	80.4
Protein, g	1.3	2.0	10.9	3.0	1.7	2.2	1.1	10.5	14.1	10.5
Fat, g	0.2	0.1	15.2	0.5	0.4	0.8	0.3	0.6	11.2	24.0
Nonfibrous carbohydrate, g	2.4	6.1	24.6	34.0	4.7	12.4	7.6	0	0.6	5.0
Fiber, g	0.7	0.9	22.1	0.8	1.4	1.9	0.9	0	0	0
Ash, g	0.6	0.6	7.8	1.3	0.6	1.0	0.8	24.0	19.7	1.6
Calcium, mg	51	62	123	32	110	20	42	681	592	84
Phosphorus, mg	29	29	140	50	32	14	37	287	348	150
Iron, mg	0.3	0.9	-	1.6	1.0	1.1	1.3	3.2	5.5	3.8
Potassium, mg	230	-	2700	720	220	316	330	-	-	220
Vitamin A, I.U.	94	-	7405	-	1863	30	11750	-	200	150
Vitamin B1, mg	0.05	0.01	0.30	0.33	0.06	0.01	0.06	0.05	0.02	0.20
Vitamin B2, mg	0.06	0.03	0.20	0.53	0.10	0.03	0.05	0.04	0.23	0.28
Niacin, mg	0.3	3.9	-	0.1	-	4.3	0.9	-	6.3	4.5
Vitamin C, mg	46	19	220	10	22	5	10	0	0	3

*From Food composition Tables, Rural Nutrition Institute, RDA, Suweon(1991)

고추가루는 김치의 재료중 김치의 색깔과 맛에 크게 영향을 끼치는 향신료인데 카로틴과 비타민 C 함량이 높다. 고추의 붉은색은 과피에 있는 carotenoid계 성분 때문인데 종에 따라 색소의 함량과 조성비가 각각 다르지만 일반적으로 capsanthin 35%, β -carotene 10%, violaxanthin 10%, cryptoxanthin 6%, capsorubin 6%, cryptocapsin 4%로 구성⁸⁾되어 있는 것으로 보고되어 있다. 고추의 매운 성분인 캡사이신은 위액의 분비를 촉진시킬 뿐만 아니라 살균작용도 있으며 적당량이 사용될 때는 면역세포의 활성을 증진시키는 것으로 알려져 있다. 생강은 특수 성분인 진저롤이 함유되어 있어 식욕을 증진시키며 체내에서 자극을 주어 혈액순환에 좋은 효과가 있고 발한작용과 항균작용이 있다고 알려져 있다⁹⁾.

한편 마늘의 주요 자극성분으로 allyl sulfide는 강력한 살균효과를 나타내며 마늘내의 allin은 alliinase의해 alliin이 된다. Alliin은 특히 비타민 B₁과 결합하여 allithiamine이 되어 비타민 B₁을 체내에 오랫동안 보관하도록 하여 활력증진 및 신경안정 효과에 중요한 역할을 한다. 이런 마늘의 alliin¹⁰⁾과 함유물질 및 불포화 지방산인 methyl linoleate¹¹⁾는 또한 암예방 효과 및 항암 효과가 있는 것으로 많이 보고되어 있다.

당근은 β -carotene이 가장 많이 함유되어 있는 김치 재료중 하나인데 비타민 C를 파괴하는 효소 ascorbinase가 많아 김치를 담을시 첨가하는 것을 많이 제한해 왔었다. 특히 배추김치를 담을시 약 5%, 무우동치미나 나박김치에는 약 10%를 섞어 왔으나 만약 김치를 담을시 20~30% 첨가하면, 비타민 C는 파괴되어 현저히 감소된다고 하였다¹²⁾. 그러나 이 연구에서는 환원형의 비타민 C만을 측정하여 파괴량을 검토하였으므로 이에 대한 새로운 인식이 필요하다. 즉 동등의 효과를 가진 산화형 비타민 C의 함량 측정이 보완 검토되어야 한다.

본 연구실에서는 당근을 채 대신에 즙으로 내어 비타민 C와 배추 등 혼합물에서 당근으로 인한 비타민 C의 파괴를 본 결과 환원형 비타민 C가 생리적 활성을 아직 가지고 있는 산화형의 비타민 C로 다소 전환되었을 뿐 완전한 파괴는 관찰되지 않았고 오히려 완충액 조건에서 보다도 당근즙이 비타민 C를 안전하게 보호하는 것을 관찰하였다. 그러므로 김치에 당근을 첨가하는 것은 사실상 문제가 되지 않고 이와 관련된 연구가 더 자세히 이루어져야 하리라 생각한다.

젓갈은 어패류의 살, 뼈, 내장, 알 등을 염장하여 자가소화하는 효소 및 미생물효소에 의해 분해 숙성시킨 것으로 종류가 다양하다. 그러나 김치재료에는 주로

새우젓과 멸치젓이 사용되는데 저장기간 중 단백질이 아미노산으로 분해되어 고유의 맛과 향기를 이루고 뼈는 분해되어 흡수되기 쉬운 칼슘으로, 지방은 저급 지방산 및 유리 지방산으로 된다. 새우젓은 칼슘 함량이 높으며 지방이 적어 담백한 맛을 주지만 멸치젓은 열량과 지방함량, 필수아미노산, 칼슘 함량 등이 높아 영양증진 및 맛에 중요한 역할을 담당한다. 젓갈첨가는 지역적으로 다소의 차이는 있지만 김치의 향미형성에 가장 중요한 재료로 알려져 있다⁵⁾. 굴은 바다의 우유라고 알려진 만큼 영양가가 높으며 단백질, 지방질 및 당질의 함량이 높고 비타민 B군 등의 함량이 높다.

김치의 영양학적 특성 및 평가

위와 같은 재료로 제조된 김치는 김치재료 자체가 갖는 주 영양소와 함께 발효과정에서 유래되는 영양소를 갖는다. 김치의 맛과 영양가는 재료로부터 영향을 받으며, 발효시 소금 농도와 발효온도가 중요한 영향을 끼친다¹³⁾. 결국 김치의 고유한 맛과 영양은 김치재료와 재료내의 당질농도, 유산균 종류, 소금농도, 발효온도 등에 의한 발효산물이 중요한 역할을 한다. 김치의 품질 및 기호성에 영향을 주는 부원료는 고추가루, 젓갈, 소금, 조미료 순인데 김치의 향미성분에 관해서는 김치업체를 대상으로 조사한 경우 77% 이상이 젓갈이 절대적으로 기여한다고 알려져 있다⁵⁾.

한편 배추를 너무 씻거나 소금에 절인후 과도하게 물로 씻어내면 배추에 붙어있는 유산균과 당분이 물에 씻겨나가 발효에 지대한 영향을 끼쳐 맛있는 김치는 기대할 수 없다.

유기산의 변화

김치는 유산균에 의해서 발효가 되면서 젖산을 비롯한 유기산의 생성이 가장 김치재료에 비해 뚜렷한 차이이다. 유기산은 채소중에 함유된 효소나 숙성에 관여하는 미생물의 효소에 의해 생성되므로 배합원료의 종류, 숙성온도, 소금농도 및 시간에 따라 차이가 나타난다. 배추김치에서 생성되는 비휘발성 유기산은 malic, fumaric, lactic, succinic, malonic, oxalic, glycolic, citric 및 tartaric acid인데 lactic(젖산)과 succinic acid가 주요 유기산이다. 저온(6°C)에서 발효시킨 것이 고온(22°C)에서 발효시킨 것 보다 젖산과 succinic acid의 생성 함량이 높다¹⁴⁾ 김치의 휘발성 유기산은 formic, acetic, propionic, butyric, valeric, caproic과 heptanoic acid 인데 이중에 acetic(초산)과 propionic acid가 주요 휘발유기산이다¹³⁾.

김치의 주요 생산물인 이러한 유기산과 부수적으로 발생하는 CO₂는 김치의 상쾌한 맛을 지배하는 대표적인 성분으로 알려져 있다¹⁵⁾. 소금 농도가 낮고 저온 숙성 김치는 소금 농도가 높고 실온에서 숙성시킨 김치보다 초산과 CO₂ 함량이 높고 저온숙성 할 때 *Leuconostoc mesenterodes*¹⁶⁾가 주 발효균으로 관련하여 이런 물질의 생산을 많이하여 맛있는 김치가 된다.

다른 영양소들

김치의 아미노산과 지방질은 젓갈류나 굴의 해산물 또는 육류의 첨가에 의해 증가되며 이들은 유기산, CO₂, 조미향신료와 함께 김치의 독특한 맛에 영향을

끼친다. 멸치젓을 넣은 김치에서 유리아미노산의 총합량이 증가되었으며 특히 lysine, aspartic acid, glutamic acid, valine, methionine, leucine, isoleucine의 함량이 높아 김치의 맛을 더욱 좋게 한다¹⁵⁾. 김치내의 지방은 triglycerides, polar lipids, 유리지방산, monoglycerides, hydrocarbons, sterol로 구성되고 18개의 다른 유리지방산이 발견되는데 필수지방산인 linoleic acid와 linolenic acid가 전체의 44~60%를 차지한다¹⁷⁾.

김치의 비타민 C와 카로틴의 공급원은 채소류로부터 유래되고 비타민 B군은 젓갈류 등의 해산물에 많다. 특히, 고추가루는 비타민 C 및 카로틴의 공급원이며 굴은 비타민 B군의 주요 공급원이다. 비타민 B₁, B₂, 니아신, B₁₂은 담금초기에 다소 감소하였다가 맛이 좋은 시기인 5°C에서 3주째 김치에서는 초기 함량의 약 2배로 최대치를 나타낸다¹⁵⁾.

비타민 C는 생김치일 때와 5°C에서 숙성 후 2주 때 그 함량이 높고 젓갈 첨가시 비타민 C 함량이 다소 낮아진다 (Fig. 1). 카로틴은 생김치일때가 가장 높고 그 이후에는 계속 감소하는 경향을 보인다¹⁵⁾. 일반적으로 비타민의 함량 등의 변화결과에서 2~7°C에서 2~3주간 숙성시 가장 영양가가 좋아 맛이 적당할 때 김치의 영양가가 좋다고 하겠다.

김치내의 중요한 영양성분중 하나는 식이 섬유소이다. 일반적으로 김치의 재료가 채소류이기 때문에 식이 섬유소가 가질 수 있는 역할들, 즉 고혈압 예방, 당뇨병, 항암 효과와 변비 예방 등을 기대할 수 있다. 그러나 Table 2에서 보듯이 김치내의 식이섬유소의 섬유소 함량은 다소 낮은 현상을 보인다. 이에 대한 확인이 필요하며 김치내의 식이섬유소의 불용성, 수용성 섬유소

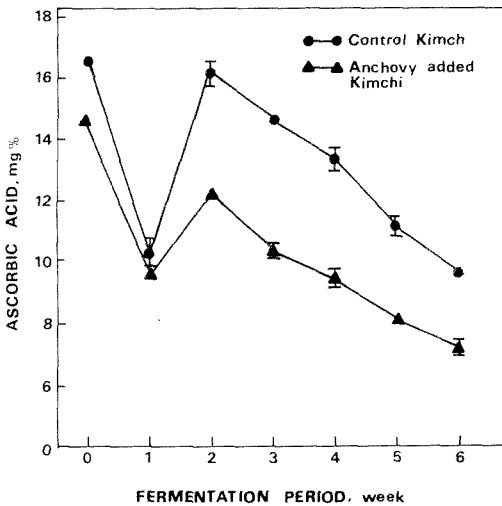


Fig. 1. Changes in vitamin C content in control Kimchi and anchovy added Kimchi during fermentation at 5°C¹⁸⁾

Table 2. The nutritional compositions* of major Kimchi

(/100g of edible portion)

Components \ Kimchi variety	Baechu Kimchi	Kaktugi	Chongkak Kimchi	Yeolmoo Kimchi	Dongchimi
Energy, kcal	32	41	37	36	9
Moisture, %	88.8	87.7	86.4	88.6	93.6
Protein, g	2.2	2.1	2.5	3.0	0.7
Fat, g	0.5	0.5	0.6	0.6	0.2
Nonfibrous carbohydrate, g	4.7	7.0	7.8	4.6	1.1
Fiber, g	0.7	0.8	0.7	0.7	-
Ash, g	3.1	1.9	2.0	2.5	0.2
Calcium, mg	45	43	42	44	1.0
Phosphorus, mg	28	23	21	26	-
Iron, mg	0.4	0.4	0.4	0.3	-
Vitamin A, I.U.	210	122	1270	1390	0
Vitamin B ₁ , mg	0.05	0.04	0.04	0.04	0.01
Vitamin B ₂ , mg	0.08	0.06	0.07	0.06	0.03
Niacin, mg	0.5	0.4	0.5	0.4	1.0
Vitamin C, mg	21	11	20	22	7

*From Food composition Tables, Rural Nutrition Institute, RDA, Suweon (1991)

및 그 profile과 생리학적 역할에 대한 자세한 연구가 필요하다. 김치는 무엇보다도 Ca, Fe, K, P 등 여러 무기질 공급원으로 매우 중요한데, 특히 Ca의 함량이 높다. Table 2는 현재 우리나라에서 가장 많이 이용되는 5가지 김치에 함유된 영양소량을 정리하였다.

열량은 배추 김치인 경우 32kcal/100g로 낮으며 동치미는 수분함량이 많아 9kcal이다. 배추 김치인 경우 칼슘 45mg, 인 28mg, 철 0.4mg 등 무기질 함량이 높고 비타민A 함량이 높다. 배추 김치는 210 IU이지만 총각 김치나 열무 김치는 1270 IU와 1390 IU로 비타민 A 함량이 더 많다. 배추김치에서 비타민 B₁은 0.05, B₂ 0.08 mg이나 비타민 C는 21mg으로 겨울철에 채소가 부족할 시 비타민 C의 좋은 공급원이었다.

이러한 김치의 영양학적 특성을 보면 김치는 저열량 식품으로 당과 지방질 함량이 낮으며 식이섬유소, 발효중 생성된 유기산 및 유산균(적당히 익었을 경우 $10^7 \sim 10^8$ /g)¹⁸⁾은 정장작용과 변비예방 및 대장암 예방 효과가 크다. 또한 당과 콜레스테롤 흡수를 저하시켜 당뇨병 및 혈관 질환에 관련된 성인병 예방에도 중요한 역할을 한다. 한편 김치의 주재료는 채소이므로 채소류의 신선한 맛, 짠 발효에 의한 상쾌한 맛, 고추가루를 비롯한 향신료의 독특한 맛, 젓갈류등의 감칠맛 등이 어우러져 식욕을 촉진시킨다. 또 이런 채소류는 비타민 C, 카로틴, 비타민 B 복합체 및 Ca을 비롯한 여러 무기질의 공급원이며 사용되는 것같이 어패류는 양질의 단백질과 Ca의 주요 공급원이다. 이러한 김치의 영양학적 특성을 이용하여 김치의 기능을 더욱 증진시키는 개발이 필요하다. 즉 김치에는 가능한 종류의 부재료를 첨가할 수 있기에 기능 강조면에 따라 비타민 C 강화, 식이섬유소 강화, 비타민 A 강화 등으로 항노화 김치, 미용증진 김치 또는 항암 활성이 큰 물질을 강화하여 암 예방 김치 등을 개발할 수 있다. 그리고 첨가물질의 다양성과 채소류에 다량 함유되어 있는 비타민 C 등의 비타민과 무기질 때문에 보호식품(protective food)로 개발한다면 김치는 세계적인 식품으로 크게 발전될 수 있으리라 생각된다.

김치와 니트로소아민 및 소금

우리나라는 최근의 통계청 발표에 의하면 암으로 인한 사망이 가장 많으며 그중 위암으로 인한 사인이 제 1위로 나타났는데¹⁹⁾ 이것은 우리가 일상 먹는 음식중 짜고 매운 음식이 그 원인이라고 생각되어져 왔다. 이와 관련된 주요 식품이 김치인데 위암의 원인이 될 수

있는 김치내의 의심스러운 물질은 김치 재료부터 유래되어질 수 있는 니트로소아민, 소금(짠것), 고추가루(매운것)이다.

NO₃, NO₂ 및 니트로소아민

김치의 주재료인 배추에 NO₃ 함량이 높고 젓갈 등에서 유래되는 아민류 때문에 김치가 발효되는 과정에서 니트로소아민(NA)이라는 위암을 일으킬 수 있는 발암 물질을 생성하지 않는가 하는 우려가 있어왔다.

이러한 NA 생성 가능성때문에 김치 제조시 사용되는 재료들의 NO₃, NO₂ 함량 분석과 김치 발효기간 중 NO₃, NO₂의 함량 변화 그리고 NA생성에 대한 연구가 많이 되어있다^{15,18,20-24)}. 김치의 주재료인 배추의 NO₃ 함량은 55~2500ppm으로 광범위하게 보고되어 있으며²⁰⁾ 배추의 부위별로 보면 속 부분이 202~289ppm, 겉 부분이 342~682ppm함유되어 있고 배추잎은 198ppm 줄기 부분은 511~578ppm¹⁸⁾으로 배추의 NO₃는 속부분보다는 겉부분, 잎보다는 줄기 부위에 많이 함유되어 있다. 마늘, 고추가루, 생강, 소금, 새우젓, 멸치젓 등에는 0.32~3.51ppm^{15,18,20-24)}의 NO₃을 함유하여 김치 재료의 NO₃ 공급원은 주로 주원료인 배추라고 할 수 있다.

김치 재료중 NO₂ 함량은 매우 낮는데 배추는 0~0.56ppm 또는 검출되지 않았다^{15,18,20-24)}. 마늘, 고추가루, 생강에서는 NO₂가 검출되지 않거나 생강에서 0.42ppm정도 검출되었다는 보고도 있다¹⁸⁾. 젓갈류에서도 NO₂는 거의 검출되지 않아²⁰⁾ NO₂는 김치 재료에서 미량만 존재하는 것으로 판단된다.

2급 아민은 배추에 7.0ppm, 고추가루에 33.7, 생강에 3.9, 젓갈류에 22.5~41.0ppm으로 보고되어 있으며 젓갈류에 대체적으로 많다^{21,22)}. 결국 김치 재료중에서 배추에 NO₃ 함량은 주로 높지만 NO₂는 미량이거나 검출되지 않으며 2급 아민은 고추가루와 젓갈류에 다량 함유되어 있다.

한편 김치 숙성기간중 NO₃와 NO₂ 함량 변화를 보면, 배추를 소금에 절인후의 초기 김치는 생배추내의 NO₃함량에 비해 젓갈을 넣지 않은 대조 김치는 68%, 젓갈 김치는 57%로 감소되었으며 대조 김치는 NO₃초기 함량 292ppm에서 6주 후(5°C에서 발효)에는 102ppm으로 감소했으며 젓갈 김치는 300ppm에서 139ppm으로 감소하였다¹⁸⁾. 이와 우²⁵⁾에 의하면 김치의 숙성 기간중 NO₃함량은 260~490ppm이었고 숙성 3주째는 그함량이 최소량으로 감소하였고, 각두기, 배추김치, 열무김치는 담근 직후 NO₃의 함량이 각각 410, 1175, 1056ppm이었는데 24일 후 각각 162, 528, 452

ppm으로 감소하였으며²⁶⁾ 김치 담금시 젓갈을 첨가하든 안하든 NO₃는 발효기간중 계속 감소하였다¹⁵⁾. 권²⁷⁾은 시판 김치 10종에서 NO₃ 함량은 35~92ppm이라고 보고하여 결국 김치 숙성과정중 NO₃는 70~80% 정도 제거되는 것으로 판단된다.

NO₂ 함량은 NO₃의 감소와 함께 양적으로 비례적으로 증가하리라 기대되지만 NO₂ 생성량은 전체적으로 매우 낮다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 대조 김치의 경우 발효 1주때 0.1ppm으로 감소한 후 다소 증가하여 5주에 1.6ppm으로 최고치를 나타내었고 6주 때 0.5ppm으로 다시 감소하였다. 젓갈 김치에서도 비슷한 경향을 보였으며 6주 발효때 0.6ppm으로 측정되어 그 양이 미량이었다.

이와 우²⁵⁾는 숙성 초기에는 NO₂를 측정할 수 있었지만 숙성 후기에는 NO₂가 검출되지 않았다고 하였으며 시판 김치류 10종 및 김장 김치의 NO₂함량은 0.25~0.68ppm^{27,28)} 또는 한계미만이거나 검출되지 않았다. 김치발효에 관여하는 젓산균은 NO₂소거에 중요한 역할을 하는데 Dodds와 Collins-Thompson²⁹⁾은 실험에 사용된 젓산균은 APT broth에서 30°C에서 24시간 동안 200ppm의 NO₂를 59~90% 제거시켰다고 하였으며 *L. plantarum*은 pH 4.5~6.0사이에서 81~93%의 NO₂소거능을 나타내었다. 이러한 NO₂소거능은 젓산균이 성장하는 동안 생성한 산과 효소적인 반응에 의한 것이라고 추정하였다.

한편 김치 숙성시 우려되었던 NA 생성은 검출한계 미만 또는 흔적정도 였는데 미량의 NDMA(N-nitroso-

dimethylamine)가 검출 되었으며 NPYR(N-nitrosopyrrolidine)과 NDEA(N-nitrosodiethylamine)는 전혀 검출되지 않았다²¹⁾. 본 연구실의 연구결과(Table 3)에서도 다른 NA는 전혀 검출되지 않았고, NDMA는 5°C에서 발효 3주까지 생성되지 않았으며 숙성 말기에 미량 검출되고 6주 발효의 젓갈 김치에서 최고량인 NDMA 0.044ppb가 검출되었을 뿐이다³⁰⁾.

한편 미량의 NDMA를 생성한 젓갈 김치 시료를 Ames 돌연변이유발 실험(rat S9 또는 hamster S9 이용)을 행하였지만 NDMA에서 나타낼 수 있는 돌연변이 유발성은 전혀 관찰 되지 않았다^{18,30)}. 김치에서 NA는 거의 생성되지 않지만 김치내의 비타민C는 NO₂와 2급 아민과 반응하여 NA생성하는 과정을 차단하는 물질로 이미 잘알려져 있다¹⁸⁾. 더군다나 김치내의 젓산균들은 NA에 의한 돌연변이 유발성을 크게 억제한다는 점이다. Hosono 등³¹⁾은 40여종의 젓산균들은 NA에 의한 돌연변이 유발성을 저해하였는데 *L. mesenteroides*는 NDEA의 돌연변이를 81%, NDMA는 69~79% 저해하였다고 하였다.

결국 김치 숙성시 우려되는 NO₃, NO₂ 및 NA 생성은 김치내의 여러 생리학적 영양소와 조건들 즉 비타민 C, 페놀성 화합물, 아미노산, 젓산균, 유기산 등에 의해 차단되므로 우려하지 않아도 된다고 생각한다.

소금과 보돌연변이성

짠음식 및 염장된 식품의 다량섭취가 위암발생의 원인이 될 수 있다고 알려져 왔는데 소금은 특히 암발생을 돕는 역할을 한다고 보고되어 있다³²⁻³⁴⁾. Tatematsu 등³⁴⁾은 소금을 MNNG(N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine) 또는 4-NQO(4-nitroquinoline-1-oxide)와 같이 쥐에 투여하면 위암발생을 도우는 cocarcinogenic 효과가 있다고 하였다. Wistar rats에 MNNG를 투

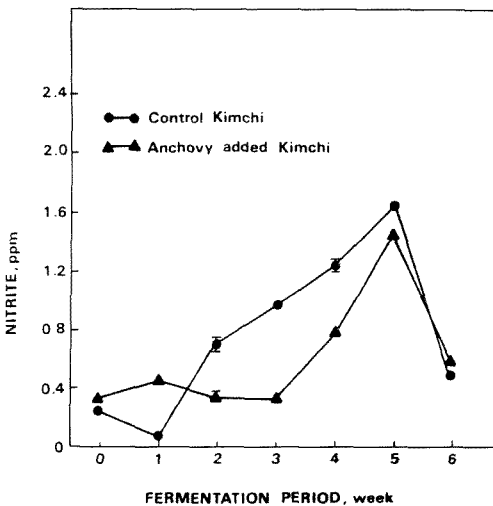


Fig. 2. Changes in nitrite content in control Kimchi and anchovy added Kimchi during fermentation at 5°C¹⁸⁾.

Table 3. Changes in the contents of N-nitrosodimethylamine during Kimchi fermentation at 5°C*

Fermentation time (week)	Control Kimchi	Anchovy added Kimchi
0	ND**	ND
1	ND	ND
2	ND	ND
3	ND	ND
4	ND	0.010
5	0.016	0.028
6	0.022	0.044

* See the reference number 18

** Not detected

여 하는 연구에서, 소금만 투여하였을때는 위저부, 유문부 또는 십이지장 부위에 암이 발생되지 않았으나 소금을 MNNG와 함께 투여하면 MNNG단독 투여군보다 훨씬 암발생이 크게 나타나 소금은 발암물질 존재시 암발생을 도우는 효과가 있는것으로 나타났다³⁵⁾. 소금은 또한 Wistar rats에서 위점막과 소변에서 지방과 산화 물질 (MDA)생성을 증가시키는 효과가 있었는데 이경우 소금은 특히 위점막에 지방과산화를 촉진하는 방법으로 위종양 발생의 촉진제로 작용한다³⁵⁾.

김치는 기온이 높을때는 소금농도를 높여 발효시킬 수 있기때문에 고염도 김치와 nitroso화합물 (MNNG 등)이 같이 반응할때 보돌연변이 활성을 검토해 보았다³⁶⁾. 보통김치농도 (3%) 자체는 돌연변이 유발성이 없었으나 Fig. 3에서 보는 바와 같이 소금을 대량으로 첨가한 고염도 김치 (NaCl농도 9.5~10.5%) 추출물은 MNNG가 동시에 존재 할 때는 돌연변이 유발성이 50% 이상 증가하는 것이 관찰되었다. 이 경우 계속적인 실험결과에 의해 김치추출물의 보돌연변이 활성의 원인 물질은 소금인 것으로 확인되었다. 소금은 농도증가에 따라 MNNG에 의한 돌연변이 유발성을 증가하는 comutagenic 효과를 나타내었지만 김치내의 비타민 C 는 이 comutagenic 활성을 억제시키는 효과가 있다 (Fig. 4)³⁷⁾.

그러므로 김치를 너무 짜게 담고 (소금 농도 9.5% 이상인 경우, 보통은 3% 정도임) 또 MNNG같은 nitroso 화합물이 같이 존재하는 조건 등은 배제해야 하겠다.

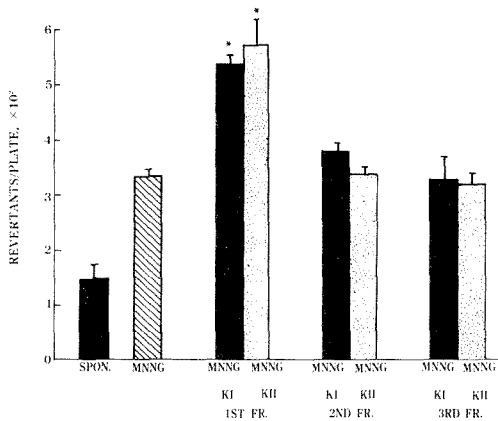


Fig. 3. Mutagenicity test of solvent extracted fractions from high concentrations of Kimchi samples in the presence of MNNG (0.5mg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100³⁶⁾.

KI (kimchi I, 9.5% NaCl), KII (kimchi II, 10.5% NaCl)
The asterisks surmounted on the bars are significantly different at the p<0.05

한편 소금이외의 다른김치 재료 및 정상염 김치에서는 보돌연변이 효과가 전혀 관찰되지 않았다. 최근에는 민간요법으로 죽염은 오히려 암을 치료한다고 주장되고 있어, 소금 종류 및 소금의 전처리 과정에 따라 김치에서의 활성이 달라질 수 있기 때문에 소금의 종류와 농도에 따른 보발암성과 관련하여 연구가 더 자세히 되어야 하겠다. 김치의 기능중 소금을 배설시키는 방법으로 해조류에 많은 알긴산을 이용하여³⁷⁾ 소금으로부터 유래되는 위암, 혈관 질환등 불리한 점을 개선하는 김치의 개발도 필요하다 하겠다.

김치의 항돌연변이 및 항암효과

김치는 재료가 주로 채소류이며 이들 재료에 풍부한 비타민 C, β-carotene, 식이섬유소³⁸⁾, 후라보노이드류³⁹⁾, 엽록소 (클로로필)⁴⁰⁾ 등과 발효과정중 유산균의 생성으로^{31,41-44)}인한 암예방 효과가 있다고 추측된다. 본 연구실에서는 지난 5년간 녹황색 채소류의 항돌연변이 및 항암 효과를 연구해 왔다. 배추, 마늘, 들깨잎, 고추잎,

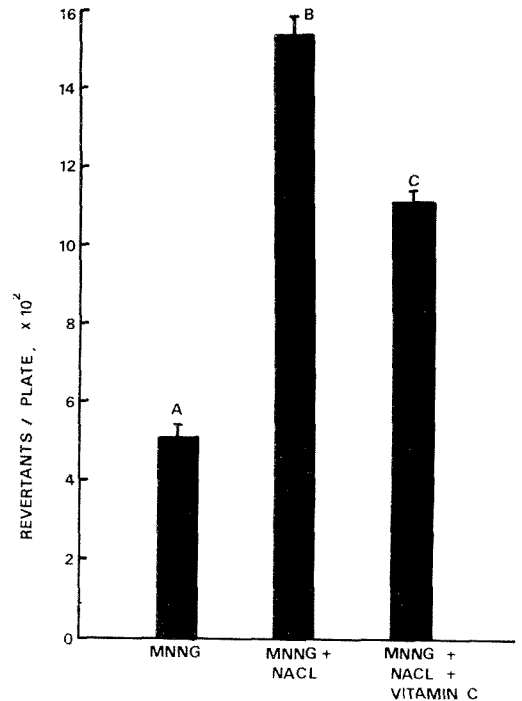


Fig. 4. The inhibitory effect of vitamin C (250mg/plate) on the comutagenicity of 15% NaCl on MNNG (1mg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100.

The different letters surmounted on the bars are significantly different at the p<0.05 level of significance as determined by Duncan's multiple range test³⁷⁾.

들미나리 등 대부분의 채소류는 암을 예방하는 항돌연변이(항발암)효과가 있는 것으로 나타나^{3,45-47)}, 이런 재료로 제조되는 김치는 항돌연변이 및 암예방효과를 기대할 수 있다.

김치추출물의 항돌연변이효과

이 연구에서는 *in vivo*에서의 발암효과에 85%의 상관관계를 갖는 *in vitro* Ames 돌연변이 유발 실험계⁴⁸⁾를 주로 이용하여 발암물질로 인한 암발생 예방 효과를 연구하였다. 김치를 정상염농도(소금 3%)로 하여 5°C에서 익히는 동안 적당히 익은 김치(3주 발효)추출물을 중심으로 AFB₁(aflatoxin B₁)에 대해 항돌연변이 효과가 관찰되었다(Fig. 5). 다른 발효시기의 김치시료도 효과가 있었지만 3주 김치가 가장 큰 효과가 있었다. Ames 실험계 및 SOS chromotest 실험계에서 김치 제조시 젓갈 첨가의 유무와 관련 없이 김치의 메탄올추출물은 발암물질(AFB₁과 MNNG)로 인한 돌연변이 유발성을 억제하는 효과가 관찰되었다. 그 활성 물질은 클로로포름 분획에서 나타났는데⁴⁹⁾ 이물질의 동정을 위해 계속적으로 실험하고 있다.

유 등⁵⁰⁾은 김치 추출물은 벤조피렌 같은 다환 방향족 탄화수소(PAH)를 간에서 신속히 대사하는데 영향을 끼친다고 보고하였다. 기니아 피에서 PAH의 지속적인 섭취는 간 마이크로솜의 P-450함량의 증가, 약물대사, 효소활성의 유도, 혈청중 GOT 활성의 상승 등을 나타내었는데 김치 및 비타민 C는 PAH 섭취에 따른 생체이물대사를 활성화하는데 기여하여 발암물질의 해독 및 간기능 정상화에 관여 한다고 하였다.

김치재료 중 고추가루의 항돌연변이효과

매운 음식이 건강에 좋지 않으리라는 의문은 계속되어 왔지만 본연구실의 연구결과 고추내의 매운 성분인 캡사이신은 돌연변이 유발성(발암성) 및 보돌연변이성이 없었다⁵¹⁾. 고추에는 항돌연변이 및 항암성이 있는 것으로 알려진 비타민 C와 카로틴이 많이 함유되어 있기 때문에 고추가루의 돌연변이 유발 및 항돌연변이 활성을 조사해 보았다. Ames돌연변이 유발 실험계에서 고추가루 추출물은 S9의 존재 유무와 관계없이 돌연변이 유발성이 없었으며 AFB₁에 대한 보돌연변이 효과도 없었다⁵¹⁾ 그리고 캡사이신의 첨가농도를 증가

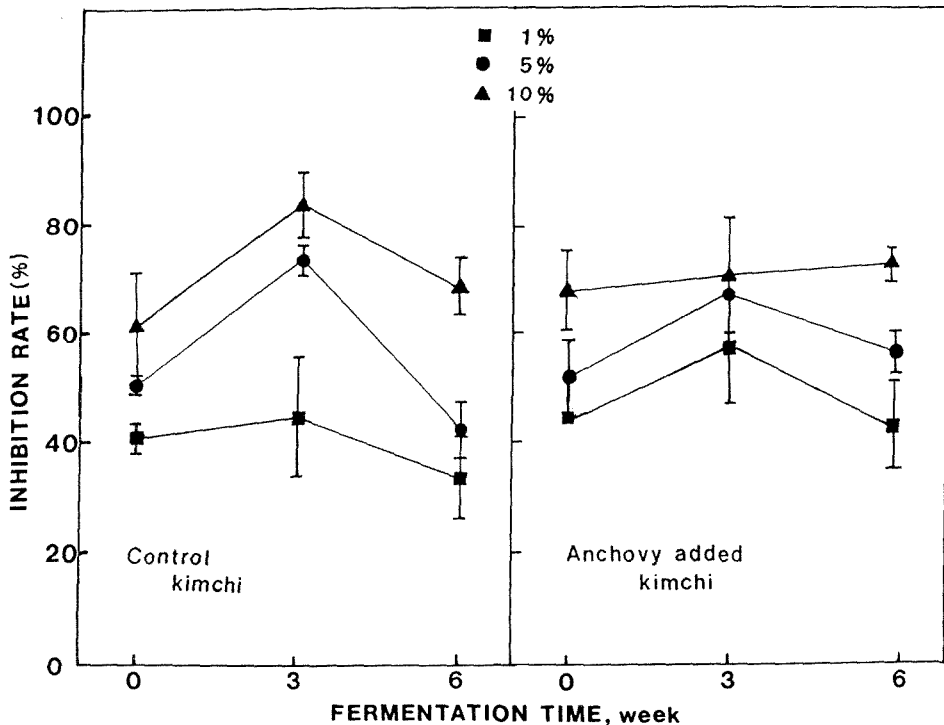


Fig. 5. Antimutagenic effect of methanol extracts from Kimchi samples(control and anchovy added) against aflatoxin B₁(AFB₁, 0.15µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100⁵⁹.

시커도 돌연변이 유발성은 없었으며^{11,51)} 오히려 고추가루 추출분획은 AFB₁에 대해 항돌연변이 활성을 나타내었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 매운고추가루(Red pepper 1)와 덜매운 고추가루(Red pepper 2) 모두 AFB₁에 대해 김치의 3분획 모두 돌연변이유발억제효과를 보였는데 첫번째 분획은 AFB₁의 돌연변이 유발성을 약 70% 저해했으며 다른 분획들도 저해효과를 보였다. 일반적으로 매운 성분을 가진 고추가루는 위암 발생의 원인 물질중 하나로 생각되어 왔으나 고추가루는 항암 활성이 있는 카로틴과 비타민 C가 다량 함유되어 있기에 고추가루에 대한 새로운 인식이 필요하며 *in vivo* 실험과 고추가루의 안전성과 항암성에 관련된 추가적인 연구가 필요하다.

김치재료 중 마늘의 항돌연변이 및 항암효과

마늘의 항암효과는 많이 알려져 있는데^{10,11,52-56)} 마늘의 메탄올 추출물은 AFB₁과 MNNG의 돌연변이 유발성을 억제하였다. AFB₁에 대해서는 마늘의 메탄올 추출물의 첨가농도가 증가 할수록 항돌연변이 활성이 증가 되었다⁵²⁾. 사용된 농도는 김치에 마늘을 양념으로 사용하는 2% 농도를 사용하였는데 마늘을 2%농도에서 첨가되었을 때 nitrosodimethylamine (NDMA)의 돌연변이 유발성도 60%정도 저해되었다고 보고된 바 있다¹¹⁾. 마늘의 항돌연변이 기작은 간의 microsomal 효소

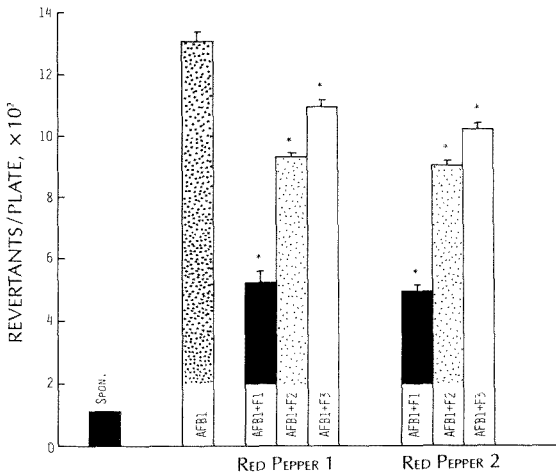


Fig. 6. Effect of solvent extracted fraction (F) from red pepper powders on the mutagenicity of aflatoxin B₁(AFB₁, 1µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100.

Each data point is the mean±SD for 4 samples and those asterisked surmounted on the bars are significantly different from the control at the 0.05 level of significance as determined by Student's t-test⁵¹⁾.

계의 활성화에 관여하여 glutathione S-transferase활성 및 SH함유 화합물들을 증가시키므로 최종 돌연변이원을 비독성 물질로 전환하는 데도 기여하였다고 추측된다⁵⁴⁾. 마늘의 항돌연변이 활성은 클로로포름 분획에 존재하였으며 그리고 클로로포름 분획은 사람의 HT-29 결장암 세포의 성장을 FBS농도 1%와 5%에서 각각 크게 저해하였다(Fig. 7)⁵²⁾.

활성물질을 찾기위해 클로로포름으로 분획한 결과, 비극성 획분에서 돌연변이 활성이 억제되었으며 methyl linoleate가 주요 활성 물질로 동정된 바 있다¹¹⁾. 마늘에서 활성 물질로 분리된 리놀레산은 Ames 실험계, SOS 실험계 및 rec 실험계 모두에서 항돌연변이 활성이 확인 되었으며 인체 대장암, 위암, 골육암 세포의 성장을 억제 하는 활성을 나타내었다⁵⁷⁾. Sarcoma 180세포를 투여한 Balb/c 마우스 실험계에서 리놀레산은 종양 크기를 작게 하였으며 생명 연장효과도 관찰되었다⁴⁵⁾. 그외 마늘내의 allicin과 함황물질들은 sarcoma 180 투여 쥐에서 종양의 크기를 크게 억제하는 효과있다고 보고되어 있다¹⁰⁾. 또한 마늘은 햄스터 협낭에서 DMBA의 발암성을 억제하는 효과도 관찰되었다⁵⁶⁾.

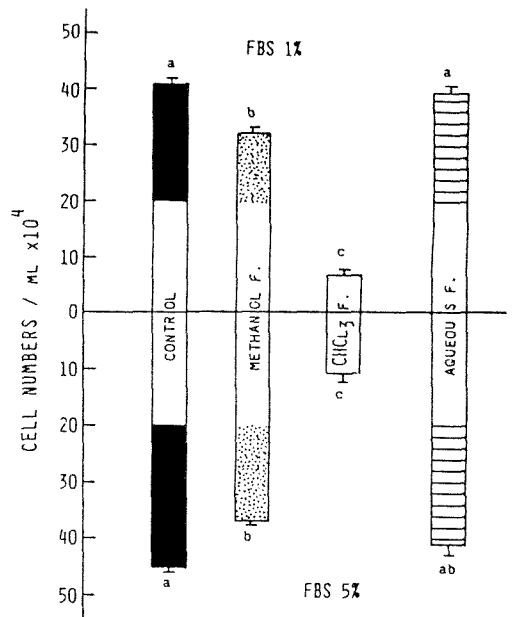


Fig. 7. Inhibitory effects of methanol extract, chloroform (CHCl₃) fraction and aqueous fraction from the methanol extract of the garlic on the growth of HT-29 cells after 6 days at 37°C in different FBS (fetal bovine serum) concentration⁵²⁾.

김치유산균의 항돌연변이 및 항암효과

요구르트 등 유제품에서 유래되는 유산균종 *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, *L. casei* 등의 추출물은 sarcoma 180과 Ehrlich carcinoma 57세포를 쥐에 경구 또는 복강투여 하였을때 종양세포의 증식을 억제하였고 항암 효과 및 항발암 그리고 면역계 활성화 효과 등을 나타낸다고 하였다⁵⁶⁾.

지금까지 유산균이 갖는 항발암 효과에 관한 연구는 유발효 식품을 대상으로 한 것이고^{41-44,58-60)} 김치의 유산균이 갖는 항돌연변이 및 항암효과에 관한 연구는 많지 않다. 본 실험실에서 최근 김치로부터 분리 동정한 유산균을 이용하여 항돌연변이 활성을 검토 한것을 보면⁶¹⁾ Fig. 8에서 보는바와 같이 냉동 건조한 전체 유산균 균체 (cell body, CB)는 4-NQO에 대해 강한 항돌연변이 활성이 있는 것으로 나타났다. 대조군으로 사용한 유제품에서 유래된 *L. acidophilus*를 포함해 김치로부터 분리 동정된 *Leu. mesenteroides*, *L. plantarum*은 균체량의 변화 (2~20mg/ml)에 따른 활성의 변화폭이 적고 거의 자연 복귀수 수준으로 4-NQO에 의한 *Sal. typhimurium* TA100의 돌연변이 유발성을 크게 억제하였다. 한편 *L. brevis*의 균체는 5와 2mg/ml에서 높은 균체 의존성을 보여 주었으나 *Ped. acidilactici*는 20 mg/ml에서도 활성이 없었다.

한편 MelQ에 대해서는 *P. acidilactici*의 균체도 항돌연변이 활성을 나타내었으며 사용 유산균체 모두 첨가 균체량의 증가에 따라 그 활성이 증가되는 것으로 나타났다. 그중 발효유 균주인 *L. acidophilus*와 김치유산균 *Leu. mesenteroides*의 균체가 타유산균체에 비해 더 강한 활성을 갖는 것으로 관찰되었다⁶¹⁾. 유산균체중 어떤 분획이 4-NQO에 대해 항돌연변이 활성을 갖고 있는지 측정하기위해 세포벽 분획 (SP, sonicated precipitate)과 세포질 분획 (SS, sonicated supernatant)을 비교해 본 결과 세포벽 분획이 항돌연변이 활성을 가지고 있었고 세포질부분은 항돌연변이 활성이 전혀 나타나지 않았다⁶¹⁾.

Gram 양성 유산균의 세포벽은 peptidoglycan으로 N-acetylglucosamine과 N-acetylmuramic acid 분자로 구성되어 이들이 항돌연변이 또는 항암활성을 가질 것으로 추정된다. Hosono 등⁶²⁾은 발효유에서 분리한 젖산균들이 NDEA 등 여러 돌연변이물질에 대해 항돌연변이 활성이 있음을 보고 하였다. 젖산균 자체가 항암 효과도 나타내는데 Reddy 등⁶³⁾은 요구르트의 항암효과를 연구하던 중 우유 자체와 생성된 젖산은 항암활성이 없었으나 요구르트의 투석물은 암세포의 DNA합성저해와 암세포 증식 억제 효과가 있다고 하였다.

Bogdanov 등⁶⁴⁾은 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*의

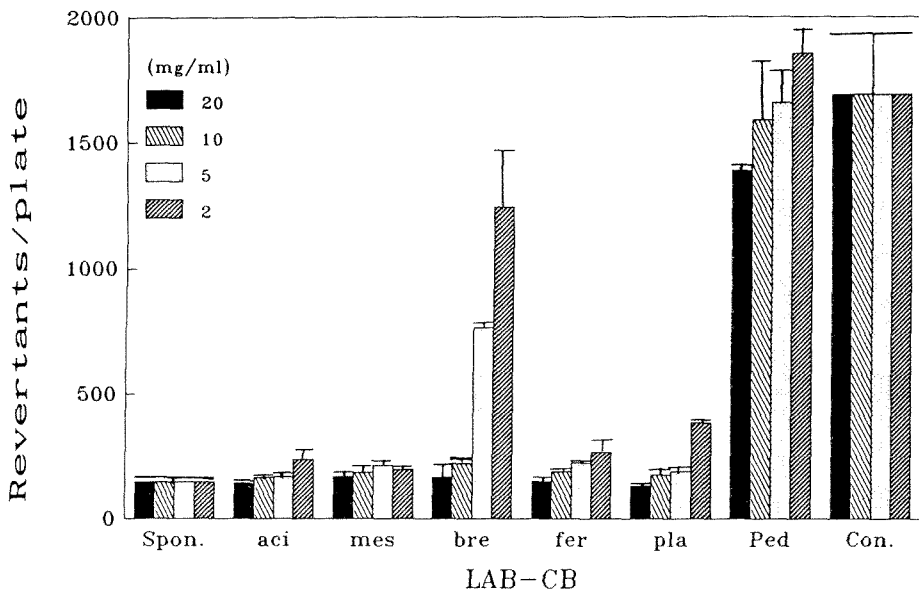


Fig. 8. Antimutagenic activity of lactic acid bacteria-cell body(LAB-CB) against 4-NQO(0.15 μ g/plate) on *Salmonella typhimurim* TA100⁶¹⁾.

Spon : spontaneous, aci : *Lactobacillus acidophilus*, mes : *Leuconostoc mesenteroides*, bre : *Lactobacillus brevis*, fer : *Lactobacillus fermentum*, pla : *Lactobacillus plantarum*, Ped : *Pediococcus acidilactici*, Con. : control

세포벽의 peptidoglycan이 종양 생성을 억제하는것을 발견하였고 이 peptidoglycan은 다른 *Lactobacilli*의 세포벽을 구성하는 인자이며 이는 muramyl peptide로 구성되어있다. 이때문에 젖산균이 사멸된 것이던 생균이던 관계없이 종양을 억제하게 되는 것이라 하였다. Muramyl dipeptide와 그유도체는 세포성 중계 면역에 관여하는데 이를 처리한 대식 세포는 *in vivo*와 *in vitro*에서 superoxide anion과 H₂O₂를 생성하여 암세포를 사멸한다고 알려져 있다⁶⁰.

한편 정⁶²은 김치에서 분리한 *L. plantarum* 배양액을 섭취시킨 마우스의 대식세포는 크게 활성화 되어 식균 작용이 증가되었다 하였다. 그리고 *L. plantarum*의 세포벽 성분중 muramic acid에 phosphodiester결합으로 polysaccharide가 결합되어 있는 상태의 세포벽성분이 복수암 및 고형암에 대해 항암효과가 있다고 하였다. 그리고 이 유산균 세포벽 물질중에서는 glycopeptide 부분 보다는 다당류 분획이 암억제 효과에 중요한 역할을 하며 이경우 복수암보다 고형암에 대한 억제 효과가 컸다고 하였다.

장내 세균의 효소중 β -glucuronidase, nitroreductase, azoreductase 등은 발암 전구물질을 발암 물질로 전환 되는 것을 촉진한다고 알려져 있는데 유산균중 *L. acidophilus*를 경구적으로 섭취하면 이들 효소의 활성도가 저하된다고 하였다^{63,64}. 오 등⁶⁵은 한국인에게서 대장암 발생이 낮은 것은 다량의 김치 섭취 때문이라 추정하였다. 사람을 대상으로 실험한 연구에서 김치의 섭취는 β -glucuronidase, nitroreductase 활성도를 현저히 감소시킨다고 하였다. 또한 이때 pH도 감소되었는데 pH의 감소는 1차 담즙산을 cocarcinogen인 2차 담

즙산으로의 전환 반응에 관여하는 7 α -dehydroxylase의 반응을 저해하는효과를 나타내었다.

결국 발효유에서의 유산균이던 김치에서 분리된 유산균이던 그활성은 거의 동일한 것으로 생각되며 유산균종사이에 다소의 차이는 있어도 유산균 발효 김치는 요구르트에 못지 않은 항돌연변이 및 항암효과를 나타내리라고 추측된다.

김치의 *in vitro* 항암효과

김치 재료인 배추를 비롯한 채소류들은 생체내에서도 암예방 효과 및 항암효과가 있는 것으로 연구되어 있다. 그러나 김치자체의 즙 또는 추출물의 항암효과에 대해서는 아직 학계에 보고된 바가 거의 없다.

김치추출물은 인체 암세포의 증식을 억제하는 효과가 있어 5°C에서 3주 발효한 김치(잘익은 김치)는 Table 4에서 보는 바와 같이 HT-29인체 결장암세포의 성장을 FBS 1%, 5%에서 각각 30~40%의 성장을 억제하는 효과를 나타내었다¹⁸. 이 경우 짓갈을 첨가한 김치에서도 대조김치와 비슷한 암세포 성장억제 효과를 보였다. 김치의 추출물 3분획 모두에서 비슷한 활성이 나타났으므로 김치내의 여러물질들이 암세포 성장 억제효과와 관련되어 있는 것으로 생각된다. 한편 Table 5에서는 3주간 발효시킨 김치와 6주간 발효시킨 김치의 주스상등액을 이용하여 *in vitro*에서 human leukemia K-562세포를 사용하여 암세포 성장저해 효과를 검토한 결과를 나타내었다. Well당 100 μ l씩 첨가시 3주 발효된 김치가 김치재료들을 합한 추출액 보다 저해효과가 컸고 200 μ l 첨가시에는 각각 저해효과가 더 크게 나타났다. 이경우는 김치 재료 추출물이나 발효된 김치 추출물이나 별다른 차이가 없었다. 소금농도

Table 4. Growth inhibition of HT29 cells by 3 fractions from 3 week-fermented Kimchi samples in different concentration of FBS (fetal bovine serum) after 6 days at 37°C

Sample	Cell number $\times 10^4$ /ml	
	FBS 1%	FBS 5%
Control ¹ (DMSO)	27.0 \pm 1.4 ^a	31.5 \pm 0.7 ^a
Fat-soluble fraction(CK) ²	18.0 \pm 0.0 ^b	22.5 \pm 0.7 ^b
Methanol fraction(CK)	19.5 \pm 0.7 ^b	24.0 \pm 1.4 ^b
Basic fraction(CK)	19.0 \pm 1.4 ^b	23.5 \pm 0.7 ^b
Fat-soluble fraction(AAK) ³	19.0 \pm 1.4 ^b	21.0 \pm 1.4 ^b
Methanol fraction(AAK)	18.5 \pm 0.7 ^b	22.5 \pm 2.1 ^b
Basic fraction(AAK)	19.5 \pm 0.7 ^b	24.0 \pm 1.4 ^b

¹ Dimethyl sulfoxide ²Control Kimchi ³Anchovy added Kimchi
^{ab} means in the same column with the same letter are not significantly different at the 0.05 level of significant as determined by Duncan's multiple range test

Table 5. Growth inhibitory effect of juice supernatants of Kimchi ingredients and Kimchi in human leukemia K-562 cells after 4 days of incubation

Sample	100 μ l/well	200 μ l/well
Control	104 \pm 5	83 \pm 11
KI ¹ +0% NaCl	83 \pm 4(20) ³	13 \pm 2(84)
KI+1% NaCl	38 \pm 2(63)	36 \pm 3(65)
KI+3% NaCl	85 \pm 6(18)	17 \pm 9(80)
KI+5% NaCl	30 \pm 4(71)	28 \pm 9(66)
KI+10% NaCl	31 \pm 6(60)	11 \pm 4(87)
Kimchi(3wk) ²	29 \pm 12(72)	20 \pm 4(81)
Kimchi(6wk)	56 \pm 10(46)	51 \pm 2(51)

¹ KI : Kimchi ingredients (100% Chinese cabbage, 2% red pepper powder, 2% crushed garlic and 0.5% crushed ginger)
² Kimchi (3% NaCl) was fermented at 5°C for 3 or 6 weeks
³ Inhibition rate

Table 6. Growth inhibitory effect of juice supernatants of Kimchi ingredients and Kimchi in human osteosarcoma MG-63 cells after 6 days of incubation

Sample juice supernatant	200 μ l/well
Control	68 \pm 10
KI ¹ +0% NaCl	57 \pm 7 (13) ³
KI+1% NaCl	54 \pm 5 (20)
KI+3% NaCl	52 \pm 5 (23)
KI+5% NaCl	49 \pm 5 (28)
KI+10% NaCl	32 \pm 6 (53)
Kimchi (3wk) ²	23 \pm 3 (66)
Kimchi (6wk)	30 \pm 4 (56)

¹ KI : Kimchi ingredients (100% Chinese cabbage, 2% red pepper powder, 2% crushed garlic and 0.5% crushed ginger)

² Kimchi (3% NaCl) was fermented at 5 $^{\circ}$ C for 3 or 6 weeks

³ Inhibition rate

가 암세포 성장에 미치는 영향을 검토하기 위해 김치재료에 0~10%의 NaCl을 첨가하여 추출물 상등액을 암세포에 투여해 보았으나 소금 첨가 농도의 차이로 인한 별다른 영향은 관찰되지 않았다. Table 6에서는 MG-63 인체골육암 세포에서 200 μ l씩 주스상등액을 처리한 결과인데 Leukemia cell에서 보다는 저해효과가 떨어졌으나 이 경우는 발효된 김치 시료가 김치재료들의 추출물 보다 훨씬 저해효과가 컸었다. 특히 적당히 익은 5 $^{\circ}$ C에서 3주 발효한 김치의 활성이 가장 크게 나타났다. 3% 소금농도는 5 $^{\circ}$ C에서 3주간 발효된 김치 추출물 시료는 김치재료에 3% 소금을 첨가한 추출물 시료보다 3배 정도 암세포 성장 억제효과를 보였다. 그래서 김치재료보다는 발효과정에서 생성된 다른 물질이 *in vitro* 항암 활성이 큰 것으로 나타났다. Fig. 9는 3주 발효 김치를 CO₂ incubator에서 배양하여 2일 후에 대조군과 김치 주스상등액 첨가군의 MG-63 골육암세포 성장 형태를 찍은 사진으로 김치 시료의 첨가로 세포의 성장이 억제되면서 암세포의 형태적 변형이 유발된 것을 관찰할 수 있다. 김치의 항암 효과에 대해서는 현재 *in vivo* 실험등을 통해 계속적으로 본연구실을 중심으로 계속적으로 연구하고 있다.

결 론

김치는 재료들이 채소류이기때문에 채소류가 가지는 비타민, 무기질, 식이섬유소 등의 영양소 뿐 아니라 여러 생리 활성물질과 특히 김치가 발효되면서 생성되는 유기산들 그리고 유산균 등으로 부터 영양학적 가치가 크게 기대되어 세계적인 보호 식품으로의 개발이 가능하며 또한 이러한 특성때문에 이상적인 건강 식품

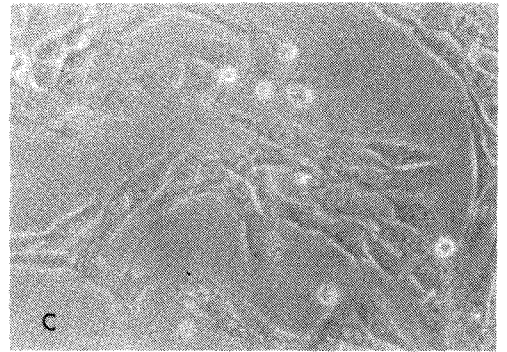


Fig. 9. Photomicrographs of MG-63 human osteosarcoma cells when 200 μ l of juice supernatant of Kimchi (fermented for 3wk at 5 $^{\circ}$ C) added per well after 2 days of incubation at 37 $^{\circ}$ C. (\times 200)

C : control, KJ : kimchi juice supernatant

이라 하겠다.

풍부한 섬유질로 변비, 혈당조절, 혈중지질 조절로 동맥경화예방, 그리고 각종효소와 비타민, 무기질의 함유로 체중조절, 빈혈예방, 항노화, 항암효과의 가능성이 있다. 그러나 염장 식품이므로 위암 발생과 관련해 여러가지 의심이 가는 면도 있었다. 즉 짜고 매운 음식으로의 김치 그리고 질산염, 아질산염 및 니트로소아민 발암물질의 생성에 대한 우려도 있었지만 다량의 소금 섭취 만을 주의 한다면 우려될 바가 없음이 실험으로 확인되었다. 그러나 너무 짠김치는 (9.5% 이상의 소금농도) 발암물질 (니트로소 화합물, 예 : MNNG) 이 동시에 존재하면 보돌연변이 유발 및 보발암성을 나타낼수 있으므로 너무 짜게 담는 것은 지양하는것이 좋겠다.

김치는 암을 예방하는 채소류가 주 원료이기에 항암 영양소인 비타민 C, 베타 카로틴, 식이 섬유소, 페놀성 화합물 함량이 높으며 이와 함께 유산균 등 여러 항암 물질을 많이 가지고 있다. 이미 김치 추출물 및 재료인 마늘, 고추가루 그리고 생성된 유산균 등의 항돌연변

이 및 항암 활성이 나타났기에 이기능을 더욱 증진 시켜 활성이 뛰어난 암 예방 김치의 개발이 필요하며 김치내의 다른 활성물질의 동정과 항암기작에 대한 계속적인 연구가 있어야하겠다 그의 여러 성인병 예방, 즉 고혈압, 당뇨병, 고지혈증 및 변비 예방 그리고 항노화와 미용증진 등에 적합한 김치의 기능을 증진시킨 김치의 개발이 필요하다.

감사의 글

이 연구의 일부 결과는 1994년도 교육부 지원 한국 학술진흥재단의 자유공모 학술연구조성비 및 1994년도 부산대학교 학술연구조성비에 의해 지원되었음.

문헌

1. 박완수, 구영조, 안병학, 최신양 : 김치류의 표준 가공공정 설정. 한국식품개발연구원, p.6(1994)
2. 이기열, 이양자, 박영심, 윤교희, 김병수 : 한국인의 식이섭취와 암유발의 관계에 관한 연구. 한국영양학회지, **18**, 301(1985)
3. 박건영, 이경임, 이숙희 : 녹황색 채소류의 돌연변이 유발 억제 및 AZ-521 위암 세포 성장 저해 효과. 한국영양학회지, **21**, 149(1992)
4. 김치관련 주지. 관용기술 : 김치의 과학과 산업, **2**, 42(1993)
5. 박완수, 구영조, 안병학, 최신양 : 김치류의 표준 가공공정 설정. 한국식품개발연구원, p.28(1994)
6. Yoo, J. Y., Min, B. Y., Suh, K. B. and Hah, D. M. : Effects of spices on the growth of lactic acid bacteria. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **10**, 124(1978)
7. 조남철, 전덕영, 신말식, 홍윤호, 임현숙 : 마늘의 농도가 김치미생물에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **20**, 231(1988)
8. Curl, A. L. : The carotenoids of red bell peppers, *Agric. Food Chem.*, **10**, 504(1962)
9. 전희정 : 김치의 영양과 효능. 한국 김치의 세계화를 위한 과제와 방향, p.5(1994)
10. Nakata, T. : Effect of fresh garlic extract on tumor growth. *Jap. J. Hyg.*, **27**, 538(1973)
11. 김소희 : 김치 성분의 보돌연변이 유발 및 항돌연변이 효과. 부산대학교 대학원 박사학위논문(1991)
12. 안숙자 : 김치에 당근을 섞었을 때의 Vitamin C의 변화. 대한가정학회지, **10**, 793(1972)
13. Cheigh, H. S. and Park, K. Y. : Biochemical, microbiological and nutritional aspects of Kimchi (Korean fermented vegetable products). *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **34**, 175(1994)
14. Kim, H. O. and Rhee, H. S. : Studies on the nonvolatile organic acids in Kimchi fermented at different temperatures. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **7**, 74(1975)
15. 구영조, 최신양 : 김치의 과학기술, 한국식품개발연구원, p.137(1990)
16. 임종락, 박현근, 한홍의 : 김치에 서식하는 Gram 양성세균의 분리 및 동정의 재평가. 한국미생물학회지, **27**, 404(1989)
17. Bang, Y. S. : Study on the variation of tasty component during radish pickle fermentation. *MS thesis*, Dong-A University(1982)
18. 최선미 : 김치발효중의 Nitrate 와 Nitrite 함량변화와 N-Nitrosodimethylamine 생성. 부산대학교 대학원 석사학위논문(1991)
19. 사망원인통계연보 : 통계청, 서울(1992)
20. 박건영, 최홍식 : 김치와 니트로소아민. 한국영양학회지, **21**, 109(1992)
21. 김수현, 이응호, 河端俊治, 石橋亭, 遠藤隆和, 松居正己 : 김치속성중 N-nitrosamine의 생성요인에 관한 연구. 한국영양학회지, **13**, 291(1984)
22. 양희천, 권용주 : 각종 김치재료와 김치 속성중 질산염 및 아질산염에 관한 연구. 전북대학교 농대 논문집, **13**, 111(1982)
23. 김장양, 천석조, 박영호 : 과일·채소류의 질산염 및 아질산염의 함량. 부산수산대학 연구보고, **24**, 129(1984)
24. 이응호, 김세권, 전중균, 정숙현, 차용준, 김수현, 김경삼 : 시판 젓갈류와 채소류중의 질산염 및 아질산염 함량. 한수지, **15**, 147(1982)
25. 이선화, 우순자 : 배추김치 숙성중 일부 첨가재료가 질산염, 아질산염 및 Vitamin C함량에 미치는 영향. 한국식품화학학회지, **4**, 161(1989)
26. 남궁석 : 김치류 저장중 pH 및 질산염과 아질산염 함량의 변화. 서울보건전문대학 논문집, **2**, 71(1982)
27. 권혁희 : Nitrosamine에 관한 연구(제1보). 한국영양학회지, **7**, 193(1974)
28. 임창국, 윤명조, 권숙표 : 식품중의 Nitrosamine에 관한 연구. 제1보 일상식품중의 제2급 아민과 아질산염의 분포. 한국식품과학회지, **5**, 169(1973)
29. Dodds, K. L. and Collins-Thompson, D. L. : Incidence of nitrate-depleting lactic acid bacteria in cured meats and in starter cultures. *J. Food Prot.*, **47**, 7(1984)
30. 박건영, 전영수 : 김치발효중의 질산염, 아질산염 및 니트로소아민 생성에 관한 연구. 한국식품화학연구원 논문집, **4**, 337(1993)
31. Hosono, A., Wardojo, R. and Otani, H. : Inhibitory effects of lactic acid bacteria from fermented milk on the mutagenicities of volatile nitrosamines. *Agric. Biol. Chem.*, **54**, 1639(1990)
32. Joossens, J. V. and Kesteloot, H. : Salt and stomach cancer. In "Gastric carcinogenesis," Reed, P. I. and Hill, M. J. (eds.), Elsevier Science Publishers, Amsterdam, p.105(1988)
33. Takahashi, M., Kokubo, T., Furukawa, F., Kurokawa, Y., Tatematsu, M. and Hayashi, Y. : Effects of high salt diet on rat gastric carcinogenesis induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine, *Gann*, **74**, 28(1983)
34. Tatematsu, M., Takahashi, M., Fukushima, S., Hananouchi, M. and Shirai, T. : Effects in rats of sodium chloride on experimental gastric cancers induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine or 4-nitroquinoline-1-oxide. *J. Natl. Cancer Inst.*, **55**, 101(1975)

35. Takahashi, M., Hasegawa, T., Furukawa, F., Okamiya, H., Shinoda, K., Imaida, K., Toyoda, K. and Hayashi, Y. : Enhanced lipid peroxidation in rat gastric mucosa caused by NaCl. *Carcinogenesis*, **12**, 2201 (1991)
36. 박건영, 김소희, 서명자: *Salmonella* assay system 에서 고염도 김치의 보툴리눔독소균 유발성. 부산대학교 가정대학 연구보고, **16**, 45(1990)
37. 家森辛男: 循環器疾患, の 豫防と營養因子. “食品機能”(藤卷正生), 學會出版センター, 東京, 日本, p.259 (1988)
38. 이선미 : 식이섬유소의 항돌연변이효과. 부산대학교 대학원 석사학위논문(1992)
39. 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 Netherlands. *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 2379 (1992)
40. 이선미 : 케일의 항돌연변이 및 항암효과와 기작연구. 부산대학교대학원 박사학위논문(1995)
41. Bogdanov, I. G., Dalev, P. G., Gurevich, A. I., Kolosov, M. N., Mal'kova, V. P., Plemynnikova, L. A. and Sorokina, I. B. : Antitumor glycopeptides from *Lactobacillus bulgaricus* cell wall. *FEBS Lett.*, **57**, 259 (1975)
42. Kim, H. Y., Bae, H. S. and Baek, Y. J. : *In vivo* antitumor effects of lactic acid bacteria on sarcoma 180 and mouse Lewis lung carcinoma. *J. Korean Cancer Assoc.*, **23**, 188 (1991)
43. Reddy, G. V., Friend, B. A., Shahani, K. M. and Farmer, R. E. : Antitumor activity of yogurt components. *J. Food Prot.*, **46**, 8 (1983)
44. Kato, I., Kobayashi, S., Yokokura, T. and Mutai, M. : Antitumor activity of *Lactobacillus casei* in mice. *Gann*, **72**, 517 (1981)
45. 박건영, 양한석, 이숙희, 류태형 : 녹황색 채소 및 민간항암 약재로부터의 항돌연변이 및 항암물질의 분리, 동정과 이들의 생화학적 항암기작에 관한 연구. 한국과학재단 연구보고서(1993)
46. Kada, T., Inoue, T., Morita, K. and Namiki, M. : Dietary desmutagens. In “*Genetic toxicology of the diet*,” Knudsen, I. (ed.), Alan R. Liss Inc., New York, p.245 (1986)
47. 이경임, 박건영 : 녹황색채소류의 항(발)암효과. 생명과학(부산생명과학회), **3**, 143 (1993)
48. Maron, D. M. and Ames, B. N. : Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutat. Res.*, **113**, 173 (1983)
49. 백경아 : 김치 추출물의 항돌연변이 효과. 부산대학교 대학원 석사학위논문(1994)
50. 유리나, 홍순명, 최석영 : Ascorbic acid 및 김치가 다환 방향족 탄화수소 섭취 Guinea pigs의 생체 이물 대사에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **19**, 403 (1990)
51. 김소희, 박건영, 서명자 : *Salmonella* assay system에서 고추가루에 의한 aflatoxin B₁의 돌연변이유발 저해효과. 한국영양식량학회지, **20**, 156 (1991)
52. 박건영, 김소희, 서명자, 정해영 : 마늘의 돌연변이유발억제 및 HT-29 결장암 세포의 성장저해효과. 한국식품과학회지, **23**, 370 (1991)
53. 황우익, 이성동, 손홍수, 백나경, 지유환 : 마늘성분에 의한 면역증강 및 항암효과. 한국영양식량학회지, **19**, 494 (1990)
54. Kim, S. H., Park, K. Y., Suh, M. J. and Chung, H. Y. : Effect of garlic (*Allium sativum*) on glutathione S-transferase activity and the level of glutathione in the mouse liver. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **23**, 436 (1994)
55. Kim, S. H., Kim, J. O., Lee, S. H., Park, K. Y., Park, H. J. and Chung, H. Y. : Antimutagenic compounds identified from the chloroform fraction of garlic (*Allium sativum*). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **20**, 253 (1991)
56. 김은실, 전희정 : 마늘이 햄스터 협낭에서 DMBA 발암성에 미치는 항암효과에 관한 연구. 한국영양식량학회지, **22**, 398 (1993)
57. 임선영 : Linoleic acid의 항돌연변이 및 항암효과. 부산대학교대학원 석사학위논문(1994)
58. Fernandes, C. F. and Shahani, K. M. : Anticarcinogenic and immunological properties of dietary *Lactobacilli*. *J. Food Prot.*, **53**, 704 (1990)
59. Lee, H. : Effect of *Lactobacillus acidophilus* on colon carcinogenesis. Ph. D. thesis, The Univ. of Nebraska-Lincoln, USA (1989)
60. Penn, R. L., Maca, R. D. and Berg, R. D. : Increased translocation of bacteria from the gastrointestinal tracts of tumor bearing mice. *Infect. Immunology*, **47**, 793 (1985)
61. 손태진 : 김치로부터 분리동정된 유산균의 항돌연변이 효과. 부산대학교 대학원 석사학위논문(1992)
62. 정호권 : 김치유산균의 생리적 특성과 면역학적 특성. 김치과학과 산업, **2**, 23 (1993)
63. Goldin, B. R. and Gorbach, S. L. : The effect of milk and *Lactobacillus* feeding on human intestinal bacterial enzyme activity. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**, 756 (1984)
64. Perosa, M. C., Golner, B., Goldin, B., Baraket, S., Dallah, G. and Russell, R. M. : Effect of *Lactobacillus acidophilus* or yogurt feeding on bacterial fecal enzymes in the elderly. *Gastroenterology*, **98**, A425 (1990)
65. 오영주, 황인주, 클라우스 라이즈프만 : 김치의 섭취가 대장암을 예방하는가? 김치과학과 산업, **2**, 9 (1993)
(1995년 1월 17일 접수)