

소금의 종류에 따른 과산화 효과와 보돌연변이성 비교

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

하 정 옥 · 박 건 영

Comparison of Autooxidation Rate and Comutagenic Effect of Different Kinds of Salt

Jung-Ok Ha and Kun-Young Park

*Department of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute,
Pusan National University, Pusan 609-735, Korea*

The lipid autooxidation rate and comutagenic effect of several kinds of salt were investigated in lipid autooxidation system, and Ames assay and SOS chromotest systems, respectively. Salt can be classified into raw salts (Chunil salt, Saeng salt), purified salts (NaCl reagent grade, Hanju salt) and processed salts (Gueun salt, Saeng keum, Bamboo salt) from the commercially available salts in Korea. All sorts of the salt exhibited to promote autooxidation of linoleic acid, and comutagenicity on N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG) in the Ames test system but the levels were different. Among the several salts, processed salts, especially bamboo salt significantly lowered autooxidation and comutagenic effects than other salts but purified salts caused the highest autooxidation rate and comutagenic effect.

Key Words: Salt (NaCl), Autooxidation, Comutagenicity

서 론

소금은 거의 모든 식품의 조리에서 사용되어 저장성과 풍미에 영향을 주거나 식탁염으로 사용되어 가장 일상적으로 섭취되고 있는 조미료이다. 이러한 소금은 생리적으로 산과 알칼리의 균형을 이루며 신경과 근육의 흥분성을 유지시키는 중요한 무기질 중 하나이다. 그러나 짠음식 및 염장된 식품의 다량 섭취가 위암 및 뇌졸중 발생의 원인이 될 수 있다고 알려져 있을 뿐만 아니라 소금은 암발생을 돕는 역할을 한다는 보고도 있어 왔다.¹⁻⁵⁾

NaCl의 발암을 돕는 역할에 대한 기작은 먼저 NaCl이 침투성이 큰 계면활성제로 작용해 발암물질의 매개체가 되어 N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG)과 같은 발암물질이 점막안으로 침투해 들어가는 것을 높여 표적세포에 유효농도로 증가시키는 작용을 한다는 것이다.^{6,7)} 그리고 NaCl은 세포증식(cell proliferation)에 관여한다는 것으로 세포증식률로 추측되는 기작은 첫째, NaCl의 세포독성에 의해 세포증식이 촉진된다는 것으로 고농도의 NaCl은 위의 표면점막세포를 균일하게 파괴시켜⁸⁾ 위점막에 지속적인 손상을 주어 세포증식을 증가시킨다.^{9,10)} 둘째, 소금이 위점막

에서 지질과산화에 영향을 끼쳐 세포증식에 관여한다는 것이다. 2~4% NaCl첨가 식이를 5주 행한 결과 위의 분문부에서 지질과산화가 증가함에 따라 점막세포증식이 증가되었으며¹¹⁾ Takahashi등¹²⁾은 NaCl은 표적조직(target tissue)에서 지질과산화를 유도하여 위점막과 뇨에서 NaCl의 농도가 증가함에 따라 malonaldehyde가 증가되었다고 보고하였다. 그리고 셋째로 소금이 ODC (ornithine decarboxylase) 활성을 증가시킨다는 것인데, 고농도의 NaCl은 위장점막의 ODC 활성을 증가시켜 결과적으로 DNA합성을 증가시키는 것으로 알려져 있다.^{10,12)}

소금의 종류는 다양한데 KS규격에 따라 정제염의 규격을 원용하면 소금은 크게 천일염과 정제염으로 나누어지고 정제염은 기계염과 가공염으로 분류되고 있다.¹³⁾ 천일염은 서해안의 해수를 모아 태양열과 바람에 의해 수분을 증발시켜 염의 결정을 얻은 것이다. 최근에는 해수 오염과 쓴맛이 있는 간수를 제거한 천일염(생소금)이 나오는 데 이것은 서해안의 천일염을 분쇄한 후 물세척을 하여 불순물과 간수를 제거한 후 원심분리한 것을 말한다. 이에 비해 고도로 정제된 기계염은 바닷물을 끌어 들어 이온교환막을 이용하여 염화나트륨만을 추출한 소금(시약용 NaCl 및 한주소금)은 기계적인 대량생산을 한다. 최근에 시중에 나와 있는 가공염은 가열공정을 거쳐 가공하는 방법이 공통적인데 천일염을 세라믹 반응로에서 800°C 이상 고온으로 2번 구워 불순물과 간수, 유해성분을 제거한 것(구운소금)과 이보다 높은 온도인 1,300°C 이상 고온으로 3번 구운 것(생금)이 있다. 죽염은 우리나라의 사찰 등지에서 제조되어 오던 것으로 천일염을 대나무 속에 다져 넣고 대나무 입구는 진흙을 반죽하여 봉한 후 가마에서 8번 1,000~1,300°C로 가열한 후 9번째 송진가루를 장작 위에 뿌려 1,300~1,700°C로 가열하여 소금은 용융되고 식으면 죽염의 결정이 된다.¹⁴⁾

본 실험실에서 행해진 연구에서 이미 소금의 보돌연변이성을 Ames test를 이용하여 실험하였고 특히 *Salmonella typhimurium* TA100균주와 발암물질로는 MNNG에 대해 가장 강한 보돌연변이성을 확인할 수 있었다.^{15,16)} 그런데 소금은 해수를 원료로 하여 가공방법에 따라 함유하는 무기질의 조성은 달라지며 특히 나트륨의 양은 큰 차이를 보인다.^{17,18)}

본 실험에서는 시중에서 구입가능한 여러 종류의 소금을 이용하여 POV를 이용한 과산화 촉진효과와

Ames test 및 SOS chromotest를 이용하여 보돌연변이성을 비교실험하였다.

재료 및 방법

1) 실험 재료

소금은 시중에 판매되고 있는 정제과정을 거친 기계염 2종[NaCl시약용(Junsei Chemical Co., Ltd.)과 한주소금]과 천일염 2종[(주)산내들에서 구입한 서해안 천일염, 생소금((주)산내들)] 그리고 가열처리공정을 거친 가공염 3종[(구운소금((주)산내들), 생금((주)산내들), 죽염(개암죽염)]을 각각 실험에 이용하였다.

2) 과산화물(POV)가 분석¹⁹⁾

유지(linoleic acid) 1.0 g에 에탄올 20 ml을 가해 용해하여 phosphate buffer (0.2M, pH 7.0) 25 ml을 가하여 혼합하였다. 그리고 소금시료를 phosphate buffer에 용해시켜 해당 농도로 만든 다음 각각 1 ml를 첨가하였다. 50°C에서 24시간 동안 자동산화시킨 후, 이들 반응용액을 분액여두에 옮긴 다음 소량의 물과 클로로포름 25 ml를 사용해 3회 추출한 다음 하층을 모았다. 여기에 아세트산 25 ml를 사용하여 3회 추출한 다음 하층을 모으고 다시 아세트산 25 ml와 포화 KI용액 1 ml를 가해 1분간 진탕한 후 암소에서 10분간 방치하여 증류수 50 ml를 가하고 1%전분 용액을 지시약으로 하여 0.01N-티오황산나트륨용액으로 적정하여 POV를 다음과 같이 구하였다.

$$POV \text{ (meq/kg)} = \frac{S \times N \times 10}{L}$$

S; 0.01N-Na₂S₂O₃적정치(ml)

N; Na₂S₂O₃의 규정농도

L; 유지의 중량(g)

3) 항돌연변이 실험

(1) **Mutagens/Chemicals:** Aflatoxin B₁ (AFB₁)은 미국 Sigma 회사에서, N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG)는 미국 Aldrich 회사로부터 구입하여 AFB₁은 dimethylsulfoxide (DMSO)에, MNNG는 증류수에 녹여 실험에 사용하였다. O-nitrophenyl-D-galactopyranoside (ONPG)와 p-nitrophenyl phosphate

disodium (PNPP), phosphate buffered saline (PBS)는 Sigma Chemical Co. (USA)에서 구입하였다.

(2) Ames mutagenicity test: *Salmonella typhimurium* LT-2의 histidine 영양요구성인 *Salmonella typhimurium* TA100은 미국 캘리포니아 대학의 B.N. Ames 박사로부터 제공받아 실험에 사용하였다. 그리고 이들 실험균주들은 새로운 frozen permanent가 준비되었을 때나 매 실험직전 histidine 요구성, deep rough (*rfa*) 돌연변이, *uvrB* 돌연변이, R factor등의 유전형질을 확인하여 사용하였다.

간접돌연변이원(AFB₁)을 활성화시키기 위하여 Maron과 Ames²⁰⁾의 방법에 따라 간의 microsomal 효소화합물인 S9 mixture를 조제하였다. 약 200 g의 웅성 Sprague-Dawley rat를 이용하여 해부 5일전 Aroclor 1254로 1회 복강 주사하여 유도시켜 얻은 간의 micromal enzyme fraction으로 S9 mixture를 조제하였다.

돌연변이 및 보돌연변이 효과실험에서 사용된 시료와 돌연변이 유발물질의 농도는 예비실험(dose response 및 독성실험)을 통하여 결정하였다. 본 실험에서 주로 이용하였던 preincubation test²⁰⁾는 S9 mix 0.5 ml (간접돌연변이인 경우) 혹은 인산 완충액 0.5 ml (직접돌연변이인 경우), 하룻밤 배양된 균주($1 \sim 2 \times 10^9$ cells/ml) 0.1 ml, 시료(50 μ l)와 돌연변이 유발물질(50 μ l)을 ice bath에 담긴 cap tube에 넣고 가볍게 vortex한 후 37°C에서 30분간 예비배양하였다. 45°C의 top agar 2 ml씩을 각 tube에 붓고 3초간 vortex하여 minimal glucose agar plate에 도말하고 37°C에서 48시간 배양한 후 복귀돌연변이 숫자를 계수하였다.

(3) SOS chromotest: *E. coli* GC4436으로 부터 유래되어 lac Z gene에 *sfiA* gene이 삽입된 *E. coli* PQ37/plasmid 101 (PQ37)을 사용하였으며 사용균주는 6개월마다 *uvrA* mutation, *rfa* mutation과 PHO^c gene의 constitutivity 및 *sfiA::lacZ* fusion의 inducibility를 검사하여 실험에 이용하였다. 보돌연변이 효과실험은 Quillard등²¹⁾의 방법을 변형시킨 백과함의 방법²²⁾을 이용하였다. 냉동 보관된 PQ37균액 50 μ l를 5 ml L배양액에 접종하고 37°C에서 하룻밤 진탕 배양한 후 이를 다시 5 ml L배양액에 접종하고 37°C에서 2시간 정도(A₆₆₀ 0.3~0.4) 진탕배양하였다. 얻어진 균액을 L배양액에 1/10로 희석하여 각 시료와 돌연변이

이원을 각 10 μ l씩 미리 분주하여 둔 96 well plate의 각 well에 100 μ l씩 분주하고 90분간 37°C에서 진탕하여 SOS 반응을 유도한 후 한쪽에는 β -galactosidase (β -G)의 활성 측정을 위하여 O-nitrophenyl- β -D-galactopyranoside (ONPG) 100 μ l, 다른 쪽에는 alkaline phosphatase (A-P)의 활성 측정을 위해 p-nitrophenyl phosphate disodium (PNPP) 100 μ l를 첨가하였다. 발색 시간은 5분으로 하였으며 β -G는 1.5M Na₂CO₃ 100 μ l로 A-P는 1M HCl 50 μ l로서 효소에 의한 발색 반응을 정지시키고 5분 후 A-P쪽에 50 μ l의 2M tris buffer를 첨가하여 HCl을 중화하고 분광광도계로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 O.D. 420 nm 측정치는 Miller의 공식에 의해 enzyme unit (Eu) 값을 구하였다.

$$Eu = (1000 \times A_{420}) \div t \text{ (min)}$$

결과 및 고찰

1) 소금종류별 과산화촉진효과

노의 MDA 함량은 *in vivo*의 다른 기관이나 위점막에서 지질과산화상태의 직접적인 측도로 인식되는데 NaCl이 표적조직에서 지질과산화를 증가시켜 위점막과 뇨에서 NaCl의 농도가 증가함에 따라 malondialdehyde가 증가되었다고 보고하였다.¹²⁾ NaCl 2~4% 첨가 식이를 5주 동안 행한 결과 분문부에서 지질과산화의 증가와 평행하여 점막세포의 증식이 증가되었다.^{12,23)} 이런 연구결과로 식이 중 소금은 위점막에서 지질과산화에 영향을 끼쳐 세포증식에 관여한다는 것을 알 수 있다. 그러므로 소금의 보발암효과에 대한 기전을 추정하기 위한 하나의 방법으로 소금의 과산화촉진효과를 비교 실험하였다. Fig. 1에서와 같이 0.2~2%의 NaCl을 처리하여 linoleic acid의 autooxidation에 관여하는 소금의 영향을 본 결과 0.4%에서 과산화를 촉진하여 0.6%에서 최대를 보이나 그보다 높은 농도에서는 다시 낮아졌다. 그러므로 소금의 상대적인 차이를 보기 위해 POV가 급격히 증가하는 0.4%농도에서 기계염 2종(NaCl시약용, 한주소금)과 천일염 2종(서해안 염전, 생소금) 그리고 가열처리 공정을 거친 가공염 3종(구운소금, 생금, 죽염)을 각각 실험에 이용하여 과산화효과를 측정하였다.

Table 1에서 보는 바와 같이 소금을 넣지 않은 처리군에서 632 \pm 64 meq/kg이었으나 죽염이 727 \pm 112

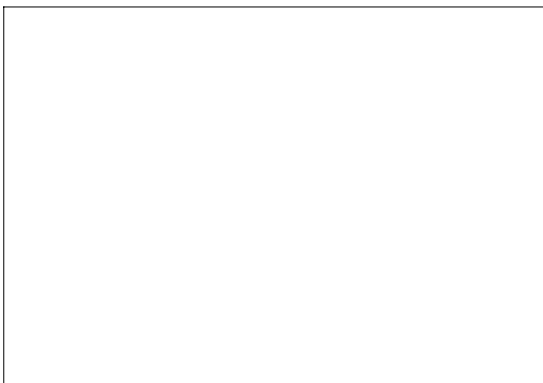


Fig. 1. Dose response effects of NaCl on the autooxidation (peroxide value) of linoleic acid incubated for 24hr at 50°C.

meq/kg으로 과산화 효과가 가장 낮았고 대조군과 차이가 없는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 그 다음이 천일염(764 ± 90 meq/kg)과 간수를 제거한 생소금(767 ± 7 meq/kg) 그리고 가공염인 구운소금(817 ± 75 meq/kg)과 생금(823 ± 76 meq/kg) 등이 비슷한 효과를 나타냈는데 대조군보다는 과산화 촉진능이 증가되었으나($p < 0.05$) 기계염(NaCl; 840 ± 15 meq/kg, 한주소금; 948 ± 38 meq/kg) 보다는 과산화 효과가 낮았다. 이 실험에서 기계염이 과산화 촉진능이 가장 컸는데 그 중 한주소금이 특히 촉진능이 크게 나타났다($p < 0.05$).

식품 속에서 NaCl의 산화촉진에 관한 연구는 많이 보고되어지는데 소금을 염장하지 않은 고기에 첨가할 경우 지질산화를 촉진하여 향미와 색의 손실을 유발시킨다.⁷⁾ 그러나 Rhee등²⁴⁾의 보고에 의하면 NaCl을 KCl로 대체할 경우 염(salts)에 의한 지질산화가 촉진되는 것을 감소시켰다. 또한 NaCl과 $MgCl_2$ 는 생고기와 조리된 시료를 모두 산패시켰으나 KCl은 생고기에서만 산패를 증가시켰다. 그러므로 KCl로 NaCl을 대체하는 것은 시료의 산패를 감소시키는 데 가장 효과적이라고 하였다. Watts와 Peng²⁵⁾은 NaCl, $MgCl_2$, Na_2NO_3 , $NaCH_3COO$, K_2NO_3 가 동결 중에 가열하지 않은 돼지고기에 산패를 촉진시키는 효과가 있으나 KCl은 그러한 효과가 없었으며 Zipser등²⁶⁾도 KCl은 산패진행을 다소 저해한다고 보고하였다. 이러한 여러 연구결과에서 소금중의 NaCl이 가장 강한 과산화 촉진작용을 하며 KCl은 그러한 효과가 적은 것으로 나타나 있어 소금중의 무기질함량에 따른 과산화 촉진효과에 대한 차이를 고려할 수 있

Table 1. Effects of various salts (0.4% solution) on the autooxidation (peroxide value) of linoleic acid incubated for 24hr at 50°C

Sample	POV (meq/kg)
Control	632 ± 64^a
NaCl	840 ± 15^{bc}
Purified salt	948 ± 38^c
Chunil salt	764 ± 90^b
Seang salt	767 ± 7^b
Gueun salt	817 ± 75^b
Seang keum	823 ± 76^b
Bamboo salt	727 ± 112^{ab}

^{a-c} Means with the different letters beside data are significantly different at the 0.05 level of significance as determined by Duncan's multiple range test.

다. 하¹⁷⁾ 및 하와 박¹⁸⁾의 실험결과에 의하면 기계염은 다른 소금에 비해 Na의 함량이 높았으며 K이나 Mg, Ca 등의 무기질은 거의 함유하고 있지 않았다. 그에 비해 다른 소금의 K함량을 비교해 보면 천일염(3,701 ppm)과 가공염(2,729 ~ 4,255 ppm), 그리고 죽염은(11,136 ppm)으로 가장 많은 양을 함유하고 있었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 소금의 종류에 따른 POV의 차이는 함유된 무기질의 조성과 양에 연관성을 찾을 수 있다.

2) 소금 종류별 보툴연변이 효과

(1) Ames 실험계에서 보툴연변이 유발효과: 소금을 종류별, 즉, 기계염 2종(NaCl시약용, 기계염(한주소금)) 천일염 2종(서해안 염전(천일염), 생소금), 가공염 3종(구운소금, 생금, 죽염)을 각각 3 ~ 25%로 처리하여 Ames실험계에서 보툴연변이 유발 실험을 한 결과 모든 처리군에서 MNNG에 대해 보툴연변이성이 관찰되었으나 가공염인 구운소금, 생금, 죽염에서는 다소 낮은 보툴연변이 효과를 보였다(Fig. 2). MNNG만을 처리한 대조군이 695 ± 27 개의 복귀 돌연변이수를 나타내었으나 3%농도에서 시약용 NaCl이 $1,445 \pm 136$ 개, 기계염이 $1,837 \pm 694$ 개, 천일염이 $1,404 \pm 198$ 개, 생소금이 $1,224 \pm 130$ 개이었으나 가공염인 구운소금은 938 ± 26 개, 생금은 948 ± 17 개, 죽염은 985 ± 122 개로 보툴연변이 효과가 다소 낮은 결과를 보였다. 또한 25%의 고염농도에서도 NaCl과 다른 소금은 $1,671 \sim 2,084$ 로 큰 보툴연변이성을 보였으나 죽염은

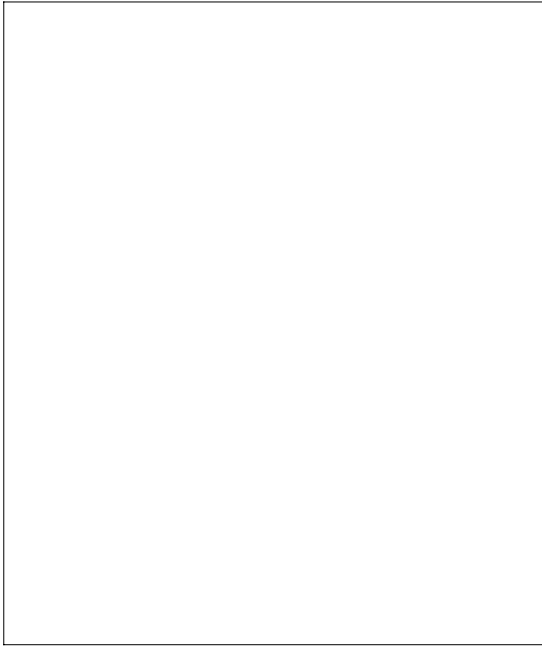


Fig. 2. Comutagenic effect of various kinds of salt on the mutagenicities induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG; 0.17 $\mu\text{g}/\text{plate}$) in *Salmonella typhimurium* TA100. (NaCl; reagent grade, PS; Purified salt, CS; Chunil salt, SS; Saeng salt, GS; Gueun salt, SK; Saeng keum, BS; Bamboo salt)

1254 \pm 17개의 낮은 복귀돌연변이수를 나타내었다. 하¹⁷⁾의 분석 결과에 따르면 특히 죽염은 K이 11,136 ppm으로 다른 천일염과 가공염보다 함량이 월등히 많았는데 Jacobs³¹⁾은 DMH (1,2-dimethylhydrazine)에 의해 흰쥐 소장외 종양을 유도시켰을 때 KCl (0.5%) 보충급수로 인해서 종양생성을 40%에서 KCl을 함께 처리시 5%로 유의적($p < 0.05$)으로 감소시켰으며 K 보충급수의 농도는 혈액검사에서 전혀 독성을 나타내지 않았다는 보고가 있다. 이와같이 K는 항암 효과를 나타내며 죽염을 포함한 가공염과 천일염은 많은 K를 함유하고있을 뿐만 아니라 순수한 NaCl이외에 죽통, 진흙에서 유래되는 다른 미네랄성분들이 7% 이상 함유되어 있어 보돌연변이 효과를 나타내는 NaCl이 상대적으로 적어짐으로 인한 것으로도 추측된다. 그리고 고온처리로 인한 제품의 물리화학적 변형 등도 이런 생리적 차이를 보이는 이유라고 생각된다.

(2) SOS chromotest에서 보돌연변이 효과: SOS chromotest에서 보돌연변이 효과를 살펴 보기위해 *E.*

*col*의 변이주인 PQ37를 이용하였는데 PQ37은 정상적인 *lacZ* gene이 제거되고 *sfiA* gene에 삽입하여 repressor protein에 의해 lock되어 있다. Genotoxic한 물질이 들어오면 splitting되어 *lacZ* gene이 발현되어 β -galactosidase의 활성을 띄게 되는데 발색제로는 ONPG와 PNPP를 이용한다. NaCl에 대한 dose response를 행한 후, MNNG를 well당 20 μg 처리하고 NaCl의 농도를 0.1 ~ 600 μg 까지 처리한 결과 β -galactosidase의 활성은 0.1 ~ 100 μg 처리시까지 증가하여 well당 10 ~ 100 μg 처리시에 보돌연변이 효과를 나타냄을 확인하였으며 alkaline phosphatase의 활성은 대조군과 비슷하게 나타나 시험 첨가농도에서 독성은 없었다. 이 실험계를 이용하여 소금종류별 각 well당 20 ~ 100 μg 을 처리한 결과는 Table 2, 3과 같다. Table 2에서 20 μg 처리시에 한주소금이 유일하게 MNNG에 대해 보돌연변이 효과를 보였다. 100 μg 처리시 한주소금, 천일염, 생소금은 약한 보돌연변이 효과가 있었으나 구운소금, 생금은 없었고 죽염은 반면에 항돌연변이 효과를 보였다. Ames 실험계에서 가장 낮은 보돌연변이 효과를 보인 죽염은 SOS chromotest 실험계에서는 오히려 20과 100 μg 처리시 항돌연변이 효과를 보였다. Table 3에서 AFB₁에 대한 보돌연변이 효과를 검토한 결과 well당 100 μg 처리시 시약용 NaCl, 한주소금, 천일염, 생소금, 구운소금에서 약한 보돌연변이 효과를 보였으나 20 μg 에서는 보돌연변이 효과가 보이지 않았고 약한 항돌연변이 효과를 보였다. 생금과 죽염은 20, 100 μg 에서 각각 항돌연변이 효과를 보였다. 위의 결과로부터 기계염 보다는 천일염, 생소금이, 또 천일염 보다는 가공한 구운소금, 생금 및 죽염이 보돌연변이 효과가 낮았고, 죽염은 SOS 실험계에서는 항돌연변이 효과를 나타내었다. 결국 돌연변이 실험계에 따라 그 효과가 다소 다르게 나타났으나 죽염이 가장 안전한 것 같으며, 소금의 처리농도에 따라 보돌연변이 활성이 영향을 받았다.

Table 2. Comutagenic effects of various salts with different concentrations on the induction of SOS function by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG, 20 ng/assay) in *E. coli* PQ37

Sample concentration	β-Glucosidase (β)		Alkaline phosphatase (ρ)		(β)/(ρ)	SOS induction factor
	OD ₄₂₀	Unit	OD ₄₂₀	Unit		
Spon.	0.60±0.04	29.9	0.29±0.04	14.5	2.1	1.0
Control	1.30±0.07	66.5	0.28±0.05	13.9	4.8	2.3
20 µg/plate						
NaCl	1.56±0.04	78.0	0.34±0.01	17.0	4.6	2.2
Purified salt	1.48±0.07	74.2	0.29±0.04	14.6	5.1	2.4
Chunil salt	1.41±0.16	70.7	0.32±0.08	16.2	3.5	1.7
Seang salt	1.42±0.14	71.0	0.43±0.09	21.6	3.3	1.6
Gueun salt	1.49±0.13	72.1	0.38±0.00	18.9	3.8	1.5
Seang keum	1.36±0.10	68.2	0.39±0.13	23.0	3.0	1.4
Bamboo salt	1.32±0.16	66.2	0.43±0.09	22.6	2.9	1.4
100 µg/plate						
NaCl	1.65±0.06	82.5	0.30±0.05	16.8	4.9	2.3
Purified salt	1.80±0.09	90.1	0.36±0.07	17.8	5.1	2.4
Chunil salt	1.60±0.07	80.2	0.32±0.03	16.0	5.0	2.4
Seang salt	1.62±0.05	81.0	0.30±0.06	15.2	5.3	2.5
Gueun salt	1.59±0.01	79.3	0.33±0.06	16.6	4.8	2.3
Seang keum	1.56±0.20	77.9	0.36±0.00	16.8	4.6	2.2
Bamboo salt	1.51±0.20	75.4	0.30±0.06	22.3	3.4	1.6

Table 3. Comutagenic effects of various salts with different concentrations on the induction of SOS function by aflatoxin (AFB₁, 10 ng/assay) in *E. coli* PQ37

Sample concentration	β-Glucosidase (β)		Alkaline phosphatase (ρ)		(β)/(ρ)	SOS induction factor
	OD ₄₂₀	Unit	OD ₄₂₀	Unit		
Spon.	0.71±0.05	35.5	0.84±0.03	42.2	0.8	1.0
Control	1.88±0.03	94.0	0.85±0.01	42.6	2.2	2.8
20 µg/plate						
NaCl	1.63±0.05	81.6	0.86±0.07	43.1	1.9	2.4
Purified salt	2.07±0.10	103.4	0.97±0.13	48.5	2.1	2.6
Chunil salt	1.96±0.29	97.8	0.96±0.00	47.9	2.0	2.5
Seang salt	1.86±0.07	93.2	0.85±0.09	42.5	2.1	2.5
Gueun salt	1.69±0.03	84.4	0.83±0.02	41.3	2.0	2.6
Seang keum	1.66±0.12	83.1	0.86±0.17	42.8	1.9	2.5
Bamboo salt	1.78±0.01	89.0	0.88±0.05	43.9	2.0	2.5
100 µg/plate						
NaCl	2.14±0.26	106.8	0.90±0.10	45.0	2.4	3.0
Purified salt	2.13±0.08	106.5	0.85±0.05	42.7	2.5	3.1
Chunil salt	2.02±0.12	101.2	0.81±0.00	40.7	2.5	3.1
Seang salt	2.18±0.10	109.0	0.86±0.03	42.8	2.5	3.1
Gueun salt	1.89±0.00	94.7	0.87±0.03	43.3	2.1	3.1
Seang keum	1.71±0.09	85.4	0.85±0.02	42.7	2.0	2.6
Bamboo salt	1.83±0.11	91.5	0.91±0.16	45.4	2.0	2.5

결 론

과산화물 생성능에 있어 일반적으로 소금은 과산화물 생성 촉진능이 있는 것으로 보이나 죽염은 촉진능이 없었고, 구운소금, 천일염은 다소의 과산화물 촉진능이 있었지만 기계염이 가장 촉진능이 컸었다. 소금 종류에 따른 발암물질에 대한 보돌연변이 효과는 실험계에 따라 다소 달랐다. Ames 실험계에서는 낮은농도(3%)에서 보돌연변이 효과가 가장 낮았고 고농도(15, 25%)에서는 높았다. 가공염이 보돌연변이 효과가 일반적으로 낮았고 죽염이 가장 낮았다. SOS실험계에서는 보돌연변이 효과가 전반적으로 낮았는데 경향은 비슷하였고 죽염은 오히려 항돌연변이 효과를 나타내었다. 결국 과산화물질생성 및 보돌연변이 효과는 소금의 종류에 따라 효과가 다를 수 있으며 실험계 및 처리 소금 농도에 따라서도 차이가 있을 수 있다. 이 실험 결과로부터 소금은 가공처리에 따라 생리적으로 다르게 작용할 수 있으며 죽염이 가장 좋았고 가공염, 천일염, 기계염 순으로 과산화 및 보돌연변이성에 차이가 있을 것으로 추측된다. 그러나 *in vivo* 실험 등의 연구와 그 작용기작에 대한 연구가 계속되어야 되리라 생각된다.

감사의 글

이 연구는 농림부에서 시행한 농림수산 특정 연구사업의 연구결과 및 (주)산내들의 지원에 의한 것으로 연구지원에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 박건영. 김치의 영양학적 평가와 항돌연변이 및 항암효과. 한국영양식량학회지 1995; 24: 169.
- 2) Joossens JV, Kesteloot H. Salt and stomach cancer. In: eds, by Reed PI and Hill MJ *Gastric carcinogenesis*, pp. 105, Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 1988.
- 3) Takahashi M, Kokubo T, Furukawa F, Kurokawa Y, Tatematsu M, Hayashi Y. Effects of high salt diet on rat gastric carcinogenesis induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine. *Gann* 1983; 74: 28.
- 4) Tatematsu M, Takahashi M, Fukushima S, Hananouchi M, 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* 1975; 55: 101.
- 5) Shirai T, Imaida K, Fukushima S, Hasegawa R, Tatematsu M, Ito N. Effects of NaCl, Tween 60 and a low dose of N-ethyl-N'-nitrosoguanidine on gastric carcinogenesis of rat given a single dose of N-methyl-N'-nitrosoguanidine. *Carcinogenesis* 1982; 3: 1419.
- 6) Takahashi M, Furihata S, Sato H. Carcinogenic effect of N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine with various kinds of surfactant in the glandular stomach of rats. *Gann* 1973; 64: 211.
- 7) Tatematsu M, Takahashi M, Hananouchi M, Shirai T, Hirose M, Fukushima S, Ito N. Protective effect of mucin on experimental gastric cancer induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine plus sodium chloride in rat. *Gann* 1976; 67: 223.
- 8) Sorbye H, Svanes C, Stangeland L, Kvinnsland S, Stavance K. Epithelial restitution and cellular proliferation after gastric mucosal damage caused by hypertonic NaCl in rats. *Virchows Archiv A Pathol Anat* 1988; 413: 445.
- 9) Charnley G, Tannenbaum SR. Flow cytometric analysis of the effect of sodium chloride on gastric cancer risk in the rat. *Cancer Res* 1985; 45: 5608.
- 10) Furihata C, Sato Y, Hosaca M, Matsushima T, Flucawa F, Takahashi M. NaCl induced ornithine decarboxylase and DNA synthesis in rat stomach mucosa. *Biochem Biophys Res Commun* 1984; 121: 1027.
- 11) Slaga TJ, Triplett LL, Yotti LP, Trosoko JE. Skin tumor promoting activity of benzoyl peroxide, a widely used free radical generating compound. *Science* 1981; 213: 1023.
- 12) Takahashi M, Hasegawa T, Furukawa F, Okamiya H, Shinoda K, Imaida K, Toyoda K, Hayashi Y. Enhanced lipid peroxidation in rat gastric mucosa caused by NaCl. *Carcinogenesis* 1991; 12: 2201.
- 13) 소금에 관한 보고서. 주(비락) 비락연구소 1995.
- 14) 열처리된 Sodium Chloride (Rock Salt) 구조분석 및 위생학적 연구의 결과 보고서 "열처리 조건에 따른 Sodium chloride 결정의 물리화학적 및 열적변화에 따른 성분규명과 인체에 미치는 위생학적 영향에 따른 연구. 한서대학교 식품생물공학과 1995.
- 15) 박건영, 김소희, 서명자. *Salmonella* assay system에서 고염도 김치의 보돌연변이유발성. 부산대학교 가정대학 연구보고 1990; 16: 45.
- 16) Kim SH, Park KY, Suh MJ. Comutagenic effect of sodium chloride in the *Salmonella*/mammalian micrososome assay. *Foods Biotechnol* 1995; 4: 264.
- 17) 하정옥. 기능성 및 저염김치 개발과 소금의 생리적 특성 연구. 부산대학교 박사학위 논문, 1997.

- 18) 하정옥, 박건영. 소금의 종류별 미네랄 함량과 외형구조 비교 연구. 한국식품영양과학회지 1998; 27: 413.
- 19) Farag RS, Badei AZMA, Hewedi FM, El-Baroty GSA. Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. *J Am Oil Chem Soc* 1989; 66: 792.
- 20) Maron DM, Ames BN. Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutat Res* 1983; 113: 173.
- 21) Quillardet P, Hofnung M. The SOS chromotest, a colorimetric bacterial assay for genotoxins. *Mutat Res* 1985; 147: 65.
- 22) 백창원, 함승시. SOS chromotest에 의한 사과 효소갈변 반응 생성물의 항돌연변이 효과. 한국식품과학회지 1990; 22: 618.
- 23) Wang JY, Viar MJ, Johnson LR. Transglutaminase in response to hypertonic NaCl-induced gastric mucosal injury in rats. *Gastroenterology* 1993; 104: 65.
- 24) Rhee KS, Smith GC, Terrell RN. Effect of reduction and replacement of sodium chloride on rancidity development in raw and cooked ground pork. *J Food Prot* 1983; 46: 578.
- 25) Watts BM, Peng DW. Rancidity development in raw versus precooked frozen pork sausage. *J Home Econ* 1947; 39: 88.
- 26) Zipser MW, Kwon TW, Watts BM. Oxidative changes in cured and uncured frozen cooked pork. *Agric Food Chem* 1964; 12: 105.