

쌀의 돌연변이 억제활성에 미치는 가공처리의 영향

김인호 · 전향숙 · 하태열 · 문태화*

한국식품개발연구원 쌀이용연구센터, *서울대학교 식품공학과

Effect of Processing on the Antimutagenicity of Rice

In-Ho kim, Hyang-Sook Chun, Tae-Youl Ha and Tae-Wha Moon*

Rice Utilization Research Center, Korea Food Research Institute

*Department of Food Science and Technology, Seoul National University

Abstract

To investigate the effect of processing on the antimutagenicity of rice, antimutagenic effect of rice products including cooked rice, plain steamed rice bread(*baikseolgi*) and parched rice powder were observed. They showed inhibitory effects of 46%~100% on the frameshift mutation, whereas they showed little inhibitory effect on the base substitution mutation in the *Salmonella typhimurium* reversion assay. No inhibitory effect was found in the SOS chromotest. Inhibitory effect was more clearly observed on the indirect-acting mutagen than on the direct-acting mutagen. In case of the *S. typhimurium* reversion assay, the range of inhibition rate against the frameshift and base substitution mutation was 75%~100% and 66%~87%, respectively, and was 19%~67% in the SOS chromotest. Antimutagenic activity of raw rice was supposed to be maintained in processed rice products.

Key words: antimutagenic effect, cooked rice, plain steamed rice bread(*baikseolgi*), parched rice powder, maintenance of antimutagenic activity

서 론

우리나라의 식생활 습관은 사회와 생활방식의 변화로 간편화, 서구화 추세에 있으나 이로인한 순환기계 질환 및 악성 신생물(neoplasm) 등 식원병의 발생도 급격히 증가하고 있다⁽¹⁻²⁾. 특히 악성 신생물인 암에 의한 사망 빈도가 가장 높아서⁽³⁾ 항암과 관련된 돌연변이 억제, 항산화 및 노화억제 등의 생물활성 인자를 검색하는 연구가 활발히 전개되고 있다. 이러한 생리기능 성분의 탐색은 치료를 목적으로 단기 투여하는 의약품보다는 부작용이 비교적 적으면서 예방의 의미를 갖는 식품에서 찾으려는 추세이다. 항암의 경우도 잠재적 종양세포의 전이나 전파의 촉진을 억제하는 의약품 보다는 지속적인 섭취로 인하여 발암 initiation 단계의 한 요소인 돌연변이⁽⁴⁾부터 억제할 가능성이 있는 식품에서 생물활성 성분을 탐색하는 연구가 진행되고 있다. 과채류와 차의 polyphenol 류⁽⁵⁾ 및 식이섬유⁽⁶⁾는 대표적인 항암, 항변이원성 물질로 보고되어 있으며 그밖에 다양한 식품군과 첨가물의 효소⁽⁷⁾, 지방산⁽⁸⁾, 비타민⁽⁹⁾, 항산화제⁽¹⁰⁾ 등에서도 억제활성이 차례로 밝혀지고 있다. 그러나 주식으로서 지속적으로

섭취하는 쌀의 항변이 원성에 대한 보고는 적으며 실제로 이용하는 백미의 억제활성은 조사된 경우가 없었다. 최근 저자 등⁽¹¹⁾은 현미 및 백미 methanol 추출물의 강한 돌연변이 억제활성을 보고⁽¹¹⁾하였고 백미 가공처리에 의하여도 이와같은 억제활성이 유지되는지 조사해보고자 백미를 cooking, steaming, parching 등의 가공처리 형태로서 밥, 백식기, 미숫가루를 제조하여 항변이원성을 측정하였다. 항변이 원성은 화학적 변이원보다는 섭취 가능성이 높은 단백질 열 분해물 등의 변이원을 중심으로 *In vitro* 변이원성 공인시험법인 *Salmonella typhimurium* reversion assay⁽¹²⁾를 이용하여 시험하였으며 SOS chromotest⁽¹³⁾로 확인하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

쌀은 농촌진흥청 작물시험장에서 재배된 1993년도산 장려품종으로서 일반계의 일품벼를 주로 사용하였다. 돌연변이원(mutagen)으로 4-nitroquinoline oxide(4-NQO) 및 aflatoxin B₁(AFB₁)은 Sigma Chemical Co.(U.S.A.)에서 구입하였으며, Trp-p-1과 Trp-p-2는 Wako Chemical Inc.(Japan)로부터 구입하였고 모든 시약은 특급품 이상을 사용하였다. Sprague Dawley종 실험용 쥐의 간으로부터 제조한 S-9(Aroclor 1254-induced)은 Organon

Corresponding author: In-Ho Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-Dong, Bundang-Gu, Songnam-Si, Kyonggi-Do 463-420, Korea

Table 1. Proximate composition of milled rice (Ilpum-byeo, Japonica)

				unit: %
moisture	crude lipid	crude protein	carbo-hydrate	crude ash
11.8	0.52	7.80	79.48	0.40

Teknika Co.(U.S.A.)에서 냉동 상태로 구입하여 -70℃에 보관하며 사용하였다.

시험균주

S. typhimurium reversion assay에 사용한 시험균주는 *S. typhimurium* TA 98(frameshift type mutant)과 TA 100(base substitution type mutant)이며 SOS chromotest에 사용한 균주는 *Escherichia coli* PQ37로서 균주들은 유전형질⁽¹²⁻¹³⁾을 확인한 후 대량 배양하여 시험에 사용하였다.

시험방법

백미 시료의 준비: 벼 상태로 4℃ 냉장고에 보관한 벼의 왕겨를 제현기(Satake rice machine, Japan)로 분리하여 현미를 만들고, 현미는 도정기(Satake grain testing mill, Japan)를 이용하여 도정율 92%의 백미로 도정하였다. 도정한 백미 시료의 일반성분은 Table 1과 같다.

쌀의 rice-cooking(밥짓기), steaming(백설기) 및 parching(미숫가루) 처리

밥 시료의 경우 도정율 92%로 도정한 백미 500g을 수세하고 1.5배의 물을 가하여 1시간 동안 침지한 후 전기밥솥(MHC 510-A, 마마전기)을 이용하여 취반하였다. 실온에서 식힌 후 일정량을 취하여 methanol을 각각 시료 중량의 5배가 되도록 가한 다음 homogenizer(Ultraturax T25, Janke & Kunkel IKA-labortechnik, W.-Germany)로 10,000 rpm에서 5분간 분쇄하였다. 회전식 진탕기를 이용하여 25℃, 200 rpm으로 15시간 추출하고 추출액은 여과지(Toyo No.2)로 여과하여 감압건조시킨

다음 2%(W/V), 5%(W/V) 및 10%(W/V) 농도가 되도록 DMSO로 희석하여 시험에 사용하였다.

백설기는 김⁽¹⁴⁾의 방법에 따라 제조하였다. 60 mesh로 분쇄한 도정율 92%의 백미를 분쇄한 쌀가루 500g을 수분함량 40%로 조절하고 20 mesh체로 선별한 후 증자용 pan에 1.5 cm 두께로 넣고 40분간 증자하여 제조하였다. 실온에서 식힌 후 methanol을 가하여 밥시료와 동일한 방법으로 추출하였다.

미숫가루는 도정율 92%로 도정한 백미 500g을 수세하여 실온에서 3시간 동안 수침한 후 물기를 제거하고 증자기로 15분간 증자하여 고두밥을 제조하였다. 제조된 고두밥은 수분함량 15%로 건조하여 200℃에서 30분 볶음처리한 다음 60 mesh로 분쇄한 후 밥시료와 동일한 방법으로 추출하였다.

돌연변이 억제활성 시험

추출물의 돌연변이 억제효과는 전보⁽¹¹⁾에서 활용한 *S. typhimurium* reversion assay⁽¹²⁾와 SOS chromotest⁽¹³⁾로 활성을 확인, 비교하였다.

결과 및 고찰

실험결과

밥의 돌연변이 억제효과: 밥을 methanol 추출하여 투여농도별로 항변이 활성을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 직접변이원 4NQO로 유도한 frameshift type 돌연변이의 경우 2 mg/plate, 5 mg/plate, 10 mg/plate 투여농도에서 각각 78%, 67%, 100%의 억제효과를 나타내었으나, base substitution type 돌연변이의 경우 억제활성이 없었다.

간접변이원의 경우에는 직접변이원과는 달리 frame shift type 및 base substitution type 돌연변이 모두에 대하여 억제효과가 관찰되었다. Trp-p-1으로 유도한 frameshift type 돌연변이에 대하여 투여 농도의 증가에 따라 억제활성도 비례하여 증가하였으며, 2 mg/plate, 5 mg/plate, 10 mg/plate 투여농도에서 94%, 100%, 100%의 억제활성을 나타내었다. AFB₁으로 유도한 base subs-

Table 2. Inhibitory effects of the methanol extracts of cooked rice on the mutagenicity induced by direct mutagen, 4-nitroquinoline oxide(4NQO, 0.25 µg/plate) and potent mutagen, Trp-p-1(1 µg/plate), AFB₁(1 µg/plate) in *S. typhimurium* TA 98 and TA 100

conc. of extracts (mg/plate)	4NQO ¹⁾		Trp-p-1 ¹⁾		AFB ₁ ¹⁾	
	TA 98	TA 100	TA 98	TA 100	TA 98	TA 100
2	44± 43.84 ²⁾	1439± 125.87	258± 30.05		71± 3.51	
5	56± 21.21	1070± 16.97	50± 2.12		71± 22.85	
10	1± 0.00	1034± 207.89	38± 5.29		75± 8.02	

¹⁾4NQO, mutagen activated without S₉ mix and Trp-p-1, AFB₁ with S₉ mix. ²⁾Number of revertants are means standard deviation of triplicate. ³⁾Negative and positive control are 20 and 129 when induced by 4NQO in TA 98, 75 and 523 when induced by 4NQO in TA 100. ⁴⁾Negative and positive control are 37 and 3486 when induced by Trp-p-1 in TA 98, 56 and 175 when induced by AFB₁ in TA 100.

Table 3. Inhibitory effects of the methanol extracts of plain steamed rice bread(*baikseolgi*) on the mutagenicity induced by direct mutagen, 4-nitroquinoline oxide(4NQO, 0.25 µg/plate) and potent mutagen, Trp-p-1(1 µg/plate), AFB₁(1 µg/plate) in *S. typhimurium* TA 98 and TA 100

conc. of methanol extracts (mg/plate)	4NQO ¹⁾		Trp-p-1 ¹⁾	AFB ₁ ¹⁾
	TA 98	TA 100	TA 98	TA 100
2	79± 16.52 ²⁾	235± 37.48	911± 172.25	80± 21.52
5	34± 16.26	1542± 0.00 ³⁾	92± 18.52	68± 11.59
10	17± 12.34	1007± 289.91	54± 12.17	70± 10.21

¹⁾4NQO, mutagen activated without S₉ mix and Trp-p-1, AFB₁, with S₉ mix. ²⁾Number of revertants are means standard deviation of triplicate. ³⁾Value is the means of duplicate. ⁴⁾Negative and positive control are 20 and 129 when induced by 4NQO in TA 98, 75 and 523 when induced by 4NQO in TA 100. ⁵⁾Negative and positive control are 37 and 3486 when induced by Trp-p-1 in TA 98, 56 and 175 when induced by AFB₁ in TA 100.

Table 4. Inhibitory effects of the methanol extracts of parched rice powder on the mutagenicity induced by direct mutagen, 4-nitroquinoline oxide(4NQO, 0.25 µg/plate) and potent mutagen, Trp-p-1(1 µg/plate), AFB₁(1 µg/plate) in *S. typhimurium* TA 98 and TA 100

conc. of methanol extracts (mg/plate)	4NQO ¹⁾		Trp-p-1 ¹⁾	AFB ₁ ¹⁾
	TA 98	TA 100	TA 98	TA 100
2	33± 35.36 ²⁾	1286± 175.36	677± 47.89	96± 17.06
5	7± 2.65	1049± 63.64	130± 35.57	84± 7.00
10	14± 15.31	1135± 142.84	51± 7.09	74± 15.10

¹⁾4NQO, mutagen activated without S₉ mix and Trp-p-1, AFB₁, with S₉ mix. ²⁾Number of revertants are means standard deviation of triplicate. ³⁾Negative and positive control are 20 and 129 when induced by 4NQO in TA 98, 75 and 523 when induced by 4NQO in TA 100. ⁴⁾Negative and positive control are 37 and 3486 when induced by Trp-p-1 in TA 98, 56 and 175 when induced by AFB₁ in TA 100.

titution type 돌연변이에 대하여는 87%, 87%, 84%의 억제활성을 나타내었다.

백설기의 돌연변이 억제효과 : 백설기의 투여농도별 항변이 활성은 Table 3과 같다. 직접변이원의 경우 frameshift type 돌연변이에 대하여 억제활성이 투여농도에 비례하는 경향과 함께 2 mg/plate, 5 mg/plate, 10 mg/plate 투여농도에서 각각 46%, 87%, 100%의 억제효과를 나타내었다. Base substitution type 돌연변이에 대하여는 2 mg/plate 투여농도에서 64%의 억제활성이 나타나기도 하였으나 5 mg/plate, 10 mg/plate 투여농도에서 활성이 전혀 관찰되지 않는 등 용량-반응관계(dose response)가 성립되지 않으므로 이를 실험오차로 고려하면 모든 용매 추출물에서 억제활성이 없는 것으로 판단되었다.

백설기 추출물 역시 간접변이원의 경우 직접변이원과 달리 모든 처리구에서 억제효과가 관찰되었으며, frameshift type 돌연변이에 대하여 억제활성은 투여 농도에 비례하여 2 mg/plate, 5 mg/plate, 10 mg/plate 투여농도에서 각각 75%, 98%, 100%의 억제활성을 나타내었다. Base substitution type 돌연변이에 대하여는 80%, 90%, 88%의 억제활성을 나타내었다. 이상으로 부터 직접 및 간접변이원에 대한 백설기 추출물의 억제활성은 밥 추출물의 경향과 동일함을 알 수 있었다.

미숫가루 추출물의 돌연변이 억제효과 : 미숫가루의 투여농도별 항변이 활성은 Table 4와 같다. 직접변이원의

경우 frameshift type 돌연변이에 대하여 2 mg/plate, 5 mg/plate, 10 mg/plate 투여농도에서 억제활성이 비례하여 각각 88%, 100%, 100%의 억제효과를 나타내었으며 base substitution type 돌연변이에 대하여는 모든 용매 추출물에서 억제활성을 발견할 수 없었다.

미숫가루 추출물도 밥 및 백설기 추출물의 경우와 같이 간접변이원에 대하여 모든 처리구에서 억제효과가 관찰되었다. Frameshift type 돌연변이에 대하여 투여 농도의 증가에 따라 억제활성도 비례하여 2 mg/plate, 5 mg/plate, 10 mg/plate 투여농도에서 81%, 97%, 100%의 억제활성을 나타내었으며 base substitution type 돌연변이에 대하여는 66%, 77%, 85%의 억제활성을 나타내었다. 이상을 종합하면 미숫가루 추출물도 직접 및 간접변이원에 대하여 밥 추출물 및 백설기 추출물의 경향과 일치하였다.

SOS chromotest에 의한 돌연변이 억제효과의 확인 : *S. typhimurium* reversion assay에서 조사된 밥, 백설기, 미숫가루의 항변이 활성을 확인할 목적으로, *E. coli* 변이주를 이용한 SOS chromotest로 직접 및 간접변이원에 대하여 항변이 활성을 조사하여 *S. typhimurium* reversion assay와 비교한 결과는 Table 5 및 6과 같다. 직접변이원의 경우 밥 추출물에 대하여 0.20 mg/assay 투여농도에서 3%의 미약한 억제활성과 함께 거의 효과를 발견할 수 없었으며 백설기 및 미숫가루 추출물에 대

Table 5. Inhibitory effects of methanol extracts of processed rice products on the direct mutagenicity induced by 4-nitroquinoline oxide(4NQO, 1 µg/assay) in SOS chromotest

processed rice products	conc. (mg/assay)	β-galactosidase		alkaline phosphatase		R ¹⁾	induction factor ²⁾
		Absorbance ₄₂₀	unit	Absorbance ₄₂₀	unit		
cooked rice	0.04	0.999	33.30	1.335	44.50	0.748	9.122
	0.10	0.962	32.07	1.084	36.13	0.888	10.829
	0.20	0.719	23.97	1.012	33.73	0.711	8.671
plain steamed rice bread	0.04	0.963	32.10	1.326	44.20	0.726	8.854
	0.10	0.919	30.63	1.123	37.43	0.818	9.976
	0.20	0.838	27.93	1.016	33.87	0.825	10.061
parched rice powder	0.04	1.078	35.93	1.359	45.30	0.793	9.671
	0.10	0.875	29.17	1.077	35.90	0.813	9.915
	0.20	0.719	23.97	0.968	32.27	0.743	9.061

¹⁾R = 1000 × absorbance at 420 nm/reaction time (30 min). ²⁾Induction factors of negative and positive control are 1.000 and 8.927 when induced by 4NQO.

Table 6. Inhibitory effects of methanol extracts of processed rice products on the indirect mutagenicity induced by Trp-p-2(4 µg/assay) in SOS chromotest

processed rice products	conc. (mg/assay)	β-galactosidase		alkaline phosphatase		R ¹⁾	induction factor ²⁾
		Absorbance ₄₂₀	unit	Absorbance ₄₂₀	unit		
cooked rice	0.04	0.325	10.83	0.571	19.03	0.569	1.040
	0.10	0.293	9.77	0.661	22.03	0.443	0.810
	0.20	0.146	4.87	0.373	12.43	0.392	0.717
plain steamed rice bread	0.04	0.519	17.30	0.736	24.53	0.705	1.289
	0.10	0.250	8.33	0.758	25.27	0.330	0.603
	0.20	0.172	5.73	0.603	20.10	0.285	0.521
parched rice powder	0.04	0.599	19.97	0.551	18.37	1.087	1.987
	0.10	0.193	6.43	0.369	12.30	0.523	0.956
	0.20	0.083	2.77	0.226	7.53	0.368	0.673

¹⁾R = 1000 × absorbance at 420 nm/reaction time (30 min). ²⁾Induction factors of negative and positive control are 1.000 and 8.927 when induced by 4NQO.

하여도 효과를 발견할 수가 없어 *S. typhimurium* reversion assay의 base substitution type에 대한 항변이 활성과 같은 경향을 나타내었다. 간접변이원의 경우는 Trp-p-2로 유도한 돌연변이에 대하여 밥, 백설기, 미숫가루 추출물 등 모든 처리구에서 공통적으로 억제활성을 나타내었으며 활성의 증가는 투여 농도에 명확히 비례하였다. 각 추출물에 대하여 0.04 mg/assay, 0.10 mg/assay, 0.20 mg/assay 투여농도에서 밥의 경우 35%, 49%, 55%의 억제활성을 나타내었으며 백설기는 19%, 62%, 67%의 억제활성을 보였고 미숫가루는 0%, 40%, 58%의 억제활성을 나타내어 직접변이원의 경우와 같이 *S. typhimurium* reversion assay의 경향과 일치하였다.

고찰

쌀을 밥, 백설기, 미숫가루 등 섭취형태로 가공처리하여 조사한 돌연변이 억제활성을 변이원의 종류에 따른 차이 및 가공중 활성 유지의 측면에서 종합적으로 살펴보았다. 직접변이원의 경우 돌연변이 유도방식에 따라

대조적인 억제활성을 나타내었으나 간접변이원의 경우는 사용균주와 돌연변이 유도방식의 변화시에도 균일하게 억제활성이 높았다. 균일한 항변이 활성을 나타낸 간접변이원을 대상으로, 최고 활성을 나타낸 methanol 추출물 10%의 투여 농도에서 가공중 항변이 활성의 소실 여부를 조사할 목적으로 백미와 밥, 백설기, 미숫가루 등 가공물의 항변이 활성을 Fig. 1 및 Fig. 2에서 비교하였다.

S. typhimurium reversion assay의 경우 Trp-p-1에 대하여 백미의 항변이 활성 96%와 비교하여 밥, 백설기 및 미숫가루 추출물에서 모두 100%의 억제활성을 나타내었으며 AFB₁에 대하여는 백미의 항변이 활성 61%와 비교하여 밥, 백설기 및 미숫가루 추출물에서 각각 84%, 88%, 85%의 억제활성을 보여 가공중 항변이 활성이 상승하였다. SOS chromotest의 경우는 Trp-p-2에 대하여 백미의 항변이 활성 54%와 비교하여 밥, 백설기 및 미숫가루 추출물에서 각각 55%, 67%, 58%의 억제활성을 나타내어 가공중 항변이 활성이 일정하게 유지되거나 다소 상승하는 것으로 조사되었다. 그러나 시료 처리구가

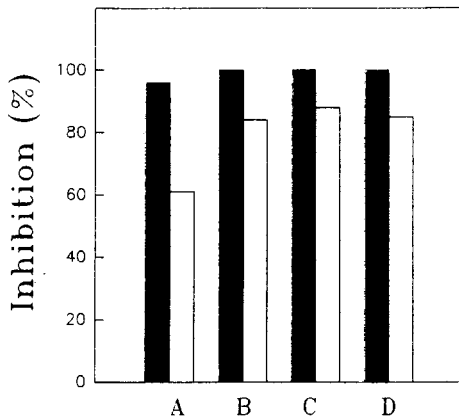


Fig. 1. Inhibitory effects of the methanol extracts(10 mg/assay) of raw rice and processed rice products(cooked rice, plain steamed rice bread and parched rice powder) on the mutagenicity induced by indirect-acting mutagen, Trp-p-1(1 μ g/plate) and AFB₁(1 μ g/plate) in *S. typhimurium* TA 98 and TA 100

■; Inhibition on the frameshift type mutation(*S. typhimurium* TA 98) induced by Trp-p-1, □; Inhibition on the base substitution type mutation(*S. typhimurium* TA 100) induced by AFB₁
A; Raw rice, B; Cooked rice, C; Plain steamed rice bread(*baikseolgi*), D; Parched rice powder

음성 대조군(negative control) 이상으로 낮은 induction factor를 나타내는 경우도 관찰되었으므로, 시료의 균주 자체에 대한 독성 여부 및 그 농도 등이 조사되어야 한다.

이로부터 쌀의 항변이원성 물질은 조리, 가공 중 활성이 소실되지 않음을 확인하였으며 활성성분은 가공 안정성이 있는 물질인 것으로 추론하였다. 쌀 가공물은 대체로 항변이원성을 나타내었으나 직접변이원의 경우에서 일부 변이원성이 관찰되기도 하였는데, 이는 쌀 가공물의 제조시 증자 및 볶음처리 등의 높은 열에 의하여 형성된 당-아미노산 반응 생성물 및 중합체가 Shane 등⁽¹⁵⁾의 보고와 같이 변이원성을 나타내기도 하고, Kim 등⁽¹⁶⁾의 보고와 같이 항변이원성을 나타내기도 하는데서 기인한 것으로 고려되었다. 쌀 가공물의 변이원성은 이들 갈변물질의 영향으로, 항변이원성은 가공전 쌀 시료에 존재하였던 활성물질이 유지되거나 가공 중 생성된 갈변물질 및 중합체에 기인하여 활성이 상승하는 것으로 판단하였다.

본 연구로부터 백미 가공물에서 항변이 활성이 구명되기는 하였으나 시중에 유통되고 있는 백미는 식미를 높일 목적으로 본 연구의 도정율 92%보다 낮은 것으로 생각되므로 도정율별로 제조된 백미에 대한 항변이 활성의 조사가 요구되며, 나아가 미강, 백미 및 배아 등 쌀의 부위별 항변이 활성시험도 수행되어야 할 것이다.

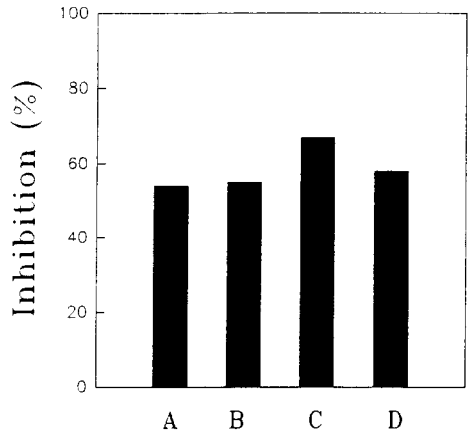


Fig. 2. Inhibitory effects of the methanol extracts(0.2 mg/assay) of raw rice and processed rice products(cooked rice, plain steamed rice bread and parched rice powder) on the mutagenicity induced by indirect-acting mutagen, Trp-p-2(4 μ g/assay) in SOS chromotest.

A; Raw rice, B; Cooked rice, C; Plain steamed rice bread(*baikseolgi*), D; Parched rice powder

요 약

쌀을 cooking, steaming, parching 등의 가공처리 형태로 조리 밥, 백설기, 미숫가루를 제조하여 methanol로 추출한 후 돌연변이 억제활성의 유지여부를 조사하기 위하여 *Salmonella typhimurium* reversion assay로 조사하고 SOS chromotest로 확인하였다. *S. typhimurium* reversion assay에 대하여 직접변이원 4NQO로 유도한 frameshift type 돌연변이의 경우 46~100%의 억제효과를 나타내었으며 억제활성이 투여농도에 비례하였다. Base substitution type 돌연변이의 경우는 각 가공물의 용매 추출물에서 억제활성이 미약하거나 거의 효과를 발견할 수 없었다. 간접변이원의 경우는 직접변이원과 비교하여 모든 처리구에서 억제효과가 관찰되었다. Trp-p-1으로 유도된 frameshift type 돌연변이의 경우 75~100%의 활성을 나타내었으며 AFB₁으로 유도된 base substitution type 돌연변이의 경우는 66~87%의 활성을 보여 직접변이원보다 억제활성이 높았다. SOS chromotest에 대하여는 4NQO로 유도된 돌연변이의 경우 억제활성이 없었으며 Trp-p-2로 유도된 돌연변이의 경우는 19-67%의 억제활성으로 *S. typhimurium* reversion assay와 같은 경향이 나타남을 확인하였다. 쌀의 항변이원성 물질은 rice-cooking, steaming, parching 등의 가공처리에 의해 억제활성이 소실되지 않아 가공 안정성이 있는 물질인 것으로 조사되었다.

문 헌

1. 공세권, 황나미: 악성 신생물의 이환 및 사망에 관한

- 고찰. 한국인구보건연구원 보고서 II, p.21 (1983)
2. 보건사회부: 인구보건논집, 보건사회통계연보, 38, 26 (1992)
 3. 보건사회부: 보건사회백서, p.86 (1992)
 4. Swenson, D.H. and Kadlubar, F.F.: Properties of chemical carcinogens in relation to their mechanisms of action, In *Microbial Testers*, Felkner, I. C.(Ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, p.4 (1981)
 5. Kada, T., Kaneko, K., Matsuzaki, S., Matsuzaki, T. and Hara, Y.: Detection and chemical identification of natural bio-antimutagens, a case of green tea factor. *Mut. Res.*, 150, 127 (1985)
 6. Morita, K., Nishijima, Y. and Kata, T.: Chemical nature of a desmutagenic factor from Burdock. *Agric. Biol. Chem.*, 49(4), 925 (1985)
 7. Inoue, T., Morita, K. and Kada, T.: Purification and properties of plant desmutagenic factor for the mutagenic principle of tryptophan pyrolysate. *Agric. Biol. Chem.*, 45, 345 (1981)
 8. 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 Nutri.*, 20, 253 (1991)
 9. Limsylianco, C.Y. and Sylianco, W.L.: Antigenotoxic effect of B-vitamins. *J. Asian Food*, 7, 100 (1992)
 10. Chen, C., Pearson, A.M. and Gray, J.I.: Effects of synthetic antioxidants(BHA, BHT and PG) on the mutagenicity of IQ like compounds. *Food Chem.*, 43, 177 (1992)
 11. 전향숙, 김인호, 김영진, 김길환: 쌀 추출물의 돌연변이 억제효과, 한국식품과학회지, 26, 188 (1994)
 12. Maron, D.M. and Ames, B.N.: Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mut. Res.*, 113, 173 (1983)
 13. Quillardet, P.C., Bellecombe D. and Hofung M.: The SOS chromotest, a colorimetric bacterial assay for genotoxins, validation study with 83 compounds. *Mut. Res.*, 147, 65 (1985)
 14. 김광욱, 윤경희: Hydrocolloids의 첨가에 따른 백설기의 특성. 한국식품과학회지, 16, 159 (1981)
 15. Shane, B., Troxdair, A., Mcmillin, D. and Henry, C.: Comparative mutagenicity of nine brands of coffee to *Salmonella typhimurium* TA 100, TA 102 and TA 104. *Environ. Mol. Mutagen.*, 11, 195 (1988)
 16. Kim, S.B., Hayase, F. and Kato, H.: Desmutagenic effects of melanoidines against amino acid and protein pyrolyzates. amino-carbonyl reaction in food and biological systems, *Proceedings of the 3rd International Symposium on the Maillard Reaction*, Kodensha, 383 (1986)

(1995년 8월 14일 접수)