

유색미 쌀겨 추출물의 화학적 변이원 mitomycin C에 대한 변이원성 억제기작

강미영 · 최영희 · 남석현^{1*}

경북대학교 사범대학 가정교육과, ¹아주대학교 자연과학대학 기초과학부

초록 : 유색미 쌀겨가 화학적 변이원에 의한 유전독성을 억제하는 작용기작을 유색미 품종인 수원415호 쌀겨의 유기용매추출물과 변이원인 mitomycin C를 이용하여 조사하였다. 70%에탄올 분획 및 클로로포름분획에서 수원 415호는 대조구로 사용된 추청에 비하여 변이원에 대한 억제활성이 월등히 높았음에도 불구하고 항산화활성은 추청보다 다소 낮은 결과로 보아 항산화작용과는 다른 억제기작이 존재함을 추정할 수 있었다. *E. coli*를 지시세포로 유색미 쌀겨 추출물의 mitomycin C에 대한 변이원성 억제기작을 조사한 결과, desmutagen으로 작용할 가능성이 크다는 사실을 알았고, 쌀겨 추출물과 mitomycin C를 반응시킨 후 반응액 중에 존재하는 유리상태의 mitomycin C를 정량한 결과, 유색미의 쌀겨 추출물이 mitomycin C에 직접 결합하여 변이원을 흡착함으로써 세포에 대한 유전독성을 억제할 것으로 생각되었다.(1996년 7월 24일 접수, 1996년 9월 30일 수리)

서 론

산업화가 진행됨에 따라 환경인자에 의한 유전적 손상으로부터 생체를 보호하는 것이 보건상 중요한 문제로 부각되었다. 일상적으로 섭취하는 식품내에도 천연적 구성분으로써 혹은 인위적 처리에 의하여 생성되는 화학적 변이원이 폭넓게 존재한다는 사실은 생체가 화학적 변이원에 항시 노출될 수 있다는 위험성을 시사하고 있다. 그러나 식품으로 이용되는 여러종류의 식물성식품에는 변이원으로 작용하는 물질 뿐만아니라 이들에 대한 활성억제물질도 포함되어 있기¹⁻¹¹때문에 일상적인 식이요법을 통하여 변이원에 의한 유전물질의 손상을 억제하는 것이 가능하다고 보겠다. 따라서 우리가 주식으로 다량 섭취하는 쌀이 가지고 있는 화학적 변이원에 대한 억제작용의 기본기작을 규명함으로써 쌀이 가지는 보건상의 기능을 검증하고, 쌀을 주식으로 하는 우리의 전통적 식생활을 통한 국민건강 증진과 더불어 항변이원 활성이 뛰어난 쌀 품종의 육종을 통하여 고부가가치성 농업신소재의 개발에 크게 기여하리라 본다. Kada 등¹²⁾은 생체내에서 변이원의 활성을 억제하는 단계 및 그 작용방법에 따라 이 기능을 수행하는 물질을 크게 desmutagen과 antimutagen으로 구별하였다. Desmutagen이란 세포외에서 변이원을 불활성화시키거나 또는 전구물질이 활성화된 변이원으로 전환되는 것을 억제하는 물질을 말하며, 보통 blocking agent라고 불리우는 물질들도 여기에 속한다. 이에 비하여 antimutagen은 세포내에서 변이원에 의하여 일차적으로 손상된 유전물질의 수선을 활성화시키거나, 이후의 세포생리에 관계하는 suppressing agent들을 지칭한다.

이미 쌀에서 저자들이 보고한 변이원성 억제물질의 작용양식이 앞에서 설명한 desmutagen 또는 antimutagen으로서의 작용기작중 어느쪽을 대표하는지는 장차 변이원 억제물질의 이용 및 식이요법의 지침개발에 크게 도움이 될 것으로 본다. 본 연구에서는 다양한 쌀품종 중 특히 항산화 효과가 보고된 탄닌계와 안토시아닌계 색소¹³⁻¹⁶⁾를 다량 포함하는 유색미(紫稻)를 중심으로 쌀겨층에 포함된 변이원 억제물질의 작용기작을 연구하여 생체내에서 이들이 변이원을 억제하는 시점 및 부위를 동정할 수 있는 기초를 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

시약 및 재료

O-nitrophenyl-D-galactopyranoside(ONPG)와 mitomycin C, linoleic acid, butyl hydroxy toluene(BHT), 그리고 dimethyl sulfoxide(DMSO)는 Sigma사의 제품을 사용하였다. 세균배양용 bactotrypton과 yeast extract, 그리고 ampicillin은 각각 Difco사 및 Gibco-BRL사의 제품을 사용하였다. 시험에 사용한 벼품종은 유색미인 수원415호와 상해향혈나, 일반미인 추청벼로 농촌진흥청 작물시험장에서 분양받았다.

쌀겨 추출물의 제조

품종별 쌀겨를 70% 에탄올에 침지하여 80°C에서 3시간 동안 reflux하면서 추출한것을 70% 에탄올추출물이라 하였으며 이것을 다시 클로로포름과 물의 혼합액(1:1, v/v)으로 3시간 교반하여 추출한것을 클로로포름분획으로 하고

찾는말 : Colored rice bran, Mutagenicity, Inhibitory mechanism, Desmutagen

*연락처

유기용매별 추출분획의 변이원 억제활성 및 항산화활성의 측정에 사용하였다.

변이원 억제활성의 측정

시료의 변이원 억제활성은 지시균인 *E. coli* PQ37을 이용한 SOS chromotest를 기초로 前報¹⁷⁾에서 이미 확립한 항변이활성단위를 측정하여 정량화 하였다. 쌀겨 추출물의 변이원성 억제기작을 알아보기 위하여 우선 SOS chromotest시와 동일하게 쌀겨 추출물과 mitomycin C를 동시에 세포에 처리한 다음 일정시간 경과 후, 600 nm에서 흡광도를 측정하여 세균의 성장을 조사하였고, 동시에 β-galactosidase의 활성을 측정하였다. 이와는 별도로 먼저 지시균에 mitomycin C를 지정된 시간동안 처리한 후, 쌀겨 추출물을 첨가하고 다시 SOS chromotest의 조건과 같이 1.5시간 배양한 다음, 세균의 성장과 함께 유도된 β-galactosidase의 활성을 측정함으로써 항변이 활성단위를 계산하였다.

항산화활성의 측정

Cap test tube에 0.12 g의 linoleic acid를 넣고 99%에탄올로 10 ml를 만든 다음, 동량의 0.2 M phosphate buffer (pH 7.0)를 넣어 혼합시켰다. 여기에 측정하고자 하는 시료 20 mg을 첨가한 후, 탈이온수로 반응체적이 25 ml로 되게 하여, 40°C의 항온상태에서 경시적인 항산화활성을 측정하였다. 항산화활성은 thiocyanate법¹⁸⁾으로 측정하였으며 항산화도의 평가지표로서 합성 항산화제인 butylated hydroxy toluene(BHT) 200 μg을 사용하였다.

High-performance liquid chromatography(HPLC)를 이용한 분석

쌀겨의 유기용매별 추출분획 3.3 mg과 변이원인 mitomycin C 3.3 μg을 37°C에서 5시간 반응시킨 후 HPLC로 잔존하는 유리 mitomycin C의 양을 측정하였다. 기기분석의 조건은 다음과 같다. pump, Sumsung SLC 100; detector, Sumsung SLC 200; injector, Rhyeodyne 7725; column, Waters μ-Bondapak C-18 (30 cm×3.9 cm diameter); wavelength for measurement, 216 nm; mobile phase; MeOH : H₂O (30 : 70); flow rate; 1.0 ml/min.

결 과

유기용매별 추출분획의 변이원 억제활성의 비교

쌀겨의 유기용매별 추출분획을 100mg/ml의 농도가 되도록 DMSO에 용해시킨 후 이미 확립된 SOS chromotest를 이용한 항변이 활성단위 측정법으로 쌀의 품종별 유기용매 추출분획이 나타내는 변이원 억제활성을 측정 비교하였다. Table 1에 나타난 바와 같이 70% 에탄올추출물 및 클로로포름분획에서 모두 유색미가 일반미보다 변이원 억제활성이 높았다. 유색미 중에서는 수원415호의 변이원 억제활성이 상해향혈나 보다 높았다. 70% 에탄올추출물 중 상해향혈나와 수원415호는 추청에 비하여 각각 약 3배내지 4배의

Table 1. Inhibitory effects of solvent extracts from rice bran on mutagenicity induced by mitomycin C¹

Extraction solvent	Cultivar	Recovery (%) ²	Inhibition units (IU)	
			IU/mg extract	Total units
70% Ethyl alcohol (EtOH)	Chuchung	8.9	0.12	1068
	Sanghaehyanghyulla	8.1	0.39	3159
	Suwon 415	14.0	0.48	6720
Chloroform (CHCl ₃)	Chuchung	1.6	0.34	544
	Sanghaehyanghyulla	1.3	0.56	728
	Suwon	0.99	0.65	644

¹Results are averages of duplicate experiments. ²per 100 g dry weight from each brown rice

억제활성을 보인 반면, 클로로포름분획에서는 2.4배 또는 2.8배로 다소 전자의 경우보다 낮은 활성의 증가를 보이고 있지만 시료mg당의 변이원 억제활성은 클로로포름분획이 에탄올분획에 비하여 40 내지 90%의 증가를 보이고 있었다. 실험에 사용한 쌀의 단위중량당 전체 변이원성 억제활성은 수원415가 가장 높았기 때문에 본 실험에서는 유색미로써 수원415를 사용하여 변이원 활성 억제기작에 대한 실험을 수행하였다.

유기용매별 추출분획이 보이는 항산화활성의 비교

변이원에 의한 유전독성의 발현에 자유라디칼이 관여하고 있으리라 추정되는 연구보고 및 총설이 다수 있는 것¹⁹⁾으로 미루어 보아, 항산화작용에 의한 변이원성 억제효과는 생체내에서 흔히 일어날 가능성이 높다 하겠다. 따라서 쌀겨 추출물의 항산화활성을 측정하는것도 화학적 변이원에 대한 변이원성 억제기작의 구명에 중요한 증거를 제공하리라 생각되어, 추청과 수원415의 유기용매별 쌀겨 추출분획이 가지는 항산화활성을 측정하였다. Linoleic acid를 함유하는 반응액이 자동산화과정에서 생성되는 지질과산화물 생성에 대한 쌀겨 추출시료 첨가에 의해 억제되는 정도를 경시적으로 비교하여 보면, 반응 9일까지는 모든 추출분획에서 추청의 활성이 수원415보다 높았지만 반응 12일에는 추청의 70%에탄올분획내 항산화활성이 여전히 유색미에 비하여 높은 반면, 클로로포름분획에 있어서는 유색미와 일반미 사이에 별다른 차이는 보이지 않았다(Fig. 1).

원핵세포를 이용한 변이원성 억제기작의 구명

변이원 억제물질에 의한 유전독성의 발현억제는 세포외나 세포내에서 다양한 경로나 기작을 통하여 수행된다. 화학적 변이원에 의한 유전독성의 발현단계 중 쌀겨 추출분획에 의한 억제효과는 과연 어느 단계의 억제효과에 기인하는 것인지를 밝히기 위하여, 변이원 억제효과가 높았던 수원415호 쌀겨의 70%에탄올 추출분획을 시료로 하여 변이원성 억제작용 기작을 *E. coli* PQ37에서 조사하기로 하였다. 먼저 지시세포를 변이원인 mitomycin C와 쌀겨 추출물로 동시에 처리한 후, 경시적으로 변이원에 의하여 유도된 β-galactosidase활성과 함께 세포의 성장상태를 조사하였

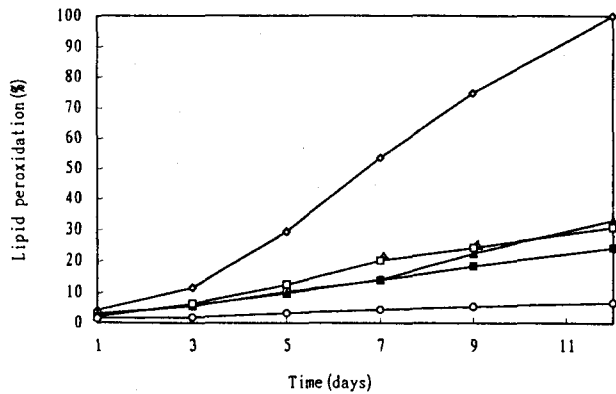


Fig. 1. Antioxidative activities of rice bran extracts examined by thiocyanate method. ◇-◇, control; ○-○, BHA; ▲-▲, Chuchung CHCl₃ Fraction; △-△, Suwon 415 CHCl₃ Fraction; □-□, Suwon 415 70% EtOH extract, ■-■, Chuchung 70% EtOH extract.

다. Fig. 2A에 나타내고 있는 바와 같이 변이원과 쌀겨 추출물을 동시에 박테리아 세포에 처리하면, 균체의 성장은 4.5시간 후 최고에 도달하며, 약 1.3배의 성장을 보였다. 그러나 변이원에 의하여 유도되는 β -galactosidase의 활성은 약 1.1배의 증가만 보였을 뿐 효소활성이 세균의 성장에 비례하여 증가하지는 않았다. 이것은 쌀겨 추출물의 작용으로 피해를 입지 않은 일부 세균이 성장한 결과로 보이기 때문에, 이를 증명하기 위하여 먼저 mitomycin C를 전처리한 세포에 쌀겨 추출물을 첨가하여 일정시간 배양한 후, 세균의 성장상태와 함께 SOS chromotest에 기초한 변이원 억제활성을 측정하였다. Fig. 2B에 나타내고 있는 바와 같이 1시간이내로 단기간 변이원을 처리했을 경우 쌀겨 추출분획에 의한 변이원 억제활성도 다소 감소되기는 하였으나, 변이원에 대한 억제효과를 나타내고 있다. 그러나 1시간 이상의 처리로 거의 모든 세균개체의 성장이 정지될 만큼 DNA의 손상이 일어난 경우, 지시균에 대한 쌀겨 추출물의 변이원 억제활성은 시간의 증가와 함께 급격히 저하했으며 특히 3시간 이상의 처리시에는 변이원에 대한 억제기능을 상실하고 있음을 알 수 있다.

HPLC분석에 의한 변이원성 억제기작의 구명

앞의 연구에서 쌀겨 추출분획이 항산화활성을 가지고 있음은, 이들이 변이원의 화학적수식에 관여할 가능성을 시사하는 결과이긴 하지만, 단순히 변이원을 흡착함으로써 변이원성 억제효과를 나타낼 가능성도 배제할 수 없다. 이에, 이른바 desmutagen으로서의 작용기전을 하고 있다는 설명을 위한 실험설계로서 Morita 등^{20,21)}에 의해서 개발 고안된 항변이원성 물질의 desmutagenicity 측정법을 이용하여, 수원 415호의 유기용매 추출분획과 변이원인 mitomycin C를 일정시간 반응시킨 후 추출물에 흡착되지 않고 유리상태로 존재하는 mitomycin C의 양을 HPLC를 이용하여 정량하였다. Mitomycin C와 쌀겨추출물을 일정시간 반응시킨 후, 반응액의 mitomycin C함량을 HPLC에 의해서 분석하면 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 peak 면적이 감소하는 chro-

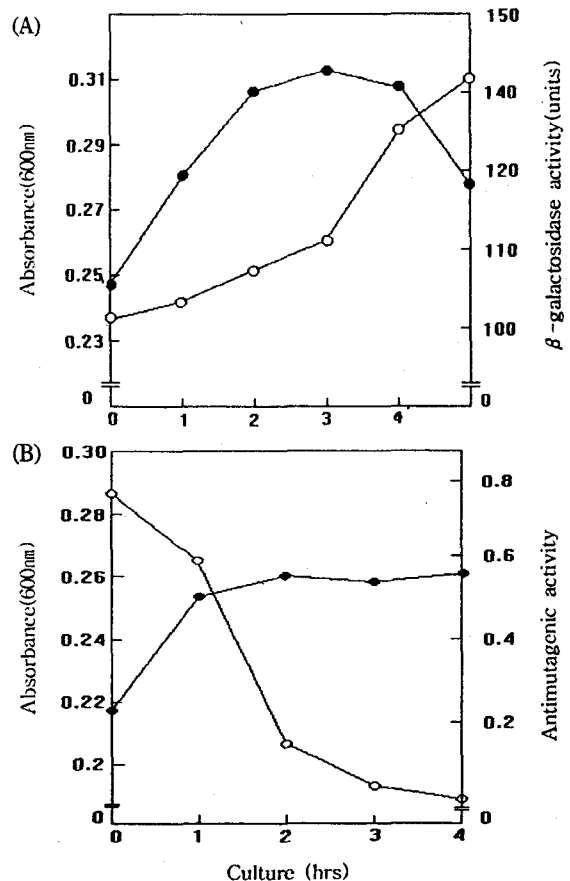


Fig. 2. Elucidation of molecular mechanism of inhibition by rice bran extract against mutagenicity induced by mitomycin C. (A) Time course of residual β -galactosidase activity(○-○) and bacterial cell growth (●-●) after treatment of mitomycin C and rice bran extract in standard culture condition using *E. coli* PQ37 as indicator cells, (B) Determination of antimutagenic activities(●-●) and bacterial cell growth(○-○) after addition of rice bran extract to *E. coli* PQ 37 pretreated with mitomycin C.

matogram을 얻었다. 그리고 mitomycin C 함량의 감소정도와 반응액의 잔존 변이원성을 측정하여 정리해 보면, 70% 에탄올추출물의 경우에는 잔존 mitomycin C의 양이 대조구에 비하여 40%정도 감소하였고, 특히 클로로포름분획에서는 52%정도의 활성감소를 보였다(Table 2). HPLC로 측정된 잔존하는 유리상태의 mitomycin C 양이 SOS chromotest 시스템에서 잔존 mitomycin C로 유도되는 변이원 활성도와 상관관계도 대체적으로 일치하는 경향을 얻을 수 있었다.

고 찰

본 연구에서는 쌀겨에 함유된 변이원성 억제물질의 작용기작을 조사하기 위하여 항산화활성이 인정된 안토시안계 및 탄닌계색소가 다량 함유된 유색미²²⁾를 대상으로 연구를 수행하였다. 유색미로는 수원415호를 선택하였고 일반미인 추청을 실험의 대조로 사용하였다. 우선 품종별 쌀겨의 70%에탄올분획 및 클로로포름분획의 모두에서 시료의 중

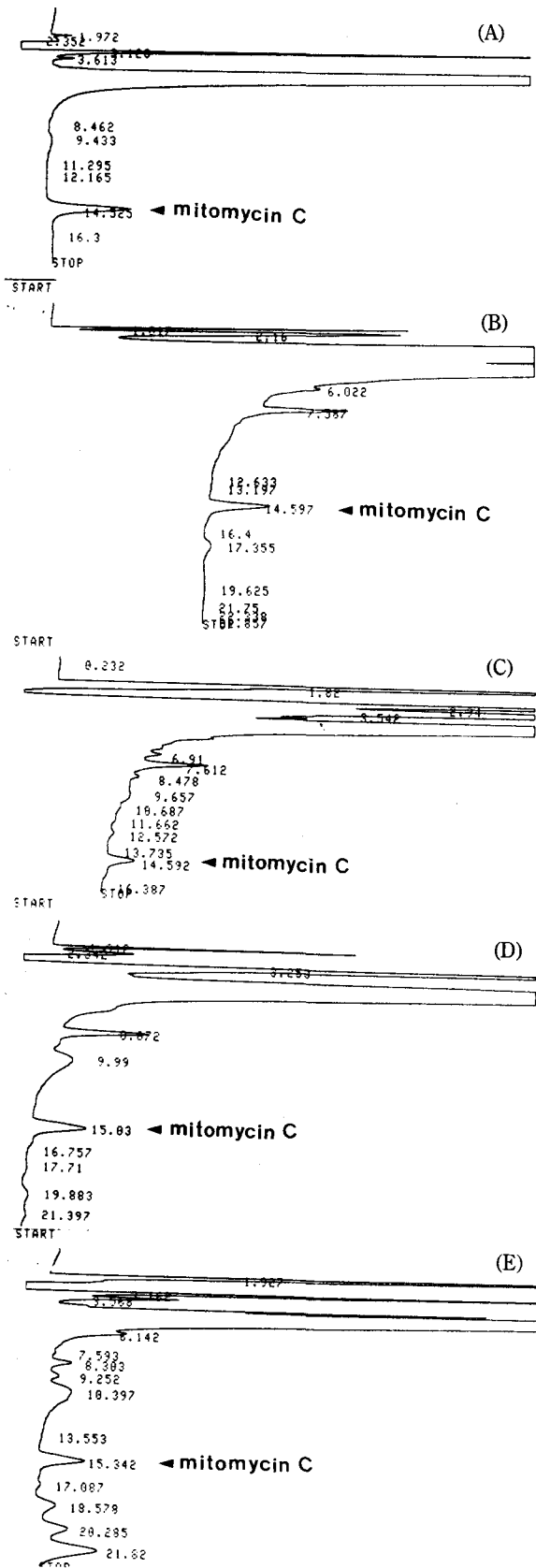


Fig. 3. HPLC chromatogram of free mitomycin C after incubation with 70% EtOH extract from Suwon 415. (B), CHCl₃ fraction from Suwon 415; (C), 70% EtOH extract from Chuchung; (D), CHCl₃ fraction from Chuchung; (E) or without treatment with rice bran extract; (A)

Table 2. Relationship between the amount of free mitomycin C and its residual mutagenicity after incubation with rice bran extract¹

Sample	Relative amount of mitomycin C ² (%)	Mutagenicity inducing factor ³	(%)
Control	100	0.95	100
Chuchung			
70% EtOH extract	72.8	1.01	106
CHCl ₃ Fraction	60.8	0.70	73.7
Suwon 415			
70% EtOH extract	60.5	0.83	87.0
CHCl ₃ Fraction	36.1	0.42	44.2

¹Results are averages of duplicate experiments. ²Calculated by determination of mitomycin C fraction area shown in HPLC chromatogram. ³Calculated from β -galactosidase activity/alkaline phosphatase activity.

량당 변이원 억제활성은 유색미가 일반미보다 월등히 우수하였다. 그러나 70%에탄올추출분획에서 유색미의 변이원 억제활성이 추청에 비하여 상대적으로 높은 반면 클로로포름추출분획의 경우는 그다지 증가폭이 그다지 높지 않은 것은 아마도 유색미의 색소에 의한 영향으로 생각되는데 이것은 유색미의 색소가 유전율이 높은 70%에탄올에 다량 추출되는데 비하여 클로로포름에는 거의 용출되지 않기 때문으로 보인다. 수원415호의 70%에탄올추출분획이 상해향철나보다 변이원에 대한 억제활성이 높은 것은 아마도 수원415호의 높은 색소함량과 일치할 지도 모른다(미발표결과). 그러나 색소가 배제된 클로로포름분획에 있어서도 유색미의 변이원 억제활성이 추청에 비하여 여전히 높은 것으로 보아 유색미에는 일반미에 비하여 동정되지 않은, 변이원성 억제물질의 함유량이 높다는 것을 의미한다. 변이원성을 억제하는 물질은 그 작용장소와 방법에 따라 desmutagen과 antimutagen으로 대별한다. 따라서 유색미의 변이원에 대한 억제효과를 가지는 물질의 작용기작을 연구하는 것은 학문적 관점에서는 물론 장차 이들을 이용한 식품 및 식이요법의 개발에 중요한 기초자료가 될 것으로 본다.

변이원의 활성을 억제하는 많은 물질들이 antimutagen보다는 desmutagen으로 작용함이 알려져 있으므로 쌀겨 추출물에 함유된 변이원성 억제물질도 이와 유사한 기능을 가지고 있을 가능성이 높다. 또한 본 실험에서 사용한 변이원인 mitomycin C는 대사활성화를 요구하지 않기 때문에 변이원의 화학적수식, 특히 항산화작용을 통하여 desmutagen으로 작용할 가능성에 대하여 조사하였으나 기대와는 달리 품종별 항산화활성은 변이원에 대한 억제효과와 반대의 경향을 보였다. 그러나 추청의 항산화활성이 수원415의 34% 이상 높지 않으며, 시료의 정제도를 생각하여 볼 때, 확실한 결론을 내릴 수는 없지만 유색미의 높은 변이원 억제효과가 항산화활성에 기인하는 것 같지만은 않았다. 이에, 항산화작용과는 다른 억제기작을 구명하기 위하여 *E. coli* PQ37에 mitomycin C와 유색미 쌀겨 추출물을 동시에 처리한 다음 경시적으로 세균의 성장과 함께 세포의 유

전물질의 손상결과 유도되는 β -galactosidase의 활성을 측정하였다. 그 결과 배양 4.5시간후 세균의 성장은 최고에 달하지만 효소활성은 그다지 유도되지 못하였다. 이것은 첨가한 쌀겨 추출물이 변이원을 세포외에서 물리적으로 흡착함으로써, 일부 변이원의 유전독성에 노출되지 않은 세균이 성장한 결과라고 해석하면, 일단 변이원에 의하여 손상된 DNA의 수복단계에는 유색미의 쌀겨 추출물이 수복효과를 보이지 않음을 시사하고 있다. 특히 지시세균의 전부에 DNA손상이 발생했다고 생각되는 조건하에서는 쌀겨 추출물을 첨가하여도 더 이상의 세포분열이 일어나지 않는 것으로 보아, 유전물질의 손상이 성립된 상태에서는 쌀겨 추출물이 이른바 antimutagen으로서의 작용은 하지 않음을 의미한다고 하겠다. 이러한 결과를 종합하여 볼 때, 수원 415호의 쌀겨 추출물에서 측정되는 강한 변이원 억제활성은 변이원을 세포외에서 흡착하는 desmutagen으로서의 기능이 크게 기여하고 있을 가능성이 높다. 실제로 mitomycin C와 쌀겨 추출분획과의 반응후 잔존하는 유리 mitomycin C의 양을 HPLC로 분석하면 유색미인 수원415호의 추출분획과 반응한것이 추청에 비하여 유리상태의 mitomycin C가 현격히 줄어드는 결과가 나타났다. 잔존 mitomycin C에 의하여 유도되는 변이원 활성도 동시에 측정된 결과 HPLC chromatogram상으로 측정되는 유리 mitomycin C의 감소율과 거의 비례하여 변이원성이 유도되는 것을 알 수 있었다. 따라서 수원415호의 쌀겨 추출물이 보이는 변이원에 대한 억제효과는 손상된 DNA의 수복단계에서 antimutagen으로 작용한 결과라기보다는 세포외에서 변이원을 흡착하거나 또는 일부 변이원의 수식을 일으키는 desmutagen으로서 작용한 결과일 가능성이 높다. 그러나 HPLC chromatogram상의 mitomycin C 감소율과 변이원성의 유도의 감소율이 완전히 일치하지 않는것은, 시료의 정제상태와도 관계가 있지만 쌀겨 추출물의 변이원성 억제물질이 세포내로 도입되어, 적극적으로 mitomycin C에 의한 DNA의 손상을 억제할 가능성도 배제할 수 없기때문에 이 부분에 대한 연구도 현재 진행중에 있다.

감사의 글

본 연구는 '93~'95년도 농촌진흥청 농업특정과제 연구비에 의하여 지원되었으며 본 과제의 수행에 도움을 주신 많은 분들에게 감사를 느린다.

참 고 문 헌

- Shinohara, K., Kuroki, S., Miwa, M., Kong, J. L. and Hosoda, H. (1988) Antimutagenicity of dialyzates of vegetables and fruits. *Agric. Biol. Chem.* **52**, 1369-1375.
- Lowson, T., Nunnally, J., Walker, B., Breasonick, E., Wheeler, D. and Wheeler, M. (1989) Isolation of compounds with antimutagenic activity from savoy chiftain cabbage. *J. Agric. Food Chem.* **37**, 1363-1367.
- Kada, T., Kato, M. and Kiriya, S. (1984) Adsorption of pyrolysate mutagens by vegetable fibers. *Mutation Res.* **141**, 149-152.
- Kada, T., Kaneko, K., Matsuzaki, S., Matsuzaki, T. and Hara, Y. (1985) Detection and chemical identification of natural bio-antimutagens, A case of the green tea factor. *Mutation Res.* **150**, 127-132.
- Seo, J. S., Lee, Y. W., Suh, N. J. and Chang, I. M. (1990) Assay of antimutagenic activities of vegetable plants. *Kor. J. of Pharmacogn.* **21**, 88-91.
- Samejima, K., Kanazawa, K., Ashida, H. and Nanno, G. (1985) Luteoline; A strong antimutagen against dietary carcinogen, Trp-P-2, in peppermint, sage, and thyme. *J. Agric. Food Chem.* **43**, 410-414.
- Kim, S. J., Jin, J. S., Kim, D. M. and Kim, K. H. (1992) Inhibitory effect of radish juice on the mutagenicity and its characteristics. *Korean J. Food Sci. Technol.* **24**, 193-198.
- Park, K. Y., Kim, S. H., Suh, M. J. and Chung, H. Y. (1991) Inhibitory effect of garlic on the mutagenicity in *Salmonella* assay system and on the growth of HT-29 human colon carcinoma cells. *Korean J. Food Sci. Technol.* **23**, 370-374.
- Lee, K. L., Rhee, S. H., Park, K. Y. and Kim, J. O. (1992) Antimutagenic compounds identified from perilla leaf. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **21**, 302-307.
- Kim, J. O., Kim, Y. S., Lee, J. H., Kim, M. N., Rhee, S. H., Moon, S. H. and Park K. Y. (1992) Antimutagenic effect of major compounds identified from mugwort (*Artemisia asiatica*) leaves. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **21**, 308-313.
- Moon, S. H., Kim, J. O., Rhee, S. H., Park, K. Y., Kim, K. H. and Rhew, T. H. (1993) Antimutagenic effects and compounds identified from hexane fraction of persimmon leaves. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **22**, 307-312.
- Kada, T. and Shimoi, K. (1983) Desmutagens and bio-antimutagenes : Their modes of action. *Bioassays* **7**, 113-116.
- Vinson, J. A. and Hontz, B. A. (1995) Phenol antioxidant index : Comparative antioxidant effectiveness of red and white wine. *J. Agric. Food Chem.* **43**, 401-403.
- Tsuda, T., Ohshima, K., Kawakishi, S. and Osawa, T. (1994) Antioxidative pigments isolated from the seeds of *Phaseolus Vulgaris L.* *J. Agric. Food Chem.* **42**, 248-251.
- Tamura, H. and Yamagami, A. (1994) Antioxidative activity of monoacylated anthocyanins isolated from muscat bailey a grape. *J. Agric. Food Chem.* **42**, 1612-1615.
- Costantion, L., Albasini, A., Rastelli, G. and Benvenuti, S. (1992) An activity of polyphenolic crude extracts as scavengers of superoxide radicals and inhibitors of xanthine oxidase. *Planta Med.* **58**, 342-344.
- Kang, M. Y., Choi, Y. H. and Nam, S. H. (1996) Screening of antimutagenic activities from cereals and beans including rice (투고 중)
- Yen, G. C. and Chen, H.-Y. (1995) Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity.

- J. Agri. Food Chem.* **43**, 27-32.
19. 中村良, 川岸舜朗, 度邊乾二, 大澤俊彦 共著 (1991) 食品機能化學: 變異原と食品, p100-122 學會出版, 동경, 일본.
20. Morita, K., Kada, T. and Namiki, M. (1984) A desmutagenic factor isolated from burdock (*Arctium lappa linne*). *Mutation Res.* **129**, 25-31.
21. Morita, K., Nishijima, Y. and Kada, T. (1985) Chemical nature of a desmutagenic factor from burdock(*Arctium lappa linne*). *Agric. Biol. Chem.* **49**, 925-932.
22. 名和義彦, 大谷敏郎 (1991) 有色素米の色素特性. 食品工業 **11**, 28-33.

Inhibitory Mechanism of Colored Rice Bran Extract Against Mutagenicity Induced by Chemical Mutagen Mitomycin C

Mi Young Kang, Young Hee Choi and Seok Hyun Nam^{*} (*Department of Home Economics, Teacher's College, Kyungpook National University, Taegu 702-701; ¹Division of Natural Sciences, College of Natural Sciences, Ajou University, Suwon 442-749*)

Abstract : Inhibitory mechanism of colored rice bran against cellular genotoxicity induced by chemical mutagen was studied using organic solvent extracts from a colored rice cultivar termed as Suwon415, and the mutagen, mitomycin C. Inhibitory effects of 70% ethanol extract and chloroform fraction from rice bran of Suwon415 were higher than those from Chuchung used as control. However, antioxidative activities of each fraction from Suwon415 were slightly lower than those from Chuchung, suggesting the involvement of a different inhibitory mechanism not related to antioxidation pathway. Using *E. coli* as the indicator cell, inhibitory mechanism of rice bran extract from colored rice against mutagenicity induced by mitomycin C was investigated to reveal the possibility that it acts in a desmutagenic manner. Further investigation to quantify the free mitomycin C in reaction mixture following incubation with rice bran extract demonstrated that rice bran extract might inhibit the cellular genotoxicity of mitomycin C by direct adsorption of the mutagen.

^{*}Corresponding author