

발아 거대배아미의 생리활성 효과 검정

이연리¹ · 강미영¹ · 고희종² · 진중현^{2,3} · 남석현*

¹경북대학교 식품영양학과, ²서울대학교 농학과, ³(주)신지, 아주대학교 생명과학과

(2004년 2월 19일 접수, 2004년 3월 30일 수리)

발아에 의한 거대배아미의 생리활성 변화를 70% 에탄올 추출물을 이용하여 검토하였다. 생리활성의 변화는 시료의 환원력과 페놀 화합물의 함량, 항변이원성, 그리고 정상세포에 대한 세포독성을 측정함으로써 평가하였다. 연구 결과, 무발아 조건에서 환원력은 남풍거대배아미 > 일반미 > 화청거대배아미의 순서였으나, 발아처리하면 화청거대배아미 > 남풍거대배아미 > 일반미의 순서로 활성이 변화하였다. 남풍거대배아미와 일반미는 발아처리로 환원력이 감소하는데 반하여, 화청거대배아미는 약 3배 증가하였다. 무발아 조건에서 3품종의 쌀은 거의 비슷한 수준의 페놀 화합물 함량을 보였다. 반면, 발아처리는 남풍거대배아미와 일반미의 페놀 화합물 함량에 크게 영향을 주지 않은 반면, 남풍거대배아미의 페놀 함량을 2.6배 증가시켰다. GABA(γ -aminobutyric acid) 함량을 측정할 결과, 발아처리에 관계없이 함량은 화청거대배아미 > 남풍거대배아미 > 일반미의 순서였고 발아처리는 모든 품종에서 2.4배 이상의 함량증가를 일으켰다. 추출물의 항변이원성을 조사한 결과, 발아처리에 의하여 모든 품종에서 항변이원성이 2.7 배 이상 증가하였지만, 발아 화청거대배아미의 항변이원성이 가장 높게 나타났다.

Key words: 발아 거대배아미, 환원력, 페놀 화합물, GABA, 항변이원성

서 론

식물종자는 발아가 진행됨에 따라 생리적 활성이 증대되고 성분의 변화가 일어난다. 그러므로 식물종자의 발아에 의한 생리활성 물질 및 구성성분들의 유효도를 극대화하기 위한 연구들이 곡류 및 두류를 중심으로 활발하게 진행되어 단백질과 아미노산,^{1,2)} 지방산,^{3,4)} 탄수화물,⁵⁾ 무기질,⁶⁾ 비타민^{5,6)} 및 각종 효소활성의 변화,⁵⁾ 트립신저해제⁷⁾와 피틴산^{8,9)}의 변화에 관하여 다양한 연구가 진행되었다. 쌀의 경우에도 발아와 더불어 특수성분으로서 아라비녹실산, 감마아미노낙산 등의 성분이 증가하는 것으로 알려져 있다.^{10,11)} 쌀 배아에는 영양성분 중 양질의 단백질과 비타민 그리고 필수지방산이 종실의 어느 부분보다도 다량 축적되어 있으며,¹²⁾ α -tocopherol, γ -oryzanol, 피틴산 등 생리활성 물질이 집중적으로 존재하는 중요한 부위이다. 그러므로 배아의 크기가 큰 쌀 품종을 개발한 영양가의 면에서 뿐만 아니라 건강 기능성 식품용 신소재로서도 의미가 있는 일이다. 이에 기존의 유전자원 중 배아의 크기가 큰 품종을 찾는 노력과 돌연변이 육종에 의해서 거대배 변이체가 개발되었다.^{13,14)} 그러나 거대배아미는 배아의 크기가 큰 만큼 배유 부분이 위축된 상태이므로 배유의 등숙상태가 충실하지 못한 경향이 있기 때문에 취반용으로의 이용보다는 건강식품이나 가공품 형태로의 이용함이 바람직하다고 생각되는 쌀 품종으로서, 거대배아미를 단순히 발아처리 통하여 건강기능성이 향상될 수 있다면 가장 이상적이라 하겠다. 이와 같은 의미에서 본 실험에서는 거대배아미의 발아처리가 건강기능성에 미치는 효과를 평가하려

는 목적으로 indica 계통인 남풍벼 및 japonica 계통인 화청벼에 각각 MNU(methyl-nitrosourea)를 처리하여 육종 개발한 남풍거대배아미 및 화청거대배아미를 선발하여 이들 거대배아미들을 각각 3일간 발아시킨 후, 생리활성 성분으로서 GABA(γ -aminobutyric acid) 및 폴리페놀 화합물의 함량 변화를 측정하고, 이들 발아거대배아미 에탄올 추출물의 환원력, SOS chromotest에 의한 항변이성과 MTT assay를 통한 정상세포 생장에 미치는 독성을 검정함으로써 건강기능성 식품 제조용 신소재로서 발아거대배아미의 이용 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

시료 및 시약. 남풍거대배아미 및 화청거대배아미 등 거대배아 돌연변이 계통 쌀 2종류 및 일반미 종자를 서울대학교 농생대 및 (주)신지에서 제공 받아, 벤레이트 수화제로 소독한 후, 15°C 증류수에 48시간 침지 후, 27°C에서 3일간 발아시켜, 왕겨 껍질을 제거하고, 분쇄 후, 5배량의 70% EtOH로 80°C에서 3시간 동안 reflux하면서 추출하여 감압건조 후 DMSO에 용해시켜 100 mg/ml의 농도로 만들어 -20°C에 냉동 보관하면서 사용하였다. Ascorbic acid, α -tocopherol, BHT(butylated hydroxytoluene), ONPG(o-nitrophenyl β -D-galactosidase), PNPP(p-nitrophenyl phosphate), mitomycin C 등은 Sigma사(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였고, ampicilline은 영진약품의 주사용 펜브락스를 멸균수로 희석하여 사용하였다. Bactotrypton, yeast extract 등과 같은 세균 배양을 위한 배지용 시약은 Difco-BRL사(Bethesda, MA, USA)에서 구입하여 사용하였다. SOS chromotest의 지시균주인 *Escherichia coli* PQ 37(plasmid pKM 101, *sfi::Mud(AP lac)cts*, *lac Δ U169*, *mal^t*, *urvA*, *galE*, *galY*, *Pho^c*, *rfa/F⁻*, *thr*, *leu*, *his*, *pyrD*, *thi*,

*연락저자

Phone: 82-31-219-2619; Fax: 82-31-219-1615

E-mail: shnam@ajou.ac.kr

trp::Muc⁺, sr1300::Tn10)은 서울대학교 천연물연구소에서 분양 받았고, LB broth(bactotryptone 1%, yeast extract 0.5%, NaCl 1%, ampicilline+)를 배지로 사용하여 배양하였다.

환원력의 측정. Oyaizu 등의 방법¹⁵⁾에 의거하여 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 농도별로 조제한 시료 20 μ l를 50 mM 인산 완충액(pH 6.6)과 1%의 potassium ferricyanide[K₃Fe(CN)₆]와 1.4:1로 혼합된 용액 1.2 ml에 첨가한 다음, 50°C에서 20분간 반응시킨다. 반응 후, 0.5 ml의 10% trichloroacetic acid를 첨가하고 3,000 rpm 10분간의 원심분리를 통하여 얻어진 상정액에 0.1%의 FeCl₃ 100 μ l를 넣어서 발색반응을 유도시킨 다음, UV/VIS spectrophotometer(V-550, JASCO, Japan)를 사용하여 700 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

항변이원성 측정. 항변이원성은 *E. coli* PQ 37을 지시균주로 사용한 SOS chromotest 기법을 이용하여 조사하였다.¹⁶⁾ 37°C에서 LB배지에 허룻밤 진탕배양한 배양액을 동일한 액체 배지로 10배수 희석하여, 37°C에서 2시간 진탕배양하였다. 배양 후 액체 배지로 다시 4배수 희석한 배양액을 0.4 ml 취한 다음, 2 mg의 시료와 6 ng/ml가 되도록 변이원인 mitomycin C를 첨가한 다음, 최종 반응용량을 액체배지로 4 ml가 되도록 조정하여 37°C에서 2시간 재차 진탕배양하였다. 배양이 끝난 배양액 0.2 ml를 1.8 ml의 B buffer(60 mM Na₂HPO₄, 10 mM KCl, 40 mM NaH₂PO₄, 1 mM MgSO₄, 50 mM β -mercaptoethanol, pH 7.0)와 섞고, 여기에 1.6 mg의 ONPG를 첨가하여, 37°C에서 30분간 반응시켰다. Na₂CO₃로 반응을 정지시킨 후, 420 nm에서 발색하는 반응액의 흡광도를 측정하여 시료의 첨가로 유도된 β -galactosidase의 활성을 측정하였다. 배양액 중의 세포 밀도는 세균이 발현하는 alkaline phosphatase의 활성을 측정하여 평가하였는데 최종 배양액 0.2 ml에 1.8 ml의 P buffer(1 M Tris, 1% SDS)와 1.6 mg의 PNPP를 첨가한 다음, 37°C에서 30분간 반응시키고 0.6 N이 되도록 염산을 첨가하여 5분간 정지한 뒤 0.8 ml의 2 M Tris 용액을 넣고 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 효소활성 unit는 [1,000 \times A₄₂₀/t, t: 반응시간(분)]으로 나타났고, alkaline phosphatase 활성에 대한 β -galactosidase 활성의 비율로 유도값(R)을 구하였다.

MTT assay에 의한 세포독성 검정. Mitochondrial dehydrogenase activity 지표를 나타내는 MTT colorimetric reduction assay를 수행하여 시험물질에 대한 세포 생존율을 Mosmann이 보고한

방법에 따라 측정하였다.¹⁷⁾ 실험에 사용한 생쥐 유래 정상형질 세포주인 NIH 3T3 세포는 한국세포주은행(KCLB)에서 구입하였으며, 10%의 fetal bovine serum이 함유된 D-MEM media를 사용하여 37°C, 5% CO₂ 공기조건에서 배양하였다. MTT assay를 수행하기 위하여 96 well micro plate에 1 \times 10 cells/well로 분주하였고 5% CO₂로 조정된 배양기 내에서 24시간 배양한 후, 잘 추출물 시료를 농도별로 처리하였다. 배양 후, 배양액에 2 mg/ml의 MTT(Sigma M-2128)용액 50 μ l를 첨가하고, 37°C에서 3시간 배양 후 150 μ l의 DMSO를 첨가하고 10분간 진동시킨 후 570 nm와 690 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

GABA(γ -aminobutyric acid) 함량 측정. 0.4 g의 발아시료를 액체질소로 동결처리 후 막자사발로 분쇄한 다음, MeOH 5 ml를 첨가하여 효소를 불활성시켰다. 이를 CHCl₃ 처리로 지질분획을 제거한 후 남은 수용성 분획을 AG 50 W-X(H⁺) resin을 사용하여 GABA를 정제하였으며, 0.1 M KHPO₄(pH 8.6)의 조건에서 GABAase kit(Sigma Co.)를 사용하여 GABA의 양을 정량하였다.

Phenolic compound 함량 측정. 1 mg/ml 농도의 시료 0.5 ml에 증류수 6.5 ml 및 Folin-ciocalteu's phenol reagent(Sigma Co.) 0.5 ml를 첨가하고 3분간 실온에서 방치 후, Na₂CO₃ 포화용액 1 ml와 탈이온수 1.5 ml를 첨가한 다음, 실온에서 1시간 방치시키고 나서 720 nm에서 흡광도를 측정하였다. Phenolic compound의 함량은 gallic acid를 사용하여 작성된 표준곡선으로부터 계산하였다.

통계분석. 3회 이상 반복실험에서 얻어진 data는 Statistical Analysis System software package로 분석하였다. 실험의 평균값은 mean \pm SD로 표시하였으며 실험군과 대조군사이의 평균값의 유의적 차이는 Anova Procedure test로 검정하였고, P < 0.05 수준에서 통계적 유의성을 구하였다.

결과 및 고찰

환원력의 비교. 식품에 있어서 건강기능성을 측정하는 가장 일반적인 지표는 시료의 항산화 활성이라고 볼 수 있다. 발아 처리에 의한 거대배아미의 건강기능성의 변화를 평가하기 위한 기초적인 단계로서, 본 실험에서는 거대배아미 에탄올 추출물의 환원력을 Fe³⁺를 Fe²⁺로 환원시키는 활성을 지표로 측정하였

Table 1. Reducing power of 70% EtOH extracts from rices

Experiments		Absorbance at 700 nm				
		0.083 mg/ml	0.16 mg/ml	0.83 mg/ml	1.6 mg/ml	3.3 mg/ml
Normal rice	Not-germinated	0.110 \pm 0.044	0.176 \pm 0.030	0.443 \pm 0.056	0.753 \pm 0.060	1.254 \pm 0.103
	Germinated for 3 days	0.098 \pm 0.010	0.118 \pm 0.030	0.204 \pm 0.008	0.308 \pm 0.026	0.487 \pm 0.059
Nampung giant embryonic rice	Not-germinated	0.134 \pm 0.002	0.159 \pm 0.010	0.449 \pm 0.059	0.801 \pm 0.060	1.338 \pm 0.142
	Germinated for 3 days	0.087 \pm 0.001	0.121 \pm 0.011	0.275 \pm 0.017	0.427 \pm 0.020	0.757 \pm 0.019
Whachung giant embryonic rice	Not-germinated	0.034 \pm 0.030	0.051 \pm 0.029	0.193 \pm 0.040	0.284 \pm 0.023	0.504 \pm 0.022
	Germinated for 3 days	0.078 \pm 0.039	0.129 \pm 0.050	0.417 \pm 0.120	0.837 \pm 0.117	1.445 \pm 0.075

Values obtained through triplicate experiments are expressed as mean \pm SD.

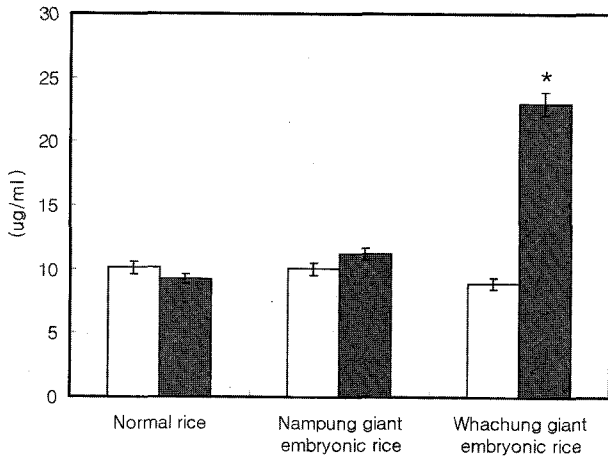


Fig. 1. Content of phenolic compounds in 70% EtOH extract from rices. Closed bar and open bar indicate the germinated or not-germinated rice, respectively. *Indicates significant difference at $P < 0.05$.

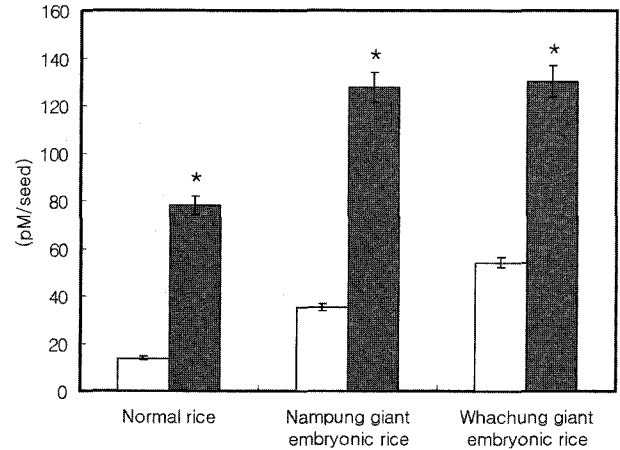


Fig. 2. Content of GABA in 70% EtOH extract from rices. Closed bar and open bar indicate the germinated or not-germinated rice, respectively. *Indicates significant difference at $P < 0.05$.

다. 각 쌀 추출물의 농도별 환원력을 측정된 결과(Table 1), 무발아 조건에서 환원력은 남풍거대배아미 > 일반미 > 화청거대배아미의 순서를 보였다. 발아처리 조건에서 일반미와 남풍거대배아미는 오히려 환원력이 감소하는 것으로 나타났으나, 감소폭은 일반미가 더 높았다. 반면, 화청거대배아미는 무발아 조건에서 가장 환원력이 낮았지만, 발아처리에 의하여 환원력이 무발아 조건의 남풍거대배아미 추출물보다도 높게 획기적으로 증가하는 것을 볼 수 있었다(0.83-3.3 mg/ml). 거대배아미 품종 중에서도 indica 계통인 남풍거대배아미와 japonica 계통인 화청거대배아미 사이에서 발아에 따라 환원력에 있어서 큰 차이를 보이고 있음은 흥미로운 점으로서 향후 다양한 품종의 거대배아미가 확보되면, 계통에 따른 생리활성의 차이에 대하여 보다 집중적인 연구가 진행되어야 할 필요성이 있다. 본 실험을 통하여 화청거대배아미는 단순한 발아처리를 통하여 건강기능성을 극대화할 수 있는 쌀 품종이라는 가능성을 보여 주었다.

페놀 화합물의 함량 변화. 발아처리에 의한 환원력의 변화는 종자의 발아로 인한 화합물의 변화에 기인한다고 생각된다. 식물 성분에서 항산화 활성의 발현에 페놀 화합물이 가장 광범위하게 관여하고 있기 때문에, 발아에 따른 환원력의 변화와 페놀 화합물 함량변화와의 관계를 알고자 발아처리에 따른 각 품종 별 페놀 화합물 함유량을 측정하였다. Fig. 1에 제시한 바와 같이, 품종 별, 발아처리에 따른 총 페놀 화합물의 함량을 측정된 결과, 무발아 처리조건에서는 일반미 품종과 거대배아미 품종 간에는 별 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 3일간 발아 처리한 거대배아미의 경우, 두 가지의 양상을 보이고 있는데, 남풍거대배아미는 발아 처리가 총 페놀 화합물의 함량에 거의 영향을 주지 않은 반면, 화청거대배아미는 발아처리로 인하여 페놀 화합물의 함량이 양은 약 2.5배로 증가하는 현상을 볼 수 있었다. 이와 같은 발아 처리에 의한 각 품종 별 페놀 화합물 함량의 변화는 이미 기술한 환원력의 변화와 비슷한 경향을 보이는 것으로 보아, 쌀 추출물에 함유된 페놀 화합물이 시료의 항산화 활성에 크게 기여함을 알 수 있었고, 특히 발아처리에 의한 화청거대배아미의 환원력 증가가 페놀 화합물의

증가에 기인함을 시사하는 결과를 얻을 수 있었다.

GABA 함량 변화. 종자의 발아과정에서 다양한 분해효소의 활성화에 의하여 고분자 유기물의 분해가 일어나기 때문에, 다량의 아미노산 유도체가 생성될 것으로 생각된다. 따라서 본 실험에서는 아미노산 유도체로서 신경전달 물질로 알려진 GABA 함량의 변화를 조사하였다. Fig. 2에 나타난 것처럼, GABA의 함량은 무발아 조건에서 화청거대배아미 > 남풍거대배아미 > 일반미의 순서였으며, 거대배아미가 일반미에 비하여 함량이 높은 것으로 나타났다. 발아처리하면 전반적으로 모든 품종에서 GABA 함량이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 발아처리에 의한 GABA 함량의 증가는 일반미, 남풍거대배아미, 화청거대배아미가 각각 5.7, 3.6, 2.4배로 나타났으나, 절대 함량은 역시 화청거대배아미가 높았다. GABA는 중추신경계에서 작용하는 아미노산 유래의 억제성 신경전달 물질로 알려져 왔으며,¹⁸⁾ 최근 GABA 수용체의 변형이나 혈장 내 GABA의 양적 수준과 성격, 또는 공황장애 질환이 밀접한 관계를 갖는다는 사실이 알려져 있다.¹⁹⁾ 이 사실은 GABA 생성의 이상으로 인하여 발생할 수 있는 스트레스에 대한 취약성을 일상적 식품섭취를 통하여 완화시킬 수 있다는 가능성을 시사한다고 하겠다. 그러나 거대배아미 추출물에는 다양한 화합물이 혼합되어 있기 때문에, 발아거대배아미의 섭취로 함유된 GABA가 중추신경계에 작용할 수 있는지 여부는 실험동물을 이용한 *in vivo*의 조건에서 집중적으로 연구되어야 할 것으로 본다.

발아거대배아미의 항변이원성. 이상의 실험을 통하여 무발아 및 발아 처리한 거대배아미의 에탄올 추출물에는 항산화 활성이나 페놀 화합물 및 GABA의 함량에 차이가 있음을 알았다. 이미 항산화 활성이 항변이원 및 항암 활성과 깊이 연관되어 있음이 알려져 있기 때문에,²⁰⁾ 본 실험에서는 각 품종 별 발아처리한 거대배아미 추출물간의 항변이원성 변화에 관해서 검토하였다. 본 연구에서는 실험의 편의상 직접변이원인 mitomycin C를 사용하여 항변이원성을 검증하였다. Table 2에서 알 수 있듯이 일반 품종의 쌀에서는 항변이원성이 거의 나타나지 않는데 비해서 거대배아미 품종들은 그다지 높은 수치

Table 2. Antimutagenicity of 70% EtOH extracts against mitomycin C using *E. coli* PQ 37 as an indicator cell

Experiments		β -galactosidase activity (units)	Alkaline phosphatase activity (units)	R-factor	Anti-mutagenicity (%)
Negative control		5.620±0.547	36.553±2.168	0.159	100
Positive control		246.079±3.166	27.838±1.730	0.884	0
Normal rice	Not-germinated	21.910±1.375	25.129±2.204	0.876	0.9
	Germinated for 3 days	23.856±0.980	32.221±1.569	0.739	16.4
Nampung giant embryonic rice	Not-germinated	23.623±1.228	31.109±1.948	0.783	11.4
	Germinated for 3 days	22.504±1.574	34.637±2.032	0.650	26.5
Whachung giant embryonic rice	Not-germinated	21.431±0.709	28.314±1.842	0.760	14.0
	Germinated for 3 days	20.816±1.498	37.645±2.768	0.553	37.4

Values obtained through triplicate experiments are expressed as mean±SD.

Table 3. Cytotoxic effect of EtOH extract of rices

Experiments		Cell viability (%)		
		40 μ g/ml	80 μ g/ml	120 μ g/ml
Normal rice	Not-germinated	73.71±3.92	24.57±2.56	20.51±1.48
	Germinated for 3 days	70.71±15.67	28.45±2.56	21.34±3.92
Nampung giant embryonic rice	Not-germinated	76.23±8.36	61.81±7.14	40.56±14.71
	Germinated for 3 days	79.07±16.30	59.46±6.12	55.50±11.72
Whachung giant embryonic rice	Not-germinated	88.16±11.16	99.36±17.28	83.28±12.79
	Germinated for 3 days	79.26±15.41	83.10±7.91	58.30±7.28

Values obtained through triplicate experiments are expressed as mean±SD.

는 아니지만 남풍거대배아미 11.4%, 화청거대배아미는 14% 정도의 항변이원성을 나타내고 있었다. 그리고 발아 처리한 경우, 일반미, 남풍거대배아미 및 화청거대배아미의 항변이원성이 각각 16.4, 26.5, 및 37.4%로 나타나, 일반미품종과 거대배아미품종 모두에서 발아에 의하여 항변이원성은 증가한다는 사실을 알았다. 품종 중에서는 특히 화청거대배아미의 경우 발아에 의한 항변이원 효과가 크게 향상되고 있다는 고무적인 결과를 얻었다. 식품 유래 항변이원성 물질은 대체로 발암의 tumor initiation 과정에서 변이원이 표적세포에 도달하는 것을 방지하는 이른바 blocking agent로서의 기능에 의한 것일 가능성이 높는데, 실제로 식이섬유 및 gum질 등 다당류들이 바로 blocking agent로 작용하면서 항변이원성을 나타내는 것이 일반적이다. 따라서, 일반품종에 비해서 배아의 크기가 큰 거대배아미의 경우 일반품종에 비해서 항변이원성이 높다는 것은 어느 정도 예상가능한 결과라고 보겠다. 그러나 tumor initiation의 억제에는 단지 blocking agent뿐 아니라,^{21,22)} 세포 DNA에 발생한 손상을 직접 수복하는데 관여하는 bio-antimutagen에 의해서도 일어날 수 있다. 화청거대배아미의 경우, 발아에 의하여 페놀 화합물 및 GABA의 함량이 높아지는 것으로 보아, 이와 같은 화합물이 직접적으로 세포 내 환경을 변화시켰을 가능성도 있으므로, 이에 대한 심도있는 연구가 필요할 것으로 본다.

품종별 세포독성. 발아 처리 거대배아미가 건강기능성 식품으로 보급되기 위해서는 세포독성이 적어야 한다. 따라서, 본 실험에서는 생쥐의 정상배양세포주인 NIH 3T3 세포를 지시세포로 하여 각종 쌀 추출물이 세포 상해에 미치는 효과를 측정하였다. NIH 3T3 세포는 암세포로의 transformation이 일어나

지 않은 정상세포의 형질을 가장 많이 보유한 계대배양 세포주의 하나로서, 정상 primary cell을 대상으로 수행되는 실험에서 지시세포로 흔히 사용되는 세포이다. 쌀 추출물을 각각 40, 80, 및 120 μ g/ml의 농도가 되도록 이 세포에 처리했을 때 나타난 세포독성이 Table 3에 정리되어 있다. 결과를 보면, 전반적으로 추출물의 농도 증가와 더불어 독성도 증가하는 경향을 보였으나, 농도증가에 따른 세포독성의 증가는 일반미에 비해서 거대배아미가 낮았다. 특히 화청거대배아미가 남풍거대배아미에 비해서 세포 독성이 낮게 나타났다. 그리고 발아 처리는 일반미 품종의 독성에 거의 변화를 일으키지 않는데 반하여, 거대배아미 품종 중에서 남풍거대배아미는 일반미와 마찬가지로 발아에 의한 세포 독성의 변화는 거의 없었다. 그러나 화청거대배아미는 발아에 의하여 오히려 독성이 10%에서 30%까지 증가하는 현상을 보였으나 그 원인은 아직 밝혀져 있지 못하다.

본 연구에서는 취반용으로는 경제성이 없는 거대배아 돌연변이 쌀을 단순 가공처리함으로써 경제성을 높일 수 있는 방안의 하나로, 발아시킨 거대배아미의 생리활성 변화를 검토하였다. 생리활성을 평가하는데 있어서 판별지표는 전반적인 항산화능을 나타내는 환원력과 항산화능에서 중요한 역할을 담당하는 페놀 화합물의 함량을 조사하였고, 또 생체 내 암 발생에 있어서 출발점이 되는 DNA의 돌연변이를 억제하는 항변이원성과 정상세포에 대한 세포독성을 측정하였다. 또한 종자 발아로 함량이 증가하는 것으로 알려진 아미노산의 신경전달 물질인 GABA 함량도 측정하였다. 연구 결과, 거대배아미 중, 화청 거대배아미의 환원력 및 GABA 함량, 그리고 항변이원성이 발아처리에 의하여 획기적으로 증가하는 것으로 나타나, 향후 발

아미를 이용한 건강식품 및 건강보조제의 제조를 위한 생물소재로 미용될 수 있는 가능성이 제시되었다.

감사의 글

본 연구는 농림기술특정과제의 연구비 지원(과제번호: 201030-03-2-HD120)에 의하여 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Cho, B. M., Yoon, S. K. and Kim, W. J. (1985) Changes in amino acid and fatty acids composition during germination of rapeseed. *Korean J. Food Sci. Technol.* **17**, 371-376.
2. Hsu, D., Leung, H. K., Finney, P. L. and Morad, M. M. (1980) Effect of germination on nutritive value and baking properties of dry peas, lentils and faba beans. *J. Food Sci.* **45**, 87-91.
3. Choi, K. S. and Kim, Z. U. (1985) Changes in lipid components during germination of mungbean. *Korean J. Food Sci. Technol.* **17**, 271-275.
4. Colmenarse De Ruiz, A. S. and Bressani, R. (1990) Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of amaranth grain. *Cereal Chem.* **67**, 519-523.
5. Lee, M. H., Son, H. S., Choi, O. K., Oh, S. K. and Kwon, T. B. (1994) Changes in physico-chemical properties and mineral contents during buckwheat germination. *Korean J. Food Nutri.* **7**, 267-273.
6. Kim, I. S., Kwon, T. B. and Oh, S. K. (1985) Study on the chemical change of general composition fatty acids and minerals of rape seed during germination. *Korean J. Food Sci. Technol.* **17**, 371-376.
7. Ikeda, K., Arioka, K., Fujii, S., Kusano, T. and Oku, M. (1984) Effect on buckwheat protein quality of seed germination and changes in trypsin inhibitor content. *Cereal Chem.* **61**, 236-240.
8. Kim, W. J., Kim, N. M. and Sung, H. S. (1984) Effect of germination on phytic acid and soluble minerals in soy milk. *Korean J. Food Sci. Technol.* **16**, 358-362.
9. Ahn, B. and Yang, C. B. (1985) Effects of soaking, germination, incubation and autoclaving on phytic acid in seed. *Korean J. Food Sci. Technol.* **17**, 516-521.
10. Lee, M. H. and Shin, J. C. (1996) In *Proc. Korean Society of Rice Research Conference: New techniques for the cultivation of quality rice.* pp. 239-263.
11. Nakagawa, K. and Onoto, A. (1996) Accumulation of γ -aminogutyric acid (GABA) in the rice germ. *Food Processing* **31**, 43-46.
12. Juliano, B. O. (1985) *Rice-Chemistry and Technology*, AACC, New York.
13. Sato, H. and Omura, T. (1981) New endosperm mutations induced by chemical mutagens in rice, *Oriza sativa*, L. *Jpn. J. Breed.* **31**, 316-326.
14. Kim, K. H., Park, S. Z., Koh, H. J. and Heu, M. H. (1992) In *Proceed of SABRAO Intern. Symp. on the Impact of Biological Research on Agricultural Productivity: New mutants for endosperm and embryo characters in rice: Two dull endosperm and giant embryo.* pp. 125-131.
15. Oyaizu, M. (1986) Studies on production of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr.* **44**, 307-315.
16. Quillardet, P., Huisaman, O. D. and Hofnung, M. (1982) SOS chromotest, a direct assay of induction of a SOS function in *Escherichia coli* K-12 to measure genotoxicity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **79**, 5971-5980.
17. Mosmann, T. (1983) Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxic assay. *J. Immunol. Methods* **65**, 55-63.
18. Enz, R. (2001) GABA (C) receptors: a molecular view. *Biol. Chem.* **59**, 1531-1535.
19. Blanchard, D. C., Griebel, G. and Blanchard, R. J. (2003) The mouse defense test battery: pharmacological and behavioral assay for anxiety and panic. *Eur. J. Pharmacol.* **463**, 97-116.
20. Ames, B. N. (1983) Dietary carcinogenesis and anticarcinogenesis: oxygen radicals and degenerative diseases. *Science* **221**, 1256-1264.
21. Compagni, A. and Christofri, G. (2000) Recent advances in research on multistage tumorigenesis. *Brit. J. Cancer* **83**, 1-5.
22. Kada, T. and Shimoi, K. (1983) Desmutagens and bio-antimutagens: Their modes of action. *Bioassays* **7**, 113-116.

Screening of Physiological Functionality of Germinated Giant Embryonic Rices

Yun-Ri Lee¹, Mi Young Kang¹, Hee Jong Koh², Joong-Hyoun Chin^{2,3} and Seok Hyun Nam* (*Department of Biological Science, Ajou University, Suwon 443-749; ¹Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701; ²Department of Agronomy, Seoul National University, Seoul 151-742; ³Shinji Corp. Suwon 441-744*)

Abstract: Changes in physiological functionality of giant embryonic rice by germination process were investigated using 70% ethanolic extract of the rices. Physiological functionality was evaluated by determining the reducing power, phenolic compound content, GABA content, and antimutagenicity. The results showed that the order of reducing power of the non-germinated rices was Nampung giant embryonic rice > normal rice > Whachung giant embryonic rice, however, the activity was high as the order of Whachung giant embryonic rice > Nampung giant embryonic rice > normal rice by germination process. About 3-fold activity increase was observed for Whachung giant embryonic rice, while, the activity of Nampung giant embryonic rice and normal rice decreased by the same treatment. The phenolic compound content of three rice cultivars were found to be almost same levels. Germination of rice increased the content of phenolic compounds by 2.6-fold without any considerable changes for both Nampung giant embryonic rice and normal rice. The GABA contents was highest in Whachung giant embryonic rice, followed by Nampung giant embryonic rice, normal rice in either germination or non-germination condition. The germination increased the GABA contents by more than 2.4-fold for all rice cultivars tested. We also found an increase in the antimutagenic activity by germination process for all cultivars, where the activity was the greatest for Whachung cultivar.

Key words: germinated giant embryonic rice, reducing power, phenolic compound, GABA, antimutagenicity

*Corresponding author