

큰눈벼와 일품벼의 발아에 의한 생리활성물질 함량 및 암세포 증식억제활성 변화 - 연구노트 -

성지혜¹ · 이준수¹ · 오세관² · 이점식² · 최원석^{3*}

¹충북대학교 식품공학과

²농촌진흥청 국립식량과학원

³한국교통대학교 식품공학과

Changes in Phytochemical Content and Antiproliferative Activity of Germinated Geunnun and Ilpum Rice Varieties

Jeehye Sung¹, Junsoo Lee¹, Sea-Kwan Oh², Jeom-Sig Lee², and Won-Seok Choi^{3*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

²National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Gyeonggi 441-857, Korea

³Dept. of Food Science and Technology, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea

ABSTRACT The purpose of this work was to measure the changes in γ -aminobutyric acid (GABA) and polyphenolic content of two different rice varieties (Geunnun and Ilpum), as well as the antiproliferative activities of both germinated brown rice varieties in cancer cells. The contents of GABA in Geunnun and Ilpum, especially in the bran of Ilpum increased significantly after germination. The content of polyphenol in Geunnun also increased after germination, but the contents of flavonoid in both varieties decreased after germination. A significant increase in the antiproliferative activity of both varieties on human lung and gastric cancer cell line was observed after germination.

Key words: brown rice, germination, GABA, antioxidant, antiproliferative activity

서 론

현미는 과피, 종피 및 호분층으로 구성된 미강(bran)과 배아(embryo) 및 배유(endosperm)로 이루어져 있으며, 일반적으로 이들의 구성비율은 미강 5~6%, 배 2~3%, 배유 92%이다(1). 이들 중 특히 배아부분에 영양소가 집중되어 있고, 발아 시 여러 가지 건강기능성 물질이 증가하는 것으로 보고되고 있다(1,2). 현미는 지방, 단백질, 비타민 B₁, B₂, E 등이 풍부하고 식이섬유의 함량이 높으며 칼슘과 철분을 비롯한 각종 무기질의 함량도 백미보다 높기 때문에 섭취가 권장되고 있으나, 반면에 조리가 어렵고 식미가 떨어지며, 소화·흡수율이 낮다는 이유로 현미보다는 백미를 주로 섭취하는 경우가 대부분이다(3). 이러한 현미의 문제점을 개선하고자, 최근 들어 풍부한 영양은 고루 섭취하고 조식을 연화하여 식미감을 높인 발아현미에 대한 연구가 진행되고 있다(4,5). 현미는 발아할 때 각종 비타민, 칼슘, 무기질, 아미노산, 효소, 아라비녹실란(arabinoxylan)의 함량이 높아지며, 특히 생리활성물질인 감마아미노부티르산(γ -aminobutyric acid, GABA)의 함량이 증가하는 것으로 보고되어 있다(6,7). 또한 발아 시 현미가 가지고 있는 콜레스테롤 저하

작용 및 혈압상승억제 등의 좋은 생리활성은 그대로 유지하고 있다고 보고되었다(8,9).

GABA는 현미를 발아시킬 때 증가되는 물질로서 전구체인 glutamic acid가 glutamate decarboxylase의 효소작용에 의해 생성되는 것으로 알려져 있다(10). GABA는 동·식물계에 널리 분포되어 있는 비단백 아미노산으로 뇌 혈류개선, 산소공급 증가, 신경안정작용, 스트레스 해소, 기억력 증진, 혈압강하작용, 중풍과 치매 예방, 비만 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있으며(8) 최근 뇌졸중 및 결장암, 대장암 세포의 전이 및 증식 억제효과도 있다고 보고되었다(11-13).

따라서 본 연구에서는 높은 기능성성분 함량을 갖도록 개발된 큰눈미와 경상도 대표적 품종인 일품미를 대상으로 현미를 발아시킨 후 발아 전후의 생리활성 물질함량 및 암세포 증식억제 활성변화를 알아보고, 발아가 이들 현미의 기능성 성분 변화 또는 생리활성에 미치는 영향을 조사해 보고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용된 쌀 품종은 큰눈(Geunnun)과 일품(Ilpum) 두 품종으로 농촌진흥청(경기도, 수원)에서 현미상

Received 27 February 2013; Accepted 18 June 2013

*Corresponding author.

E-mail: choiws@ut.ac.kr, Phone: 82-43-820-5249

태로 제공받아 시료로 사용하였다. 품종별 발아 현미의 GABA 함량 및 항산화 성분 분석에 사용된 Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, GABA, NADPH 및 GABase는 Sigma 사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였고, 암세포 증식억제 활성측정에 사용된 fetal bovine serum(FBS), trypsin 및 RPMI 1640 배지는 Gibco BL(Grand Island, NY, USA) 제품을 사용하였다. 그 밖에 사용된 추출용매 및 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

발아조건 및 시료의 전처리

현미 상태의 시료를 25°C에서 24시간 동안 침지한 뒤 발아기(WGC450, Daihan Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 다시 37°C에서 48시간 동안 발아시켰다. 발아가 완료된 후 발아 현미 시료는 50°C에서 하루 동안 건조시킨 뒤 현미기(Wooseong sintech engineering, Daejeon, Korea)로 도정(12~15%)하여 미강(rice bran) 시료를 제조하였다. 시료는 -70°C에 보관하면서 GABA와 암세포증식억제 활성 측정에 사용하였다.

GABA 함량 측정

현미의 발아에 의한 GABA 함량 변화를 측정하기 위해 마쇄된 시료 1 g을 정확히 칭량하여 증류수를 첨가한 후, homogenizer(Ultra-Turrax®T25, IKA Labortechnik Co., Staufen, Germany)를 이용하여 균질화시킨 다음, 50 mL 부피 플라스크에 정량시켰다. 위 균질액 일정량에 70 mM lanthanum chloride와 1 N KOH를 가한 뒤 원심분리 하여 상등액을 GABA 함량 측정에 이용하였다. GABA 함량은 GABase를 이용하는 효소 시스템을 사용하였고 생성되는 NADPH의 양을 spectrophotometer를 이용하여 340 nm에서 측정하였다(14).

항산화성분 함량 측정

마쇄된 시료 10 g에 methanol 200 mL를 가한 뒤 상온에서 24시간 추출하였다. 추출 후 고형분은 여과지(No. 2, Advantec, Toyo Roshi Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 여과하였고, 상등액을 polyphenol 및 flavonoid 함량을 측정하는데 사용하였으며 각 추출물은 질소 충전 후 -20°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

총 polyphenol의 함량은 각 추출액 100 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가하고 3분 방치한 후 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가한 다음, 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고 표준물질로 0.1% gallic acid를 사용하였다(15).

총 flavonoid의 함량은 각 추출액 250 µL에 증류수 1.25 mL를 가하고 5% NaNO₂ 용액 75 µL를 가한 다음, 6분 방치 후 10% AlCl₃·6H₂O 용액을 150 µL 가한 후 5분 방치하였다. 위의 반응액에 1 M의 NaOH 500 µL와 증류수 275 µL를 가한 후 510 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로

는 (+)-catechin을 사용하였다(16).

암세포 증식억제 활성 측정

분쇄한 시료 10 g에 methanol 200 mL를 가한 뒤 상온에서 24시간 추출한 후 여과하였고, 상등액을 암세포 증식억제 활성을 측정하는데 사용하였다. 각 추출물은 질소 충전 후 -20°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

암세포주(NCI-H460, 대장암; MKN45, 위암)에 대한 추출물의 증식억제 효과는 colorimetric assay인 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) 방법을 이용하여 측정하였다(17). 각각의 암세포는 10% FBS, penicillin(100 units/mL), streptomycin(50 µg/mL)을 첨가한 RPMI 1640 배지에서 37°C, 5% CO₂ 조건으로 배양하였다. 배양된 암세포는 trypsin-EDTA(1 mM) 용액을 첨가하여 T-flask 바닥으로부터 cell을 완전히 분리하여 RPMI 배지에 재 용해하였다. 세포의 농도가 2×10⁴ cells/well(NCI-H460)과 4×10⁴ cells/well(MKN45)이 되도록 cell 용액의 농도를 조정하였고 추출물은 0.22 µm membrane filter로 멸균여과한 뒤 MTT 분석방법에 사용하였다.

통계 분석

자료의 통계처리는 SAS program(v 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였다(18). ANOVA 검정과 Duncan's multiple range test 방법을 이용하여 실험군의 평균값 간에 유의수준 *P*<0.05에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

발아에 의한 GABA 함량 변화

현미 발아 시 GABA 생성 증진은 Ca²⁺와 결합한 calmodulin이 glutamate를 GABA로 전환시키는 glutamate decarboxylase(GAD)를 활성화시켜 GABA 생성을 증진시키는 것으로 보고되어 있다(19). 발아전과 발아후의 현미와 미강에서 GABA를 추출하여 발아 전후의 GABA 함량 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 품종에 관계없이 발아시킨 경우 GABA 함량이 크게 증가하였다. 보다 구체적으로 살펴보면 GABA 함량은 발아 하지 않은 상태에서는 일품벼에 비해 큰눈벼에서 다소 높게 나타났으며, 발아 후에는 큰눈벼에서 GABA 함량이 월등히 높게 측정되었고 현미보다는 미강층에서 더 높게 나타났다. 쌀이 지니고 있는 영양성분의 약 95%는 미강에 함유되어 있으며(20), 또한 미강에는 양질의 단백질, 식이섬유, 비타민, 미네랄, 색소(안토시아닌) 등 각종 생리활성물질이 포함되어 있어 항산화효과, 콜레스테롤저하, 혈당강하 등 여러 생리기능성 효과를 발휘하는 것으로 보고되고 있다(21-23). 발아처리에 의한 일품벼 현미와 미강층의 GABA 함량 증가율은 각각 3.2배, 6.0배로 나타났고, 역시 발아처리에 의한 큰눈벼 현미와 큰눈벼 미강층의 GABA 함량 증가율 또한 각각 5.0,

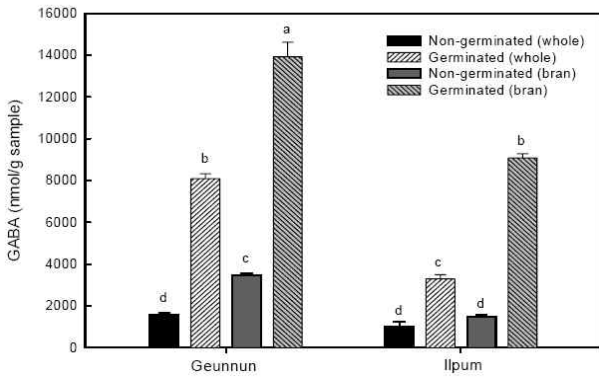


Fig. 1. Changes of GABA contents in Geunnun and Ilpum rice before and after germination ($P<0.05$).

4.0배로 나타났다. 즉 원래의 GABA 함량은 큰눈벼의 미강에 많았지만, 발아 후 증가율을 살펴보면 일품벼의 미강층에서 가장 큰 증가율을 보여주었다. Oh(24)는 증류수로 발아시킨 현미가 발아전보다 GABA 함량이 1.5배 증가하였다고 보고하였으며, Choi 등(25)은 현미 발아 8시간 경과 후 GABA 함량이 185.4 nmol/g에서 339.9 nmol/g으로 증가하는 것을 각각 보고한바 있다. 또한 Choi 등(26)은 큰눈, 고마이, 백진주, 일품, 신명흑찰, 설갱 등 6품종의 벼 발아 전후의 GABA 함량을 비교하였을 때, 일품벼와 큰눈벼가 발아 전 각각 259.8 nmol/g과 564.6 nmol/g에서 발아 후 각각 2659.4 nmol/g, 8316.0 nmol/g의 GABA 함량 증가를 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

발아에 의한 항산화성분 함량 변화

발아처리에 의한 큰눈벼와 일품벼의 polyphenol과 flavonoid 함량을 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 2와 3에 각각 나타내었다. 발아된 현미의 항산화성분 변화는 발아로 인한 종자내 화합물의 변화에 기인한다고 사료된다. Fig. 2에 제시한 바와 같이 큰눈벼 현미의 발아 후 polyphenol 함량은 20.84 mg/g residue로 발아 전 18.03 mg/g residue보다 높게 나타났으며, 미강층에서도 발아 후 polyphenol 함량이 약 3.76 mg/g residue 정도 높게 나타났다. 그러나 일품벼

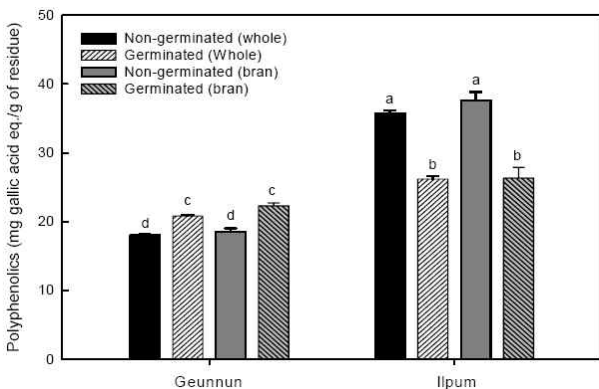


Fig. 2. Changes of phenolic compounds in Geunnun and Ilpum rice before and after germination ($P<0.05$).

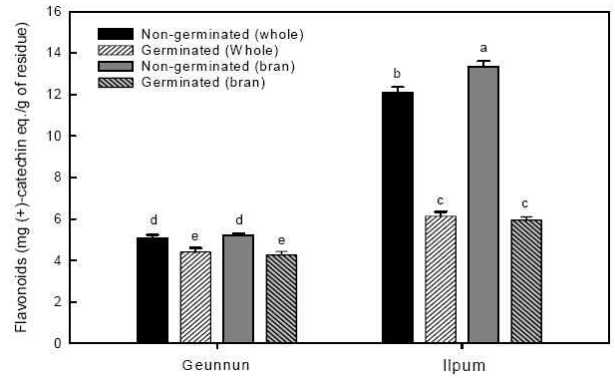


Fig. 3. Changes of flavonoid in Geunnun and Ilpum rice before and after germination ($P<0.05$).

현미의 발아 전후의 polyphenol 함량 차이는 발아 전 35.79 mg/g residue에 비하여 발아 후 26.21 mg/g residue로 감소하였고, 미강층에서도 발아 후의 polyphenol 함량이 감소된 것으로 나타났다. 이는 품종에 따라 발아 과정에서 수용성 phenolic 화합물들이 침지수 및 발아수에 용출되었기 때문으로 생각되는데, Kong 등(27)의 실험에서도 이와 유사한 현상이 나타나 흑미 미강을 첨가하여 제조한 국수를 조리할 경우 국수국물에서 polyphenol을 포함한 다량의 항산화물질이 검출되었다. 곡류에서의 발아 전후의 항산화활성 변화는 품종에 따라 달라지는데, Lee 등(28)의 보고에 의하면 남풍거대배아미는 발아 처리가 총페놀화합물의 함량에 거의 영향을 주지 않았던 반면 화청거대배아미는 발아 처리로 페놀화합물 함량이 약 2.5배 증가하였다고 하였으며, 또한 일반미와 남풍거대배아미의 경우 발아 처리 후 환원력은 오히려 감소하였다고 보고하였고, Choi 등(26)도 심명흑찰벼의 경우 발아 후 항산화활성이 감소하였다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 총 flavonoid 함량의 경우(Fig. 3), 큰눈벼와 일품벼 모두 발아 후의 총 flavonoid 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 특히 발아 후 일품벼의 총 flavonoid 함량 감소율은 발아 후 총 polyphenol 함량의 감소율보다 더 높게 측정되었는데, 이 또한 수용성 flavonoid 성분들이 발아과정 중 침지수 및 발아수에 용출되어져 나가기 때문인 것으로 사료된다.

발아에 의한 암세포증식억제 활성 변화

큰눈벼와 일품벼의 발아 전후 methanol 추출물의 암세포증식억제 효과를 조사하기 위해 여러 암들 중 국내 발생 빈도가 높은 대표적인 암인 폐암(NCI-H460)과 위암(MKN45) 세포주를 대상으로 시료 농도는 각각 1, 0.5, 0.1 mg/mL로 하여 증식억제 효과를 조사하였으며, 그 결과를 Fig. 4와 5에 나타내었다. 폐암(NCI-H460) 세포주에 대한 큰눈벼와 일품벼의 발아 전후 현미와 미강의 증식억제 활성을 조사한 결과 큰눈벼 현미의 경우 모든 농도에서 발아 후 암세포증식억제 활성이 증가하였으나, 미강의 경우 발아 후 암세포증식억제 활성은 통계적으로 유의적 차이를 나타내지 않았다

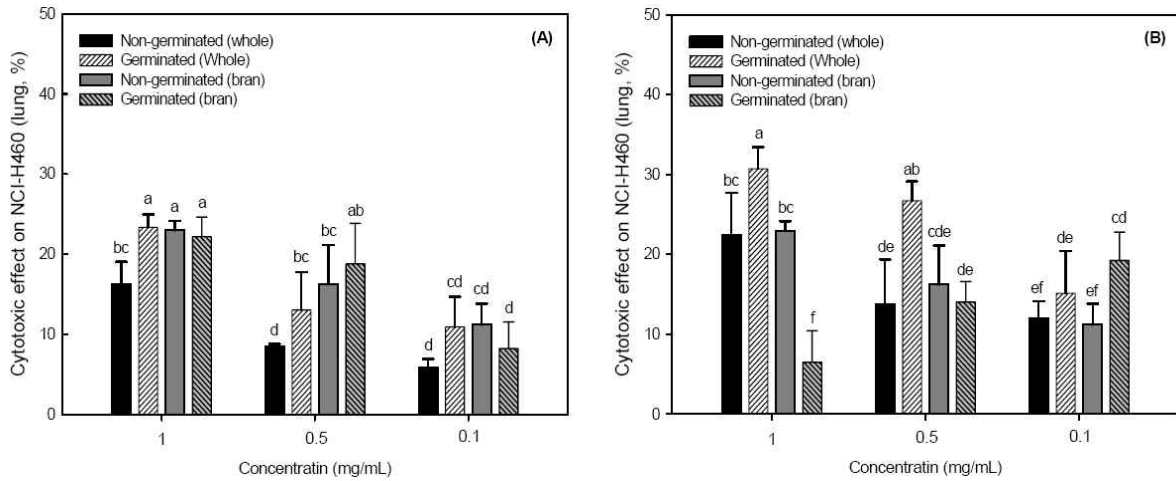


Fig. 4. Changes of cytotoxicity in Geunnun and Ilpum rice before and after germination on human lung cancer cell (A, Geunnun; B, Ilpum) ($P<0.05$).

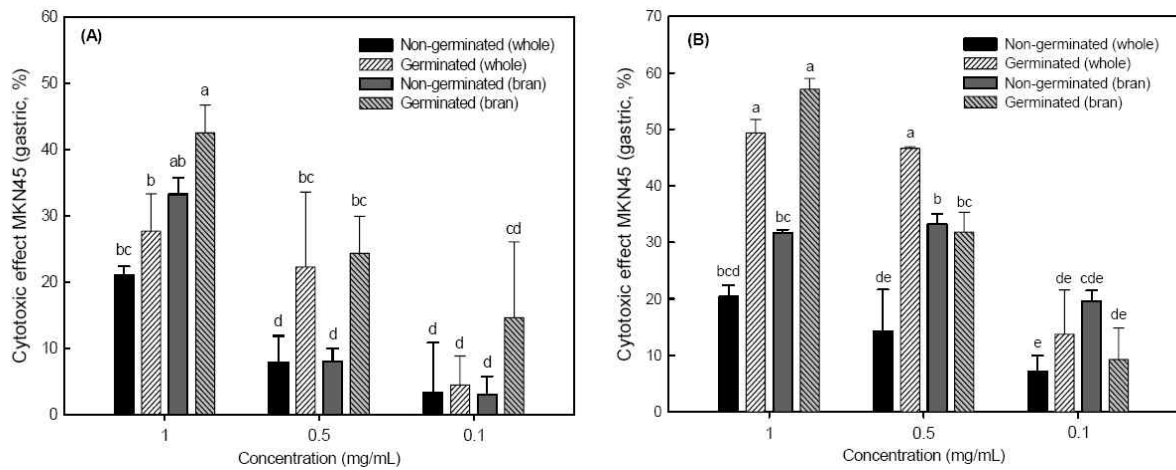


Fig. 5. Changes of cytotoxicity in Geunnun and Ilpum rice before and after germination on human gastric cancer cell (A, Geunnun; B, Ilpum) ($P<0.05$).

(Fig. 4(A)). 일품벼 현미의 경우 역시 발아 후 증식억제 활성이 증가하였으나 미강의 경우 저농도(0.1 mg/mL)에서는 발아 후 활성이 증가한 반면 고농도(1 mg/mL)에서는 오히려 발아 후 감소하는 등 일정한 경향을 보이지 않았다(Fig. 4(B)). 위암(MKN45) 세포주에 대한 큰눈벼와 일품벼의 발아 전후의 암세포증식 억제활성의 차이는 Fig. 5에 나타내었다. 큰눈벼와 일품벼 추출물 모두에서 타 농도보다 1 mg/mL의 농도에서 상대적으로 높은 암세포증식 억제활성을 보여주었으며, 일품벼 미강층의 일부 농도를 제외하고는 전반적으로 발아 후에 높은 증식억제 활성을 나타내었다. 한편 발아에 의한 증식억제 활성증가는 폐암(NCI-H460) 세포주보다는 위암(MKN45) 세포주에서 높게 나타났으며 이는 세포주의 다른 특성으로 인한 차이로 사료된다. 발아 전후의 암세포 증식억제 활성에 차이가 나타나는 이유는 발아과정에서 가수분해 효소의 작용에 의해 다당과 단백질의 가수분해가 일어나 발아현미에는 oligosaccharide와 아미노산의 양이 증가할 뿐만 아니라 GABA, 감마오리자놀

(gamma-oryzanol), 식이섬유 및 기타 생리활성물질이 생성되어 함유량이 증가되고, 따라서 이들이 암세포 증식을 억제하기 때문인 것으로 사료된다(29-31).

결론적으로 본 연구결과 두 품종의 현미를 발아 후 GABA 함량이 증가하였고, 암세포 증식 억제활성이 전반적으로 증가하는 것으로 나타났다. 발아 시 항산화 성분의 용출 현상을 방지하는 발아조건이 확립된다면 향후 현미의 발아를 이용한 건강식품 및 건강 보조제의 제조를 위한 기능성 식품 소재로의 상업적 활용이 충분히 가능할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 현미의 발아를 통해 큰눈벼와 일품벼 두 품종에서의 GABA(γ -aminobutyric acid) 함량, 항산화성분 함량 및 암세포 증식억제 활성의 변화를 측정하고자 하였다. 연구 결과 두 품종의 현미는 발아 과정을 통해 GABA 함량이 증가하였으며, 특히 일품벼의 미강층에서 발아 후 가장

큰 증가율을 나타내었다. 항산화 성분의 경우, 큰눈벼에서는 발아 후 polyphenol 함량이 증가하였으나, flavonoid 함량의 경우 두 품종 모두 발아 후 감소하는 것으로 나타났다. 암세포 증식억제활성 측정 결과, 폐암 세포주의 경우 두 품종 모두 현미상태에서는 발아 후 암세포 증식 억제활성이 증가하였으며, 위암 세포주에서 발아 후에 암세포 증식 억제활성이 보다 증가하였다. 따라서 현미의 발아 시 항산화 성분이 용출되는 현상을 방지하는 조건이 확립된다면, 향후 발아현미는 건강기능식품 및 건강보조제 등을 위한 기능성 식품 소재로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호 PJ907048)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Juliano BO, Bechtel DB. 1985. The rice grain and its gross composition. In *Rice: Chemistry and Technology*. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA. p 17-18.
- Ko MR, Choi HJ, Han BK, Yoo SS, Kim HS, Choi SW, Hur NY, Kim CN, Kim BY, Baik MY. 2011. Antioxidative components and antioxidative capacity of brown and black rices. *Food Eng Prog* 15: 195-202.
- Kim SK, Cheigh HS. 1979. Radical distribution of calcium, phosphorus, iron, thiamine and riboflavin in the degermed brown rice kernel. *Korean J Food Sci Technol* 11: 122-125.
- Moon SH, Lee KB, Han MK. 2010. Comparison of GABA and vitamin contents of germinated brown rice soaked in different soaking solution. *Korean J Food & Nutr* 23: 511-515.
- Kum JS, Choi BK, Lee HY, Park JD, Park HJ. 2004. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J Food Preserv* 11: 182-188.
- Lee MH, Shin JC. 1996. New techniques for the cultivation of quality rice. In rediscovering Korea rice and development direction. Korean Society of Rice Research Conference, Seoul, Korea. p 239-263.
- Nakagawa K, Onota A. 1996. Accumulation of γ -aminobutyric acid (GABA) in the rice germ. *Food Processing* 31: 43-46.
- Madar Z. 1983. Effect of brown rice and soybean dietary fiber on the control of glucose and lipid metabolism in diabetic rats. *Am J Clin Nutr* 38: 388-393.
- Muramoto G, Kawamura S. 1991. Rice protein and anti-hypertensive peptide (angiotensin converting enzyme inhibitor) from rice. *Nippon Shokuhin Kougyo* 34: 18-26.
- Thompson JF, Pollard JK, Steward FC. 1953. Investigations of nitrogen compounds and nitrogen metabolism in plants. Iii. γ -aminobutyric acid in plants, with special reference to the potato tuber and a new procedure for isolating amino acids other than α -amino acids. *Plant Physiol* 28: 401-414.
- Mody I, De Koninck Y, Otis TS, Soltész I. 1994. Bridging the cleft at GABA synapses in the brain. *Trends Neurosci* 17: 517-525.
- Oh SH, Oh CH. 2003. Brown rice extracts with enhanced levels of GABA stimulate immune cells. *Food Sci Biotechnol* 12: 248-252.
- Oh CH, Oh SH. 2004. Effects of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis. *J Med Food* 7: 19-23.
- Zhang G, Bown AW. 1997. The rapid determination of γ -aminobutyric acid. *Phytochem* 44: 1007-1009.
- Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruit, vegetables, and grain products. *J Agric Food Chem* 46: 4113-4117.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and they scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
- Mosmann T. 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *J Immunol Methods* 65: 55-63.
- SAS. 2000. SAS user's guide. SAS Institute INC., Cary, NC, USA.
- Yun SJ, Oh SH. 1998. Cloning and characterization of a tobacco cDNA encoding calcium/calmodulin-dependent glutamate decarboxylase. *Mol Cells* 8: 125-129.
- Jeon JY, Park JH, Kim SH, Choi YH. 2009. Optimization of β -glucan extraction process from rice bran and rice germ using response surface methodology. *Food Eng Prog* 13: 8-15.
- Jung EH, Ha TY, Hwang IK. 2010. Anti-hyperglycemic and antioxidative activities of phenolic acid concentrates of rice bran and hydroxycinnamic acids in cell assays. *Korean J Food & Nutr* 23: 233-239.
- Kim DJ, Ryu SN, Han SJ, Kim HY, Kim JH, Hong SG. 2011. *In vivo* immunological activity in fermentation with black rice bran. *Korean J Food & Nutr* 24: 273-281.
- Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. 2004. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J Food Sci Technol* 36: 930-936.
- Oh SH. 2003. Stimulation of γ -aminobutyric acid synthesis activity in brown rice by a chitosan/glutamic acid germination solution and calcium/calmodulin. *J Biochem Mol Biol* 36: 319-325.
- Choi HD, Park YK, Kim YS, Chung CH, Park YD. 2004. Effect of pretreatment conditions on γ -aminobutyric acid content of brown rice and germinated brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 36: 761-764.
- Choi Y, Jeon G, Kong S, Lee J. 2009. Changes in GABA content of selected specialty rice after germination. *Food Eng Prog* 13: 154-158.
- Kong S, Kim DJ, Oh SK, Choi IS, Jeong HS, Lee J. 2012. Black rice bran as an ingredient in noodles: chemical and functional evaluation. *J Food Sci* 77: C303-C307.
- Lee YR, Kang MY, Koh HJ, Chin JH, Nam SH. 2004. Screening of physiological functionality of germinated giant embryonic rices. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 216-221.
- Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, Nakamura T. 1992. Antioxidant properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *J Agric Food Chem* 40: 945-948.
- Manna KM, Naing KM, Pe H. 1995. Amylase activity of some roots and sprouted cereals and beans. *Food Nutr Bull* 16: 1-4.
- Cho DH, Chung HJ, Cho HY, Lim ST. 2011. Health functions and utilization products of germinated brown rice. *Food Science and Industry* 44(3): 76-86.