

열처리와 한약재 추출물이 발아현미의 GABA 함량에 미치는 영향 - 연구노트 -

전건욱 · 이미영 · 윤재민 · 장성호 · 정미리 · 정현상 · 이준수[†]

충북대학교 식품공학과

Effects of Heat Treatment and Selected Medicinal Plant Extracts on GABA Content after Germination

Geonuk Jeon, Mi-Young Lee, Jaemin Yoon, Sungho Jang,
Miri Jung, Heon-Sang Jeong, and Junsoo Lee[†]

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

Abstract

The purposes of this work were to study germination conditions on γ -aminobutyric acid (GABA) contents and to develop a simple and effective technique for the production of germinated brown rice with an enhanced GABA levels. The samples were subjected to heat treatments at 40 and 45°C before the soaking step. Moreover, four medicinal plant extracts including *Schizandra chinensis*, *Dimocarpus longan* Lour, *Angelica dahurica*, and *Gastrodia elata* Blume were used as soaking and germinating media. GABA levels were enhanced in the germinated brown rice compared to the non-germinated brown rice and the highest GABA contents were observed in heat treatment at 35°C. The brown rice soaked in *Gastrodia elata* Blume extract showed the highest GABA contents compared to the control sample. These results demonstrate that the GABA levels during germination could be significantly enhanced by the heat treatment and the treatment of medicinal plant extracts in the soaking step.

Key words: GABA, germination, heat shock, medicinal plant, brown rice

서 론

한국인 식습관의 서구화로 인해 쌀의 소비가 감소하고 있지만 최근 쌀이 함유하고 있는 여러 생리활성물질에 대한 연구가 증가하면서 기능성식품 소재로서의 쌀에 대한 관심이 늘어나고 있다. 현미에는 지질, 단백질, 비타민 등의 영양 성분과 각종 무기질의 함량이 매우 높은 것으로 알려져 소비자들의 관심이 높아지고 있다(1). 그러나 현미는 백미에 비해 맛과 질감이 떨어지고 영양분의 소화, 흡수율이 낮은 문제점을 가지고 있어 발아과정을 통해 이러한 단점을 보완하려는 노력이 이루어지고 있다(2). 현미를 발아시킬 경우 기존 현미에 비해 조직이 연화되어 관능성 향상은 물론 입자 내 각종 효소가 활성화 되어 arabinoxylan, γ -aminobutyric acid(GABA), 유용 아미노산 및 γ -oryzanol 등과 같은 건강 기능성 물질의 함량이 증가하는 것으로 보고되어 있다(3,4). 그중 GABA는 자연계에 널리 분포하는 비단백태 아미노산의 일종으로 동물 중추신경계의 신경전달물질이며 뇌기능을 촉진시키고 혈압강하 효과 및 알코올 대사 증진효과 등의 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 보고되고 있다(5,6).

지금까지 여러 식품에서 GABA를 증가시키고자 하는 연구가 활발히 진행되어 왔으며, Kum 등(7)은 현미를 발아한 뒤 GABA 함량이 약 60% 증가하는 것을 보고하였다. 또한 Sawai 등(8)은 차 원료에 혐기적 처리를 함으로써 GABA 함량이 증가함을 보고하였고, Kinefuchi 등(9)은 현미에 고압처리를 할 경우 GABA 함량이 증가하였다고 보고하였다. 뿐만 아니라 Katagiri와 Shimizu(10)는 콩에 이산화탄소를 처리 시 GABA 함량이 증가함을 보고한 바 있다.

본 연구에서는 현미발아 시 침지와 발아의 온도 및 시간에 따른 GABA 함량 변화를 알아보았다. 또한 물리적 자극으로 heat shock 처리를 하였으며, 일부 한약재 추출물을 침지수와 발아수로 이용하였을 때의 GABA 함량에 대한 영향을 알아보았다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용된 쌀 품종은 일품(Ilpum)으로 현미 상태였으며 수원 농촌진흥청에서 제공받아 시료로 사용하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: junsoo@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2566, Fax: 82-43-271-4412

발아 현미의 GABA 함량 측정에 사용된 GABA, NADP⁺ 및 Gabase는 Sigma사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 그 밖에 사용된 추출용매 및 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

침지 및 발아온도와 시간에 따른 발아현미의 GABA 함량 변화

침지조건에 따른 GABA의 함량 변화를 알아보기 위해 현미 200 g에 증류수 1000 mL를 가한 후 25, 30, 35°C로 각각 온도가 맞추어진 항온기에서 12, 18, 24, 30, 36, 48시간 침지시켰다. 실온에서 48시간 동안 발아시킨 후 55°C에서 24시간 동안 열풍건조기에서 건조시킨 뒤 GABA 함량을 측정하였다. 또한 발아조건에 따른 GABA의 함량변화를 알아보기 위해 현미를 상온에서 24시간 침지한 다음 25, 30, 35°C로 각각 온도가 맞추어진 항온기에서 발아기(Plant growth chamber WGC-450, Daihan Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 12, 18, 24, 30, 36, 48시간 발아시켰다. 발아수의 공급은 30분 간격으로 5분간 실시하였으며 각각의 조건에서 발아시킨 현미를 55°C에서 24시간 열풍건조 시킨 다음 GABA 함량 측정 시료로 사용하였다.

열처리에 의한 발아현미의 GABA 함량 변화

수세한 현미를 40°C와 45°C 항온기에 1시간 방치한 후 최적화된 조건을 이용하여 침지(25°C, 24시간) 및 발아(30°C, 48시간)를 진행하였다. 발아가 완료된 현미는 55°C에서 24시간 열풍건조 시킨 후 GABA 함량을 측정하였다.

한약재 추출물 처리에 의한 발아현미의 GABA 함량 변화

한약재 추출물(용안육(*Dimocarpus longan* Lour), 오미자(*Schizandra chinensis*), 구릿대(*Angelica dahurica*), 천마(*Gastrodia elata* Blume))이 첨가된 침지수를 이용하여 25°C에서 24시간 현미를 침지시켰다. 또한 현미 발아를 위해 발아장치에 한약재 추출물이 첨가된 발아수 1 L를 가한 뒤 30°C에서 48시간 발아시켰다. 발아수의 분무는 30분 간격으로 5분간 실시하였다. 각각의 침지수와 발아수의 한약재 추출물 농도는 1, 3, 5%로 하였다. 발아가 완료된 현미는 55°C에서 24시간 열풍건조 시킨 후 GABA 함량을 측정하였다.

GABA 함량 측정

현미의 발아 중 GABA의 함량 변화를 측정하기 위해 마쇄된 시료 1 g을 정확히 칭량하여 증류수를 가한 뒤 homogenizer(Ultra-Turrax[®] T25, IKA Labortechnik Co., Staufen, Germany)를 이용하여 균질화 시킨 뒤 50 mL로 정용하였다. 위 균질액 1 mL에 70 mM lanthanum chloride와 1 N KOH 160 μ L를 각각 가한 뒤 원심분리 하여 상등액을 GABA 함량 측정에 이용하였다. GABA 함량은 Gabase를 이용하는 효소 시스템을 사용하였고 생성되는 NADPH의 양을 spectrophotometer를 이용하여 340 nm에서 측정하였다(11).

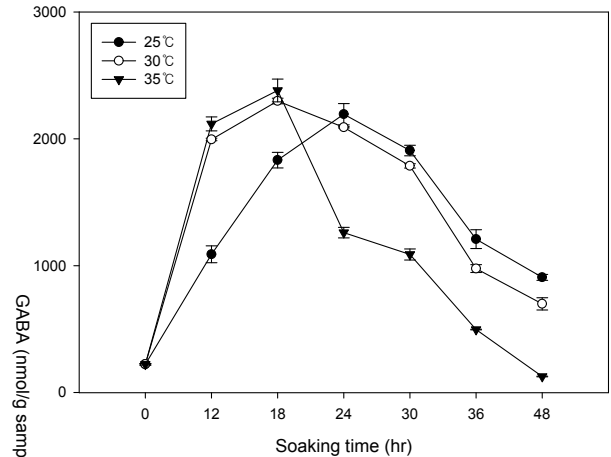


Fig. 1. Effects of soaking conditions on the accumulation of GABA in germinated brown rices.

결과 및 고찰

침지 및 발아온도와 시간에 따른 발아현미의 GABA 함량 변화

발아현미 제조 시 침지온도와 시간에 따른 GABA 함량 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 25°C 처리 조건의 경우 24시간 처리한 시료가 2209.4 nmol/g으로 가장 높은 GABA 함량을 나타내었으며, 30°C 침지조건에서는 18시간 처리한 시료가 2298.2 nmol/g으로 가장 높은 결과를 보여주었다. 또한 35°C 침지조건의 18시간 처리군은 대조군의 11배 정도인 2488.1 nmol/g으로 나타나 최적 조건임을 확인할 수 있었다. 40°C 이상 침지 시에도 높은 GABA 함량 증가를 확인할 수 있었으나 40°C와 45°C에서 침지시킨 경우 부패취가 심하여 식품으로 이용하기 힘든 상태가 되었다. Kinofuchi 등(12)은 현미를 35°C 이상 장시간 침지 시 미생물이 급격히 증가하였으며 고압처리를 통해 미생물을 사멸시켰음을 보고하였고, Suzuki와 Maekawa(13)는 UV조사, Feng 등(14)은 전기화학적 처리를 통해 증식된 미생물을 사멸시켰다고 보고한 바 있다.

발아온도와 시간에 따른 GABA 함량을 분석한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 온도가 증가함에 따라 GABA 함량도 증가함을 확인할 수 있었다. 또한 모든 온도 조건에서 48시간까지의 GABA 함량 증가는 시간과 비례적인 관계를 나타내었다. Hoshikawa(15)는 벼의 품종에 따른 차이는 있으나 최적 발아온도가 약 30~34°C 정도라고 보고한 바 있다. 보다 높은 고온에서도 발아율이 증가할 것으로 보이나 부패미생물의 증가로 인한 심한 부패취 때문에 식용으로 이용하기는 힘들 것으로 생각한다. 발아현미의 재배는 부패발생이 적으면서 발아가 신속히 이루어질 수 있도록 재배하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다.

열처리에 의한 GABA 함량의 변화

GABA는 해충감염 등과 같은 외부자극 및 종자의 발아

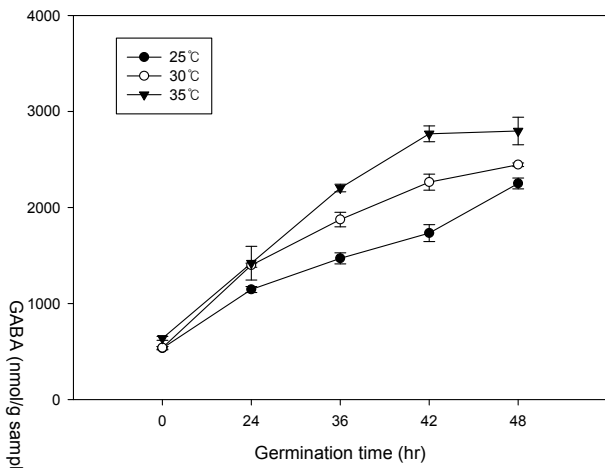


Fig. 2. Effects of germination conditions on the accumulation of GABA in germinated brown rices.

시 함량이 급격히 증가됨으로써 식물체의 성장과 자기방어 기능에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되어 있다(16). 또한

식물에서 GABA의 합성은 여러 외부 환경적 요인에 의해 영향을 받는 것으로 보고되고 있어 식물체가 여러 환경적 스트레스에 대항하기 위한 수단 중 하나로 GABA 생성체계를 가동시키는 것으로 추정되어진다. Komatsuzak 등(17)은 현미발아 시 침지와 가스처리를 통해 GABA 함량이 크게 증가하였음을 보고한바 있으며 Park 등(18)은 녹차에 혐기적 처리 시 GABA 함량이 약 6~8배 증가하였음을 보고하였다. GABA 함량을 증가시키기 위한 물리적 충격, 즉 heat shock 처리에 따른 발아현미의 GABA 함량 변화는 Table 1에 나타내었다. 대조군과 비교해 보면 40°C와 45°C에서의 열처리군은 각각 3676.3, 3977.3 nmol/g의 GABA 함량을 나타내었으며, 이는 발아 전 현미보다 일반 발아 현미군은 12.4 배, 열처리군은 각각 16.5배, 17.8배로 증가함을 알 수 있었다.

한약재 추출물을 이용한 발아현미의 GABA 함량 변화 현미 발아 시 침지수나 발아수에 특정성분을 추가하여 GABA 함량을 증가시키려는 여러 연구가 진행된 바 있다.

Table 1. Effects of heat shock treatment on the accumulation of GABA in germinated brown rices

	Non-germinated rice	Germinated rice	Germinated rice with heat shock	
			40°C	45°C
GABA (nmol/g)	223.1±14	2778.7±21	3676.3±33	3977.3±21
Increasing folds	1.0	12.5	16.5	17.8

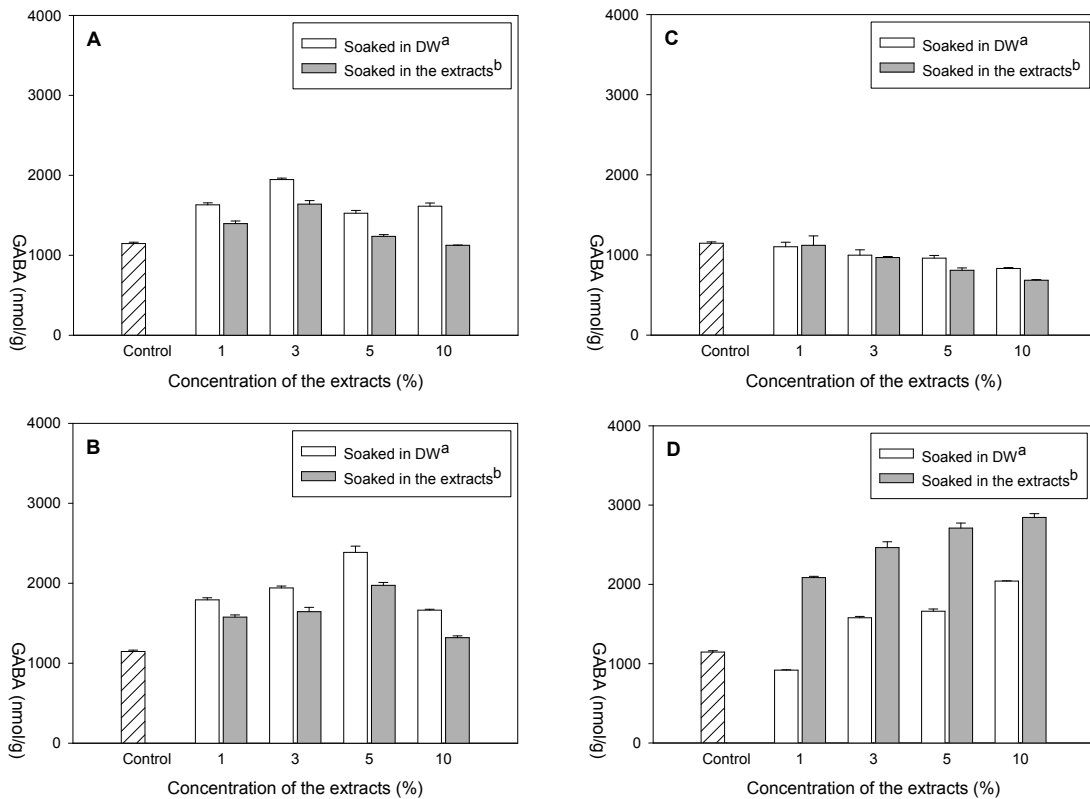


Fig. 3. Effects of medicinal plant extracts on the accumulation of GABA in germinated brown rices. A, *Dimocarpus longan* Lour; B, *Schizandra chinensis*; C, *Angelica dahurica*; D, *Gastrodia elata* Blume. ^aBrown rice soaked in distilled water. ^bBrown rice soaked in medicinal plant extracts.

Oh 등(19)은 glutamate dehydrogenase(GAD)의 기질인 glutamic acid 용액을 발아수로 사용할 경우 현미의 GABA 함량이 약 200 nmol/g에서 1000 nmol/g까지 증가하는 것을 보고하였으며, Jung 등(20)은 발아수에 키토산(132 ppm)과 글루탐산 용액(245 ppm)을 일정농도 첨가하였을 때 637 nmol/g에서 1958.6 nmol/g까지 증가되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 용안육, 오미자, 구릿대, 천마를 이용하여 각각의 추출물을 제조한 후 침지와 발아수로 이용하였으며 그 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 먼저 용안육의 경우 일반수로 침지하고 3% 추출물을 발아수로 이용했을 때가 가장 큰 GABA 함량 증가를 보여주었으며, 침지수에 추출물을 처리하였을 경우에 오히려 더 낮은 GABA 함량을 나타내었다. 오미자 추출물의 경우 오미자 고유의 색으로 인하여 발아현미가 다소 붉은 색을 띠게 되는 단점을 가지고 있지만 5% 추출물을 발아수로 이용한 발아현미에서 대조군보다 약 2.1배의 GABA 함량 증가를 나타내었다. 그러나 용안육과 마찬가지로 침지수로 추출물을 이용하였을 경우 대조군보다 낮은 GABA 함량을 나타냄을 확인할 수 있었다. 오미자에는 shizandrin이라는 물질이 함유되어 있는 것으로 알려져 있으며 이 물질은 GABA 생합성 경로에서 GABA 분해효소의 활성을 조절하는 것으로 알려져 있어 현미 발아 시 GABA 함량 증가에 효과를 나타내는 것으로 생각한다(21). 구릿대 추출물을 이용하여 현미 발아 시 오히려 대조군보다 GABA 함량이 감소함을 나타내었다. 천마의 경우 추출물의 농도가 증가함에 따라 GABA 함량도 농도 의존적으로 증가함을 보여주었다. 또한 다른 한약재 처리 시와 달리 천마를 침지수로 이용했을 경우 일반수 처리 시보다 높은 GABA 함량 증가를 확인할 수 있었으며 대조군과 비교할 때 약 2.5배 정도로 GABA 함량이 증가함을 알 수 있었다. 천마는 GABA 분해효소인 succinate semialdehyde dehydrogenase(SSADH)의 활성을 조절하는 것으로 보고된 바 있는 gastrodin과 daucosterol과 같은 물질이 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있어 이들 물질에 의해 GABA 함량이 증가된 것으로 생각한다(22).

요 약

본 연구에서는 현미 발아 시 침지 및 발아 조건에 따른 GABA 함량의 변화를 분석하고 효과적으로 GABA 함량을 증가시키기 위한 처리조건을 살펴보았다. 발아 현미의 GABA 함량 증가를 위해 침지 전 열처리를 실시하였으며, 한약재로 널리 쓰이는 오미자와 용안육, 구릿대, 천마를 침지수와 발아수로 이용하였을 때의 GABA 함량의 변화를 확인하였다. 실험 결과 45°C에서의 열처리군이 3977.3 nmol/g로 무처리군에 비해 약 1.4배 정도의 증가 효과를 나타내었다. 또한 한약재를 침지 및 발아수로 이용한 결과 용안육은 3% 추출물을 발아수로 이용하였을 경우가 가장 높은 증가

율을 보여주었으며, 오미자는 5% 추출물을 발아수로 이용한 경우가 대조군보다 2.1배로 가장 높은 GABA 함량을 나타내었다. 천마 추출물의 경우는 5% 추출물을 침지수와 발아수로 이용했을 경우 약 2.5배의 증가율을 보여 실험한 한약재 중 가장 높은 효과를 보여주었다. 본 연구 결과는 점차 관심이 높아지고 있는 발아현미 연구에 있어서 기초자료가 될 것으로 예상되며, 쌀 소비촉진에 영향을 미칠 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 Biogreen 21(과제번호: 20080401034005) 연구비 지원에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 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: 122-126.
2. Kim IS, Han SH, Han KW. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of grape seed during germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1058-1062.
3. Kim SL, Son YK, Son JR, Hur HS. 2001. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. *Korean J Crop Sci* 46: 221-228.
4. Oh SH. 2007. Effects and application of germinated brown rice with enhanced levels of GABA. *Food Sci Industry* 40: 41-46.
5. Narayan YS, Nair PM. 1990. Metabolism, enzymology and possible roles of γ -aminobutyrate in higher plants. *Phytochemistry* 29: 367-375.
6. Omori MT, Tano J, Okamoto T, Tsushida T, Higuchi MM. 1987. Effect of anaerobically treated tea (Gaboron tea) on blood pressure of spontaneously hypertensive rats. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 61: 1449-1451.
7. Kum JS, Choi BK, Lee HY, Park JD. 2004. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J Food Preserv* 11: 182-188.
8. Sawai Y, Konomi K, Odaka Y, Yoshitomi H, Yamaguchi Y, Miyama D, Takeuchi A. 1999. Repeating treatment of anaerobic and aerobic incubation increases the amount of γ -aminobutyric acid in tea shoots. *Nippon Shokuhin Kagaku Kougaku Kaishi* 46: 462-466.
9. Kinefuchi M, Sekiya M, Yamazaki A, Yamamoto K. 1999. Accumulation of GABA in brown rice by high pressure treatment. *Nippon Shokuhin Kagaku Kougaku Kaishi* 46: 323-328.
10. Katagiri M, Shimizu S. 1989. γ -Amino butyric acid accumulation in bean sprouts (soybean, black gram, green gram) treated with carbon dioxide. *Nippon Shokuhin Kagaku Kougaku Kaishi* 36: 916-919.
11. Zhang G, Bown AW. 1996. The rapid determination of γ -aminobutyric acid. *Phytochemistry* 44: 1007-1009.
12. Kinefuchi M, Sekiya M, Yamazaki A, Yamamoto K. 1999. Change in viable bacteria count in brown rice containing accumulated GABA by high pressure treatment, and properties of processed brown rice. *Nippon Shokuhin Kagaku Kougaku Kaishi* 46: 329-333.

13. Suzuki K, Maekawa T. 1999. Microorganisms control during processing of germinated brown rice. *J Soc Agric Struct* 30: 137-144.
14. Feng C, Suzuki K, Zhao S, Sugiura N, Shimada S, Maekawa T. 2004. Water disinfection by electrochemical treatment. *Bioresource Technol* 94: 21-25.
15. Hoshikawa K. 1989. Growing rice plant—an anatomical monograph. *Nosan Gyoson Bunka Kyokai (Nobunkyo)*, Tokyo, Japan. p 148-149.
16. Kinnersley AM, Turano FJ. 2000. Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress. *Crit Rev Plant Sci* 19: 479-509.
17. Komatsuzak N, Tsukahara K, Toyoshima H, Suzuki T, Shimizu N, Kimura T. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *J Food Eng* 78: 556-560.
18. Park JH, Han SH, Shin MK, Park KH, Lim KC. 2001. Change in the main constituents by a treatment condition of anaerobically treated green tea leaves. *J Medicinal Crop Sci* 9: 275-279.
19. Oh SH, Kim SH, Moon YJ, Choi WG. 2002. Changes in the levels of γ -aminobutyric acid and some amino acids by application of a glutamic acid solution for the germination of brown rices. *Korean J Biotechnol Bioeng* 17: 49-53.
20. Jung GH, Park NY, Jang SM, Lee JB, Jeong YJ. 2004. Effects of germination in brown rice by addition chitosan/glutamic acid. *Korean J Food Preserv* 11: 538-543.
21. Han JT, Ahn EM, Park JK, Cho SW, Jeon SG, Jang JS, Kim CK, Choi SY, Baek NI. 2000. Isolation of anti-convulsant compounds from the fruits of *Schizandra chinensis* Baili. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 72-77.
22. Ha HJ, Lee DU, Eah KY, Hah JS, Kim HJ, Yong CS, Huh K. 1997. Modulation of ligand binding to the GABA-benzodiazepine receptor complex by *Gastrodia elata* Blume. *J Appl Pharmacol* 5: 325-330.

(2009년 10월 9일 접수; 2009년 12월 13일 채택)