



GABA의 효능과 이용

임상동* · 김기성

한국식품연구원

Effects and Utilization of GABA

Sang-Dong Lim* and Kee-Sung Kim

Korea Food Research Institute, Sungnam 463-746, Korea

ABSTRACT

γ -aminobutyric acid (GABA) is a ubiquitous nonprotein amino acid that is produced primarily by α -decarboxylation of L-glutamic acid (Glu) catalyzed by the enzyme glutamate decarboxylase (GAD). It is well known as a neurotransmitter that regulates inhibitory neurotransmission in the mammalian central nervous system. In addition, GABA has been proved to be effective for lowering blood pressure in mammals. This paper is intended to provide basic information about GABA, including the functional and biological activity of GABA, GABA production by lactic acid bacteria, and the utilization of GABA in the production of dairy products.

Keywords : GABA, function, biological activity, lactic acid bacteria, GABA-enriched food

서 론

GABA(Gamma-Amino Butyric Acid)는 자연계에 분포하는 비단백질 아미노산의 일종으로 포유동물의 뇌나 척수에 존재하는 신경 전달 물질로 의약품으로는 뇌의 혈류를 개선하여 뇌의 산소 공급을 증가시켜 뇌의 대사 향상 및 의욕 저하 등의 치료제로 사용되어 brain food라고도 하며, 이외에도 연수의 혈관증추에 작용하여 항이노호르몬인 바소프레신의 분비를 억제하고 혈관을 확장시켜 혈관을 낮추는 고혈압 저하 효과(anti-hypertensive effect) 및 이뇨 효과(diuretic effect) 등 여러 생리작용이 보고되고 있다.

그러나 GABA는 배아미, 녹차 및 빵잎 등에 다소 함유되어 있으나, 약리작용을 발휘하기에는 턱없이 함량이 낮아 자연적인 섭취로 GABA의 생리작용을 기대하기는 어려운 실정이다. 지난 수 년 동안 GABA의 대량 생산에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔으나, 합성 GABA의 경우 식육 부

진, 변비, 설사 등의 부작용이 있어 발효제법을 이용한 GABA의 생산이 연구되고는 있으나, 아직은 수율이 낮은 형편이다.

본 논문은 GABA의 축적과 효능 및 GABA 생산 젖산균과 이를 이용한 제품개발 동향을 제시함으로써 유가공 연구에 기초자료를 제공하고자 하였다.

본 론

1. GABA의 축적

일본 식품종합연구소의 津志田 박사는 혐기성 조건하에서 차 잎의 대사를 연구하던 중 GABA와 알라닌의 대량 축적이 일어남을 발견하였다.

일반적으로 GABA의 합성경로는 글루탐산탈탄산효소(GDC)가 작용하여 글루탐산으로부터 만들어진다는 것이 알려져 왔으나, 그 후 아미노트랜스페라아제에 의해 알라닌과 호박산 세미알데하이드로 분해된다는 것이 농수성 농업연구센터의 三枝貴代 박사들의 연구로 밝혀졌다. 三枝 박사들의 연구를 종합하여 보면 GABA 축적의 원인은 여러 가지로

* Corresponding author: Sang-Dong Lim, Korea Food Research Institute, 516 Baekhyun-dong, Bundang-ku, Sungnam-Si, Gyeonggi-do 463-746, Korea. Tel: +82-31-780-9082, Fax: +82-31-780-9160, E-mail: lmsd@kfri.re.kr

생각되지만 스트레스, 산소 결핍, 홍수, 갈수, 무기염 부족, 한냉조건, 방사선 조사, 약산성, 암소처리, callus 배양 등의 주된 것이다.

최근에는 발효에 의한 GABA 증강 방법도 개발되어 있다. 특히 GABA가 축적되기 위해서는 GABA의 원료로 되는 글루탐산이 많아야 될 뿐만 아니라 GDC의 활성이 높고 또 GABA를 분해하는 효소군의 활성이 낮아야 된다는 것이 주요 사항이다(茅原紘, 2002).

2. 인체에 있어 GABA의 기능

우선 수용액 중에서 GABA의 구조는 어떻게 되어 있는지를 고찰해 본다. 田中들에 의하면 수용액 중에서는 양성이온으로 존재하고 있으며, folded 또는 extended형을 취하고 있다고 추정하였다. 최근 Crittenden 등(2001)은 GABA 수화물의 에너지 계산에 의해 GABA 수화물이 가장 안정된 형태는 이 양성이온이 분자 내에서 수소결합하고 있는 환상화합물이라고 결론지었다. 이는 GABA 수용체의 구조를 추정하는데 도움이 될 수 있다.

GABA의 약리학적인 견해로서 지금까지 GABA 수용체에 GABAa와 GABA_B가 알려져 있는데, GABAa는 알파, 베타, 감마, 델타의 sub-unit를 가진 heteromer이며, GABA_B는 sub-unit ρ를 가진 monomer이다. 수용체 GABAa는 그 구조 중에 염소이온 channel을 가지고 있다. 사람이 불안상태에 빠지면 大脳辺縁系를 중심으로 흥분이 높아진 때에 생체 방어 반응으로서 GABA 신경세포에서 GABA가 방출된다. 방출된 GABA는 수용체와 결합하고 수용체의 구조 변화가 일어나 염소이온 channel이 열려 염소이온이 세포 내에 유입된다. 그 결과, 세포막 내부가 과분극으로 된다. GABA의 작용 개시에는 나트륨 이온과 같이 양으로 하전되어 있는 이온의 GABA 신경세포에의 유입이 필요하다. 유입되면 바로 세포의 흥분성이 감소되고 GABA의 신경억제 효과가 나타나 불안상태가 완화된다.

수용체 GABA_B의 생체 기능으로서는 欠神發作發現에 일부 관여한다는 것이나 기억에 관계하는 海馬長期 증강현상, 조울증의 발현 등에 관계하고 있다는 것이 알려져 있다.

뇌에 있어 정보전달은 글루탐산 등의 흥분성과 GABA 등의 억제성의 2가지 신호가 상호 조절하여 그 미묘한 균형에 의해 뇌 기능이 정상으로 유지되고 있다는 것은 확실하며,

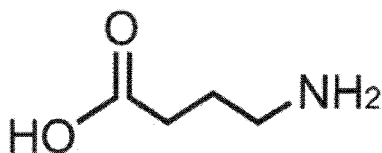


Fig. 1. GABA의 구조식.

GABA가 이 균형을 유지하는데 중요한 역할을 하고 있다는 것도 이론은 없다. 따라서 만일 GABA가 체내에서 현저히 결핍되면 흥분이 과도하게 되어 Bernard 등(2000)이 지적한 바와 같이 간질증상 등이 나타난다. 한편, 현저히 증대하면 억제 효과가 지나쳐 Tinuper 등(1992) 및 Fibiger와 Lloyd(1984)가 지적한 바와 같이 의식의 혼탁이나 마비증상을 나타내게 된다.

3. 인체에 있어 GABA의 효능

GABA는 신경 전달, 혈압 강하 효과 유도, 특히 폐경기나 갱년기 중에 발생하는 불면, 우울, 불안 등에 대한 신경 안정 효과 등의 생리활성 기능이 있다(Stanton, 1963; Omori 등, 1987; Okada 등, 2000).

의약품으로서 뇌의 혈류를 개선하여 산소 공급량을 증가시켜 뇌 대사를 항진시키는 작용을 하므로 뇌졸중이나 두부외상 후유증 뇌동맥 후유증에 의한 두통 귀울림, 의욕 저하 등의 치료에 응용되고 있다. 지금까지의 연구에 따르면 GABA는 건망증세 등을 나타내는 노인성 치매나 정신증상을 보이는 파킨슨병인 경우 수액 중의 농도가 감소한다는 것이 밝혀졌다(Manyam 등, 1980). 또 중적 발작을 보이는 간질 환자의 수액에 GABA 농도가 저하되어 있다는 사실로부터 GABA에 신경의 흥분을 억제하는 작용이 있을 것으로 추측하고 있다(大態誠太郎 등, 1997). 더욱이 기분 장애나 알콜성 우울증 환자에서 수액 중 GABA 농도가 감소하고 있음을 보고하였고, 우울증 치료약인 desipamine이나 aminotriptyline의 작용기작으로서 GABA 전달계를 게재하여 GABA의 유리를 촉진함으로써 우울증의 개선에 기여한다고 생각하여 감정장애나 불안장애의 발증 메카니즘에 GABA계가 크게 관여하고 있음을 밝혔다(西川 徹, 1996; Petty 등, 1990; Roy 등, 1991). 또한, 중추 이외에 미치는 작용으로서는 연수의 혈관운동중추에 작용하여 항이노호르몬인 바소프레신의 분비를 억제하고 혈관을 확장시켜 혈압을 낮추는 작용이 지적되었고, 본태성 고혈압 자연발증 쥐를 사용한 실험에서 GABA가 혈압 상승을 억제하는 작용이 있음을 보고하였다(大森正司 등, 1987).

이와 같이 다수의 생리작용이 보고되어 있는 GABA는 식물체에도 함유되어 있는 물질로서 배아미나 녹차 등의 식품에도 함유되어 있으므로 경구적으로 섭취하는 것이 가능하다. 그러나 이들 식품에 함유된 GABA의 양은 결코 많지 않아 종래에는 약리작용을 발휘하기 위한 필요량을 식품에서 섭취하는 것은 곤란하였다. 그러나 일본 농림수산성 중국 농업시험장의 Saikusa 등(1994)이 연구를 추진한 결과, 현미에 내제되어 있는 글루타민산 탈탄산효소가 가수조건하에서 미립 중의 글루타민산을 대량으로 또 급속히 GABA로

전환시킨다는 것을 발견하였고, 이 사실을 응용하여 GABA를 고농도로 축적시킨 탈지 쌀 배아 식품의 개발에 성공하였다(Onoda 등, 1998). 이로부터 종래 식물로부터의 자연섭취에는 양적으로 한계가 있던 GABA를 생리작용이 기대될 수 있는 양까지 많이 섭취하는 것이 가능하게 되었다. 한편, 갱년기 장애 및 초로기에 나타나기 쉬운 불면이나 조급함 등의 정신장애, 자율신경 장애는 신경내과, 정신과에 있어서도 치료가 대단히 어려운 질환의 하나이다. GABA는 지금까지 신경내과, 정신과 영역에서 임상연구가 진행되어 왔는데, GABA가 뇌 속에서 신경흥분을 안정시키는 작용을 한다는 것과 이와는 반대로 감정장애나 기분장애, 치매 등에 있어서는 수액 중의 GABA 농도가 감소한다는 것이 알려져 있다. 또 신경불안증의 환자, 예를 들면 필요 이상의 불안으로 가위 놀리는 발작이 나타나는 정신질환에 있어서도 역시 뇌 속에 존재하는 GABA량이 감소한다는 것이 알려져 있다. 결국 뇌 속에 존재하는 GABA량의 감소는 정신 흥분이나 불안과 대단히 밀접한 관계가 있다는 것이 강하게 시사되었다.

즉, 갱년기 장애의 주된 증상인 불안 등의 기분장애 또는 초로기 우울증 등의 정신장애를 나타내는 환자에 있어서는 GABA계의 기능이 저하되어 있을 가능성이 높다. 이와 같은 환자에 있어서는 경구적으로 GABA를 보급함에 의해 증상의 개선이 기대될 수 있을 것이라고 하였다(Okada 등, 2000).

우선 지금까지 알려져 있는 GABA 및 GABA 함유식품의 효능을 요약 열거하면 다음과 같다(茅原紘, 2002).

- ① 혈압을 정상으로 한다.
- ② 혈액중의 콜레스테롤이나 중성지방의 증가를 억제한다.
- ③ 신장, 간장이나 췌장의 활동을 활성화한다.
- ④ 혈당치의 상승을 억제한다.
- ⑤ 뇌의 혈류를 좋게 하여 뇌 세포의 대사를 활발하게 한다.
- ⑥ 비만 방지 작용
- ⑦ 알콜대사 촉진 작용
- ⑧ 체취, 구취, 생리취, 노인취, 노취 등의 소취 효과
- ⑨ 감정장애, 불안장애의 해소
- ⑩ 뇌졸중 후유증 개선 작용
- ⑪ 대장암 억제 작용
- ⑫ 성장호르몬 분비 촉진 작용

4. GABA의 자연계 분포

GABA는 자연계에 널리 분포하는 아미노산의 일종으로서 포유동물의 뇌나 척수에 존재하는 억제계의 신경 전달물질이다. GABA는 대략 red mold rice에 20 mg/100 g 건물량, Gabaron tea에 150 mg/100 g 건물량, soaked rice germ에 400

mg/100 g 건물량이 함유하고 있다(Kono와 Himeno, 2000; Tsushida 등, 1987; Saikusa 등, 1994; Saikusa 등, 2001).

Glutamate의 탈카르복실화를 촉매하는 glutamate decarboxylase (GAD)는 박테리아(Gale, 1946), 고등식물(Okunuki, 1937; Schales 등, 1946)과 동물(Blindermann 등, 1978; Robert와 Frankel, 1951)에서 GABA를 생산한다.

5. GABA를 생산하는 젖산균

Nomura 등(1999)은 *Lactococcus lactis*가 GABA를 생산하는 능력을 검사한 결과, *L. lactis* subsp. *lactis* 균주는 이 산을 생산한 반면 *L. lactis* subsp. *cremoris*는 생산하지 못하였다고 보고하였다. *Lactobacilli*의 일부 균주는 glutamate를 탈카르복실화하여 최종산물로 GABA와 CO₂를 생성한다고 하였다(Hanaoka, 1967). Hayakawa 등(1997)은 glutamate decarboxylase에 의해 glutamic acid로부터 많은 양의 GABA를 신속히 생산하는 젖산균인 *Lactobacillus brevis*를 분리하였는데, glucose-yeast extract-polypeptone 배지에서 59 mM, glutamic acid에서 50 mM GABA를 생산하였다고 하였다. 그러나 고가의 배지 배양액이 문제점이었고, glutamic acid를 보충없이 GABA를 생산하는 경제적이고 단순한 공정의 필요성이 대두되어 Yokoyama 등(2002)은 알콜증류 지게미에서 glutamic acid의 첨가 없이도 젖산균인 *Lactobacillus brevis* IFO-12005가 GABA를 생산하였다고 발표하였다. Siragusa 등(2007)은 GABA 농도가 0.26~391 mg/kg인 다양한 이탈리아 치즈에서 *Lactobacillus paracasei* PF6, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* PR1, *Lactococcus lactis* PU1, *Lactobacillus plantarum* C48와 *Lactobacillus brevis* PM17 젖산균을 분리하였고, 이들을 환원 탈지유에 배양한 결과 GABA 생산이 우수하였다고 하였다. Li 등(2008)은 중국 전통의 paocai에서 분리된 *Lactobacillus brevis*를 3% sodium glutamate가 함유된 modified MRS 배지에 배양한 결과 149.05 mM의 GABA가 축적되었다고 하였다. Lu 등(2008)은 김치와 요구르트에서 GABA 생산이 높은 *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*를 분리하였고, monosodium glutamate 1% 함유된 MRS 배지에 배양한 결과 1 당 3.68 g의 GABA가 생성되었다고 하였다. 국내에서는 Lim 등(2009)이 원유에서 GABA 생산이 높은 *Lactobacillus acidophilus* RMK567를 분리하였고, monosodium glutamate 1%가 함유된 10% 환원 탈지유에 37°C에서 18시간 배양한 결과 GABA량이 711.40 µg/g D.W 생산되었다고 하였다.

6. GABA 개발 현황

1) 국내 현황(월간 식품산업, 2006)

GABA는 뇌경색·뇌출혈 후유증이나 뇌혈관 장애 증상을

개선하는 의약품·혈압 상승을 억제하는 의약품에 이용되고 있다. 의약품으로는 정맥 주사제로 뇌졸중·머리외상·뇌동맥 휴유증에 있어 뇌혈류 개선 및 뇌대사 증진 작용에 사용하고 있으며, 경구 처방약으로도 판매되고 있다. GABA의 효능이 알려지면서 GABA에 대한 다양한 상품 개발을 시도하고 있지만 법적인 규제 때문에 활발한 활동을 기대하기 어려운 실정이다. 실제 국내에서 판매되는 GABA 상품은 다양하지 않지만 이에 반해 GABA에 대한 연구는 많이 이루어지고 있다.

GABA를 이용한 효능 연구 및 그 함량을 높인 식품에 대한 연구는 다양한 측면에서 이뤄진데 반해 GABA의 생산에 관한 연구는 아직 미미한 실정이다. 즉, 이전의 연구방향이 GABA의 효능을 밝히는 것에 초점을 두었다면 최근에는 미량의 GABA를 대량 생산할 수 있는 방법으로 연구 동향이 바뀌고 있다.

식품의 GABA 성분에 대한 직접적인 언급을 할 수 없기 때문에 국내에서 유통되는 GABA 단독 상품은 존재하지 않는다. 대부분이 발아현미의 GABA 성분을 전면에 내세웠으며 가장 대표적인 식품은 발아현미를 이용한 식품 즉, 발아현미·발아현미밥·발아현미우유 등이다. 비록 표기에 GABA의 함량을 나타내지 않은 발아현미 식품도 발아현미 내의 GABA 성분에 대한 효능을 암묵적으로 인정하고 있기 때문에 GABA 제품으로 볼 수 있다.

국내에서 GABA를 생산 판매하는 업체를 소개하면 다음과 같다.

① (주)바이오벤

김치로부터 GABA의 생산성이 우수한 젖산균인 락토바실러스 sake B2-16을 이용하여 미강 추출물을 발효 기질로 한 GABA의 생산공정을 확립하였다. 미강뿐 아니라 대두·녹두·쌀배아 등으로부터 GABA를 생산하는 기술을 개발하여 녹두를 원료로 이용한 GABA는 콜라겐 합성 효과 및 항염증 효과를 인정받아 2005년 10월부터 화장품 소재로 미국에 수출하고 있다.

② CJ(주)

2004년에 한국압웨이와 CJ와 제휴해 영양성분이 강화된 「햇반가바」를 시판했었다. 그러나 식품에서 사용할 수 없는 GABA란 용어를 사용해 식품허위·과대광고로 적발됐으며, 이에 「햇반가바」 시판을 중지했다. 현재는 「햇반/발아현미밥」이란 상품으로 발아현미밥을 출시하고 있으며, CJ 쌀 가공센터의 기술력으로 개발한 발아현미를 50% 함유하였다고 밝히고 있다.

③ 동아제약(주)

동아제약(주) 로얄디 파워는 로얄젤리에 벌꿀·타우린·과라나 추출물·이노시톨·니코틴산 아미드·쌀배아 추출물·비타민 B₆·비타민 B₂ 등을 배합한 건강음료이다. 현대인에게 꼭 필요한 스트레스 해소·에너지 증진·집중력 강화를 위한 제품으로 소개하고 있다. 이 로얄디 파워의 효능·효과에서 쌀배아 추출물의 뇌대사 촉진 및 면역 증진 능력을 강조하고 있다. 실제 GABA라는 말을 표기하지 않았지만 GABA의 효능을 간접적으로 나타낸 것으로 보인다.

④ 두산식품 BG

두산식품 BG의 「살아숨쉬는 발아콩 두부」에 사용한 발아콩은 물에 불린 다음 어두운 곳에서 싹을 틔운 콩이다. 회사 측에서는 발아콩에는 몸에 좋은 성분이 새롭게 생겨나고, 조직이 부드러워져서 영양활성도가 높으며 소화흡수에 좋다고 전하고 있다.

2) 국외 현황

GABA에 대한 상품화는 국내보다 해외, 특히 일본에서 활발하게 이뤄지고 있으며, 상품 개발에 박차를 가해 신제품 및 신소재를 본격적으로 판매하는 기업이 증가하고 있다. 건강식품 쪽에선 GABA 함량이 많은 쌀씨눈 식품 또는 쌀씨눈 추출액을 판매하고 있는데, 갱년기 장애를 개선하고 정신안정 작용도 있다는 것을 내세우고 있다.

① 가바론 차

일본식품종합연구소의 津志田藤二郎 박사, 농업연구센터의 三枝貴代 박사, 大森正司大妻 여자대학 교수들이 개발하였다. 녹차의 풍미를 손상시키지 않고 보존하는 방법을 연구하던 중 녹차 생엽을 질소가스 농도를 높여 밀봉하면 GABA가 고농도 강화된다는 것을 발견하였다. 이 제조방법의 특징은 혐기처리와 호기처리를 여러 번 반복함에 의해 호기처리시에 글루탐산 함량이 회복되고 그 후의 혐기처리로 GABA 함량이 증가하는데, 앞보다도 줄기에 GABA 함량이 높기 때문에 줄기를 제거하지 않고 마무리를 한다. 가바론 차 100 g 중에 GABA를 약 200 mg 함유한다.

② 발아현미

도마(주)의 塚原菊一 사장, 생물계 특정산업기술연구 추진기구의 小野田彦 박사, 식품종합연구소 등의 그룹에서 개발, 제품화되었다.

현미의 배아에는 100 g 중 원래 500 mg 정도의 GABA가 함유되어 있지만, 현미를 물에 수 시간 침적시키면 배아 중의 글루탐산이 GDC의 작용으로 GABA로 변화된다. 유전자해석으로부터 GABA를 만드는 이 효소는 세포내의 칼슘에 반응

하여 활성화된다는 것이 알려져 있으며, 현미가 발아할 때에 세포내의 칼슘이 증대하는데 GABA가 축적된다. 발아현미 중에는 현미의 약 2.8배, 백미의 약 10배의 GABA가 함유되어 있다. 특히 농수성 중국농업시험장에서 개발된 배아 부분을 약 3할 정도 증가시킨 거대 배아미를 발아시킨 “거대 배아 발아현미”도 시판되고 있다. 거대 배아 발아현미의 GABA 함유량은 원료인 거대 배아미보다도 약 7배나 증가하였다는 보고도 있다. 또 발아현미의 제품화로서는 종래의 습식 타입과 건식 타입이 있으며, 또 발아현미 분말, 발아현미 누룩도 시판되고 있다. 발아현미는 주식으로 될 수 있다는 점에서 발아현미 및 발아현미를 이용한 제품을 취급하는 기업이 급증하고 있는데, 원료인 현미의 종류, 생산공정의 차이, 제품의 다양화 등으로 각기 차별화하여 관측에 열을 올리고 있다.

③ 현미 GABA액

물에 침적시켜 GABA 함유량을 증가시킨 “GABA 강화 쌀배아 추출물”을 원료로 사용한 기능성 음료가 있다. 중국 농업시험장에서 개발, (유)라이스크리에이트에서 판매, 1병(30 ml)에 GABA 10 mg 함유하고 있다. 최근에는 “현미 GABA 미세분말”도 개발되어 판매 예정에 있다.

④ GABA 강화 쌀배아

중국농업시험장과 오리자油化(주)와의 공동연구에 의해 GABA를 강화시킨 쌀배아의 대량 생산에 성공하였다. 이 제조방법으로 가공 전 쌀배아 중의 GABA 함량이 25~50 mg/100 g이던 것이 350~400 mg/100 g까지 증가시키는 것이 가능하게 되었다. 식품에의 응용도 이루어지고 있는데, GABA 강화 쌀배아 미세분말, GABA 강화 쌀 배아의 물추출 농축분말 등이 시판되고 있다. “오미자 GABA 21”은 GABA를 강화시킨 쌀배아의 supplement(정제)인 100 g에 GABA 250 mg을 함유하고 있다.

⑤ Super GABA

후킷코(주)에서는 일본의 전통적 발효식품인 糠漬에 눈을 돌려 (주)大阪생물환경과학연구소와 공동연구로 糠床(糠床)의 환경을 모방한 GABA 발효생산법을 확립하고 고농도로 GABA를 함유하는 분말상 식품 소재인 “Super GABA”를 개발하였다. GABA를 5% 이상 함유하고 있으며, 유산균, 효모의 혼합배양에 의한 발효물이기 때문에 양호한 풍미, 산미를 가지고 있다. 또 수용성이 대단히 높고 가열조건하, 넓은 pH 영역에서 안정하므로 식품가공이 용이하다는 것을 특징으로 하고 있다.

⑥ GABA 발효대두

池田당화공업(주)에서는 글루탐산을 풍부하게 함유한 대두를 원료로 하여 발효법에 의한 GABA의 증강 방안을 검토하였다. 그 결과 인도네시아의 전통적인 발효식품인 템페(temphe)에 사용되고 있는 템페균을 사용, GABA 증강 발효 대두식품의 개발에 성공하였다. GABA 발효 대두분말의 GABA 함량은 1 g/100 g 이상이다.

⑦ GABA 락토엑기스

大洋향료(주)에서는 발효식품의 스타터로서 사용되고 있는 유산균 중에서 GABA를 고농도로 그리고 효율 좋게 생성하는 유산균주를 발견하여 유제품 등을 주성분으로 하는 GABA 고함유식품인 GABA 락토엑기스를 개발하였다. GABA 함유량은 800 mg/100 g 이상이라고 보고되어 있다. GABA 락토엑기스는 유제품을 주원료로 하여 식용유산균으로 발효시켰기 때문에 범용성, 기호성이 높아 일상적으로 섭취하는 것이 가능하다.

⑧ GABA 증강 클로렐라

클로렐라공업(주)에서는 미세조류에 속하는 클로렐라 세포 내에 고농도의 GABA를 축적시키는 방법을 검토하여 낮은 pH하에서 GDC에 의해 고농도의 GABA를 축적시키는데 성공하였다. GABA 증강 클로렐라의 강압작용은 교감신경계를 억제하여 부교감신경을 우위로 하는 작용에 기초를 두고 있다.

⑨ GABA 고함유 호박

(주)롯데는 大妻 여자대학의 大森正司 교수와의 공동연구에서 GABA 고함유 호박제품을 개발하였다. 꽃가루, 야채, 과일 등에서 GABA가 많이 함유되고, 그 위에 GDC 활성이 높은 것을 탐색하여 호박을 후보로 삼았다. 호박에서 효소를 추출하여 글루탐산을 GABA로 변화시키는 조건을 검토한 결과 20% 이상의 GABA를 함유하는 GABA 고함유 호박제품의 개발에 성공하였다. 현재 “GABA·20” 드링크 및 “GABA·20” 정제가 잇달아 출시되고 있는데, 1병 또는 1정 중에 GABA 함량 20 mg이 되도록 설계되어 있다.

⑩ GABA 함유 발효 아가리쿠스

(주)야에가끼 발효기연·기술개발연구소에서는 姫路공업대학 환경인간학부와의 공동연구에서 GABA 함유 발효 아가리쿠스의 상품화에 성공하였다. 아가리쿠스버섯이 함유하는 GDC의 작용으로 액체 배지 중에 글루탐산으로부터 변환된 GABA가 고농도 축적된다는 것을 발견하였다. 버섯 유래의 GABA 고농도제품은 최초이며 더구나 아가리쿠스가 무용버섯, 표고버섯, 양송이보다 GABA 축적량이 많다는

것도 밝혀졌다. 이미 판매되고 있는 GABA를 2.5~3.0% 함유한 분말타입 외에 수용성 타입도 판매할 예정이다.

⑪ GABA 함유 치즈

農水省·畜産試験場(1997)에 따르면 치즈에는 통상 거의 GABA를 함유하지 않지만 GABA 생성능을 가진 유산균을 사용하여 혈압 강하작용을 지닌 GABA의 함량을 크게 향상시킨 치즈와 동시에 유청음료를 개발하였다고 하였다.

⑫ 쌀배아, 미강을 축매로 한 GABA 대량 생산

新潟縣농업종합연구소에서는 쌀배아 및 미강을 축매로 하여 글루탐산과 GDC의 보호소인 피리독살인산을 pH 5.5, 40℃, 6시간 반응시킴에 의해 GABA의 대량 생산방법을 개발하였다. 쌀배아인 경우 GABA의 생산량은 배아 100 g당 29 g, 미강인 경우 미강 100 g당 17 g이 된다고 보고되어 있다.

⑬ 발아현미 GABA Whole Powder

킷스비健全食(주)이 개발한 제품으로 현미를 발아시켜 특수고압가열제법으로 알파화 시키고 분말로 하여 제품화하고 있으며, GABA 함유량은 25 mg/10 g이다.

⑭ 미강 발효식품

바이오뱅크(주)가 개발한 발효식품으로 배아 및 미강을 독자의 방법으로 손수 발효시킨 현미영양소 발효식품이다. 본 식품에는 GABA가 169 mg/100 g 함유되어 있는데 과립상으로 시판되고 있다.

⑮ GABA 증강 온실 멜론

靜岡縣 농업시험장에서는 각종 농작물 중의 GABA 함유량을 비교실험한 바, 온실 멜론 100 g 중에 74 mg의 GABA가 함유되어 있음을 발견하였다. 이 값은 온실 멜론 1개중의 약 56잔 분량의 GABA가 함유된 것이라 보고되어 있다.

결 론

GABA는 뇌기능 촉진·혈압 저하 작용·항우울증 작용·체중 감소·알콜 중독의 치료·뇌졸중 치료제·마취제 및 진통제 등 매우 다양한 분야의 의약품으로서 이용되고 있다. 현대 의학에 있어서 약물의 중독 및 내성 문제, 그리고 그 외 2차적인 부작용은 해결해야 할 과제로 남아 있다. 이를 해결하기 위한 한 방안으로 천연소재의 활용이 적극 검토되고 있으며, GABA는 이러한 차세대 의약품인 동시에 건강기능 식품 소재로 매우 시장성이 큰 물질이라 할 수 있

다. 그러나, 식품의약품안전청에서 허용하고 있는 건강기능 식품에 GABA는 아직까지 허용되지 않고 있다. 이에 기능성 식품에 이용할 수 있는 방법인 개별인증에 대한 시도가 이루어지고 있는데, 최근 CJ(주)에서 씨제이테아닌 등 복합 추출물로 개별인증을 받았다. 따라서 식품의약품안전청에서는 『기억력 개선에 도움을 줄 수도 있으나 아직은 과학적 근거가 부족합니다』의 수준으로 기능성 내용을 인정하였다. 비록 GABA 독자적인 성분으로 개별 인증을 받은 것은 아니지만 앞으로 가바 관련 개별 인증이 뒤따를 것으로 보이며, 특히 GABA를 생성하는 젖산균을 이용한 발효유 및 치즈 등이 앞으로 개발 가능할 것으로 보이며, 이에 대한 연구가 많이 이루어질 것으로 기대된다.

참고문헌

- Bernard, C., Cossart, R., Hirsch, J. C., Esclapes, M. and Ben-Ari, Y. 2000. What is GABAergic inhibition? How is it modified in epilepsy? *Epilepsia*. 41(6):S90-S95.
- Blindermann, J. M., Maitre, M., Ossola, L. and Mandel, P. 1978. Purification and some properties of L-glutamate decarboxylase from human brain. *Eur. J. Biochem.* 86:143-152.
- Crittenden, D., Jordan, M. J. T. and Collins, M. 2001. An ab initio theoretical investigation of solvent stabilizing effects on γ -amino butyric acid(GABA) and analogues, 9th Asian Chemical Congress in Australia.
- Fibiger, H. C. and Lloyd, K. G. 1984. Neurobiological substances of tardive dyskinesia, the GABA hypothesis. *Trends Neurosci.* 7:462-464.
- Gale, E. F. 1946. The bacterial amino acid decarboxylase. *Adv. Enzymol.* 6:1-32.
- Hanaoka, Y. 1967. Studies on preservation of soy sauce. (VI) Enzymatic decomposition of L-aspartic acid in soy sauce by *Lactobacilli*. *Hakkokogaku.* 45:312-319.
- Hayakawa, K., Ueno, Y., Kawamura, S., Taniguchi, R. and Oda, K. 1997. Production of γ -aminobutyric acid by lactic acid bacteria. *Sebutsu Kogaku.* 75:239-244.
- Kono, I. and Himeno, K. 2000. Change in γ -aminobutyric acid content during beni-koji making. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 64:617-619.
- Li, H., Gao, D., Cao, Y. and Xu, H. 2008. S high gamma-aminobutyric acid producing *Lactobacillus brevis* isolated from Chinese traditional paocai. *Annals of Microbiology.* 58(4):649-653.

10. Lim, S. D., Kim, K. S. and Do, J. R. (2009) Physiological characteristics and GABA production of *Lactobacillus acidophilus* RMK567 isolated from raw milk. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 29(1):15-23.
11. Lu, X., Chen, Z., Gu, Z. and Han, Y. B. 2008. Isolation of gamma-aminobutyric acid producing bacteria and optimization of fermentative medium. Biochemical Engineering J. 41(1):48-52.
12. Nomura, M., Kimoto, H., Someya, Y. and Suzuki, I. 1999. Novel characteristic for distinguishing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* from subsp. *cremoris*. International Journal of Systematic Bacteriology. 49:163-166.
13. Okada, T., Sugishita, T., Murakami, T., Murai, H., Murai, H., Saikusa, T., Horino, T., Onoda, A., Kajimoto, O., Takahashi, R. and Takahashi, T. 2000. Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder by oral administration. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi. 47(8):596-603.
14. Okunuki, K. 1937. Uber ein neues enzym glutaminocarboxylase. Bot. Mag. Tokyo. 51:270-278.
15. Omori, M., Yano, T., Okamoto, J., Tsushida, T., Murai, T. and Higuchi, M. 1987. Effect of anaerobically treated tea (gabaron tea) on blood pressure of spontaneously hypertensive rats. Nippon Nogeikagaku Kaishi. 61:1449-1451.
16. Onoda, A., Saikusa, T., Horino, T., Kajimoto, O., Miyamoto, A., Tanaka, Y., Murakami, T., Okada, T. and Murai, H. 1998. The First International Symposium on Disease Prevention by IP₆ & Other Rice Component. 97.
17. Petty, F., Kramer, G. L., Dunman, D. and Rush, A. J. 1990. Plasma GABA in mood disorders. Psychopharmacol. Bull. 26:157-161.
18. Robert, E. and Frankel, S. 1951. Glutamic acid decarboxylase in brain. J. Bio. Chem. 188:789-795.
19. Roy, A., DeJong, J., Lamparski, D., George, T. and Linnoila, M. (1991) Depression among alcoholics. Relationship to clinical and cerebrospinal fluid variables. Arch. Gen. Psychiatry. 48:428-432.
20. Saikusa, T., Horino, T. and Mori, Y. 1994. Distribution of free amino-acids in the rice kernel and kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. J. Agric. Food Chem. 42:1122-1125.
21. Saikusa, T., Okada, T., Murai, H., Ohmori, M., Mori, Y., Horio, T., Ito, M. and Onoda, A. 2001. The effect of defatting with organic solvent on accumulation of 4-aminobutyric acid(GABA) in the rice germ. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi. 48:196-201.
22. Schales, O., Mims, V. and Schales, S. S. 1946. Glutamic acid decarboxylase of higher plants. Arch. Biochem. 10: 455-465.
23. Siragusa, S., De Angelis, M., Di Cagno, R., Rizzello, C. G., Coda, R. and Gobbetti, M. 2007. Synthesis of gamma-aminobutyric acid by lactic acid bacteria from a variety of Italian cheeses. Applied and Environmental Microbiology. 73(22):7283-7290.
24. Stanton, H. C. 1963. Mode of action of gamma aminobutyric acid on the cardiovascular system. Arch. Int. Pharmacodyn. 143:195-200.
25. Tinuper, P., Montagna, P., Cortelli, P., Avoni, P., Lugaresi, A., Schoch, P., Bonetti, E. P., Gallassi, R., Sforza, E. and Lugaresi, E. 1992. A case with possible involvement of the gamma-aminobutyric acid(GABA) ergic system. Ann. Neurol. 31:503-506.
26. Tsushida, T., Murai, T., Omori, M. and Okamoto, J. 1987. Production of a new type of high level of γ -aminobutyric acid. Nippon Nogeikagaku Kaishi. 61:817-822.
27. Yokoyama, S., Hiramatsu, J. I. and Hayakawa, K. 2002. Production of γ -aminobutyric acid from alcohol distillery lees by *Lactobacillus brevis* IFO-12005. J. of Bioscience and Bioengineering. 93(1):95-97.
28. 農水省・畜産試験場. 日本化学工業日報. 1997. 6. 19日号.
29. 大森正司・矢野とし子・岡本順子・津志田藤二郎・村井敏信・樋口 満. 1987. 嫌気処理緑茶による高血圧自然発症ラットの血圧上昇抑制作用. 日本農芸化学会誌, 61:1449-1451.
30. 大態誠太郎・桂 昌司・廣内雅明. 1997. 神経精神薬理別冊「ニューロトランスミッター」19:167.
31. 茅原 紘. 2002. GABAの機能解明と新素材開発の可能性. Japan Food Science. 41(1):39-43.
32. 西川 徹. 1996. GABAの効果. Clinical Neuroscience. 14: 404-407.
33. 월간 식품산업. 2006. 특집2. 규제위한 규제 속에 「가바」 식품산업화 막혀. 2월호.

(2009년 3월 31일 접수; 2009년 5월 13일 채택)