

Research Article

Open Access

## 다양한 빛 파장 및 식물 스트레스 유발 화합물이 콩나물 경도 및 유리 아미노산 (Free Amino Acids)에 미치는 영향

차미정,<sup>1</sup> 박의호,<sup>1</sup> 강선철,<sup>2\*\*</sup> 백광현<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>영남대학교 생명공학부, <sup>2</sup>대구대학교 생명공학과

### Effects of Various Wavelength on the Hardness and the Free Amino Acid Contents of Soybean Sprouts

Mijeong Cha,<sup>1</sup> Euiho Park,<sup>1</sup> Sun Chul Kang<sup>2\*\*</sup> and Kwang-Hyun Baek<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>School of Biotechnology, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea, <sup>2</sup>Department of Biotechnology, Daegu University, Gyeongsan, Gyeongbuk, 712-714, Republic of Korea)

Received: 3 November 2011 / Accepted: 12 December 2011  
© 2011 The Korean Society of Environmental Agriculture

#### Abstract

**BACKGROUND:** Effect of various light wavelength and plant defense molecules were evaluated on the hardness and the contents of free amino acid including  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) in soybean sprouts.

**METHODS AND RESULTS:** Germinating soybean seeds were treated with various single wavelength of light (380, 440, 470, and 660 nm) or without light at 25°C for six days. Soybean seeds were also treated with stress-signaling molecule ethephon or H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at the same time. Soybean sprouts treated with 470 nm substantially raised the hardness almost two times than the control. The free amino acid contents were higher in 470 nm and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treated soybean seeds than the control. Nutritionally beneficial GABA contents were increased by the treatments of 470 nm, 440 nm, ethephon, and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**CONCLUSION:** These results suggest that the hardness and the contents of amino acids can be regulated by stimuli,

which stimuli could be composed of various wavelength and plant defense molecules. Especially, single wavelength 470 nm illumination has the effect of increasing GABA contents with increased hardness.

**Key Words:** Free amino acids, Light emitting diodes (LED),  $\gamma$ -Aminobutyric acid (GABA), Soybean sprouts, Wavelength

#### 서론

우리나라의 고유 식품인 콩나물은 가격도 저렴하고 기호성이 높아 식품 소재로 다양하게 이용되고 있다. 콩나물은 재배기간이 짧고 언제 어디서든 손쉽게 재배할 수 있어 채소 섭취가 힘든 겨울철에도 단백질, 비타민, 무기질의 공급원으로 중요한 식품이다(Golbitz, 1995). 현재 콩나물을 생산하여 판매하는 여러 식품 회사에서는 글루코사민, DHA, EPA를 함유하는 등 많은 기능성 콩나물을 개발하여 시판하고 있지만, 일반적인 방법으로 생산된 것에 비해 너무 높은 가격 때문에 소비자들에게 꾸준한 호응을 얻지 못하고 있다. 뿐만 아니라 생산과 유통을 겸하고 있는 일부 대형회사를 제외하면 개개 업체는 아주 영세한 실정이므로 콩나물 생산업체 대부분은 설비투자 및 기술개발에 투자에 어려움을 겪고 있다(Park *et al.*, 2002).

콩나물의 재배과정 중의 물리화학적 특성과 관능적 특성을 살펴보면, 각 품종 별 수율은 콩 종자의 중량 순서와 일치

\*교신저자(Corresponding author),  
Phone: +82-53-950-5720; Fax: +82-53-953-7233;  
E-mail: sckang@daegu.ac.kr  
\*\*공동교신저자(Corresponding author),  
Phone: +82-53-810-3029; Fax: +82-53-810-4769;  
E-mail: khbaek@ynu.ac.kr

했으며, 재배 6일을 전후로 배축 길이의 증가 폭이 컸고, 재배 6일째 콩나물이 외관, 향, 맛, 씹힘 등 관능평가에서 다른 재배일수의 콩나물보다 우수하게 평가되었다(Choi *et al.*, 2000). 콩나물의 무게증가는 주로 수분함량의 증가와 연관이 있어서 수분함량이 무게의 증가와 비슷한 경향을 보인다. 콩이 발아되어 콩나물로 성장하는 과정 중에는 일반적인 영양 성분 또한 상당히 달라지는데, 지방 함량이 감소하는 반면 조단백과 섬유소 함량은 증가하고 비타민류 특히 비타민 A와 C의 함량증가가 현저하다고 하였고(Lee *et al.*, 2005), 소화율이 증진되면서 가스발생인자와 특히 trypsin inhibitor의 활성이 감소된다고 보고되었다(Collins and Sand, 1976). 또한 콩나물의 발달 과정 중 숙취해소에 효과가 있는 asparagine이 콩나물 뿌리에 많이 집적되는 것이 발견되었다(Lee and Hwang, 1996).

건강 물질로 새롭게 각광 받고 있는  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA)는 glutamate decarboxylase (GAD)에 의한 L-glutamic acid (Glu)의 탈카복실화에 의해 일차적으로 생산되는 4개의 탄소를 가진 비단백질 아미노산이다(Shelp *et al.*, 1999, Adeghate and Ponery, 2002). 식물에서 GABA의 역할은 아직 명확하지 않은 반면, 동물에서의 신경 전달 물질 억제제로서의 그 역할은 이미 잘 알려져 있다(Erlander and Tobin, 1991; Mody *et al.*, 1994). 또한 GABA가 혈압 감소(Ohmori *et al.*, 1987), 알코올과 연관된 증상으로 부터 회복(Nakagawa and Onoto, 1996), 스트레스 조절(Hayakawa *et al.*, 2004), 암세포 증식 억제(Oh and Oh, 2004) 등, 건강에 매우 유익한 효과를 준다는 수많은 연구들이 보고되어 왔다. 최근 국내에서도 그 효능을 인정 받아 GABA의 함량을 증강 시킨 과일이나 곡물류들이 특화 개발되어 시판되고 있다. GABA는 기계적 자극이나 손상뿐 아니라, 저온 충격, 열 충격, 저산소증, 세포질의 산성화, 어둠, 수분스트레스, 식물호르몬, 그리고 가뭄스트레스 등 여러 가지 환경적 스트레스에 의해 식물 조직의 다양한 곳에서 대량으로 빠르게 축적된다고 보고 되고 있다(Bown and Shelp, 1997; Serraj *et al.*, 1998; Snedden and Fromm, 1998). 콩나물의 발아과정에서의 부위별 GABA의 함량을 측정한 연구에서는 뿌리 끝의 총 유리 아미노산 (free amino acids) 중 GABA의 함량이 12.3%를 차지하고 있었고, 떡잎의 총 유리 아미노산 중에는 4.2%를 차지하였으며, GAD 또한 떡잎이나 다른 부위의 조직에 비해 뿌리 끝에서 아주 높은 활성을 보임이 보고되었다(Oh and Choi, 2001).

빛은 에너지의 1차적 소스로써 식물에게 매우 중요하며, 광도나 광질, 그리고 광주기는 식물의 발달과 높은 광합성 효율의 상당 부분을 조절한다(Hangarter, 1997). 식물에 대한 빛의 역할이 중요한 만큼 빛과 관련하여 식물의 성장, 분화, 발달, 영양 물질 변화 등에 관련된 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특정 빛 파장의 처리는 콩나물의 성장에 영향을 미치는 것이 밝혀졌는데, 콩나물 재배 기간 중 적색광과 초적색광을 처리 할 경우 청색광과 암 처리에 비해 하배축의 신장을 억제시킴과 동시에 굵게 하고, 특히 초적색광 처리에서의

미발아 종자의 비율이 높았다(Kim *et al.*, 1982, Park *et al.*, 2002). 암실에서 재배한 황색 콩나물에 비해 광질을 처리한 녹색콩나물에서 조단백의 함량이 2배, asparaginic acid의 함량이 5배, 그리고 비타민의 함량이 수십 배 증가한다고 보고되었다(Chi *et al.*, 2005). 이러한 빛에 관한 식물 연구는 그 동안 광질 처리를 위해 광원이 색 셀로판지를 투과하는 형태로 진행되었으며(Kim *et al.*, 2006), sodium 또는 metal halide lamp가 대부분의 연구에 광원으로 주로 사용되어 왔다.

1960년경에 발명되어 최근 전등이나 전광판에 많이 이용되고 있는 발광다이오드 (Light emitting diode: LED) 또한 원예 식물 생산에 공급되는 광원으로서 주목 받고 있다. LED는 재료를 달리하여 자외선, 가시광선, 적외선 영역까지 발광할 수 있으며, 최근 다양한 산업에 이용되고 있다. 특히 농업 분야는 현재 LED의 출현과 함께 식물 재배용 광원으로 서 또한 수확 후 저장용 광원으로서 또 다른 전환점을 맞이하고 있는 중이다(Baek *et al.*, 2010). 그러나 현재까지 LED에 의해 공급된 다른 파장에 의한 광질의 효과를 규명하기 위한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 LED를 이용한 특정 파장 광질의 처리 및 스트레스 유도 화합물들이 콩나물 재배 시 콩나물의 상품성에 중요한 요인 중 하나인 강도 및 유리 아미노산, 특히 뇌건강 활성 및 혈류 개선에 도움을 주는 GABA 함량 증진에 영향을 미치는 정도를 규명하고자 하였다

## 재료 및 방법

### 콩나물 재배

콩나물 종자는 소립품종인 풍산콩(2008년산)을 영남대학교 생명공학과에서 분양 받아 콩의 형태, 종피색 및 크기가 다른 것을 제거한 후 시험재료로 사용하였다. 실험 과정 중 발생할 병원균의 오염을 막기 위해 종자를 70% Ethanol에 혼들어 소독한 후 증류수로 거품이 나지 않을 때까지 반복하여 세척하였다. 콩나물의 발아는 플라스틱 container (10.5 cm × 25 cm × 3.5 cm)에 paper towel을 깔고 적실 정도의 증류수를 부어 준 뒤 각각 75 립씩 완전 임의 배치법으로 치상하여 실시하였다. 발아 container는 검은색 아크릴 판을 이용하여 파장 별로 칸막이된 LED 상자 내에서 재배 기간 동안 각각 암실, 380 nm, 440 nm, 470 nm, 660 nm 파장의 LED 광질을 처리하였다. 관수는 1일에 2~3회 정도 발아 container에 증류수를 직접 첨가해주었으며, 스트레스 유도 화합물 처리 군은 증류수 대신 각각 1 mM 농도의 ethephon과 5 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액을 첨가하여 암실에서 재배하였다. 콩나물의 재배는 25°C의 향온 항습실에서 총 6일간 수행되었다.

### 견고성 측정

6일간 재배한 콩나물의 배축 (줄기)의 견고성을 측정하였다. 견고성은 콩나물 자엽의 아래쪽 1.5 cm 지점 (hypocotyl을 벗어난 지점)으로부터 뿌리 위쪽 2~3 cm 정도의 길이로 잘라 각 처리당 Rheometer (Compac-100II, Sun Scientific

Co., Japan)를 이용하여 5반복으로 측정하였다 (Hwang and Park, 2011). 측정조건으로는 plunger type을 이용하여 Hardness test (test speed 120 mm/sec; load cell, 10 kg)를 수행하였다.

#### 유리 아미노산 (free amino acids) 분석

유리 아미노산 분석을 위하여, 단백질을 제거를 위하여 trichloroacetic acid를 이용하는 방법 (Aristoy and Toldra, 1991)을 약간 변경하여 이용하였다. 동결 건조한 콩나물 시료 1g을 막자사발을 이용하여 잘게 뺨아 가루 형태로 만든 후, 20 mL의 3% TCA (Trichloroacetic acid)에 녹인 후 진탕 혼합하였다. 28°C의 진탕배양기에서 2시간 동안 혼합한 후, 원심분리를 4°C, 13,000 rpm의 조건으로 15분간 수행하여 상층액을 얻었다. 원심분리된 시료의 상층액을 0.2 µm 필터를 통하여 여과한 후, 총 0.4 mL 여과된 샘플을 새 Eppendorf 튜브로 옮기고, 미리 여과시켜 둔 3%의 TCA 1.6 mL를 첨가하였다(총 2 mL). 유리 아미노산은 L-8900 Amino acid analyzer (Hitachi, Japan)로 분석하였다.

#### 결과 및 고찰

##### LED처리와 콩나물 강도

콩나물을 다양한 파장으로 빛을 조사하였을 때, 콩나물에서 엽록소의 축적으로 인하여 녹색 콩나물이 형성되었다(Fig. 1). 이들 콩나물은 6일 동안 서서히 계속 성장하였으나, 노화 및 성숙 유전자인 에틸렌을 생성하게 하는 ethephon의 경우에 성장을 저해하였다. 콩나물의 강도는 상품성을 평가하는데에 주된 요인으로 작용하는데, 암실에서 6일 동안 자란 콩나물이 평균 1,006 g였던 반면에, 360 nm 파장에서 자란 것이 1,782 g, 440 nm에서 1,776 g, 660 nm에서 1,698 g였으며, 470 nm에서 자란 것이 평균 2,152 g로 가장 강도가 높았다(Fig. 2). 식물에 스트레스 유발 물질인 ethephon 처리군에서는 콩나물 생장의 저하로 강도 측정이 불가능 했던 반면, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 처리군은 정상적인 성장을 보였고, 강도 측정 결과 평균 1,150 g로 대조군과 큰 차이를 보이지 않았다. 강도 측정 결과 다양한 파장의 빛이 콩나물의 강도와 엽록소 양을 증가시켰으며, 증가된 강도에 의해 더 질긴 식감을 줄 수 있다.

##### 유리 아미노산 함량

콩나물의 유리 아미노산 함량을 비교한 결과, 암실에서 기른 콩나물에 비해 LED 광원 처리군과 스트레스 유도 화합물 처리군에서 대부분의 유리 아미노산 함량이 증가하였다(Table 1). 파장 별 총 유리 아미노산 함량을 비교한 결과, 380 nm 파장을 처리한 콩나물은 건조된 gram중 당 88.61 mg, 440 nm 파장을 처리한 콩나물은 104.95 mg/g, 470 nm를 처리한 콩나물은 131.49 mg/g, 660 nm 파장을 처리한 콩나물은 95.08 mg/g로 암실에서 기른 콩나물 87.62 mg/g에 비해 모두 증가하였다. Ethephon과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 처리했을 때의 총 아미노산 함량은 대조군에 비해 각각 129.43 mg/g과 121.38 mg/g으로 모두 약 1.48배와 1.39배의 증가를 보였다(Table 1).



Fig. 1. Morphology of soybean sprouts by the illumination of various wavelength and stress-inducing compounds ethephon and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> for 3 days. The soybean sprouts were grown in dark (①), 380 nm (②), 440 nm (③), 470 nm (④), 660 nm (⑤), 1 mM ethephon (⑥) and 5 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (⑦).

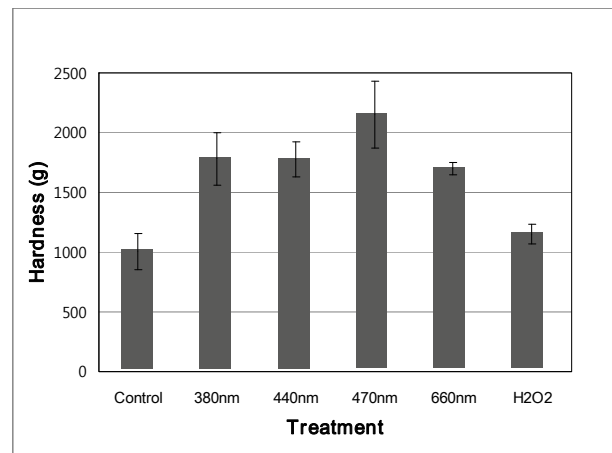


Fig. 2. Hardness of soybean sprouts illuminated under various wavelength and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment for 6 days. Vertical bars represent means ± standard errors (n=5)

암실에서 6일간 길러진 콩나물에서 추출한 아미노산의 성분 별 비율은 60.62 mg/g 농도의 asparagine이 총 아미노산 함량의 69.19 %로 가장 많은 양을 차지했고, 그 다음으로 GABA가 7.06 mg/g 농도로 8.06%를, arginine, lysine, glycine 순으로 각각 총 아미노산 함량의 5.54%, 2.68%, 2.37%를 차지하였다(Fig. 3). 총 유리아미노산 중에서 가장 많은 비율을 차지하고 있는 asparagine과 GABA의 처리 별 함량의 변화를 살펴보면, 암실에 길렀을 때보다 440 nm, 470 nm, ethephon, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 처리에 의해 증가하는 양상을 보였다(Fig. 4). Asparagine은 470 nm 처리 시 98.00 mg/g으로 가장 크게 증가하였고, ethephon처리 시 92.86 mg/g, 그리

Table 1. Free amino acids contents of soybean sprouts

Abbre-viati on	Amino acid Nomenclature	Contents <sup>a</sup> (mg/g of dry weight)						
		Dark	380nm	440nm	470nm	660nm	Ethephon	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Asp	Aspartic acid	0.96±0.12	0.96±0.13	0.83±0.23	0.83±0.33	0.85±0.03	1.44±0.23	1.00±0.12
a-AAA	α-Amino adipic acid	0.04±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01
Ala	Alanine	1.07±0.12	1.09±0.16	1.29±0.23	1.19±0.22	1.15±0.22	1.34±0.13	1.14±0.23
Amm	Ammonium	1.32±0.11	1.33±0.10	1.66±0.24	1.69±0.24	1.49±0.10	2.39±0.51	1.68±0.12
Arg	Arginine	4.85±0.49	4.97±0.59	4.32±0.45	6.83±1.15	5.77±0.52	6.39±0.81	5.15±0.31
Asn	Asparagine	60.62±9.13	60.97±9.66	74.33±9.29	98.00±9.61	66.56±10.40	92.86±6.24	90.46±7.15
B-ala	β-Alanine	0.06±0.01	0.07±0.01	0.08±0.02	0.08±0.02	0.09±0.04	0.11±0.04	0.09±0.02
Cys	Cysteine	-	0.05±0.01	0.05±0.01	0.04±0.02	0.04±0.01	0.04±0.02	0.06±0.02
Ethamin	Ethanolamine	0.12±0.12	0.12±0.02	0.15±0.02	0.14±0.03	0.14±0.03	0.13±0.01	0.13±0.01
GABA	γ-Amino-n-but yric acid	7.06±0.64	7.27±0.84	8.46±0.95	8.50±0.99	7.12±0.65	9.90±0.59	8.69±0.61
Glu	Glutamic acid	0.28±0.04	0.30±0.07	0.43±0.06	0.30±0.07	0.41±0.18	0.22±0.03	0.25±0.04
Gly	Glycine	2.08±0.40	2.11±0.40	2.64±0.29	3.02±0.64	2.31±0.27	2.62±0.58	2.58±0.46
His	Histidine	0.58±0.04	0.60±0.07	0.74±0.08	0.84±0.04	0.65±0.06	0.84±0.04	0.76±0.09
Ile	Isoleucine	0.36±0.03	0.38±0.01	0.47±0.07	0.44±0.08	0.36±0.03	0.56±0.16	0.44±0.06
Leu	Leucine	1.23±0.27	1.25±0.22	1.45±0.15	1.46±0.15	1.19±0.30	1.67±0.25	1.35±0.12
Lys	Lysine	2.35±0.20	2.41±0.12	2.81±0.36	2.87±0.34	2.42±0.23	2.87±0.32	2.47±0.35
Met	Methionine	0.22±0.09	0.22±0.08	0.27±0.05	0.26±0.05	0.23±0.12	0.27±0.06	0.23±0.04
Phe	Phenylalanine	0.65±0.04	0.67±0.03	0.74±0.08	0.73±0.08	0.63±0.09	0.98±0.19	0.68±0.28
Ser	Serine	1.3±0.08	1.30±0.08	1.36±0.14	1.41±0.15	1.23±0.05	1.66±0.13	1.47±0.03
Thr	Threonine	0.84±0.05	0.84±0.06	0.90±0.05	0.92±0.34	0.81±0.14	1.00±0.22	0.94±0.15
Trp	Tryptophan	0.22±0.04	0.22±0.05	0.26±0.05	0.24±0.06	0.19±0.01	0.19±0.10	0.20±0.10
Tyr	Tyrosine	0.47±0.12	0.48±0.06	0.56±0.12	0.51±0.12	0.45±0.05	0.61±0.17	0.45±0.08
Val	Valine	0.95±0.02	0.96±0.02	1.11±0.17	1.11±0.11	0.95±0.22	1.30±0.17	1.10±0.18
Total		87.62±7.77	88.61±8.60	104.95±9.97	131.49±9.75	95.08±10.26	129.43±7.67	121.38±6.73

<sup>a</sup>The numbers are the means of the free amino acid contents in three independent samples.

고 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 처리시 90.46 mg/g으로 증가하였다. GABA는 ethephon 처리시 9.90 mg/g으로 가장 크게 증가하였고, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 처리 시 8.69 mg/g, 470 nm 처리시 8.50 mg/g, 그리고 440 nm 파장 처리시 8.46 mg/g으로 증가하였다.

미량 아미노산의 처리 별 함량의 변화를 비교 해 보면, 전체적으로 ethephon 처리군 에서 아미노산 증가율이 가장 우수 했으며, 470 nm와 440 nm 처리군에서도 우수했다. Ethephon 처리군에서는 β-alanine이 2.01배로 가장 크게 증가하였으며, isoleucine이 15.3배, phenylalanine이 1.51 배, aspartate가 1.50배, histidine이 1.44배 증가하였고, 0.76배로 감소한 glutamate과 0.85배로 감소한 tryptophan 을 제외한 그 밖의 모든 아미노산에서 1.11~1.39배 사이의 증가를 보였다. 470 nm 처리군에서는 glycine과 histidine 이 1.45배, arginine이 1.41배, β-alanine이 1.35배로 증가하였고, 0.87배로 감소한 aspartate을 제외한 그 밖의 모든 아

미노산에서 1.06~1.22배 사이의 증가를 보였다. 440 nm 처리군에서는 특이하게도 스트레스 유도 화합물 처리군에서 모두 감소한 glutamate가 1.50배로 가장 크게 증가하였고, β-alanine이 1.34배 증가하였다. 각각 0.89배와 0.87배로 감소한 aspartate와 arginine을 제외한 그 밖의 모든 아미노산에서 1.05 ~ 1.28배 사이의 증가를 보였다. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 처리한 콩 나물에서 ethephon 처리군과 마찬가지로 β-alanine이 1.54 배로 가장 많이 증가하였으며, histidine이 1.31배 증가하였다. Glutamate과 tyrosine 그리고 tryptophan이 각각 0.88 배, 0.97배, 0.89배로 감소하였지만, 그 밖의 모든 아미노산에서 1.02~1.27배 사이의 증가를 보였다.

Aasparagine은 아스파라가스에서 최초로 발견된 아미노산으로, 생체내에서 생합성되기에 필수아미노산은 아니다. 그러나 생체내 aspartate 사이에 암모니아를 주고받으며 암모니아 대사에 관여하기에, 아미노산 대사에 필수적인 기능을



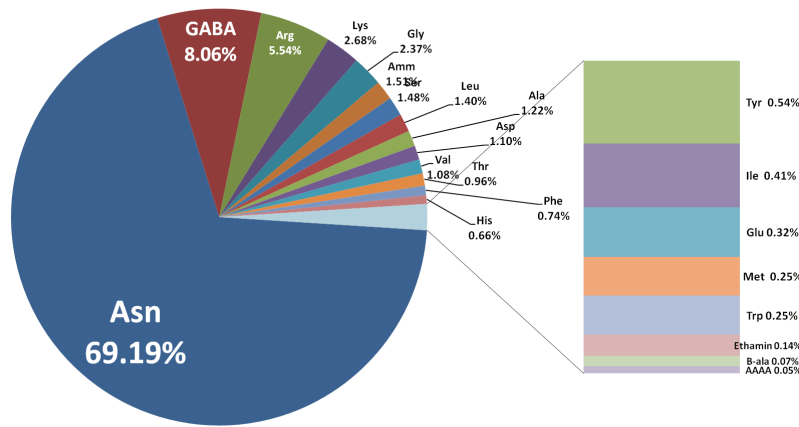


Fig. 3. Relative ratios of total amino acids in 6 day-old soybean sprouts grown in dark.

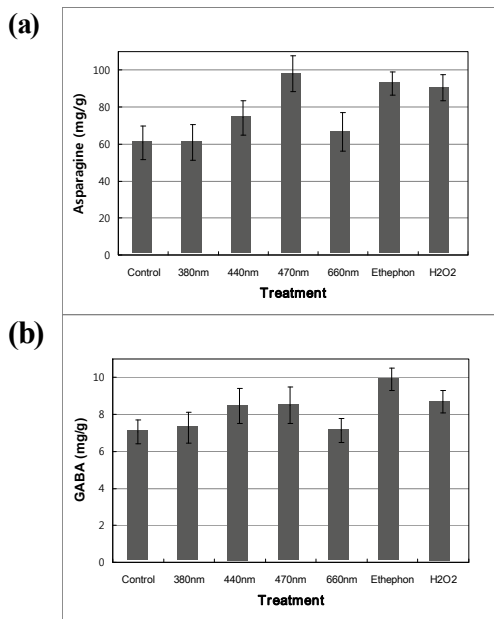


Fig. 4. Contents of asparagines (a) and GABA (b) in the soybean sprouts illuminated under various wavelength and stress-inducing compounds for 6 days. Vertical bars represent means  $\pm$  standard errors (n=3)

하며 특히 간장의 아미노기 전이반응에서 아미노기 공여체로 중요한 기능을 하고 있다. Asparagine은 뇌, 신경 세포 대사 기능 조절에 관여하며, 영양학적으로 유아용 조제분유 및 영양보조식품 등의 영양강화를 목적으로 이용되고 있다. 단순히 단일 파장의 빛인 470 nm를 조사했을 때 1.6배나 높이 asparagine이 콩나물에 축적되는 것은, 콩나물의 영양 성분 증대를 위해서 470 nm의 단파장을 이용할 수 있음을 나타낸다. 이렇게 인체 아미노산 대사에 필수적인 역할을 하는 asparagine이 단일 파장 빛이나 식물 스트레스 유발 화합물인 ethephon과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 처리에 의해 콩나물에서 높이 축적되는 것은 매우 고무적인 결과이다.

콩나물에서 GABA의 양은 asparagine 다음으로 높은 함량을 가지는 유리 아미노산이다(Fig. 3). 이러한 GABA는 암실에 기른 콩나물에서도 상대적으로 높은 함량을 보여 7.06 mg/g의 양을 보였지만, 외부 특정 광원인 470, 440 nm 파장에 대해서 약 20% 이상의 증가율을 보였다. 또한 식물에 스트레스 유발 물질인 ethephon을 처리했을 경우에는 약 40%나 증가된 양을 나타내었다(Table 1). GABA는 자연계에서 감자에서 최초로 발견된 비단백질 아미노산으로(Steward *et al.*, 1949), 이들의 존재는 스트레스에 반응하는 대사체로서 알려졌으나, 최근 들어 스트레스 및 탄소:질소비 대사에 대한 신호 전달 물질로 새롭게 부각되고 있다 (Bouche' and Fromm, 2004). 식물에서 GABA는 현미, 발아현미, 녹차, 빵잎 등에 높은 함량으로 포함되어 있는 것이 밝혀져 있으나, 이러한 자연 상태에서의 식물체 GABA 함유량으로는 약리작용을 발휘하기에 부족하여, 저온, 혐기성, 기계적 자극 등을 통한 GABA 함량을 증진시키려는 노력들이 시도되고 있다 (Bown and Shelp, 1997; Kinnersley and Turan, 2000). 본 실험을 통하여 에틸렌 가스의 전구체인 ethephon을 처리했을 때 GABA 함량이 40% 높이 증대되는 것이 보여지며, 콩나물에서 GABA 함량 증대를 위해서 에틸렌 신호 전달 과정이 효율적으로 이용될 수 있는 가능성을 보여준다. 또한 화학적 방법인 스트레스 유도 물질과 더불어 470, 440 nm 파장만을 집중적으로 조사할 경우에도 GABA 함량이 약 20% 증가된 것은, 친환경적이며 소비자의 반감이 적은 물리적 방법인 특정 파장 처리에 의해 콩나물에서 GABA 함량을 조절할 수 있음을 나타낸다.

이러한 모든 결과들을 종합하면, 콩나물의 풍미와 영양 성분에 관여하는 유리 아미노산과 식미와 관여하는 강도는 단일 파장의 빛과 식물 스트레스 유발 물질에 의해서 증가되었다. 건강에 유익한 페놀 성분과 아이소플라빈이 콩나물에서 빛을 조사할 때 증가되는 것이 밝혀졌으나(Kim *et al.*, 2006), 유리 아미노산과 GABA가 특정 파장의 빛에 의해서 증가된다는 것은 최초의 보고이다. 콩나물은 한국 국민들에게

대중적인 식재료로서 이러한 단일 파장의 빛을 이용하여 효과적으로 GABA를 비롯한 다양한 영양 성분을 증대시키는 연구가 차후 요망된다.

### 감사의 글

This study was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ007512)", Rural Development Administration, Republic of Korea.

### 참고문헌

- Adeghate, E., Ponery, A.S., 2002. GABA in the endocrine pancreas: cellular localization and function in normal and diabetic rats, *Tissue Cell*, 34, 1-6.
- Aristoy, M.C, Toldra, F., 1991. Deproteinization techniques for HPLC amino acid analysis in fresh pork muscle and dry-cured ham, *J. Agric. Food Chem.* 39, 1792-1795.
- Baek, K. H., Jang, M. H., Kwack, Y. B., Lee, S. W., Yun, H. K., 2010. Regulation of acid contents in kiwifruit irradiated by various wavelength of light emitting diode during postharvest storage, *Clean Technol.* 16, 88-94.
- Bouche', N. Fromm, H. 2004. GABA in plants: just a metabolite, *TRENDS Plant Sci.* 9, 110-115.
- Bown, A. W. , Shelp, B. J., 1997. The metabolism and functions of  $\gamma$ -aminobutyric acid, *Plant Physiol.* 115, 1-5.
- Chi, H.Y, Roh, J.-S., Kim, J. T., Lee, S.J., Kim, M.J., Hahn, S.J., Chung I.M., 2005. Light quality on nutritional composition and isoflavones content in soybean sprouts, *Korean J. Crop Sci.* 50, 415-418.
- Choi, HD, Kim, S.S., Hong, HD, Lee, J.Y., 2000. Comparison of physicochemical and sensory characteristics of soybean sprouts from different cultivars, *J. Korean. Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 43, 207-212.
- Collins, J. L., Sand, G. G., 1976. Changes in trypsin inhibitory activity in some soybean varieties during maturation and germination, *J. Food Sci.* 41,168-172.
- Erlander, M. J., Tobin, A. J., 1991. The structural and functional heterogeneity of glutamic acid decarboxylase, *Neurochem. Res.* 16, 215-226.
- Golbitz, P., 1995. Traditional soyfoods: processing and products, *J. Nutr.* 125, 570-572.
- Hangarter, R. P., 1997. Gravity, light and plant form, *Plant Cell Environ.* 20, 796-800.
- Hayakawa, K., Kimura, M., Kasaha, K., Matsumoto, K., Sansawa, H., Yamori, Y., 2004. Effect of a gamma-aminobutyric acid enriched dairy product on blood pressure of spontaneously hypertensive and normotensive Wistar-Kyoto rats, *Brit. J. Nutr.* 92, 411-417.
- Hwang, S.P., Park, E.H., 2011. Growth and textural properties of the sprouts of soybean groups with different seed size, *Kor. J. Breed. Sci.* 43, 232-238.
- Kim, E.H. Kim, S.H, Chung, J.I., Chi, H.Y., Kim, J.A., Chung, I.M. 2006. Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions, *Eur. Food Res. Technol.* 222, 201-208.
- Kim, K. S., Kim, S. D., Kim, J. K., Kim, J. N., Kim, K. J., 1982. Effect of blue light on the major components of soybean-sprouts, *Korean J. Food Nutr.* 11, 7-12.
- Kinnerseely, A.M, Turan, F.J., 2000. Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress, *Crit. Rev. Plant Sci.* 19, 479-509.
- Lee, J.C; Hwang, Y.H. 1996. Variation of asparagine and aspartic acid contents in beansprout soybeans, *Korean J. Crop Sci.*41, 592-599.
- Lee, Y.-S., Kim, Y.-H., Kim, S.-B., 2005. Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights, *HortSci.* 40,1333-1335.
- Mody, I., De Koninck, Y., Otis, T. S., Soltesz, I., 1994. Bridging the cleft at GABA synapses in the brain, *Trends Neurosci.* 17, 517-525.
- Nakagawa, K., Onota, A., 1996. Accumulation of  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) in the rice germ, *Shokuhin Kaihatsu.* 31, 43-46.
- Oh, C. H., Oh, S. H., 2004. Effect of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis, *J. Med. Food* 7, 19-23.
- Oh, S. H., Choi, W. G., 2001. Changes in the levels of  $\gamma$ -aminobutyric acid and glutamate decarboxylase in developing soybean seedlings, *J. Plant Res.* 114, 309-313.
- Ohmori, M., Yano, T., Okamoto, J., Tsushida, T., Murai, T., Higuchi, M., 1987. Effect of anaerobically treated tea (Gabaron tea) on blood pressure of spontaneously hypertensive rats, *Nippon Nogei Kagaku Kaishi.* 61, 1449-1451.
- Park, A-J., Kang, J.H., Jeon B.S., Yoon, S.Y., Lee, S.W., 2002. Effect of light quality during imbibition and culture on growth of soybean sprout, *Korean J. Crop Sci.* 47, 427-431.
- Serraj, R., Shelp, B. J., Sinclair, T. R., 1998. Accumulation

- of  $\gamma$ -aminobutyric acid in nodulated soybean in response to drought stress, *Physiol. Plant.* 102, 79-86.
- Shelp, B. J., Bown, A. W., McLean, M. D., 1999. Metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid, *Trends Plant Sci.* 4, 446-452.
- Snedden, W. A., Fromm, H., 1998. Calmodulin, calmodulin-related proteins and plant responses to the environment, *Trends Plant Sci.* 3, 299-304.
- Steward, F.C., Thompson, J. F., Dent, C., 1949.  $\gamma$ -aminobutyric acid: a constituent of the potato tuber, *Science* 110,439-440.
-