

LED 광질이 브로콜리 새싹의 발아, 성장 및 생리활성에 미치는 영향

조자용¹ · 손동모² · 김종만³ · 서범석⁴ · 양승렬⁵ · 배종향⁶ · 허복구^{7*}

¹전남도립대학 약선식품가공과, ²전라남도농업기술원, ³전남도립대학 컴퓨터응용전기과, ⁴(사)한국온실작물연구소, ⁵순천대학교 식물생산과학부, ⁶원광대학교 원예·애완동식물학부, ⁷(재)나주시천연염색문화재단

Effect of LED as Light Quality on the Germination, Growth and Physiological Activities of Broccoli Sprouts

Ja Yong Cho¹, Dong Mo Son², Jong Man Kim³, Beom Seok Seo⁴,
Seung Yul Yang⁵, Jong Hyang Bae⁶, and Buk Gu Heo^{7*}

¹Department of Medicated Diet & Food Technology, Jeonnam Provincial College, Damyang 517-802, Korea

²Jeonnam Agricultural Research & Extension Services, Naju 520-715, Korea

³Department of Computer Applied Electricity, Jeonnam Provincial College, Damyang 517-802, Korea

⁴Korea Greenhouse Crop Research Institute, Damyang 517-911, Korea

⁵Division of Plant Science and Production, Suncheon Nat'l. Univ., Suncheon 540-742, Korea

⁶Division of Horticulture and Pet Animal-Plant Science, Wonkwang Univ., Iksan 570-749, Korea

⁷Naju Foundation of Natural Dyeing Culture, Naju 520-931, Korea

Abstract. This study was carried out to investigate into the effect of light-emitting diode (LED) for the light quality as a light source on the broccoli seed germination and the physiological activity of vegetable sprouts. We have also germinated seeds of the broccoli and applied LED as a light quality such as blue, green, red, white, yellow and red+blue color lights to their sprouts for 14 hours and kept dark for 10 hours at the temperature of 25°C (day)/18°C (night). Broccoli sprouts were extracted by methanol and their physiological activities were examined. All broccoli seeds were germinated at 3 days after seeding regardless of the light color. Total sprout fresh weight were mostly became highest by 0.389 g (10 plants) at 8 days after seeding when their sprouts were grown under blue color light. Total phenol compound contents in broccoli sprouts were extremely increased by 83.0 mg·L⁻¹ under the white light, and total flavonoid contents were most much more by 72.6 mg·L⁻¹ under the blue light. DPPH radical scavenging activity at 2,000 mg·L⁻¹ were most highest by 93.5% in broccoli sprouts grown under the white light. Nitrite radical scavenging activity at the concentration of 500 mg·L⁻¹ in sprout extracts were the most increased by 66.9% under the yellow light, and tyrosinase inhibition activity at 2,000 mg·L⁻¹ in sprout extracts were by 14.5% under red light.

Key words : blue color light, nitrite radical scavenging activity, total phenol compound content, tyrosinase

서 언

최근 종자에서 발생하는 싹을 키워 생육초기의 어린 배추과 자엽을 이용하는 새싹채소의 소비가 증가되고 있다. 새싹채소에는 브로콜리를 비롯해 알팔파, 아마란서스, 적무, 유채 등 다양한 종류가 이용되고 있다. 이 중 브로콜리(*Brassica oleracea*)는 십자화과 채소로 뛰

어난 항산화작용을 가진 β -carotene, rutin, ascorbic acid, selenium, quercetin 및 glutathione 등이 다량 함유되어 있으며, 항암 및 해독효소의 유도효과가 크다고 알려져 있어 많은 연구가 진행되고 있다(Lee와 Park, 2005). 브로콜리에 대한 연구는 작은 꽃봉오리가 다발로 이루어진 꽃을 식용하기 때문에 이 부분에 집중되어 있는데 비해 브로콜리의 새싹채소는 어린 배추과 자엽이 식용으로 이용되므로 이 부분에 대한 생리활성 물질 등의 연구가 필요하지만 현재 이 부분에

*Corresponding author: bukgu@naver.com
Received April 14, 2008; accepted May 6, 2008

대한 연구는 거의 없는 실정이다.

한편, LED(light emitting diode)는 수은을 사용하지 않는 환경 친화적이고 경량이며, 전력절감이 탁월하여 수명이 길고, 높은 신뢰성으로 간단한 구동회로 및 특정 광질을 쉽게 조사 할 수 있는 장점이 있다 (Hwang 등, 2004). 이처럼 특정한 광질을 이용할 수 있다는 것은 새싹 채소 재배시 재배목적에 따라 맞춤형 광질로 제어할 수 있는 장점이 있는데, 현재 LED를 이용한 새싹채소 재배시 발아와 성장 그리고 기능성물질의 함유량에 영향을 미치는 광질에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

이와 같은 배경에서 본 연구는 고기능성 새싹채소 생산을 위한 기초자료 확보 측면에서 LED 광질이 브로콜리 종자 발아, 새싹의 성장 및 기능성 물질의 함유량에 미치는 영향에 대해 조사를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 종자발아와 새싹의 성장

본 연구는 2007년 11월 초부터 2008년 2월 중순까지 남도대학 채소학 실험에서 수행하였다. 공시재료로 사용한 브로콜리(*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plen.)는 2007년에 수확한 것으로 종자크기나 무게가 고른 것을 파종 전에 8시간 동안 물에 불린 다음 이용하였다.

종자 파종은 페트리접시에 100립씩 4반복으로 치상하였다. 발아율은 종실을 치상 후 1일 간격으로 3일간 조사하였고, 생육은 발아 후 2일 간격으로 3회 조사하여 지상부와 지하부의 성장량을 측정하였다.

2. LED 처리와 재배온도

Light emitting diode(LED)는 본 연구를 위하여 특별히 제작한 것으로 광질은 피크가 녹색광은 520nm, 적색광은 632nm, 청색광은 460nm, 흰색은 458nm, 황색광은 596nm였으며, 대조구는 형광등으로 피크가 612nm인 것을 이용하였다. LED 처리조건은 종자시료의 약 30cm 높이에 광원을 설치하여 조광 14시간, 암조건 10시간으로 하였다. 이 때 외부광원은 반사필름을 이용하여 차단하였으며, 온도조건은 성장상을 이용하여 주간 25°C, 야간 18°C로 조절하였다.

3. 시료의 추출방법

생리활성 조사를 위해 각각의 광조건에서 6일간 재배한 시료를 채취하여 45°C 열풍건조기에서 24시간 건조한 후 methanol로 24시간 동안 추출하여 감압농축한 시료를 사용하여 측정하였다.

4. 총페놀화합물 함량

총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Dewanto 등, 2002)에 따라 분석하였다. 시료를 1mg·mL⁻¹농도로 조제한 후, 이 시료액 1mL에 증류수 3mL를 첨가하고, folin-ciocalteau's phenol reagent 1mL를 첨가한 후 27°C 진탕수조에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1mL를 넣고 실온에서 1시간 방치한 후 640nm에서 흡광분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu)로 흡광도를 측정하였다. 페놀화합물 함량은 표준물질 ferulic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 다음 정량하였다.

5. 총플라보노이드 함량

시료 0.1g에 Davis 변법에 따라 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0mL를 시험관에 취하고 10mL의 diethylen glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1mL를 잘 혼합시켜 37°C의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% methanol 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 Naringin(Sigma Co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

6. 전자공여능

전자공여능 측정은 DPPH(α, α -diphenyl- β -picryl-hydrazyl)법을 이용하여 시료의 유리기(radical) 소거효과를 측정하는 Lee 등(2006)의 방법을 변형하여 측정하였다. 1×10^{-4} M DPPH와 농도별 추출물을 각각 100 μ L씩 취하여 혼합하고, 30분간 암 상태에서 방치한 후 ELISA Reader(Bio-RAD, USA)를 이용하여 517nm에서 잔존 라디칼 농도를 측정하였다. 시료의 환원력 크기는 라디칼 소거활성(Scavenging activity)으로 표시하였고, RC₅₀은 DPPH 농도가 1/2로 감소하는데 필요한 시료의 양(μ g)으로 나타내었으며 항산화 물질

로 잘 알려진 BHT(butylated hydroxytoluene)와 비교하였다. 즉, “DPPH 라디칼 소거활성(%)=(시료를 첨가하지 않은 대조구의 흡광도-시료를 첨가한 반응구의 흡광도/시료를 첨가하지 않은 대조구의 흡광도×100”으로 하였다.

7. 아질산염 소거

아질산염소거 효과는 Gray와 Dugan(1975)의 방법을 준하여 다음과 같이 측정하였다. 1mM NaNO₂ 20μl에 시료 추출액 40μl와 0.1N HCl(pH1.2)을 140 μl 사용하여 부피를 200μl로 맞추었다. 이 반응액을 37°C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1,000μl, Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80μl를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였는데 그 식은 “아질산염×소거율(%)=1-(1시간 반응후의 1mM NaNO₂의 흡광도-공시험구의 흡광도)/1mM NaNO₂의 흡광도×100(%)”으로 하였다.

8. Tyrosinase 저해 활성

Tyrosinase의 활성 저해에 의한 미백활성 효과는 멜라닌 합성의 key enzyme인 tyrosinase의 작용결과 생성되는 DOPA(Dihydroxyphenylalanine)의 생성물 흡광도를 흡광분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Japan)를 이용하여 측정하였다. 기질로서 시험관에 0.1M potassium phosphate buffer(pH6.8) 0.4mL, 0.03% tyrosine solution 0.4mL, 시료용액 0.1mL의 혼합액에 효소액 0.05mL(100units)를 첨가하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 신속하게 ice에서 5분간 방치하여 반응을 중단시킨다. 이 반응액을 475nm에서

흡광분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정 후 tyrosinase 효소활성 저해율을 구하였다. 효소활성 저해율은 시험시료가 포함되지 않은 반응액을 대조군으로 하였는데 그 식은 “tyrosinase 저해활성(%)=[(시험시료가 들어있지 않은 반응액의 반응 후 흡광도-시험시료가 들어있는 반응액의 반응 후 흡광도)/시험시료가 들어있지 않은 반응액의 반응 후 흡광도]×100”으로 하였다.

결과 및 고찰

1. 발아율 및 발아속도

브로콜리의 종자발아에 미치는 LED 광질의 영향을 조사한 결과, 1일째는 청색광과 녹색광에서 7.3%로 높은데 비해 적색+청색광에서는 2.0%로 낮아 광질에 따라 발아율에 차이를 나타냈다(Table 1). 그러나 파종 2일째는 대조구의 78.0%를 제외하고는 모두 83.3% 이상을 나타냈으며, 파종 3일째는 LED 광질의 종류에 관계없이 100% 발아율을 나타내었다.

2. 싹과 뿌리의 길이

브로콜리의 새싹 재배시 LED 광질이 줄기 신장에 미치는 영향을 조사한 결과, 2일째는 대조구구가 1.21cm로 제일 큰 것으로 나타났다(Table 2). 그러나 6일째에는 무처리구가 2.50cm인데 비해 백색광 처리구는 3.83cm, 청색광 처리구는 3.69cm, 녹색광 처리구는 3.37cm를 나타내었다. 그러므로 브로콜리의 새싹 재배시 신장 촉진 측면에서는 백색광, 청색광 및 녹색광을 조사하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

브로콜리의 새싹 재배시 LED 광질이 뿌리의 생장에 미치는 영향을 조사한 결과, 2일째는 황색광에서 가장 길었으며, 종자 파종 후 6일째에는 백색광을 제외한 처리구에서 1.07-1.97cm이었으나 백색광에서는

Table 1. Germination speed and rate of broccoli sprouts as affected by the LED colors as a light quality.

Day after seeding	Germination speed and rate (%)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control (fluorescent lamp)
1	7.3 a ²	7.3 a	2.0 c	6.7 b	3.3 c	2.0 c	6.0 b
2	83.3 b	84.0 ab	86.7 a	87.3 a	88.7 a	89.3 a	78.0 c
3	9.3 b	8.7 b	11.3 a	6.0 c	8.0 b	8.7 b	16.0 a
Total	100	100	100	100	100	100	100

²Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. Shoot height of broccoli sprouts as affected by the LED colors as a light quality.

Day after seeding	Shoot length (cm)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control (fluorescent lamp)
2	0.66 c ^z	0.76 b	0.78 b	0.70 bc	0.94 ab	0.79 b	1.21 a
4	2.69 a	2.29 ab	2.95 a	2.90 a	1.86 b	1.94 b	2.28 ab
6	3.69 a	3.37 a	2.95 ab	3.83 a	3.01 ab	2.56 b	2.50 b

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 3. Root length of broccoli sprouts as affected by the LED colors as a light quality.

Day after seeding	Root length (cm)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control (fluorescent lamp)
2	0.65 b ^z	1.08 a	1.00 ab	0.63 b	1.14 a	0.93 ab	1.13 a
4	1.04 ab	1.34 ab	1.77 ab	0.51 b	1.95 a	2.09 a	1.62 ab
6	1.07 ab	1.48 a	1.97 a	0.57 b	1.74 a	1.61 a	1.71 a
8	1.22 ab	1.56 ab	1.81 ab	0.51 b	2.10 a	2.15 a	1.90 a

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Fresh weight of broccoli sprouts as affected by the LED colors as a light quality.

Day after seeding	Sprout fresh weight (g/10plants)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control (fluorescent lamp)
2	0.112 a	0.124 a	0.137 a	0.120 a	0.135 a	0.145 a	0.160 a
4	0.267 ab ^z	0.219 ab	0.243 ab	0.227 ab	0.208 b	0.199 b	0.367 a
6	0.479 a	0.326 ab	0.257 b	0.303 ab	0.329 ab	0.253 b	0.278 b
8	0.389 a	0.344 a	0.324 a	0.304 a	0.293 ab	0.259 b	0.279 b

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

0.57cm로 짧았다(Table 3). 식물체 뿌리 정단의 수는 뿌리 끝 생장점에서 합성되는 사이토키닌의 양과 비례한다(Torrey, 1976). 그러므로 광질의 종류가 사이토키닌에 영향을 미치는 기작에 대한 추후 연구가 필요하지만 본 연구에서는 LED 광질이 브로콜리 새싹 재배 시 뿌리에 영향을 미치는 것과 함께 적색+청색광이 뿌리의 길이를 길게 하는데 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

3. 새싹의 신선중

브로콜리의 새싹 재배시 LED 광질이 새싹의 신선중에 미치는 영향을 조사한 결과, 2일째는 광질에 따른 차이가 없었으나 6일째에는 청색광에서 0.479g/10plants로 가장 높게 나타났다(Table 4). 종자 파종 8일째에는 대조구와 적색+청색광 처리구는 0.279g/10plants 미만이었으며, 청색광 처리구는 0.389g/10plants로 가

장 무거운 것으로 나타났다. Okamoto 등(1996)은 적색광은 식물의 광합성에 관여하고, 청색광은 형태적으로 식물체의 건전한 생장에 필연적이라고 하였으며, Choi(2003)는 잎 들개 재배시 적색, 청색 및 근적색 LEDs를 이용한 광중단 처리시 줄기 생장은 적색광으로 광중단 처리를 하였을 때 가장 촉진되었다고 하였다. 그런데 본 연구에서 종자 파종 후 8일째의 신선중은 청색광, 녹색광, 적색광 및 백색광에서 비교적 무거운 것으로 나타났다. 이는 종자 발아 후 새싹이 충분한 조사를 받고 반응할 만큼 생장을 하지 못했고, 그에 따라 광질에 따른 차이가 뚜렷하지 않은데 원인이 있는 것으로 생각되었다. 다만 Table 2에서 줄기 길이가 길게 나타난 청색광, 녹색광, 적색광, 백색광 처리구에서 무게도 무거운 것으로 나타나 새싹 채소시 무게 측면에서는 이들 광질을 이용하는 게 좋을 것으로 생각된다.

Table 5. Total phenol compound content of broccoli sprouts as affected by the LED colors as a light quality.

Blue	Green	Red	White	Yellow	Red + Blue	Control (fluorescent lamp)
mg·L ⁻¹						
71.4 b ²	78.8 ab	75.2 b	83.0 a	76.6 b	80.6 ab	84.3 a

²Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 6. Total flavonoid contents of broccoli sprouts as affected by the LED colors as a light quality.

Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control (fluorescent lamp)
mg·L ⁻¹						
72.6 a ²	60.6 ab	57.1 b	64.1 ab	62.3 ab	70.5 a	72.3 a

²Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

4. 총페놀화합물 함량

브로콜리의 새싹 재배시 LED 광질이 새싹의 메탄올 추출물 총페놀화합물에 미치는 영향을 조사한 결과, 무처리구에서 83.3mg·L⁻¹으로 가장 높게 나타났다(Table 5). 총페놀화합물 함량이 가장 낮은 것은 청색광 처리구로서 71.4mg·L⁻¹이었으며, 그 다음은 적색광 처리구로서 75.2mg·L⁻¹이었는데, 이를 대조구의 84.3mg·L⁻¹과 비교해 볼 때 12.9mg·L⁻¹ 정도의 차이를 나타내었다. 일반적으로 페놀성 물질은 다양한 구조와 분자량을 가지며, 이것들의 phenolic hydroxyl이 단백질처럼 거대분자와 결합하여 항산화, 항균, 그리고 항암 등의 생리기능을 가진다고 알려져 있다(Dural과 Shetty, 2001; Park, 2005). 그러므로 페놀물질 함량이 높을수록 기능성물질로 유용하게 활용할 수 있다는 점에서 브로콜리의 새싹 생산시 총페놀화합물의 함량을 증가시키는 것으로 나타난 대조구 또는 LED의 백색광 처리가 바람직할 것으로 생각된다.

5. 총플라보노이드 함량

플라보노이드는 담황색 또는 노란색을 띠는 색소화합물로서 식물 중에는 대부분 당과 결합된 배당체 형태로 존재하며, 항산화 작용, 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 지질저하 작용, 면역증강 작용, 모세혈관 작용 등이 보고된바 있다(Cha와 Cho, 2001). 이러한 배경에서 플라보노이드 함량이 높은 브로콜리 새싹 재배 조건 구명을 위해 LED 광질이 새싹의 메탄올 추출물의 플라보노이드 함량에 미치는 영향을 조사한 결과, 청색 광처리구와 대조구에서 72.6mg·L⁻¹과 72.3mg·L⁻¹으로 각각 높게

나타났다(Table 6). 플라보노이드 함량이 가장 낮은 것은 적색광 처리구로 57.1mg·L⁻¹을 나타내어 청색광 처리구와 15.5mg·L⁻¹의 차이를 나타내었다. 따라서 플라보노이드 함량이 높은 브로콜리 새싹채소를 생산하기 위해서는 LED 광 무처리를 하거나 다른 목적으로 LED 광처리를 할 때는 청색광을 조사하는 게 좋을 것으로 생각된다.

6. 전자공여능

LED 광질을 달리하여 재배한 브로콜리 새싹의 메탄올 추출물의 항산화활성을 조사한 결과, 추출 31 mg·L⁻¹일 때는 백색광 처리구에서 4.9%로 다소 높게 나타났다(Table 7) 브로콜리 새싹 메탄올 추출물의 63mg·L⁻¹ 이상의 농도에서는 광처리구 간에 차이가 뚜렷하게 나타나 백색광 처리구에서 가장 높게 나타났고, 녹색광 처리구에서 가장 낮게 나타났다. 1,000 mg·L⁻¹의 농도에서는 백색광 처리구의 경우 92.5%의 전자공여능을 보였으나 그 외의 광처리구는 81.1% 이하의 전자공여능을 나타내었다.

한편, 최근 산화적 스트레스에 의해 기인한 많은 종류의 질병이 발생되고 있으며(Yagi, 1987), 이와 관련하여 우수한 항산화 활성을 갖는 물질에 대한 탐색연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 널리 사용되고 있는 항산화제는 BHA(butylated hydroxy hydroxy anisole)와 TBHQ(2-tert-butyl hydroquinone) 같은 합성품인데, 이들을 하루에 50mg·kg⁻¹ 이상의 고용량으로 장기간 복용시 지질대사의 불균형과 암을 유발시킬 수 있기 때문에 이들의 사용을 제한하고 있는 실정이다(Brane, 1975). 그러므로 이러한 합성 산화제를 대체

Table 7. DPPH radical scavenging activity of broccoli sprouts as affected by the LED colors as a light quality.

Concentration (mg·L ⁻¹)	DPPH radical scavenging activity (%)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red + Blue	Control (fluorescent lamp)
31	2.8 b ^z	2.8 b	2.9 b	4.9 a	3.3 ab	3.4 ab	3.6 ab
63	1.9 c	1.7 c	1.8 c	7.0 a	3.5 b	3.1 b	7.3 a
125	14.2 b	12.3 c	12.9 c	21.7 a	14.1 b	13.9 b	16.0 ab
250	27.3 b	22.8 c	24.2 c	40.9 a	26.4 b	26.5 b	29.4 ab
500	50.0 b	42.2 c	43.7 c	74.3 a	49.0 bc	48.4 bc	52.8 b
1000	78.5 b	68.0 c	71.2 bc	92.5 a	76.7 b	76.9 b	81.1 ab
2000	88.9 b	87.3 b	86.6 b	93.5 a	88.9 b	88.4 b	91.1 ab
RC ₅₀ ^y	497.3 bc	679.6 a	642.0 a	323.0 d	509.1 b	514.7 b	468.7 c

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

^yExtract concentrations (mg·L⁻¹), which show 50% activity of DPPH radical scavenging, were determined by interpolation.

Table 8. Nitrite scavenging activity of broccoli sprouts as affected by the LED colors as a light quality at the extracting concentration of 500 mg·L⁻¹.

Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control (fluorescent lamp)
%						
60.8 ab ^z	59.8 b	61.5 ab	61.6 ab	66.9 a	63.2 a	63.5 a

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

시킬 수가 있는 우수한 천연항산화제의 개발이 시급하게 요구되고 있다는 점에서 브로콜리 새싹 재배시 백색광 처리구는 다른 광처리구에 비해 상대적으로 높은 항산화효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

7. 아질산염 소거능

LED 광질을 달리하여 재배한 브로콜리 새싹의 메탄올 추출물의 아질산염소거 효과를 분석한 결과 추출물 500mg·L⁻¹에서는 황색광 처리구에서 66.9%로 가장 높게 나타났으며, 녹색광 처리구는 59.8%가 가장 적게 나타났다(Table 8). 통계적으로는 녹색광 처리구를 제외하고는 LED 광 처리구 및 대조구 간에 차이를 나타내지 않았다. 한편, 식품의 가공 및 저장 중에 널리 이용되고 있는 아질산염은 단백질 식품, 의약품 및 잔류농약 등에 함유되어 2급 및 3급 아민과 반응하여 독성물질로 알려진 nitrosamine을 생성하며, 일정농도 이상 섭취하게 되면 혈액 중의 헤모글로빈이 산화되어 메트헤모글로빈을 형성하여 각종 질병을 일으키는 것으로 알려져 이에 대한 생성억제 방법이 모색되고 있다(Normington 등, 1986). 따라서 브로콜리 새싹의 생산시 LED 광질의 종류에 따른 차이는 뚜렷하지 않

았지만 브로콜리 자체가 아질산 소거능을 갖고 있는 것으로 나타나 브로콜리 새싹의 섭취는 아질산염 소거에 어느 정도 도움이 될 것으로 생각된다.

8. Tyrosinase 저해활성

멜라닌 색소의 주된 생성 과정의 생합성 경로는 tyrosine을 출발물질로 하여 tyrosinase의 효소작용에 의해서 생성되는 dopaquinone 등의 유도체를 경유하여 아미노산 및 단백질과의 중합반응으로 생성된다(Lerner와 Fitzpatrick, 1950; Pawelek와 Korner, 1982). 멜라닌 생성 억제작용 기전으로는 멜라닌 생성의 효소인 tyrosinase 효소 자체를 직접 억제하는 유형과 세포로부터 분리한 tyrosinase에 대해서는 직접적인 억제를 나타내지 않지만 피부 색소 세포내에서 멜라닌 생성을 억제하는 유형이 있다(Kahn과 Andrawis, 1985; Tomita 등, 1990). 본 연구에서는 LED 광질을 달리하여 재배한 브로콜리 새싹의 메탄올 추출물 tyrosinase 저해 활성을 조사하였는데, 적색광에서 14.5%로 가장 높게 나타났으며, 황색광에서 10.3%를 나타냈는데, 타 처리구와의 차이가 그다지 크

Table 9. Tyrosinase inhibition activity of broccoli sprouts as affected by the LED colors as a light quality at the extracting concentration of 2,000 mg·L⁻¹.

Blue	Green	Red	White	Yellow	Red + Blue	Control (fluorescent lamp)
%						
13.7 a ²	13.7 a	14.5 a	12.8 ab	10.3 b	12.8 ab	12.0 ab

²Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

지 않았다. 따라서 브로콜리 종자를 발아시킨 새싹의 메탄올 추출물의 미백효과는 뛰어나지 않았다.

한편, Jung 등(1995)은 29종류의 채소를 대상으로 tyrosinase 저해 활성을 조사한 결과, 무순 96%, 레드치커리 65%, 냉이 59%, 쪽파 51% 다음인 49%로 5위라고 하였는데, 본 연구에서는 14.5% 이하로 나타났는데, 이는 추출용매와 더불어 본 연구에서는 새싹을 시료로 사용한 차이에 의한 것으로 추정된다.

적 요

브로콜리의 새싹 발아와 생리활성에 효과적인 영향을 미치는 LED 광질 종류를 구명하기 위해 청색, 녹색, 적색, 백색, 황색, 적색+청색광을 조광 14시간, 암조건 10시간, 온도는 주간 25, 야간 18로 조절하여 종자 발아와 새싹을 생장을 시켰다. 생리활성 조사는 새싹을 메탄올로 추출한 것을 이용하여 실시하였다. 종자 발아율은 광의 종류에 관계없이 3일 만에 100%의 발아율을 나타냈다. 파종 후 8일째의 신선중은 청색광 처리구에서 0.389g/10plants으로 가장 높았다. 총페놀화합물 함량은 백색광 처리구에서 83.0mg·L⁻¹으로, 총플라보노이드 함량은 청색광 처리구에서 72.6mg·L⁻¹로 가장 많았다. 전자공여능은 추출물 2,000mg·L⁻¹일 때 백색광 처리구에서 93.5%로 가장 높게 나타났다. 아질산염 소거능은 추출물이 500mg·L⁻¹일 때 황색광 처리구에서 66.9%로 가장 높게 나타났다. Tyrosinase 저해 활성은 추출물이 2,000mg·L⁻¹일 때 적색광 처리구에서 14.5%로 가장 높게 나타났다.

주제어 : 아질산염 소거, 타로시나이제, 청색광, 총페놀화합물

사 사

이 연구는 농림부 농림기술개발연구과제 지원

(107016-02-1-SB010)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

1. Brane, A.L. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxy anisole and butylated hydroxy toluene. J. Amer. Oil. Chem. Soc. 52:59-63.
2. Cha, J.Y. and Y.S. Cho. 2001. Biofunctional activities of citrus flavonoids. J. Kor. Soc. Agric. Chem. Biotechno. 44(2):122-128.
3. Choi, Y.W. 2003. Effect of red, blue, and far-red LEDs for night break on growth, flowering, and photosynthetic rate in *Perilla ocymoides*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:442-446.
4. Dewanto, V., X. Wu, K.K. Adom, and R.H. Liu. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidative activity. J. Agric. Food Chem. 50:3010-1015.
5. Dural, B. and K. Shetty. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea elicited by genetically transformed anise root extract. J. Food Biochem. 25:361-377.
6. Gray, J. and J.L.R. Dugan. 1975. Inhibition of N-Nitrosamine formation in model food system. J. Food Sci. 40:981-985.
7. Hwang, M.K., C.S. Huh, and Y.J. Seo. 2004. Optic characteristics comparison and analysis of SMD type Y/G/W HB LED. J. Kllce. 18(4):15-21.
8. Jung, S.W., N.K. Lee, S.J. Kim, and D.S. Han. 1995. Screening of tyrosinase inhibitor from plants. Kor. J. Food Sci. Technol. 27(6):891-896.
9. Kahn, V. and A. Andrawis. 1985. Inhibition of mushroom tyrosinase by tropolone. Phytochemistry 24:905-909.
10. Lee, H.S. and Y.W. Park. 2005. Antioxidant activity and antibacterial activities from different parts of broccoli extracts under high temperature. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 34(6):759-764.
11. Lee, S.J., D.W. Park, H.G. Jang, C.Y. Kim, Y.S. Park, T.C. Kim, and B.G. Heo. 2006. Total phenol content, electron donating ability, and tyrosinase inhibition activity of pear cut branch extract. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 24:338-341.

12. Lerner, A.B. and T.B. Fitzpatrick. 1950. Biochemistry of melanin formation. *Physiol. Rev.* 30:91-96.
13. Normington, K.W., I. Baker, M. Molina, J.S. Wishnok, S.R. Tannenbaum, and S. Paju. 1986. Characterization of a nitrite scavenger 3-hydroxy-2-pyranone, from chinese wild plum juice. *J. Agric. Food Chem.* 34:215-221.
14. Okamoto, K., T. Yanagi, S. Takita, M. Tanaka, T. Higuchi, Y. Ushida, and H. Watanabe. 1996. Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source. *Acta Hort.* 440:111-116.
15. Park, C.S. 2005. Component and quality characteristics of powdered green tea cultivated in Hwagae area. *Kor. J. Food Preserv.* 12:36-42.
16. Pawelek, J.M. and A.M. Korner. 1982. The biosynthesis of mammalian melanin. *Amer. Sci.* 70:136-141.
17. Tomita, K., N. Oda, M. Ohbayashi, and H. Kamei. 1990. A new screening method for melanin biosynthesis inhibitors using *streptomyces bikiniensis*. *J. Antibiotics* 43:1601-1604.
18. Torry, J.G. 1976. Root hormones and plant growth. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 27:435-459.
19. Yagi, K. 1987. Lipid peroxides and human disease. *Chem. Phy. Lipids* 45:337-341.