

다른 광조건 하에서 재배된 메밀 새싹채소의 이화학적 특성

최미경¹ · 장문식² · 엄석현³ · 민관식⁴ · 강명화⁵

¹공주대학교 식품과학부, ²내추럴솔루션 중앙연구소
³경희대학교 원예생명공학과, ⁴한경대학교 미래융합기술대학원
⁵호서대학교 식품영양학과/기초과학연구소

Physicochemical Composition of Buckwheat Microgreens Grown under Different Light Conditions

Mi-Kyeong Choi¹, Moon-Sik Chang², Seok-Hyun Eom³, Kwan-Sik Min⁴, and Myung-Hwa Kang⁵

¹Division of Food Science, Kongju National University

²Natural Solution Company

³Department of Horticultural Biotechnology, Kyung Hee University

⁴Graduate School of Future Convergence Technology, Hankyung National University

⁵Department of Food Science & Nutrition/Institute of Basic Science, Hoseo University

ABSTRACT As consumers interest in microgreens is increasing worldwide, the production of leafy microgreens using different LED lights was investigated in this study. The experiment was carried out to evaluate the effects of different LED lights on the composition and vitamin C contents of buckwheat microgreens. Physicochemical properties of buckwheat microgreens grown under different lights (red, blue, and white) and control exposed to a dark room were investigated. Moisture contents of buckwheat microgreens were 95.65% under white light (WL), 95.75% under blue light (BL), 90.77% under red light (RL), and 89.71% under dark room (DR). Crude ash contents of buckwheat microgreens grown under WL, DR, RL, and BL were 0.39%, 0.39%, 0.31%, and 0.37%, respectively. Crude protein contents of buckwheat microgreens grown under DR, RL, WL, and BL were 7.12%, 7.81%, 1.60%, and 2.40%, respectively. Crude fat contents of buckwheat microgreens grown under DR, BL, RL, and WL were 1.12%, 0.54%, 0.35%, and 0.22%, respectively. °Brix was the highest in microgreens grown under BL and RL and the lowest in buds grown under DR. Vitamin C content was the highest in buds grown under WL and the lowest in buds grown under BL. Total chlorophyll content was the highest in microgreens grown under RL and the lowest in buds grown under WL. For mineral content measurement of buckwheat microgreens, Ca, K, Mg, and P contents were high whereas B, Cu, and Zn contents were not detected. The mineral contents of buckwheat microgreens according to each color of light showed significant differences. These results demonstrated that treatment of different colored LED lights during cultivation was able to increase vitamin C content up to affecting the nutritional value of buckwheat microgreens.

Key words: buckwheat microgreens, proximate composition, chlorophyll, color values, LED light

서 론

메밀은 다른 곡류와 매우 유사하며 탄수화물과 단백질이 풍부하다. 단백질 조성은 라이신과 아르기닌 등의 필수 아미노산이 풍부하고, 불포화 지방산 및 무기물과 비타민을 함유한다(1,2). 메밀의 flavonoid인 rutin(2-phenyl-3,5,7,3',4'-pentahydroxybenzopyrone)은 발아 시 대량 생산되며 이들의 기능성이 입증되면서 메밀을 싹으로 재배하여 가공하려는 연구가 이루어지고 있다. 특히 메밀 속 루틴은 항산화

작용, 혈압 저하 작용, 혈관 수축 작용, 항균 작용 등의 생체 조절 작용을 나타내며 많은 연구자들은 메밀을 이용하여 기능성 가공식품을 개발하고자 가공기술 개발에 박차를 가하고 있다(3-5). Kim과 Lee(6)는 무, 적양배추, 청경채, 메밀 및 브로콜리 싹을 이용하여 새싹채소를 재배한 후 영양성분을 분석한 결과 무기물 함량이 일반채소보다 2~10배 높고 α-amylase 활성 및 총 당화력이 높다고 보고하였다. Kim 등(7)은 메밀을 발아하여 새싹채소로 재배 시 rutin과 퀘르세틴은 재배시간이 경과할수록 증가하고 클로로제닉은 변화가 없다고 보고한 바 있다.

새싹채소에는 각종 효소, 칼륨, 칼슘, 철분과 같은 미네랄과 항산화 성분 그리고 비타민이 다량 함유되어 있으며 일상 식생활로 섭취하기 어려운 영양성분을 섭취할 수 있어 건강

Received 6 January 2015; Accepted 8 April 2015

Corresponding author: Myung-Hwa Kang, Department of Food Science & Nutrition/Institute of Basic Science, Hoseo University, Chungnam 336-795, Korea
E-mail: mhkang@hoseo.edu, Phone: +82-41-540-5973

에 좋은 영향을 줄 수 있다(8-10). 새싹채소의 재배조건은 농약을 사용하지 않고 흙이 필요 없으며, 깨끗한 물과 영양분만 주면 되는 장점이 있다(11). 빛의 세기 및 조도는 식물체에서 이차 대사산물의 생산과 생리적 변화에 크게 영향을 주기 때문에 아주 중요하다(8).

식물체 생산을 위해 적용하는 인공조명의 스펙트럼(12-14)과 조도(9,15)의 세기가 식물체의 성장과 영양성분 축적에 영향을 미친다고 한다. 현재 단색 LED 조명등은 가장 효율적인 에너지원 중 하나로 추천되고 원예작물 재배를 위해 빠르게 적용되는 광원기술이다(16,17). 특히 원예산업에서 스펙트럼의 농도, 빛의 세기조절, 높은 열량 및 복사열을 방출하는 LED 기술이 사용되는데 이들은 다양한 식물체를 재배하고 생산하는 데 사용되고 있다(18). 최근 Kim 등(19)은 홍화를 색깔이 다른 LED 조명 하에서 재배하여 홍화 새싹채소로 재배하였고 이들의 영양가를 평가한 결과 조단백질은 형광등에서 가장 높았고 클로로필과 비타민 C는 적색등에서 가장 높았다고 하였다. Matsumoto 등(20)은 적색등과 청색등의 조도 비율을 조절하여 상추를 재배하였을 때 상추 내 질소 농도를 낮게 유지하여 빠른 성장을 유도할 수 있다고 보고하였다. Um 등(21)은 수경재배로 조명의 강도와 종류를 달리하여 재배한 상추의 특성을 연구한 결과 조명의 색깔에 따라 상추의 생육이 다르게 나타난다고 보고하였다. Kim 등(22)은 색깔이 다른 조명 하에서 브로콜리 새싹을 재배하여 영양성분을 평가한 결과 조명에 따라 영양 화학적 성분에 큰 변화가 있음을 보고한 바 있다.

식물체를 재배하는 데 있어 LED 조명은 환경 제어 기술의 하나로 알려져 있고 특정 파장 영역의 조명만 비출 수 있는 장점이 있다. LED는 콤팩트 한 조명의 한 종류로 램프의 부피와 무게가 적고 에너지 효율이 높다. 또한 LED 조명은 인공조명과 달리 열선을 방사하지 않아 열에 의한 농작물의 피해가 적어 안전하며 식물생장에 이상적인 조명을 공급하여 공장형 형태의 재배가 가능하다. 이러한 LED의 장점은 앞으로 빠르게 적용되는 광학기술이다. 따라서 본 연구에서는 메밀 새싹을 건강기능성 새싹채소로 개발하기 위하여 식물공장시스템에서 청색등과 적색등의 LED 조명등과 암실 그리고 형광등의 조명의 조건을 달리하여 재배한 메밀 새싹채소의 이화학적 특성을 평가하였다.

재료 및 방법

메밀 새싹채소의 재배

메밀 종자는 새싹 종자 공급 전문업체인 새싹나라(Gwangju, Korea)에서 구입하였다. 소형 재배 용기에 30 g씩 파종하여 온도는 23~25°C, 습도는 45~60%로 2일 동안 발아한 후, 파장 측정기(SV2100, K-MAC, Daejeon, Korea)와 광도계(HD2102.1 Delta Ohm S.r.L., Padova, Italy)를 사용하여 LED 적색광(red lighting, RL; 650 nm), LED 청색광(blue lighting, BL; 447 nm)의 LED 챔버에서 형광등(white

lighting, WL)은 PFD 값을 $30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 균일하게 설정하였고, 하루 16시간 광조건, 8시간 암조건으로 재배하였다. 일반대조군(dark room, DR)은 온도와 습도가 동일한 조건이나 조명이 전혀 없는 암실에서 재배하였다. 모든 재료는 14일 후 수확하여 시료로 사용하였다. 온도는 명기 25°C, 암기 $18\pm 2^\circ\text{C}$ 로 설정하였고 수분은 증류수를 급여하였다. 수확된 시료는 불순물을 제거한 후 전체를 깨끗이 세정하여 물기를 제거하고 각종 실험에 사용하였다.

일반성분 분석

시료의 일반성분은 AOAC의 방법에 준하였다(23). 즉 수분은 상압건조법, 조단백질은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 직접회화법으로 측정하여 백분율로 나타내었다. 탄수화물 함량은 100%에서 수분, 조회분, 조단백질 및 조지방 함량을 뺀 값으로 계산하였다.

무게와 길이 측정

메밀 새싹을 재배 후 무게와 길이를 측정하였다. RL, BL, WL 및 DR에서 재배한 새싹채소를 수확하고 무작위로 10개씩 채취하여 무게와 길이를 측정 후 평균값을 산출하였다.

°Brix 측정

메밀 새싹채소 50 g을 50 mL의 증류수와 혼합하여 10초간 분쇄한 후 여과지로 여과한 다음 추출한 시료를 당도계(Atago Pocket PAL-03S, Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다(24).

클로로필 분석

메밀 새싹채소 3 g에 85% 아세톤 100 mL를 가하여 분쇄 후 3,000 rpm에서 5분간 원심분리 하여 얻은 잔사에 다시 85% 아세톤을 넣어 추출하는 과정을 3회 반복한 후 상등액만 모아 500 mL로 정용하였다. 이 중 25 mL를 취하고 에테르 50 mL와 증류수 25 mL 가하여 1분간 진탕한 후 에테르층만 모으는 조작을 3회 반복 실시한 다음 sodium sulfate를 소량 가하여 수분을 제거한 후 에테르로 100 mL 정용하고 660 nm, 642 nm에서 흡광도를 측정하여 총 클로로필, 클로로필 a, 클로로필 b 함량을 측정하였다(25).

비타민 C 분석

비타민 C 함량은 Lee 등(26)의 방법을 약간 변형하여 분석하였다. 시료의 전처리하는 다른 조명 하에서 재배한 각각의 시료 2 g에 20 mL의 10% metaphosphoric acid를 가하여 10분간 현탁시킨 후 적당량의 5% metaphosphoric acid를 넣어 균질화한 다음 100 mL mass flask에 옮기고 소량의 5% metaphosphoric acid 액으로 용기를 씻은 후 mass flask에 합하여 100 mL로 정용하였다. 0.45 μm syringe filter로 여과하여 HPLC(Agilent 1200, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) 분석용 시료로 준비하였다.

HPLC column은 Shiseido C₁₈(4.6×250 mm, 5 μm, Shiseido Co., Ltd, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 이동상은 0.05 M KH₂PO₄ : acetonitrile(60:40, v/v)의 혼합액을 이용하여 분리하였다. Flow rate는 0.8 mL/min, UV 파장은 254 nm, injection volume은 20 μL였다. 표준곡선은 L(+)-ascorbic acid(Shinyo Pure Chemicals Co., Ltd., Osaka, Japan)를 표준시약으로 사용하여 최종 농도가 20, 40, 60, 80, 100 ppm이 되도록 표준곡선(y=0.019x+ 24.370, R²=0.9988)을 작성하여 계산하였다.

무기질 조성 분석

무기질 분석은 AOAC법(27)에 준하였다. 실험에 사용한 모든 vial과 측정 기구는 산용액(HCl : HNO₃ : H₂O=3:2:5, v/v/v)에 8시간 동안 담근 후 증류수로 8번 세척하였다. 무기질 함량은 0.5 g의 시료에 9 mL HNO₃, 1 mL H₂O₂를 가한 후 microwave digestion system(MPR-300/12S, Milestone Co., Sorisole, Bergamo, Italy)에서 산분해하여 전처리한 시료를 HPLC용 증류수로 50 mL 정용 후 ICP(inductively coupled plasma, Thermo Jarrell Ash Co., Loveland, CO, USA)로 분석하였다. 측정된 무기질은 Fe, K, Mg, Mn, Cu, Na, Zn으로 ICP 표준시약(AnApex Co., Zhubei, Taiwan)을 구입하여 분석하였다. 표준곡선은 최종 농도가 0, 25, 50, 75, 100 mg/mL가 되도록 희석하여 표준검량선을 작성한 후 사용하였으며, 모든 분석은 3회 반복하였다.

통계분석

실험 결과는 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, 2000, Cary, NC, USA)을 이용하여 mean±SD로 나타내었다. 평균값의 통계적 유의성 분석은 Duncan's multiple range test에 의해 α=0.05 수준에서 유의성을 검정하였다 (28)

결과 및 고찰

일반성분

본 실험에 사용한 메밀 새싹의 일반성분은 Table 1과 같다. 수분 함량은 BL 95.75%, RL 90.77%, DR 89.71%, WL 95.65%로 조명에 따라 유의적인 차이를 나타내었고 형광등과 청색등에서 자란 메밀새싹이 가장 높았다. Kim 등(19)은 다른 색깔의 조명 하에서 재배한 홍화 새싹채소의 수분 함량

을 측정한 결과 형광등 90.37%, 청색등 90.86%, 적색등 93.29%로 적색등에서 자란 채소에서 수분 함량이 가장 높다고 보고한 바 있다. 수분은 농산물 내 함량이 적으면 광합성이 매우 감소하므로 수분 함량은 매우 의미 있는 요소이다. 특히 수분 함량이 적으면 기공의 가스 확산 능력이 저하되고 엽록소 등의 감소도 원인이 되어 품질이 저하되는 것으로 알려져 있다(29,30). 채소 중 단백질 함량은 1~3%로 존재하는 것으로 알려져 있다(31). 메밀 새싹채소의 조단백질 함량은 BL 2.40%, RL 7.81%, DR 7.12%, WL 1.60%로 적색등과 암실에서 자란 메밀 새싹채소의 단백질 함량은 보통 새싹채소보다 높았으나 청색등과 형광등에서 자란 메밀 새싹채소는 보통 수준이었다. 조지방 함량은 DR 1.12%, WL 0.22%, BL 0.54%, RL 0.35%로 암실에서 자란 새싹에서 가장 높았고 형광등에서 가장 낮게 나타나 재배 시 사용한 등의 색깔에 따라 차이가 있었다. 채소 중 조지방 함량은 0.1~0.5%로 알려져 있어 홍화 새싹채소의 지방 함량과 거의 같은 수준으로 나타났으나 암실에서 재배 시 일반채소의 지방 함량보다 높아 재배하는 등의 색깔에 따라 유의적인 차이가 있었다. 홍화 새싹은 WL 0.67%, BL 2.78%, RL 0.17%로 보고하여(19) 새싹채소의 종류에 따라 지방 함량이 다르게 나타나 채소의 종류에 따라서도 차이가 있을 것으로 생각된다. 씨앗의 지방 함량은 35% 이상이지만 발아되면서 채소로 성장 후 지방 함량이 급격히 감소한다. 조회분 함량은 DR 0.39%, WL 0.39%, BL 0.37%, RL 0.31%로 암실과 형광등에서 자랄 때 가장 높았고 적색등에서 재배 시 가장 낮았다. 메밀 새싹채소 중 탄수화물 함량은 BL 0.95%, RL 0.77%, DR 1.66%, WL 2.15%로 형광등에서 재배 시 가장 높았고 그다음은 암실과 청색등 그리고 적색등 순으로 조명의 색깔이 채소의 일반성분 조성에 영향을 끼치는 것으로 판단되었다.

무게와 길이

무게와 길이를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 재배 새싹채소의 10개 평균무게는 WL 1.39 g, DR 1.14 g, BL 1.08 g, RL 0.84 g으로 형광등에서 가장 높았다. 재배 새싹 10개의 평균길이는 WL과 DR은 10.17 cm로 차이가 없었으나 BL 8.40 cm, RL 6.00 cm로 조명등의 색깔에 따라 다르게 나타났다. Carvalho와 Folta(32)는 케일의 배숙 성장에 미치는 형광등, 청색등, 적색등 및 암실의 영향을 분석한 결과 적색등에서 자란 케일에서 성장이 우세하다고 보고한 바 있

Table 1. Proximate composition of buckwheat microgreens grown in LED vegetable garden system (unit: %)

Light sources ¹⁾	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate ²⁾
DR	89.71±0.97 ^{b3)}	7.12±0.32 ^a	1.12±0.31 ^a	0.39±0.04 ^a	1.66±0.29 ^a
WL	95.65±0.71 ^a	1.60±0.11 ^b	0.22±0.11 ^c	0.39±0.09 ^a	2.15±0.79 ^a
RL	90.77±0.59 ^b	7.81±0.34 ^a	0.35±0.19 ^c	0.31±0.07 ^{ab}	0.77±0.67 ^b
BL	95.75±0.71 ^a	2.40±0.01 ^b	0.54±0.34 ^b	0.37±0.13 ^a	0.95±0.51 ^{ab}

¹⁾DR: dark room, WL: white lighting, RL: red lighting, BL: blue lighting.

²⁾Carbohydrate=100-(moisture+crude protein+crude fat+crude ash).

³⁾Means with different letters in the same column are significantly different at α=0.05 level by the Duncan's multiple range test.

Table 2. Weight and length of buckwheat microgreens grown in LED vegetable garden system

Light sources ¹⁾	Weight (g)	Length (cm)
DR	1.14±0.17 ^{b2)}	10.17±1.42 ^a
WL	1.39±0.12 ^a	10.17±1.42 ^a
RL	0.84±0.14 ^b	6.00±1.34 ^c
BL	1.08±0.17 ^b	8.40±1.13 ^b

¹⁾DR: dark room, WL: white lighting, RL: red lighting, BL: blue lighting.

²⁾Means with different letters in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$ level by the Duncan's multiple range test.

어 식물체 간 차이인지 아니면 조명등의 색깔에 따른 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. Samuoliene 등(12)은 식물체의 성장에 낮은 조도의 LED는 brassica microgreens의 성장에 부정적인 영향을 끼친 반면 높은 광합성광자 플러스는 성장을 촉진시키는 것으로 보고하였다.

°Brix

메밀 새싹채소의 °Brix 측정 결과는 Table 3과 같다. °Brix는 BL 2.5%, RL, 2.2%, DR 0.2%, WL 0.5%로 BL에서 가장 높았고 그다음이 적색등, 형광등, 암실 순이었다. 최근 원예작물과 과수 작물의 재배 시 당도를 높이려는 연구가 진행되어 채소류 및 과실류의 품질을 향상시키는 데 일조하고 있다(33). 높은 LED 조도는 일반적으로 microgreens에 질소 함량을 감소시키고 sucrose의 함량을 현저히 증가시켜 성장을 촉진시키며, light signaling pathway를 조절할 뿐 아니라 시그널 분자로써 식물체의 성장과 기능에 매우 중요한 것으로 보고되었다(12).

Table 3. °Brix of buckwheat microgreens grown in LED vegetable garden system

Light sources ¹⁾	°Brix
DR	0.2±0.05 ^{b2)}
WL	0.5±0.21 ^b
RL	2.2±0.41 ^a
BL	2.5±0.26 ^a

¹⁾DR: dark room, WL: white lighting, RL: red lighting, BL: blue lighting.

²⁾Means with different letters in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$ level by the Duncan's multiple range test.

Table 4. Chlorophyll contents of buckwheat microgreens grown in LED vegetable garden system

Light sources ¹⁾	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Chlorophyll a/b ²⁾
DR	5.54±0.01 ^{a3)}	9.32±0.03 ^a	14.86±0.02 ^a	0.58±0.01 ^b
WL	4.63±0.03 ^b	7.06±0.03 ^c	11.69±0.03 ^c	0.64±0.01 ^a
RL	5.96±0.03 ^a	9.90±0.05 ^a	15.86±0.04 ^a	0.60±0.02 ^b
BL	4.92±0.01 ^{ab}	8.35±0.07 ^b	13.27±0.04 ^b	0.57±0.01 ^b

¹⁾DR: dark room, WL: white lighting, RL: red lighting, BL: blue lighting.

²⁾Ratio of chlorophyll a and b.

³⁾Means with different letters in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$ level by the Duncan's multiple range test.

클로로필

다른 색깔의 조명 하에서 재배한 메밀 새싹채소의 클로로필 함량은 Table 4와 같다. 클로로필 a의 함량은 BL 4.92 mg%, RL 5.96 mg%, DR 5.54 mg%, WL 4.63 mg%로 RL과 DR에서 높았고 WL에서 가장 낮았다. 클로로필 b의 함량은 RL 9.90 mg%, DR 9.32 mg%, BL 8.35 mg%, WL 7.06 mg%로 RL과 DR에서 높았고 WL에서 가장 낮았다. 총 클로로필 함량은 BL 13.27 mg%, RL 15.86 mg%, DR 14.86 mg%, WL 11.69 mg%로 RL에서 가장 높았고 WL에서 가장 낮았다. 엽록소는 식물세포의 세포질 내 엽록체(chloroplast)에 존재하고 어두운 곳에서 자외선을 받으면 형광을 발산하며, 일반적으로 고등식물에 3:1 내지 3:2의 비율로 a, b형이 존재한다(34). 그러나 본 연구 결과 조명의 색깔을 달리하여 재배한 메밀 새싹채소의 클로로필 a와 b의 비율이 3:1이 아닌 것으로 나타났고 오히려 b의 비율이 유의적으로 높게 나타났다. 이는 농산물이 생육 시 엽록소 함량과 광합성 간에 밀접한 관계가 있으므로 엽록소 형성에 영향을 주는 모든 조건은 작물의 생육과 관련이 있다고 생각된다. 엽색이 짙은 것이 연한 것보다 분명 광합성 능력이 크다. 같은 작물 또는 같은 품종일지라도 여러 가지 조건에 따라 엽록소 함량이 다르며, 식물체의 클로로필과 카로티노이드 색소는 수확 후 빛에 의한 광보호로 작용한다. 클로로필 a의 최대 흡수 파장은 663 nm이고 b는 642 nm로 이 빛의 시그널은 소위 phototropins라고 하는 photoreceptor란 단백질을 통해서 식물체에 인식된다(35,36). 또한 많은 연구에서도 메밀을 발아시켜 새싹채소로 재배 시 메밀 싹과는 달리 엽록소를 섭취할 수 있어 건강채소로서 손색이 없다고 보고한 바 있다(37-39).

비타민 C

조명의 색깔을 달리하여 재배한 메밀 새싹채소의 비타민 C 함량은 Table 5와 같다. 조명에 따른 비타민 C 함량은 BL 5.43 mg%, RL 5.98 mg%, DR 6.72 mg%, WL 10.43 mg%로 나타났다. 특히 WL에서 높았고 BL에서 가장 낮았다. 이 결과는 Kim 등(19)의 연구에서 홍화 새싹의 비타민 C 함량은 형광등 157.57 mg%, 적색등 164.64 mg%, 청색등 158.10 mg%로 보고하여 새싹채소의 재배 시 조명의 색깔에 따라 비타민 C 함량에 영향을 끼치는 것으로 시사되었다. Xu 등(40)은 콩을 조명의 종류를 달리하여 새싹채소로 재배하면서 비타민 C 함량을 측정 한 결과 청색등에서 재배

Table 5. Vitamin C contents of buckwheat microgreens grown in LED vegetable garden system (unit: mg/100 g)

Light sources ¹⁾	Vitamin C
DR	6.72±0.07 ^{b2)}
WL	10.43±1.02 ^a
RL	5.98±0.25 ^{bc}
BL	5.43±0.31 ^c

¹⁾DR: dark room, WL: white lighting, RL: red lighting, BL: blue lighting.

²⁾Means with different letters in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$ level by the Duncan's multiple range test.

한 새싹채소에서 비타민 함량이 가장 높았다고 한다. 콩에는 ascorbic acid가 없는데 발아 시 L-galactono-lactone dehydrogenase 산화효소의 작용으로 L-galactono-1,4-lactone이 ascorbic acid로 전환된다고 한다(41). 이는 조명의 색깔 및 세기에 의해 이 효소작용에 영향을 끼친 것으로 판단되며, 특히 작물의 비타민 C 함량의 증가는 조명의 조도에 높게 반응한다고 한다(42,43).

무기질

조명을 달리하여 재배한 메밀 새싹채소의 무기질 함량은 Table 6과 같다. 메밀 새싹채소의 무기질 조성 중 B, Cu 및 Zn은 검출되지 않았다. 그러나 Ca은 RL에서 재배 시 가장 높았고 BL에서 가장 낮았다. Fe은 조명에 따라 함량에 차이는 나타나지 않았다. K, Mg, P는 RL에서 가장 높았고 DR에서 낮았다. 이 원소들은 생체 내에서 혈액의 산성화를 억제하고 소화를 돕는다고 알려져 있다(44). 본 연구에서도 Ca, Mg, Fe, K, P가 높게 나타나 다른 새싹채소와 무기질 함량과 조성이 매우 유사하였다. Kim 등(22)은 브로콜리 새싹 역시 K, Mg, Na의 함량이 높았다고 보고한 바 있고, Son (45)도 브로콜리 새싹의 무기질 함량 중 K는 황색등에서 가장 높았고 그다음이 일반등 그리고 적색등 순이었다고 보고하였다. Mg는 황색등 다음으로 적색등, Zn은 적색등에서 가장 높았고, Fe는 적색등, 청색등, 녹색등에서, Na은 형광등에서 가장 높았다고 한다. 또 다른 연구자들은 청색등은 강력하게 기공작동을 조절하는 signal로 작용하고 불활성화된 잎에 청색등은 기공을 여는 데 적색등보다 20배 이상 효과적이었다고 하여 조명의 색깔에 따라 기공을 여는 데

차이가 있다고 보고하였다(46,47). 청색등의 노출은 pH 상태에 영향을 주는 Ca²⁺, K⁺, H⁺ 플러스와 같은 변수를 통해 guard 세포막의 운송 활성화에 유의적인 변화를 유도한다고 한다(48). 현재 연구에서 적색등의 노출은 메밀 새싹의 microgreen 조직에서 측정된 모든 무기질을 유의적으로 증가시켰는데, 이는 기공을 열어 주고 막운반 활성화에 영향을 끼친 적색등의 영향으로 미량영양소를 증가시키고 메밀 새싹의 조직에 미량영양소를 다량 축적시켰다고 판단된다(46-48). 이렇게 축적된 미량영양소를 다량 함유한 메밀 새싹채소를 선호하는 소비자들에게 일차 또는 이차 대사산물의 함량이 증가된 채소의 섭취는 소비자들의 건강에 충분히 도움을 줄 것으로 생각된다.

요 약

메밀의 종자를 새싹채소로 개발하기 위하여 청색등(BL), 적색등(RL), 형광등(WL), 암실(DR)에서 새싹채소로 재배하여 수확한 후 각종 이화학적 특성을 연구하였다. 메밀 새싹채소의 수분 함량은 BL 95.75%, RL 90.77%, WL 95.65%, DR이 89.71%였다. 조회분 함량은 BL 0.37%, RL 0.31%, DR 0.39%, WL 0.39%로 조명에 따라 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 조단백질 함량은 RL 7.81%, DR 7.12%, BL 2.40%, WL 1.60%로 RL에서 가장 높았고 WL에서 가장 낮았다. 조지방 함량은 BL 0.54%, RL 0.35%, DR 1.12%, WL 0.22%로 DR에서 가장 높았고 WL에서 가장 낮게 나타났다. 당도 측정은 RL과 BL에서 높았고 WL과 DR에서 낮게 나타났다. 클로로필 함량은 DR에서 자란 메밀 새싹채소의 총 클로로필 함량이 높았고 WL에서 자란 새싹채소에서 가장 낮았다. 비타민 C 함량 측정 결과 WL에서 자란 새싹이 가장 높았고 BL에서 자란 새싹에서 가장 낮았다. 무기질 분석 결과 B, Cu, Zn은 측정되지 않았고 Ca, K, Mg 및 P가 높은 수준으로 나타났다. 본 연구 결과 메밀의 종자를 다른 색깔의 LED 광조건 하에서 재배한 새싹채소는 이화학적 특성이 조명에 따라 차이가 나타났고, 특히 비타민 C와 무기질 함량 등 영양소의 축적에 차이가 있는 것으로 평가되어 이들 새싹채소에 대한 수요가 높은 시점에서 건강에 충분히 도움을 줄 것으로 판단된다.

Table 6. Mineral contents of buckwheat microgreens grown in LED vegetable garden system (unit: mg/100 g)

Light sources ¹⁾	B	Ca	Cu	Fe	K	Mg	P	Zn
DR	ND ²⁾	0.057±0.06 ^{a3)}	ND	0.01±0.00 ^{NS4)}	0.043±0.03 ^b	0.022±0.01 ^c	0.023±0.00 ^b	ND
WL	ND	0.070±0.01 ^a	ND	0.01±0.00	0.072±0.05 ^a	0.043±0.00 ^b	0.066±0.00 ^a	ND
RL	ND	0.072±0.00 ^a	ND	0.01±0.00	0.083±0.01 ^a	0.070±0.00 ^a	0.070±0.01 ^a	ND
BL	ND	0.037±0.01 ^b	ND	0.01±0.00	0.062±0.00 ^{ab}	0.047±0.05 ^a	0.065±0.00 ^a	ND

¹⁾DR: dark room, WL: white lighting, RL: red lighting, BL: blue lighting.

²⁾ND: not detected.

³⁾Means with different letters in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$ level by the Duncan's multiple range test.

⁴⁾NS: not significant.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건의료연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(과제고유번호: HN10C0011).

REFERENCES

1. Krkošková B, Mrázová Z. 2005. Prophylactic components of buckwheat. *Food Res Int* 38: 561-568.
2. Pomeranz Y, Robins GS. 1972. Amino acid composition of buckwheat. *J Agric Food Chem* 20: 270-274.
3. Choi YS, Ahn C, Shim HH, Choe M, Oh SY, Lee SY. 1992. Effects of instant buckwheat noodle on digestibility and lipids profiles of liver and serum in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 21: 478-483.
4. Lee JS, Son HS, Maeng YS, Chang YK, Ju JS. 1994. Effects of buckwheat on organ weight, glucose and lipid metabolism in streptozotocin induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 27: 819-827.
5. Lee JS, Park SJ, Sung KS, Han CK, Lee MH, Jung CW, Kwon TB. 2000. Effect of germinated-buckwheat on blood pressure, plasma glucose and lipid levels of spontaneously hypertensive rats. *Korean J Food Sci Technol* 32: 206-211.
6. Kim DS, Lee KB. 2010. Physiological characteristics and manufacturing of the processing products of sprout vegetables. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 238-245.
7. Kim SL, Kim SK, Park CH. 2004. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Res Int* 37: 319-327.
8. Kopsell DA, Sams CE. 2013. Increases in shoot tissue pigments, glucosinolates, and mineral elements in sprouting broccoli after exposure to short-duration blue light from light emitting diodes. *J Amer Soc Hort Sci* 138: 31-37.
9. Lefsrud MG, Kopsell DA, Kopsell DE, Curran-Celentano J. 2006. Irradiance levels affect growth parameters and carotenoid pigments in kale and spinach grown in a controlled environment. *Physiol Plant* 127: 624-631.
10. Kurilich AC, Tsau GJ, Brown A, Howard L, Klein BP, Jeffery EH, Kushad M, Wallig MA, Juvik JA. 1999. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. *J Agric Food Chem* 47: 1576-1581.
11. Young JA. 2012. Effects of LED light conditions on the growth and analysis of functional components and metabolites in buckwheat sprout. *MS Thesis*. Chungbuk National University, Cheongju, Korea.
12. Samuoliene G, Urbonaviciute A, Brazaityte A, Sabajeviene G, Sakalauskaite J, Duchovskis P. 2011. The impact of LED illumination on antioxidant properties of sprouted seeds. *Cent Eur J Biol* 6: 68-74.
13. Li Q, Kubota C. 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environ Experiment Botany* 67: 59-64.
14. Johkan M, Shoji K, Goto F, Hahida S, Yoshihara T. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedlings quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience* 45: 1809-1814.
15. Charron CS, Sams CE. 2004. Glucosinolate contents and myrosinase activity in rapid-cycling *Brassica oleracea* grown in controlled environment. *J Amer Soc Hort Sci* 129: 321-330.
16. Muneer S, Kim EJ, Park JS, Lee JH. 2014. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.). *Int J Mol Sci* 15: 4657-4670.
17. Martineau V, Lefsrud MG, Naznin MT, Kopsell DA. 2012. Comparison of light-emitting diode and high-pressure sodium light treatments for hydroponics growth of Boston lettuce. *HortScience* 47: 477-482.
18. Morrow RC. 2008. LED lighting in horticulture. *HortScience* 43: 1947-1950.
19. Kim TS, Chang MS, Ju YW, Park CG, Park SI, Kang MH. 2012. Nutritional evaluation of leafy safflower sprouts cultivated under different-colored lights. *Korean J Food Sci Technol* 44: 224-227.
20. Matsumoto T, Itoh H, Shirai Y, Shiraiishi N, Uno Y. 2010. Effects of light quality on growth and nitrate concentration in lettuce. *J SHITA* 22: 140-147.
21. Um YC, Oh SS, Lee JG, Kim SY, Jang YA. 2010. The development of container-type plant factory and growth of leafy vegetables as affected by different light sources. *J Bio-Environment Control* 19: 333-342.
22. Kim EJ, Kim TS, Kim MH. 2013. Physicochemical and antioxidant properties of broccoli sprouts cultivated in the plant factory system. *Korean J Food Culture* 28: 57-69.
23. AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 69-90.
24. Youn AR, Kwon KH, Kim BS, Kim SH, Noh BS, Cha HS. 2009. Effect of hemicagricals during cultivation on quality and shelf-life of fresh-cut lettuce. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 217-224.
25. AOAC. 1984. *Official methods of analysis*. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 169-171.
26. Lee H, Kim M, Choi J. 2001. A study on the proficiency test of pH measurement. *Anal Sci & Technol* 14: 230-237.
27. AOAC. 1995. *Official methods analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 1110.
28. SAS Institute. 2000. *SAS User's Guide*. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
29. Kang YH. 1987. *Zakmulsangrihook*. Academy Press, Seoul, Korea. p 121-125.
30. Kang YH. 1997. *Sikmulyoungyanghook*. Academy Press, Seoul, Korea. p 136-137.
31. Kim MJ, Kim JH, Oh HK, Chang MJ, Kim SH. 2007. Seasonal variations of nutrients in Korean fruits and vegetables: Examining water, protein, lipid, ascorbic acid, and β -carotene contents. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 423-432.
32. Carvalho SD, Folta KM. 2014. Sequential light programs shape kale (*Brassica napus*) sprout appearance and alter metabolic and nutrient content. *Hort Research* doi: 10.1038/hortres.2014.8.
33. Kim HY, Lee KB, Lim HY. 2004. Contents of minerals and vitamins in organic vegetables. *Korean J Food Preserv* 11: 424-429.
34. Lee MH, Han JS, Kozukue N. 2005. Changes of chlorophyll contents in spinach by growth periods and storage. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 339-345.
35. Lefsrud MG, Kopsell DA, Sams CE. 2008. Irradiance from distinct wavelength light-emitting diodes affect secondary metabolites in kale. *HortScience* 43: 2243-2244.
36. Lichtenthaler HK. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol* 34: 350-382.

37. Troyer JR. 1964. Anthocyanin formation in excised segments of buckwheat-seedling hypocotyls. *Plant Physiol* 39: 907-912.
38. Troyer JR. 1958. Anthocyanin pigments of buckwheat hypocotyls. *Ohio J Sci* 58: 187-188.
39. Watanabe M. 2007. An anthocyanin compound in buckwheat sprouts and its contribution to antioxidant capacity. *Biosci Biotechnol Biochem* 71: 579-582.
40. Xu MJ, Dong JF, Zhu MY. 2005. Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. *J Sci Food Agric* 85: 943-947.
41. Greenwald T. 1998. Is it good medicine? *Time* 30: 37-44.
42. Foyer CH, Lelandais M, Edwards EA, Mullineaux P. 1991. The role of ascorbate in plants, interactions with photosynthesis, and regulatory significance. In *Active Oxygen/Oxidative Stress and Plant Metabolism*. Pell E, Steffen K, eds. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, USA. p 131-144.
43. Logan BA, Barker DH, Demmig-Adam B, Adams WW. 1996. Acclimation of leaf carotenoid composition and ascorbate levels to gradients in the light environment within an Australian rainforest. *Plant Cell Environ* 19: 1083-1090.
44. Feng P. 1997. *A summary of background information and food borne illness associated with the consumption of sprouts*. Center for Food Safety and Applied Nutrition, Washington, DC, USA. p 96-99.
45. Son DM. 2009. Effect of LED light on the seed germination, nutritional composition and physiological activities of sprout vegetable. *MS Thesis*. Sunchon National University, Suncheon, Korea. p 66-72.
46. Sharkey TD, Raschke K. 1981. Separation and measurement of direct and indirect effects of light on stomata. *Plant Physiol* 68: 33-40.
47. Shimazaki K, Doi M, Assmann SM, Kinoshita T. 2007. Light regulation of stomatal movement. *Annu Rev Plant Biol* 58: 219-247.
48. Babourina O, Newman I, Shabala S. 2002. Blue light-induced kinetics of H⁺ and Ca²⁺ fluxes in etiolated wild-type and phototropin-mutant *Arabidopsis* seedlings. *Proc Natl Acad Sci USA* 99: 2433-2438.