

식물공장 시스템에서 재배한 브로콜리 새싹의 건조방법에 따른 이화학 및 항산화 특성 연구

김은지¹ · 김태수² · 김미혜^{1*}

¹호서대학교 바이오산업학부 식품영양학과 및 에코푸드 연구소, ²(주)미스바알텍

Physicochemical and Antioxidant Properties of Broccoli Sprouts Cultivated in the Plant Factory System

Eun Ji Kim¹, Tae Su Kim², Mi Hye Kim^{1*}

¹Department of Food and Nutrition, Research Institute of Eco-Food, Hoseo University

²Misuba RTech Co., Ltd., Chungnam 336-795, Korea

Abstract

Recently, an interest in functional foods has been increasing. It was recommended placing a short definition. Therefore, we performed research on the chemical functions and antioxidant ability of broccoli. This research is vital for preparing the most favorable conditions and environment for highly-functional broccoli. Broccoli produced after applying sprouting and light sources were used for research. The chemical properties of the broccoli, including composition, free sugar, citric acid, mineral and vitamin (A, C, E) content, were analyzed. In addition, the ability of broccoli compounds to reduce total phenolic compounds, SOD-liked activity, EDA (electron donating ability), and hydroxyl radicals were inspected. Total analysis relied on the SAS (statistical analysis system). Broccoli sprouts produced through plant factory system's photosynthesis, treated under different light sources, had superior amounts of crude protein, crude fat, and crude ash, compared to normal sprouts under fluorescent light. Is it a facility or does it refer to the inner metabolism of the cell? Broccoli sprouts under red light had superior amounts of glucose, fructose, malic acid, and oxalic acid, while broccoli sprouts under turquoise light had superior amounts of citric acid. Broccoli sprouts under white light had superior amounts of various minerals, such as potassium, magnesium, and sodium. In terms of antioxidant activity, data from the plant factory system shows an increase in EDA antioxidants (1.63 mg/mL, 30.82%). Sprouts applied with turquoise light had superior amounts of hydroxyl radical scavenging (65.62%), and sprouts applied with white light had superior amounts of activated SOD-like activity (52.69%). Research on dehydrated broccoli sprouts showed that sprouts dehydrated with cold air had superior amount of malic, citric, oxalic acid compared to sprouts dehydrated with hot air. In terms of vitamin levels, sprouts dehydrated with cold air had five times the normal amount of vitamin A and E, whereas sprouts dehydrated with hot air had higher amounts of vitamin C. Dehydration at low temperature also produced a higher amount of activated antioxidants (1.6 mg/mL of activated antioxidant ability, 63.04% of SOD-like activity, and 67.76% of hydroxyl radical scavenging). Our results show that antioxidant ability can vary by the type of photosynthesis and temperature level in which the sprouts are dehydrated. Therefore, thorough foundational data is required to product the most functional broccoli.

Key Words: Broccoli sprouts, plant factory system, antioxidant, light sources, the chemical properties

1. 서 론

최근 심각한 기후변화로 인해 안정적인 식량 확보 차원에서 식물공장 도입의 필요성이 증대되고 있다(Kang & Hong 2009). 식물공장 연구는 1950년대 이미 유럽에서 시작되었으며 미국을 거쳐 일본에서 가장 활발히 진행되고 있으며 농

업기술과 IT, NT 등 차세대 산업기술을 융합한 형태로 다양한 이점을 지닌 차세대 농업혁명 기반으로 주목을 받고 있다. 특히, 식물공장의 광원으로 추천되고 있는 LED는 식물의 광합성 및 생장에 필요한 파장역만을 선택적으로 공급하여 식물의 색소제어나 항산화 물질의 증가, 병해충 방제 효과 등의 다양한 장점을 갖고 있어 LED를 활용한 식물생산

*Corresponding author: Mi-Hye Kim, Research Institute of Eco Food, Hoseo University, 165, Asan, Chungnam Korea
Tel: +82-41-540-9663 Fax: +82-41-548-0670 E-mail: kimmihye92@hoseo.edu

이 확대되고 있다(Nishimura 등 2006; TIIC 2009; Nozue 등 2010).

또한 건강한 삶에 대한 관심은 무 농약, 무 호르몬 재배 등 식품생산의 안전성과 고기능성 식품의 수요 욕구를 부추겨 새싹 채소의 소비를 크게 증가시키고 있다(Lee 등 2011). 새싹 채소 중 브로콜리(*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck)는 십자화과 식물로, 항산화물질인 ascorbic acid, β -carotene, rutin, selenium, glutathione, quercetin, sulforaphane 등이 다량 함유되어 있어 암세포증식억제 및 해독효소의 유도효과가 크다고 알려져 있다(Zhang 등 1992; Kim 등 1997; Kim 등 1999; Sok 등 2003). Kim 등(1997)은 국내에서 생산되어 소비되는 20여 가지의 십자화과 채소 중에서 브로콜리에 설폴라판(sulforaphane)이 가장 많다고 보고하였다. Sulforaphane은 발암물질로 전 처리한 생쥐의 유선에서 종양 발생을 억제하고(Gerhauser 등 1997), 전립선암의 예방에도 유효한 것으로 보고되었다(Brooks 등 2001). In vitro 실험에서 암 예방 효과뿐만 아니라 헬리코박터에 대한 강력한 살균효과가 있음이 밝혀졌다(Fahey 등 2002). 또한 sulforaphane은 Nrf2(NF-E2-related factor-2(Nrf2))의 핵 내로의 이동 및 antioxidant response element(ARE) 결합을 촉진함으로써 항산화 효소들의 발현을 유도함이 보고되었다(Surh 2003; Surh 등 2008). 이와 같이 식품의약(pharma-food)이라는 신조어까지 등장할 정도로 식이성분은 단순히 영양소의 기능 외에 노화를 비롯한 각종 질병에 관련된 유전자의 발현을 직접 또는 간접적으로 조절함으로써 질병예방에 기여하는 의약품의 기능까지 강조되고 있다(The Korean Nutrition Society 2011).

다양한 종류의 항산화 식물영양소들의 건강유지 및 항진 기능은 이들을 건강식품 및 식품 신소재로 개발하려는 연구들로 활발히 전개되고 있다(Kim 2003; Kim 등 2006; Jeong 2008). 특히 발아채소의 기능성에 대한 관심이 증가하면서 발아채소류에 대한 소비량이 증가하고 이용도도 다양하게 증가하고 있다.

현재까지 식물공장을 활용한 새싹 채소의 대량 생산 시스템에 의한 연구는 주로 장미 등의 원예작물과 상추 등 경엽채소들을 중심으로 연구 되어졌으며(Soh 등 2001; Yeo 등 2007; Um 등 2010; Lee 등 2011), 브로콜리에 관한 연구는 주로 자연조건에서 생산된 브로콜리의 생리활성 효과 등이 주를 이루었다(Han 등 2008; Kim 등 2009, Lee 등 2009a, Lee 등 2009b, Cheng 등 2011). 또한 식품은 가공방법에 따라 복원성, 물성변화, 색, 맛, 조직감 등이 달라지며 이화학적 품질 특성 및 생리활성도 변화된다(Cho 등 1994; Jung 등 1996; Jang 등 1997). 그러나 식물공장 시스템의 특정한 광과장에서 재배된 브로콜리 연구는 매우 미미한 실정이며(Kim 등 2011), 생산된 브로콜리 새싹의 가공방법에 따른 이화학적 품질 특성 및 생리활성 연구는 거의 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 식물공장 대량 생산시스템에 의해 생산된 브로콜리 새싹의 건강식품과 식품 신소재로서의 생

산체계를 구축하기 위한 연구의 일환으로 브로콜리 새싹 재배의 광원과 수확 후 가공조건에 따른 이화학적 특성 및 항산화 효과를 분석하였다. 이를 통하여 식물공장 생산 시스템을 활용한 고기능성 생리활성 브로콜리 새싹 생산체계 구축을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 브로콜리 새싹은 충남 아산시 소재 주)미스바알텍의 식물공장에서 암조건에 2일 발아 시킨 후, LED 광원으로 4일 동안 하루 10시간씩 조사하여 생산하였다. LED 광원은 청색광원(430-460 nm 파장), 적색광원(650-680 nm)을 사용하였고, 대조군으로 일반 LED 광원을 사용하였다. 브로콜리 새싹 재배 온도 범위는 21~23°C, 습도는 45~60%로 조절하였다. 수확한 브로콜리 새싹은 열풍건조기를 이용하여 60°C에서 24시간 건조한 후 200 mesh로 분쇄하였으며, -20°C에서 냉동 후 동결건조기(FD5508, Ilshin Lab Co., Ltd., Korea)를 이용하여 -70°C에서 12시간동안 동결 건조하였다.

2. 이화학적 특성 분석

1) 일반성분 분석

시료의 일반성분은 AMC(Approved Method Committee, 2000)의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 수분함량은 105°C 건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조회분은 회화법으로 측정하였다. 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 전 처리한 시료를 증류수로 50 mL 정용 후 ICP (Inductively Coupled Plasma, Thermo Jarrell Ash Co., Franklin, Massachusetts, USA)로 분석하였고, 원소 Fe, K, Mg, Mn, Cu, Na, Zn의 ICP 표준시약(An Apex Co., Ltd, Daejeon, Korea)으로 표준곡선을 작성하였다.

2) 유리당 조성

유리당 분석은 Jeong 등(2006)의 방법으로 유리당 희분을 얻은 다음 0.22 μ m membrane filter로 여과한 후 Sep-pak C₁₈로 색소 및 단백질 성분을 제거하여 HPLC(HPLC 1100 Series, Agilent, Santaclara, CA, USA)로 분석하였다. Column은 carbohydrate column(4.6×250 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였고, solvent와 flow rate는 70% acetonitrile과 1.0 mL/min, detector는 RI로 하였고, column 온도와 injection volume은 각각 35°C와 20 μ L였다. 표준물질로 사용한 glucose, fructose는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)제품을 사용하였다.

3) 유기산 분석

유기산 함량은 분쇄한 시료 3 g에 80% EtOH 60 mL를 가하여 6시간 동안 초음파 추출(3회)하였다. 추출한 시료액은 분석조건에 맞도록 희석한 다음 Sep-pak C₁₈ cartridges (Waters, Milford, MA, USA)를 통과시켜 0.45 µm membrane filter(Woongki Science Co., Ltd., Seoul, Korea)로 여과한 것을 HPLC(HPLC 1200 Series, Agilent)로 분석하였다 (Yang 등 2008). 유기산 분석을 위한 HPLC 조건은 Capcell Pak C₁₈-AQ(4.6×250 mm, 5 µm) 칼럼을 사용하여 UV 210 nm에서 검출하였으며, 이동상으로는 0.1 M NH₄H₂PO₄(pH 2.5 with H₃PO₄) 용액을 1 mL/min의 속도로 이동시켰다. 분리된 피크는 유기산 표준물질(Sigma)과 retention time을 비교하여 동정하고 표준곡선으로부터 정량하였다.

4) 비타민 A 함량

비타민 A의 함량은 Lee & Kim(2008)의 방법을 이용하여 HPLC(HPLC 1100 Series)로 분석하였다. 시료 10 g을 취해 에탄올 30 mL과 10% pyrogallol·에탄올 용액 1 mL를 가하여 잘 혼합하였다. 여기에 KOH용액 3 mL를 넣고 환류 냉각기를 장치한 후 끓는 물에서 30분간 가열 검화시켰다. 실온으로 급냉시킨 다음 증류수 30 mL를 가해 석유 에테르층을 분액한 후 증류수로 페놀프탈레인 지시약이 정색되지 않을 때까지 세척하였다. 석유 에테르 층에 무수 황산나트륨(Na₂SO₄)을 가해 탈수시킨 다음 rotary evaporator로 증류(45)하였다. 이때 얻어진 잔류물에 benzene:hexane(1:5) 용액 10 mL를 가해 용해시킨 다음 이 반응물을 시험용액으로 하였다. 이 시험용액 10 µL를 Novapak-Silica(3.9×150 mm, Waters) column이 장착된 HPLC에 주입하여 453 nm에서 β-carotene 함량을 측정하였다. 이 β-carotene 함량으로부터 vitamin A 효력치(IU)는 다음과 같이 환산하였다.

5) 비타민 C 함량

비타민 C 함량은 Korea Food & Drug Administration (2010) 방법에 따라 RLD(적색광원), BLD(청색광원), WLD(일반광원)으로 채배한 브로콜리 새싹 각각의 시료 2 g에 20 mL의 10% metaphosphoric acid를 가하여 10분간 현탁시킨 후 적당량의 5% metaphosphoric acid를 넣어 균질화한 다음 균질화된 시료를 100 mL mass flask에 옮기고 소량의 5% metaphosphoric acid액으로 용기를 씻은 후 mass flask에 합하여 100 mL로 정용한 다음 0.22 µm syringe filter로 여과하여 HPLC(Agilent 1200)로 분석하였다. Column은 Shiseido C18(4.6×250 mm, 5 µm, Tokyo, Japan)을 사용하였고, solvent와 flow rate는 각각 0.05 M KH₂PO₄:acetonitrile (60:40)과 1 mL/min으로 하였으며, UV파장과 injection volume은 254 nm와 20 µL였다. 표준곡선은 L(+)-ascorbic acid(Shinyo Pure Chemicals Co., LTD., Osaka, Japan)을 표준시약으로 사용하여 최종농도가 25, 50, 75, 100 ppm이

되도록 표준곡선을 작성하여 계산하였다.

6) 비타민 E 함량

비타민 E는 Ueda와 Igarash의 방법(1987)에 따라 HPLC(HPLC 1100 Series)로 분석하였다. 시험용액은 앞선 비타민 A와 동일한 방법으로 제조하였으며, 다만 석유 에테르 층을 rotary evaporator로 증류한 다음 잔류물에 hexane 1.0 mL를 가해 용해시켜 시험용액으로 하였다. 이 시험용액 1 mL에 tocol 표준용액 1.0 mL를 가한 다음, 그중 10 µL를 Novapak-Silica(3.9×150 mm, Waters) column이 장착된 HPLC에 주입하였으며, peak 면적법으로 계산하여 시료중의 tocopherol 함량을 정량하였다. Tocopherol 측정 시 사용한 이동상 용매 조건은 hexane isopropanol(98:2), 유속 0.5 mL/min, 검출기 UV, wavelength 298 nm이었다.

3. 항산화 활성 분석

1) 페놀성 화합물

추출물 0.1 mL에 2% Na₂CO₃을 2.0 mL 가하고 혼합하여 실온에서 30분 정치한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 페놀성 화합물 정량을 위한 검량선은 catechin을 이용하여 0~1.0 mg/mL의 농도로 작성하였으며, 모든 과정은 3회 반복하였다(Bevenuti 등 2004).

2) SOD 유사활성 측정

시험관에 tris-HCl buffer 3 mL, 0.2 mM pyrogallol 0.2 mL, 추출물 0.2 mL를 가하고 25°C에서 10분 방치한 후, 1 N HCl 1 mL를 첨가하여 반응을 정지시키고, UV420 nm에서 흡광도를 측정하였다(Tsuda 등 1995).

$$\text{SOD-liked activity (\%)} = 100 - \left(\frac{A}{B} \times 100 \right)$$

A: 시료 첨가군의 흡광도

B: 시료 무첨가군의 흡광도

3) 전자공여능 측정

추출물 0.5 mL에 0.15 mM DPPH 용액 3.5 mL 가하여 잘 섞은 후 517 nm에서 30분간 흡광도의 변화를 측정하여 다음과 같이 계산하여 나타내었다(Kang 등 2001).

$$\text{EDA (\%)} = 100 - \left(\frac{A}{B} \times 100 \right)$$

A: 시료 첨가군의 흡광도

B: 시료 무첨가군의 흡광도

4) Hydroxyl radical 소거활성 측정

시험관에 0.1 mM FeSO₄/EDTA 용액 0.2 mL, 10 mM 2-deoxyribose 0.2 mL, 추출물 0.1 mL와 0.1 M phosphate

buffer (pH 7.4) 1.3 mL, 10 mM H₂O₂ 0.2 mL를 가하고, 37°C incubator 에서 2시간 반응시킨 후 20% TCA (trichloroacetic acid)용액 1 mL를 가하여 100°C에서 15분간 가열한 후 급속히 냉각시켜 532 nm에서 흡광도를 측정하였다(Chung 1997).

$$\text{Hydroxyl radical scavenging activity (\%)} = \frac{B-A}{B} \times 100$$

- A: 시료 첨가군의 흡광도
- B: 시료 무첨가군의 흡광도

4. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복하여 실시하였고, 평균과 표준편차 계산 후 그 결과를 비교하였다. 통계 분석은 SAS (Statistical Analysis System, Cary, NC, USA) 통계프로그램을 사용하여 분산 분석(ANOVA)을 실시하였고, 각 시료간의 유의성 검증은 Duncan's multiple range test를 사용하였다(p<0.05).

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분

1) 광원에 따른 일반성분

본 실험에 사용한 브로콜리 새싹의 광원에 따른 일반성분 분석 결과는 <Table 1>과 같다. 그 중 발아에 의한 영양소의 함량 변화를 평가할 때 주로 건량기준으로 평가되기 때문에 (Ueda & Igarash 1987) 저온에서 열풍 건조한 브로콜리 새싹의 일반성분을 비교하고자 하였다. 식물공장 시스템에서 광원을 달리하여 6일 동안 발아 시킨 브로콜리 새싹의 수분 함량은 RLD 1.91%, BLD 0.95%, WLD 1.12%로 측정되었다. 조단백질 함량은 RLD 16.59%, BLD 15.36%, WLD 25.16%이었고, 조지방 함량은 RLD 15.24%, BLD 13.30%, WLD 17.17%, 조회분 함량은 RLD 6.71%, BLD 6.67%, WLD 7.72%로 측정되었다. 새싹 채소는 종자에서 싹이 트는 시기에 자신의 성장을 위해서 영양소 등을 생합성하므로 단백질, 비타민, 효소, 바이오 플라보노이드 등의 영양소가 완전히 성장한 채소나 종자에 비해 3-4배가 높다(Kurtzweil 1999). 같은 십자화과에 속하는 4일간 발아시킨 건조한 무순

의 일반성분은 수분 2.28%, 조단백질 31.43%, 조지방 20.06%, 조회분 4.18% 함유하고 있다고 보고한 Han 등(2003)의 연구 결과와 비교하면 수분과 조단백질, 조지방의 함량은 낮게 나타났으나, 조회분의 함량이 높은 것으로 나타났다. 5일간 발아시킨 유채싹의 경우 조단백질 26.00%, 조지방 40.10%, 조회분 4.10%를 함유하고 있다는 보고(Kim 등 1988)와 비교하면 조단백질과 조지방의 함량은 낮으며, 특히 조지방의 함량은 유채싹이 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 반면 조회분의 함량은 높게 나타났다. Lee 등(2009a)의 연구결과에 따르면 브로콜리 싹의 필수 아미노산 함량이 메밀싹, 유채싹, 무순보다 높았다고 보고하였다. 또한 조지방도 곡류인 옥수수 3.8%와 쌀 1.3%에 비하여 높은 함량을 차지하고 있으며 발아채소에 함량이 높은 것을 감안할 때, 본 연구에서도 조지방의 함량이 옥수수와 쌀에 비하여 높게 나타났다. 일반적으로 새싹채소는 수분함량이 90% 이상으로 에너지원으로서 는 별로 가치가 없으나 칼슘이나 인, 철과 같은 미네랄을 비교적 많이 함유하고 있어 필수무기질의 좋은 공급원이 된다고 알려져 있다(Feng 1997). Kim 등(2008)은 홍화종자를 3-4일간 발아하여 각종 영양성분을 분석한 결과, 발아되면서 조단백질과 조지방 함량은 감소하고, 무기질소, 회분과 조섬유소의 함량은 증가하였다고 보고하였다. Choi 등(1993)의 연구결과에 따르면 종자내 축적되어 있던 지방은 유리지방산으로 분해되고 발아되면 지방으로는 거의 발견되지 않는다. 종자내에 있던 지방은 발아시 필요한 에너지로 쓰이게 되는 매우 중요한 요소이다. 발아 후 96시간까지는 각 지방산 함량이 모두 조금씩 감소하다가 120시간에 약간 증가하는 경향을 나타냈으며, 발아에 따른 무기물 함량은 초기에 서서히 감소하다가 120시간에 약간 증가하는 경향을 나타내었다(Kim 등 1988). Lee 등(2009a)은 브로콜리 새싹의 경우 건량기준으로 수분함량은 2.04%, 조단백질 22.04%, 조지방 12.80%, 조회분 6.25%, 탄수화물 56.87% 함유하고 있다고 보고 하였다. 본 연구 결과에서는 이들 보다 지방성분의 함량이 높게 나타났으며, 이는 발아 시 에너지로 쓰인 지방이 발아가 끝나고 생장기에 접어들어 함량이 일부 증가한 것으로 보인다.

식물체의 생장 및 형태 형성에 미치는 광환경에 대한 연구 중에서도 최근 들어 발열량이 매우 적으며 식물체의 생장 및 형태 형성에 영향을 미치는 파장영역만을 갖고 있으

<Table 1> Proximate composition of broccoli sprouts (%)

Sprout samples ¹⁾	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash
RLD	1.91±0.27 ^{a2)}	16.59±0.01	15.24±2.76	6.71±0.05 ^b
BLD	0.95±0.33 ^b	15.36±0.01 ^c	13.30±2.83	6.677±0.17 ^b
WLD	1.12±0.04 ^b	25.16±0.01 ^a	17.17±0.57	7.72±0.41 ^a
p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

¹⁾RLD:Red lighting LED, BLD:Blue lighting LED, WLD:White lighting (fluorescent light)

²⁾Different letters (a-c) in each values show statistical significances at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

며 수명이 반영구적인 발광다이오드(Light-Emitting Diode, LED)를 이용한 폐쇄계내 환경 제어형 식물공장에서의 이용성이 높은 광조사 시스템에 대한 관심이 고조되고 있다 (Brown 등 1995; Miyashita 등 1995). 광원에 따른 브로콜리 새싹의 일반성분 함량의 특성을 분석한 결과를 비교해 보면 수분은 적색광원(RLD)이, 조단백질과 조지방, 조회분 함량은 모두 일반광원(WLD)이 가장 높았다. Kim 등(2012)의 연구에 따르면 백색, 청색, 적색 광원으로 재배한 홍화새싹에서 수분, 회분 및 지방의 함량은 적색광원으로 재배한 홍화새싹에서, 조단백질 함량은 백색광원으로 재배한 홍화새싹에서 높게 측정되어, 본 연구에서 수분과 조단백질 함량의 결과가 일치하였으나, 조회분 및 조지방 함량은 대조광원인 일반광원이 높게 나타나 차이가 있었다. Son(2009)의 연구에서 광원에 따른 총 아미노산 함량이 적색광, 청색광, 황색광의 순으로 높게 나타났다고 보고 연구한 결과는 본 실험에서도 LED 광원 중에서 적색광의 조단백질 함량이 청색광원보다 높게 나타났다.

2) 건조방법에 따른 일반성분

건조방법에 따른 브로콜리 새싹의 일반성분의 차이를 비교한 분석 결과는 <Table 2>와 같다. 저온 열풍 건조한 브로콜리 새싹의 조단백질량은 RLD 16.59%, BLD 15.36%, WLD 25.16%로 측정되었고, 조지방량은 RLD 15.24%, BLD 13.3%, WLD 17.17%, 조회분량은 RLD 6.71%, BLD 6.67%, WLD 7.72%로 나타났다. 동결 건조한 브로콜리 새싹의 조단백질량은 RLD 19.48%, BLD 18.31%, WLD 14.1%로, 조지방량은 RLD 15.45%, BLD 11.22%, WLD 12.93%, 조회분량은 RLD 9.28%, BLD 8.54%, WLD 8.52%로 나타났다. 일반성분은 건조방법을 달리한 결과, 조회분의 함량은 동결건조에서 높았으나, 수분, 조단백질, 조지방의 함량은 저온 열풍 건조에서 높은 것으로 나타났다. Park 등(2008a)의 연구에 따르면 보리 잎의 각 건조방법별 조단

백, 조지방 함량은 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 보고한 연구결과와 본 연구 결과도 수분, 조단백질, 조지방 함량은 유의적인 차이가 나타나지 않아 유사한 결과로 나타났다. Kim 등(2007)도 양파분말을 동결건조, 진공건조, 열풍건조의 방법으로 건조 분말화한 후 일반성분 측정 결과, 건조방법에 따른 각 성분의 함량비율에 차이가 없다 하였고, Kim 등(2006)도 매화의 건조방법에 따른 일반성분의 함량비율에 차이가 없다고 보고한 결과에 비해 본 연구에서는 저온 열풍 건조 방법으로 가공한 브로콜리 새싹은 7.72%, 동결건조 방법으로 가공한 브로콜리 새싹은 8.52%로 조회분의 함량이 유의적인 차이가 있었다. 새싹의 무기질의 함량이 높음으로 밝혀져 있으나(Feng 1997) 건조로 인하여 품질 저하에 차이가 나타난 것으로 사료된다.

2. 유리당 함량

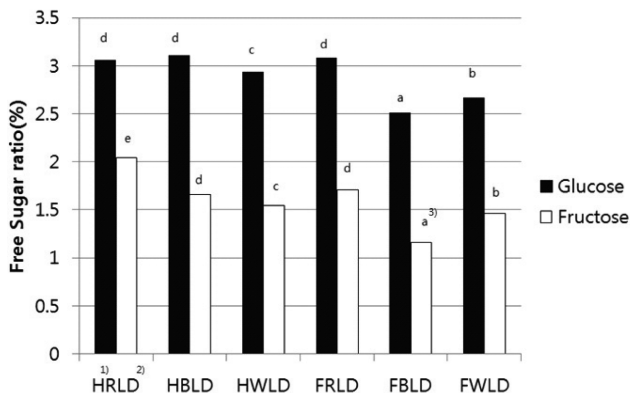
식물 공장시스템에서 광원을 달리하여 6일간 받아시킨 브로콜리 새싹의 유리당 함량을 측정한 결과는 <Figure 1>과 같다. 브로콜리 새싹의 대표적 유리당은 glucose, fructose였다. 저온 열풍 건조에 의해 가공된 브로콜리 새싹의 glucose 함량은 RLD 3.06%, BLD 3.12%, WLD 2.94%, 동결 건조에 의해 가공된 브로콜리 새싹의 glucose 함량은 RLD 3.08%, BLD 2.51%, WLD 2.67%로 나타났다. fructose의 경우 저온 열풍 건조에 의해 가공된 브로콜리 새싹은 RLD 2.04%, BLD 1.66%, WLD 1.54%로, 동결건조에 의해 가공된 브로콜리 새싹은 RLD 1.71%, BLD 1.16%, WLD 1.46%로 측정되었다. Lee 등(2009a)의 연구결과에 따르면 동결 건조한 브로콜리의 경우 ribose가 가장 많이 검출되었고, fructose가 다음으로 glucose가 가장 적게 검출되었다고 보고한 결과와 달리 본 연구에서는 glucose의 함량이 fructose의 함량보다 많게 나타났다. 이로 인하여 Lee 등(2009a)의 연구와 같이 일반 자연채광에서 길러진 브로콜리 유리당 함량과 본 실험과 같이 통제된 식물 공장시스템에서 생산된 브로콜

<Table 2> Proximate composition of broccoli sprouts according to the dehydration methods (%)

Sprout samples ¹⁾		Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash
Hot air drying	RLD	1.91±0.27 ^{a2)}	16.59±0.01 ^d	15.24±2.76	6.71±0.05
	BLD	0.95±0.33 ^b	15.36±0.01 ^e	13.30±2.83	6.67±0.17
	WLD	1.12±0.04	25.16±0.01 ^a	17.17±0.57 ^a	7.72±0.41
Mean		1.33±0.51	19.04±5.34	15.24±1.94	7.03±0.60
Freeze-drying	RLD	1.28±0.5550	19.48±0.00 ^b	15.45±1.69	9.28±2.24
	BLD	0.7±0.0100 ^b	18.31±0.01 ^c	11.22±0.05 ^b	8.54±1.53
	WLD	1.29±0.06	14.10±0.01 ^f	12.93±0.37	8.52±1.94
Mean		1.09±0.33	17.30±2.83	13.20±2.13	8.78±0.43
Mean p-value		0.548	0.644	0.287	0.015
Sample p-value		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

¹⁾RLD:Red lighting LED, BLD:Blue lighting LED, WLD:White lighting (fluorescent light)

²⁾Different letters (a-f) in each values show statistical significances at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.



<Figure 1> Free sugar contents of broccoli sprouts

¹⁾H: Hot air drying, F: Freeze drying

²⁾RLD: Red lighting LED, BLD: Blue lighting LED, WLD: White lighting (fluorescent light)

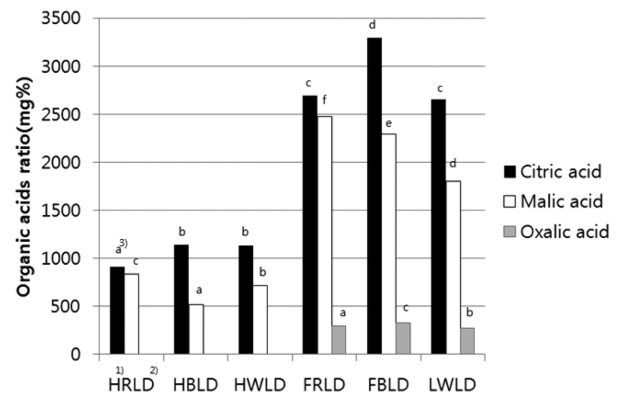
³⁾Different letters (a-e) in each values show statistical significances at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

리 유리당 함량이 서로 다른 것으로 보아 식물생산 광원에 따라 유리당 함량과 조성이 달라질 수 있음을 확인할 수 있었다.

Glucose는 열풍건조한 브로콜리 새싹 중에서는 청색광을 조사한 새싹이 3.11%, 적색광을 조사한 새싹이 3.06%로 높게 나타났으며, 동결건조한 브로콜리 새싹 중에서는 적색광을 조사한 새싹이 3.08%로 가장 높았고, 광원별로 유의적인 차이가 있었다. Fructose는 열풍건조, 동결건조한 브로콜리 새싹 중에서 적색광을 조사한 새싹이 2.04%, 1.71%로 가장 높았으며 광원별로 유의적인 차이가 있었다. 유리당은 건조방법별로 적색광원을 조사한 브로콜리 새싹이 높은 것으로 나타났다.

3. 유기산 함량

광원을 달리하여 발아 후 가공한 브로콜리 새싹의 유기산 함량을 측정한 결과는 <Figure 2>과 같다. 브로콜리 새싹에서 유기산은 Citric acid, Malic acid, Oxalic acid가 검출되었다. 저온 열풍 건조에 의해 가공된 브로콜리 새싹의 Citric acid 함량은 RLD 908.87 mg%, BLD 1,136.98 mg%, WLD 1,132.59 mg%, 동결 건조에 의해 가공된 브로콜리 새싹의 Citric acid 함량은 RLD 2,692.63 mg%, BLD 3,292.59 mg%, WLD 2,653.52 mg%로 나타났다. Malic acid의 경우 저온 열풍 건조에 의해 가공된 브로콜리 새싹은 RLD 834.58 mg%, BLD 514.71 mg%, WLD 716.49 mg%로, 동결건조에 의해 가공된 브로콜리 새싹은 RLD 2,477.48 mg%, BLD 2,291.86 mg%, WLD 1,803.12 mg%로 측정되었다. Oxalic acid는 저온 열풍 건조에 의해 가공된 브로콜리 새싹에서는 측정되지 않았으며, 동결건조한 브로콜리 새싹은 RLD 293.81 mg%, BLD 331.31 mg%, WLD 271.73 mg%로 측정되었다. 같은 십자화과 채소인 무순에서는 Oxalic acid



<Figure 2> Organic acids contents of broccoli sprouts

¹⁾H: Hot air drying, F: Freeze drying

²⁾RLD: Red lighting LED, BLD: Blue lighting LED, WLD: White lighting (fluorescent light)

³⁾Different letters (a-f) in each values show statistical significances at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

가 검출되지 않았으며(Han 등 2003), 본 연구에서도 저온 열풍 건조한 브로콜리 새싹에서는 Oxalic acid이 검출되지 않았다. Lee와 Kim(2008)에 의하면 메밀씨의 경우는 유기산 중 Oxalic acid 함량이 가장 많이 검출되었으나, 싹이 다르기 때문에 같은 십자화과 채소에서도 차이가 있었다.

Citric acid은 열풍건조한 브로콜리 중에서 청색광, 일반광을 조사한 새싹이 높게 나타났고, 동결건조한 브로콜리 중에서는 청색광을 조사한 새싹이 높은 것으로 나타났다. 두 가공 방법 중에서 동결건조한 브로콜리 새싹의 함량이 높게 나타났고, 유의적인 차이가 있었다. Malic acid는 열풍건조, 동결건조한 브로콜리 새싹은 적색광을 조사한 브로콜리 새싹이 각각 834.58, 2,477.48 mg%로 가장 높게 나타났으며, 두 가공 방법 중에서 동결건조한 브로콜리 새싹에서 함량이 가장 높게 나타났다. Oxalic acid는 적색광을 조사한 새싹에서 331.31 mg%로 가장 높게 나타났다. 유기산 중 Citric acid는 청색광원을, Malic acid와 Oxalic acid는 적색광원을 조사한 새싹에서 높게 나타났으며, 저온 열풍 건조 방법보다 동결건조 방법에서 2배 이상 높게 나타나 광원별, 건조방법별로 유의적인 차이가 있었다. Kang 등(2007)의 연구 결과에서도 Citric acid는 동결건조에서 가장 높은 함량을 나타내 본 연구와 같은 결과를 나타내었다. 따라서, 브로콜리 새싹은 재배하는 광원에 따라서 그리고 수확 이후 건조방법에 따라 그 유기산 함량이나 조성이 달라질 수 있음을 알 수 있었다.

4. 무기질 함량

조사한 광원과 건조방법을 달리한 브로콜리 새싹의 Fe, K, Mg, Mn, Cu, Na, Zn의 함량을 측정한 결과는 <Table 3>와 같다. Fe, Mn, Cu, Zn의 함량은 10 mg% 미만으로 낮게 나타났으며, K, Mg, Na의 함량은 높게 나타났다. 건조방법별로 K, Mg, Cu, Na은 동결건조한 브로콜리의 새싹이 가장

높았으며, Fe, Mn, Zn은 열풍 건조한 브로콜리의 새싹이 가장 높았다. 백합과를 제외한 대부분의 새싹은 알칼리 원소 (Ca, Fe, Mg, Na, K)를 다량 함유하고 있어 혈액의 산성화를 방지할 뿐만 아니라 어느 정도의 섬유와 같은 거친 것이 들어 있어 소화를 돕는 간접적인 효과도 있다(Greenwald 1998; Montville & Schaffner 2004)는 보고와 비교하였을 때, 브로콜리 새싹 역시 K, Mg, Na의 함량이 높고, 특히 동결 건조한 브로콜리 새싹에서 K, Mg, Cu, Na의 함량이 높아 새싹채소와 무기질 함량 성향이 비슷하였다.

브로콜리 새싹에서는 다량무기질인 K, Mg, Na의 함량이 높았는데, 그 중에서도 K의 함량이 가장 높았다. 다량무기질은 적색광원과 일반광원을 조사한 브로콜리 새싹에서 높게 나타났으며, 대조군인 일반광원에 비해 청색광원이 낮은 무기질 함량을 나타냈다. 가공 방법 중에서는 동결건조한 브로콜리 새싹에서 무기질의 함량이 더 높게 측정되었다.

미량무기질인 Fe, Mn, Cu, Zn의 함량은 낮게 나타났고, 이 중에서도 Cu의 함량이 가장 낮게 나타났다. 또한 미량무기질은 다량무기질에 비해 유의적인 차이가 없었다. Cu를 제외한 Fe, Mn, Zn은 다량무기질과 다르게 동결건조한 브로콜리 새싹보다 저온 열풍 건조한 브로콜리 새싹에서 더 많이 검출되었다.

본 연구에서 열풍건조한 브로콜리 새싹의 무기질 함량은 Fe 5.73 mg%, K 459.82 mg%, Mg 326.98 mg%, Mn 2.52 mg%, Cu 0.78 mg%, Na 98.23 mg%, Zn 7.18 mg%로 나타났다. Kim 등 (2003)의 연구에 따르면 시금치는 P 66.3 mg%, Ca 47 mg%, Fe 0.6 mg%, Na 1 mg%, K 150 mg%라고 연구보고 하였다. 브로콜리의 새싹과 비교하면 시금치보다 미량무기질인 Fe의 함량은 적었으나, 다량무기질인 Na과 K의 함량이 더 높게 나타났다. 또한 깻잎의 무기질 함량의 평균이 Ca 385.3 mg%, P 66.3 mg%, Fe 1.86 mg%, Na 30.33 mg%, K 590.3 mg%, Mg 116 mg%라고 보고한 Choi와 Han(2001)의 결과와 비교하였을 때 Fe, Na, K, Mg

의 함량이 더 높은 것으로 나타났다. Kim과 Lee(2010)의 연구에서 새싹채소를 동결건조하여 제조한 분말에는 칼슘 및 인 함량은 일반채소를 동결건조한 분말에 비하여 약 3배 수준의 높은 수치를 나타내었다. 철 함량은 약 5배 수준으로 높은 함량을 보였으며, 나트륨 함량은 약 30~40% 정도 높게 나타났고, 칼륨함량은 약 2배 높은 수준이었다고 보고하였다.

Son(2009)에 의하면 브로콜리 새싹에서 무기물 종류에 따른 함량은 K은 황색광에서 가장 높았으며 다음으로 일반광과 적색광에서 높았고, Mg은 황색광 다음으로 적색광에서 높았으며, Zn은 적색광에서 가장 높았고, Fe는 적색·청색광, 녹색, 적색순으로 높았고, Na은 백색광에서 가장 많은 것으로 나타났다고 하였다. 본 연구의 경우, K은 적색광에서, Na은 일반광에서 가장 높아 위의 연구와 결과와 일치하였으나, Mg은 일반광에서, Zn은 청색광에서 가장 높았고, Fe는 청색 다음으로 적색광이 높아 LED 광원에 따라 생산된 브로콜리 새싹의 무기질 함량에 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다.

5. 비타민 A, C, E 함량

조사한 광원과 건조방법을 달리한 비타민의 함량은 <Table 4>와 같다. 저온 열풍 건조한 브로콜리 새싹에서 비타민 A의 함량은 RLD 432.48 µgRE/100 g, BLD 640.25 µgRE/100 g, WLD 644.45 µgRE/100 g, 동결건조한 브로콜리 새싹은 RLD 4,633.10 µgRE/100 g, BLD 1,998.28 µgRE/100 g, WLD 3,446.04 µgRE/100 g로 나타났다. 저온 열풍 건조 가공에 의한 비타민 C의 함량은 RLD 134.57 mg/100 g, BLD 137.05 mg/100 g, WLD 119.87 mg/100 g, 동결건조 가공에 의한 비타민 C 함량은 RLD 136.96 mg/100 g, BLD 84.19 mg/100 g, WLD 8.53 mg/100 g로 나타났다. 저온 열풍 건조한 브로콜리 새싹의 비타민 E 함량은 RLD 1.44 IU/100 g, BLD 1.11 IU/100 g, WLD 1.31 IU/100 g로, 동결건조한 브로콜리 새싹의 비타민E 함량은 RLD 10.14 IU/100

<Table 3> Mineral contents of broccoli sprouts

(mg% dry basis)

Sprout samples ¹⁾		Fe (mg%)	K (mg%)	Mg (mg%)	Mn (mg%)	Cu (mg%)	*Na (mg%)	Zn (mg%)
Hot air drying	RLD	5.79±0.04 ^{a2)}	518.67±4.00	339.02±2.00 ^d	2.63±0.02 ^a	0.76±0.00 ^c	94.03±3.49	6.95±0.00 ^b
	BLD	5.88±0.07 ^a	427.71±3.00 ^d	281.85±0.10 ^c	2.40±0.01	0.79±0.01 ^c	83.21±0.54 ^c	8.43±0.20 ^a
	WLD	5.53±0.04 ^a	433.09±1.00 ^d	360.08±5.00 ^c	2.53±0.01 ^{ab}	0.79±0.02 ^c	117.44±2.24 ^b	6.16±0.10 ^d
Mean		5.73±0.18	459.82±51.04	326.98±40.51	2.52±0.12	0.78±0.02	98.23±17.50	7.18±1.15
Freeze-drying	RLD	4.10±0.80	669.04±34.48 ^a	585.35±4.61 ^a	2.45±0.08	1.99±0.04 ^a	394.13±2.74 ^a	6.60±0.06 ^{bc}
	BLD	4.10±0.13	607.30±6.76 ^b	569.96±2.36 ^b	2.41±0.06	1.59±0.07 ^b	376.97±20.94 ^a	6.40±0.13 ^{cd}
	WLD	4.03±0.11	634.92±7.20 ^{ab}	579.22±0.41 ^{ab}	2.40±0.00	1.98±0.03 ^a	383.17±10.01 ^a	6.72±0.06 ^{bc}
Mean		4.08±0.04	637.09±30.93	578.16±7.75	2.42±0.03	1.85±0.23	384.76±9.15	6.57±0.16
mean p-value		0.000	0.007	0.000	0.217	0.014	0.000	0.418
Sample p-value		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

¹⁾RLD:Red lighting LED, BLD:Blue lighting LED, WLD: White lighting (fluorescent light)

²⁾Different letters (a-d) in each values show statistical significances at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

g, BLD 13.44 IU/100 g, WLD 16.83 IU/100 g로 나타났다.

Kim과 Lee(2010)의 연구에서 레티놀은 브로콜리 새싹에서 검출되지 않았으며, 카로틴은 일반채소에 비하여 적양배추 및 브로콜리에서 약 2배 차이가 났다고 보고한 바가 있다. 비타민 A의 광원에 따른 함량을 보면 저온 열풍 건조, 동결 건조로 가공한 브로콜리 새싹에서 적색광을 조사한 새싹이 각각 644.45 μ gRE/100 g, 4,633.10 μ gRE/100 g로 가장 높게 나타났으며 광원별로 유의적으로 차이가 있었다.

Lee와 Park(2003)에 의해 브로콜리는 뛰어난 항산화 작용을 가진 ascorbic acid가 다량 함유되어 있다고 알려져 있다. 광원에 따른 비타민 C의 함량은 저온 열풍 건조한 브로콜리 새싹 중에서는 청색광, 적색광을 조사한 브로콜리에서 각각 137.05, 134.57 mg/100 g로 높게 나타났고, 동결건조한 브로콜리 새싹에서는 적색광을 조사한 새싹이 136.96 mg/100 g으로 가장 높게 나타나 광원별로 유의적인 차이가 있었다. 요즘 유행하고 있는 새싹채소와 어린잎 채소에는 일반 채소보다 ascorbic acid가 다량 함유되어 있다고 보고되었다(Singh 등 2007). Kim 등(2012)의 연구에 따르면 ascorbic acid 함량은 광원에 따라 유의적인 차이를 나타내었고, 특히 적색 LED 조명을 쬐인 홍화새싹에서 비타민 함량이 높게 나타났다 하였는데, 본 연구에서도 동결건조에서 적색광을 조사한 브로콜리 새싹이 가장 높았고, 열풍건조에서 청색광과 적색광이 일반광원에 비해 높게 나타났으므로 비슷한 결과를 나타내었다. 또 Xu 등(2005)은 광원의 종류를 달리하여 콩을 새싹채소로 재배하면서 비타민 C의 함량을 측정된 결과, 푸른 광원에서 재배한 새싹채소에서 비타민 함량이 가장 높았다고 보고하여 열풍 건조한 브로콜리 새싹이 청색광에서 함량이 높아 같은 결과를 나타내었다. 본 연구에서도 광원별로 비타민 C 함량에 유의적인 차이가 있었다.

비타민 E의 대표적인 기능은 항산화작용으로 활성산소에 의하여 야기되는 지질의 손상을 억제하는 역할로 잘 알려졌다(Cho 2010). 비타민 E는 일반광을 조사하여 동결건조한 브로콜리 새싹이 16.83 IU/100 g으로 가장 높게 나타났다. 광

원별 비타민의 함량은 대부분 적색광에서 가장 높았다.

건조 방법에 따른 브로콜리 새싹의 비타민 A와 E 함량은 동결건조로 가공한 브로콜리 새싹의 함량이 더 높았다. Kim과 Lee(2010)의 연구에 의하면 새싹채소를 이용하여 제조한 동결건조분말에 함유되어 있는 카로틴 함량은 적양배추, 청경채 및 브로콜리에서 각각 일반채소를 이용하여 제조한 동결건조분말에 비하여 약 2-3배 수준의 높은 수치를 나타내었다. Kim 등(2007)은 건조방법을 달리한 양파분말의 특성 비교 연구에서 동결건조방법이 비타민 C 파괴가 가장 적은 건조방법이라 하였다고 하였으나 본 연구에서 비타민 C의 함량은 저온 열풍 건조에서 높았다. Hong & Lee(2004)가 glucose와 fructose 등 당 농도에 따라 당의 보호작용으로 비타민 C 손실의 차이가 있다고 보고한바와 같이 본 연구에서도 브로콜리 새싹의 동결건조보다 열풍건조시 glucose와 fructose 등 당 함량이 높아 비타민 C 손실이 적게 되어 열풍건조에서 비타민 C 함량이 높게 나타난 것으로 사료된다.

6. 항산화 효과

1) 광원에 따른 항산화 효과

브로콜리, 케일 및 양배추 등과 같은 십자화과 채소는 영양적인 면에서 비타민과 미네랄 함량이 높고, 특유의 향을 내는 황화합물들은 생체 내에서 암을 예방하거나 돌연변이를 억제하는 작용이 있는 것으로 알려져 있다(Kim & Lee 2005). 또 발아채소는 본잎이 나오기 전의 어린 떡잎상태일 때가 유용한 생리활성 물질의 생성량이 최대가 되며 완전히 자란 식물에 비하여 4-100배 이상 함유하고 있다(Sattar 등 1995; El-Adawy 2002). 일반적으로 폴리페놀과 플라보노이드 등과 같은 페놀계 물질은 식물에 존재하는 대표적 항산화 물질이며(Kähkönen 등 1999), radical 소거활성 및 금속이온 안정화 효과가 우수하다고 알려져 있다(Huang 등 1992).

식물공장에서 재배한 브로콜리 새싹의 광원에 따른 항산화 효과는 <Table 5>와 같다. 재배시 적색광을 조사한 브로콜리 새싹의 총 페놀 함량은 적색광 1.44 mg/mL, 청색광

<Table 4> Contents of vitamin A, C, E within broccoli sprouts

Sprout samples ¹⁾		Vitamin A (μ gRE/100 g)	Vitamin C (mg/100 g)	Vitamin E (IU/100 g)
Hot air	RLD	860.62 \pm 13.00 ^{d2)}	134.57 \pm 3.00 ^a	1.44 \pm 0.01 ^d
	BLD	432.48 \pm 10.00 ^d	137.05 \pm 7.00 ^a	1.11 \pm 0.01 ^{ef}
	WLD	640.25 \pm 25.00 ^d	119.87 \pm 4.00 ^b	1.31 \pm 0.01 ^d
	Mean	644.45 \pm 214.10	130.50 \pm 9.29	1.29 \pm 0.17
Freeze drying	RLD	4,633.10 \pm 210.09 ^a	136.96 \pm 0.39 ^a	10.14 \pm 0.10 ^c
	BLD	1,998.28 \pm 30.46 ^c	84.19 \pm 0.58 ^c	13.44 \pm 0.09 ^b
	WLD	3,446.04 \pm 493.65 ^b	8.53 \pm 0.06 ^d	16.83 \pm 0.08 ^a
	Mean	3,359.14 \pm 1319.56	76.56 \pm 64.55	13.47 \pm 3.34
p-value		<0.0001	<0.0001	<0.0001

¹⁾RLD: Red lighting LED, BLD: Blue lighting LED, WLD: White lighting (fluorescent light)

²⁾Different letters (a-f) in each values show statistical significances at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

<Table 5> Antioxidant effects due to Photosynthesis

Sprout samples ¹⁾		Total phenolic acid (mg/mL)	SOD-liked activity (%)	EDA (%)	Hydroxyl radical scavenging (%)
Red lighting	RAW	1.43±0.03 ^{fg2)}	33.81±0.32 ^h	29.11 ^c	63.21±0.77 ^{abcd}
	HAD	1.47±0.01 ^{ef}	59.63±0.52 ^c	32.02	66.70±0.00 ^{abc}
	FD	1.42±0.00 ^g	55.03±0.08 ^d	14.13 ^d	58.52±0.62 ^{de}
	Mean	1.44	49.49	25.09	62.81
Blue lighting	RAW	1.61±0.02 ^b	40.56±0.04 ^f	29.63	65.7±0.59 ^{abc}
	HAD	1.77±0.01 ^a	61.8±0.38 ^b	46.29 ^a	68.78±0.14 ^a
	FD	1.52±0.01 ^{cd}	38.87±0.04 ^g	16.53 ^d	62.37±2.14
	Mean	1.63	47.08	30.82	65.62
White lighting	RAW	1.50±0.00 ^{de}	39.6±0.30 ^{fg}	28.72 ^c	55.19±4.14 ^c
	HAD	1.56±0.00 ^c	67.69±0.07 ^a	38.12 ^{ab}	67.79±0.14 ^{ab}
	FD	1.44±0.00 ^{fg}	50.77±0.17 ^e	14.41 ^d	60.84±0.13 ^{cde}
	Mean	1.50	52.69	27.08	61.27
p-value		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

¹⁾RAW:Raw broccoli sprout, HAD: Hot air drying broccoli sprout, FD: Freeze drying broccoli sprout

²⁾Different letters (a-h) in each values show statistical significances at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

1.63 mg/mL, 일반광 1.5 mg/mL로 나타났으며, SOD 유사활성은 적색광 49.49%, 청색광 47.08%, 일반광 52.69%, 전자공여능은 적색광 25.09%, 청색광 30.82%, 일반광 27.08%로 나타났고, Hydroxyl radical 소거능은 적색광 61.81%, 청색광 65.62%, 일반광에서는 61.27%로 나타났다. Cho 등(2008a)에 의하면 브로콜리 새싹 재배시 LED 광이 새싹의 총 페놀에 미치는 영향을 조사한 결과 백색광에서 83.0 mg·L⁻¹로 가장 높게 나타났다. 총 페놀 함량이 가장 낮은 것은 청색광으로서 71.4 mg·L⁻¹이었으며, 그 다음은 적색광으로 75.2 mg·L⁻¹이었다. 본 연구에서는 총 페놀의 함량이 대조군인 일반광보다 적색광의 함량이 낮아 청색광, 일반광, 적색광의 순으로 나타나 결과에 차이가 있었다. 그러나 Cho 등(2008b)의 연구에 의하면 아마란스의 새싹 중 총 페놀화합물 함량은 적색+청색광 처리구와 청색광 처리구가 각각 94.1 mg·L⁻¹, 93.0 mg·L⁻¹으로 많았으며, 황색 처리구 다음으로 무처리구가 낮았다고 보고하여 가장 높은 활성을 보인 광원은 일치하였다.

Son(2009)은 DPPH결과 브로콜리 새싹 재배에서 63 mg·L⁻¹ 이상의 농도와 1,000 mg·L⁻¹의 농도에서 백색광을 처리한 새싹이 높은 항산화 활성을 보였다. LED 광질을 달리하여 재배한 유채 새싹의 메탄올 추출물의 전자 공여능은 청색광과 백색광 처리구에서 다른 광처리구 보다 높은 경향을 보였다(Cho 등 2008c). 본 연구에서는 전자공여능이 청색광이 가장 높았으며 다음으로 일반광이 높게 나타나 Son(2009)의 결과와는 파장과 조광 시간이 달라 항산화능에 차이가 있는 것으로 나타났으나 Cho 등(2008c)의 연구와는 비슷한 경향을 나타내었다.

광원에 따른 비타민의 함량은 대부분 적색광원이 높고, 청색광원은 대부분 일반광원보다 낮은 결과를 나타내었으나,

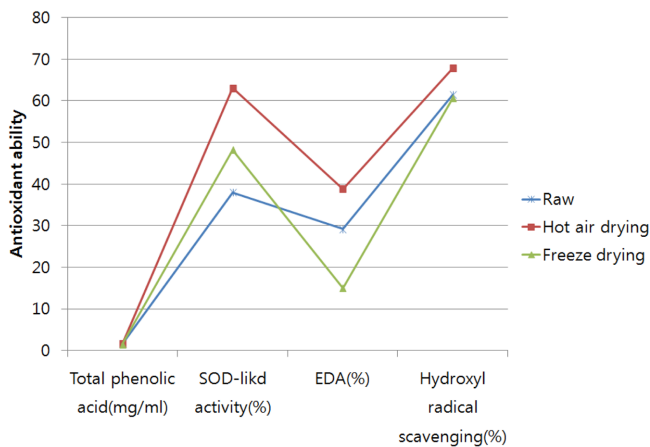
항산화에는 비타민 이외에 페놀물질과 항산화 효소 등에도 영향을 받아 결과에 차이가 있는 것으로 생각된다.

2) 가공조건에 따른 항산화 효과

가공조건에 따른 브로콜리 새싹의 항산화 효과는 <Figure 3>과 같다. 총 페놀 함량은 생 브로콜리 1.51 mg/mL, 저온 열풍 건조 브로콜리 1.6 mg/mL, 동결건조 브로콜리 1.46 mg/mL로 측정되었으며, SOD 유사활성은 생 브로콜리 37.99%, 저온 열풍 건조 브로콜리 63.04%, 동결건조 브로콜리 48.22%로 나타났다. 전자공여능은 생 브로콜리 29.15%, 저온 열풍 건조 브로콜리 38.81%, 동결건조 브로콜리 15.02% 였으며, Hydroxyl radical 소거능은 생 브로콜리 61.37%, 저온 열풍 건조 브로콜리 67.76%, 동결건조 브로콜리 60.58%로 나타났다.

Kim 등(1997)에 의하면 끓는 물이나 스팀과 같은 조리가공 조건에 따른 항산화 능력과 설폴라판(sulforaphane) 함량의 변화를 비교 연구한 결과 끓는 물에서 조리한 경우, 라디칼 소거 능력이 감소하고, 설폴라판(sulforaphane) 함량이 급격히 감소하였다고 보고하여 항산화 능력은 가공 조건에 영향을 받을 것이라고 생각한다.

Kim 등(2006)은 삼백초 건조방법별 연구에서 총 페놀성 화합물 함량은 동결건조에서 가장 높았고, 열풍건조 후 볶음과 증자처리를 함으로써 감소하였다고 보고하였다. 본 연구 결과에서 총 페놀성 화합물 함량은 저온 열풍 건조방법으로 가공한 브로콜리 새싹이 가장 높아 상반된 결과를 보였다. Park 등(2008b)에 의하면 보리 잎을 생잎, 열처리 후 건조, 진공 동결건조, 전자레인지 건조방법으로 건조하였을 때 총 페놀 함량은 건조방법별 함량에 유의적인 차이가 없었다고 보고하였고, 총 페놀함량은 건조를 통하여 45-55.3% 감소하



<Figure 3> Antioxidant effects due to conditions of productivity

였다고 보고하였다. Garcia-Viguera 등(2003)은 데치는 과정을 통해 20-30% 정도의 항산화성분이 감소하였으며, 냉동 저장에 있어서도 적은 양이지만 손실이 생긴다고 보고하였다. 또 Kim 등(2009)에 의하면 동결건조한 방아풀의 전자공여능이 유의적으로 높게 나타났다. 그러나 본 연구 결과 저온 열풍 건조에서 총 페놀 함량, SOD 유사활성, 전자공여능(EDA), Hydroxyl radical 소거능이 모두 높게 나타나 상반된 결과를 보였다.

Donnelly 등(1989)은 페놀성 화합물이 SOD 유사활성을 갖는다 하였고, Heo 등(2007)은 한국에서 나물용으로 많이 이용되는 11종류의 식물에 대해 총 페놀 화합물 함량과 전자공여능을 조사한 결과 총 페놀 화합물 함량이 높은 것은 전자공여능도 높다고 보고하였는데, 본 연구에서는 총 페놀 화합물이 높은 저온 열풍 건조에서 SOD 유사활성이 가장 높게 나타났으나, 다음으로 총 페놀 함량이 높은 생 브로콜리보다 동결 건조한 브로콜리 새싹이 SOD 유사활성이 높아 총 페놀 함량이 항산화 효과와 반드시 비례하지 않았다. 이는 브로콜리에 페놀계 물질 이외에도 superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase, glutathione S-transferase 등의 항산화 효소와 비타민 C, E, β-carotene, carotenoids, flavonoids 등의 다양한 항산화 물질이 존재하는데(Lee 등 2007), 이 물질들은 가공 조건에 따라 함량이나 활성에 영향을 받기 때문으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

식물공장 시스템에서 고기능성을 지닌 브로콜리 새싹의 생산체계 구축과 최적의 가공방법에 대한 기초자료를 제공하기 위하여 일반성분, 유리당, 유기산, 비타민, 무기질 및 총 페놀 함량, SOD 유사 활성, 전자공여능(EDA), Hydroxyl radical 소거능 등을 검사하였다. 브로콜리 새싹은 암조건에 2일 발아 후, LED 광원으로 4일 동안 하루 10시간씩 조사하여 성장시켜 건조, 추출한 후 사용하였다.

광원에 따른 브로콜리 새싹의 일반성분을 비교한 결과, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 일반광원을 조사한 새싹이 높았다. 유리당인 Glucose와 Fructose는 적색광을 조사한 브로콜리 새싹이 높게 나타났고, 유기산에서 Citric acid는 청색광원을, Malic acid와 Oxalic acid는 적색광원을 조사한 새싹에서 높게 나타났다. 브로콜리 새싹에서는 다량무기질인 K, Mg, Na의 함량이 80 mg% 이상으로 높았고, 적색광원을 조사한 새싹에서 함량이 더 높게 나타났다. 광원에 따른 항산화 활성은 총 페놀 함량 1.63 mg/mL, 전자공여능(EDA) 30.82%, Hydroxyl radical 소거능 65.62%로 청색광에서 높았으며, SOD 유사 활성은 52.69%로 일반광에서 높은 활성을 나타냈다. 건조방법에 따른 브로콜리의 일반성분을 조사한 결과 저온 열풍 건조보다 동결건조에서 조회분의 함량이 많았고 유의적인 차이가 있었다. 유기산인 Citric acid, Malic acid, Oxalic acid 함량은 저온 열풍 건조한 방법보다 동결 건조한 방법에서 2배 이상 높았다. 브로콜리 새싹에서 미량 무기질인 Fe, Mn, Zn은 동결 건조한 브로콜리 새싹보다 열풍 건조한 브로콜리 새싹에서 더 높았으며, 다만 Cu는 동결 건조에서 함량이 높았다. 비타민 A, E의 함량은 각각 3,359.14 µg RE/100 g, 13.47 IU/100 g로 동결 건조한 새싹이 저온 열풍 건조한 새싹보다 5배 이상 높았으며, 비타민 C의 함량은 저온 열풍 건조한 새싹에서 높았다. 가공조건에 따른 항산화 활성은 총 페놀 함량 1.6 mg/mL, SOD 유사활성 63.04%, 전자공여능(EDA) 38.81%, Hydroxyl radical 소거능 67.76%로 저온 열풍 건조 방법에서 높게 나타났다. 따라서 브로콜리 새싹은 다른 새싹채소에 비해 단백질, 지방, 비타민, 조회분 등의 일반 영양소가 풍부할 뿐만 아니라, 항산화 활성도 매우 높아 기능성 채소로 이용 가치가 우수함을 확인 할 수 있었다. 또한 브로콜리 새싹 재배의 광원과 수확 후 가공조건에 따른 브로콜리 영양소 및 항산화 활성 특성이 달라짐에 따라 보다 체계적인 연구가 필요하다 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2011년 농림수산식품기술기획평가원 고부가가치식품기술개발사업(111005-03-1-HD110)의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

■ 참고문헌

Approved Method Committee. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists 8th ed. American Association of Cereal Chemists, Inc. MN USA, pp 15-46

Bevenuti S, Pellati F, Melegari M, Bertelli D. 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid and radical scavenging activity of rubus, ribes and aronia. J Food Sci, 69:164-169

- Brooks JD, Paton VG, Vidanes G. 2001. Potent induction of phase 2 enzymes in human prostate cells by sulforaphane. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 10:949-954
- Brown CS, Schuerger AC, Sager JC. 1995. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes. *J Amer Soc Hort Sci*, 120:808-813
- Cheng HC, Kim SM, Kim YH, Lee KS, Seo JH, Shim IS. 2011. Change of Antioxidant Content in Broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Korean journal of horticultural science & technology*, 29(1):116
- Cho JY, Son DM, Kim JM, Seo BS, Yang SY, Bae JH, Heo BG. 2008a. Effects of LED as Light Quality on the Germination, Growth and Physiological Activities of Broccoli Sprouts. *J Bio-Environment Control*, 17(2):116-123
- Cho JY, Son DM, Kim JM, Seo BS, Yang SY, Kim BW, Heo BG. 2008b. Effects of LEDs on the germination, growth and physiological activities of amaranth sprouts. *Kor. J. Hort Sci. Technol.*, 26(2):106-112
- Cho JY, Son DM, Kim JM, Seo BS, Yang SY, Kim BW, Heo BG. 2008c. Effects of Various LEDs on the Seed Germination, Growth and Physiological Activities of Rape (*Brassica napus*) Sprout Vegetable, *Korean J Plant Res*, 21(4):304-309
- Cho SH. 2010. Vitamin E: α -tocopherol and the other forms of vitamin E. *Korean J. Nutr.*, 43(3):304-314
- Cho SY, You BJ, Chang MH, Lee SJ, Sung NJ, Lee EH. 1994. Screening for antimicrobial compounds in unused marine resources by the paper disk method. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26:156-165
- Choi BH, Hong NH, Kang KH, Kim JK, Kim SH. 1993. *Jongjahak (Seed Science)*. Hyangmoonsa Press, Seoul, Korea, pp 14-48
- Choi YH, Han JS. 2001. Vitamin C and mineral contents in perilla leaves by leaf age and storage condition. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 17:583-588
- Chung SK. 1997. Hydroxyl radical-scavenging effects of spices and scavengers from brown mustard. *Biosci Biotech Biochem*, 61:118-123
- Donnelly JK, Mclellan KM, Walker JL, Robinson DS. 1989. Superoxide dismutases in food: a review. *Food Chem*, 33:243-270
- El-Adawy TA. 2002. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas undergoing different cooking methods and germination. *Plant Food for Human Nutr.*, 57:83-97
- Fahey JW, Haristroy X, Dolan PM, Kensler TW, Scholtus I, Stephenson KK, Talaly P, Lozniewski A. 2002. Sulforaphane inhibits extracellular, intracellular, and antibiotic-resistant strains of *Helicobacter pylori* and prevents benzo [α]pyrene-induced stomach tumors. *Proc Natl Acad Sci USA*, 99:7610-7615
- Feng P. 1997. A summary of background information and foodborne illness associated with the consumption of sprouts. Center for Food Safety and Applied Nutrition, Washington, DC. pp 96-99
- García-Viguera C, Vallejo F, Tomás-Barberán FA. 2003. Phenolic compound contents in edible parts of broccoli inflorescences after domestic cooking. *J. Sci. Food Agric.*, 83:1511-1516
- Gerhauser C, You M, Liu J, Moriarty RM, Hawthorne M, Mehta RG, Moon RC, Pezzuto JM. 1997. Cancer chemopreventive potential of sulforamate, a novel analogue of sulforaphane that induces phase 2 drug-metabolizing enzymes. *Cancer Res*, 57:272-278
- Greenwald T. 1998. Is it good medicine. *Time*, 30:37-44
- Han JH, Moon HK, Kim JK, Kim JY, Kang WW. 2003. Changes in chemical composition of radish bud (*Raphanus sativus* L.) during growth stage. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 19:596-602
- Han YH, Lee GY, Soh HS, Lee YS, Cho IS, Park KY, Lim JW. 2008. Physiological Activity Effects of Sulforaphane in Broccoli. *Korean journal of horticultural science & technology*, 26(1):52
- Heo BG, Park YS, Chon SU, Lee SY, Cho JY, Gorinstein S. 2007. Antioxidant activity and cytotoxicity of methanol extracts from aerial parts of Korean salad plants. *BioFactors*, 30:79-89
- Hong JH, Lee WY. 2004. Quality Characteristics of Osmotic Dehydrated Sweet Pumpkin by Different Drying Methods. *J. of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 33(9):1573-1579
- Huang MT, Ho CT, Lee C. 1992. Phenolic compounds in food and their effects on health (II): Antioxidants and cancer prevention. *Am. Chem. Soc. Washington, D.C*, p 54-71
- Jang EH, Pyo YH, Ahn MS. 1997. Antioxidant effect of omija (*Schizandra chinensis* Baillon) extracts. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 12:372-376
- Jeong CH, Kim JH, Shin KH. 2006. Chemical components of yellow and red onion. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 35:708-712
- Jeong WS. 2008. Soybean as functional food materials. *Inje Food Sci forum collection of dissertations*, 15:135-149
- Jung IC, Park KS, Ha HC, Kim SH, Kwon YI, Lee JS. 1996. Antioxidative effects of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28:464-469
- Kähkönen, MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, and Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric.*

- Food Chem., 47:3954-3962
- Kang NS, Kim JH, Kim JK. 2007. Modification of Quality Characteristics of Onion Powder By Hot-air, Vacuum and Freeze Drying Methods. Korean J. Food Presery, 14(1):61-66
- Kang HC, Hong SY. 2009. The evolution of agriculture that respond to climate change:plants factories. Seri economy focus, 225:1-25
- Kang MH, Park CG, Cha MS, Seong ES, Chung HK, Lee JB. 2001. Component characteristic of each extract prepared by different extract methods from by-products of Glycyrrhizia uralensis. J Kor Soc Food Sci Nutr, 30:138-142
- Kim DS, Lee KB. 2010. Physiological characteristics and manufacturing of the processing products of sprout vegetables. Korean J. Food Cookery Sci., 26(3):238-245
- Kim EO, Lee KT, Choi SW. 2008. Chemical comparison of germinated and ungerminated-safflower (*Carthamus tinctorius*) seeds. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 37:1162-1167
- Kim HR, Seog EJ, Lee JH, Rhim JW. 2007. Physicochemical properties of onion powder as influenced by drying methods. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 36:342-247
- Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1988. Study on the chemical change of general composition, fatty acids and minerals of rapeseed during germination. Korean J. Food Sci. Technol., 20:188-193
- Kim JY, Park SH, Lee KT. 2009. Sulforaphane Content and Antioxidative Effect of Cooked Broccoli. Journal of the East Asian Society of Dietary Life, 19(4):564-569
- Kim KT, Kim SS, Lee SH, Kim DM. 2003. The functionality of barley leaf and its application on functional foods. Food Science and Industry, 36:45-49
- Kim MJ, Kim IJ, Nam SY, Lee CH, Yun T, Song BH. 2006. Effects of drying methods on content of active components, antioxidant activity and color values of *Saururus chinensis* Bail. Korean J. Medicinal Crop Sci., 14:8-13
- Kim MR, Kim JH, Wi DS, Na JH, Sok DE. 1999. Volatile sulfur compounds, proximate components, minerals, vitamin C content and sensory characteristics of the juices of kale and broccoli leaves. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 28: 1201-1207
- Kim MR, Lee KJ, Kim JH, Sok DE. 1997. Determination of sulforaphane in cruciferous vegetable by SIM. Korean J. Food Sci. Technol., 29:882-887
- Kim MR, Lee KJ, Kim HY. 1997. Effect of Processing on the Content of Sulforaphane of Broccoli, Korean Society of Food & Cookery Science, 13(4):422-426
- Kim TS, Lee SP, Park JY, Lee JY, Lee SY, Jun HJ. 2011. Physico-Chemical Properties of Broccoli Sprouts Cultivated in a Plant Factory System with Different Lighting Conditions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 40(12):1757-1763
- 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(2):224-227
- Kim YD, Jeong MH, Koo RI, Cho IK. 2006. Chemical composition of *Prunus mume* flower varieties and drying method. Korea J. Food Preserv., 13:186-199
- Kim YJ, Kim BH, Lee SY, Kim MS, Park CS, Rhee MS, Lee KH, Kim DS. 2006. Screening of Medicinal Plants for Development of Functional Food Ingredients with Anti-Obesity. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 49(3):221-226
- Kim YJ, Lee CH. 2005. Effect of temperature and light on seed germination and sprout growth of eight resources plants. Kor. J. Hort Sci. Technol., 23(1):55
- Kim YM, Choi MS, Bae JH, Yu SO, Cho JY, Heo BG. 2009. Physiological activity of Bang-A, Aster and Lettuce greens by the Different drying methods. Journal of Bio-Environment Control, 18(1):60-66
- Kim YS. 2003. Present and future of functional foods:A key role in prevention of chronic disease and in health promotion. J. Korean The industrial technology, 11:125-135
- Korea Food & Drug Administration. 2010. Health functional food standards codex. pp 20-22
- Kurtzweil P. 1999. Questions keep sprouting about sprouts. FDA Consumer Magazine, 7:1-2
- Lee EH, Kim C. 2008. Nutritional changes of buckwheat during germination. Korean J Food Culture, 23:121-129
- Lee JG, Jang SW, Kim SY, Oh SS, Um YC, Kim JG, Choi JW, Kim WB. 2011. Growth and Anthocyanin Development of Red Leaf Lettuce Germplasm in Plant Factory System. Korean journal of horticultural science & technology, 29(1):63-64
- Lee HS, Park YW. 2003. Screening of antioxidant-like components extracts from broccoli. J. Env. Research, 8(1):33-47
- Lee JH, Kim HJ. 2008. Vacuum drying kinetics of Asian white radish (*Raphanus sativus* L.) slices. LWT-Food Sci. Technol., 42:180-186
- Lee JJ, Lee YM, Kim AR, Lee MY. 2009a. Physicochemical Composition of Broccoli Sprouts. Korean J. Life Sci., 19(2):192-197
- Lee, JJ, Ha JO, Lee MY. 2007. Antioxidative activity of lotus root (*Nelumbo nucifera* G.) extracts. Korean J. Life Sci., 17:1237-1243
- Lee JJ, Shin HD, Lee YM, Kim AR, Lee MY. 2009b. Effect of Broccoli Sprouts on Cholesterol-lowering and Anti-obesity Effects in Rats Fed High Fat Diet. Journal of the

- Korean Society of Food Science and Nutrition, 38(3):309-318
- Lee MJ, Park SK, Jung MN, Kim DH. 2011. Studies on Germination and Preference for Consumers in Sprouts. *J. Korean Soc. People Plants Environ.*, 14(2):93-101
- Miyashita Y, Kitaya Y, Kozai A, Kimura T. 1995. Effect of red and Far-red light on the growth and morphology of potato plants in vitro: Using light emitting diodes as a light source for micropropagation. *Acta Hort.*, 393:710-715
- Montville, R. and D.W. Schaffner. 2004. Analysis of published sprout seed sanitization studies shows treatments are highly variable. *J. Food Prot.*, 67:758-765
- Nishimura T, Zobayed SMA, Kozai T, Goto E. 2006. Effect of light quality of blue and red fluorescent lamps on growth of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.). *J SHITA*, 18:225-229
- Nozue H, Shimada A, Taniguchi Y, Nozue M. 2010. Improving the productivity of plants using an LED light equipped with a control module. *J SHITA*, 22:81-87
- Park SJ, Joung YM, Choi MK, Kim YK, Kim JG, Kim KH, Kang MH. 2008a. Chemical properties of barley leaf using different drying methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 37(1):60-65
- Park SJ, Joung YM, Choi MK, Kim YK, Kim JG, Kim KH, Kang MH. 2008b. Physiology activity of barley leaf using different drying methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 37(12):1627-1631
- Sattar A, Shah A, Zeb A. 1995. Biosynthesis of ascorbic acid in germinating rapeseed cultivars. *Plant Food for Human Nutr.*, 47:937-945
- Singh J, Upadhyay AK, Kundan P, Anant B, Mathura R. 2007. Variability of carotenes, vitamin C, E and phenolics in Brassica vegetables. *J. Food Compos. Anal.*, 20:106-112
- Sok DE, Kim JH, Kim MR. 2003. Isolation and identification of bioactive organosulfur phytochemicals from solvent extract of broccoli. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 32:315-319
- Soh JW, Sim MY, Lee YB. 2001. Effect of Dissolved Oxygen (DO) concentration of Nutrient Solution on Growth and quality in Plant Factory. *Korean journal of horticultural science & technology*, 19(1):67
- Son DM. 2009. Effect of LED light on the seed germination, nutritional composition and physiological activities of sprout vegetable. Masters degree thesis. Sunchon University, pp 66-72
- Surh YJ, Kundu JK, Na HK. 2008. Nrf2 as a master redox switch in turning on the cellular signaling involved in the induction of cytoprotective genes by some chemopreventive phytochemicals. *Planta Med.*, 74:1526-1539
- Surh YJ. 2003. Cancer chemoprevention with dietary phytochemicals. *Nat Rev Cancer*, 3:768-780
- TIIC, Technical Information Institute Co TD. 2009. A plant factory business strategy and the latest cultivation technology. TIIC Tokyo Japan, pp 451-478.
- The Korean Nutrition Society. 2011. Phytonutrient nutrition. *lifesience*, Seoul Korea, p 37
- Tsuda T, Oshinori YF, Katsumi O, Yamamoto A, Kawakishi S, Osawa T. 1995. Antioxidative activity of tamarind extract prepared from the seed coat. *Nippon Shokuhin Kaishi*, 42:430-435
- Ueda T, Igarash O. 1987. Determination of tocopherol by HPLC. *J. Micronutr Anal.*, 3:15-18
- 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. *Journal of Bio-Environment control*, 19(4):333-342
- Xu MJ, Dong JF, Zhu MY. 2005. Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. *J. Sci. Food Agri.*, 85:943-947
- Yang YT, Kim MS, Hyun KH, Kim YC, Koh JS. 2008. Chemical constituents and flavonoids in citrus pressed cake. *Korean J. Food Preserv.*, 15:94-98
- Yeo KH, Cho YY, Lee YB. 2007. Shoot Development of Single-node Cutting Roses Based on Growing Degree-days in a Plant Factory. *Korean journal of horticultural science & technology*, 24(1):127
- Zhang Y, Talalay P, Cho CG, Posner GH. 1992. A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure. *Proc Natl Acad Sci USA*, 89:2399-2403