

발아 및 발아온도가 커피의 산화방지 활성에 미치는 영향

임예서¹ · 신용국¹ · 김도완^{1,*}
¹서울우유 협동조합 중앙연구소

Effect of germination and temperature on the antioxidant activity of coffee

Yeseo Lim¹, Yong Kook Shin¹, and Do Wan Kim^{1,*}

¹Seoul Dairy Cooperative R&D Center

Abstract The present study aimed to investigate the effect of germination and temperature on the antioxidant activity of coffee. Green beans were germinated at 20 and 40°C. Germinated green beans were dried and roasted. Ground coffee was brewed at 90°C for 5 min. Coffee samples were analyzed for antioxidant compounds and for its antioxidant activity. The total polyphenol content (TPC) and total flavonoid content (TFC) in coffee brewed with coffee beans germinated at 20°C (CG20) were significantly higher than those in coffee brewed with non-germinated coffee beans (CNG). The same tendency was observed on 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) radical scavenging assays. TPC and TFC of coffee brewed with germinated coffee beans decreased with an increase in germination temperature from 20 to 40°C. In conclusion, germination of coffee beans contributes to an increase in its antioxidant activity. However, setting the appropriate temperature for germination is an important factor in determining the antioxidant activity of coffee.

Keywords: coffee, germination, antioxidant activity, polyphenol, flavonoid

서 론

커피는 전세계적으로 널리 음용되는 대표적 기호음료 중 하나로 특유의 맛과 향 등의 관능 특성으로 인해 기호성이 높고, 산화방지 활성 등의 기능성이 보고되면서 그 소비가 빠르게 증가하고 있다. 커피 생두에 함유된 클로로겐산(chlorogenic acid), 하이드록시시남산(hydroxycinnamic acids)과 같은 페놀성 화합물, 로스팅 공정을 거치며 형성되는 멜라노이딘(melanoidins)과 같은 마이알 반응 생성물, 그 밖의 카페인(caffeine), 휘발성 성분 등이 커피의 산화방지 활성과 관련된 주요 성분으로 보고되고 있다(Pérez-Marínez 등, 2010).

커피 내 산화방지 물질은 산화적 손상으로부터 세포 구성물질을 보호하여 궁극적으로는 산화적 스트레스와 연관된 퇴행성 질환의 위험을 낮춘다고 알려져 있다(Cho 등, 2009; Bidel 등, 2006; Hu 등, 2007). 이러한 커피의 유용한 생리활성 기능을 극대화하기 위하여 커피의 산화방지 활성 변화와 관련된 다양한 연구가 진행되고 있다. 선행연구에 따르면, 커피의 산화방지 활성은 원두의 품종과 원산지, 로스팅과 추출 방법 등과 같은 가공공정에 따라 유의적 차이를 보인다(Del Castillo 등, 2002; López-Galilea

등, 2007). 이처럼 기존 연구는 일반적인 커피 제조 공정에서 조작 가능한 요소들을 독립변수로 설정하고 그에 따른 커피의 산화방지 활성 변화를 살펴보는 것이 대부분이며, 커피 생두의 가공방법에 따른 커피의 산화방지 활성 변화를 살펴본 연구는 매우 제한적이라 할 수 있다.

발아는 종자가 충분히 수분을 흡수하여 뿌리가 나오는 과정이며, 발아를 통해 종자의 영양적 가치를 변화시키려는 연구가 다양하게 진행되고 있다. 종자는 발아과정을 거치며 종자 내 비영양소의 수준을 낮추고, 영양소의 농도와 생체이용률을 높인다(Dueñas 등, 2009). 또한 다양한 식물 종자를 대상으로 한 선행연구 결과에 따르면, 종자의 발아는 영양소 이외에도 생리활성물질인 파이토케미컬(phytochemical) 함량을 높인다고 보고되고 있다. 발아에 의해 증가되는 대표적 파이토케미컬은 페놀성 화합물이다(Cevallos-Casals과 Cisneros-Zevallos, 2010; Fernandez-Orozco 등, 2006; Sharma과 Gujral, 2010). 이러한 페놀성 화합물은 산화방지 활성과 높은 상관관계를 보이며, 실질적으로 다양한 식물 종자에서 발아에 의해 산화방지 활성이 유의적으로 높아지는 것을 확인할 수 있었다(Pajak 등, 2014). 하지만, 커피 생두를 대상으로 한 선행연구는 발아에 의한 커피 내 생리활성 물질의 변화를 살펴보기보다는 카페인 함량 변화를 살펴본 것이 대부분이었다(Ashihara 등, 2008; Ashihara과 Suzuki, 2004). 이로 인해, 커피 생두의 발아에 의한 커피 내 생리활성 물질 및 이에 따른 기능성 변화를 살펴본 연구는 부족한 실정이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 생두의 발아 유무 및 발아 온도에 따른 커피 내 산화방지 물질의 농도와 산화방지 활성 변화에 대해 살펴봄으로써 커피의 품질과 기능성 향상 가능성을 제시하고자 한다.

*Corresponding author: Do Wan Kim, Seoul Dairy Cooperative R&D Center, 153, Ansan, Gyeonggi 15407, Korea
Tel: +82-31-481-0150
Fax: +82-31-491-9179
E-mail: kimdw1691@seoulmilk.co.kr
Received January 23, 2018; revised March 12, 2018;
accepted March 12, 2018

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 실험에 사용된 커피 생두는 콜롬비아 메테인 지역에서 2017년 상반기에 수확된 아라비카종으로 (주)레헵코리아(Seoul, Korea)에서 구입하였다. 폴린시오칼토 페놀시약(Folin-Ciocalteu's phenol reagent), 탄산소듐(sodium carbonate), 갈산(gallic acid), 아질산소듐(sodium nitrite), 염화알루미늄(aluminum chloride), 수산화소듐(sodium hydroxide), 카테킨(catechin), 퀘세틴(querctetin), 1,1-다이페닐-2-피크릴하이드라질(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH), 과황산포타슘(potassium persulfate), 2-2'-아지노-비스(3-에틸벤조티아졸리네-6-설폰산) (ABTS) 시약은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, ethanol은 J.T. Baker (Boston, MA, USA)에서 구입하였다.

생두의 발아

커피 생두 100 g에 정제수 200 mL를 가하여 상온에서 2시간 동안 침지하여 조직을 연화시켰다. 발아 조건에 따라 20, 40°C의 발아온도에서 12시간 동안 침지식 발아를 시킨 후, 18시간 동안 건조 과정을 거쳐 생두를 전처리 하였다.

생두 로스팅, 분쇄 및 추출

생두 또는 발아시킨 생두는 열풍식, 배치식 드럼 로스터(Caf Rosto Pro 1, IMEX Co. Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 로스팅 하였다. 원두의 색도는 배진 색도계(JAVALYTICS™ JAV-RDA-U, Madison Instruments, Inc., WI, USA)를 이용하여 측정하였으며, 색도는 SCAA Agron Roast Classification (agtron scale)을 기준으로 원두 상태에서 45±5 범위에 포함되면 실험에 사용하였다. 원두는 커피 분쇄기(KH-100, Kalita Co. Ltd., Yokohama, Japan)의 분쇄도를 5.0으로 조정하여 분쇄한 후 추출용 시료로 사용하였다. 추출은 프렌치 프레스 기구를 이용하여 커피분말 10 g에 정제수 100 mL를 가하여 98°C에서 15분간 실시하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

커피 추출액 내 총 폴리페놀 함량은 Alexandros 등(2015)의 방법을 일부 변경하여 폴린시오칼토 시약법으로 측정하였다. 증류수 1 mL에 희석한 샘플 20 µL를 가하고, 100 µL의 폴린시오칼토 시약을 처리하였다. 3분간 상온에서 방치한 후, 25%(w/v) 탄산소듐 280 µL를 가한 후, 600 µL의 증류수를 첨가하여 암소에서 1시간 반응시켰다. 반응 후, 분광광도계(Synergy H1 plate reader, Bio-Tek Instrumnet Inc., Winooski, VT, USA)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 갈산을 150-1500 µg/mL 범위에서 희석하여 사용하였으며, 표준곡선 작성 후 시료의 총폴리페놀 함량은 mg 갈산 당량(gallic acid equivalent, GAE)/g coffee로 표시하였다.

플라보노이드 함량 측정

커피 추출액 내 플라보노이드 함량은 Kim 등(2003)의 방법을 일부 변경하여 측정하였다. 적정 농도로 희석한 샘플 1 mL에 4 mL의 증류수를 가하고, 5% 아질산소듐 0.3 mL를 처리하였다. 5분간 실온에서 반응 시킨 후, 10% 염화알루미늄 0.3 mL를 첨가하였다. 이후 6분간 더 반응 시킨 후, 1M 수산화소듐 2 mL, 2.4 mL의 증류수를 첨가하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 카테킨을 사용하여 표준곡선을 작성하였으며, 플라보노이드 함량은 mg 카테킨 당량(catechin equivalent, CE)/g coffee로 표시하였다.

ABTS 라디칼 제거능 측정

ABTS 라디칼 제거능은 Oh 등(2014)의 방법을 일부 변경하여 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.45 mM 과황산포타슘을 1:1(v/v) 비율로 혼합한 후, 암소에서 16시간 반응시켰다. 반응을 통해 ABTS 양이온(ABTS⁺)이 형성되면, 에탄올을 사용하여 734 nm에서 흡광도 값이 0.70±0.02가 되도록 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 180 µL에 각 농도별 시료 20 µL를 혼합하여 암실에서 6분간 보관한 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로 갈산을 사용하였으며, 각 시료의 IC₅₀은 ABTS 라디칼 농도가 50% 감소하는데 필요한 시료의 농도로 하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 제거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{실험군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}}\right) \times 100$$

DPPH 라디칼 제거능 측정

시료의 산화방지 활성은 Kim 등(2015)의 방법을 일부 변경하여 DPPH에 대한 전자 공여능(electron donating ability)을 측정하였다. 농도별 시료 100 µL에 0.7 mM DPPH 시약 100 µL를 각각 처리하였다. 이후 암실에서 90분간 보관한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력 비교를 위해 갈산을 양성 대조군으로 사용하였으며, 각 시료의 IC₅₀은 DPPH 농도가 50% 감소하는데 필요한 시료의 농도로 하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 제거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{실험군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}}\right) \times 100$$

통계처리

본 실험의 결과는 3회 반복으로 수행된 평균값과 표준편차로 나타내었으며, 각 실험 결과에 대한 통계분석은 SPSS (SPSS ver. 21, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 p<0.05 수준에서 일원배치 분산분석법으로 실시하였으며, 실험의 평균치간의 유의적 차이는 던컨의 다중검정(Duncan's multiple range test)으로 검증하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀과 플라보노이드 함량

커피 생두의 발아유무와 발아온도에 따른 커피 내 산화방지 물질의 차이를 살펴보기 위해 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 측정하여 Table 1에 제시하였다. 20°C에서 발아시켜 로스팅, 추출한 커피(이하: 20°C 발아 커피)는 미발아 커피에 비해 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 높았다. 커피 생두는 다양한 폴리페놀 성분을 함유하고 있으며, 그 중 주된 폴리페놀 화합물은 클로로겐산이다. 커피 내 클로로겐산은 산화방지 활성 이외에도 식물 성장 호르몬인 인돌아세트산(indolacetic acid)의 수준을 조절함으로써 커피의 발아 및 세포 성장을 돕는다(Adriana과 Carmen, 2006). 이를 바탕으로 살펴볼 때, 발아에 의해 생두 내 클로로겐산 함량이 증가한 것으로 보이며, 이는 미발아 커피에 비해 20°C 발아 커피에서 총 폴리페놀 함량이 높아지는데 영향을 미친 것으로 사료된다.

앞선 연구결과와 달리, 40°C에서 발아시켜 로스팅, 추출한 커피(이하: 40°C 발아 커피)는 미발아 커피에 비해 총 폴리페놀 함량이 낮았다. 마이크로 웨이브 추출법(microwave-assisted extraction)을 통한 커피 생두 내 클로로겐산 등의 폴리페놀 추출 최적화 조건 확립을 위한 선행연구(Upadhyay 등, 2012)에 따르면, 800

Table 1. The effect of germination and its temperature condition on the total polyphenol and flavonoid contents in coffee

Sample	Total polyphenol content (mg GAE/ g coffee) ¹⁾	Total flavonoid content (mg CE/ g coffee) ²⁾
CNG ³⁾	152.47±3.36 ^b	114.13±1.48 ^c
CG20 ⁴⁾	162.16±1.69 ^a	142.36±0.72 ^a
CG40 ⁵⁾	143.04±1.12 ^c	123.89±1.37 ^b

The results are expressed as mean±SD (n=3). Values with different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾Expressed as mg gallic acid equivalent (GAE) per gram of coffee

²⁾Expressed as mg catechin equivalent (CE) per gram of coffee

³⁾CNG: Coffee brewed with non-germinated coffee beans

⁴⁾CG20: Coffee brewed with coffee beans germinated at 20°C

⁵⁾CG40: Coffee brewed with coffee beans germinated at 40°C

W에서 5분간 마이크로파를 처리하여 추출온도(30, 50, 70, 90°C)에 따른 총 폴리페놀 추출 수율과 클로로겐산의 수율을 비교한 결과, 50°C까지는 추출 온도 상승에 따른 총 폴리페놀 추출 수율과 클로로겐산 수율의 유의적 증가가 나타났지만, 70, 90°C 온도에서는 그 수율이 감소하여 30°C에서의 수율과 유의적 차이를 보이지 않았다. 본 연구는 20, 40°C에서 각각 생두를 침지식 발아시켰고, 그 결과 온도에 따른 발아율에는 큰 차이가 없었지만(각각 29.66, 30.66%), 침지액 내 총 폴리페놀 함량은 20°C 발아 침지액에 비해 40°C 발아 침지액에서 19.12% 높았다(각각 161.379, 182.376 mg GAE/g extract). 이는 40°C 발아 커피에 비해 20°C 발아 커피 내 총 폴리페놀 함량이 13.36% 높은 것과 연관된다. 즉, 40°C 발아 커피는 생두의 발아를 통해 생두 내 폴리페놀 함량이 증가하였지만, 폴리페놀 추출 최적 온도범위에 속하는 40°C에서 침지식 발아 과정을 거치며 침지액으로 생두 내 클로로겐산을 포함한 폴리페놀의 용출이 촉진되며 미발아 커피에 비해 폴리페놀 함량이 낮아진 것으로 보인다. 이러한 연구결과를 고려할 때, 발아에 의해 폴리페놀 함량을 높이면서도 침지식 발아과정에서의 용출을 최소화 하기 위해서는 생두를 40°C보다는 20°C에서 발아하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

플라보노이드 함량은 미발아 커피에 비해 발아 커피에서 유의적으로 높았다. 이는 다른 식물 종자를 대상으로 한 선행연구 결과와 일치한다. 녹두, 무, 브로콜리와 해바라기 종자의 경우, 발아 전에 비해 발아 후 플라보노이드 함량이 유의적으로 높았다(Pajak, 2014). 지베렐린(gibberellins)은 커피 발아에 중요한 역할을 한다. De novo 합성에 의한 내인성 지베렐린은 배아(embryo)의 성장 및 배유 정단(endosperm cap)을 연화시켜 커피의 발아를 돕는다(Eira 등, 2006). 이러한 지베렐린은 플라보노이드 합성에도 영향을 미친다. 피튜니아(petunia) 꽃을 대상으로 한 선행연구에 따르면, 지베렐린은 칼콘 합성효소(chalcone synthase, *chs*) mRNA의 축적과 *chs* 프로모터(promoter)의 활성화를 유도하였다. 칼콘 합성효소는 플라보노이드 생합성의 첫 단계에 관여하는 효소로 파라쿠마로일보조효소A(*p-cou maroyl-CoA*)와 세분자의 말로닐 보조효소A (malonyl-CoA)를 중합하여 나린게닌 칼콘(naringenin chalcone)을 형성시킨다. 즉, 지베렐린은 플라보노이드 생합성에 관여하는 효소의 발현을 높여 그 합성을 촉진하는 것이다(Weiss 등, 1995). 본 연구의 커피 생두 역시 발아를 거치며 지베렐린 농도가 높아진 것으로 보이며, 이로 인해 플라보노이드 합성이 촉진되며 그 함량이 높아진 것으로 사료된다.

40°C 발아 커피는 20°C 발아 커피에 비해 커피 내 플라보노이드 함량이 유의적으로 낮았다. 이는 아마란스(amaranth) 종자를 대상으로 한 선행연구 결과와 일치하였다. 아마란스 종자를 동일

Table 2. Antioxidant capacity in coffee under different germination temperature using ABTS assay and DPPH assay

Sample	IC ₅₀ value	
	ABTS radical scavenging ability (mg/mL)	DPPH radical scavenging ability (µg/mL)
CNG ¹⁾	2.267±0.076 ^a	165.324±5.345 ^a
CG20 ²⁾	2.126±0.030 ^b	119.786±13.021 ^{bc}
CG40 ³⁾	2.249±0.046 ^a	136.068±9.283 ^b
Gallic acid	0.115±0.002	8.257±0.598

Gallic acid is a positive control for radical scavenging. The IC₅₀ value is defined as sample concentration needed to obtain 50% inhibition of the initial free-radical(ABTS^{•+} and DPPH[•]) concentration. The values are expressed as the means±SD of three individual experiments. Different letters indicate significant different among groups at $p < 0.05$.

¹⁾CNG: Coffee brewed with non-germinated coffee beans

²⁾CG20: Coffee brewed with coffee beans germinated at 20°C

³⁾CG40: Coffee brewed with coffee beans germinated at 40°C

한 시간 동안 23.6, 41.3°C에서 각각 발아시켰을 때, 23.6°C에 비해 41.3°C에서 발아시킨 아마란스 종자의 플라보노이드 함량과 산화방지 활성이 낮았다(Perales-Sánchez 등, 2014). 또한, *Citrus aurantium. var. amara*의 꽃에서 온도에 따른 플라보노이드 추출 수율 변화를 살펴본 결과, 온도가 상승함에 따라 플라보노이드의 추출 수율이 높아졌고, 추출 최적온도는 70°C였다. 이러한 선행 연구 결과를 토대로 살펴볼 때, 본 연구에서도 침지식 발아과정을 거치며 20°C에 비해 40°C에서 발아시킨 생두에서 플라보노이드의 용출이 촉진되었을 가능성이 높다. 하지만, 플라보노이드의 추출 최적온도가 폴리페놀에 비해 비교적 높은 점을 고려할 때, 폴리페놀에 비해 플라보노이드의 용출이 적게 나타난 것으로 보이며, 이는 40°C 발아 커피 내 플라보노이드 함량이 20°C 발아 커피에 비해 낮고, 미발아 커피에 비해 높은 데 영향을 미친 것으로 사료된다.

커피는 건조 공정을 거치며 건조 스트레스(drought stress)로 인한 활성산소물질(reactive oxygen species, ROS) 생산이 증가된다. 커피는 효소적, 비효소적 방어 시스템을 통해 이러한 활성산소물질을 제거하여 세포를 산화적 손상으로부터 보호한다. 하지만 효소적 산화방지 시스템은 수분이 충분한 조건에서 활성화되기 때문에 건조공정에서의 산화적 스트레스(oxidative stress)는 비효소적 방어시스템에 관여하는 산화방지 물질인 글루타싸이온(glutathione), 아스코브산(ascorbate), 폴리올(polyols), 토코페롤(tocopherol), 퀴논(quinone), 플라보노이드(flavonoids)와 폴리페놀 물질(phenolics) 등에 의해 완화되는 것으로 보고되고 있다(Cruz de Carvalho, 2008; Franca 등, 2007). 이러한 선행연구 결과를 고려할 때, 미발아 커피에 비해 20°C 발아커피에서 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높아진 것은 발아 유무에 따른 영향 이외에도 건조 스트레스에 의한 요인도 복합적으로 작용한 것으로 보인다. 미발아 생두와 달리, 20°C 발아 생두는 18시간의 건조공정을 거치며 산화적 스트레스가 증가하였고, 이러한 산화적 스트레스를 완화시키기 위하여 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높아진 것으로 사료된다.

산화방지 활성

커피 생두의 발아유무와 발아온도에 따른 커피 내 산화방지 활성을 평가하기 위하여 ABTS와 DPPH라디칼 제거능을 측정하였고, 그 결과를 Table 2에 제시하였다. 또한, 각 산화방지 물질과 산화방지 활성간의 상관관계를 살펴보기 위해 상관분석을 실시

Table 3. The correlation coefficients between the antioxidant activities and antioxidant contents of coffee beans

Variables	TPC (mg GAE/ g coffee)	TFC (mg CE/ g coffee)
IC ₅₀ values of ABTS	-0.573	-0.772*
IC ₅₀ values of DPPH	-0.335	-0.846*

Significant at **p*<0.05

하였다(Table 3). 일반적으로 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 산화방지 활성과 강한 양의 상관관계를 보인다(Soong과 Barlow, 2004; Alothman 등, 2009; Sánchez-González 등, 2005). 이러한 선행연구 결과와 마찬가지로 플라보노이드 함량은 ABTS 및 DPPH 라디칼을 50% 제거하는데 필요한 시료의 농도와 강한 음의 상관관계를 보였다. 하지만, 플라보노이드와 달리, 총 폴리페놀 함량은 이러한 경향을 보이지 않았다. 40°C 발아 커피는 미발아 커피에 비해 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 감소하였지만, DPPH 라디칼 제거능은 유의적으로 증가하는 결과가 나타났다. 플라보노이드가 풍부한 헤이즐넛 껍질 추출물(Hazelnut skin phenolic extract) 첨가에 따른 커피 내 산화방지능 변화를 살펴본 선행연구(Marina 등, 2012)에 따르면, 커피에 헤이즐넛 껍질 추출물을 첨가하였을 때, 용량의존적으로 *in vitro*와 *in vivo* 상의 산화방지 활성이 증가함을 확인 할 수 있었다. 이러한 선행연구 결과를 바탕으로 살펴볼 때, 미발아 커피에 비해 40°C 발아 커피 내 총 폴리페놀 함량이 낮음에도 불구하고, 산화방지 활성이 높은 것은 40°C 발아 커피 내 플라보노이드 함량이 미발아 커피에 비해 높아 나타난 결과로 사료된다. 즉, 40°C 발아 커피 내 플라보노이드 함량의 유의적 증가는 총 폴리페놀 함량 감소로 유발될 수 있는 산화방지 활성 감소 효과를 상쇄 시킨 것으로 보인다.

요 약

커피 생두의 발아 유무와 발아온도에 따른 커피 내 산화방지 물질과 산화방지 활성 변화에 대해 살펴보았다. 20°C 발아 커피는 미발아 커피에 비해 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높았고, DPPH와 ABTS 제거능 또한 높게 나타났다. 40°C 발아 커피는 20°C 발아커피에 비해 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 유의적으로 낮았다. 특히, 40°C 발아 커피는 미발아 커피와 비교했을 때에도 총 폴리페놀 함량이 낮은 것을 확인할 수 있었다. 커피 내 플라보노이드 함량과 산화방지 활성은 강한 양의 상관관계를 보였으나, 총 폴리페놀 함량은 산화방지 활성과 낮은 상관관계를 보였다. 이는 미발아 커피에 비해 40°C 발아 커피에서 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 감소했음에도 불구하고, DPPH 제거능은 유의적으로 증가하였고, ABTS 제거능은 유의적 차이를 보이지 않은 것과 연관된다. 이상의 결과를 종합해보면, 커피 생두의 발아는 커피 내 산화방지 물질과 산화방지 활성을 높이며, 적절한 발아온도의 설정은 이러한 커피의 생리활성을 극대화할 수 있는 중요한 요소라 할 수 있다.

References

Adriana F, Carmen MD. Phenolic compounds in coffee. *Braz. J. Plant Physiol.* 18: 23-36 (2006)
 Alexandros P, Dimitrios S, Konstantinos K, Christina T, Demetrios AS, Aristides MT. Comparison of antioxidant activity between green and roasted coffee beans using molecular methods. *Mol.*

Med. 12: 7293-7302 (2015)
 Alothman M, Bhat R, Karim AA. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chem.* 115: 785-788 (2009)
 Ashihara H, Sano H, Crozier A. Caffeine and related purine alkaloids: Biosynthesis, catabolism, function and genetic engineering. *Phytochemistry* 69: 841-856 (2008)
 Ashihara H, Suzuki T. Distribution and biosynthesis of caffeine in plants. *Front Biosci.* 9: 1864-1876 (2004)
 Bidel S, Hu G, Qiao Q, Jousilahti P, Antikainen R, Tuomilehto J. Coffee consumption and risk of total and cardiovascular mortality among patients with type 2 diabetes. *Diabetologia.* 49: 2618-2626 (2006)
 Cevallos-Casals BA, Cisneros-Zevallos L. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. *Food Chem.* 119: 1485-1490 (2010)
 Cho ES, Jang YJ, Hwang MK, Kang NJ, Lee KW, Lee HJ. Attenuation of oxidative neuronal cell death by coffee phenolic phytochemicals. *Mutat. Res.* 661: 18-24 (2009)
 Cruz de Carvalho MH. Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling. *Plant Signal Behav.* 3: 156-165 (2008)
 Del Castillo MD, Ames JM, Gordon MH. Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3698-3703 (2002)
 Dueñas M, Herández T, Estrella I, Fernández D. Germination as a process to increase the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Food Chem.* 117: 599-607 (2009)
 Eira MTS, Silva EAA, De Castro RD, Dusser S, Walters C, Bewley D, Hillhorst HWM. Coffee seed physiology. *Braz. J. Plant Physiol.* 18(1): 149-163 (2006)
 Fernandez-Orozco R, Piskula MK, Zielinski H, Kozłowska H, Frias J, Vidal-Valverde C. Germination as a process to improve the antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* L. var. Zapaton. *Eur. Food Res. Technol.* 223: 495-502 (2006)
 Franca MB, Panek AD, Eleutherio ECA. Oxidative stress and its effects during dehydration. *Comp. Biochem. Phys. A.* 146: 621-631 (2007)
 Hu G, Bidel S, Jousilahti P, Antikainen R, Tuomilehto J. Coffee and tea consumption and the risk of Parkinson's disease. *Movement Disord.* 22: 2242-2248 (2007)
 Kim DO, Chun OK, Kim YJ, Moon HY, Lee CY. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *J. Agr. Food Chem.* 51: 6509-6515 (2003)
 Kim KH, Kim NY, Kang SH, Lee HJ. Phytochemicals and antioxidant activity of *Codonopsis lanceolata* leaves. *Korean J. Food Sci. Technol.* 47: 680-685 (2015)
 López-Galilea I, De Peña MP, Cid C. Correlation of selected constituents with the total antioxidant capacity of coffee beverages: Influence of the brewing procedure. *J. Agr. Food. Chem.* 55: 6110-6117 (2007)
 Marina C, Simone B, Maria TF, Riccardo M. Increasing espresso coffee brew antioxidant capacity using phenolic extract recovered from hazelnut skin waste. *J. Funct. Foods.* 4: 137-146 (2012)
 Oh NS, Kwon HS, Lee HA, Joung JY, Lee JY. Preventive effect of fermented maillard reaction products from milk proteins in cardiovascular health. *J. Dairy Sci.* 97: 3300-3313 (2014)
 Pajak P, Socha R, Galkowska D, Roznowski J, Fortuna T. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food Chem.* 140: 300-306 (2014)
 Perales-Sánchez JX, Reyes-Moreno C, Gómez-Favela MA, Milán-Carrillo J, Cuevas-Rodríguez EO, Valdez-Ortiz A, Gutiérrez-Dorado. Increasing the antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents by optimizing the germination conditions of amaranth seeds. *Plant Food Hum. Nutr.* 69: 196-202 (2014)
 Pérez-Marín M, Caemmerer B, Paz De Peña M, Cid C, Kroh LW. Influence of brewing method and acidity regulators on the antioxidant capacity of coffee brews. *J. Agr. Food Chem.* 58: 2958-2965 (2010)
 Sacchetti G, Di Mattia C, Pittia P, Mastrocola D. Effect of roasting degree, equivalent thermal effect and coffee type on the radical

- scavenging activity of coffee brews and their phenolic fraction. *J. Food Eng.* 90: 74-80 (2009)
- Sánchez-González I, Jiménez-Escrig A, Saura-Calixto F. *In vitro* antioxidant activity of coffee brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). *Food Chem.* 90: 133-139 (2005)
- Sharma P, Gujral HS. Antioxidant and polyphenol oxidase activity of germinated barley and its milling fractions. *Food Chem.* 120: 673-678 (2010)
- Soong YY, Barlow PJ. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chem.* 88: 411-417 (2004)
- Upadhyay R, Ramalakshmi K, Jagan Mohan Rao L. Microwave-assisted extraction of chlorogenic acids from green coffee beans. *Food Chem.* 130: 184-188 (2012)
- Weiss D, Van der Luit A, Knecht E, Vermeer E, Mol JNM, Kooter. Identification of endogenous gibberellins in petunia flowers. *Plant Physiol.* 107: 695-702 (1995)