

## 산수유 열매 추출물 첨가 방법에 따른 로스팅 커피의 저장 중 항산화 활성의 변화

이주희<sup>1</sup> · 김선영<sup>1</sup> · 정엽<sup>1</sup> · 송효남<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>세명대학교 바이오식품영양학부 학부생, <sup>2</sup>세명대학교 바이오식품영양학부 교수

### Changes in Antioxidant Activity of Roasted Coffee during Storage with the Addition of *Cornus officinalis* Fruit Extract

Ju-Hee Lee<sup>1</sup>, Seon-Young Kim<sup>1</sup>, Yeop-Jung<sup>1</sup> and Hyo-Nam Song<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Undergraduate Student, Dept. of Biofood and Nutrition, Semyung University, Jecheon 27136, Republic of Korea

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Biofood and Nutrition, Semyung University, Jecheon 27136, Republic of Korea

#### ABSTRACT

Medi-coffee with the addition of *Cornus officinalis* fruit extracts was prepared by heat immersion(HTI) or ultrasonic immersion(USI), and the changes in the antioxidant activity were analyzed during its storage at 40°C for 4 weeks. It was observed that the total polyphenol and flavonoid contents decreased over time. The total polyphenol content was the highest in the HTI at 441.95(week 0) and 386.51(week 4) mg GAE/g, and the lowest in the control(CON) at 357.38(week 0) and 330.29(week 4) mg GAE/g. The total flavonoid content showed a similar tendency. The total polyphenol and flavonoid contents were in the following order: HTI>USI>CON implying that HTI was more effective in ensuring high levels of polyphenols or flavonoids than USI. The DPPH and ABTS radical scavenging activities and SOD-like activity decreased with the increase in the storage period. The CON showed the lowest DPPH radical scavenging activity at 85.24%(week 0) and 81.17%(week 4), while HTI showed the highest at 91.99%(week 0) and 87.84%(week 4). The antioxidant activities were in the order of HTI>USI>CON. The changes in the ABTS radical scavenging activity and SOD-like activity showed similar patterns during the entire storage period. The acid value(AV) and peroxide value(POV) increased as the storage period increased. However, medi-coffee prepared with the addition of *Cornus officinalis* showed lower AV and POV than those of CON, which suggests that the *Cornus officinalis* fruit extract endowed a protective effect against lipid oxidation to the green coffee beans. The changes in AV were the highest in CON from 14.26(week 0) to 29.93(week 4) mg/g, and the lowest in HTI from 11.54(week 0) to 19.08(week 4) mg/g. The POV also showed the same tendency. Overall, it is expected that coffee with the addition of *Cornus officinalis* could be useful for its high antioxidant activity.

**Keywords:** *Cornus officinalis*, heat immersion, ultrasonic immersion, antioxidant activity, medi-coffee

#### 서 론

커피는 대표적인 기호식품이다. 전 세계 커피시장 규모는 2조 3,000억 달러(약 2,600조 원)이며, 2014년 기준으로 국내 시장은 52조 4,000억 원으로, 지난 10년간 연평균 성장률이 15.3% 증가하고 있다고 보고되어 있다(Kim IH & Lee JH 2018). Shin HK(2019)는 최근 생활수준의 향상과 건강에 대한 관심이 증가하면서 커피가 건강에 미치는 영향에 대한 연구가 활발해지고 있으며, 커피에는 항산화 작용을 하는 caffeic acid, chlorogenic acid를 포함한 polyphenols, alkaloids, melanoidins, caffeine 등 다양한 성분이 있다고 보고하였다.

생두 커피는 향과 맛이 거의 없으며, 배전(볶음)과정에서 여러 가지 화학반응을 일으켜 바람직한 향과 맛을 지닌 커피가 만들어진다. 이 과정에서 갈색이 생기고 여러 가지 향미 성분들의 생성 및 분해, 산화, 환원 등의 다양한 화학반응뿐만 아니라 중량감소, 밀도감소, 탄산가스 휘발 등과 같은 물리적 변화도 발생한다(Anderson BA 등 2003; Kim KJ & Park SK 2006).

로스팅된 커피는 저장기간이 길수록 점차 풍미가 변화하여 커피 품질(cup quality)이 낮아지는 것으로 보고되었다(Hofmann T & Schieberle P 2002). Moon JW & Cho JS(1999)는 커피의 저장 중 향미 변화는 휘발성 성분의 소실, 성분 간의 반응 그리고 산화 작용의 3단계를 거치며 산소, 수분, 온도, 볶음 정도, 분쇄 형태 그리고 포장 등이 주로 영

\* Corresponding author : Hyo-Nam Song, Tel: +82-43-649-1439, Fax: +82-43-649-1759, E-mail: hnsong@semyung.ac.kr

향을 준다고 보고하였다. 또한, 커피 향기의 신선도를 high-fresh, medium-satisfying, low-acceptable의 3단계로 정의하고, 잔존 산소 0.5%에서 보존기간을 분석한 결과 각 단계 별로 6, 12~17, 20~25개월이었으며, 잔존 산소 1%에서는 4, 9~17, 14~20개월인 반면, 산소 21%인 합기 포장인 경우에는 신선한 향기의 보존 기간이 10~15일에 불과하다고 보고하였다. 한편, 커피가 원두 상태로 또는 분말상태로 가공되는 순간부터 물리 화학적 변화가 시작되는데 그 중 지방의 산화는 커피의 풍미 및 질감에 영향을 미치는 중요한 성분으로 보고하였다.

산수유나무(*Cornus officianalis*)는 층층나무과(*Cornaceae*)의 낙엽교목으로 주로 국내에서는 중부이남 지역에 분포한다. 산수유는 늦은 가을과 초겨울에 과피가 빨간색으로 변한 산수유나무의 열매를 따서 씨를 뽑아내고 햇볕에 말린 것이다(Park EB 등 2012). 산수유는 예로부터 우리나라를 비롯하여 중국과 일본 등에서 중요한 한약재로 많이 사용되어 왔으며, 그 과실은 항암 및 항균 작용 등의 약리작용이 있다고 보고되어 있다(Gu YR 등 2016). 산수유에 대한 연구로는 항산화 연구, 항암물질 분리, 항균활성 물질분리, 영양성분 분석 등 다양한 기능성 관련 연구가 보고되어 있다(Lee KY 등 2009). 특히, linoleic acid나 gallic acid와 같은 성분은 항산화에 유효한 생리활성성분으로 잘 알려져 있다(Shahzad SK 등 2001). 산수유 열수추출물을 첨가하였을 때 48시간 이상 균의 성장을 완전히 억제하는 항균활성이 있을 뿐만 아니라 linoleic acid에 대한 항산화력 조사 연구에서는 산수유 물추출물을 첨가한 시험구가 강력한 항산화력을 나타낸 것으로 보고되었다(Seo KI 등 1999).

초음파는 주파수가 약 20 kHz 이상인 음파를 지칭하며 식품분야에서는 식품의 보존, 가스제거, 거품조절, 혼합, 에멀전 형성 및 연화 등에 응용되고 있다(Chung HS & Youn KS 2005). 저주파 초음파는 식품의 물리화학적 성질을 변화시키는 데 사용되며, 강력한 초음파는 용매가 깊이 침투할 수 있는 기계적 효과를 발휘한다. 즉, 초음파 진동에 의한 공동현상(cavitation)에 의해 식품 중의 세포벽에 큰 구멍이 형성되고 이는 물질전달의 통로가 되며, 이와 같이 세포벽이 파괴되면 용매가 쉽게 침투할 수 있게 된다(Park JH 등 2004; Kim YJ 2010).

가열수침 과정은 식품 성분의 추출이나 쓴맛 성분 우려내기 등의 목적뿐만 아니라 흡수, 팽윤 및 연화를 위한 방법으로 흔히 사용된다(Han JS 등 2001). 이러한 수침은 수분확산(diffusion)과 관계가 있어 수침 온도, 식품의 구조, 경도 및 크기에 따라 영향을 많이 받는다(Kang EJ 등 2014).

본 연구에서는 로스팅 후 커피원두의 지질 산화를 억제하고 신선한 향과 맛을 좀 더 오래 보존할 수 있도록 항산화

활성이 높은 한방천연물을 첨가한 커피를 개발하고자 하였다. 산수유 열매 추출물이 커피 생두에 효과적으로 침투될 수 있는 방법으로 가열침지법과 초음파침지법을 적용하였고, 저장기간에 따른 항산화 특성 변화를 살펴보았다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

2020년산 산수유(Andong, Korea)는 제천동산약초(Jecheon, Korea)에서 구매하였으며, 커피는 2020년 브라질산 green coffee bean(M·I·COFFEE, Seoul, Korea)을 사용하였다. Folin & Ciocalteu's phenol reagent, DPPH(2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl), ABTS(2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)), gallic acid는 Sigma-Aldrich Co. (St Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Potassium persulfate 99.0%, pyrogallol 99.0%는 Samchun Co.(Pyeongtak, Korea)에서 구입하여 사용하였고, quercetin은 Daejunhwagum Co.(Siheung, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

### 2. 산수유커피의 제조 및 저장

산수유 커피의 제조과정은 Fig. 1에 나타내었다. 산수유 열매 1.5 kg에 70% ethanol 15.0 L를 2.5 hr 동안 환류 냉각 추출하고 감압 농축기(EYELA Rotary Evaporator N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)를 사용하여 농축하였다. 산수유 농축액 총 8 L을 각각 4 L씩 분배하여 green coffee bean 1.5 kg와 함께 가열(이하 HTI) 및 초음파(이하 USI)의 2가지 방식으로 침지하였다. 가열 침지 방식은 80℃ 전기열탕기(DW-290, Daewoongbio, Goesan, Korea)에서 2 hr간 침지시켰고 초음파 침지 방식은 Sonicator(POWERSONIC 520, Hwashin Tech, Daegu, Korea)를 사용하여 50℃에서 4 hr 동안 초음파 처리하였다. 처리한 산수유커피를 70℃에서 24 hr 동안 건조하여 완전히 흡수시킨 후, 커피로스터기(Real Coffee, Ginaworld Co., Bucheon, Korea)로 로스팅을 하였다. 로스팅 단계는 City Roasting(강중배전)에 준하였으며, 로스팅 조건은 시작 온도 평균 222~225℃, 1차 크랙이 평균 175℃, 종료온도 평균 180℃로 하였으며, 평균 시간은 10분이었다. 로스팅된 산수유커피는 40℃의 인큐베이터(JSGI-150T, Hwashin Tech, Korea)에서 4주 동안 저장하며, 1주일 간격으로 일정 량씩 꺼내어 커피 그라인더(DeLonghi Coffee Grinder KG 89, DeLonghi Co., Seoul, Korea)를 사용하여 Fine 단계(고온 입자)로 분쇄 후, 시험분석 시료로 사용하였다. 또한, 항산화 분석을 위한 산수유커피 추출액은 70% ethanol을 사용하여 환류 냉각 추출 후 감압 농축하여 제조하였다.

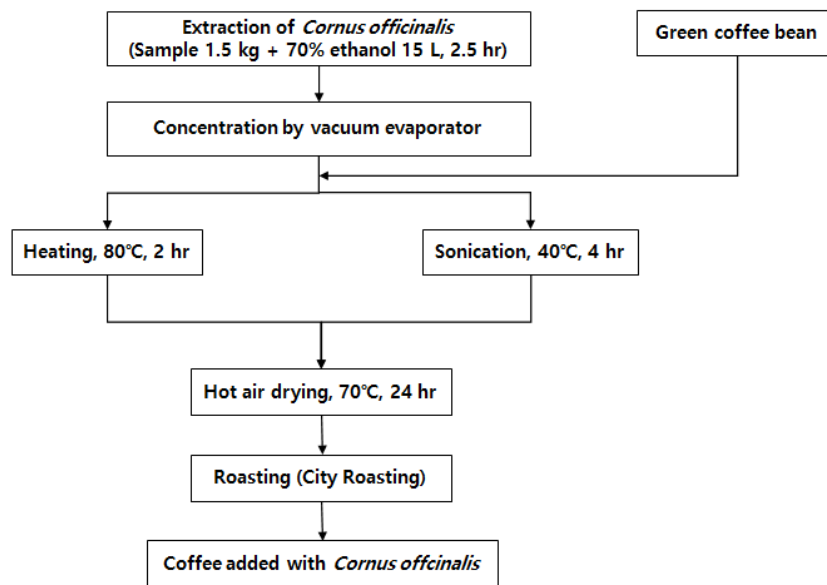


Fig. 1. Preparation of medi-coffee with added *Cornus officinalis*.

### 3. 항산화 성분의 함량변화

#### 1) 총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 함량은 Song HN(2013)의 방법을 변형하여 분석하였다. 1.0 mg/mL의 산수유커피 추출액 0.15 mL를 시험관에 취하고, Folin-Denis 시약 0.15 mL, 증류수 0.7 mL를 가한 후, 혼합하고 5 min간 방치하였다. 반응물에 10%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.7 mL와 증류수 1.3 mL를 가하여 혼합하여 총 5.7 mL를 만들고, 암소에서 1시간 30분간 방치한 후, 분광광도계 (Ultrospec 2100pro, Amersham Biosciences, Uppsala, Sweden)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 검량곡선을 작성하였고 g당 gallic acid mg당량(mg GAE/g)으로 제시하였다.

#### 2) 총 플라보노이드 함량 분석

플라보노이드 함량은 Kim JH 등(2003)의 방법을 변형하여 측정하였다. 산수유커피 추출액 1.0 mL를 취하고, 5% sodium nitrite 0.3 mL과 증류수 2 mL를 가한 후, 실온에서 5 min간 반응시켰다. 반응 종료 후, 10% aluminum chloride 0.3 mL를 가하여 6분간 다시 실온에서 반응시켰다. 반응시킨 혼합액에 1 M sodium hydroxide 2.0 mL와 증류수 2.4 mL를 가하여 섞은 후, 분광광도계를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 quercetin을 표준물질로 검량곡선을 작성하였고 g당 quercetin mg당량(mg QE/g)으로 제시하였다.

### 4. 항산화 활성의 변화

#### 1) DPPH 자유라디칼 소거활성

DPPH 라디칼 소거활성은 Blois(1958)의 방법을 변형한 방법으로 측정하였다(Kim TY 등 2010). 1.0 mg/mL의 산수유커피 추출액 0.8 mL를 시험관에 취하고 70% ethanol 1.5 mL와 0.2 mM DPPH(2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl)용액 1.5 mL를 가한 후, 진탕하였다. 암소에서 1.5 시간 방치한 후, 분광광도계를 이용하여 517 nm에서 측정하였으며, ascorbic acid를 positive control로 사용하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능 (\%)} = \left(1 - \frac{S}{C}\right) \times 100$$

C : Control(대조구)의 흡광도 값

S : Sample(시료)의 흡광도 값

#### 2) ABTS 자유라디칼 소거활성

ABTS 라디칼 소거활성은 Oh HK 등(2019)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다(Lim YS 등 2018). ABTS용액은 7 mM ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))와 2.45 mM potassium persulfate 용액을 1:1(v/v) 비율로 혼합하여 암소에서 16 hr 방치한 후, 실험에 사용하였다. ABTS 용액 0.75 mL와 1.0 mg/mL의 산수유커피 추출액 0.15 mL를 섞은 후, 암소에서 6 min간 방치하였고 분광광도계를 사용하여 734 nm에서 측정하였으며, ascorbic acid를 positive control로 사용하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{S}{C}\right) \times 100$$

$C$  : Control(대조구)의 흡광도 값

$S$  : Sample(시료)의 흡광도 값

### 3) Superoxide Dismutase(SOD) 유사활성

SOD 유사활성은 Marklund S & Marklund G(1974)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다(Kim SS 2014). 1.0 mg/mL의 산수유커피 추출액 1.0 mL를 취하여 시험관에 가한 후, 50 mM Tris-HCl buffer(pH 8.2) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하여, 25°C 항온수조에서 10분간 반응시킨 후, 1 N HCl 용액 0.5 mL를 가하여 반응을 종결하였다. 분광광도계를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며, ascorbic acid를 positive control로 사용하였다.

$$\text{SOD like activity(\%)} = \left(1 - \frac{S}{C}\right) \times 100$$

$C$  : Control(대조구)의 흡광도 값

$S$  : Sample(시료)의 흡광도 값

## 5. 저장 중 커피 지질의 산화 측정

### 1) 산가

저장 중 커피 지질의 산가는 식품공전(Korea Food Code 2017a)에 준하여 측정하였다. Ethyl ether로 추출한 산수유커피의 지질 검체를 마개달린 삼각 플라스크에 넣고 중성의 ethanol과 ether 혼합액(1:2) 100 mL에 넣어 용해시켰다. 그 후, 1% thymolphthalein 용액을 지시약으로 하여 0.5 mL 가하고, 색깔이 30초간 지속될 때까지 0.1 N KOH 용액으로 적정하였다.

$$\text{Acid value (mg/g)} = \frac{5.611 \times (a-b) \times f}{S}$$

$S$  : 검체의 채취량(g)

$a$  : 검체에 대한 0.1 N KOH의 소비량(mL)

$b$  : 공시험에 대한 0.1 N KOH의 소비량(mL)

$f$  : 0.1 N KOH의 역가

### 2) 과산화물가

저장 중 커피 지질의 과산화물가는 식품공전(Korea Food Code 2017b)에 준하여 측정하였다. Ethyl ether로 추출한 산수유 커피의 지질 검체를 계량하여 acetic acid와 chloroform 혼합액(3 : 2) 25 mL에 넣어 용해시켰다. 포화 KI 용액 1 mL

를 가하고 섞은 후, 10 min간 암실에서 반응시켰고, 증류수 30 mL를 가하여 진탕하였다. 1% 전분시액 1 mL를 지시약으로 하여 0.01 N sodium thiosulfate액으로 적정하였다.

$$\text{Peroxide value (meq/kg)} = \frac{(a-b) \times F \times 10}{S}$$

$S$  : 검체의 채취량(g)

$a$  : 0.01 N sodium thiosulfate의 적정량(mL)

$b$  : 공시험에서의 0.01 N sodium thiosulfate의 소비량(mL)

$F$  : 0.01 N sodium thiosulfate의 역가

## 6. 통계처리

본 연구의 모든 실험은 3회 반복 측정하였으며, 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 평균값의 유의적인 차이는 SPSS Statistics 27.0(IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여 ANOVA로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 실시하여  $p < 0.05$  수준에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 항산화 성분의 함량변화

#### 1) 총 폴리페놀 함량 측정

저장기간에 따른 총 폴리페놀의 함량 측정 결과는 Table 1과 같다. 총 폴리페놀 함량은 대조군과 비교하였을 때 산수유를 첨가한 커피가 더 높게 나타났으며, 공통적으로 세 시료 모두 저장기간이 증가함에 따라 총 폴리페놀 함량이 감소되는 것으로 나타났다. 그러나 0주차에 대조군은 357.38 mg GAE/g인 반면 산수유를 첨가한 초음파침지군, 가열 침지군은 411.63, 441.95 mg GAE/g로 대조군보다 유의적으로 높았으며, 최종적으로 4주차에 대조군, 초음파침지군, 가열침지군은 각각 330.29, 362.82, 386.51 mg GAE/g로 산수유커피가 대조군보다 높게 나타났다. 전반적으로 총 폴리페놀 함량은 모든 저장기간 중 가열침지군>초음파침지군>대조군 순으로 높게 나타나 저장 중에도 산수유커피는 높은 폴리페놀 함량을 유지하였다. 이러한 결과는 산수유 추출물의 폴리페놀 성분이 green coffee bean에 효과적으로 잘 이행되어 대조군보다 가열침지군 및 초음파침지군에서 더 높게 나타난 것으로 사료되며, 첨가방법 중에서는 가열침지 방법이 더 우수한 것으로 사료된다. Kim BG 등(2016)은 총 폴리페놀 화합물은 식물체에 존재하며 분자 내에 phenolic hydroxyl기를 가지고 있는 방향족 화합물로 라디칼 소거능 및 항산화 활성과 상관관계가 있는 것으로 보고하고 있다. 또한, Lim HH 등(2015)에 의하면 오디 물추출액을 커피 생두에 침지한 결과, 대조

**Table 1. Changes in total polyphenol and total flavonoid contents for medi-coffees during the storage at 40°C for 4 weeks**

Storage period (week)	Sample	Total polyphenol (mg GAE/g)	Total flavonoid (mg QE/g)
0	CON <sup>1)</sup>	357.36±0.98 <sup>4a</sup>	347.34±0.99 <sup>a</sup>
	USI <sup>2)</sup>	411.63±0.60 <sup>b</sup>	407.07±0.77 <sup>b</sup>
	HTI <sup>3)</sup>	441.95±0.81 <sup>c</sup>	423.08±0.70 <sup>c</sup>
1	CON	354.62±0.60 <sup>a</sup>	344.99±0.65 <sup>a</sup>
	USI	384.69±0.45 <sup>b</sup>	404.34±0.45 <sup>b</sup>
	HTI	427.77±0.39 <sup>c</sup>	421.91±0.40 <sup>c</sup>
2	CON	348.25±0.81 <sup>a</sup>	340.31±0.71 <sup>a</sup>
	USI	375.45±0.39 <sup>b</sup>	402.78±0.55 <sup>b</sup>
	HTI	414.36±0.60 <sup>c</sup>	420.35±0.33 <sup>c</sup>
3	CON	344.21±0.68 <sup>a</sup>	337.18±0.78 <sup>a</sup>
	USI	367.90±0.60 <sup>b</sup>	402.00±0.70 <sup>b</sup>
	HTI	406.94±0.60 <sup>c</sup>	418.40±0.73 <sup>c</sup>
4	CON	330.29±0.98 <sup>a</sup>	332.11±0.90 <sup>a</sup>
	USI	362.82±0.60 <sup>b</sup>	399.66±0.68 <sup>b</sup>
	HTI	386.51±0.60 <sup>c</sup>	416.44±0.65 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> CON: control (green coffee bean).

<sup>2)</sup> USI: ultrasonic immersion.

<sup>3)</sup> HTI: heating immersion.

<sup>4)</sup> Mean±S.D. (n=3).

<sup>a-c</sup> Different superscript letters in a column of each week indicate significant difference by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

군의 폴리페놀 함량이 19.79~22.77 mg GAE/g인데 반하여, 오디칩지커피는 24.27~26.07 mg GAE/g로 높게 나타난 것으로 보고하여 총 폴리페놀이 증가하는 본 시험결과와 일치하는 경향을 보였다.

## 2) 총 플라보노이드 함량

페놀화합물은 항산화 특성과 활성산소들을 제거하는 능력을 가졌으며, 그 중 플라보노이드는 항암, 항염증, 심혈관 질환 등에 강력한 효과를 보인다고 보고되어 있다(Jin MG 등 2021). 저장기간에 따른 총 플라보노이드 함량 측정 결과는 Table 1과 같다. 세 시료 모두 저장기간이 증가함에 따라 총 플라보노이드 함량이 감소되는 것으로 나타났다. 실험 초기 0주차 때 대조군(347.34 mg QE/g)보다 초음파 및 가열침지군이 각각 407.07 및 423.08 mg QE/g로 대조군보다 높았고

최종적으로 4주차에 대조군, 초음파침지군 및 가열침지군은 각각 332.11, 399.66, 416.44 mg QE/g로 산수유커피가 대조군보다 높게 나타났다. 또한, 모든 저장기간 중 총 플라보노이드 함량은 가열침지군>초음파침지군>대조군 순으로 높게 나타나 저장 중에도 산수유커피는 높은 플라보노이드 함량을 유지하였다. 이는 산수유 추출물에 존재하는 플라보노이드 성분이 green coffee bean에 잘 이행되었음을 의미하며, 또한, 가열침지방법이 초음파침지방법보다 더 효과적인 것으로 사료된다. Kang KM & Lee SH(2013)에 의하면 사철썩, 약썩 및 개똥썩에 대하여 추출방법을 비교한 결과, 환류냉각 추출과 고온가압추출 방법이 저온고압추출 및 초음파추출 방법에 비해 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 더 높게 나타난 것으로 보고하였다.

## 2. 항산화 활성의 변화

### 1) DPPH 라디칼 소거 활성

DPPH 라디칼 소거 활성 변화는 Fig. 2와 같다. DPPH 라디칼 소거 활성은 모든 저장기간 중 가열침지군>초음파침지군>대조군 순으로 높게 나타났으며, 실험 초기 0주차 때 대조군이 85.24%로 가장 낮았다. 세 시료 모두 저장기간이 증가함에 따라 라디칼 소거 활성은 감소하지만 여전히 산수유커피가 대조군에 비해 더 높게 유지되었다. 가열침지군과 초음파침지군 중에서는 가열 침지방식이 91.99%(0주차)로 가장 높게 나타났으며, 이는 양성 대조군인 ascorbic acid의 98.45%와 비교하여도 매우 우수한 활성인 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 산수유 추출물에 존재하는 폴리페놀 및 플라보노이드와 같은 항산화 성분들이 green coffee bean에 잘 이행된 결과, 항산화 활성 증진에도 긍정적인 효과를 준 것으로 사료된다. Lim HH 등(2015)에 의하면 오디 물추출액을 커피 생두에 침지한 결과, 대조군 2종의 DPPH 라디칼 소거능은 45.51%와 47.02%인데 반하여, 오디칩지커피는 침지시간이 증가함에 따라 50.67%, 52.88%, 55.25%로 높게 나타나 본 연구의 결과와 일치하는 경향을 보였다.

### 2) ABTS 라디칼 소거 활성

ABTS 라디칼 소거 활성 측정 결과는 Fig. 3과 같다. ABTS 라디칼 소거 활성은 모든 저장기간 중 가열침지군>초음파침지군>대조군 순으로 높게 나타났으며, 실험 초기 0주차 때 대조군이 82.07%로 가장 낮았다. 또한, 모든 시료가 저장기간이 증가함에 따라 라디칼 소거 활성은 감소하지만 여전히 산수유 커피가 대조군에 비해 더 높게 유지되었다. 가열침지군과 초음파침지군 중에서는 가열 침지방식이 90.66%(0주차)로 가장 높게 나타났으며, 양성 대조군인 ascorbic acid의

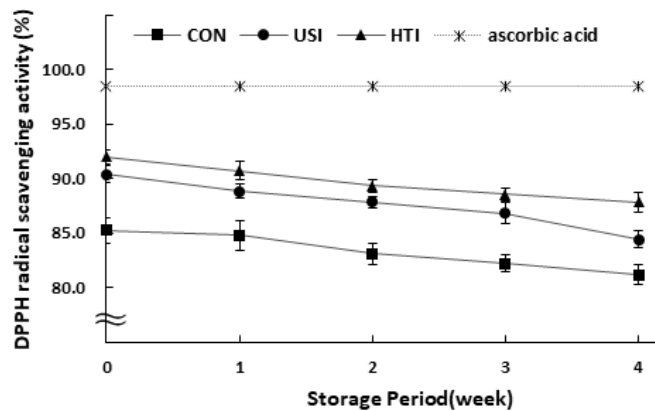


Fig. 2. Changes in DPPH radical scavenging activity of medi-coffees during storage at 40°C for 4 weeks. CON: control (green coffee bean), USI: ultrasonic immersion, HTI: heating immersion.

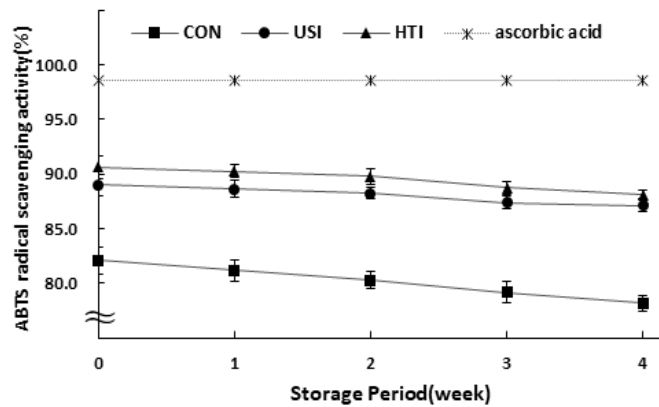


Fig. 3. Changes in ABTS radical scavenging activity of medi-coffees during storage at 40°C for 4 weeks. CON: control (green coffee bean), USI: ultrasonic immersion, HTI: heating immersion.

98.61%인데 가열 침지군은 90.66%와 비교하여도 비교적 우수한 활성인 것으로 사료된다. 이러한 결과는 산수유 추출물에 존재하는 폴리페놀 및 플라보노이드와 같은 항산화 성분들이 green coffee bean에 효과적으로 이행되어 ABTS 라디칼 소거 활성이 증가하는 결과를 나타낸 것으로 사료되며, 침지방법에 따른 효과는 가열침지방법이 초음파침지방법보다 더 좋은 것으로 사료된다. Kang KM & LEE SH(2013)는 사철쭉, 약쭉 및 개똥쭉에 대하여 네 가지의 다른 방법으로 추출하였을 때, ABTS radical 소거활성은 3종의 쭉 모두 높은 활성을 나타내었고 추출방법별로 환류냉각추출(99.61~99.78%)>고온가압추출(99.26~99.52%)>초음파추출(73.59~91.30%)>저온고압추출(62.94~84.55%) 순으로 나타나 환류냉각추출과 고온가압추출방법의 추출물이 가장 높은 활성을 보여 항산화 대조군인 ascorbic acid(99.95%) 활성과 대등한 값을 나타냈다고 보고하였다.

### 3) SOD 유사활성

SOD는 생체에 유해한 superoxide anion radical과 반응하여 과산화수소를 생성하는 효소로서 가장 독성이 강한 hydroxy radical의 생성억제 활성을 나타내는 대표적 항산화 효소라고 알려져 있다(Choi HS 등 2017). 산수유커피의 저장기간 중 SOD 유사활성 변화는 가열침지군>초음파침지군>대조군 순으로 높게 나타났으며, 실험 초기 0주차 때 대조군이 69.47%로 가장 낮았다. 또한, 모든 시료가 저장기간이 증가함에 따라 유사활성은 감소하지만 여전히 산수유 커피가 대조군에 비해 높게 유지되었으며, 가열침지군과 초음파침지군 중에서는 가열 침지방식이 79.26%(0주차)로 가장 높게 나타났다. 이는 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성과 마찬가지로 산수유 추출물이 SOD 유사활성 증가에 큰 역할을 한 것으로 사료된다. Park CS 등(2008)에 의하면 한약재 산수유, 황기 및 감초의 에탄올추출물의 SOD 유사활성을 분석한 결과 산수

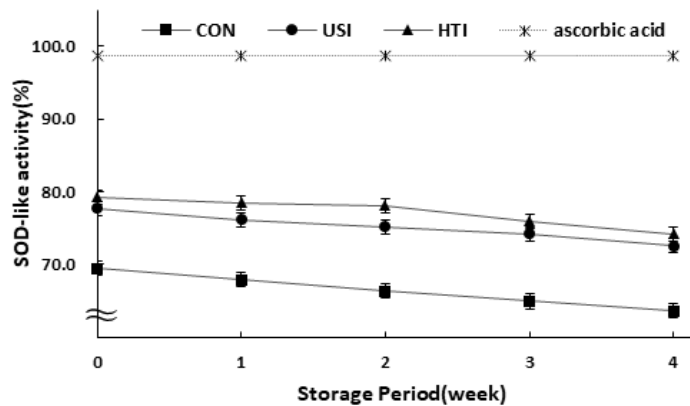


Fig. 4. Changes in SOD-like activity of medi-coffees during storage at 40°C for 4 weeks. CON: control (green coffee bean), USI: ultrasonic immersion, HTI: heating immersion.

유가 37.2%로 가장 높은 것으로 보고되었다.

### 3. 지질산패 억제 효과

#### 1) 산가

산가는 유지분자들의 가수분해에 의해서 형성된 유리지방산 함량의 척도이다. 유리지방산은 자동산화를 촉진하여 품질 저하를 일으키는 원인이 된다(Park BH 등 2005). 산가 측정 결과는 Table 2와 같다. 모든 저장기간 중 산가는 대조군>초음파침지군>가열침지군 순으로 높게 나타났으며, 저장기간이 증가함에 따라 전체적으로 모두 산가가 증가하였다. 그러나 산수유를 첨가한 가열침지군 및 초음파침지군은 대조군에 비해 산가가 낮게 나타났다. 초기 0주차 때 대조군, 초음파침지군 및 가열침지군은 각각 14.26, 14.08, 11.54 mg/g로 대조군이 가장 높았고 최종적으로 4주차에 대조군, 초음파침지군 및 가열침지군은 각각 29.93, 25.97, 19.08 mg/g로 산수유커피보다 대조군이 가장 많이 산패된 것으로 나타났다. 또한, 가열 침지방식과 초음파 침지방식을 비교할 때, 저장기간에 따른 산패도의 증가폭이 각 7.54 mg/g, 11.89 mg/g만큼 증가한 것으로 보아 가열침지군이 초음파침지군보다 산패 억제에 효과적이라고 사료된다. Lim JK 등(2017)에 의하면 단기저장 기간 중 커피원두 지방의 산가 등의 연구에서 콜롬비아 생두(*Coffea arabica*)의 커피 분말의 산가는 가공 직전 4.47 mg/g 이었고, 60일 저장 후에는 11.89 mg/g로 증가한 것으로 보고하였다. 반면에 Medium roast 된 원두커피 분말에서는 가공 당시 8.91 mg/g에서 저장기간(60일간) 후에는 17.81 mg/g로 증가하여 커피콩은 로스팅 후 저장 중 빠르고 지속적으로 산화가 이루어진다는 것을 보고한 바 있다. 따라서 커피콩의 다양한 가공 방법이나 첨가물에 의해 산화 정도가 영향을 받는 것으로 여겨지며, 이에 대한 연구가 지

Table 2. Changes in acid value and peroxide value for medi-coffees during storage at 40°C for 4 weeks

Storage period (week)	Sample	Acid value (mg/g)	Peroxide value (meq/kg)
0	CON <sup>1)</sup>	14.26±1.02 <sup>4c</sup>	15.49±1.02 <sup>c</sup>
	USI <sup>2)</sup>	14.08±1.02 <sup>b</sup>	15.41±1.02 <sup>b</sup>
	HTI <sup>3)</sup>	11.54±1.02 <sup>a</sup>	15.34±1.02 <sup>a</sup>
1	CON	19.79±1.02 <sup>c</sup>	24.52±1.01 <sup>c</sup>
	USI	15.89±1.02 <sup>b</sup>	23.17±1.01 <sup>b</sup>
	HTI	11.99±1.03 <sup>a</sup>	19.11±1.02 <sup>a</sup>
2	CON	22.57±1.03 <sup>c</sup>	29.58±1.01 <sup>c</sup>
	USI	19.14±1.02 <sup>b</sup>	25.27±1.02 <sup>b</sup>
	HTI	14.91±1.03 <sup>a</sup>	21.18±1.01 <sup>a</sup>
3	CON	25.85±1.02 <sup>c</sup>	34.47±1.02 <sup>c</sup>
	USI	23.11±1.02 <sup>b</sup>	28.02±1.02 <sup>b</sup>
	HTI	16.12±1.02 <sup>a</sup>	25.97±1.02 <sup>a</sup>
4	CON	29.93±1.02 <sup>c</sup>	38.41±1.02 <sup>c</sup>
	USI	25.97±1.01 <sup>b</sup>	29.14±1.01 <sup>b</sup>
	HTI	19.08±1.01 <sup>a</sup>	27.58±1.02 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> CON: control (green coffee bean).

<sup>2)</sup> USI: ultrasonic immersion.

<sup>3)</sup> HTI: heating immersion.

<sup>4)</sup> Mean±S.D. (n=3).

<sup>a-c</sup> Different superscript letters in a column of each week indicate significant difference by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

속적으로 요구된다.

## 2) 과산화물가

유지의 산화안정성 지표로 과산화물가를 측정함으로써 유지의 산패와 관련된 중요한 정보를 얻을 수 있다(Kim JE 등 2014). 과산화물가 측정 결과는 Table 2와 같다. 저장기간 중 과산화물가는 대조군>초음파침지군>가열침지군 순으로 높게 나타났으며, 초기 0주차 때 대조군, 초음파침지군 및 가열침지군은 각각 15.49, 15.41, 15.34 meq/kg로 대조군이 가장 높았고, 최종적으로 4주차에 대조군, 초음파침지군 및 가열침지군은 각각 38.41, 29.14, 27.58 meq/kg로 대조군이 가장 많이 산패된 것으로 나타났다. 또한, 초음파 및 가열 침지군의 침지방식을 비교하였을 때, 가열침지군은 초음파침지군보다 산패도가 낮게 나타났다. 따라서 대조군보다 산수유커피가 산패 억제에 효과적이며, 가열과 초음파의 침지방식 중 가열 침지방식이 산패도 감소에 더 효과적이라고 사료된다. 볶은 커피의 과산화물가는 연구자에 따라 실험 조건이 상이하여 서로 다르게 보고되어 있는데, Böger BR 등(2021)은 로스팅 직후 3.208 meq/kg, Sanches MZ(2016)는 저장 온도와 기간이 다른 조건에서 아라비카 커피 기준 최대 2.38 meq/kg으로, Turatti JM(2001)는 최대 2.4 meq/kg 등으로 보고한 바 있다. Park SS(2011)는 실온, 냉장 및 냉동으로 보관된 볶은 커피의 과산화물가가 실험 초기에는 8.97 meq/kg로 동일하게 시작하지만 30일째 되는 날 실온, 냉장 및 냉동이 각각 28.13, 23.25, 22.62 meq/kg로 나타나는 것으로 보고하여 산소에 노출되는 시간이 길어질수록 과산화물가는 점차 증가하는 것으로 보고한 바 있다. 본 연구에서는 40℃의 동일한 조건에서 저장한 결과, 초기 0주차 때 대조군과 산수유 커피가 유사한 값으로 시작하였으나 저장 4주차 때 산수유커피의 과산화물가가 대조군보다 유의적으로 낮게 나타나 산수유 첨가가 커피의 원두의 산패억제에 영향을 준 것으로 사료된다.

## 결론

본 연구에서는 커피원두의 로스팅 후 저장 중 품질 특성을 유지하기 위해 산수유추출액을 가열침지 및 초음파침지로 첨가한 산수유커피를 제조한 후 40℃에서 4주간 저장하면서 항산화 활성의 변화를 분석하였다. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 저장기간이 경과함에 따라 감소되었다. 총 폴리페놀 함량은 가열침지군이 441.95(0주차) 및 386.51(4주차) mg GAE/g로 가장 높았고, 대조군은 357.38(0주차) 및 330.29(4주차) mg GAE/g로 가장 낮았으며 총 플라보노이드 함량도 유사한 경향을 보였다. 저장기간 내내 가열침지군>

초음파침지군>대조군 순으로 높게 나타나 초음파 침지방식보다 가열 침지방식이 더 효과적인 것으로 사료된다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성과 SOD 유사활성은 저장기간이 경과함에 따라 감소되었다. DPPH 라디칼 소거 활성은 대조군이 85.24%(0주차) 및 81.17%(4주차)로 가장 낮았고, 가열 침지방식이 91.99%(0주차) 및 87.84%(4주차)로 가장 높았다. ABTS 라디칼 소거 활성은 대조군이 82.07%(0주차) 및 78.16%(4주차)로 가장 낮았고, 가열 침지방식이 90.66%(0주차) 및 88.13%(4주차)로 가장 높았다. SOD 유사활성 변화는 대조군이 69.47%(0주차) 및 63.6%(4주차)로 가장 낮았고, 가열 침지방식이 79.26%(0주차) 및 74.17%(4주차)로 가장 높았다. 모든 저장기간 중 가열침지군>초음파침지군>대조군 순으로 높았고, 저장기간이 증가함에 따라 산수유 커피가 대조군에 비해 높게 유지되었다. 산가와 과산화물가는 저장기간이 경과함에 따라 증가하였다. 산가는 대조군이 14.26(0주차) 및 29.93(4주차) mg/g로 가장 높았고, 가열침지군이 11.54(0주차) 및 19.08(4주차) mg/g로 가장 낮았으며, 과산화물가도 유사한 경향을 보였다. 4주 경과 후에도 산수유커피가 대조군에 비해 산패도가 모두 낮게 유지되었으며, 침지방식에 있어서는 가열방식이 초음파방식보다 효과적이었다. 종합적으로 대조군보다 산수유커피가 항산화 활성 및 산패억제에 효과적이라고 판단되며, 초음파 침지방식보다 가열 침지방식이 더욱 효과적인 것으로 사료된다.

## 감사의 글

This work was supported by the Starting growth Technological R&D Program (S2619193) funded by the Small and Medium Business Administration (SMBA, Korea).

## REFERENCES

- Anderson BA, Shimoni E, Liardon R, Labuza TP (2003) The diffusion kinetics of carbon dioxide in fresh roasted and ground coffee. *J Food Eng* 59(1): 71-78.
- Böger BR, Moria ALB, Viegas MC, Benassi MT (2021) Quality attributes of roasted Arabica coffee oil extracted by pressing: Composition, antioxidant activity, sun protection factor and other physical and chemical parameters. *Grasas Y Aceites* 72(1): 394-406.
- Choi HS, Lee YS, Seo SJ, Kim NW (2017) Antioxidant and anti-aging activities of water extracts from *Chionanthus retusus* flesh according to different extraction temperatures. *Korean J Food Preserv* 24(8): 1129-1137.



- Chung HS, Youn KS (2005) Effects of microwave, ultrasound and roasting pretreatments on hot water extraction of *Acanthopanax senticosus*. Korea J Food Preserv 12(2): 146-150.
- Gu YR, Park HM, Jeong YS, Jung HK, Yun JH, Hong JH (2016) Physicochemical properties and antioxidant activities of hot water extracts from medicinal fruit mixture. Korean J Food Preserv 23(2): 267-274.
- Han JS, Lee YJ, Lee SJ, Takahisa M (2001) Changes in water absorption, water-holding capacity, chromaticity and mineral contents of dried sea mustards on soaking. J East Asian Soc Dietary Life 11(3): 209-218.
- Hofmann T, Schieberle P (2002) Chemical interactions between odor-active thiols and melanoidins involved in the aroma staling of coffee beverages. J Agric Food Chem 50(2): 319-326.
- Jin MG, Jeon AY, Kwon JH, Kim NE, Kim YH (2021) Effects of roasting temperature on quality characteristics and biological activity of *quinoa*. J Korean Soc Food Cult 36(3): 308-316.
- Kang EJ, Jeon HR, Choi EH, Lee JK (2014) Effects of steeping and infrared heating on hydration and sensory properties of barley. Food Eng Prog 18(4): 307-311.
- Kang KM, Lee SH (2013) Effects of extraction methods on the antioxidative activity of *Artemisia* sp. J Korean Soc Food Sci Nutr 42(8): 1249-1254.
- Kim BG, Park NY, Lee SH (2016) Quality characteristics and antioxidative activity of muffins added with coffee ground residue water extract and powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 45(1): 76-83.
- Kim IH, Lee JH (2018) Antibacterial and whitening activities of *Coffea arabica* ethanol extract. Korean Chem Eng Res 56(2): 245-251.
- Kim JE, Lee S, Yoo KM, Lee KH, Kim KT, Lee MH, Hwang IK (2014) Quality characteristics of ginseng seed oil obtained by different extraction methods. J Korean Soc Food Sci Nutr 43(3): 439-445.
- Kim JH, Kim JK, Kang WW, Ha YS, Choi SW, Moon KD (2003) Chemical compositions and DPPH radical scavenger activity in different sections of safflower. J Korea Soc Food Sci Nutr 32(5): 733-738.
- Kim KJ, Park SK (2006) Changes in major chemical constituents of green coffee beans during the roasting. Korean J Food Sci Technol 38(2): 153-158.
- Kim SS (2014) A comparison of antioxidant effects among non-fermented and fermented Columbian coffee and Luwak coffee beans. Korean J Food Cook Sci 30(6): 757-766.
- Kim TY, Jeon TW, Yeo SH, Kim SB, Kim JS, Kwak JS (2010) Antimicrobial, antioxidant and SOD-like activity effect of Jubak extracts. Korea J Food Nutr 23(3): 299-305.
- Kim YJ (2010) Ultrasound application on food technology. Bull Food Tech 23(3): 392-299.
- Korea Food Code (2017a) Ministry of Food and Drug Safety. Chap.8. General Test Methods, 2.1.5.3.1 Acid Value <http://www.foodsafetykorea.go.kr> (accessed on 6. 1. 2022).
- Korea Food Code (2017b) Ministry of Food and Drug Safety. Chap.8. General Test Methods, 2.1.5.3.5 Peroxide Value <http://www.foodsafetykorea.go.kr> (accessed on 6. 1. 2022).
- Lee KY, Sung SH, Kim SH, Jang YP, Oh TH, Kim YC (2009) Cognitive-enhancing activity of loganin isolated from *Cornus officinalis* in scopolamine-induced amnesic mice. Arch Pharm Res 32: 677-683.
- Lim HH, Ji SK, Kwak HS, Eom TK, Kim MS, Lee YS, Do JW, Yu SR, Choi GP, Jeong JI, Jeong YH (2015) Quality characteristics of coffee brewed from green beans soaked in Mulberry (*Morus bombycis*) extract. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(4): 579-585.
- Lim JK, Kim MY, Kim SH, Ma JS, Oh JS, Kim JS (2017) Changes of acid value of lipid, chlorogenic acid content and anti-oxidative activities in roasted coffee for short term storage. J Appl Biol Chem 60(4): 383-390.
- Lim YS, Shin YK, Kim DW (2018) Effect of germination and temperature on the antioxidant activity of coffee. Korea J Food Sci 50(2): 198-202.
- Marklund S, Marklund G (1974) Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. Eur J Biochem. 47: 469-474.
- Moon JW, Cho JS (1999) Changes in flavor characteristics and shelf-life of roasted coffee in different packaging conditions during storage. Korea J Food Sci Technol 31(2): 441-447.
- Oh HK (2019) Biological activities of *Poria cocos* Wolf and *Corni fructus* extracts based on their extraction solvent. J Korea Applied Sci Tech 36(4): 1303-1311.
- Park BH, Cho HS, Kim DH (2005) Antioxidative effects of solvent extracts of *Lycii fructus* powder (LFP) and *Mae-*

- jakgwa* made with LFP. J Korea Soc Food Sci Nutr 34(9): 1314-1319.
- Park CS, Kim DH, Kim ML (2008) Biological activities of extracts from *Corni fructus*, *Astragalus membranaceus* and *Glycyrrhiza uralensis*. Kor J Herbology 23(1): 93-101.
- Park EB, Kim HS, Shin SY, Ji IA, Kim JH, Kim SG, Yoo BH, Kim BW, Kwak IS, Kim MM, Chung KT (2012) Antioxidative activity of *Cornus officinalis* extracts obtained by four different extraction techniques. J Life Sci 22(11): 1507-1514.
- Park JH, Lee HS, Mun HC, Kim DH, Seong NS, Jung HG, Bang JK, Lee HY (2004) Improvement of anticancer activation of ultrasonicated extracts from *Acanthopanax senticosus* Harms, *Ephedra sinica* Stapf, *Rubus coreanus* Miq. and *Artemisia capillaris* Thunb. Korea J Medicinal Crop Sci 12(4): 273-278.
- Park SS (2011) A study on the quality of roast coffee bean according to methods of storage. MS Thesis Seoul Venture University, Seoul. pp 18-19.
- Sanches MZ (2016) Evaluation of physicochemical and sensory characteristics of roasted coffee oil (*Coffea arabica*) during storage at different temperatures. MS Thesis Federal Technological University of Paran, Londrina. pp 34-38.
- Seo KI, Lee SW, Yang KH (1999) Antimicrobial and antioxidative activities of *Corni fructus* extracts. Korean J Postharvest Sci Technol 6(1): 99-103.
- Shahrzad SK, Aoyagi A, Winter A, Koyama I, Bitsch B (2001) Pharmacokinetics of gallic acid and its relative bioavailability from tea in healthy humans. J Nutr 131(4): 1207-1210.
- Shin HK (2019) Analysis of antioxidant components in coffee making process using washed coffee and natural coffee. Korean J Food Nutr 32(4): 312-320.
- Song HN (2013) Quality properties of fermented mugworts and the rapid pattern analysis of their volatile flavor components via surface acoustic wave (SAW) based electronic nose sensor in the GC system. Korean J Food Preserv 20: 554-563.
- Turatti JM (2001) Extraction and characterization of coffee oil. 2nd Brazilian Coffee Research Symposium, Brasília, DF, Brazil.

---

Date Received	Dec. 3, 2021
Date Revised	Mar. 10, 2022
Date Accepted	Mar. 14, 2022