



Effects of supercritical carbon dioxide extracts of red pepper and pine needle on the oxidative stability of perilla oil

Kyo-Yeon Lee^{1,2}, Ah-Na Kim^{1,2}, Hye Young Lee², Min Jeong Pyo², Sung-Gil Choi^{1,3*}

¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 82528, Korea

²Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 82528, Korea

³Department of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

홍고추 또는 솔잎 초임계 이산화탄소 추출물이 들기름의 산화안정성에 미치는 영향

이교연^{1,2} · 김아나^{1,2} · 이혜영² · 표민정² · 최성길^{1,3*}

¹경상국립대학교 농업생명과학연구원, ²경상국립대학교 응용생명과학부,

³경상국립대학교 식품공학과

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of supercritical carbon dioxide (SC-CO₂) extracts from red pepper (RP) or pine needles (PN) on the physicochemical properties of perilla oil (PO). Subsequently, the physicochemical properties of the perilla oil containing SC-CO₂ extract at 0.1% and PO without extract were compared. Oxidative stability was measured based on viscosity, acid value (AV), peroxide value (POV), antioxidant (2,2-diphenyl-1-picrahydrazyl) activity, *p*-anisidine value (*p*-AV), and fatty acid composition. All the samples were studied under medium temperature (65°C) accelerated oxidation conditions for 24 h. The viscosities of PO with PN extract and PO without extract significantly increased with increasing storage time, but that of PO added with RP extract was not significantly different (*p*<0.05). The oxidative stability properties, such as AV, POV, and *p*-AV, indicated that PO with RP or PN extracts exhibited superior oxidative stabilities than PO without extract. The antioxidant activities of all samples was significantly decreased with increasing the oxidation time (*p*<0.05). No significant differences in fatty acid composition between PO with and without extract were observed (*p*<0.05). Thus, the SC-CO₂ extracts affect the lipid oxidative stability in perilla oil and may be used as natural antioxidant for food preservation.

Keywords : perilla oil, supercritical carbon dioxide, red pepper, pine needle oxidative stability

서론

들깨(*Perilla frutescens* Britton var. *japonica* Hara)는 꿀풀과(Labiatae)에 속하는 일년생 초본식물로 한국, 중국, 인도, 일본 등지에 분포하고 있으며, 지질함량이 약 31-44% 함유하고 있어 유지종자로 널리 이용되고 있다(Ahn 등, 1991;

Aladedunye 등, 2009). 들깨를 압착하여 얻은 들기름에는 n-3 계 고도불포화지방산인 알파리놀렌산(α -linolenic acid, ω_3)이 전체 지방산의 60% 이상을 차지하고 있다(Hwang과 Choe, 2011; Song과 Park, 1994). 특히, 에이코사펜타엔산(EPA), 도코헥사엔산(DHA)은 리놀렌산 유래로 뇌, 신경, 망막 등의 구성성분이라는 것이 밝혀짐에 따라 이들 조직의 기능에 필수

*Corresponding author. E-mail : sgchoi@gnu.ac.kr, Phone : +82-55-772-1906, Fax : +82-55-772-1900

Received 16 July 2021; Revised 23 August 2021; Accepted 30 August 2021.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

적인 것으로 보고되고 있으며, 체내에서 합성되지 않는 필수 지방산으로 암세포의 증식 억제 효과(Hashimoto 등, 1994), 알레르기 체질 개선(Gatchalian 등, 1994), 혈압 저하 및 혈전증 개선, 망막 및 두뇌 발달과 관련이 있다(Nagatsu 등, 1995). 그러나, 주요 지방산인 알파리놀렌산은 화학구조상 탄소 체인이 2-3개의 이중결합을 가진 고도불포화지방산으로 가공·저장·유통 중에 온도, 빛, 산소, 금속, 수분, 효소 등 다양한 환경 요인들에 의해 쉽게 산패가 일어나는 문제점을 가지고 있다(Belitz, 1999; Channon과 Trout, 2002).

식품의 품질을 저하시키는 주요 요인 중 하나인 산화반응은 주로 지질성분의 산화에서 비롯된다. 지질이 산화되면 자유라디칼(free radical) 연쇄반응에 의해 과산화물과 유리 지방산이 생성되어 산패(rancidity)가 유발된다. 그러나 이 과정에서 산화방지제(antioxidant)를 첨가하게 되면 산화과정 동안 생성된 자유라디칼을 안정화시켜 과산화물 생성 억제를 통해 산패를 방지하는 자유라디칼 억제제 역할을 한다(Choe와 Min, 2005; Choe와 Min, 2007; Min, 1997; Warner, 1997), 일반적으로 유지의 보존성을 연장시키기 위한 수단으로 BHA(butylated hydroxyanisole), BHT(butylated hydroxytoluene), TBHQ(tert-butylhydroquinone) 등 합성항산화제가 사용되어지고 있으나, 최근 합성항산화제의 독성으로 인한 발암물질 유발 등 인체 내 부정적인 영향을 미친다는 연구 결과가 보고되면서 이를 대체하기 위한 천연 항산화제의 발굴 및 연구가 요구되고 있다(Branranen, 1975; Koleva와 van Beek, 2002; Ku와 Kang, 2010; Lorenzo 등, 2018; Yagi, 1987). 천연항산화제가 생체 내에서도 여러 가지 생리적 장애를 억제하는 데 관여한다고 보고되고 있으며(Becker 등, 2004; Cheo와 Min, 2006; Giese, 1996; Kim 등, 2014; Ku와 Kang, 2010), 천연항산화제에 대한 연구로는 대표적으로 caraway(Yu 등, 2005), cumin(Lee 등, 2019), rosemary(Nieto 등, 2018), thyme(Martins 등, 2015), clove(Gulcin 등, 2012) 등이 보고되었으며, 천연항산화제 소재로는 주로 겨자(Rababah 등, 2004), 생강(Chandran 등, 2017), 오리가노(Rojas와 Brewer, 2007) 등 향신료 소재, 인삼(Lee 등, 2006), 왕겨(Ramarathanan 등, 1988), 갓(Kim, 2012), 더덕(Jeon 등, 2013), 칩부리(Sultanna 등, 2009)와 같은 각종 식용식물, 해초류(Hermund 등, 2019), 뽕나무(Chang 등, 1992)와 같은 한약소재, 동물 근육조직의 carnosine 함유 추출물(O'Neill 등, 1999) 등이 보고되었다.

고추(*Capsicum annum* L.)는 열대성 식물로 가지과(Solanaceae)에 속하는 한해살이풀로 알려져 있으며(Byyun 등, 2016), 고추추출물의 주요 생리활성은 항당뇨, 항암, 항산화 및 항염증 등의 효과가 있는 것으로 보고되었다(Chen 등, 2012; Kim 등, 2010; Surh 등, 2000; Yoon 등, 2012). 홍고추의 붉은 색소는 carotenoid계 물질로 주로 capsanthin과 capsorubin

라고 알려져 있으며(Weissenberg 등, 1997; Uquiche 등, 2004), ascorbic acid, carotenoid, quercetin, kaempferol, luteolin, capsaicinoid와 같은 phenolic 화합물을 다량 함유하고 있어 높은 항산화 활성을 가진다고 보고되었다(Howard 등, 2000; Lee 등, 1995; Mican과 Mohamed, 2001; Song 등, 2010). 솔잎(pine needle)은 소나무(*Pinus densiflora* S.)의 잎으로 주요 생리활성은 동맥경화증, 고혈압, 당뇨병, 신경통 등의 노화 관련 질환예방과 성인병 예방에 도움을 주고, 치료에도 효과가 있다고 보고되었다(Choi, 2009). 주된 물질은 chlorophyll, carotene, terpenoid, quercetin, kaempferol 등의 플라보노이드류, tannin, 알칼로이드 화합물, α -onienene, β -pinene, xamphene 등 정유성분과 다량의 페놀 화합물이 알려져 있다(Lim 등, 2002). 고추와 솔잎은 우수한 천연항산화제 소재임에도 불구하고(Park 등, 2019), 현재까지 고추와 솔잎에 대한 연구는 주로 건조를 통한 품질특성 분석(Kim 등, 2018; Nam과 Lee, 2020), 향미생물 활성(Hung 등, 2018; Kuk 등, 1997), 용매를 달리하여 추출한 추출물의 항산화활성 비교(Kang 등, 1996; Kim 등, 2021), 동물실험을 통한 건강기능적 효과 연구(Song 등, 2011; Yoon 등, 2010) 등 제한적인 실정이다.

이에 본 연구에서는 영양학적, 기능학적으로 우수한 들깨를 저온 압착공정을 이용하여 들기름을 제조하고, 홍고추 또는 솔잎으로부터 초임계이산화탄소 추출공정을 통해 천연항산화제 추출물을 제조하여 들기름에 첨가한 후 가속실험을 통해 이화학적 특성 및 저장기간에 따른 산화안정성을 분석하여 천연 지용성 항산화 물질에 관한 기초 연구 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 들깨는 다유 품종으로 충북농업기술원(Cheongju, Korea)에서 수확한 것을 제공받아 세척 후 들깨의 수분함량이 2%에 도달할 때까지 25℃에서 냉풍건조를 실시하였다(Kim 등, 2018). 들깨의 착유는 들깨를 40℃ 이하의 온도에서 착유하여 갈색병에 회수하고, 질소(N₂) 치환한 후 4℃에 보관하여 시료로 사용하였다. 고추(*Capsicum annum* L.)는 진주시에서 재배된 녹광 품종의 홍고추를 NH마켓(Nonghyup Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 구입하여 수세한 후 씨를 제거하고, 과육부분은 동결건조가 용이하도록 4-5등분하여 동결건조하였다. 솔잎은 문경시에서 적송(Korean red pine tree)으로부터 채취하여 ㈜이젠하우스(Ezenhouse Co., Ltd., Moongyeong, Korea)에서 건조분말가공 및 제조한 것을 구입하여 사용하였다. 모든 시료는 초임계이산화탄소 추출 전 표준체 No.30(체눈크기: 0.6 mm)을 통과하고 No.50(체눈크기: 0.3 mm)에 걸리는 것을 취하여 -80℃의 암소에

저장하면서 추출용 시료로 사용하였다.

초임계이산화탄소 추출물 제조

천연 지용성 향산화물질을 추출하기 위하여 초임계이산화탄소(SC-CO₂) 추출장치(SCE-05, ILSHIN AUTOCLAVE Co., Ltd, Daejeon, Korea)를 사용하였다. 이산화탄소는 순도 99.99%를 사용하였다. 추출장치는 추출조, 분리조, 가압펌프, 이산화탄소 저장탱크로 구성되어 있다. 먼저, 추출조의 뚜껑을 열고 동결건조 시료 500 g을 주입하였다. 이산화탄소는 실린더(CO₂ gas container)로부터 check valve를 거쳐 고압 피스톤펌프(HP pump)에 의해 가압되었다. 이때 이산화탄소 주입부의 공동화 현상을 방지하기 위하여 냉각조(cooler)를 설치하여 이산화탄소의 기화를 방지하였다. 가압된 이산화탄소는 역압 조절기(BPR)에 의하여 압력이 조절되었고, 압력계(pressure gauge)에 의해 압력이 측정되었으며, 추출조로 이송되었다. 추출조의 내용적은 2 L이고, 온도는 비례형 온도조절기에 의하여 조절되었으며, 열전쌍온도계(TC)에 의하여 측정되었다. 각 시료의 추출조건에 따라 추출조를 통해 추출물을 용해한 초임계 이산화탄소는 micro-metering valve를 통해 분리조(separator 1, 2)에서 기체 이산화탄소와 추출물로 분리되었다. 각 시료의 추출조건은 다음과 같다. 고추동결건조 분말은 온도 60℃, 35 MPa에서 2시간 추출하였고(Kwon 등, 2011), 솔잎동결건조분말은 40℃, 40 MPa에서 2시간 추출하여 회수하였다(Woo 등, 1999). 각 추출물은 -80℃에서 냉동 보관하면서 실험에 사용하였다.

시료유 준비 및 가열산화

각각의 초임계이산화탄소 식물소재 추출물을 0.1% 첨가한 들기름을 50 mL 시료병에 일정량 넣고, 건식 오븐(JS RESEARCH, JSOF-150, Gongju, Korea)에서 24시간 동안 65℃에서 열산화를 유도하였다. 시료는 0, 3, 6, 12, 24시간 간격으로 채취하고, 15분간 상온의 데시게이터 안에서 방냉 후 분석을 실시하였다(Lee 등, 2020).

점도 측정

가열산화에 따른 점도의 변화를 살펴보기 위하여 시료 30 mL를 튜브에 담고, 25℃에서 Brookfield viscometer(DV II +, Brookfield engineering labs, MA, USA)를 사용하였으며, SC4-34 spindle을 이용하였고, spindle speed는 10 rpm, spindle increment는 10 rpm으로 설정하여 상대점도를 측정하였다.

산가 및 과산화물가 측정

초임계 이산화탄소 추출물이 들기름의 산화안정성에 미치

는 영향을 조사하기 위하여 AOCS법(AOAS, 1990)에 의해 산가 및 과산화물가를 측정하였다. 산가는 시료 5 g에 ethanol: ether를 1:1(v/v) 혼합한 용액 30 mL를 넣어 용해시킨 후, 지시약으로 1% phenolphthalein(100 μL)를 가하여 0.1 N potassium hydroxide(KOH)/ethanol 용액으로 적정하였다. 지시약의 선홍색이 20-30초간 지속할 때를 종말점으로 적정하여 소비된 0.1 N KOH 양으로부터 산가를 계산하였다.

과산화물가는 시료 1 g에 acetic acid:chloroform을 3:2(v/v) 용액 25 mL를 넣어 용해시킨 후, potassium iodide(KI) 용액 1mL를 넣어 1분간 진탕시킨 다음, 1% 전분 용액을 지시약으로 1 mL를 가한 후 0.01 N sodium thiosulfate(Na₂S₂O₃) 용액을 이용하여 반응액이 무색이 될 때를 종말점으로 과산화물가를 측정하였다.

$$\text{Acid value (mg KOH/g)} = (V_1 - V_0) \times 5.611 \times F / S$$

V₁: 본 시험의 0.1 N KOH 용액의 적정소비량(mL)

V₀: 공시험의 0.1 N KOH 용액의 적정소비량(mL)

F: 0.1 N KOH 용액의 역가

S: 시료채취량(g)

$$\text{Peroxide value (meq/kg)} = (V_3 - V_2) \times F \times 0.01 / S$$

V₃: 본 시험의 0.1 N Na₂S₂O₃ 용액의 적정소비량(mL)

V₂: 공시험의 0.1 N Na₂S₂O₃ 용액의 적정소비량(mL)

F: 0.1 N Na₂S₂O₃ 용액의 역가

S: 시료채취량(g)

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)법에 의한 유지산화안정성 측정

Lee 등(2007)의 방법 시료 50 mg을 0.10 mM DPPH(95% isooctane) 5 mL에 첨가하여 암실에서 30분간 정치시킨 후, UV/VIS-spectrophotometer(UV-1800, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 시료 첨가구와 시료 무첨가구의 흡광도를 이용하여 백분율로 나타내었다.

p-Anisidine value(p-AV) 측정

p-AV는 AOCS법에 의해 측정하였다(AOCS, 1990). 시료 100 mg을 25 mL의 isooctane에 정용하고 UV/VIS-spectrophotometer로 350 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 용액 2.5 mL에 0.25%(w/v) p-anisidine용액 0.5 mL를 혼합하고 15분간 반응시킨 후, 동일 파장에서 흡광도를 측정하고 다음 식에 의해 p-AV를 계산하였다.

$$\text{p-anisidine value} = 25 \times (1.2A_s - Ab) / W$$

As: 아니시딘 시약과 반응한 후의 시료 용액의 흡광도

Ab: 아니시딘 시약과 반응하기 전의 시료 용액의 흡광도

W: 시료 무게(g)

지방산 분석

유지시료의 지방산 분석을 위해 Lee 등(2020)의 방법을 사용하였다. 시료 50 mg에 0.5 M KOH/MeOH 9 mL를 혼합하여 90°C 항온수조에서 15분간 추출한 지방산을 methylation 시키기 위하여 methanol에 녹인 boron trifluoride(BF₃)를 1 mL 첨가하여 같은 온도에서 2분간 반응시켰다. 냉각 후, 반응액에 포화 NaCl 용액 2.5 mL와 내부표준물질인 5 α -cholestane(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, US)을 함유하고 있는 hexane 2 mL를 첨가하였다. 원심분리 후, 분리한 500 μ L bis(trimethylsilyl) trifluoroacetamide(BSTFA)를 첨가한 후 70°C에서 20 min 반응시켜 지방산을 유도체시켰다. 유도체된 시료는 DB-5 capillary column(30 m \times 0.25 mm, 0.52 μ m, Agilent J&W, Santa Clara, CA, USA)이 장착된 GC(GC-2010 plus, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다. 이동상으로 헬륨가스를 사용하였으며, 유속은 분당 1 mL, Injection 온도는 200°C로 설정하였다. Oven 온도는 70°C에서 2분간 유지한 후 320°C까지 분당 10°C 간격으로 올린 후 320°C에서 5분간 유지하였다. GC 칼럼을 통해 분리되어 나온 지방산들은 전자 이온화 모드(70 eV)의 질량분석기(GC/MS-TQ 8030, Shimadzu, Tokyo, Japan)로 검출되었다. 질량분석기의 ion source 및 interface 온도는 각각 230°C와 280°C로 설정하였으며, MS 스펙트럼은 m/z 45에서 800까지의 전체 스캔 모드에서 0.3 s의 scan event 시간과 3333 u/s의 스캔 속도로 모니터링되었다.

통계처리

통계처리는 Windows용 SAS 9.4 version(SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 분산분석(analysis of variance)을 실시한 후, Duncan의 다중 범위 검정법(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검증하였다. 또한, 실험결과 값들 사이의 상관관계 분석을 위하여 Pearson 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

점도

홍고추 또는 솔잎의 초임계 이산화탄소 추출물 첨가에 따른 들기름의 점도를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 0.1% 홍고추 초임계이산화탄소 추출물 첨가구는 가열 24시간까지 53.98-54.00 cps로 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다.

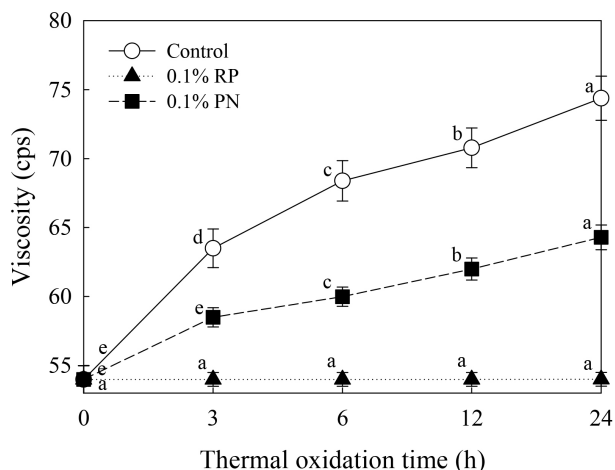


Fig. 1. Viscosity of perilla oil added with supercritical carbon dioxide extracts of red pepper (RP) and pine needle (PN) stored at 65°C for 24 h.

Values represent the mean \pm SD (n=3). Means with different letters above a graph are significantly different at $p < 0.05$. a-e, for the samples at different storage time.

반면에, 0.1% 솔잎 초임계 이산화탄소 추출물 첨가구는 53.98-64.29 cps로 가열산화시간이 증가함에 따라 유의적으로 점도가 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 대조구의 경우, 53.98-74.38 cps로 가열산화 시간이 증가함에 따라 점도 값이 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 따라서, 초임계이산화탄소 추출물 첨가구에서 가열산화가 진행됨에 따라 점도가 억제되는 것을 확인할 수 있었다. Sharoba 등(2012)은 가열산화에 따른 식용유의 물리화학적 특성변화와 상관관계 조사에서 가열시간이 경과함에 따라 유지의 점도가 증가하였으며, 가열 온도가 높을수록 점도 역시 높아진다고 보고하였다. Chammen 등(2015)은 가열유지의 저장조건에 따른 항산화제의 항산화 효과 조사에서 α -tocopherol 처리구가 저장 1-3주차까지 점도 상승이 억제되었다고 보고하였다. 점도는 고분자중합물의 함량과 관련이 있으며, 일반적으로 식용유의 점도는 산화가 진행될수록 증가하고, 점도의 증가는 이중결합의 공액화, cis-형의 trans-형으로의 이성화, 고온에서의 급격한 가열중합반응에 의한 중합체의 형성 등에 기인한다고 보고하였다(Perkins, 1967).

산가 및 과산화물가

홍고추 또는 솔잎 초임계이산화탄소 추출물 첨가가 들기름의 산가에 미치는 영향을 Fig. 2(A)에 나타내었다. 대조구의 경우, 0.44-3.00 mg KOH/g으로 가열산화가 진행됨에 따라 산값이 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 0.1% 홍고추 추출물 첨가구의 경우 0.44-0.44 mg KOH/g으로 차이가 없었으

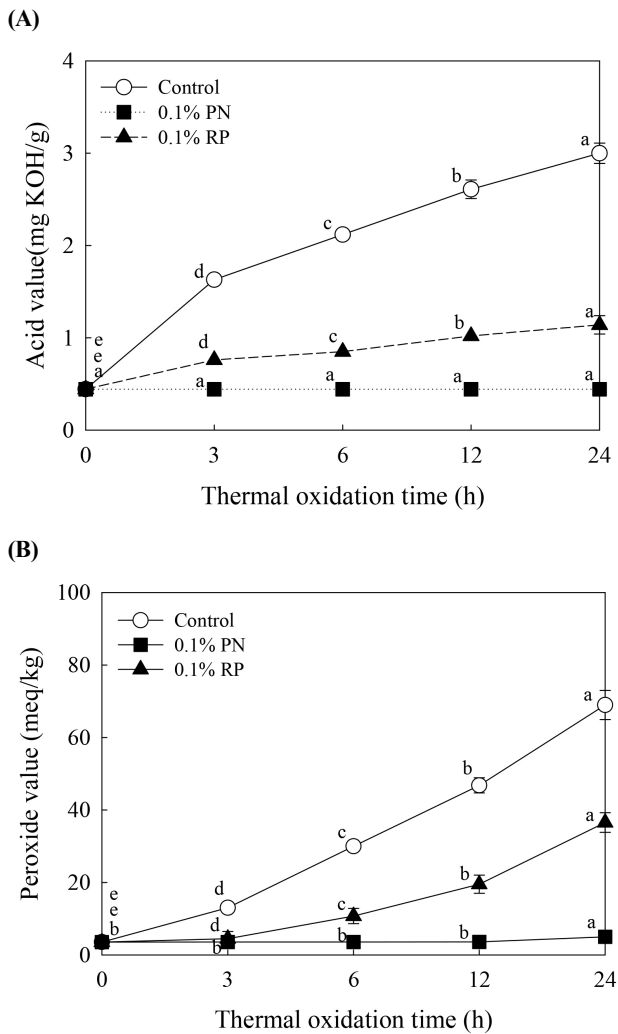


Fig. 2. Acid value and peroxide value of perilla oil added with supercritical carbon dioxide extracts of red pepper (RP) and pine needle (PN) stored at 65°C for 24 h.

A, acid value; B, peroxide value.

Values represent the mean±SD (n=3). Means with different letters above a graph are significantly different at $p < 0.05$. a-e, for the samples at different storage time.

며, 0.1% 솔잎 추출물 첨가구의 경우 0.44-1.14 mg KOH/g으로 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 홍고추 또는 솔잎 초임제이산화탄소 추출물 첨가가 들기름의 산가를 억제시키는 것으로 나타났다. 산가는 glyceride에 ester가 결합한 지방산의 분해 정도를 나타내는 것으로 분해 자체가 산패를 뜻함과 동시에 분해됨으로써 자동산화 등 2차적인 산화가 일어남으로 유지의 산도를 측정하는 기준으로 알려져 있다 (Yoon 등, 1988). 산가 상승에 영향을 주는 요인으로는 유지의 수분함량, 금속류의 존재 유무, 광선의 조사 유무, 산소와의 접촉, 가열온도 등이 있으며(Jacobson, 1967), 이러한 산

가를 측정함으로써 유지의 산패 또는 가열분해 중에 식용유지의 향미에 직접적인 영향, 자동산화의 촉진, 발연점 저하 등의 부수적인 품질저하를 일으키는 유리지방산의 함량 증가를 추적 가능하게 한다(Naz 등, 2004).

홍고추 또는 솔잎 초임제이산화탄소 추출물 첨가가 들기름의 과산화물가에 미치는 영향을 Fig. 2(B)에 나타내었다. 대조구의 경우, 3.53-69 meq/kg으로 가열산화가 진행됨에 따라 과산화물가가 급격하게 증가하였다. 반면에 초임제이산화탄소 추출물 첨가구에서는 과산화물가가 억제되는 것으로 나타났다. 즉, 0.1% 홍고추 추출물 첨가구의 경우 3.53-5.00 meq/kg, 0.1% 솔잎 추출물 첨가구의 경우 3.53-36.54 meq/kg으로 가열산화가 진행됨에 따라 과산화물가가 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 과산화물가는 유지의 초기 자동산화 정도를 나타내는 지표로서 유지에 함유되어 있는 1차 산화 생성물인 지방 하이드로과산화물을 측정하는 것으로 유지의 초기 산패도 및 유도기간을 측정하는 데 사용된다(Jang 등, 2020). Cho 등(2009)은 항산화활성이 낮은 들기름의 경우 과산화물가가 급격하게 증가했다고 보고하였으며, O'Braien(2004)은 항산화제성분은 유지와의 상호작용에 의해 산화안정성을 증가시키는 것으로 보고하였다.

항산화 활성(DPPH 라디칼 소거능)

홍고추 또는 솔잎 초임제이산화탄소 추출물 첨가가 들기름의 항산화활성에 미치는 영향을 Fig. 3에 나타내었다. 안정한 라디칼인 DPPH는 산화방지물질로부터 전자 혹은 수소를 제공 받으면 비라디칼로 전환되면서 흡광도가 변화하며, 이 원리로 DPPH법은 천연물의 수용성 혹은 유기용매 추출물의 항산화 활성측정법으로 널리 사용되고 있다. 하지만, DPPH 라디칼은 전자 혹은 수소뿐 아니라, 유지에서 유래된 산화라디칼에 의해서도 비라디칼 형태로 전환될 수 있어, 이 방법으로 유지로부터 생성되는 유지 산화 라디칼을 DPPH 흡광도 변화를 활용하여 직접적으로 측정하여 유지의 산화안정성을 예측하는 데 이용되어진다(Lee 등, 2007). 초기 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과, 대조구의 경우 63.30% 수준으로 가장 낮은 소거능을 가지는 것으로 나타났다. 반면에 0.1% 홍고추 및 0.1% 솔잎 초임제이산화탄소 추출물 첨가구는 각각 79.32%, 76.11% 수준의 높은 소거능을 가지는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 가열산화시간에 따른 항산화 활성을 분석한 결과, 대조구의 경우 63.30-45.00% 수준으로 감소하였고, 홍고추 추출물 첨가구는 79.32-74.44% 수준이었으며, 솔잎 추출물 첨가구의 DPPH 라디칼 소거능은 76.11-53.00% 수준으로 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 산패가 진행되지 않은 정제된 식용유 및 lard는 DPPH의 흡광도를 크게 감소시킬 수 없으나, 전자 혹은 수소 제공물질 같은 산화

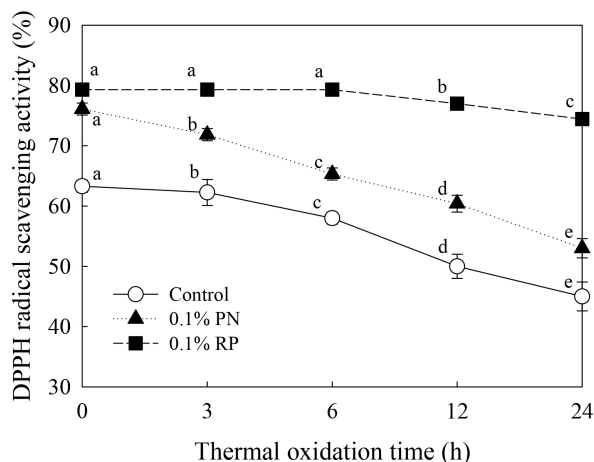


Fig. 3. Antioxidant activity (DPPH) of perilla oil added with supercritical carbon dioxide extracts of red pepper (RP) and pine needle (PN) stored at 65°C for 24 h.

Values represent the mean±SD (n=3). Means with different letters above a graph are significantly different at $p < 0.05$. a-e, for the samples at different storage time.

방지물질이 존재 시 흡광도를 감소시키고, 초기시료에 존재하는 전자 혹은 수소공여능을 갖는 산화방지물질의 농도, 산화방지물질의 소진시점 및 소진속도는 열 산화된 유지로부터 발생하는 유지라디칼 생성과 직접적인 관련이 있는 것으로 열 산화가 진행되면, 산화된 유지로부터 라디칼이 발생하게 되고 산화방지물질은 산화유지의 라디칼 생성을 억제하기 위해 소모된다(Lee 등, 2007). Maqsood 등(2017)은 다양한 천연연소재로부터 추출한 천연항산화제는 aromatic ring, phenolic ring에 의해 산화방지효과와 더불어 유통기한을 연장하는 데 기여하고, 식용유지의 열 산화 처리된 시료에서 DPPH 라디칼 소거능이 감소하는 주요 원인으로 열 산화에 의해 감소된 산화방지물질에 기인한 것으로 열 산화가 진행되면 산화된 유지로부터 라디칼이 발생하게 되며, 산화방지물질이 산화유지의 라디칼 생성을 억제하기 위해 소모되기 때문이라고 보고하였다.

p-Anisidine가

홍고추 또는 솔잎 초임계이산화탄소 추출물 첨가가 들기름의 p-anisidine가에 미치는 영향을 Fig. 4에 나타내었다. 24 시간 가열산화에 의해 대조구의 경우 53.00 AnV로 급격히 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 반면에 0.1% 홍고추 또는 솔잎 추출물의 첨가구의 경우 각각 1.30 AnV, 3.70 AnV로 나타났다($p < 0.05$). 초임계이산화탄소 추출물 첨가에 의해 들기름의 p-Anisidine가가 억제되는 것을 확인할 수 있었다. p-Anisidine가는 2차 산화생성물인 alkenal류를 측정하는 것으로(Min, 1998), 상업적으로 이용되어지는 식용유지의 경우

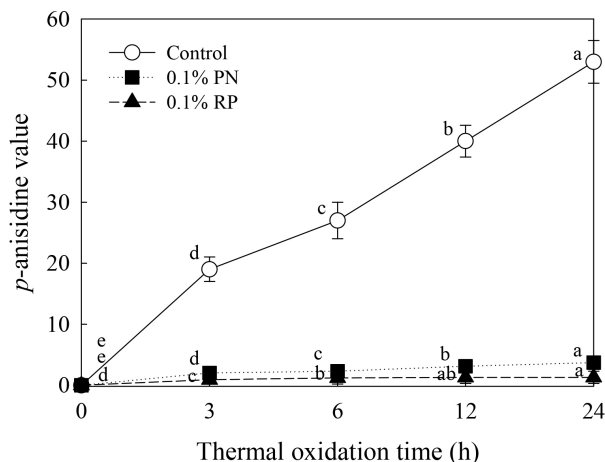


Fig. 4. p-Anisidine value of perilla oil added with supercritical carbon dioxide extracts of red pepper (RP) and pine needle (PN) stored at 65°C for 24 h.

Values represent the mean±SD (n=3). Means with different letters above a graph are significantly different at $p < 0.05$. a-e, for the samples at different storage time.

10 AnV 이하로 규정되어 있다(Multari 등, 2019). Gao 등(2016)은 높은 파라아니시딘가는 산패도와 연관성을 가지며, 유지의 불포화도, 추출과정에서의 산소와의 접촉, 저장·유통 중의 미흡함으로 인하여 발생될 수 있다고 보고하였다.

지방산 조성

홍고추 또는 솔잎 초임계이산화탄소 추출물 첨가가 들기름의 지방산조성에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었다. 지방산 조성 분석결과, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid가 동정되었고, Gu 등(2019)이 보고한 들기름의 주요 지방산 분포와 유사한 결과를 나타내었다. 들기름의 가장 중요한 지방산인 linolenic acid가 약 60%, oleic acid 약 16%, linoleic acid 약 13%로 나타나 linolenic acid가 주된 지방산으로 나타났다. 0.1% 홍고추 추출물 첨가구의 경우 palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linolenic acid 지방산의 경우 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났으며, linoleic acid의 경우 약간 감소하는 것으로 나타났으나 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났($p < 0.05$). 0.1% 솔잎 추출물 첨가구의 경우, palmitic acid, oleic acid, linolenic acid는 약간 증가하였고 linoleic acid는 약간 감소하는 것으로 나타났으나, 모든 지방산 조성에서 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났($p < 0.05$).

요 약

홍고추 또는 솔잎 초임계이산화탄소 추출물 첨가가 들기

Table 1. Fatty acid composition of perilla oil added with supercritical carbon dioxide extracts of red pepper (RP) and pine needle (PN) stored at 65°C for 24 h

Fatty acid composition (%)	Samples	Thermal oxidation time (h)	
		0	24
Palmitic acid (C _{16:0})	Control	5.69±0.00 ^{1)NS}	5.69±0.01 ^{NS}
	RP 0.1%	5.67±0.04 ^{NS2)}	5.67±0.03 ^{NS}
	PN 0.1%	5.66±0.04 ^{NS}	5.70±0.01 ^{NS}
Stearic acid (C _{18:0})	Control	2.41±0.10 ^{NS}	2.49±0.01 ^{NS}
	RP 0.1%	2.41±0.11 ^{NS}	2.41±0.00 ^{NS}
	PN 0.1%	2.43±0.07 ^{NS}	2.43±0.07 ^{NS}
Oleic acid (C _{18:1})	Control	16.00±0.00 ^{NS}	16.00±0.00 ^{NS}
	RP 0.1%	16.00±0.00 ^{NS}	16.00±0.00 ^{NS}
	PN 0.1%	16.00±0.00 ^{NS}	16.01±0.01 ^{NS}
Linoleic acid (C _{18:2})	Control	13.20±0.01 ^{NS}	13.16±0.05 ^{NS}
	RP 0.1%	13.20±0.01 ^{NS}	13.11±0.11 ^{NS}
	PN 0.1%	13.20±0.00 ^{NS}	13.17±0.03 ^{NS}
Linolenic acid (C _{18:3})	Control	60.01±0.01 ^{NS}	60.00±0.00 ^{NS}
	RP 0.1%	60.00±0.00 ^{NS}	60.00±0.00 ^{NS}
	PN 0.1%	59.94±0.07 ^{NS}	59.99±0.01 ^{NS}

¹⁾All values are mean±SD (n=10) and means different superscript letters within the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's test.

²⁾NS, Not significant.

름의 산화안정성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 점도, 산가, 과산화물가, 항산화 활성, p-anisidine가, 지방산 조성을 조사하였다. 점도는 0.1% 홍고추 추출물 첨가구를 제외하고, 모두 가열산화에 의해 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다 (p<0.05). 산가 및 과산화물가는 대조구의 경우 산가가 초기에 비해 6.8배, 19.5배 증가하는 것으로 나타났으며, 0.1% 홍고추 또는 솔잎 추출물 첨가구의 경우 산가와 과산화물가가 억제되는 것으로 나타났다(p<0.05). 항산화 활성(DPPH 라디칼 소거능)은 홍고추 또는 솔잎 추출물 첨가에 의해 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였고, 가열산화 과정에서 항산화제로 사용되어지면서 그 활성이 감소되는 것으로 나타났다. p-Anisidine는 대조구의 경우 가열산화가 진행됨에 따라 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 반면에 0.1% 홍고추 또는 솔잎 추출물 첨가구의 경우 효과적으로 억제되는 것으로 나타났다 (p<0.05). 지방산 조성 분석 결과, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid 및 linolenic acid를 포함한 5가지 지방산이 분석되어졌으며, 주된 지방산으로는 oleic acid가 약 16%, linoleic acid가 약 13% 및 linolenic acid가 약 60%로

주된 지방산 조성을 차지하는 것으로 나타났다. 0.1% 홍고추 추출물 첨가구의 경우, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linolenic acid 지방산의 경우 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났으며, linoleic acid의 경우 약간 감소하는 것으로 나타났으나 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다(p<0.05). 0.1% 솔잎 추출물 첨가구의 경우 palmitic acid, oleic acid, linolenic acid는 약간 증가하였고, linoleic acid는 약간 감소하는 것으로 나타났으나, 모든 지방산 조성에서 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다(p<0.05).

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Kyo-Yeon Lee <https://orcid.org/0000-0002-0671-4253>
Sung-Gil Choi <https://orcid.org/0000-0003-2593-972X>

References

- Ahn TH, Kim JS, Park SJ, Kim HW, Park KM, Choi CU. Antioxidant effect of commercial lecithin on the oxidative stability of perilla oil. *Korean J Food Sci Technol*, 23, 251-255 (1991)
- Aladedunye FA, Przybylski R. Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. *J Am Oil Chem Soc*, 86, 149-156 (2009)
- AOCS. Official and Tentative Methods of the AOCS, 4th ed, American Oil Chemists' Society Press, Champaign, IL, USA, Method Ti la-64 (1990)
- AOCS. Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' Society, 10th ed. AOCS Official Method Cd, Chicago, IL, USA, 8-53, 30-63111 (1990)
- Belitz HD, Grosch W. *Food Chemistry*, 2nd ed, Springer, Berlin, German, p 152-158 (1999)
- Branen A. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J Am Oil Chem Soc*, 52, 59-63 (1975)
- Byun EB, Park WY, Ahn DH, Yoo YC, Park C, Jang BS, Park WJ, Jang BS, Byun EH, Sung NY. Comparison study of three varieties of red peppers in terms of total polyphenol, total flavonoid contents, and antioxidant activities. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 45, 765-770 (2016)
- Chammem N, Saodi S, Sifaoui I, Sifi S, Person M, Abderraba M, Moussa F, Hamdi M. Improvement of vegetable oils quality in frying conditions by adding rosemary extract. *Ind Crops Prod*, 74, 592-599 (2015)
- Chandran J, Nayana N, Roshini N, Nisha P. Oxidative stability, thermal stability and acceptability of coconut oil flavored with essential oils from pepper and ginger. *J Food Sci Technol*, 54, 144-152 (2017)
- Chang YS, Choi U, Shin DH, Shin JI. Synergistic effect of *Rhus javanica* Linne ethanol extract containing several synergist. *Korean J Food Sci Technol*, 24, 149-153 (1992)
- Channon HA, Trout GR. Effect of tocopherol concentration on rancidity development during frozen storage of a cured and an uncured processed pork product. *Meat Sci*, 62, 9-17 (2002)
- Chen L, Hwang JE, Gu KM, Kim JH, Choi BR, Song KS, Park YM, Kang YH. Comparative study of antioxidant effects of five Korean varieties red pepper (*Capsicum annuum* L.) extracts from various parts including placenta, stalk, and pericarp. *Food Sci Biotechnol*, 21, 715-721 (2012)
- Cho YS, Kim BK, Park JK, Jeong JW, Jeong SW, Lim JH. Influence of thermal treatment on chemical changes in cold-pressed perilla seed oil. *Korean J Food Preserv*, 16, 884-892 (2009)
- Choe E, Min DB. Chemistry of deep-fat frying oils. *J Food Sci*, 72, 77-86 (2007)
- Choe EO, Min DB. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comp Rev Food Sci Saf*, 5, 169-186 (2006)
- Choe YO, Min DB. Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods. *J Food Sci*, 70, 142-159 (2005)
- Choi HY. Antioxidant activity and quality characteristics of pine needle cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 1414-1421 (2009)
- Gao F, Birch J. Oxidative stability, thermal decomposition, and oxidation onset prediction of carrot, flax, hemp, and canola seed oils in relation to oil composition and positional distribution of fatty acids. *Eur J Lipid Sci Technol*, 118, 1042-1052 (2016)
- Gatchalian YM, Imamura M, Nonaka M, Gu JY, Sugano M. Effect of dietary fats on cholesterol metabolism and eicosanoid production in hamsters fed undigested fraction of soy bean protein. *J Nutr Sci Vitaminol*, 40, 499-504 (1994)
- Giese J. Antioxidants: Tools for preventing lipid oxidation. *Food Technol*, 50, 73-81 (1996)
- Gu S, Choi N, Son Y, Park JY, Choi SG, Lee MH, Kim HJ. Metabolomic analysis of perilla seeds harvested from Korea and China. *Korean J Food Sci Technol*, 51, 411-419 (2019)
- Gulcin I, Elmastas M, Aboul-Enein HY. Antioxidant activity of clove oil-A powerful antioxidant source. *Arab J Chem*, 5, 489-499 (2012)
- Hashimoto A, Katagiri M, Toril S, Dainaka J, Ichigawa A, Okuyama H. Effect of the dietary a-linolenate/linoleate balance on leukotriene production and histamine release in rats. *Prostaglandins*, 36, 3-16 (1988)
- Hermund D, Jacobsen C, Chronakis IS, Pelayo A, Yu S, Busolo M, Lagaron JM, Jonsdottir R, Kristinsson HG, Akoh CC, Garcia-Moreno PJ. Stabilization of fish oil-loaded electrosprayed capsules with seaweed and

- commercial natural antioxidants: Effect on the oxidative stability of capsule-enriched mayonnaise. *Eur J Lipid Sci Technol*, 121, 1800396 (2019)
- Howard L, Talcott S, Brenes C, Villalon B. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *J Agr Food Chem*, 48, 1713-1720 (2000)
- Hung NB, Yun B, Kim WI, Jung G, Lee T, Roh E, Kim HJ, Lee S, Kim SR. Analysis of the microbial contamination levels in dried red pepper during production. *Korean J Food Preserv*, 25, 279-287 (2018)
- Hwang H, Choe E. Effects of seed germination on oil oxidation and tocopherol stability of perilla oil. *Korean J Food Sci Technol*, 43, 255-262 (2011)
- Jacobson GA. Quality control of commercial deep fat frying. *Food Technol*, 21, 147 (1967)
- Jang GW, Yu EJ, Choi SI, Han X, Men X, Kwon HY, Choi YE, Yoon SJ, Lee OH. Comparison of oxidative stability between flax seed oil and hemp seed oil. *J Koeran Soc Food Sci Nutr*, 49, 768-773 (2020)
- Jeon SM, Kim SY, Kim IH, Go JS, Kim HR, Jeong JY, Lee HY, Park DS. Antioxidant activities of processed deoduck (*Codonopsis lanceolata*) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 924-932 (2013)
- Kang YH, Park YK, Ha TY, Moon KD. Effects of pine needle extracts on serum and liver lipid contents in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Nutr*, 25, 367-373 (1996)
- Kim AN, Lee KY, Ha MH, Lee MH, Kim JI, Kwak D, Choi SG. The effect of air-bubble washing with natural sanitizers on microbial contamination and quality characteristics of perilla seeds. *Korean J Food Preserv*, 25, 797-803 (2018)
- Kim D, Yeo S, Shin E, Song H, Kim K, Lee H, Jeong Y, Kim M, Lee Y. Effect of microwave vacuum drying on the quality characteristics of garlic and chili pepper powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 47, 1044-1050 (2018)
- Kim JH, Shin MJ, Chung MJ, Kim SH. Identification of spices promoting the growth of lactic acid bacteria and modulation of tight junction protein at mRNA level by the fermented product of red pepper (*Capsicum annum* L.) in HT-29 cell. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 50, 16-28 (2021)
- Kim JY, Kim EH, Kim SU, Kwon TK, Choi KS. Capsaicin sensitizes malignant glioma cells to TRAIL-mediated apoptosis via DR5 upregulation and survivin down-regulation. *Carcinogenesis*, 31, 367-375 (2010)
- Kim MH. Antioxidant and antibacterial activity of extracts from *Barassica juncea* Czerniak et Coss, *Celosia cristata* L., and *Beta vulgaris* L. *Korean J Food Culture*, 27, 719-729 (2012)
- Koleva II, van Beek TA, Linssen JPH, Groot Ad, Evstatieva LN. Screening of plant extracts for antioxidant activity: A comparative study on three testing methods. *Phytochem Anal*, 13, 8-17 (2002)
- Ku KM, Kang YH. Antioxidant and quinone reductase inductive activities of various organs of pepper. *J Appl Biol Chem*, 53, 31-36 (2010)
- Kuk JH, Ma SJ, Park KH. Isolation and characterization of benzoic acid with antimicrobial activity from needle of *Pinus densiflora*. *Korean J Food Sci Technol*, 29, 204-210 (1997)
- Kwon KT, Salim Uddin MD, Jung GW, Sim JE, Lee SM, Woo HC, Chun BS. Solubility of red pepper (*Capsicum annum*) oil in near- and supercritical carbon dioxide and quantification of capsaicin. *Korean J Chem Eng*, 28, 1433-1438 (2011)
- Lee JM, Chung H, Chang PS, Lee JH. Development of a methods predicting the oxidative stability of edible oils using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). *Food Chem*, 103, 662-669 (2007)
- Lee JS, Chang YS, Oh MJ. Oxidative stability of Korean traditional cake added ginseng. *Korean J Community Living Sci*, 17, 43-53 (2006)
- Lee KY, Gul K, Kim AN, Safiur Rahman M, Lee MH, Kim JI, Kwak D, Shin EC, Kim HJ, Kerr W, Choi SG. Impact of supercritical carbon dioxide turmeric extract on the oxidative stability of perilla oil. *Int J Food Sci* 55, 183-191 (2020)
- Lee KY, Shafiur Rahman M, Kim AN, Gul K, Lee MH, Kim JI, Ha TJ, Kwak D, Shin EC, Kim HJ, Kerr W, Choi SG. Supercritical fluid tomato extract for stabilization of perilla oil subjected to thermal treatment. *J Food Process Preserv*, 44, e14367 (2020)
- Lee Y, Howard LR, Villalon B. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annum*) cultivars. *J Food Sci*, 60, 183-191 (1995)

- Lim YS, Bae MJ, Lee SH. Antimicrobial effects of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. ethanol extract on *Listeria monocytogenes*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 31, 333-337 (2002)
- Lorenzo JM, Munekata PES, Gomez B, Barba FJ, Mora L, Perez-Santaescolastica C, Toldra F. Bioactive peptides as natural antioxidants in food products: A review. Trends Food Sci Technol, 79, 136-147 (2018)
- Maqsood S, Benjakul S, Abushelaibi A, Alam A. Phenolic compounds and plant phenolic extracts as natural antioxidants in prevention of lipid oxidation in seafood: A detailed review. Compr Rev Food Sci F, 13, 1125-1140 (2017)
- Martins N, Barros L, Santos-Buelga C, Silva S, Henriques M, Ferreira IC. Decoction, infusion and hydroalcoholic extract of cultivated thyme: Antioxidant and antibacterial activities, and phenolic characterisation. Food Chem, 167, 131-137 (2015)
- Miean KH, Mohamed S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. J Agric Food Chem, 49, 3106-3112 (2001)
- Min DB. Lipid oxidation of edible oil. In: Food Lipids, Akoh CC, Min DB (Editor), Marcel Dekker Inc., New York, USA, p 283-296 (1997)
- Multari S, Marsol-Vall A, Heponiemi P, Suomela JP, Yang B. Changes in the volatile profile, fatty acid composition and other markers of lipid oxidation of six different vegetable oils during short-term deep-frying. Food Res Int, 122, 318-329 (2019)
- Nagatsu A, Tenmaru K, Matsuura H, Murakami N, Kobayashi T, Okuyama H, Sakakibara J. Novel antioxidants from roasted perilla seed. Chem Pharm bull, 43, 887-891 (1995)
- Nam HJ, Lee YJ. Physicochemical properties of green hot pepper powders based on drying methods and temperatures. Korean J Food Preserv, 27, 38-45 (2020)
- Naz S, Sheikh H, Siddiqi R, Sayeed SA. Oxidative stability of olive, corn and soybean oil under different conditions. Food Chem, 88, 253-259 (2004)
- Nieto G, Ros G, Castillo J. Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): A Review. Medicines, 5, 98 (2018)
- O'Braien RD. Fats and oils, 2nd ed, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p 194-196 (2004)
- O'Neill LM, Galvin K, Morrissey PA, Buckley DJ. Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat. Meat Sci, 52, 89-94 (1999)
- Park JH, Kim SY, Lee Y, Park E. Effects of *Sulgidduk* added with pine needle juice on the body fat and antioxidant metabolism in high-fat induced obese rats. J Korean Soc Food Sci Nutr, 48, 170-178 (2019)
- Park YK, Roh HJ, Jeon JH, Kim HH. Analyzing the type and priority order of forest functions for private forests. J Agric Sci, 44, 51-59 (2010)
- Perkins EG. Formation of non-volatile decomposition products in heated fats and oils. Food Technol, 21, 125-130 (1967)
- Rababah TM, Hettiarachchy NS, Horax R. Total phenolics and antioxidant activities of fenugreek, green tea, black tea, grape seed, ginger, rosemary, gotu kola, and ginkgo extracts vitamin E, and *tert*-butylhydroquinone. J Agric Food Chem, 52, 5183-5186 (2004)
- Ramarathnan N, Osawa T, Namiki M, Kawakiski. Chemical studies on novel rice hull antioxidants. 1. Isolation, fractionation and partial characterization. J Agric Food Chem, 36, 737 (1988)
- Rojas MC, Brewer MS. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork. J Food Sci, 72, S282-S288 (2007)
- Sharoba AM, Ramadan MF. Impact of frying on fatty acid profile and rheological behaviour of some vegetable oils. J Food Process Technol, 3, 1-9 (2012)
- Shin TS, Moon JD, Kim YK, Kim YJ, Park TS, Lee JJ, Park GB. Effects of natural antioxidants on lipid oxidation of ground pork. Korean J Food Sci Technol, 30, 794-802 (1998)
- Song JH, Park HS. Effect of perilla oil on colon tumor incidence and its relation to eicosanoid levels and fatty acid profiles of tissues in chemical carcinogen-treated rats. BMB Rep, 27, 550-557 (1994)
- Song W, Derito CM, Liu MK, He X, Dong M, Liu RH. Cellular antioxidant activity of common vegetables. J Agric Food Chem, 58, 6621-6629 (2010)
- Song WY, Kim YN, Chun SS, Ku KH, Choi JH. Effects of ethanol extracts from red pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds on cholesterol adsorption capacity and UDP-glucuronyl transferase activity. J Life Sci, 21, 829-837

- (2011)
- Sultana B, Anwar F, Ashraf M. Effect of extraction solvent/ technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*, 14, 2167-2180 (2009)
- Surh YJ, Han SS, Keum YS, Seo HJ, Lee SS. Inhibitory effects of curcumin and capsaicin on phorbol ester-induced activation of eukaryotic transcription factors, NF- κ B and AP-1. *Biofactors*, 12, 107-112 (2000)
- Uquiche E, del Valle JM, Ortiz J. Supercritical carbon dioxide extraction of red pepper (*Capsicum annuum* L.) oleoresin. *J Food Eng*, 65, 55-66 (2004)
- Warner K. Chemistry of frying fats. In: *Food Lipids*, Akoh CC, Min DB (Editor), Marcel Dekker Inc., New York, USA, p 167-180 (1997)
- Weissenberg M, Schaeffler IL, Menagem E, Barzilai M, Levy A. Isocratic non-aqueous reversed high-performance liquid chromatographic separation of capsanthin and capsorubin in red peppers (*Capsicum annuum* L.), paprika and oleoresin. *J Chromatogr A*, 757, 89-95 (1997)
- Woo GY, Kim KH, Lee MJ, Lee YB, Yoon JR. A comparison of volatile compounds in pine extracts obtained by supercritical fluid extraction with those by simultaneous steam distillation and solvent extraction. *Korean J Food Sci Technol*, 31, 1268-1274 (1999)
- Yagi K. Lipid peroxides and human diseases. *Chem Phys Lipids*, 45, 337-351 (1987)
- Yoon HJ, Lee S, Hwang IK. Effects of green pepper (*Capsicum annuum* var.) on antioxidant activity and induction of apoptosis in human breast cancer cell lines. *Korean J Food Sci Technol*, 44, 750-758 (2012)
- Yoon JA, Yu KW, Shin SH, Cho HY. Activation of intestinal immune system by an orally administered methanol extract from pine needles. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 356-362 (2010)
- Yoon SH, Lee MJ, Park BY. Antioxidant effects of some antioxidant according to storage conditions of cooked soybean oil. *J Korean Soc Food Nutr*, 17, 158-163 (1988)
- Yu LL, Zhou KK, Parry J. Antioxidant properties of cold-pressed black caraway, carrot, cranberry, and hemp seed oils. *Food Chem*, 91, 723-729 (2005)