솔잎착즙액을 첨가한 설기떡의 가열조리에 따른 항산화 및 항유전독성 효능 검증

이현정¹ · 김소윤¹ · 박재희¹ · 김래영² · 정현숙³ · 박은주^{1†}

경남대학교 식품영양학과¹ · 창신대학교 외식조리학과² · 조선대학교 생명공학과³

Changes in the Antioxidative and Antigenotoxic Effects After the Cooking Process of *Sulgidduk* Containing Pine Needle Juice

Hyun-Jung Lee¹, So-Yun Kim¹, Jae-Hee Park¹, Rae-Young Kim² and Eunju Park^{1†}

¹Department of Food and Nutrition, Kyungnam University, Changwon, Gyeongnam 631-701, Korea,

²Department of Food Service and Culinary, Chang-shin University, Changwon, Gyeongnam 630-764, Korea

³Department of Biotechnology, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

Abstract

Recently, two formulas of *sulgidduk* added to pine needle juice (PNJ) with various physiological activities were developed for metabolic syndrome patients in our lab. According to previous studies, cooking may alter antioxidant properties by initiating destruction, release or transformation of antioxidant compounds contained in food. Therefore, the aim of this study was to compare the antioxidant activities and antigenotoxic effects of *sulgidduk* with/without PNJ and to note changes in these activities after cooking. The ingredients of *sulgidduk* was added on the basis of 100% rice flour as follows: conventional *sulgidduk* (S): 1.5% salt, 30.0% sugar; PNJ added to *sulgidduk* A (PS-A): 1.4% salt, 30.0% sugar, and 1.0% PNJ; PNJ added to *sulgidduk* B (PS-B): 1.5% salt, 21.4% sugar, and 1.4% PNJ. Ethanol and water extracts of *sulgidduk* were analyzed for the total phenolic content (TPC), DPPH radical scavenging activity (DPPH RSA), total radical-trapping antioxidant potential (TRAP), oxygen radical absorbance capacity (ORAC), and antigenotoxic effect by comet assay. The ethanol extracts PS-A and PS-B showed higher TPC and antioxidant activities (DPPH RSA, TRAP, and ORAC) than did the S ethanol extract before cooking. The more PNJ was added, the higher TPC and antioxidant activities were observed in *sulgidduk* (PS-A < PS-B). Cooking caused a decrease in TPC and antioxidant activities in all *sulgidduk* samples. However, PS-B still had significantly higher TPC and antioxidant properties (TRAP, ORAC) than S after cooking. The PS-B water extract was higher in TRAP and ORAC than the S water extract in both uncooked and cooked *sulgidduk* samples ($p < 0.05$). All *sulgidduk* ethanol extracts inhibited DNA damage induced by 200 μ M of H₂O₂. Taken together, this study suggests that *sulgidduk* added to 1.44% of pine needle juice may be a good option antioxidant and antigenotoxic source.

Key words : pine needle juice, *sulgidduk*, antioxidant activity, antigenotoxic activity

1. 서론

세계 3대 식량자원의 하나인 쌀은 전세계 인구의 약 40%가 주식 또는 가공품으로 소비하고 있으며, 우리나라에서는 국민의 주식으로서 중요한 위치를 차지하고 있다. 또한 쌀은 우리나라 농가의 주 소득원으로 식량작물의 85% 이상을 차지하고 있으며, 재배면적은 2006년도에는 1,084,024 ha이었으나 점차 감소하여 2011년에는 959,914 ha로 조사된 반면 생산량은 일정하게 유지하고 있다(통계청 2011a). 그러나 식생활의

[†]Corresponding author : Eunju Park, Department of Food and Nutrition, Kyungnam University
Tel : +82-55-249-2218
Fax : +82-0505-99-2139
E-mail : pej@kyungnam.ac.kr

변화로 우리나라의 쌀 소비량은 지속적으로 감소하고 있는데, 2011년 연간 양곡 소비량은 1990년보다 40.5% 감소하였으며, 1인당 일일 소비량 역시 10년간 23.6%가 감소하고 있는 실정이다(통계청 2011b). 이러한 쌀 소비의 감소 추세는 국내 쌀 재고량의 증가와 더불어 쌀 관련 산업의 약화로 이어지고 있어(김상숙과 정혜영 2007) 재고미의 소비가 사회문제로 대두되고 있다. 따라서 쌀의 소비를 효과적으로 증가시키기 위하여 쌀을 이용한 떡류, 과자류 및 즉석밥류 등 쌀 가공식품이 널리 활용됨이 바람직하다.

전통음식 중 하나인 떡은 단순히 곡물을 증숙하던 것에서 다른 식물 등을 섞음으로서 다양하게 변화하였고, 보통 멥쌀이나 찹쌀 또는 잡곡 등의 곡물을 이용하여 물에 불려 찌거나 삶거나 지져서 익히는 등의 다양한 조리법(찜떡, 찐떡, 삶은떡, 지진떡)으로 발달되어 왔다(김상숙과 정혜영 2007).

멥쌀가루에 물을 내려 증기로 찌는 설기떡은 비교적 재료와 만드는 방법이 단순하며, 쌀가루만을 주재료로 한 백설기와 찹가루에 섞는 재료에 따라 콩설기, 쪽설기, 감설기, 밤설기, 호박설기, 잡과병, 당귀병 등으로 다양하며, 각 절기마다 제철에 나는 산물들을 떡가루에 섞어서 계절의 미각을 맛보도록 제조할 수 있다. 따라서 생리적 기능성과 기호성을 증가시키기 위한 목적으로 클로렐라(박민경 등 2002), 파래분말(이지현과 윤숙자 2008), 표고버섯가루(조정순 2002), 적갈색 유색미(김기숙 등 2005), 꽃감 추출물(김혜옥 등 2005), 다시마(조명숙 2006), 당절임 유자(이진숙 2005), 뽕은 감 농축액(홍진숙 2005) 등의 다양한 재료를 첨가한 설기떡에 관한 연구가 보고되었으나, 대부분 설기떡 제조의 품질특성에 관한 연구를 다루고 있는 실정이다.

침엽수의 대표적인 소나무는 소나무과(*Pinaceae*)에 속하는 상록 교목으로 전국의 산지에 자생하며, 예로부터 잎, 솔방울, 꽃가루, 송진, 껍질 등 모든 부위가 구황식물로 이용되어 왔다. 솔잎은 방부, 살균, 및 향기를 돋우는 효과뿐만 아니라 한방 또는 민간요법으로 솔잎차, 솔잎술, 솔잎즙이나 솔잎주스 그리고 솔잎송편을 만들어 동맥경화증, 고혈압, 당뇨병, 신경통 등의 노화 관련 질환예방과 성인병 치료에 사용되는 등 약리적 효능을 가진 건강식품으로 이용되어 왔다(최해연 2009). 솔잎의 성분으로는 식이섬유소, chlorophyll, carotene, terpenoids, quercetin과 kaempferol 등의 flavonoid류, tannin, alkaloids 화합물, α -onien, β -pinene 및 camphene 등의 정유성분과 다량의 phenolic compounds가 보고되었다(임용숙 등 2002). 솔잎의 생리활성에 관한 연구로는 솔잎 추출물의 항산화활성(김수민 등 2002), 면역활성증진(최희돈 등 2007), 항비만(전정례 등 2005), 지질대사관련 효과(강운한 1996), 솔잎으로부터 프리라디칼 소거작용이 뛰어난 항산화 성분인 4-hydroxy-5-methyl-3(2H)-furanone을 분리한 연구 등이 수행되었다(부용출 1994). 또한 솔잎을 식품에 응용한 연구로는 솔잎 분말 첨가에 따른 밀가루 반죽의 물리적 특성(신길만과 임종철 2008), 솔잎가루 첨가 냉동쿠키 제조 배합비의 최적화(진소연 등 2006), 솔잎 쿠키의 항산화활성 및 품질특성(최해연 2009), 솔잎가루 첨가량을 달리 한 찜 케이크의 관능적 및 기계적 특성(곽성호 등 2002), 솔잎분말과 추출물 첨가 국수의

품질 특성과 저장성에 관한 연구(전정례 등 2005), 솔잎가루를 첨가한 솔설기의 재료 배합비에 따른 관능적, 텍스처 특성(이효지 등 2002) 등이 있다.

본 연구에서는 솔잎추출액을 이용한 설기떡을 제조하여 가열조리가 생리적 활성 변화에 미치는 영향을 분석하기 위하여 설기떡의 조리 전후의 항산화활성과 항유전독성을 비교분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

항산화 활성 분석에 사용된 Folin-Ciocalteu's phenol, 2,2'-azobis(2-amidino- propane) dihydrochloride(AAPH)는 Wako Pure Chemical Industries, Ltd.(Osaka, Japan)에서 구입하였고, gallic acid, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), Met-myoglobin, 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS), 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl chroman-2-carboxylic acid(Trolox), Fluorescein, Histopaque 1077, Trizma hydrochloride(Tris-HCl), Sodium chloride (NaCl), ethanol, sodium lauryl sarcosine, Triton X-100, sodium hyroxide(NaOH), ethidium bromide, disodium dihydrogen ethylenediaminetetraacetate (Na₂EDTA), sodium carbonate(Na₂CO₃)은 Sigma Chemical Co.(St Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Dimethyl sulfoxide(DMSO), hydrogen peroxide는 Biobasic Inc.(Markham, Ontario, Canada)에서 구입하였다.

2. 솔잎설기떡의 제조

1) 솔잎추출액 제조

솔잎추출액은 2012년 2월에 조선대학교에서 제공받아 사용하였다(박가영 등 2006). 솔잎은 아황산가스의 오염을 최소화하기 위해 해발 350 m 이상에서 자란 청정지역의 건강한 소나무를 선택하여 영양상태가 좋은 가지 부분을 채취한 후 싱싱하고 푸른 잎만을 선별하였다. 솔잎의 불순물이 녹아 나오도록 흐르는 물에 담근 후, 맑은 물이 나올 때까지 3~4회 세척하고 다시 솥을 우려낸 물로 1회 세척하고, 솔잎 표면의 수분을 완전히 탈수한 뒤 분쇄하였다. 분쇄한 솔잎을 4℃에서 3시간 동안 정치시킨 후 상층액을 솔잎추출액으로 사용하였으며, 추출수율은 20%이었다.

2) 설기떡 제조

찹가루는 2011년에 수확한 멥쌀을 5회 수세한 후 4시간 수침하여 물기를 제거한 후 소금을 첨가하고 분쇄하였다. 설기떡(S), 솔잎설기떡-A(PS-A) 및 솔잎설기떡-B(PS-B)는 Table 1의 재료 배합비에 따라 각각 혼합하여 틀에 넣어 성형하고 찜기(버섯돌이, Yedason Inc., Gwangju, Korea)를 이용하여 전자레

인지(MW-209EC, LG Electronics, Changwon, Korea)에서 700 W로 5분 20초간 가열하여 제조하였다. Table 1의 재료 배합비에 따라 솔잎설기떡-A(PS-A)와 솔잎설기떡-B(PS-B)에는 솔잎 착즙액을 각각 1.01%, 1.44% 첨가하였으며, 이는 본 연구실에서 수행한 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡의 최적배합비 개발의 결과에 근거하였다(Park 등 2013).

Table 1. Formular for *sulgidduk* added to different pine needle juice

	Contents of <i>sulgidduk</i> (g)		
	S ¹⁾	PS-A	PS-B
Rice flour	100	100	100
Salt	1.5	1.42	1.5
Sugar	21.38	30.04	21.38
Pine needle juice	-	1.01	1.44

¹⁾S, *sulgidduk* without pine needle juice; PS-A, PS-B, denote *sulgidduk* base with 1.01% and 1.44% of pine needle juice level among ingredient of rice flour, respectively.

3) 시료의 추출

시료의 에탄올 추출을 위하여 설기떡 조리 전 base와 조리 후 설기떡 각 5 g을 100 mL의 에탄올에 혼합한 후 일반적인 추출온도인 상온에서 88 시간 동안 추출하였다. 각각의 에탄올 추출물은 여과지(Whatman No. 2)로 감압여과한 후, 이것을 회전진공농축기로 37℃에서 농축하였다. 각 농축물은 50 mg/mL의 농도로 DMSO에 녹여 -20℃ 냉동고(R-S68b2, LG Electronics, Changwon, Korea)에 보관하면서 적당한 농도로 희석해서 실험에 사용하였다. 시료의 물 추출을 위하여 설기떡 9 g을 150 mL의 증류수에 혼합한 후 90℃ waterbath (KMC-1205W, Vision Scientific Co., Bucheon, Korea)에서 3시간 동안 추출하였다. 물 추출물은 고형시료인 경우 추출이 어렵고 추출효율이 낮은 것을 고려하여 90℃에서 단시간 추출하여 추출수율을 높이고자 하였다. 각각의 물 추출물은 여과지(Whatman No. 2)로 감압여과한 후, 동결건조기로 건조하였다. 각 동결건조물은 50 mg/mL의 농도로 DMSO에 녹여 사용 시까지 -20℃에 보관하였다.

3. 솔잎설기떡의 항산화활성 측정

1) 총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량은 분석방법으로 널리 사용되고 있는 Folin-Denis 방법(Folin O와 Denis W 1912)으로 측정하였다. 즉, 시료 1 mL를 취하여 증류수 1 mL를 가하여 희석하고 1 N Folin-Giocalteu's phenol reagent 2 mL를 가하여 실온에서 3분간 방치한 후, 10% Na₂CO₃용액 2 mL를 가하여 이 혼합액을 1시간 동안 상온에서 방치하였다. 1시간 후 혼합액을 원심분리기(Micro-17R, Hanil Science Industrial Inc., Incheon, Korea) 13,400 g에서 5분간 원심분리하고 상층액 200 μ L를 취하여 ELISA reader(Sunrise, Tecan Co. Ltd., Grödig, Austria)를 사용하여 690 nm에서 흡

광도를 측정하였다. 일반적으로 식물성분의 항산화 활성은 페놀성 화합물이 원인물질로 관련되어 있는 것으로 알려져 있어 gallic acid를 표준물질로 사용하여 검량선을 작성하였으며, 총 페놀 함량은 mg gallic acid equivalents(GAE)/100 g 단위로 나타내었다.

2) DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 Mensor 등(2001)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 0.2 mM DPPH 에탄올 용액 80 μ L를 2 mg/mL 시료 20 μ L에 가한 후 10초 동안 혼합하고 상온에서 10분간 반응시켜 ELISA reader(Sunrise, Tecan Co. Ltd., Grödig, Austria)를 이용하여 492 nm에서 흡광도를 측정하였다. 무처리구에는 DMSO 20 μ L를 처리하여 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 DPPH radical 소거능은 아래의 식에 의해 계산하였으며, 시료를 첨가하지 않은 무처리구와 흡광도차를 비교하여 free radical의 제거활성을 백분율로 나타내었다.

Radical scavenging activity (RSA, %) = (1 - A/B) × 100

A: 시료첨가구의 흡광도

B: 무처리구의 흡광도

3) 총 항산화능(Total radical trapping antioxidant potential; TRAP)

총 항산화능은 Rice-Evans와 Miller의 inhibition assay 방법에 따라 분석하였다(Rice-Evans C와 Miller NJ 1994). 이 방법은 ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate), 150 μ M]와 metmyoglobin(2.5 μ M)을 H₂O₂(75 μ M)로 활성화시킴으로써 생성된 ferryl myoglobin radical species의 상호작용에 의해 형성된 ABTS radical cation의 흡광도를 측정하는데 기초를 두고 있으며 그 흡광도의 억제 정도는 시료의 항산화능에 비례한다. 시료를 6분 동안 30℃에서 배양한 후 UV/VIS spectrophotometer(UV 1601, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 740 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 TRAP 농도는 Trolox(6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)의 검정곡선(calibration curve)을 이용하여 계산하였으며 TEAC(Trolox equivalent antioxidant capacity, mM)로 표현하였다.

4) ORAC(oxygen radical scavenging activity) assay

Peroxyl radical 소거능은 총 항산화능을 양적으로 측정하여 항산화 활성을 평가하는 Kurihara 등(2004)의 peroxyl radical scavenging capacity(ORAC_{ROO•}) 분석법을 이용하였다. 시료 50 μ g/mL에 peroxyl radical 생성을 위한 AAPH(2,2'-azobis[2-amidinopropane] dihydrochloride)를 최종 반응 농도가 20 mM이 되도록 처리하고, 형광표준 용액인 fluorescein을 최종 반응 농도가 40 mM이 되도록 처리하였으며(Ou B 등 2001), 최종 반응 농도 1 μ M의 Trolox를 control standard로 사용하였다. Peroxyl radical의 감소를 나타내는 형광감소율은 GENios fluorescence plate reader(Tecan Trading

AG, Salzburg, Austria)를 이용하여 excitation wavelength 485 nm, emission wavelength 535 nm에서 매 2분마다 2시간 동안 측정하였다. ORAC value는 각 시료의 형광이 감소하는 곡선 아래 부분의 총 면적(net area under the curve)을 산출하여 vitamin E 수용성 유도체인 1 μ M Trolox에 의해 보호된 curve area와 비교하여 trolox equivalents(TE)로 나타내었다.

4. 솔잎설기떡의 항유전독성 측정

1) 혈액 내 백혈구 세포 분리

건강한 성인남성 2명으로부터 채혈한 신선한 전혈에서 Histopaque 1077(Sigma, St, Louis, MO, USA)을 이용해 백혈구를 분리한 후 본 실험에 사용하였다. 본 연구는 인간을 대상으로 하는 의학연구의 윤리원칙을 제시한 세계의사협회 총회(World Medical Association)의 헬싱키 선언(Declaration of Helsinki)의 윤리적 가이드라인에 따라 수행하였다.

2) 시료의 처리 및 산화적 스트레스 유발

Singh 등(1988)의 alkaline comet assay 방법에 따라 분리해 놓은 백혈구에 PBS로 희석한 시료를 50 μ g/mL의 농도로 처리하여 37°C에서 30분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후 백혈구를 PBS로 세척한 후 인위적으로 산화적 스트레스를 유발하기 위하여 200 μ M의 H₂O₂를 백혈구에 처리하여 4°C에 5분간 반응시킨 다음 다시 PBS로 세척하였다. 양성대조군에는 시료 대신 PBS를 처리한 후 200 μ M H₂O₂를 처리하였고, 음성대조군에는 PBS만을 처리하였다.

3) DNA 손상 측정(Comet assay)

반응을 끝낸 백혈구를 100 μ L의 0.7% low melting agarose gel(LMA)과 섞은 후, 1.0% normal melting agarose(NMA)가 precoating된 normal slide 위로 현탁액이 골고루 분산되게 한 후 cover glass로 덮어 4°C에 방치하였다. Gel이 굳으면 cover glass를 벗기고 그 위에 다시 0.7% LMA 용액 75 μ L로 중층하여 4°C에 방치하였다. Gel이 굳으면 차가운 alkali lysis buffer(2.5M NaCl, 100 mM Na₂EDTA, 10 mM Tris, 1% sodium lauryl sarcosine, 1% Triton X-100, 10% DMSO)에 slide를 담가 암실에 1시간 동안 침지시켜 DNA 이중가닥을 풀어주었다. Lysis가 끝난 후, slide를 전기영동조에 배열하고 4°C의 차가운 전기영동 buffer(300 mM NaOH, 10 mM Na₂EDTA, pH)13)를 채워 20분 동안 unwinding 시켜 DNA의 alkali labile sites가 드러나게 한 후 25 V/300 $\pm$ 3 mA의 전압으로 20분간 전기영동을 실시하였다. 빛에 의해 DNA가 부가적으로 손상되는 것을 방지하기 위해 위의 과정은 암실조건에서 실시하였다. 전기영동이 끝난 후 차가운 중성용액(0.4 M Tris buffer, pH 7.4)에 5분간 3회, 에탄올에 5분간 세척한 후 slide를 건조시켰다. Slide를 ethidium bromide (20 μ g/mL)로 염색하여 형광 현미경(LEICA DMLB, Wetzlar, Germany)의 CCD camera(Nikon, Tokyo, Japan)를 통해 보내진 각각의 세포핵

image를 comet image analyzing system(Komet version 5.0, Kinetic Imaging, Liverpool, UK)을 통해 분석하였다. 백혈구의 hydrogen peroxide에 의한 DNA 손상 및 각 추출물에 의한 손상억제 정도는 핵으로부터 이동해서 꼬리 부분으로 떨어져 나간 꼬리 부분 내 DNA 함량(tail intensity)을 측정하여 나타내었다.

5. 통계처리

모든 데이터의 통계처리는 SPSS 프로그램(Windows 14.0, SPSS Inc, IBM, Chicago, USA)을 이용하여 분석하였고 결과는 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었으며, 신뢰수준 95%(p<0.05)에서 평균값들에 대해 유의성을 검증하였다. 각 항목은 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 시행하여 F값을 구하고, Tukey's multiple range test를 이용하여 각 구간의 유의성 차이를 검증하였다. 또한 조리 전후의 비교에 대한 통계적 유의성은 Student t-test를 실시하여 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조리 전후 솔잎설기떡의 항산화활성

1) 총 폴리페놀 함량

솔잎착즙액을 이용한 설기떡의 조리 전후의 항산화활성과 항유전독성을 비교분석을 위하여 에탄올 추출물과 물 추출물을 제조하였으며, 이때의 추출 수율 결과는 Table 2에 나타내었다. 조리 전의 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 설기떡(E-S)이 3.0 mg GAE/100 g, 솔잎설기떡-A(E-PS-A)가 4.2 mg GAE/100 g, 솔잎설기떡-B(E-PS-B)가 4.3 mg GAE/100 g로 설기떡(E-S)보다 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(E-PS-A, E-PS-B)이 유의적으로(p<0.05) 높은 총 페놀함량을 나타내었다(Table 3). 조리 후 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 설기떡(E-S)이 2.5 mg GAE/100 g, 솔잎설기떡-A(E-PS-A)가 2.8 mg GAE/100 g, 솔잎설기떡-B(E-PS-B)가 3.6 mg GAE/100 g으로 솔잎설기떡-B(E-PS-B)에서 유의적으로(p<0.05) 가장 높은 총 페놀함량을 나타내었다. 또한 조리 전후의 총 폴리페놀 함량 비교에서 설기떡(E-S)과 솔잎설기떡-A(E-PS-A)는 조리 전보다 조리 후에 유의적으로 총 폴리페놀 함량이 감소하였으나, 솔잎설기떡-B(E-PS-B)는 수치상의 감소는 있었으나 통계적인 유의성이 없었다. 물 추출물의 총 폴리페놀 함량은 조리 전과 조리 후 모두 그룹간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 조리 전후의 유의적인 차이 또한 나타나지 않았다. 특히 솔잎설기떡-B(W-PS-B)는 조리 전에 2.3 mg GAE/100 g에서 조리 후에 1.9 mg GAE/100 g로 조리 전보다 조리 후에 총 폴리페놀 함량이 감소하는 것으로 나타났으나 통계적인 유의성은 없었다. 강운한 등(1995)은 솔잎 생체 100 g 당 열수 추출물과 70% acetone 추출물에서 각각 1,798 mg%와 3,837 mg%의 폴리페놀이 함유되어 있다고 보고하였으며, Duh PD 등(1992)과

Balasinska B와 Troszynska A(1998)는 추출에 사용된 용매의 극성이 증가할수록 유용 성분의 추출률이 높아지며 물 추출물보다는 aqueous methanol과 ethanol을 사용하였을 경우 추출물의 활성이 증가하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 조리 전의 설기떡(S)과 솔잎설기떡(PS-A, PS-B)의 폴리페놀 함량을 비교하였을 때 물 추출에 의해서는 그룹 간의 유의적인 차이가 나타나지 않은 반면 에탄올 추출에 의해서는 솔잎착즙액 첨가에 따른 유의적인($p < 0.05$) 증가가 나타났으며, 이는 설기떡에 첨가한 솔잎착즙액의 폴리페놀 성분의 추출률이 물 추출보다 에탄올 추출 시에 더 증가하는데 기인한 결과로 사료된다.

Table 2. Yield of *sulgidduk* added to different pine needle juice

		uncooked	cooked
Yield (%)	E-S ¹⁾	2.9 ± 0.8 ^{ns}	1.8 ± 0.4 ^{ns}
	E-PS-A	1.9 ± 0.2	2.9 ± 0.4
	E-PS-B	3.0 ± 1.1	2.9 ± 0.8
	W-S	13.2 ± 0.7 ^{ns}	11.4 ± 2.0 ^{ns}
	W-PS-A	13.0 ± 1.6	10.3 ± 2.4
	W-PS-B	10.5 ± 1.1	8.1 ± 1.0

¹⁾S, *sulgidduk* without pine needle juice; PS-A, PS-B, denote *sulgidduk* base with 1.01% and 1.44% of pine needle juice level among ingredient of rice flour, respectively.

Values are the mean±SD. All measurements were done triplicate, and values are average of three replication. ^{ns}; not significantly different at $p < 0.05$ after Tukey's multiple range test.

Table 3. Total phenol contents of *sulgidduk* added to different pine needle juice

		uncooked	cooked
TPC (mg/100 g GAE ¹⁾)	E-S ²⁾	3.0 ± 0.0 ^a	2.5 ± 0.4 ^a
	E-PS-A	4.2 ± 0.5 ^b	2.8 ± 0.7 ^a
	E-PS-B	4.3 ± 0.8 ^b	3.6 ± 0.8 ^b
	W-S	2.3 ± 1.0 ^{ns}	2.4 ± 0.3 ^{ns}
	W-PS-A	2.1 ± 0.8	2.3 ± 0.7
	W-PS-B	2.3 ± 0.7	1.9 ± 0.8

¹⁾GAE: gallic acid equivalents.

²⁾S, *sulgidduk* without pine needle juice; PS-A, Salt : Sugar : PNJ=1.42 : 30.04 : 1.01; PS-B, Salt : Sugar : PNJ=1.5 : 21.38 : 1.44. Values are the mean±SD. All measurements were done triplicate, and values are average of three replication. Values with different letters within each column are significantly different at $p < 0.05$ after Tukey's multiple range test. ^{ns}; not significant, * $p < 0.05$, Significantly different between uncooked and cooked by Student t-test.

2) DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 항산화물질의 전자공여능을 이용하

여 DPPH 라디칼이 항산화물질에 의해 환원되는 원리를 이용하여 측정한다(Bondent V 등 1997).

Table 4. DPPH radical scavenging activity (RSA) of *sulgidduk* added to different pine needle juice

		uncooked	cooked
DPPH RSA ¹⁾ (%)	E-S ²⁾	15.9 ± 2.5 ^a	12.5 ± 2.1 ^{ns}
	E-PS-A	19.0 ± 2.0 ^{ab}	12.8 ± 0.8
	E-PS-B	22.8 ± 2.2 ^b	13.9 ± 2.1
	W-S	11.2 ± 1.2 ^{ns}	5.1 ± 2.6 ^{ns}
	W-PS-A	11.9 ± 2.4	6.9 ± 3.0
	W-PS-B	12.0 ± 4.2	5.7 ± 1.6

¹⁾RSA: radical scavenging activity.

²⁾S, *sulgidduk* without pine needle juice; PS-A, Salt : Sugar : PNJ=1.42 : 30.04 : 1.01; PS-B, Salt : Sugar : PNJ=1.5 : 21.38 : 1.44.

Values are the mean±SD. All measurements were done triplicate, and values are average of three replication. Values with different letters within each column are significantly different at $p < 0.05$ after Tukey's multiple range test. ^{ns}; not significant, * $p < 0.05$, ^{ab} $p < 0.01$, Significantly different between uncooked and cooked by Student t-test.

조리 전의 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 설기떡 (E-S) (15.9%) < 솔잎설기떡-A(E-PS-A) (19.0%) < 솔잎설기떡-B(E-PS-B) (22.8%) 순으로 유의적으로($p < 0.05$) 증가하였다 (Table 4). 곡류에 함유되어 있는 항산화물질 중 polyphenol 화합물들은 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring이 존재하기 때문에 뛰어난 항산화력을 가지는데(Rice-Evan C 등 1997), 김대중 등(2010)은 백미 70% 에탄올 추출물 1 mg/mL의 DPPH 라디칼 소거능이 12.71~20.83%인 것으로 보고하였으며, 이는 설기떡 에탄올 추출물 2 mg/mL에서 15.9%의 DPPH 라디칼 소거능을 나타낸 본 연구결과와 유사한 수준인 것으로 보인다. 일반적으로 총 페놀화합물의 양과 항산화능은 서로 양의 상관관계를 나타내고(Gheldof N과 Engeseth NJ 2002), flavonoid, phenolic acid, anthocyanin 등의 총 페놀함량은 유리 라디칼 소거능을 가지는 주요 인자로 작용하므로 (Padayatty SJ 등 2003), 본 연구에서 조리 전 에탄올 추출물에서 그룹 간의 총 폴리페놀 함량의 차이가 DPPH 라디칼 소거능에 영향을 미친 것으로 보인다. 또한 Villano 등(2007)은 polyphenolic 화합물 중 flavonoid 계열 화합물이 DPPH radical을 이용한 측정에서 우수한 항산화력이 있음을 보고하였는데, 솔잎에는 quercetin과 kaempferol 등의 flavonoid류가 함유되어 있어, 설기떡에 포함된 솔잎착즙액 첨가량(솔잎설기떡-A(PS-A) 1.01%, 솔잎설기떡-B(PS-B) 1.44%)이 DPPH 라디칼 소거활성에 영향을 미친 것으로 보인다. 솔잎의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 연구는 솔잎 열수 추출물과 70% acetone 추출물이 80.9%, 82.6%(강윤한 등 1995), 0.1%의 솔잎 열수 추출물과 에탄올 추출물이 55.2%, 84.4%(김수민 등 2002)의 높은 DPPH에 대한 전자공여능을 보고하였으며, 특히 김수민 등(2002)은 0.1% 솔잎 에탄올 추출물의 전자공여능이 각종 항산화제(비타민 C, 비타민 E, carnosine, tyrosine, glutathione)보

다 높은 활성도를 나타내는 것으로 보고한 바 있다. 한편 총 폴리페놀 함량의 그룹 간의 유의적인 차이에도 불구하고 조리 후의 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 그룹간의 차이가 나타나지 않았으며, 이는 모든 그룹에서 조리 후의 DPPH 라디칼 소거능이 감소하고, 특히 솔잎설기떡-A(W-PS-A)와 솔잎설기떡-B(W-PS-B)에서 각각 32.6%, 39.0%($p < 0.01$)의 높은 감소가 나타난 데 기인한 결과로 보인다.

물 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 조리 전과 조리 후 모두 그룹간의 유의적인 차이는 없었으며, 조리 후의 설기떡(W-S)에서 54.5%, 솔잎설기떡-A(W-PS-A)에서 42.0%, 솔잎설기떡-B(W-PS-B)에서 52.0%의 높은 DPPH 라디칼 소거능의 감소가 나타났으나, 설기떡(W-S)을 제외한 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(W-PS-A, W-PS-B)에서는 조리 전후의 유의적인 차이가 없었다.

3) 총 항산화능

TRAP은 2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonate) 양이온(ABTS⁺)에 대한 항산화제의 복합된 활성을 측정하여 특정 물질의 총 유리기 포집 항산화능을 나타내는 방법이다(Rice-Evan C와 Miller N 1994). 조리 전의 에탄올 추출물의 총 항산화능은 설기떡(E-S)보다 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(E-PS-A, E-PS-B)에서 유의적으로($p < 0.05$) 높았으며, 조리 후의 설기떡(E-S), 솔잎설기떡-A(E-PS-A) 및 솔잎설기떡-B(E-PS-B)에서 각각 54.0%($p < 0.05$), 67.2%, 46.2% ($p < 0.01$)의 총 항산화능이 감소하여 조리 후의 에탄올 추출물의 총 항산화능은 솔잎설기떡-B(E-PS-B)가 유의적으로($p < 0.05$) 가장 높은 것으로 나타났다(Table 5). 조리 전의 물 추출물의 총 항산화능은 솔잎설기떡-B(W-PS-B)가 유의적으로($p < 0.05$) 가장 높았고, 조리 후의 총 항산화능은 설기떡(W-S) < 솔잎설기떡-A(W-PS-A) < 솔잎설기떡-B(W-PS-B) 순으로 유의적으로($p < 0.05$) 높았으며, 조리 후의 유의적인 변화는 나타나지 않았다.

Table 5. Total antioxidant activity(TRAP) of *sulgidduk* added to different pine needle juice

		uncooked	cooked
TRAP (mM TEAC ¹⁾)	E-S ²⁾	0.3 ± 0.0 ^a	0.2 ± 0.0 ^a
	E-PS-A	1.1 ± 0.3 ^b	0.3 ± 0.1 ^a
	E-PS-B	1.3 ± 0.0 ^b	0.7 ± 0.0 ^b
	W-S	-0.1 ± 0.1 ^a	-0.1 ± 0.1 ^a
	W-PS-A	0.1 ± 0.0 ^a	0.1 ± 0.1 ^b
	W-PS-B	0.2 ± 0.1 ^b	0.2 ± 0.1 ^c

¹⁾TEAC: Trolox equivalent antioxidant capacity.

²⁾S, *sulgidduk* without pine needle juice; PS-A, Salt : Sugar : PNJ=1.4 : 2 : 30.04 : 1.01; PS-B, Salt : Sugar : PNJ=1.5 : 21.38 : 1.44.

Values are the mean±SD. All measurements were done triplicate, and values are average of three replication. Values with different letters within each column are significantly different at $p < 0.05$ after Tukey's multiple range test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, Significantly different between uncooked and cooked by Student t-test.

4) ORAC value

ORAC 분석법은 peroxy radical generator에서 유도된 peroxy radical과 형광 probe의 비형광 반응생성물이 시간에 따라 감소하는 양을 측정하여 항산화성분의 자유라디칼 소거능을 측정한다(Prior RL 등 2005). 조리 전 에탄올 추출물의 ORAC_{ROO}• 활성은 설기떡(E-S)보다 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(E-PS-A, E-PS-B)에서 각각 유의적으로($p < 0.05$) 2.7배, 2.9배 높았으며, 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(E-PS-A, E-PS-B)에서 조리 후의 유의적인 감소를 나타내었으나 조리 전과 마찬가지로 조리 후에도 설기떡(E-S)보다 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(E-PS-A, E-PS-B)에서 유의적으로($p < 0.05$) 높은 ORAC_{ROO}• 활성을 나타내어 솔잎착즙액의 첨가로 증가된 ORAC_{ROO}• 활성이 가열에 안정적인 것을 확인하였다(Table 6). 또한 물 추출물에서도 에탄올 추출물과 동일하게 조리 전과 조리 후 모두 설기떡(W-S)보다 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(W-PS-A, W-PS-B)이 유의적으로($p < 0.05$) 높은 ORAC_{ROO}• 활성을 나타내었으며, 조리 후의 변화는 나타나지 않았다. 솔잎에 함유되어 있는 flavonoids는 peroxy radical에 hydrogen donor로 작용하여 free radical을 직접 scavenging 하는 것으로 알려져 있는데(Torel J 등 1986), 이러한 솔잎의 flavonoid 활성이 설기떡(S)보다 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(PS-A, PS-B)에서 높은 ORAC_{ROO}• 활성을 나타내는데 기여한 것으로 보인다.

Table 6. ORAC activity(ORAC_{ROO}•) of *sulgidduk* added to different pine needle juice

		uncooked	cooked
ORAC _{ROO} • (TE ¹⁾)	E-S ²⁾	0.7 ± 0.4 ^a	0.6 ± 0.5 ^a
	E-PS-A	1.9 ± 0.6 ^b	1.1 ± 0.3 ^b
	E-PS-B	2.0 ± 0.5 ^b	1.3 ± 0.2 ^b
	W-S	0.5 ± 0.1 ^a	0.6 ± 0.3 ^a
	W-PS-A	1.8 ± 0.5 ^b	1.4 ± 0.4 ^b
	W-PS-B	1.7 ± 0.4 ^b	1.7 ± 0.5 ^b

¹⁾TE: Trolox equivalent.

²⁾S, *sulgidduk* without pine needle juice; PS-A, Salt : Sugar : PNJ=1.4 : 2 : 30.04 : 1.01; PS-B, Salt : Sugar : PNJ=1.5 : 21.38 : 1.44.

Values are the mean±SD. All measurements were done triplicate, and values are average of three replication. Values with different letters within each column are significantly different at $p < 0.05$ after Tukey's multiple range test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, Significantly different between uncooked and cooked by Student t-test.

쌀은 phytic acid, polyphenolics, vitamins, γ -oryzanol 등 기능성 성분들을 함유하고 있으며(Slavin JL 등 1999), 쌀에 존재하는 폴리페놀 화합물에는 대표적으로 caffeic acid, ferulic acid, *p*-coumaric acid, sinapic acid 등이 있다(Baublis AJ 등 2000). 이영택 등(2011)은 쌀에는 linoleic acid, oleic acid 및 palmitic acid 등의 지방산이 풍부한 반면 껍질에 의한 가열조리가 지방산 조성에 영향을 미치지 않는다고 보고하였고, 나기수 등(2007)은 쌀에 포함된 ferulic acid 같은 강한 항산화제는 지방산의 산화를 억제하는 것으로 보고하였다. 본 연구에

서 설기떡 물 추출물(W-S, W-PS-A, W-PS-B)들은 조리에 의한 항산화활성(총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, 총 항산화능, ORAC value)의 변화가 미미하였는데, 이는 쌀에 포함된 항산화성분이 가열에 의한 항산화활성의 변화를 억제하는데 기여한 결과로 보인다. 또한 phytochemical이 풍부한 식물소재와 폴리페놀 함량이 풍부한 식품을 섭취하는 것은 생체 내의 산화스트레스에 의한 산화손상을 억제하므로 설기떡에 솔잎을 첨가해 항산화활성을 증가시키는 것은 매우 유용할 것으로 사료된다.

2. 조리 전후 솔잎설기떡의 DNA 손상 억제능

Comet assay는 산화적 스트레스에 의한 DNA 손상 및 DNA 손상 보호능을 측정할 수 있는 민감하고, 빠른 방법으로써 다양한 phytochemical의 DNA 손상 억제 효과 등을 분석하는 유용한 지표로 사용되고 있다(Collins AR 2004, Poli P 등 1999).

조리 전 에탄올 추출물의 설기떡(E-S)과 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(E-PS-A, E-PS-B)은 H_2O_2 로 유도된 산화적 스트레스(PC)에 대해 DNA 손상을 유의적으로 ($p < 0.05$) 보호하였으며, PC에 대해 설기떡(E-S)은 50.6%, 솔잎설기떡-A(E-PS-A)는 48.5%, 솔잎설기떡-B(E-PS-B)는 63.5%의 tail DNA 손상 억제효과를 나타내었다(Table 7). 또한 조리 후 에탄올 추출물에서도 PC에 대해 설기떡(E-S)은 57.5%, 솔잎설기떡-A(E-PS-A)는 55.4%, 솔잎설기떡-B(E-PS-B)는 55.1%의 유의적인($p < 0.05$) Tail DNA 손상 억제효과를 나타내었으며, 그룹 간의 조리에 의한 변화는 나타나지 않았다. 물 추출물은 조리 전과 조리 후 모두 PC에 대해 모든 설기떡 그룹에서 유의적인 DNA 손상 보호효과는 나타나지 않았으나, 조리 전에 솔잎설기떡-A(W-PS-A)와 솔잎설기떡-B(W-PS-B)는 각각 PC보다 22.9%, 25.9% DNA 손상이 감소하였으며, 조리 후에 솔잎설기떡-B(W-PS-B)는 PC보다 25.1% DNA 손상이 감소하는 수치적인 변화를 나타내었다. 또한 물 추출물에서 솔잎설기떡-A(W-PS-A)를 제외하고 그룹간의 조리 전후의 차이는 없었다. 식품 중에 포함된 암을 예방하는 대표적인 성분은 flavonoid, carotenoid, triterpene, lignin 등으로, 최근 다양한 약용 식물 내 함유되어 있는 폴리페놀 성분이 hydrogen peroxide에 의해 유도된 백혈구 DNA 손상을 억제한다는 결과가 보고되었다(Soltani F 등 2009). 따라서 솔잎의 폴리페놀 성분과 DPPH 라디칼 소거능 등의 항산화작용이 산화적 스트레스에 의한 DNA 손상 보호 효과에 기여한 것으로 생각된다. 또한, 솔잎에는 carotene, terpenoids, flavonoid류 및 phenol류 뿐만 아니라 vitamin C가 풍부하게 함유되어 있다(임숙희 등 2002, 이옥희 등 2008). Vitamin C는 vitamin E, uric acid, superoxide dismutase과 마찬가지로 지질과산화와 유도반응을 저해하거나 지질과산화의 증폭반응을 정지시켜 이미 생성된 free radical을 포착하여 제거하는 항산화제로서, 암의 발생을 예방하는 효과가 있음이 입증된 영양소이다(Tappel AL 1980). 한편, 황희자(1974)는 Vitamin C 보존에 식염이 안정화 역할을 한다고 보고하였는데, 설기떡 재료배합 시 소금과 솔잎착즙액의 혼합이 솔잎을

첨가한 설기떡의 항산화 안정성을 높이는데 기여하였을 것으로 추측된다.

Table 7. The effect of *sulgidduk* added to different pine needle juice (50 μ g/mL) on 200 μ M H_2O_2 induced DNA damage in human leukocytes

Tail intensity (%)		uncooked	cooked
	NC ¹⁾	4.4 $\pm$ 0.0 ^a	4.4 $\pm$ 0.0 ^a
	PC	22.0 $\pm$ 0.0 ^c	22.0 $\pm$ 0.0 ^c
	E-S ²⁾	10.9 $\pm$ 3.0 ^b	9.3 $\pm$ 1.3 ^b
	E-PS-A	11.3 $\pm$ 2.5 ^b	9.8 $\pm$ 2.8 ^b
	E-PS-B	8.0 $\pm$ 1.5 ^{ab}	9.9 $\pm$ 0.8 ^b
	NC ¹⁾	5.9 $\pm$ 0.0 ^a	5.9 $\pm$ 0.0 ^a
	PC	25.2 $\pm$ 0.0 ^b	25.2 $\pm$ 0.0 ^b
	W-S	23.8 $\pm$ 6.1 ^b	24.3 $\pm$ 4.3 ^b
	W-PS-A	19.4 $\pm$ 1.3 ^{br}	25.8 $\pm$ 3.1 ^b
	W-PS-B	18.6 $\pm$ 4.5 ^b	18.8 $\pm$ 3.2 ^b

¹⁾NC, PBS-treated normal control(without oxidative stimulus); PC, 200 μ M H_2O_2 treated positive control.

²⁾S, *sulgidduk* without pine needle juice; PS-A, Salt : Sugar : PNJ=1.42 : 30.04 : 1.01; PS-B, Salt : Sugar : PNJ=1.5 : 21.38 : 1.44.

Values are the mean $\pm$ SD. All measurements were done triplicate, and values are average of three replication. Values with different letters within each column are significantly different at $p < 0.05$ after Tukey's multiple range test. * $p < 0.05$, Significantly different between uncooked and cooked by Student t-test.

Fig. 1. Comet images of human leukocytes treated with ethanol extracts of *sulgidduk* added to different pine needle juice.

NC: PBS-treated normal control(without oxidative stimulus), PC: 200 μ M H_2O_2 treated positive control, A: uncooked S + 200 μ M H_2O_2 , B: uncooked PS-A + 200 μ M H_2O_2 , C: uncooked PS-B + 200 μ M H_2O_2 , D: cooked S + 200 μ M H_2O_2 , E: cooked PS-A + 200 μ M H_2O_2 , F: cooked PS-B + 200 μ M H_2O_2 . S, *sulgidduk* without pine needle juice; PS-A, Salt : Sugar : PNJ=1.42 : 30.04 : 1.01; PS-B, Salt : Sugar : PNJ=1.5 : 21.38 : 1.44.

IV. 결론

본 연구에서는 생리활성이 우수한 식품 소재인 솔잎착즙액을 이용한 설기떡을 제조하여 가열조리가 생리적 활성 변화에 미치는 영향을 분석하기 위하여 설기떡의 조리 전후의 항산화활성과 항유전독성을 비교분석하였다. 총 폴리페놀함량은 조리 전후의 에탄올 추출물에서 설기떡(E-S) < 솔잎설기떡-A(E-PS-A) < 솔잎설기떡-B(E-PS-B) 순으로 설기떡(E-S)보다 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(E-PS-A, E-PS-B)이 유의적으로 ($p < 0.05$) 높은 총 페놀함량을 나타내었다. 물 추출물의 총 폴리페놀 함량은 조리 전과 조리 후 모두 그룹 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 조리 전후의 차이 또한 나타나지 않았다. DPPH 라디칼 소거능은 조리 전 에탄올 추출물에서 설기떡(E-S) (15.9%) < 솔잎설기떡-A(E-PS-A) (19.0%) < 솔잎설기떡-B(E-PS-B) (22.8%) 순으로 유의적으로 ($p < 0.05$) 증가하였으며, 조리 후에는 그룹 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 물 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 조리 전과 조리 후 모두 그룹간의 유의적인 차이는 없었으며, 조리에 의해 설기떡(W-S)에서 54.5%, 솔잎설기떡-A(W-PS-A)에서 42.0%, 솔잎설기떡-B(W-PS-B)에서 52.0%의 높은 DPPH 라디칼 소거능의 감소를 나타내었다. 총 항산화능은 조리 전의 에탄올 추출물에서 설기떡(E-S)보다 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(E-PS-A, E-PS-B)에서 유의적으로 ($p < 0.05$) 높았으며, 조리 후에는 솔잎설기떡-B(E-PS-B)가 유의적으로 ($p < 0.05$) 가장 높았다. 물 추출물에서는 조리 전에 솔잎설기떡-B(W-PS-B)이 유의적으로 ($p < 0.05$) 가장 높은 총 항산화능을 나타내었으며, 조리에 의한 유의적인 변화 없이 조리 후에도 설기떡(W-S) < 솔잎설기떡-A(W-PS-A) < 솔잎설기떡-B(W-PS-B) 순으로 유의적으로 ($p < 0.05$) 증가하였다. ORAC value는 조리 전후 및 에탄올·물 추출물 모두에서 설기떡(S) < 솔잎설기떡-A(PS-A) < 솔잎설기떡-B(PS-B) 순으로 설기떡(E-S)보다 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(PS-A, PS-B)이 유의적으로 ($p < 0.05$) 높은 것으로 나타났으며, 조리에 의한 변화는 없었다. 산화적 스트레스에 의한 DNA 손상에 대한 보호능을 측정한 결과 에탄올 추출물에서 조리 전후에 설기떡(E-S)과 솔잎착즙액을 첨가한 설기떡(E-PS-A, E-PS-B)은 H_2O_2 로 유도된 산화적 스트레스(PC)에 대해 DNA 손상을 유의적으로 ($p < 0.05$) 48.5~63.5% 보호하였으며, 물 추출물은 PC에 대한 유의적인 DNA 손상 보호능은 나타나지 않았으나, 설기떡(W-S)보다 솔잎설기떡-B(W-PS-B)가 25.1~25.7% 높은 DNA 손상 억제능을 나타내었다. 본 연구에서는 솔잎착즙액의 첨가에 따른 설기떡의 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, 총 항산화능, ORAC value 및 DNA 손상 억제능의 활성 증가를 확인하였으며, 솔잎설기떡-B(PS-B)의 높은 항산화활성 및 항유전독성을 확인하였다. 따라서 설기떡에 1.44%의 솔잎착즙액을 첨가해 항산화활성과 항유전독성을 증가시키는 것은 생체 내의 산화적 손상 억제 및 항유전독성 효과를 가진 건강식품의 개발 측면에서 매우 유용할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 기술사업화지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 통계청. 2011a. 농림어업-농업면적조사-전국(도별)농발별 경지면적. Available from: http://kosis.kr/abroad/abroad_01List.jsp?parentId=F. Accessed January 10, 2012
- 통계청. 2011b. 농림-양곡소비량조사-곡류별/용도별 1인당 연간 양곡소비량, 곡류별/용도별 1인 1일당 양곡소비량. Available from: http://kosis.kr/abroad/abroad_01List.jsp?parentId=F. Accessed January 10, 2012
- Balasinska B, Troszynska A. 1998. Total antioxidative activity of evening primrose (*Oenothera paradoxa*) cake extract measured in vitro by liposome model and murine L1210 cells. *J Agric Food Chem* 46(9): 3558-3563
- Baublis AJ, Lu C, Clydesdale FM, Decker EA. 2000. Potential of wheat-based breakfast cereals as a source of dietary antioxidants. *J Am Coll Nutr* 19(3 Suppl): 308S-311S
- Bondet V, Brand-Williams W, Bereset C. 1997. Kinetics and mechanism of antioxidant activity using the DPPH free radical methods. *Lebensm Wiss Technol* 30: 609-615
- Boo YC, Jeon CO, Oh JY. 1994. Isolation of 4-hydroxy-5-methyl-3[2H]-furanone from pine needles as an antioxidative. *Agric Chem Biotechnol* 37(4): 310-314
- Cho JS, Choi MY, Chang YH. 2002. Quality characteristics of sulgiduk added with lentinus edodes sing powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 12(1): 55-64
- Cho MS. 2006. Quality characteristics of Sulgidduk by the addition of sea tangle. *Korea J Soc Food Sci* 22(1): 37-44
- Choi HD, Koh YJ, Choi IW, Kim YS, Park YK. 2007. Anticariogenic activity and glucosyltransferase inhibitory effects of extracts from pine needle and twig. *Kor J Food Technol* 39(3): 336-341
- Choi HY. 2009. Antioxidant activity and quality characteristics of Pine needle cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(10): 1414-1421
- Collins AR. 2004. The comet assay for DNA damage and repair: principles, applications, and limitations. *Mol Biotechnol* 26(3): 249-261
- Duh PD, Yeh DB, Yen GC. 1992. Extraction and identification of an antioxidant component from peanut hull. *JAOCS* 69(8): 814-818

- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-249
- Gheldof N, Engeseth NJ. 2002. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *J Agric Food Chem* 50(10): 3050-3055
- Hong JS. 2005. Quality characteristics of Sulgiduck by the addition of astringency persimmon paste. *Korea J Soc Food Cookery Sci* 21(3): 360-370
- Hwang HZ. 1974. Studies on the effect of spices and flavoring on ascorbic acid content. *Korean J Nutr* 7(1): 37-43
- Jeon JR, Kim JY, Lee KM, Cho DH. 2005. Anti-obese effects of mixture contained pine needle, black tea, and green tea extracts. *J Kor Soc Appl Biol Chem* 48(4): 375-381
- Jeong RJ, Kim HH, Park GS. 2005. Quality characteristics of noodles prepared with pine needle powder and extract during storage. *Korean J Food Cookery Sci* 21(5): 685-692
- Jin SY, Joo NM, Han YS. 2006. Optimization of iced cookies with the addition of pine leaf powder. *Korean J Food Cookery Sci* 22(2): 164-172
- Kang YH, Park YK, Ha TY, Moon KD. 1996. Effects of pine needle extracts on serum and liver lipid contents in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Nutr* 25(3): 367-373
- Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J Food Sci Technol* 27(6): 978-984
- Katsaboukakis KZ. 1984. The influence of the degree of blanching on the quality of frozen vegetables. In: Zeuthen P, Cheftel IC, Erikson C, Jul M, Leniger H, Linko P, Varela G, Vos G. *Thermal Processing and Quality of Foods*. London, UK: Elsevier Applied Science pp 559-565
- Kim DJ, Oh SK, Yoon MR, Chun AR, Hong HC, Lee JS, Kim YK. 2010. Antioxidant Compounds and Antioxidant Activities of the 70% Ethanol Extracts from Brown and Milled Rice by Cultivar. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39(3): 467-473
- Kim GS, Lee JK, Lee GS. 2005. Effects of addition ratio of reddish-brown pigmented rice on the quality characteristics of Seolgiddeok. *Korea J Soc Food Sci* 16(6): 640-643
- Kim HO, Moom HK, Kim GW. 2005. Properties on the quality characteristics of Selgiduck with various concentrations of dried persimmon extract. *J East Asian Soc Dietary Life* 15(5): 591-597
- Kim SM, Cho YS, Sung SK, Lee IG, Lee SH, Kim DG. 2002. Antioxidative and nitrite scavenging activity of pine needle and green tea extracts. *Kor J Food Sci Ani Resour* 22(1): 13-19
- Kim SS, Chung HY. 2007. The texture and descriptive sensory characteristics of a Korean rice cake (Karedduk) with added emulsifier. *Korean J Food & Nutr* 20(4): 427-432
- Kurihara H, Fukami H, Asami S, Toyoda Y, Nakai M, Shibata H, Yao XS. 2004. Effects of oolong tea on plasma antioxidative capacity in mice loaded with restraint stress assessed using the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay. *Biol Pharm Bull* 27(7): 1093-1098
- Kwhak SH, Moo SW, Jang MS. 2002. Effect pine needle powder on the sensory and mechanical characteristics of steam cake. *Korean J Food Cookery Sci* 18(4): 399-406
- Lee HG, Chung RW, Cha GH. 2002. Sensory and textural characteristics of Solsulgi using varied levels of pine leave powders and different type of sweeteners. *Korean J Food Cookery Sci* 18(6): 661-669
- Lee JH, Yoon SJ. 2008. Quality characteristics of Sulgidduk prepared with different amounts of green laver powder. *Korean J Food Cookery Sci* 24(1): 39-45
- Lee JS. 2005. The quality characteristics of Sulgidduk with the addition of citron preserved in sugar. *Korean J Food Cookery Sci* 21(6): 851-858
- Lee OH, Kim KY, Jang MK, Yu KH, Kim SG, Kim MH, Lee SH. 2008. Evaluation of proanthocyanidin contents in total polyphenolic compounds of pine (*Pinus densiflora*) needle extracts and their antioxidative activities. *J Life Sci* 18(2): 213-219
- Lee YT, Kim MH, Im JS, Kim GV, Ha SH, Lee SM, Kweon SJ, Suh SC. 2011. Influence of Cooking on Nutrient Composition in Provitamin A-Biofortified Rice. *Korean J Food Sci Technol* 43(6): 683-688
- Lim YS, Bae MJ, Lee SH. 2002. Antimicrobial effects of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. ethanol extract on *Listeria monocytogenes*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(2): 333-337
- Mensor LL, Menezes FS, Leitaog GG, Reis AS, Santos TC, Coube CS, Leitaog SG. 2001. Screening of brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytother Res* 15(2): 127-130
- Muramoto G, Kawamura S. 1991. Rice protein and antihypertensive peptide (angiotensin converting enzyme inhibitor) from rice. *Nippon Shokuhin Kogyo* 34: 18-26
- Na GS, Lee SK, Kim SY. 2007. Antioxidative effects and quality

- characteristics of the rice cultivated by organic farming and ordinary farming. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50(1): 36-41
- Ou B, Hampsch-Woodill M, Prior RL. 2001. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *J Agric Food Chem* 49(10): 4619-4626
- Padayatty SJ, Katx A, Whang Y, Eck P, Kwon O, Lee JH, Chen S, Corpe C, Dutta A, Levine M. 2003. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *J Am Coll Nutr* 22(1): 18-25
- Park JH, Kim SY, Lee HJ, Kim RY, Park E. 2013. Optimization of rice cake preparation added with pine needle (*Pinus densiflora* sieb, et zucc) juice by response surface methodology. *Food Sci Biotechnol* 22(4): 1105-1111
- Park GS, Shin YJ. 1988. Mechanical characteristics and preferences of Gamkug sulgie-dduk by different addition of *Chrysanthemum indicum* L.. *J Korean East Asian of Dietary Life* 8(3): 289-296
- Park GY, Li HX, Hwang ID, Cheong HS. 2006. The functional effects of fermented pine needle extract. *Korean J Biotechnol Bioeng* 21(5): 376-383
- Park MK, Lee JM, Park CH, In MJ. 2002. Quality characteristics of sulgidduk containing chlorella powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(2): 225-229
- Poli P, Buschini A, Restivo FM, Ficarelli A, Cassoni F, Ferrero I, Rossi C. 1999. Comet adday application in environmental monitoring: DNA damage in human leukocytes and plant cells in comparison with bacterial and yeast tests. *Mutagenesis* 14(6): 547-556
- Prior RL, Wu X, Schaich K. 2005. Standardized method for determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and biological and food samples. *J Agric Food Chem* 53(10): 4290-4302
- Rice-Evan C, Miller N. 1994. Total antioxidant status in plasma and body fluid. *Methods in Enzymol* 234(24): 279-293
- Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 2: 152-159
- Shin GM, Im JC. 2008. Rheological properties of dough added with pine needle powder. *Korean J Food Preserv* 15(3): 405-410
- Singh PN, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL. 1988. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp Cell Res* 175(1): 184-191
- Slavin JL, Martini MC, Jacobs DR, Marquart L. 1999. Plausible mechanisms for the protectiveness of whole grains. *Am J Clin Nutr* 70(3 Suppl): 459S-463S
- Soltani F, Mosaffa F, Iranshahi M, Karimi G, Malekaneh M, Haghighi F, Behravan J. 2009. Evaluation of antigenotoxicity effects of umbelliprenin on human peripheral lymphocytes exposed to oxidative stress. *Cell Biol Toxicol* 25(3): 291-296
- Takamatsu S, Galal AM, Ross SA, Ferreira D, Elsohly MA, Ibrahim ARS, El-Ferally FS. 2003. Antioxidant effect of flavonoid in HL-60 cells. *Phytother Res* 17(8): 963-966
- Tappel AL. 1980. Vitamin E and selenium protection from in vivo lipid peroxidation. *Ann NY Acad Sci* 355: 18-31
- Torel J, Cillard J, Cillard P. 1986. Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical. *Phytochemistry* 26(9): 2489-2491
- Villano D, Fernandez-Pachon MS, Moya ML, Troncoso AM, Garcia-Parrilla MC. 2007. Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. *Talanta* 71(1): 230-235

2012년 11월 16일 접수; 2012년 12월 3일 심사(수정); 2013년 9월 17일 채택