

도정도와 볶음시간에 따른 수수차의 이화학적 특성

고지연[†] · 우관식 · 송석보 · 서혜인 · 김현영 · 김정인 · 이재생 · 정태욱 · 김기영 · 곽도연 · 오인석

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

Physicochemical Characteristics of Sorghum Tea according to Milling Type and Pan-fried Time

Jee Yeon Ko[†], Koan Sik Woo, Seuk Bo Song, Hye In Seo, Hyun Young Kim, Jung In Kim, Jae Saeng Lee, Tae Wook Jung, Ki Young Kim, Do Yeon Kwak, and In Seok Oh

Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Gyeongnam 627-803, Korea

Abstract

In this study, sorghum teas were prepared from *Sorghum bicolor* L. Moench subjected to different types of milling (no milling (0%), minimum milling (5%), and milling (20%)) and pan-firing times (1 to 10 minutes), and its quality characteristics were investigated. With regards to milling type, total polyphenolic, flavonoid, tannin contents, and antioxidant activities of ethanol extracts from both no milling sorghum and its tea were highest, followed by minimum milling and milling in decreasing order. Crude nitrogen content was highest in milling sorghum and its tea regardless of pan-firing time. With regards to pan-firing time, total polyphenolic, flavonoid, tannin contents, and antioxidant activities of sorghum teas increased with increasing pan-firing time regardless of milling type. The highest DPPH and ABTS radical scavenging activities were observed at a pan-firing time between 7 to 9 minutes. In contrast to ethanol extracts of pan-fried sorghum tea, antioxidant activities, chromaticity, and turbidity of hot water leaching liqueur of sorghum tea were highest in milling sorghum tea, followed by minimum milling and no milling sorghum tea.

Key words: sorghum tea, milling types, pan-firing times, polyphenol, antioxidant activity

서 론

산업화의 발달에 따라 증가하는 환경오염과 흡연, 음주 등은 활성산소를 발생시키고 체내에 축적된 활성산소는 세포의 구성성분인 지질, 단백질, 당 및 DNA 등을 비가역적으로 파괴하여 질병을 유발시키는 원인이 되고 있다(1-3). 이러한 활성산소를 억제시키기 위하여 여러가지 합성물질이 식품첨가제로서 이용되어 왔으나 합성식품첨가제를 과량 섭취할 경우 신장, 폐, 간, 위장점막, 순환계 등에 심각한 독성을 일으키는 것으로 알려짐에 따라 보다 안전한 대체물질에 대한 요구가 증가하고 있다(4,5). 이에 따라 최근 들어 천연식품을 통해 노화억제, 면역증강 등의 효과를 얻고자 하는 연구가 증가하고 있으며, 천연식품의 다양한 생리활성에 대한 연구들이 보고되면서 천연유래 생리활성물질의 효능에 대한 관심이 증대되고 있고(6) 특히, 천연물질의 항산화, 항암 등의 연구가 활발히 진행되고 있다(7,8).

수수(*Sorghum bicolor* L. Moench, sorghum)는 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 주로 식용으로 소비되고 있

다(7-9). 열대아프리카가 원산지인 건조지대에서 가장 많이 재배되고 용도에 따라서 곡용수수(grain sorghum), 단수수(sorgo), 소경수수(장목수수; broom-corn)가 있으며, 아시아, 아프리카 및 중미 지역에서 재배되고 있다(10). 수수는 밀, 옥수수, 쌀, 보리에 이어 세계에서 5번째로 중요한 식량 작물로 식이섬유, 페놀화합물(phenolic compounds) 등의 유효성분이 다량 함유되어 있다(11). 페놀화합물(phenolic compounds)의 대부분은 플라보노이드(flavonoid)로 알려져 있고(12) 최근 수수의 생리적 기능성에 관한 여러 가지 연구들이 보고되고 있다. 수수의 폴리페놀(polyphenol) 추출물은 강한 항돌연변이성을 가지고(13), 강력한 항산화활성과 콜레스테롤 생합성 관련 효소인 HMG-Co A reductase 활성을 억제시키는 것으로 보고되고 있다(14,15). 그 외에도 수수의 기능성에 대하여서는 25종의 수수를 메탄올 추출하여 순차적 용매분획한 후 항산화 및 항균활성 검증(16), 수수 안토시아닌의 항산화활성 측정(17), 수수에 함유되어 있는 페놀산, 플라보노이드, 탄닌 등의 페놀류 성분에 대한 연구보고가 있다(18).

[†]Corresponding author. E-mail: kjeeyeon@korea.kr
Phone: 82-55-320-1267, Fax: 82-55-352-3059

건강 음용차에 대한 대중의 관심 증가로 녹차효능에 관한 연구와 더불어 다양한 식물체를 침출차로 개발하고자 하는 연구가 수행되고 있는데 이때 볶음 과정을 통해 차의 풍미와 기능성을 높이고자 하는 연구가 많이 수행되어 왔다(19-21). 볶음이란 물기가 조금 있는 약재나 곡식에 물을 더하지 않고 타지 않을 정도로 볶아서 익히는 과정으로 차의 제조 과정 중에서는 살청(殺淸)과정에 해당된다(22). 침출차의 제조에 있어서 볶음 처리는 식품의 화학적 성분 조성, 물리적 성질, 그리고 색깔, 향기, 조직감과 같은 관능적 품질요소에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(12,22-24). Yoon과 Kim(25)은 보리의 볶음 조건이 보리차의 점도 및 맛과 냄새 등 관능적 특성에 대한 영향을 연구하였으며, Ha 등(26)과 Lee 등(27)은 승능제조용 전백미, 미숙보리 곡립의 볶음 조건에 따른 색도, 환원당 및 아미노산 함량의 변화를 보고하였다. 또한 옥수수의 볶음 과정 중 일반성분, 무기질, 아미노산함량 변화에 대하여 연구하였으며, 밤의 볶음 과정 중 환원당, 지방산함량 변화를 측정하고 이들 성분 변화와 관능평가와의 상관관계에 대하여 연구하였다(28,29).

수수는 항산화성 등 생리적 기능성이 높은 식량자원으로 가공식품으로 개발하기에 이용가치가 높음에도 불구하고, 혼반용, 떡 및 두부에 첨가하여 사용하는 방법(9) 이외에는 새로운 이용기술에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서, 수수의 생리적 기능성을 높일 수 있는 식품가공기술을 개발함으로써 새로운 소비수요를 창출하고자 도정 정도가 다른 수수를 이용하여 볶음차를 제조하고, 이러한 수수차 제조과정이 수수의 항산화성분 및 항산화활성에 미치는 변화를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 전처리방법

시험에 사용된 수수는 2011년 농촌진흥청 국립식량과학원에 의해 원주에서 재배된 황금찰수수로서, 수확 후 병해충 및 다른 물질에 의한 오염이 없도록 냉장보관 된 시료를 이용하였다. 수수를 이용하여 기능적으로 우수한 볶음차를 제조할 수 있는 적정 조건을 찾기 위하여 원료 수수의 도정 정도 및 볶음시간별로 조단백질 함량과 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 등의 항산화성분 함량, 항산화활성, 품질특성(색도, 탁도)을 검정하였다. 수수의 도정 정도가 수수차에 미치는 영향을 평가하기 위하여 도정하지 않은 수수, 최소도정(20초간 도정, 도정수율 95%, 5% 도정, 이물질 제거용)한 수수, 도정한 수수(도정수율 80%, 20% 도정)의 3처리로 차 원료곡을 준비하여 수수차를 제조하였고, 볶음시간은 수수의 탄화가 심해져 차로써의 관능적 가치가 없어지는 시간인 10분까지 매 1분마다 시료를 채취하여 무기성분 및 항산화활성 변이를 조사하였다. 수수의 볶음은 가정용 커피로스터(N-905CR, N-IT Co. Ltd., Bucheon, Korea)를 이용하여

일정시간 동안 볶음 처리하여 분석용 시료로 사용하였다.

수수 볶음차의 조단백질 함량 분석

수수 볶음차의 조단백질 함량을 분석하기 위하여 제조된 수수 볶음차를 동결건조(FDT-8612, OPERON, Kimpo, Korea)하고 분쇄(Vibrating sample mill, CMT Co., Ltd., Tokyo, Japan)하여 분석용 시료로 사용하였다. 일정량의 시료를 취하여 습식분해한 후 100 mL로 정용하여 분석용 시료로 사용하였으며, 조단백질 함량은 Kjeldahl 분석기(2300 Kjeltec Analyzer Unit, FOSS Tecator, Hillerød, Denmark)를 이용하여 정량하였다.

수수 볶음차 에탄올 추출물의 항산화성분 분석

처리별 수수 볶음차의 항산화성분 및 항산화활성 측정하기 위하여 동결건조 하여 분쇄된 시료 5 g을 취한 후 80% 에탄올 50 mL를 첨가하여 50°C에서 24시간 동안 진탕추출(SK-71 Shaker, Jeio Tech, Kimpo, Korea)을 2회 실시한 다음 여과하여 감압농축기(Eyela N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)로 40°C에서 용매를 완전히 제거하였다. 여기에 80% 에탄올을 이용하여 재용해한 후 50 mL로 정용하여 제조된 각각의 수수 볶음차 에탄올 추출물을 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 처리별 수수 볶음차의 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(30). 추출물 50 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 µL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, mg gallic acid equivalent(GAE)/g(dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO₂ 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl₃·6H₂O 150 µL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 µL를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(30). 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)을 사용하여 검량선을 작성하였으며, mg catechin equivalent (CE)/g(dry basis)로 나타내었다. 총 탄닌 함량은 시료 용액 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들어 주고 5% Na₂CO₃ 용액 1 mL와 1 N Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid(Sigma-Aldrich)를 표준물질로 검량선을 작성하여 mg tannic acid equivalent(TAE)/g(dry basis)로 나타내었다(31).

수수 볶음차 에탄올 추출물의 항산화활성 검정

수수 볶음차 에탄올 추출물에 대한 항산화활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS

(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거활성을 Choi 등(32)의 방법을 변형하여 측정하였다. DPPH radical의 소거활성은 0.2 mM DPPH용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical의 소거활성은 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulphate를 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 1 mL에 추출액 50 μL 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)/g(dry basis)으로 표현하였다.

수수 볶음차 침출액의 색도, 탁도 및 항산화성

수수 볶음차의 차로서의 기호성 및 품질을 살펴보기 위하여 수수 전분의 호화가 일어나고 차로서의 풍미가 생기는 6~9분간 볶음처리한 수수차 시료 20 g을 티백에 포장하여 끓인 증류수 500 mL에 3분간 침출시킨 후 수수 볶음차 침출액의 색도 및 탁도를 분석하였다. 침출액의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도를 나타내는 L값(lightness), 적색도를 나타내는 a값(redness), 황색도를 나타내는 b값(yellowness)으로 나타내었으며, 증류수와 색차(ΔE_{ab})를 계산하였다. 탁도는 UV-VIS spectrophotometer(Multiskan Spectrum Microplate Photometers, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 600 nm에서 투과도를 측정하였다. 또한, 볶음처리에 따른 도정도별 수수 원료곡뿐 아니라 제조된 수수차 침출액의 성분변화를 살펴보기 위하여 색도 및 탁도 분석 시와 동일하게 수수 볶음차 침출액을 제조하여 총 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌 함량 및 항산화활성을 조사하였다.

통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 통계분석은 SAS version 9.2(Statistical Analysis System, SAS Institute, Cary, NC, USA) program을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하고 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

원료곡의 단백질, 항산화성분 함량 및 항산화활성

수수 볶음차 제조를 위하여 볶음 온도는 예비시험에서 도출된 적정 온도인 180°C로 하였는데 이는 볶음온도가 200°C를 초과하는 고온에서 볶음과정이 이루어지면 단시간에 볶음 수수차를 제조할 수 있으나 쉽게 타거나 수수 알곡의 전분이 호화되지 않아 구수한 맛을 느낄 수 없었고, 알곡이 파핑(popping)이 되어 최종 산물에서 전분이 용출되어 차의 탁도가 커져 기호도가 저하될 수 있으며, 150°C보다 낮으면 볶음차를 제조함에 시간이 오래 걸리는 단점이 있었기 때문에 180°C로 설정하였다. 도정도가 다른 수수차 원료곡의 조단백질 함량은 Table 1과 같이 미도정 수수 9.38 g/100 g이었고 최소 도정한 수수 10.03 g/100 g, 도정 수수 11.16 g/100 g으로 서로 상이하게 나타났는데, 이러한 차이는 수수의 단백질이 미강부분보다는 알곡부분에 많이 함유되어 있기 때문으로 생각되었다. 도정 정도별 수수의 항산화성분 차이를 알아보기 위하여 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량을 조사한 결과, 미도정 수수는 각각 8.79 mg GAE/g, 6.32 mg CE/g 및 6.17 mg TAE/g으로 나타났고 최소 도정한 수수는 5.03 mg GAE/g, 4.76 mg CE/g 및 0.89 mg TAE/g으로 미도정 수수의 62.2, 75.3 및 14.4%에 해당되었고, 도정 수수는 2.27 mg GAE/g, 2.23 mg CE/g, 0.31 mg TAE/g으로 미도정 수수의 25.8, 35.3 및 5.0%에 해당되었다. 이와 같이 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량이 수수의 도정 정도가 클수록 낮아지는 것은 본 실험에 사용된 황금찰수수와 같은 유색계열 수수는 종피(pericarp) 부분에 폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌 및 탄닌과 같은 페놀화합물이 축적되어 있기 때문으로(18), 이러한 수수의 페놀화합물은 항산화성분 뿐만 아니라 항균, 콜레스테롤 저하와 같은 건강기능성과 밀접하게 연관이 있는 것으로 최근 연구결과에서 밝혀지고 있다(13-15). 특히 수수의 탄닌 성분은 수수 종피의 최외각층에 많이 존재하여 5%의 최소 도정으로도 상당 부분(85.6%) 제거되는 것으로 나타났다. 항산화활성은 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 모두 유사한 결과를 나타내었는데, 미도정 수수는 각각 18.02 및 27.47 mg TE/g으로 나타났고 최소 도정한 수수는 각각 16.24 및 22.60 mg TE/g으로 미도정 수수의 90.1 및 82.2%에 해당되었고, 도정한 수수는 8.36 및 11.10 mg TE/g으로 미도정 수수의 46.4 및 40.4%에 해당되어 도정도가 클수록 항산화활성이 떨어지는 경향을 나타내

Table 1. Crude proteins, total polyphenol, flavonoid, tannin contents and radical scavenging activity of sorghum by milled type

Milled type	Crude protein ¹⁾	Polyphenol ²⁾	Flavonoid ³⁾	Tannin ⁴⁾	Radical scavenging activity ⁵⁾	
					DPPH	ABTS
Non milled sorghum	9.38±0.80 ⁶⁾	8.79±0.05	6.32±0.09	6.17±0.04	18.02±0.56	27.47±0.28
Minimum milled sorghum	10.03±0.49	5.03±0.21	4.76±0.01	0.89±0.29	16.24±2.44	22.60±1.38
Milled sorghum	11.16±0.13	2.27±0.09	2.23±0.02	0.31±0.02	8.36±0.62	11.10±0.49

¹⁾ gram per 100 gram sample. ²⁾ mg gallic acid equivalent per gram sample. ³⁾ mg catechin equivalent per gram sample.

⁴⁾ mg tannic acid equivalent per gram sample. ⁵⁾ mg Trolox equivalent per gram sample. ⁶⁾ Each value is mean±SD (n=3).

Table 2. Change of crude protein contents of processed sorghum tea (g/100 g)

Pan-fried time (min)	Non milled sorghum	Minimum milled sorghum	Milled sorghum
1	9.94±0.18 ^{1)ab2)}	10.13±0.53 ^a	11.09±0.04 ^{bcd}
2	9.59±0.31 ^{abc}	9.66±0.93 ^a	10.94±0.18 ^{cd}
3	9.50±0.35 ^{bc}	10.28±0.49 ^a	11.44±0.00 ^{abc}
4	9.22±0.57 ^{bc}	10.00±0.35 ^a	11.09±0.13 ^{bcd}
5	8.97±0.49 ^c	9.97±0.22 ^a	10.97±0.13 ^{cd}
6	10.03±0.22 ^{ab}	9.97±0.22 ^a	10.78±0.04 ^d
7	10.50±0.27 ^a	9.81±0.53 ^a	12.00±0.35 ^a
8	9.63±0.44 ^{abc}	10.03±0.40 ^a	11.44±0.71 ^{abc}
9	9.69±0.35 ^{abc}	9.75±0.27 ^a	11.75±0.09 ^a
10	9.19±0.35 ^{bc}	9.88±0.88 ^a	11.66±0.04 ^{ab}
Average	9.60±0.39	9.95±0.48	11.30±0.17

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

었다. 그러나 도정에 따라 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 등 페놀성 화합물이 감소되는 정도에 비하여서는 항산화 활성의 감소정도가 낮아서 수수의 항산화활성을 나타내는 것이 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 이외의 다른 물질 과도 관계가 있음을 알 수 있었다.

수수 볶음차의 단백질 및 항산화성분 함량

볶음시간에 따른 수수 볶음차의 도정도 및 볶음시간에 따른 단백질함량을 분석한 결과 Table 2와 같이 도정도별 단백질함량은 도정 수수차에서 11.30 g/100 g으로 가장 높았고, 최소 도정 수수차 9.95 g/100 g, 미도정 수수차 9.60 g/100 g으로 나타나 원료곡의 조단백 함량과 같은 경향이었고, 볶음시간에 따라서는 조단백질 함량에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

도정도가 다른 수수차의 볶음시간별 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량을 측정된 결과는 Fig. 1과 같이 나타났다. 수수 볶음차의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량은 볶음시간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 도정도별로는 수수차 원료곡의 항산화 성분 변화와 동일하게 도정도가 클수록 항산화성분 함량이 낮아지는 경향이였다. 볶음시간에 따라서는 미도정 수수를 8분간 볶음처리 시 총 폴리페놀이 12.95 mg GAE/g으로 가장 높은 함량을 보였으며(Fig. 1A), 총 플라보노이드 함량은 7분에 7.43 mg CE/g으로 가장 높았고 이후에 감소하였으며, 총 탄닌 함량은 약간 증가하는 경향을 보였으나 큰 변화가 없었다. 최소 도정(Fig. 1B) 및 도정 수수 볶음차(Fig. 1C)의 에탄올 추출물은 미도정한 수수 볶음차 에탄올 추출물보다 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량이 낮았으나, 볶음시간에 따라서 증가하는 것은 미도정 수수와 동일한 경향으로 6~9분 사이 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량이 가장 높게 나타났다. 볶음처리에 의하여 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량이 높아지는 것은 가열현상으로 일어

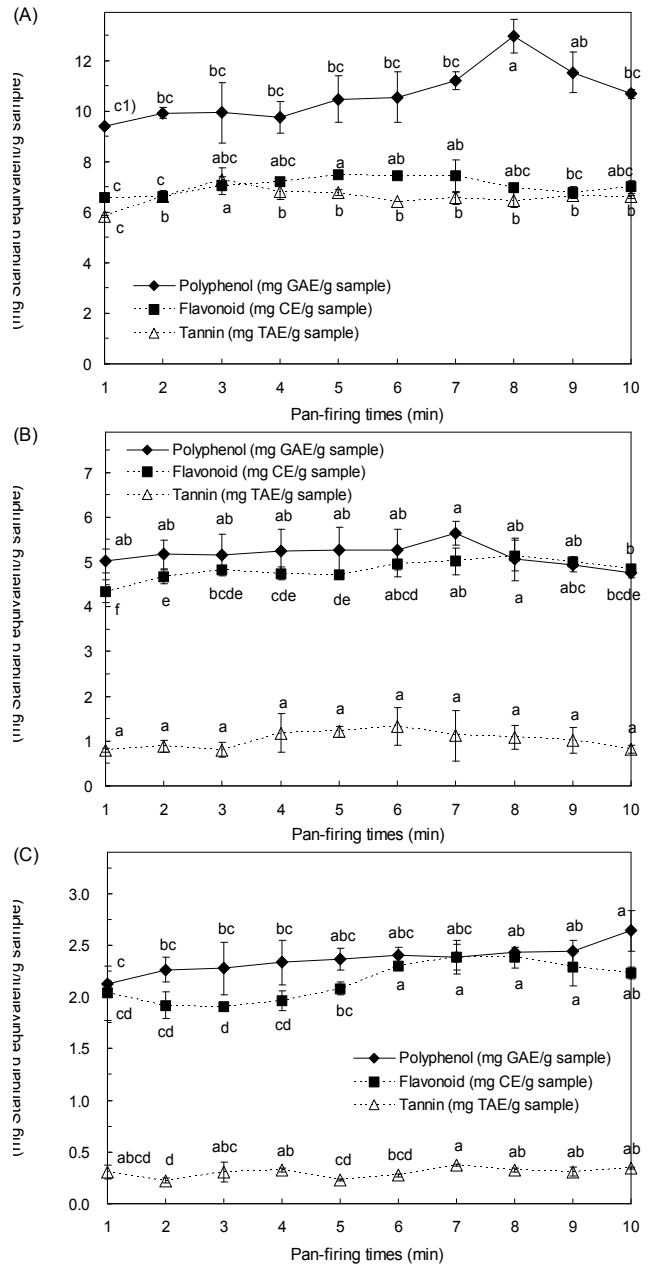


Fig. 1. Change of total polyphenol, flavonoid and tannin contents of non milled sorghum (A), minimum milled sorghum (B) and milled sorghum (C) by pan-fried time. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

나는 maillard 반응에 의해 생성되는 amino-carbonyl 반응 생성물인 melanoidin에 의한 것으로 보고되고 있으며, amino-carbonyl 반응생성물은 유리라디칼 소거활성이 높고, 이들 반응생성물 중에서는 고분자화합물이 저분자화합물보다 소거능이 높은 것으로 알려져 있다(33-36).

수수 볶음차의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성

각각의 수수 볶음차 에탄올 추출물에 대한 DPPH 및 ABTS radical 소거활성을 측정된 결과 Fig. 2와 같이 나타났다. 미도정 수수 볶음차의 DPPH radical 소거활성은 Fig.

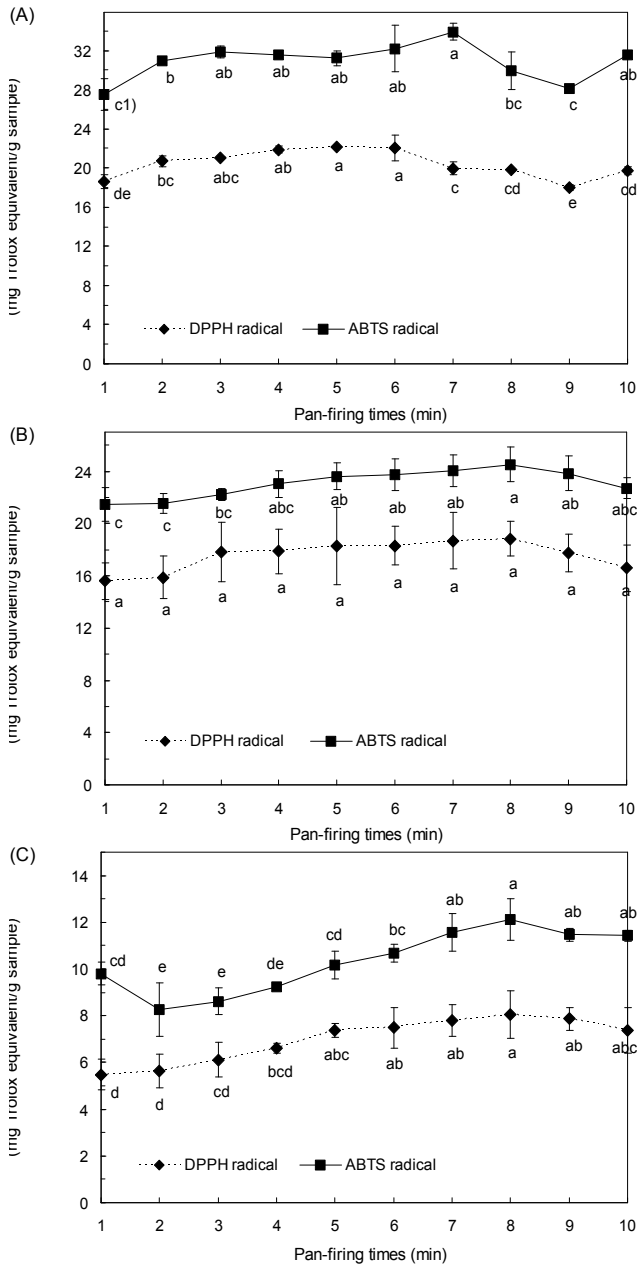


Fig. 2. Change of DPPH and ABTS radical-scavenging activity of non milled sorghum (A), minimum milled sorghum (B) and milled sorghum (C) by pan-fried time. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

2A와 같이 5분(22.16 mg TE/g)까지 증가하다가 이후 감소하는 경향을 보였다. ABTS radical 소거활성은 볶음시간이 증가할수록 활성은 증가하다가 7분에 33.11 mg TE/g으로 가장 높은 활성을 보였고 이후 약간 감소하는 경향을 보였다. 최소 도정한 수수 볶음차의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성(Fig. 2B)은 볶음시간에 따라 증가하다가 볶음시간 8분에서 각각 18.84 및 24.51 mg TE/g으로 가장 높은 활성을 보였으며, 이후 감소하는 경향이였다. 도정한 수수 볶음차의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성(Fig. 2C)도 미도정 및 최

소 도정 수수 볶음차와 같은 경향으로 8분에 각각 8.05 및 12.11 mg TE/g으로 비교적 높은 활성을 나타내었다. 본 시험에서 수수 볶음처리 시간이 경과함에 따라 항산화활성이 증가한 것은 볶음처리에 의해 생성되는 갈색화반응 생성물 질인 melanoidin이 증가하였기 때문으로, Kiligaya 등(36)이 갈색화 반응 생성물인 melanoidin에 의한 항산화력과 환원력은 갈색도와 비례관계가 있다고 보고한 바 있다(35,36). 또한 Suh와 Chun(37)이 보리의 볶음조건에 따른 추출물의 항산화성을 조사한 결과 과도한 볶음조건에서는 총 페놀화합물과 항산화성이 감소한다고 보고한 바 있어 본 시험의 결과와 유사한 경향이였다.

수수 볶음 티백차 열수 침출액의 색도 및 탁도

수수 볶음 티백차 열수 침출액의 색도 및 탁도는 Table 3과 같이 나타났다. 수수 볶음 티백차의 명도(L-value)는 볶음시간이 증가할수록 모든 처리에서 감소하였으며, 도정을 많이 할수록 감소하는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 적색도(a-value)와 황색도(b-value)는 볶음시간이 증가하고 도정을 많이 할수록 증가하는 경향을 보여 도정 수수를 9분간 볶은 수수 티백차 침출액에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 이러한 경향은 도정도별 수수 볶음차 자체의 색상과는 반대되는 경향이었는데, 이는 추출용매가 열수였던 관계로 비극성 색소의 추출이 일어나지 않았을 뿐 아니라 도정하지 않은 수수 볶음 티백차는 수수 종피의 피막에 의해서 색소의 추출이 덜 일어나고, 최소 도정 및 도정 수수의 경우 도정과정에서 종피가 손상되면서 색소의 추출이 잘 일어나는 것으로 생각되었다. 따라서 색차는 도정 수수 볶음차 침출액에서 가장 컸고 미도정 수수 볶음차 침출액이 가장 작았으며, 볶음시간이 증가할수록 maillard 반응에 의해 갈색도가 증가한 것에 기인하여 열수 침출액의 색차도 증가하는 경향을 보였다(34). 탁도의 경우 도정 수수 볶음차 > 최소 도정 수수 볶음차 > 미도정 수수 볶음차 순으로 나타났다. 이는 색도의 경우와 마찬가지로 도정을 할 경우 종피가 깎이면서 침출과정에서 수수의 전분이 용출되어 탁도가 증가하는 것으로 생각되었다.

수수 볶음 티백차 열수 침출액의 항산화성분 및 항산화활성

수수 볶음 티백차 열수 침출액의 도정도 및 볶음시간별 항산화성분 함량과 항산화활성을 검정한 결과는 Table 4와 같이 나타났다. 총 폴리페놀 함량이 가장 높았던 볶음시간은 미도정 수수를 8분 볶음처리한 수수차 침출액 171.61 µg GAE/100 mL, 최소 도정 수수 9분 볶음 수수차 침출액 250.99 µg GAE/100 mL, 도정 수수 7분 볶음 수수차 침출액에서 394.01 µg GAE/100 mL로 볶음시간에 따라서는 7~9분 볶음처리한 수수 티백차 침출액에서 총 폴리페놀 함량이 높았으며, 도정도별로는 도정 수수를 볶음처리한 수수차 침출액에서 가장 높게 나타났다. 총 플라보노이드와 탄닌 함량

Table 3. Chromaticity and turbidity of processed sorghum tea leaching liquer by hot water

Milled type	Pan-fried time (min)	L-value	a-value	b-value	Color difference	Turbidity
Non milled sorghum	6	37.56±0.02 ^{1)a2)}	0.29±0.01 ^l	2.19±0.01 ^k	2.68±0.02 ^k	0.015±0.001 ^e
	7	37.30±0.01 ^b	0.44±0.00 ^k	2.54±0.01 ^j	3.12±0.02 ^j	0.017±0.004 ^{de}
	8	36.63±0.02 ^c	0.84±0.01 ⁱ	3.99±0.03 ⁱ	4.76±0.02 ⁱ	0.023±0.003 ^{de}
	9	36.58±0.01 ^d	0.82±0.00 ^j	4.12±0.02 ^h	4.89±0.01 ^h	0.026±0.003 ^d
Minimum milled sorghum	6	35.26±0.02 ^f	1.92±0.01 ^g	5.40±0.02 ^e	6.83±0.03 ^e	0.062±0.002 ^c
	7	34.95±0.01 ^g	2.12±0.00 ^f	5.69±0.02 ^d	7.27±0.02 ^d	0.067±0.003 ^{bc}
	8	35.57±0.01 ^e	1.74±0.01 ^h	4.98±0.02 ^f	6.28±0.02 ^f	0.059±0.003 ^c
	9	34.95±0.02 ^g	2.13±0.00 ^e	5.83±0.03 ^e	7.40±0.02 ^c	0.065±0.002 ^{bc}
Milled sorghum	6	35.25±0.01 ^f	2.23±0.01 ^d	4.41±0.03 ^g	6.14±0.02 ^g	0.060±0.003 ^c
	7	34.22±0.01 ⁱ	2.99±0.00 ^b	5.91±0.02 ^b	8.11±0.02 ^b	0.075±0.007 ^b
	8	34.75±0.05 ^h	2.49±0.01 ^c	5.36±0.04 ^e	7.23±0.05 ^d	0.065±0.008 ^{bc}
	9	33.81±0.02 ^j	3.13±0.00 ^a	6.62±0.02 ^a	8.92±0.04 ^a	0.103±0.015 ^a

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

Table 4. Polyphenol, flavonoid, tannin and antioxidant activity of processed sorghum tea leaching liquer by hot water

Milled type	Pan-fried time (min)	Polyphenol ¹⁾	Flavonoid ²⁾	Tannin ³⁾	Radical scavenging activity ⁴⁾	
					DPPH	ABTS
Non milled sorghum	6	135.22±2.50 ^{5)e6)}	40.83±1.27 ^g	48.94±0.38 ^k	158.14±4.86 ^h	341.41±3.81 ^l
	7	158.60±4.12 ^{de}	41.94±1.82 ^{fg}	55.70±0.48 ^j	150.95±3.91 ^h	385.25±8.05 ^k
	8	171.61±6.60 ^{cde}	52.10±1.49 ^f	76.23±0.14 ^h	231.66±4.19 ^f	528.45±5.63 ⁱ
	9	193.59±5.26 ^{cde}	46.73±0.49 ^{fg}	70.02±0.06 ⁱ	209.19±3.81 ^g	486.65±5.86 ^j
Minimum milled sorghum	6	264.90±6.69 ^{bcd}	101.19±7.17 ^{de}	221.14±2.60 ^b	925.19±8.13 ^b	1,769.02±4.81 ^c
	7	242.20±9.78 ^{bcdde}	106.46±7.65 ^{de}	229.19±0.62 ^a	959.32±3.98 ^a	1,794.54±2.87 ^b
	8	200.97±9.64 ^{cde}	95.98±7.18 ^e	194.24±0.15 ^d	805.01±7.56 ^d	1,510.24±4.32 ^e
	9	250.99±6.81 ^{bcd}	108.32±0.84 ^d	230.19±2.60 ^a	959.80±4.99 ^a	1,807.00±4.77 ^a
Milled sorghum	6	278.46±6.27 ^{bc}	186.04±9.60 ^b	180.15±0.81 ^e	700.69±1.77 ^e	1,318.56±2.14 ^g
	7	394.01±8.74 ^a	220.24±7.77 ^a	216.52±1.78 ^c	873.78±5.14 ^c	1,548.73±6.43 ^d
	8	331.79±9.07 ^{ab}	169.95±8.74 ^c	166.87±0.37 ^g	708.95±4.80 ^e	1,217.28±5.64 ^h
	9	323.91±9.07 ^{ab}	179.96±5.30 ^{bc}	175.38±0.47 ^f	821.12±6.05 ^d	1,452.08±4.54 ^f

¹⁾µg gallic acid equivalent per 100 mL sample. ²⁾µg catechin equivalent per 100 mL sample.

³⁾µg tannic acid equivalent per 100 mL sample. ⁴⁾mg Trolox equivalent per 100 mL sample.

⁵⁾Each value is mean±SD (n=3).

⁶⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

도 폴리페놀과 유사한 경향이였다. 따라서 수수차 침출액의 도정도별 페놀성 물질 성분 함량의 경향은 수수 볶음차 에탄올 추출물과는 반대되는 경향이며 활성 정도도 낮았다. 이러한 도정도에 따른 차이는 색도실험의 결과와 같이 도정하지 않은 볶음 수수 티백차는 종피의 피막에 의하여 페놀성 물질 추출이 덜 되고, 최소 도정과 도정 수수 볶음차의 경우 종피의 피막이 손상되어 추출이 잘 일어난 것으로 생각되며, 항산화활성이 낮았던 것은 추출에 사용된 용매와 추출방법의 차이에 기인하는 것으로 생각되었다. 항산화활성은 페놀성 물질 함량의 경향과 같이 미도정 수수의 8분과 최소 도정 수수의 9분, 도정 수수의 7분에서 DPPH radical 소거활성 231.66, 959.80 및 873.78 mg TE/100 mL, ABTS radical 소거활성 528.45, 1,807.00 및 1,548.73 mg TE/100 mL로 높게 나타나 페놀성 항산화성분 함량이 항산화활성에 직접적으로 영향을 미친 것으로 나타났다.

요 약

항산화성 높은 수수의 식품으로서의 이용기술을 개발하여 새로운 소비수요를 창출하고자 도정도가 다른 수수를 이용하여 볶음차를 제조하고 이러한 수수차 제조과정이 수수의 항산화성분 및 항산화활성에 미치는 변화를 살펴보았다. 미도정(0%), 최소 도정(5%), 도정(20%)으로 도정 정도가 다른 수수를 1~10분간 볶음처리하여 항산화성분 및 활성 변화를 살펴본 결과 수수 볶음차의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량과 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 볶음시간이 길어질수록 증가하다가 7~9분 사이 가장 높은 값을 나타내고 이후 약간 감소하는 경향이였다. 수수의 도정도별로는 미도정 수수를 볶음처리한 수수차에서 페놀성 화합물 및 항산화활성이 총 폴리페놀 12.95 mg GAE/g, 플라보노이드 7.43 mg CE/g 및 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 19.97 및 33.11 mg TE/g으로 가장 높았으며, 다음으로 최소 도정

수수 볶음차, 도정 수수 볶음차의 순이었다. 이와는 다르게 도정도별 수수 볶음차의 열수 침출물의 항산화활성은 도정 수수 볶음차에서 가장 높았고, 다음으로 최소 도정 수수 볶음차, 미도정 수수 볶음차의 순이었으며, 이는 수수 볶음차 열수 침출액의 색도 및 탁도와 같은 경향으로 도정 수수 볶음차의 경우 종피의 손상에 의해 오히려 열수에 의한 색소 및 항산화성 물질의 용출이 증가한 것으로 생각되었다.

문 헌

- Reiter RJ. 1995. Oxidative process and antioxidative defense mechanism in the aging brain. *FASEB J* 9: 526-533.
- Halliwell B, Gutteridge JM, Cross CE. 1992. Free radicals, antioxidants, and human disease: where are we now? *J Lab Clin Med* 119: 598-620.
- Cao LH, Lee JK, Cho KH, Kang DG, Kwon TO, Kwon JW, Kim JS, Sohn EJ, Lee HS. 2006. Mechanism for the vascular relaxation induced by butanol extract of *Agrimonia pilosa*. *Kor J Pharmacogn* 37: 67-73.
- Ode P. 1995. Herbal insights—a close look at active constituents of medicinal herbs. *SÖFW J* 121: 8-11.
- Choe SY, Yang KH. 1982. Toxicological studies of antioxidants, butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxyanisole (BHA). *Korean J Food Sci Technol* 14: 283-288.
- Arai S. 1996. Studies on function foods in Japan—state of art. *Biosci Biotechnol Biochem* 60: 9-15.
- Kim KO, Kim HS, Ryu HS. 2006. Effect of *Sorghum bicolor* L. Moench (sorghum, su-su) water extracts on mouse immune cell activation. *J Korean Diet Assoc* 12: 82-88.
- Ryu HS, Kim J, Kim HS. 2006. Effect of *Sorghum bicolor* L. Moench (Sorghum, su-su) water extracts on mouse immune cell activation. *Korean J Food & Nutr* 19: 176-182.
- Woo KS, Ko JY, Seo MC, Song SB, Oh BG, Lee JS, Kang JR, Nam MH. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1746-1752.
- Chang HG, Park YS. 2005. Effects of waxy and normal sorghum flours on sponge cake properties. *Food Eng Prog* 9: 199-207.
- Chae KY, Hong JS. 2006. Quality characteristics of Sulgidduk with different amounts of waxy sorghum flour. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 363-369.
- Chung HS, Kim KJ, Youn KS. 2006. Effects of roasting temperature on phytochemical properties of Job's tears (*Coix lachryma jobi* L. var *ma-yeun*) powder and extracts. *Korean J Food Preserv* 13: 477-482.
- Grimmer HR, Parbhoo V, McGrath RM. 1992. Antimutagenicity of polyphenol-rich fractions from sorghum bicolor grain. *J Sci Food Agric* 59: 251-256.
- Hahn DH, Rooney LW, Earp CF. 1984. Tannin and phenols of sorghum. *Cereal Foods World* 29: 776-779.
- Ha TY, Cho IJ, Lee SH. 1998. Screening of HMG-CoA reductase inhibitory activity of ethanol and methanol extract from cereal and legumes. *Korean J Food Sci Technol* 30: 224-229.
- Kil HY, Seong ES, Ghimire BK, Chung IM, Kwon SS, Goh EJ, Heo K, Kim MJ, Lim JD, Lee D, Yu CY. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of crude sorghum extract. *Food Chem* 115: 1234-1239.
- Awika JM, Rooney LW, Waniska RD. 2005. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chem* 90: 293-301.
- Dykes L, Rooney LW. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J Cereal Sci* 44: 236-251.
- Lee GD, Yoon SR, Kim JO, Hur SS, Seo KI. 2004. Monitoring on the tea with steaming and drying process of germinated buckwheat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 212-217.
- Yoo KM, Kim CE, Kim DI, Huh D, Hwang IK. 2005. Antioxidant activity and physicochemical characteristics of tangerine peel tea with *Citrus unshiu* cultivated in Cheju. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 354-359.
- Joo SJ, Choi KJ, Kim KS, Park SG, Kim TS, Oh MH, Lee SS, Ko JW. 2002. Characteristics of mixed tea prepared with several herbs cultivated in Korea. *Korean J Food Preserv* 9: 400-405.
- Park JH, Han JS, Choi HK. 1999. Effect on quality of pan-fired green tea by 1st pan-firing time. *Korean J Medicinal Crop Sci* 7: 101-106.
- Hong MJ, Lee GD, Kim HK, Kwon JH. 1998. Change in functional and sensory properties of chicory roots induced by roasting processes. *Korean J Food Sci Technol* 30: 413-418.
- Yu JS, Hwang IG, Woo KS, Chang YD, Lee CH, Jeong JH, Jeong HS. 2008. Physicochemical characteristics of *Chrysanthemum indicum* L. flower tea according to different pan-firing times. *Korean J Food Sci Technol* 40: 297-302.
- Yoon SK, Kim WJ. 1989. Effects of roasting conditions on quality and yields of barley tea. *Korean J Food Sci Technol* 21: 575-582.
- Ha TY, Chun HS, Lee C, Kim YH, Han O. 1999. Changes in physicochemical properties of steamed rice for *Soong-Neung* during roasting. *Korean J Food Sci Technol* 31: 171-175.
- Lee YT, Seog HM, Kim SS, Kim KT, Hong HD. 1984. Changes in physicochemical characteristics of immature barley kernels during roasting. *Korean J Food Sci Technol* 26: 336-342.
- Ayatse JO, Eku OU, Ikon ET. 1983. Chemical evaluation of the effect of roasting on the nutritive value of maize (*Zea mays*, Linn). *Food Chem* 12: 135-147.
- Künsch U, Schärer H, Patrian B, Höhn E, Conedera M, Sasella A, Jermini M, Jelmini G. 2001. Effects of roasting on chemical composition and quality of different chestnut (*Castanea sativa* Mill) varieties. *J Sci Food Agric* 81: 1106-1112.
- Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
- Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25: 361-377.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
- Monti SM, Ritieni A, Geaziani G, Randazzo G, Mannina L, Segre AL, Fogliano V. 1999. LS/MS analysis and antioxidant efficiency of Maillard reaction products from a lactose-lysine model system. *J Agric Food Chem* 47: 1506-1513.
- Jing H, Kitts DD. 2004. Antioxidant activity of sugar-lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems. *Arch Biochem Biophys* 429: 154-163.
- Choi KJ, Kim MW, Hong SK, Kim DH. 1983. Effects of

- solvents on the yield, brown color intensity, UV absorbance, reducing and antioxidant activities of extracts from white and red ginseng. *J Korean Agric Chem Soc* 26: 8-18.
36. Kiligaya N, Kato H, Fujimaki M. 1968. Studies on antioxidant activity of non-enzymatic browning reaction products. Part I. Reaction of color intensity and reductones with antioxidant activity of browning reaction products. *Agric Biol Chem* 32: 289-290.
37. Suh CS, Chun JK. 1981. Relationship among the roasting conditions, clors and extractable solid content oh roasted barley. *Korean J Food Sci Technol* 13: 334-339.

(2012년 8월 2일 접수; 2012년 9월 4일 채택)