

## 수분함량을 달리하여 제조한 볶음 옥수수차의 품질 및 항산화 특성

이지혜 · 김현주 · 김미정\* · 정건호 · 이병원 · 이병규 · 우관식†

농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부, \*농촌진흥청 연구정책국

### Quality and Antioxidant Characteristics of Roasted Maize Tea with Different Moisture Contents

Ji Hae Lee, Hyun-Joo Kim, Mi Jung Kim\*, Gun-Ho Jung, Byong Won Lee,

Byoung Kyu Lee and Koan Sik Woo†

Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

\*Research Policy Bureau, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

#### Abstract

We investigated the quality characteristics and the antioxidant efficacy of roasted maize tea according to different moisture contents (9% to 14%) using the puffing system (PS) and the roasting system (RS). Compared with the RS, the PS caused higher turbidity (0.017 vs. 0.003 in PS-14% vs. RS-14%), brown color intensity (0.170 vs. 0.059 in PS-14% vs. RS-14%), a-values (0.20 vs. -0.44 in PS - 14% vs. RS-14%), b-values (7.90 vs. 5.57 in PS-14% vs. RS-14%), and a lower L-value (19.67 vs. 21.03 in PS-14% vs. RS-14%). Total polyphenol and flavonoid contents of roasted maize tea were increased along with the moisture content and they were higher with the PS (polyphenol; 5.95 mg GAE/g, flavonoids; 1.27 CE/g in PS-14%) than with the RS (polyphenol; 5.39 mg GAE/g, flavonoids; 1.12 mg CE/g in RS-14%). The DPPH and ABTS radical scavenging effects of roasted maize tea were also increased along with the moisture content, and the scavenging efficacy was significantly higher with the PS (DPPH; 160 mg TE/100g, ABTS; 507 mg TE/100g in PS-14%) compared with the RS (DPPH; 120 mg TE/100g, ABTS; 362 mg TE/100g in RS-14%). The polyphenol levels were significantly correlated with turbidity, brown color intensity, and L, a, and b-values of the roasted maize tea. In addition, an increase of the total polyphenol content in roasted maize tea induced antioxidant activities. As a result, an increase in polyphenols during the roasting process induced antioxidant activities which could prevent damage from free radicals.

Key words: maize (*Zea mays* L.), roasted maize tea, quality characteristics, antioxidant characteristics

#### 서 론

옥수수(*Zea mays* L.)는 쌀, 밀과 더불어 세계 주요 식량 작물이며, 산업적으로는 옥수수 전분, 기름, 시럽 등의 제조 등에 사용되어 왔다. 최근에는 의약품, 시약, 화장품, 도료, 인쇄, 제지업 등에도 이용되어 그 용도가 매우 다양하다(Youn 등 2012, Son 등 2012). 옥수수의 씨눈에는 토클로피놀 tocopherol이 많고(Ignjatovic-Micic 등 2015), 옥수수 겨에는 폴리페놀 성분 중 ferulic acid 함량이 높은 영양학적 특징을

가진다(Manach 등 2004, Saulnier 등 1999, Rouau 등 2003). 폴리페놀은 식물의 이차대사산물로서, 항산화 효능을 통한 산화적 스트레스 유래 질환의 예방효과가 있으며(Manach 등 2004), 특히 옥수수를 포함한 곡물에서 흔히 발견되는 ferulic acid는 radical 제거효능이 뛰어나, 항염증, 항당뇨, 항암, 간보호 효능 등이 있는 것으로 보고되었다(Srinivasan 등 2007).

우리나라 가정에서 옥수수는 간식으로 섭취되거나 보리차와 더불어 주요 곡물차로 음용되어 왔다. 차 제조를 위한 볶음 공정은 가열 반응으로 전분의 호화와 단백질의 변성을 야

† Corresponding author: Koan Sik Woo, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea. Tel: +82-31-695-0616, Fax: +82-31-695-4085, E-mail: wooks@korea.kr

기할 뿐만 아니라, 세포벽의 파괴 등과 같은 물리적 변화, 갈변 반응과 같은 화학적 변화를 발생시켜 곡물 내부의 유용 성분의 추출을 용이하게 하고, 향미와 색 등 관능적 품질요소에 영향을 미친다(Lee 등 2013, Saklar 등 2003, Park 등 1993). 볶음 곡물에 관한 연구 중 대표적인 보리는 아시아, 유럽 국가 등 다양한 국가에서 연구된바 있으며, 볶음 방법에 따라  $\beta$ -glucan, catechin, tocopherol과 같은 항산화 물질의 추출 수율이 달라지는 경향을 나타냈다(Duh 등 2001, Sharma 등 2011a, Sharma 등 2011b). 하지만 옥수수차의 볶음공정에 대한 적정 기준은 마련되어 있지 않으므로, 이와 관련된 품질기준 설정이 필요하다. 특히, 볶음공정에 있어 수분함량은 결과물의 경도, 인성, 조직감 등을 결정하며, 수분함량이 낮은 경우, 쓴맛이 증가할 수 있고, 높은 수분함량에서는 볶음 효율이 저하될 수 있으므로, 적정 수분함량을 조절하는 것이 중요하다(Pittia 등 2001).

식품 가공에 있어 수분함량은 중요한 요인 중에 하나이다(Kim 등 2012). Yanqiang 등(2014)과 Lin 등(2002)은 50% 이상의 고수분 콩 단백질 압출성형은 저수분 압출성형보다 기계적 에너지 감소, 점성의 증가, 지방의 유화, 단백질 구조의 변성 등으로 고품질의 식물성 조직화 단백을 생산할 수 있다고 하였으며, 수분함량과 온도가 압출성형 분리대두단백의 조직에 영향을 미치는 것으로 보고하였다(Park 등 2016; Park 등 2017). 따라서 본 연구에서는 옥수수의 수분함량이 옥수수차 제조에 미치는 영향을 확인하고자 수분함량을 달리한 옥수수 알곡을 팽하기 이용 볶음(Puffing System: PS)과 회전형 볶음기 이용 볶음(Roasting System: RS)의 두 가지 방법으로 처리하고, 열수 추출하여 항산화 성분 함량 변화와 항산화 효능을 분석하고자 하였다. 본 연구에 의한 수분함량 및 볶음방법에 따른 품질 특성과 항산화 효능 분석은 추후 옥수수차 제조를 위한 기초자료로서 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험재료 및 볶음 옥수수차 제조

본 연구에 사용된 옥수수는 경기 수원소재의 국립식량과학원 증부작물부에서 2014년 4월 5일 파종하여 수확된 광평옥(*Zea mays* L. cv. Kwangpyeongok)을 저온저장고(4°C)에 보관하면서 시료로 사용하였다. 옥수수차를 제조하기 위하여 시료의 수분함량은 원료의 수분함량을 측정 후, 시료를 밀폐용기에 넣고 조정하고자 하는 수분함량에 대한 수분을 첨가하여 저온(4°C)에서 교반하면서 수분 함량을 조정하였으며, 최종 수분함량을 측정하여 9, 10, 11, 12, 13 및 14%로 조정하여 옥수수차 제조에 이용하였다. 볶음처리는 팽하기 및 로스팅기를 이용하여 제조하였으며, 일반적인 팽하기(Shinhak

Food Machine Co., Seoul, Korea)를 사용하여 시료 1 kg을 기계에 넣고, 압력이 0.9 MPa이 될 때까지 가열한 후, 불을 끄고 1.2 MPa이 도달할 때까지 방지하였다. 이후 팽화가 되는 것을 방지하기 위해 압력을 서서히 제거하여 옥수수차를 제조하였다. 로스팅기를 이용한 옥수수차는 원적외선 볶음기(FEC-006, Biotech Food Power Co., Incheon, Korea)를 이용하여 예비실험을 통해 볶음조건을 설정하였으며, 볶음온도는 270°C에서 30분간 볶아 옥수수차를 제조하였다.

### 2. 볶음 옥수수차의 품질 특성 분석

볶음 옥수수차의 품질 특성을 분석하기 위하여 일반 가정에서 옥수수차를 끓이는 방법에 따라 분쇄하지 않은 볶음 옥수수 2 g을 원통여지에 넣고, solid-liquid extraction(Soxttherm® rapid extraction system, Gerhardt, Königswinter, Germany)을 이용하여 증류수 100 mL를 가하여 30분 동안 6반복으로 추출하였으며, 추출액을 모아 품질 특성 분석용 시료로 사용하였다. pH는 pH meter(Model 320, Thermo Orion, Beverly, MA, USA)를 이용하여 측정하였으며, 탁도와 갈색도는 UV-VIS Spectrophotometer(Multiskan Spectrum Microplate Photometers, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 600 및 420 nm에서 투과도와 갈색도를 측정하였다(Ryu 등 2008). 볶음 옥수수차의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, Hunter's value인 명도(L-value, lightness), 적색도(a-value, redness) 및 황색도(b-value, yellowness)를 측정하였다(Shin 등 2016).

### 3. 볶음 옥수수차의 항산화 성분 함량 분석

볶음 옥수수차의 페놀성분 및 radical 소거활성을 분석하기 위해 일정량의 시료를 취하여 80% 에탄올을 넣고, homogenizer(HG-15A, Daihan Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간동안 2회 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd.)한 다음, No. 2 여과지(Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)로 여과하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Woo 등(2015)의 방법으로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 50  $\mu$ L에 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  용액 1 mL를 가한 후 3분간 방지하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50  $\mu$ L를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg gallic acid equivalents(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250  $\mu$ L에 증류수 1 mL와 5%  $\text{NaNO}_2$  75  $\mu$ L를 가한 다음, 5분 후 10%  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  150  $\mu$ L를 가하여 6분 방

치하고, 1 N NaOH 500  $\mu$ L를 첨가하고, 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(Woo 등 2015). 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg catechin equivalents(CE, dry basis)로 나타내었다.

#### 4. 볶음 옥수수차 추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거 활성 측정

볶음 옥수수차 추출물의 radical 소거활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거활성을 측정하였다(Woo 등 2015). DPPH radical 소거 활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후, 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical 소거 활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하룻동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후, 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )를 이용하여 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50  $\mu$ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 시료 100 g당 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

#### 5. 통계분석

각 항목의 측정값은 SPSS 통계 프로그램(Statistical Package Social Science, Version.12.0, IBM Corporation, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하였으며, *t*-test 및 분산분석(ANOVA)과 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 수분함량을 달리하여 제조한 볶음 옥수수차의 품질 특성

수분함량을 9~14%로 조정된 옥수수 시료를 팽화기(Puffing System: PS)와 볶음기(Roasting System: RS)를 이용하여 볶은 옥수수차는 Fig. 1과 같이 나타났다. 팽화기를 이용한 옥수수차는 수분함량 14%에서 갈라짐 현상을 많이 보였고, 볶음기의 경우, 갈라짐 현상이 적은 것을 확인하였다. 수분함량을 달리하여 제조한 볶음 옥수수차 열수 추출물로부터 pH, 갈색도, 색도를 측정된 결과는 Table 1과 같이 나타났다. 산도를 측정된 pH 값은 PS를 이용한 경우, RS를 이용한 방법보다 낮은 경향이 나타났으며, pH 4.36~5.05 범위였다. 볶음 옥수수

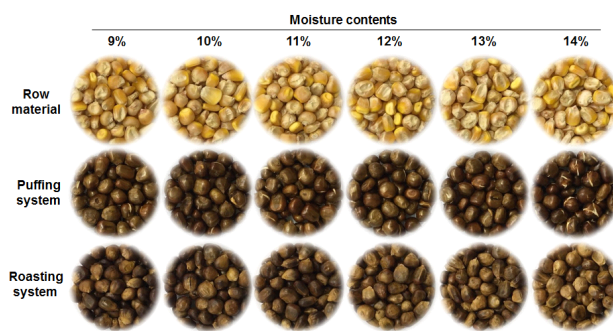


Fig. 1. The photograph of roasted maize tea with different moisture contents and roasting methods.

차의 탁도는 PS를 사용한 경우가 더 높았고, PS를 이용한 수분함량 14% 시료(PS-14%)에서 0.017로 가장 높고, RS를 이용한 수분함량 13%(RS-13%), RS-14%에서 0.003으로 가장 낮게 측정되었다. 갈색도는 탁도와 유사한 경향을 보여, PS-14%에서 0.170, RS-14%에서 0.059였다. 명도를 나타내는 L값은 작을수록 검은색에 가까우며, PS-14%에서 19.67, RS-14%에서 21.03으로 측정되었다. 적색도를 나타내는 a값과 황색도를 나타내는 b값은 L값과 반대로 PS-14%에서 가장 크고, RS-14%에서 가장 작은 값을 나타냈다. 결론적으로 PS는 RS에 비해 산도, 탁도, 갈색도, 적색도, 황색도가 높았으며, 명도는 낮은 특징을 보였다. PS에서는 수분함량이 높아질수록 L값이 작아지고, a 및 b값은 커진 반면, RS에서는 수분함량이 높을수록 L값이 커지고, a 및 b값이 작아지는 상반된 결과를 보였다. PS의 경우, 1.2 MPa의 압력이 가해지기 때문에, 세포벽 파괴 등에 따른 내부 유용물질의 용출이 용이해진다고(De Roeck 등 2007). 따라서 탁도가 RS에 비해 PS에서 높게 나타난 것으로 보인다. 볶음공정은 가열반응으로, Maillard 반응을 야기하며, 그 정도에 따라 갈색도, 명도, 적색도 및 황색도가 변화하는 변색작용을 거친다(Mottram 등 2002). 그러나 수분함량이 증가하는 경우, 연속적인 증발 작용에 의하여 곡물 내부의 온도 증가율은 감소하게 된다(Chiou 등 1989). 따라서 RS에서는 수분 함량이 증가할수록 갈색도, 황색도, 적색도가 감소하고, 명도가 증가하는 경향을 보였다. 그러나 PS는 밀폐된 실린더 내부에서 볶음 공정을 거치므로, 수분 증발이 억제되어 상반된 결과를 보인 것으로 생각된다.

### 2. 수분함량을 달리하여 제조한 볶음 옥수수차의 항산화 성분 함량

수분함량과 볶음방법을 달리한 볶음 옥수수차의 열수추출물을 농축한 후, 에탄올에 재용해하여 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 측정하였다. 일반 옥수수 추출물과 비교하여 볶음 옥수수 추출물에서 더 높은 비율의 폴리페놀이 검출되었

**Table 1. The pH, turbidity, brown color intensity, and chromaticity of roasted maize tea with different moisture contents and roasting methods**

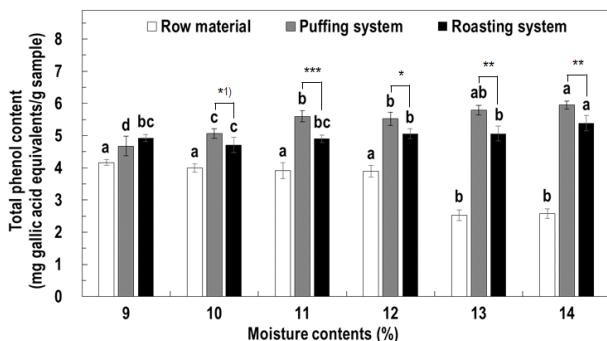
Roasting methods	Moisture contents (%)	pH	Turbidity	Brown color intensity	L-value	a-value	b-value
Puffing system	9	4.44±0.12 <sup>bcd</sup>	0.009±0.001 <sup>d</sup>	0.116±0.001 <sup>c</sup>	20.89±0.28 <sup>a</sup>	-0.19±0.08 <sup>d</sup>	6.25±0.18 <sup>c</sup>
	10	4.36±0.02 <sup>d</sup>	0.014±0.000 <sup>b</sup>	0.159±0.001 <sup>b</sup>	20.10±0.33 <sup>b</sup>	-0.11±0.04 <sup>cd</sup>	7.11±0.19 <sup>b</sup>
	11	4.56±0.02 <sup>a</sup>	0.009±0.000 <sup>d</sup>	0.122±0.001 <sup>d</sup>	20.11±0.43 <sup>b</sup>	-0.08±0.06 <sup>c</sup>	7.10±0.11 <sup>b</sup>
	12	4.52±0.02 <sup>ab</sup>	0.013±0.000 <sup>bc</sup>	0.158±0.000 <sup>b</sup>	19.71±0.54 <sup>b</sup>	0.08±0.06 <sup>b</sup>	7.78±0.08 <sup>a</sup>
	13	4.46±0.02 <sup>bc</sup>	0.012±0.001 <sup>c</sup>	0.150±0.001 <sup>c</sup>	19.88±0.09 <sup>b</sup>	0.08±0.08 <sup>b</sup>	7.73±0.23 <sup>a</sup>
	14	4.39±0.01 <sup>cd</sup>	0.017±0.002 <sup>a</sup>	0.170±0.002 <sup>a</sup>	19.67±0.30 <sup>b</sup>	0.20±0.02 <sup>a</sup>	7.90±0.16 <sup>a</sup>
Roasting system	9	4.79±0.02 <sup>e*</sup>	0.004±0.000 <sup>b*</sup>	0.078±0.001 <sup>c***</sup>	20.69±0.36 <sup>a</sup>	-0.31±0.06 <sup>abc</sup>	6.30±0.16 <sup>ab</sup>
	10	4.85±0.01 <sup>d***</sup>	0.006±0.001 <sup>a**</sup>	0.091±0.002 <sup>b***</sup>	20.42±0.58 <sup>a</sup>	-0.21±0.08 <sup>a</sup>	6.47±0.28 <sup>a*</sup>
	11	4.91±0.01 <sup>c***</sup>	0.006±0.001 <sup>a*</sup>	0.095±0.001 <sup>a***</sup>	20.46±0.92 <sup>a</sup>	-0.23±0.09 <sup>a*</sup>	6.60±0.34 <sup>a</sup>
	12	5.05±0.03 <sup>a***</sup>	0.004±0.001 <sup>b**</sup>	0.071±0.001 <sup>d***</sup>	20.73±0.35 <sup>a*</sup>	-0.29±0.03 <sup>ab**</sup>	6.01±0.06 <sup>bc***</sup>
	13	5.01±0.00 <sup>b***</sup>	0.003±0.001 <sup>b***</sup>	0.061±0.001 <sup>e***</sup>	20.44±0.27 <sup>a*</sup>	-0.40±0.04 <sup>bc**</sup>	5.79±0.14 <sup>c***</sup>
	14	5.01±0.00 <sup>b***</sup>	0.003±0.001 <sup>b**</sup>	0.059±0.001 <sup>f***</sup>	21.03±1.08 <sup>a</sup>	-0.44±0.12 <sup>c**</sup>	5.57±0.30 <sup>c***</sup>

<sup>1)</sup> All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (<sup>a-c</sup>) are significantly different at  $p<0.05$  by a Duncan's multiple range test.

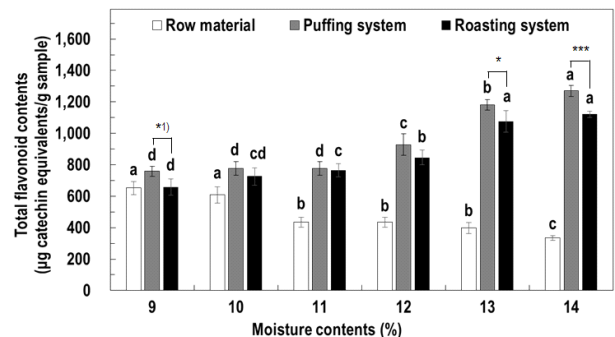
\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ , and \*\*\*  $p<0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of different roasting methods (puffing and roasting system) in the roasted maize tea.

으며, 수분함량이 증가할수록 볶음처리에 의한 총 폴리페놀 함량의 차이가 더 커지는 것을 확인하였다(Fig. 2). 수분함량 9% 시료의 폴리페놀 함량은 4.16 mg GAE/g에서 PS으로 볶음 시, 4.68 mg GAE/g, RS으로 볶음 시 4.92 mg GAE/g으로 변화율이 18% 이내였다. 그러나 수분함량 14%에서는 2.58 mg GAE/g이었던 폴리페놀 함량이 PS 볶음에서 5.95 mg GAE/g, RS 볶음에서 5.39 mg GAE/g으로 대조군과 대비하여 각각

130 및 109% 증가하였다. 플라보노이드 함량 측정에서도 총 폴리페놀 함량과 유사한 경향을 보였다(Fig. 3). 수분함량 9%에서 651 µg CE/g이었던 플라보노이드는 PS 볶음에서 758 µg CE/g, RS 볶음에서 659 µg CE/g으로 나타나, 비슷한 수준을 유지하였다. 그러나 수분함량 14%에서는 대조군 335 µg CE/g에서 PS 볶음 시 1,270 µg CE/g 및 RS 볶음 시 1,121 µg CE/g으로 각각 279 및 235% 증가하였다. 볶음 방법에 따른 향산



**Fig. 2. Total polyphenol contents of the ethanolic extracts of roasted maize tea with different moisture contents and roasting methods.** Means with different superscripts within a column (a-k) are significantly different at  $p<0.05$  by a Duncan's multiple range test. <sup>1)</sup>\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ , and \*\*\*  $p<0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of different roasting methods (puffing and roasting system) in the roasted maize tea.

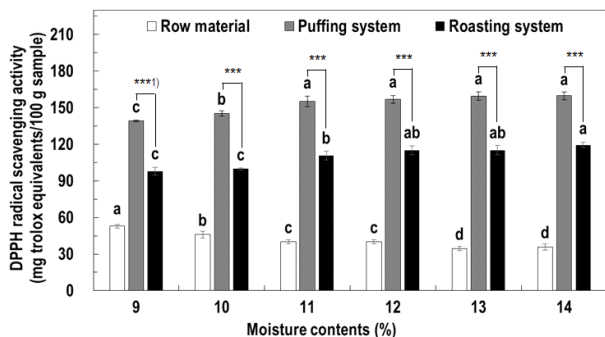


**Fig. 3. Total flavonoid contents of the ethanolic extracts of roasted maize tea with different moisture contents and roasting methods.** Means with different superscripts within a column (a-g) are significantly different at  $p<0.05$  by a Duncan's multiple range test. <sup>1)</sup>\*  $p<0.05$ , and \*\*\*  $p<0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of different roasting methods (puffing and roasting system) in the roasted maize tea.

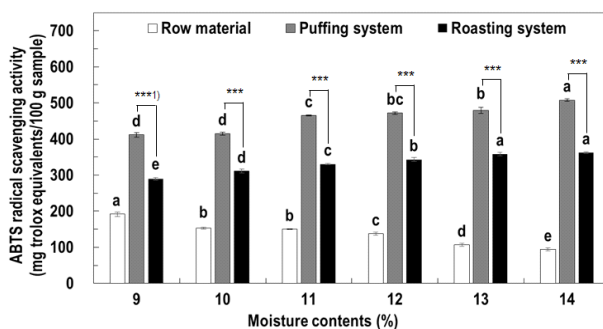
화성분 함량은 총 폴리페놀의 경우, 수분함량 10~14%에서, 플라보노이드 함량 결과에서는 수분함량 9, 13, 14%에서 PS가 RS보다 유의성 있게 높게 나타났다. 곡물의 볶음 처리는 시간과 온도가 증가함에 따라 폴리페놀의 침출량을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Song 등 2013, Lee 등 2009). 본 연구에서도 원곡에 비하여 볶음 처리한 경우, 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 증가되는 것을 확인하였으며, 이는 가열처리에 의한 내부 조직의 파괴로 인한 추출효율이 증가하기 때문인 것으로 보인다. 특히, 가열반응 중, 압력을 가해준 PS에서는 RS에 비하여 더 높은 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 나타냈다(De Roeck 등 2007).

### 3. 수분함량을 달리하여 제조한 볶음 옥수수차의 radical 소거활성

볶음 방법 및 수분함량별 옥수수차의 항산화 효능을 측정하기 위하여 DPPH와 ABTS radical 소거활성을 측정하였다. DPPH radical 소거능은 대조군에서 수분함량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으나, PS, RS 볶음처리시 반대로 수분함량 14%(각각 159 및 120 mg TE/100g)에서 가장 뛰어난 효능을 보였다(Fig. 4). ABTS radical을 이용한 소거활성 실험에서도 Fig. 5와 같이 유사한 경향을 보여, 대조군의 경우 수분함량 증가에 따른 radical 소거능이 유의적으로 감소하는 경향을 보였지만, 볶음 처리군에서는 수분함량이 증가하는 경우 활성이 증가하였다. 수분함량 14%에서 대조군의 ABTS radical 제거능은 94 mg TE/100g으로 가장 낮았고, PS-14%는 508, RS-14%는 362 mg TE/100g으로 각각 5.4 및 3.8배 증가하였다. PS와 RS 비교분석에서는 모든 수분함량 구간에서 PS



**Fig. 4. DPPH radical scavenging activity of the ethanolic extracts of roasted maize tea with different moisture contents and roasting methods.** Means with different superscripts within a column (a~i) are significantly different at  $p < 0.05$  by a Duncan's multiple range test. <sup>1)\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of different roasting methods (puffing and roasting system) in the roasted maize tea.



**Fig. 5. ABTS radical scavenging activity of the ethanolic extracts of roasted maize tea with different moisture contents and roasting methods.** Means with different superscripts within a column (a~n) are significantly different at  $p < 0.05$  by a Duncan's multiple range test. <sup>1)\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of different roasting methods (puffing and roasting system) in the roasted maize tea.

가 RS에 비하여 DPPH와 ABTS radical 소거능이 더 높게 측정되었다. 옥수수차의 radical 소거 활성은 폴리페놀 함량이 높은 시료에서 함께 높아지는 경향을 보였다. 이전의 연구들에서도 폴리페놀 함량과 DPPH 및 ABTS radical 소거활성이 높은 상관관계를 갖는 것으로 보고되어 왔다(Choi 등 2007, Gorinstein 등 2007). 폴리페놀의 수산기는 DPPH나 ABTS radical에 수소 또는 전자를 공여함으로써 유리 radical을 안정화 시킨다. 이는 산화반응을 종결시켜 산화적 손상으로부터 세포를 보호할 수 있을 것으로 생각된다(Antolovich 등 2002).

### 4. 볶음 옥수수차의 품질특성, 항산화 성분 및 활성 간의 상관관계

볶음 옥수수차의 품질특성, 항산화 성분 및 활성 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 2와 같이 나타났다. pH는 명도(0.644,  $p < 0.05$ )와 정의 상관을 보였으며, 탁도(-0.910,  $p < 0.001$ ), 갈색도(-0.926,  $p < 0.001$ ), 적색도(-0.814,  $p < 0.001$ ), 황색도(-0.796,  $p < 0.01$ ), DPPH(-0.811,  $p < 0.001$ ) 및 ABTS radical 소거활성(-0.773,  $p < 0.01$ )과 부의 상관을 보였다. 탁도는 갈색도(0.987,  $p < 0.001$ ), 적색도(0.930,  $p < 0.001$ ), 황색도(0.908,  $p < 0.001$ ), 총 폴리페놀(0.575,  $p < 0.05$ ), DPPH(0.844,  $p < 0.001$ ) 및 ABTS radical 소거활성(0.842,  $p < 0.001$ )과 정의 상관관계를 보였으며, 명도(-0.823,  $p < 0.001$ )와 부의 상관을 보였다. 갈색도는 명도(-0.839,  $p < 0.001$ )와 부의 상관을 보였으며, 적색도(0.940,  $p < 0.001$ ), 황색도(0.938,  $p < 0.001$ ), 총 폴리페놀(0.551,  $p < 0.05$ ), DPPH(0.849,  $p < 0.01$ ) 및 ABTS radical 소거활성(0.831,  $p < 0.01$ )과 정의 상관관계를 보였다. 명도는 적색도(-0.889,  $p < 0.001$ ), 황색도(-0.934,  $p < 0.001$ ), 총 폴리페놀(-0.685,  $p < 0.001$ ), DPPH(-0.718,  $p < 0.01$ ) 및 ABTS radical 소거활성(-

**Table 2. Correlation coefficients among proximate composition, pH, turbidity, brown color intensity, chromaticity, total polyphenol, flavonoid contents, and radical scavenging activity of roasted maize tea according to different cultivation periods and variety**

Factor	Turbidity	Brown color intensity	L-value	a-value	b-value	Polyphenol	Flavonoid	DPPH	ABTS
pH	-0.910***	-0.926***	0.644*	-0.814***	-0.796**	-0.404 <sup>NS</sup>	-0.106 <sup>NS</sup>	-0.811***	-0.773**
Turbidity	1.000	0.987***	-0.823***	0.930***	0.908***	0.575*	0.318 <sup>NS</sup>	0.844***	0.842***
Brown color intensity		1.000	-0.839***	0.940***	0.938***	0.551*	0.238 <sup>NS</sup>	0.849**	0.831**
L-value			1.000	-0.889***	-0.934***	-0.685**	-0.376 <sup>NS</sup>	-0.718**	-0.749**
a-value				1.000	0.976***	0.665*	0.342 <sup>NS</sup>	0.817***	0.840***
b-value					1.000	0.663*	0.282 <sup>NS</sup>	0.784**	0.792**
Polyphenol						1.000	0.758**	0.750**	0.803**
Flavonoid							1.000	0.470 <sup>NS</sup>	0.562*
DPPH								1.000	0.986***

<sup>NS</sup> Not significant. Significant at \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

0.749,  $p < 0.01$ )과 부의 상관관계를 보였다. 적색도는 황색도 (0.976,  $p < 0.001$ ), 총 폴리페놀(0.665,  $p < 0.05$ ), DPPH(0.817,  $p < 0.001$ ) 및 ABTS radical 소거활성(0.840,  $p < 0.001$ )과 정의 상관관을 보였다. 황색도는 총 폴리페놀(0.663,  $p < 0.05$ ), DPPH (0.784,  $p < 0.01$ ) 및 ABTS radical 소거활성(0.792,  $p < 0.01$ )과 정의 상관관계를 보였다. 총 폴리페놀은 플라보노이드 함량 (0.758,  $p < 0.01$ ), DPPH(0.750,  $p < 0.01$ ) 및 ABTS radical 소거활성(0.803,  $p < 0.01$ )과 정의 상관관계를 보였다. 플라보노이드 함량은 ABTS radical 소거활성(0.562,  $p < 0.05$ )과 정의 상관관을 보였다. DPPH radical 소거활성과 ABTS radical 소거활성과의  $r$ 값이 0.986( $p < 0.001$ )으로 정의 상관관계를 보였다.

## 요약 및 결론

옥수수차의 생리활성 효능의 최적 조건을 탐색하기 위해서 옥수수의 수분함량(9~14%)을 달리한 후, 팽화기를 이용한 볶음방법과 회전형 볶음기를 이용한 볶음방법으로 볶음 처리하여 품질 특성과 항산화 물질 함량, 항산화 효능의 변화를 살펴보았다. 볶음 방법에 따른 결과에서 팽화기를 이용한 볶음방법이 전형 볶음기를 이용한 볶음방법에 비해서 탁도, 갈색도가 증가하는 한편, 높은 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량, 높은 DPPH 및 ABTS radical 제거 효능을 보였다. 반면, 팽화기를 이용한 옥수수 볶음 시료에서 수분함량이 증가함에 따라 총 폴리페놀, 플라보노이드 함량이 증가하고, DPPH 및 ABTS radical 소거효능이 증가하는 경향이 보였다. 결론적으로 대조군과 대비하여 14% 수분함량의 옥수수 시료를 팽

화기를 이용한 볶음방법으로 볶음 처리하는 경우, 항산화 물질의 추출 수율 증가와 함께(총 폴리페놀 2.3배, 플라보노이드 3.8배 증가) 항산화 효능(DPPH 4.5배, ABTS 5.4배 증가)이 가장 뛰어난 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01117201)의 지원에 의해 이루어진 것이다.

## Reference

- Antolovich M, Prenzler PD, Patsalides E, McDonald S, Robards K. 2002. Methods for testing antioxidant activity. *Analyst* 127:183-198
- Chiou RYY, Tsai TT. 1989. Characterization of peanut proteins during roasting as affected by initial moisture content. *J Agric Food Chem* 37:1377-1381
- Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 103:130-138
- De Roeck A, Sila DN, Duvetter T, Van Loey A, Hendrickx M. 2007. Effect of high pressure/high temperature processing on cell wall pectic substances in relation to firmness of carrot tissue. *Commun Agric Appl Biol Sci* 72:141-146
- Duh PD, Yen GC, Yen WJ, Chang LW. 2001. Antioxidant

- effects of water extracts from barley (*Hordeum vulgare* L.) prepared under different roasting temperatures. *J Agric Food Chem* 49:1455-1463
- Gorinstein S, Medina Vargas OJ, Jaramillo NO, Salas IA, Martinez Ayala AL, Arancibia-Avila P, Toledo F, Katrich E, Trakhtenber S. 2007. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *Eur Food Res Technol* 225:321-328
- Ignjatovic-Micic D, Vancetovic J, Trbovic D, Dumanovic Z, Kostadinovic M, Bozinovic S. 2015. Grain nutrient composition of maize (*Zea mays* L.) drought-tolerant populations. *J Agric Food Chem* 63:1251-1260
- Kim CH, Jin T, Ryu GH. 2012. Effects of moisture content on physical properties of extruded cereal flours. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1603-1610
- Lee MH, Cho JH, Kim BK. 2013. Effect of roasting conditions on the antioxidant activities of *Cassia tora* L. *Korean J Food Sci Technol* 45:657-660
- Lee SH, Lee YR, Hwang IG, Woo KS, Kim KH, Kim KJ, Jeong HS. 2009. Antioxidant activities and quality characteristics of germinated rough rice tea according to roasting temperature, time and leaching condition. *Korean Soc Food Sci Technol* 41:386-391
- Lin S, Huff HE, Hsieh F. 2002. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog. *J Food Sci* 67:1066-1072
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 79:727-747
- Mottram DS, Wedzicha BL, Dodson AT. 2002. Food chemistry: acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419:448-449
- Park JH, Apapan C, Ryu GH. 2017. Effects of gluten and moisture content on texturization of extruded soy protein isolate. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:473-480
- Park JH, Kang DI, Ryu GH. 2016. Effect of screw speed, moisture content and die temperature on texturization of extruded soy protein isolate. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:1170-1176
- Park MH, Kim KC, Kim JS. 1993. Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. *Korean J Ginseng Sci* 17:228-231
- Pittia P, Rosa MD, Lericri CR. 2001. Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions. *LWT-Food Sci Technol* 34:168-175
- Rouau X, Cheynier V, Surget A, Gloux D, Barron C, Meudec E, Louis-Montero J, Criton M. 2003. A dehydrotrimer of ferulic acid from maize bran. *Phytochem* 63:899-903
- Ryu BM, Kim JS, Kim MJ, Lee YS, Moon GS. 2008. Comparison of the quality characteristics of *Sikhye* made with N<sub>2</sub>-circulated low-temperature dry malt and commercial malts. *Korean J Food Sci Technol* 40:311-315
- Saklar S, Ungan S, Katnas S. 2003. Microstructural changes in hazel-nuts during roasting. *Food Res Int* 36:19-23
- Saulnier L, Thibault JF. 1999. Ferulic acid and diferulic acids as components of sugar beet pectins and maize bran heteroxylans. *J Sci Food Agric* 79:396-402
- Sharma P, Gujral HS. 2011a. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Res Int* 44:235-240
- Sharma P, Gujral HS, Rosell CM. 2011b. Effects of roasting on barley  $\beta$ -glucan, thermal, textural and pasting properties. *J Cereal Sci* 53:25-30
- Shin DS, Choi YJ, Jeong ST, Sim EY, Lee SK, Kim HJ, Woo KS, Kim SJ, Oh SK, Park HY. 2016. Quality characteristics of mixed *Makgeolli* with barley and wheat. *Korean J Food Nutr* 29:565-572
- Son BY, Kim JT, Lee JS, Baek SB. 2012. Chemical composition of seed from inbred lines and hybrids of maize recently developed in Korea. *Korean J Crop Sci* 57:188-194
- Song SB, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Woo KS. 2013. Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activity of Adzuki bean and adzuki bean tea depending on the variety and roasting time. *Korean J Food Sci Technol* 45:317-324
- Srinivasan M, Sudheer AR, Menon VP. 2007. Ferulic acid: Therapeutic potential through its antioxidant property. *J Clin Biochem Nutr* 40:92-100
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Lee JS, Jung TW, Jeong HS. 2015. Changes in antioxidant contents and activities of Adzuki beans according to germination time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:687-694
- Yanqiang F, Bo Z, Yimin W. 2014. Effects of the specific mechanical energy on the physicochemical properties of texturized soy protein during high moisture extrusion cooking. *J Food Eng* 121:32-38
- Youn KS, Chung HS. 2012. Optimization of the roasting temperature and time for preparation of coffee-like maize beverage using the response surface methodology. *LWT-Food Sci*

*Technol* 46:305-310

---

Received 17 August, 2017  
Revised 05 September, 2017  
Accepted 12 September, 2017