

## 옥수수 품종별 볶음 시간에 따른 이화학적 특성 변화

박혜영 · 손범영\* · 최유찬 · 배환희 · 최혜선 · 박지영 · 심은영 · 김홍식\* · †김미정\*  
농촌진흥청 국립식량과학원 증부작물부 농업연구사, \*농촌진흥청 국립식량과학원 증부작물부 농업연구관

### Change in Physicochemical Properties according to Roasting Time by Maize (*Zea mays* L.) Varieties

Hye-Young Park, Beom-young Son\*, Yu-Chan Choi, Hwan-Hee Bae, Hye Sun Choi,  
Jiyoung Park, Eun-Yeong Sim, Hong-Sig Kim\* and †Mi Jung Kim\*

Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea  
\*Senior Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate the Maillard reaction - related physicochemical properties of three maize varieties (*Kwangpyeongok*, *Sinhwangok2ho* and *Gangdaok*) after roasting them for different times (0, 15, 25, 40, and 55 minutes). The Maillard reaction is a non-enzymatic browning reaction involving reducing sugars and amino compounds. The content of reducing sugar, the causative agent of the Maillard reaction, decreased as roasting time increased. *Gangdaok* showed the lowest reducing sugar content of 1.04 mg/g after 55 minutes of roasting. In the elapsed roasting time, chromaticity 'L' and 'b' values decreased. At 55 minutes of roasting, wherein the Maillard reaction occurred most actively, *Gangdaok* showed the lowest 'L' value of 56.37 and the highest 'a' value of 7.60. *Gangdaok* had superior conditions for inducing the Maillard reaction compared to other varieties, and it is considered that 'flint - type', an endosperm characteristic, may have been the influencing agent. This study detected a total of 52 types of volatile aroma compounds (VACs), of which 28 were produced after roasting. Of the total VACs detected, 2-Formyl-5-methylfuran and 2-Furancarboxaldehyde accounted for 43.8~45.5% and have been confirmed to be the major VACs present in roasted maize. Most of the correlations between the Maillard reaction - related characteristics showed high correlation coefficients.

Key words: maize, physicochemical properties, roasting, varieties, Maillard reaction

#### 서 론

코로나19로 인한 국제무역 제한, 러시아-우크라이나 전쟁 발발에 최근 기후 문제까지 가세하여 세계 주요 작물의 수급에 큰 차질을 빚고 있으며, 여러 식량 관련 전문기관에서 향후 몇 년간, 밀, 옥수수 등의 생산량이 지속해서 감소할 것으로 예측하였다(MBN 2022). 관련한 우리나라 옥수수의 수급 현황은 2020년 곡물자급도가 0.7%이었고, 식량자급도는 3.6%로 매우 낮은 수준이다(MAFRA 2021). 따라서 국제 식량 위기에 더 민감할 수 있는 옥수수의 생산과 소비에 대한 선제 대응이 필요하다.

옥수수(*Zea mays* L.)는 전 세계 가장 많이 생산되고 있는 작물로서, 간식용, 가공용 및 사료용으로 소비되고 있다. 국내에서는 간식용이 주로 재배되고 있으며, 그 외 가공 및 사료 원료는 수입에 의존하고 있다(Kim 등 2002). 국내 옥수수 유용자원의 확보를 위하여 지금까지 육종한 품종은 60종에 달하며(KSVS 2020), 개발한 자원의 효율적 이용을 위하여 재배(Lee 등 2017a; Lee 등 2019), 환경(Kim 등 2000; Kim 등 2017), 저장(Son 등 1999; Choi 등 2006; Lee 등 2006) 및 가공(Heo 등 2005; Cha 등 2012; Lee 등 2017b) 분야에서 다양한 연구가 이루어졌다. 또한 Lee 등(2013), Kim 등(2014), Jung 등(2016) 및 Lee 등(2020)은 옥수수 품종에 기반을 둔 이화학

† Corresponding author: Mi Jung Kim, Senior Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea. Tel: +82-31-695-0610, Fax: +82-31-695-0609, E-mail: kumozi@korea.kr

적 특성, 취반 특성, 함유 성분 등의 분석을 통해 육성된 자원의 이용성 제고를 위한 기반을 수립하였다.

우리가 매일 먹는 옥수수 가공제품은 1,300여 종에 이르며, 줄기부터 이삭, 옥수수수염까지 옥수수의 모든 부위가 식품산업은 물론 제약 산업, 공업 소재, 화장품, 에너지원, 농업용품 등에서 다양하게 이용되고 있다(KSCS 2012). 옥수수의 대표 가공식품인 옥수수 차는 말려서 볶은 옥수수 알곡을 넣어 끓인 차로 정의되며(RIKS 2009), 제조법과 음용 방법이 비슷한 보리차와 함께 한국인의 식사에서 물을 대신하였다. 옥수수 차의 제조공정은 볶음 공정과 추출공정으로 나뉘며, 볶음 공정에서 원료 품종 및 건조 상태, 볶음 시간 및 온도, 볶음 장치 등이 주요한 조건이라면 추출공정에서는 물과 볶은 옥수수 알곡의 비율, 입자 형태와 크기, 물의 이온 특성, 추출 온도와 시간, 추출장치 등이 주요 조건이 되며 옥수수 차의 품질을 결정짓는다(Park & Chun 1991; Lee 등 2001; Lee 등 2017b).

식품의 비효소적 갈변반응에는 단백질의 아미노기와 탄수화물의 카르보닐기 축합으로 melanoidin이 생성되는 마이야르 반응(Maillard reaction), amino 화합물이 존재하지 않는 조건에서 주로 당류의 가열에 의한 산화 및 분해가 일어나는 캐러멜화 반응(caramelization reaction), 아스코르브산 산화반응(ascorbic acid oxidation)이 있으며, 이러한 화학반응은 식품의 품질을 결정짓는 주요 요인이 된다(Lee 등 2014). 옥수수를 고온에서 일정 시간 볶을 때 비효소적 갈변반응이 일어나며, 이때 색의 변화와 함께 특정 향기 성분이 생성되어 차(茶)로 활용된다. 본 연구에서는 국내 곡실 옥수수를 대상으로 옥수수 볶음 시 발생하는 마이야르 반응 관련 특성을 분석하여 옥수수 차의 가공성 검토를 위한 기초자료를 확보하고, 시험품종 선발 시 고려하였던 배유 특성과의 영향성도 함께 살펴보고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구에 사용한 시험재료는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성된 품종으로, 곡실 옥수수의 배유 특성에 따른 가공적성도 함께 살펴보고자 배유 특성을 달리하는 광평옥(*Zea mays* L. cv. *Kwangpyeongok*, Dent type), 신흥옥2호(cv. *Sinhwangok2ho*, Intermediate type), 강다옥(cv. *Gangdaok*, Flint type)을 선택하여 시험에 사용하였다. 모든 시료는 2021년 수원시 권선구 소재 국립식량과학원 중부작물부 시험연구 포장에서 옥수수 표준재배법(RDA 2019)을 적용하여 재배하였고, 수확 후 분리한 종실을 8% 내외로 건조하여 4°C에 보관하며 실험에 사용하였다.

### 2. 옥수수 볶음 처리

옥수수 볶음 처리는 볶음기(FEC-006, Biotech Food Power Co., Incheon, Korea)를 이용하였다. 품종 및 볶음 시간에 따른 변화를 중점적으로 살펴보기 위하여 NICS(2018)를 참조하여 볶음 온도는 볶음기 바닥 기준의 200°C(장비 구동온도 250°C) 단일 온도 조건으로 선정하였고, 볶음 시간은 선행 연구 조건을 조정하여 15, 25, 40, 55분으로 하였다. 1회 볶음 시료의 양은 100 g이었고, 각 설정시간에 맞춰 독립적으로 시행하였다. 시료는 볶음 처리 직후 상온으로 식혀 밀폐된 용기에 넣어 냉장 보관하며 분석에 사용하였다.

### 3. 옥수수 볶음 시간에 따른 조단백질 및 환원당 함량 분석

옥수수 볶음 시간에 따른 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl 법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Foss Analytical, Hillerød, Hovedstaden, Denmark)를 이용하였고, 질소함량을 측정 후, 질소계수 6.25를 곱하여 조단백질 함량을 구하였다. 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법을 변형하여 분석하였다(Miller GL 1959). 즉 추출한 시료 1 mL를 취해 DNS 시약 1.5 mL를 넣고 섞은 다음 10분간 100°C에서 반응시킨 후 냉각하여 분광광도계(EPOCH2, Bio Tek Instruments Inc., Winooski, VT, USA)로 550 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 4. 옥수수 볶음 시간에 따른 수분 함량, pH 및 경도 분석

수분 함량은 건조기(DS-80-1, Dasol scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)를 이용하여 상압 가열건조법으로 측정하였고, pH는 시료 5 g에 증류수 100 mL를 가하여 균질화한 후 실온에서 30분간 안정시켜서 pH(Metrohm 691, Metrohm, Herisau, Switzerland)로 측정하였다. 경도(hardness)는 균일한 크기의 옥수수를 선별한 후 배유와 배 부위가 보이도록 알곡을 놓혀 배유 부위를 측정하였다. 분석은 물성분석기(TestXpert II, Zwick Roell, Ulm, Baden-Württemberg, Germany)와 probe p/2 (diameter 2 mm)를 사용하였고, pre-test speed 2.0 mm/sec, post-test 2.0 mm/sec, strain 25%의 조건으로 10번 반복하여 측정하였다(Alvarez-Poblano 등 2020; Park 등 2020; Vernon-Carter 등 2020).

### 5. 옥수수 볶음 시간에 따른 색도 분석

옥수수 색도는 분말상태의 시료를 투명 플라스틱 용기(Cell culture dish, 60×15 mm, SPL Life Science, Pocheon, Korea)에 넣어 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정값은 Hunter's value인 명도(L-value, lightness), 적색도(a-value, redness) 및 황색도(b-value, yellowness)로 도출하였고, 이때 사용한 표준 백판의 색도는 L-value=98.80, a-value=

-0.09, b-value=-0.37이었다(Park 등 2020).

## 6. 옥수수 볶음 전·후 향기성분 분석

향기성분 분석은 볶음 처리를 하지 않은 원료와 옥수수 차의 완성도가 가장 높은 55분 볶음 시료를 대상으로 하였다. 분말 시료 2 g에 NaCl 2 g과 4 µL의 1,2,3-trichloropropane (2,000 ppm, internal standard)을 amber vial에 넣은 후 알루미늄 캡으로 밀봉한 다음, 65 µm PDMS/DVB(polymethyl siloxane, divinyl benzene) fiber에 60°C에서 10분 동안 흡착하였다. 향기 성분은 GC(Gas chromatograph Tracer 1310, Thermo Scientific, Austin, TX, USA), MS(Triple Quadrupole Mass Spectrometer TSQ 8000, Thermo Scientific, Austin, TX, USA)를 이용하여 분석하였다. 분석에 사용된 컬럼은 DB-WAX 컬럼(Agilent 60 m × 0.25 mm, film thickness 0.5 µm, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)으로 오븐 온도를 50°C에서 250°C로 올렸으며, injector의 온도는 250°C이었고, 질량 선택적 검출기의 계면온도는 250°C로 하였다. 향기 성분 포집은 SPME (solid phase micro extraction) 방법을 사용하였고, fiber는 carboxen/polydimethylsiloxane fiber(CAR/PDMS, 75 mL, Supelco, Bellefonte, PA, USA)이 코팅된 것을 이용하였고 Carrier gas는 He을 사용하였다. 포집 후 injector에 5분 동안 정치시켜 얻은 mass spectrum을 NIST mass spectral search program(NIST/EPA/NIH Mass Spectral library version 2.0, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA)으로 각 화합물을 동정하였고 상대적 비율로 나타내었다(Shin 등 2019).

## 7. 통계분석

모든 결과 값에 대한 통계분석은 SPSS 프로그램(Statistical Package for Social Science, version 12, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 본 시험에서 얻어진 결과는 반복 값에

따른 평균과 표준편차로 산출하였고, 품종 및 볶음 시간 각 그룹 내 유의성 검정은 일원분산분석(one-way ANOVA)과 다중범위 검정법(Duncan's multiple range test)을 독립적으로 수행하여 결과를 도출하였다. 옥수수 볶음처리에 따른 특성 간 상관분석을 실시하였고, 도출된 Pearson 상관계수와 *p*-value를 함께 제시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 옥수수 볶음 시간에 따른 조단백질 및 환원당 함량

옥수수 볶음 시 발생하는 주 갈변반응은 옥수수가 일정량의 단백질을 함유하고 있어 마이야르 반응으로 생각되며, 이에 따라 마이야르 반응을 일으키는 원인물질을 살펴보았다. 옥수수 품종별 볶음 시간에 따른 단백질과 환원당 함량은 Table 1과 같다. 볶음 전 원료의 단백질 함량은 7.96~10.38% 범위로 광평옥이 제일 높았다(*p*<0.01). 이는 Lee 등(2017a)이 제시한 7월 파종의 광평옥, 강다옥과 매우 유사한 수준이었다. 옥수수 볶음 시간에 따른 단백질 함량도 볶음 15분을 제외하고 광평옥이 높았으나, 전체 볶음 시간에 따른 특정 경향을 나타내지는 않았다.

한편 원료의 환원당 함량은 2.02~2.41 mg/mL 범위에서 품종 간 유의적 차이는 없었고, 모든 품종에서 볶음 처리를 시작하면서 환원당 함량이 급격하게 감소하여 볶음 15분에 1.10~1.29 mg/mL로 원료 대비 36~53% 감소하였다. 또한 볶음 시간에 따라 모든 품종의 환원당 함량은 감소하는 경향을 나타냈고, 동일 볶음 시간 내에서 강다옥의 환원당 함량이 유의적으로 낮았다(*p*<0.01). 배유 특성과 연계하여 환원당 함량이 낮았던 강다옥은 경립종으로 옥수수 알곡 건조에 따라 형태가 변하지 않고 둥글며 단단한 모양을 하고 있고, 껍질이 얇은 특성이 있어 옥수수 차 가공에 좀 더 적합할 것으로

**Table 1. Protein and reducing sugar content of maize according roasting time by cultivars**

	Cultivars	Roasting time (min.)				
		0	15	25	40	55
Protein (%)	<i>Kwangpyeongok</i>	10.38±0.05 <sup>ab</sup>	8.29±0.20 <sup>bc</sup>	11.12±0.60 <sup>aA</sup>	11.42±0.32 <sup>aA</sup>	11.46±0.04 <sup>aA</sup>
	<i>Sinhwangok2ho</i>	7.96±0.08 <sup>cd</sup>	8.26±0.07 <sup>bc</sup>	8.68±0.01 <sup>cb</sup>	8.38±0.16 <sup>cC</sup>	9.06±0.17 <sup>cA</sup>
	<i>Gangdaok</i>	9.23±0.05 <sup>bA</sup>	9.37±0.75 <sup>aA</sup>	9.69±0.05 <sup>bA</sup>	10.14±0.06 <sup>bA</sup>	9.65±0.46 <sup>bA</sup>
Reducing sugar (mg/mL)	<i>Kwangpyeongok</i>	2.02±0.12 <sup>aA</sup>	1.29±0.03 <sup>ab</sup>	1.27±0.03 <sup>ab</sup>	1.11±0.03 <sup>aC</sup>	1.13±0.03 <sup>aC</sup>
	<i>Sinhwangok2ho</i>	2.41±0.20 <sup>aA</sup>	1.14±0.03 <sup>bb</sup>	1.13±0.01 <sup>bb</sup>	1.13±0.02 <sup>ab</sup>	1.18±0.07 <sup>ab</sup>
	<i>Gangdaok</i>	2.21±0.18 <sup>aA</sup>	1.10±0.01 <sup>bb</sup>	1.12±0.07 <sup>bb</sup>	1.04±0.02 <sup>bb</sup>	1.04±0.03 <sup>bb</sup>

<sup>1)</sup> All results are expressed as mean±standard deviation (n=3).

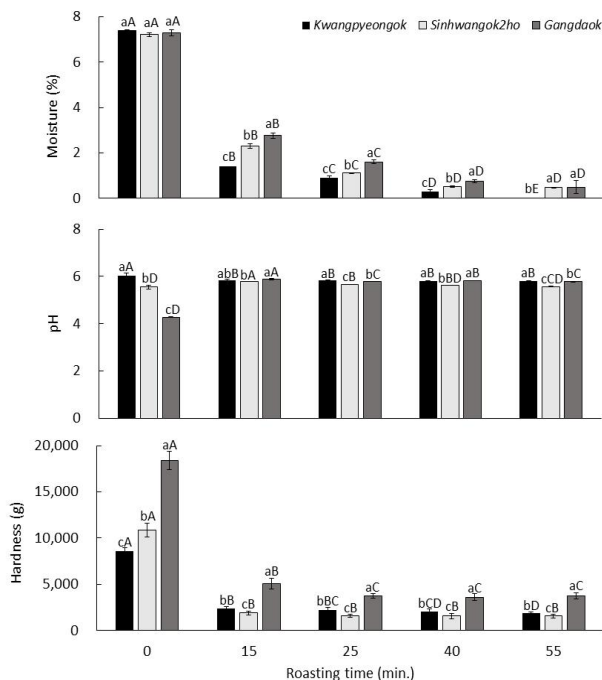
<sup>2)</sup> Mean with different letters within the same (<sup>a-c</sup>) column and (<sup>A-D</sup>) row are significantly different from each other at *p*<0.05 by Duncan's multiple range test.

사료된다(RDA 2019). Choi SH(2010) 연구에서 녹차 볶음 전과 비교하여 각 볶음 온도에서 볶음 시간 증가에 따라 환원당과 주요 유리아미노산 함량이 감소하여 본 연구와 같은 결과를 나타냈는데, 이것은 마이야르 반응에 참여하는 환원당 소비에 영향을 받았을 것으로 생각된다.

당류와 아미노산의 축합으로 마이야르 반응이 개시되는 것과 관련하여 당과 아미노산 조성에 따른 다양한 조합으로 많은 연구가 이루어졌다. Ni 등(2021)은 ribose, xylose를 첨가하여 유도한 마이야르 반응에서 glucose나 fructose보다 높은 furan 함량을 보고 했는데, 이는 오탄당의 amadori 전위에서 일어나는 1, 2-enolization에 기인한다고 하였다. 또한 Kwak 등(2005)의 연구에서 galactose와 glycine, galactose와 alanine의 당-아미노산 조합에서 반응물 농도가 컸으며, 마이야르 반응에 미치는 영향력은 아미노산이 glycine,  $\beta$ -alanine, L-valine, L-tyrosin, L-aspartic acid, L-glutamic acid 순서로 높았고, 당은 galactose, fructose, glucose, lactose, sucrose이었다. 특정 당과 아미노산의 조합으로 마이야르 반응을 유도한 또 다른 연구로 Liu 등(2008)은 galactose/glycine 모델 시스템에서 유발된 마이야르 반응으로 galactose 농도 의존적으로 갈색도 증가 시기가 빨라졌으며, 반대로 pH는 감소하였다. 한편 Lee 등(1996)의 마이야르 반응에 대한 총 아미노산 함량의 높은  $R^2(0.9478)$ 와 glucose에서의 높은  $R^2(0.9250)$ 를 나타냈지만, fructose에 대해서는  $R^2(0.6490)$ 로 높지 않았다. 본 연구의 볶음 시간 경과에 따른 환원당 감소와 비환원당인 sucrose가 마이야르 반응의 영향력이 가장 낮았던 것으로 결과의 유사성을 보여주었고, 식품을 구성하는 당과 아미노산 조성 및 함량은 마이야르 반응 관련하여 옥수수 차로서의 가공적성을 결정짓는 주요 품질인자임을 확인할 수 있었다.

## 2. 옥수수 볶음 시간에 따른 수분 함량, pH 및 경도

마이야르 반응은 여러 단계의 반응으로 구성되어 있으며, 각 반응은 온도 및 시간, 수분, pH, 이산화황과 같은 화학적 저해물질 등 여러 요소에 의하여 영향을 받는다(Lee 등 2014). 본 연구에서는 옥수수 볶음 시 발생하는 마이야르 반응에 영향을 주는 인자로 수분 함량과 pH를 분석하였고, 옥수수 배유 특성에 대한 영향을 살펴보고자 경도를 분석하여 Fig. 1에 함께 제시하였다. 볶음 0분의 수분 함량은 7.21~7.39% 범위이었고, 품종 간 유의적 차이를 나타내지 않았다( $p < 0.01$ ). 모든 품종에서 볶음 시간 증가에 따라 종실 내 수분 증발로 수분 함량은 감소하였고, 볶음 전 7.20% 이상이었던 수분 함량은 55분 볶음 시 0.00~0.50% 수준으로 감소하였다. 한편 동일 볶음 시간에서 품종에 따른 차이는 볶음 시간 15분, 25분, 40분, 55분 모든 처리시간에서 강다옥이 유의적으로 높았고( $p < 0.01$ ), 볶음 전 원료 수분 함량이 동일 수준임을



**Fig. 1. Moisture, pH and hardness of maize according roasting time by cultivars.** Mean with different letters within the same (<sup>a-c</sup>) roasting time and (<sup>A-D</sup>) cultivar are significantly different from each other at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test (moisture:  $n=3$ , pH:  $n=3$ , hardness:  $n=10$ ).

생각할 때, 원료의 수분 함량에 대한 영향을 배제할 수 있어 품종에 따른 명확한 차이를 살펴볼 수 있었다. 시험에 사용한 3품종은 배유 특성을 달리하여, 경립종인 강다옥은 배유 외곽을 경질 전분이 둘러싸고 있는 구조를 지니며, 배유 중앙과 위쪽에 연질 전분이 위치한 마지중 광평옥보다 볶음 시 전달되는 열에 의한 수분 손실이 적을 수 있는데, 이러한 조건으로 다른 품종과 비교하여 수분 함량이 높게 유지되었을 것으로 생각된다(RDA 2019). 수분 함량이 커질수록 마이야르 반응이 증가하나, 일반적으로 수분활성도 0.6~0.8 사이에서 최대치를 가진 후 다시 감소하는 것으로 알려져 있으며 (Kim DH 2015), Han 등(1973)은 마른 멀치 저장 중 수분활성도에 따른 비효소적 갈변반응의 증가를 확인하였고, 적절한 품질 유지를 위해 수분활성도 0.32~0.45를 제시하였다.

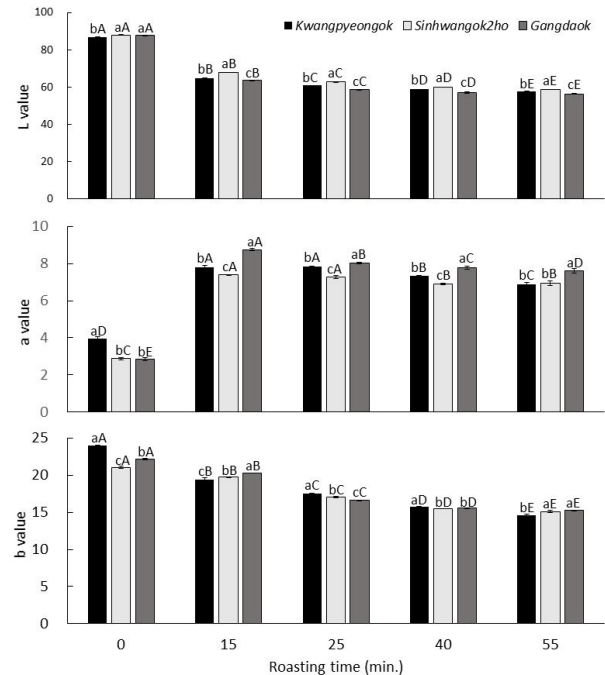
품종별 볶음 시간에 따른 pH는 볶음 시간 0분에서 pH 4.27~6.04 범위에서 품종 간 큰 차이를 나타냈으며, 광평옥이 가장 높았고, 신험옥2호, 강다옥의 순서였다( $p < 0.01$ ). 그 외 볶음 시간에서도 품종 간 유의적 차이는 있었으나, 볶음 시간 0분에서의 품종 간 차이보다 적었다(Fig. 1). 모형 식품계에서 pH가 낮은 경우(pH 4~7) amadori 전위 반응 생성물로부터 주로 fufural이 형성되었으며, 중성이나 알칼리성일 때에

는 reductone류나 분열 생성물들이 형성되었다(Lee 등 2014). 따라서 본 연구의 볶음 전 원료 pH 수준을 고려하면 마이야르 반응 초기단계에서 fufural 형성이 우세했을 것으로 생각한다. 한편 Kaewtathip 등(2022)은 콘시럽의 마이야르 반응에 미치는 pH의 영향을 살펴보고, 반응시간과 용액의 pH 증가에 따라 색도 b\* 및  $\Delta E$ 의 증가가 더 큰 것을 확인하였다. 본 연구에서 원료 pH 수준을 고려했을 때 광평옥에서 마이야르 반응이 더 빠르게 발생하였을 것으로 생각되나, 볶음 시간 15분에 다시 품종별 pH 차이가 크게 감소하였고, 모든 볶음 시간에서 pH 6.0 내외를 유지하여 마이야르 반응에 대한 pH 효과를 명확하게 제시하기 어려웠다.

옥수수 차 가공시 품질에 영향을 주며, 원료 품종이 갖는 배유 특성과 연계된 특성으로 경도를 분석하였고, 그 결과는 Fig. 1과 같다. 볶음 0분에서 경도는 강다옥 18,380 g, 신황옥2호 10,890 g, 광평옥 8,604 g으로 품종간 큰 차이를 나타냈다 ( $p < 0.01$ ). 볶음 15분의 경도는 강다옥 5,090 g, 광평옥 2,409 g, 신황옥2호 1,907 g으로 볶음 초기 시간대에 볶음 전 대비 70% 이상 급격히 감소하였고, 그 이후 볶음 시간이 증가할수록 경도는 지속해서 감소하였으나 그 정도는 매우 미약하였다. 한편 볶음 전 품종별 경도 비교에서 경립종인 강다옥이 가장 높은 경도를 나타냈고, 그 외 모든 볶음 시간에서도 같은 결과를 나타냈다. 옥수수 차로써 이러한 경도 특성은 꿀임 과정에서 용출이 지연될 수 있으나, 다른 한편으로 불용성 고형분 용출을 적게 하여 완성된 차의 탁도에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각한다. Lara & Ruales(2021)의 연구에서 옥수수 3종을 대상으로 팬과 전자레인지 처리 후 마이야르 반응과 함께 옥수수 경도가 감소하여 본 연구 결과와 일치하였고, 단옥수수보다 곡분용 옥수수가 더 낮은 경도를 나타냈다. 또한 열원에 따라 팬에서는 곡실 옥수수가, 전자레인지는 단옥수수가 높게 나타나 옥수수 종류와 열원 조합에 따라 다른 결과를 도출하였다. 본 연구의 Fig. 1에 제시된 볶음 후 수분과 경도의 매우 유사한 패턴에서 옥수수 알곡내 수분 보유력이 우세한 시료의 경도가 높게 나타난 것이 관찰되었고, 조직 내 수분 유실은 조직의 견고성에 영향을 주어 경도의 감소로 이어진 것으로 사료 되었다.

### 3. 옥수수 볶음 시간에 따른 색도

갈변반응은 식품을 가공하거나 저장하는 중에 그 빛깔이 점차 갈색이나 암갈색을 띠게 하는 여러 반응을 일컬으며 식품의 품질 결정요소의 하나인 색에 큰 영향을 미치게 되므로 매우 중요하다(Lee 등 2014). 특히 차(茶)에서 용출되는 색은 매우 중요한 품질로 볶음 처리한 옥수수에서 유래하기 때문에, 원료 품종 및 볶음 시간에 따른 색의 변화를 Hunter 체제의 L값(white-black), a값(red-green), b값(yellow-blue)으로 분석



**Fig. 2. Color values of maize according roasting time by cultivars.** Mean with different letters within the same (<sup>a-c</sup>) roasting time and (<sup>A-E</sup>) cultivar are significantly different from each other at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test ( $n=3$ ). Hunter L=lightness, a=redness, b=yellowness.

하였고, 그 결과를 Fig. 2에 제시하였다.

명도인 L값은 볶음 시간 0분에서 광평옥 86.88, 신황옥2호 87.81, 강다옥 87.58로 일부 품종간 유의적 차이를 나타냈으며 그 차이는 매우 작았다. 볶음 시간 증가에 따라 L값은 전 품종에서 감소하는 경향을 나타냈고, 볶음 시간 15분에 가장 많이 감소하였다. 각 볶음 시간에서 품종에 따른 차이는 모두 유의적이었고, 신황옥2호 > 광평옥 > 강다옥으로 그 결과도 모두 같았다. 측정된 색도 a값은 모두 양의 값으로 빨강 계열을 나타냈고, 볶음 시간 0분에서 2.84-3.98의 범위로 가장 낮았다. 볶음 시작하면서 a값은 급격히 증가하였고 모든 품종에서 볶음 시간 15분이 가장 높았다. 외관에서 옥수수 차 완성도가 가장 높았던 볶음 시간 55분에 강다옥은 7.60으로 가장 높았고, 신황옥2호와 광평옥은 각각 6.95와 6.86로 통계적 차이는 인정되지 않았다. 색도 b값은 모두 양의 값으로 노랑 계열을 나타냈고, L값과 동일하게 볶음 시간 증가에 따라 모든 품종에서 감소하는 경향을 나타냈다. 볶음 시간 0분과 비교하여 볶음 시간 40분 이후 품종간 차이는 감소하였고, 유의성은 인정되나 그 차이가 매우 적었다. Žilić 등 (2013)은 옥수수 알곡에 온도와 시간을 증가시키며 자외선 처리한 후 마이야르 반응에 의한 특성을 살펴본 연구에서 색

도 L값은 차이가 없었고, b값은 유의적으로 감소하여 일부 본 연구 결과와 일치하였다. 한편 Ye 등(2022)은 9가지 당-아미노산 조합으로 발생하는 마이야르 반응 중 xylose-lysine 조합이 갈색도의 증가가 가장 빠르게 일어났으며 이러한 색 변화가 melanoidin의 C-N 결합 형성과 관련 있음을 제시하였다. 다양한 연구에서 색을 검출할 수 있는 값 즉, CIE 체제, Hunter 체제, 갈색도(일반적으로 420 nm에서 측정된 흡광도 값) 등은 원료 특성이나 처리 조건에 영향을 받으나, 흡광도 값의 증가나 색도 값의 변화 즉, 색도 L값과 b값의 증가, a값의 감소를 통해 마이야르 반응의 시작과 정도를 살펴보는 기준으로 많이 이용되고 있다.

#### 4. 옥수수 볶음 전·후 향기 성분 조성

옥수수 볶음 시 발생하는 마이야르 반응으로 다양한 향미 활성의 휘발성 화합물이 생성되며, 1 µg/kg~1 mg/kg의 미량임에도 매우 낮은 역치 값으로 식품의 풍미에 주요한 영향을 준다(Cerny C 2008). 본 연구에서는 옥수수 볶음 전(볶음 시간 0분)·후(볶음 시간 55분)의 향기 성분을 분석하였고, 도출된 모든 피크 면적의 총합에 대한 각 화합물 피크 면적을 백분율로 계산하여 향기 성분 조성을 Table 2에 나타냈다. 품종별 볶음 전·후 시료에서 검출된 화합물은 총 52종이었고, 분류된 그룹별 pyrazines 4종, furans 8종, pyrroles 2종, thiazoles 1종, aldehydes 9종, alcohol 7종, ketones 8종, acids 6종, benzenes 4종, 기타 3종이었다. 볶음 전 검출된 화합물은 24종이었고 28종이 검출되지 않았다. 여기에는 pyrazines, furans, pyrroles, thiazoles, ketones이 대부분을 차지하였고 그 외 다른 종들도 포함되었는데 볶음 처리에 의한 마이야르 반응 과정에서 생성된 화합물로 사료 된다. 또한 볶음 전 검출되었으나 볶음 후 검출되지 않은 1종은 benzen류 1-Ethyl-4-methoxybenzene이었다. 52종 화합물 중 가장 많이 검출된 것은 2-Formyl-5-methylfuran(캐러멜향)과 2-Furancarboxaldehyde(나무향, 아몬드향)로 볶음 옥수수 총 향기성분의 43.8~45.5%를 차지하여 주 향기 성분임을 확인하였다. 이 두 가지 화합물은 볶음 전에 거의 검출되지 않아, 볶음 처리에 따른 마이야르 반응으로 급격하게 생성되었을 것으로 생각되며 각 품종 간 조성율은 큰 차이 없었다. 마이야르 반응의 마지막 단계에서는 알돌 축합반응, 알데하이드-아민 축합 및 헤테로고리 질소화합물이 형성되는데 이 과정을 거치며 최종 pyrazines, furans, pyrroles, thiazoles 등 많은 향기 성분들이 생성된다(Lee 등 2014). 본 연구에서 pyrazines, furans, pyrroles, thiazoles로 검출된 15종은 1종을 제외하고 모두 볶음 전 검출되지 않았고, 볶음 옥수수에서 확인되었다. 또한 향기성분 4개 그룹의 조성을 합계를 품종별로 살펴보았을 때 광평옥 49.9%, 신흥옥2호 47.3%, 강다옥 51.1%로 품종간 다소 차이를 나타냈고 앞

서 살펴본 마이야르 반응 유도인자에서 우세하였던 강다옥이 가장 높았다. 유사한 연구로 Jeon & Choi(2011)는 찹옥수수 차의 향기성분을 분석하여 59종을 동정하였고, pyrazine류가 전체 향기성분의 약 64%로 대부분을 차지하였으며, 앞서 살펴본 향기성분 4개 그룹에 대해서는 84.5%로 본 연구보다 높았다. 이러한 차이는 시료의 종류, 볶음 조건, 향기성분 포집 방법 등에 기인할 것으로 사료된다. 또한 Lotfy 등(2021)은 마이야르 반응시 pH가 증가할수록 pyrazines와 pyrrole류는 증가하는 반면 furans와 furanones, pyranones류가 감소하는 결과로, 마이야르 반응에서 pH에 따라 향기 성분의 조성이 달라질 수 있음을 제시하였다.

#### 5. 옥수수 볶음에 따른 특성간 상관관계

본 연구에서는 옥수수 볶음 시 발생하는 색의 변화와 새로운 향기 성분을 확인하였고, 마이야르 반응의 개시물질인 단백질과 당 그리고 영향인자인 수분, pH, 경도의 변화도 함께 살펴보았다. 지금까지 옥수수 볶음에 따른 특성 간 상관관계를 분석하였고 그 결과는 Table 3과 같다. 환원당은 수분( $r=0.922, p<0.001$ ), 경도( $r=0.862, p<0.001$ ), 색도 L값( $r=0.945, p<0.001$ )과 b값( $r=0.742, p<0.001$ )의 관계에서 매우 높은 양의 상관을 나타냈고, 색도 a값( $r=-0.936, p<0.001$ ), 주 향기성분 2종인 2F5M( $r=-0.956, p<0.001$ )과 2FC( $r=-0.958, p<0.001$ )는 음의 상관을 나타냈다. 환원당은 대부분의 특성과 높은 상관관계를 나타냄으로써, 볶음 옥수수의 주요 품질 지표로 적합하였다. 반면 환원당과 같은 반응의 개시물질임에도 단백질은 모든 특성과의 관계에서 유의성 있는 상관을 거의 나타내지 않거나 낮았다. 단백질은 매우 큰 분자 단위이며, 구성하는 아미노산 조성이 매우 다양할 수 있어 단백질보다는 아미노산과의 검토가 필요할 것으로 생각된다. Žilic 등(2013)의 연구에서 적외선 처리한 옥수수의 향산화능은 생성물인 acrylamide( $r^2=0.977$ )와 hydroxymethylfural( $r^2=0.857$ )은 높은 양의 상관인 반면, total phenolic 총페놀( $r^2=0.796$ )과 음의 상관으로 마이야르 반응에 의한 생성물과 기능성의 관계를 제시하였다. 그 외 수분 함량은 경도( $r=0.884, p<0.001$ ), 색도 L값( $r=0.979, p<0.001$ )과 b값( $r=0.899, p<0.001$ )의 관계에서 양의 상관을 나타냈고, 색도 b값( $r=-0.865, p<0.001$ )과 향기성분 2F5M( $r=-0.995, p<0.001$ ), 2FC( $r=-0.993, p<0.001$ )과 음의 상관을 나타냈다. 여기에서 배유 특성은 명목적으로 상관분석의 대상은 아니었으나, 수분과 경도 값에 각 품종이 갖는 배유 특성이 반영된 결과를 나타내어(Fig. 1), 향후 품종 혹은 배유 특성에 따른 옥수수 차의 적용 범위를 고려해 볼 수 있을 것으로 생각된다. 마이야르 반응의 결과라고 할 수 있는 색과 향의 관계에서 L값과 2F5M( $r=-0.993, p<0.001$ ), 2FC( $r=-0.996, p<0.001$ ), 색도 b값과 2F5M( $r=-0.971, p<0.001$ ), 2FC( $r=$

**Table 2. Volatile compound of before and after roasted maize products according cultivars**

Compound	RT <sup>1)</sup> (min.)	Relative peak area (%)					
		Before roasting			After roasting <sup>2)</sup>		
		KPY <sup>3)</sup>	SHO2	GDO	KPY	SHO2	GDO
<b>Pyrazines</b>							
2-Ethyl-3,6-dimethylpyrazine	27.87	ND <sup>4)</sup>	ND	ND	3.46	2.89	3.43
2-Ethyl-6-methylpyrazine	25.89	ND	ND	ND	3.30	3.56	3.92
Methylpyrazine	21.65	ND	ND	ND	5.01	4.14	5.45
Pyrazine	19.64	ND	ND	ND	0.31	0.28	0.33
<b>Furans</b>							
2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3[2H]-furanone	47.17	ND	ND	ND	0.06	0.05	0.07
2,5-Dimethylfuran	10.09	ND	ND	ND	0.14	0.21	0.11
2-Acetylfuran	30.18	ND	ND	ND	3.65	3.75	3.68
2-Formyl-5-methylfuran	32.79	ND	ND	ND	22.45	17.99	19.95
2-Methylfuran	7.69	ND	ND	ND	0.36	0.50	0.32
2-Pentylfuran	20.18	2.32	2.77	1.78	0.71	0.81	1.16
2-Vinyl-5-methylfuran	17.33	ND	ND	ND	0.19	0.21	0.15
$\alpha$ -Furfuryliden- $\alpha$ -furylmethylamine	61.45	ND	ND	ND	3.90	5.90	5.72
<b>Pyrroles</b>							
1-Furfurylpyrrole	45.83	ND	ND	ND	4.38	5.04	4.78
2-Formyl-1-methylpyrrole	35.14	ND	ND	ND	1.85	1.85	1.86
<b>Thiazoles</b>							
2,4,5-Trimethyloxazole	18.69	ND	ND	ND	0.17	0.15	0.13
<b>Aldehydes</b>							
(E)-2-Heptenal	23.80	3.58	2.21	2.64	0.44	0.29	0.44
(E,E)-2,4-Decadienal	44.85	ND	ND	ND	2.77	1.71	2.75
1-Ethyl-1H-pyrrole-2-carbaldehyde	34.54	ND	ND	ND	0.65	0.79	0.80
2-Furancarboxaldehyde	28.76	0.18	0.15	0.19	23.03	25.79	24.71
3-Methylbutanal	8.96	ND	ND	ND	0.13	0.24	0.16
Benzaldehyde	31.09	7.36	7.81	7.10	0.31	0.30	0.28
Hexanal	14.63	17.87	12.55	18.36	0.24	0.26	0.43
Isobutanal	6.34	ND	ND	ND	0.07	0.11	0.07
Nonanal	26.08	4.50	5.87	4.43	0.19	0.17	0.28
<b>Alcohol</b>							
1-Hexanol	24.30	20.78	18.71	21.21	0.04	0.03	0.05
1-Octen-3-ol	27.64	5.63	5.09	4.54	0.46	0.44	0.55
1-Pentanol	20.59	2.59	2.38	2.98	0.18	0.13	0.27
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	26.29	1.77	1.99	2.09	ND	ND	ND
2-Furanmethanol	36.21	ND	ND	ND	1.80	1.82	1.71
3,5-Octadien-2-ol	26.66	3.50	2.16	4.08	0.02	0.07	0.11
Benzyl_alcohol	47.18	1.99	2.18	2.37	0.04	0.05	0.04

Table 2. Continued

Compound	RT <sup>1)</sup> (min.)	Relative peak area (%)					
		Before roasting			After roasting <sup>2)</sup>		
		KPY <sup>3)</sup>	SHO2	GDO	KPY	SHO2	GDO
<b>Ketones</b>							
1-(6-Methyl-2-pyrazinyl)ethanone	38.73	ND	ND	ND	0.31	0.29	0.38
2,3-Butanedione	10.89	ND	ND	ND	0.43	0.46	0.38
2,3-Pentanedione	13.72	ND	ND	ND	0.45	0.42	0.35
2-Butanone	8.47	1.08	0.97	0.88	0.32	0.37	0.30
2-Hydroxy-1-methylcyclopenten-3-one	45.66	ND	ND	ND	0.56	0.64	0.68
2-Propanone	6.42	2.44	2.73	3.92	0.39	0.42	0.39
3-Hexanone	13.47	ND	ND	ND	0.12	0.13	0.10
6-Methyl-5-heptene-2-one	24.11	2.44	3.17	2.06	ND	0.07	0.06
<b>Acids</b>							
Acetic acid	28.63	ND	ND	ND	3.05	3.96	3.30
Butanoic acid	35.35	5.32	5.94	4.06	0.07	0.08	0.07
Hexanoic acid	46.84	7.84	7.72	9.24	0.62	0.21	0.38
Methyl 2-ethylhexanoate	54.26	0.92	0.90	1.05	0.10	0.06	0.06
Methyl acetate	6.68	1.28	1.04	1.27	0.17	0.21	0.15
Octanoic acid	54.85	1.53	1.42	1.63	0.28	0.31	0.23
<b>Benzenes</b>							
1-Ethyl-4-methoxybenzene	30.97	0.15	6.60	0.18	ND	ND	ND
2-Pentylpyridine	32.48	ND	ND	ND	0.87	0.49	0.55
Pyridine	18.47	2.10	1.42	1.42	7.93	7.22	5.89
Toluene	13.18	2.49	3.83	2.15	0.12	0.17	0.10
<b>Others</b>							
2-Methoxy-4-vinylphenol	59.81	ND	ND	ND	3.76	4.85	2.83
Dodecane	18.39	0.34	0.38	0.28	0.04	0.03	0.03
Octane	5.85	ND	ND	ND	0.05	0.07	0.05

<sup>1)</sup> Retention time.

<sup>2)</sup> 200 °C, 55 min.

<sup>3)</sup> KPY: *Kwangpyeongok*, SHO2: *Sinhwangok2ho*, GDO: *Gangdaok*.

<sup>4)</sup> ND: Not detected.

-0.969,  $p < 0.001$ )는 모두 매우 높은 음의 상관관계를 나타냈고, a값과 2F5M( $r = 0.964$ ,  $p < 0.001$ ), 2FC( $r = 0.974$ ,  $p < 0.001$ )는 모두 매우 높은 양의 상관관계를 나타냈다. Lotfy 등(2021)은 분리된 퀴노아 단백질의 열처리에 따른 휘발성 화합물이 초기 pH 값에 따라 달라짐을 확인하였고, pH와 갈변반응의 양의 상관관계를 함께 제시하였다. 이상의 결과들은 식품 가공 중 갈변반응 및 갈변반응으로 유도되는 여러 가지 특성 조절에 활용 가치가 높으며, 가공품의 품질향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 옥수수 볶음 시 발생하는 마이야르 반응 관련 특성을 살펴, 옥수수 차 용도개발을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다. 시험품종으로 배유 특성이 서로 다른 광평옥(마치종), 신헌옥2호(중간종), 강다옥(경립종)을 선택하였고, 볶음 처리는 200 °C에서 0, 15, 25, 40, 55분간 독립적으로 수행하였다. 마이야르 반응의 원인물질인 환원당은 볶음 시간 증가에 따라 전체적으로 감소하였고, 55분 볶음시 강다옥의 환원당 함량은 1.04 mg/g로 가장 적었다. 마이야르 반응에



Table 3. Correlation coefficients among characteristics of before and after roasted maize products by cultivars

Factor	Protein	R-sugar <sup>1)</sup>	Moisture	pH	Hardness	Color values			Volatile compound	
						L	a	b	2F5M <sup>2)</sup>	2FC <sup>3)</sup>
Protein	1.000	-0.231	-0.271	0.235	-0.159	-0.298*	0.188	-0.295	0.468	0.347
R-sugar		1.000	0.922***	-0.432**	0.862***	0.945***	-0.936***	0.742***	-0.956***	-0.958***
Moisture			1.000	-0.443**	0.884***	0.979***	-0.865***	0.899***	-0.995**	-0.993***
pH				1.000	-0.744***	-0.468**	0.583***	-0.261	0.391	0.370
Hardness					1.000	0.855***	-0.844***	0.706***	-0.859***	-0.866***
L						1.000	-0.906***	0.890**	-0.993***	-0.996***
a							1.000	-0.621***	0.964***	0.974***
b								1.000	-0.971***	-0.969***
2F5M									1.000	0.981***
2FC										1.000

<sup>1)</sup> R-sugar: Reducing sugar.

<sup>2)</sup> 2F5M: 2-Formyl-5-methylfuran.

<sup>3)</sup> 2FC: 2-Furancarboxaldehyde.

Significant at \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ .

영향을 주는 것으로 알려진 수분과 배유 특성 관련의 경도는 볶기 시작하면서 급격한 감소를 나타냈고, 55분 볶음시 각각 0.50%와 3,723 g으로 강다옥이 모두 높았다. 볶음 시간이 경과함에 따라 볶은 옥수수 외관으로부터 갈색화가 심화되는 것을 확인할 수 있었고, 이와 함께 색도 L값과 b값은 감소하였다. 갈변반응이 가장 활발하게 일어났던 55분 볶음시 강다옥의 L값은 56.37로 가장 낮았고 a값은 7.60으로 가장 높았다. 강다옥은 마이야르 반응과 관련한 수분함량, 환원당, 색도 등의 특성에서 다른 품종과 비교하여 반응 발생이 우세하였고, 배유 특성인 경립종의 영향이 반영되었을 것으로 사료된다. 한편 향기성분은 총 52종이 검출되었고 그 중 볶음 후에 검출된 것은 28종이었으며, 2-Formyl-5-methylfuran(캐러멜향)과 2-Furancarboxaldehyde(나무향, 아몬드향) 2종이 볶은 옥수수의 전체 향기 조성 중 43.8~45.5%를 차지하여 주 향기 성분임을 확인하였다. 단백질을 제외하고 대부분의 특성 간 높은 상관관계를 나타냈으며, 본 연구에서는 각 특성과 특성 간 영향에 의하여 마이야르 반응의 차이를 확인할 수 있었다. 다만, 옥수수 차의 품질평가를 위해서 마이야르 반응에 의한 색이나 향기 성분 이외 생성되는 화합물, 기능성, 인간의 오감을 활용한 관능 특성 등의 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구결과는 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제 번호: PJ01478902)의 지원으로 이루어진 것이다.

### References

- Alvarez-Poblano L, Roman-Guerrero A, Vernon-Carter EJ, Alvarez-Ramirez J. 2020. Exogenous addition of muicle (*Justicia spicigera* Schechtendal) extract to white maize tortillas affects the antioxidant activity, texture, color, and *in vitro* starch digestibility. *LWT* 133:110120
- Cerny C. 2008. The aroma side of the Maillard reaction. *Ann NY Acad Sci* 1126:66-71
- Cha SM, Son BY, Lee JS, Baek SB, Kim SL, Ku JH, Hwang JJ, Song BH, Woo SH, Kwon YU, Kim JT. 2012. Effect of particle size on physico-chemical properties and antioxidant activity of corn silk powder. *Korean J Crop Sci* 57:41-50
- Choi JH, Im JS, Oh DH. 2006. Effect of gamma irradiation on the microbiological and physicochemical quality changes of steamed waxy corns during storage. *Korean J Food Preserv* 13:292-298
- Choi SH. 2010. Effects on pyrazines, reaction products of Maillard reaction in flavor of green tea and substitution tea. *J Korean Tea Soc* 16:1-7
- Han SB, Lee JH, Lee KH. 1973. Non-enzymatic browning reactions in dried anchovy when stored at different water activities. *Bull Korean Fish Soc* 6:37-43
- Heo NK, Kim KD, Choi BG, Kim KH, Min HK, Kwon HJ. 2005. Improvement of storing ability of waxy corn by

- retort pouch technique. *Korean J Crop Sci* 50:147-151
- Jeon JY, Choi SH. 2011. Volatile flavor components in parched waxy corns (*Zea mays* L.) tea. *J Korean Tea Soc* 17:83-86
- Jung GH, Kim MJ, Son BY, Kim SL, Yoon MR, Kwak J, Choi I, Kwak KS, Lee CK. 2016. Characterization of chemical compositions on kernel of Korean maize hybrids. *Korean J Breed Sci* 48:450-459
- Kaewtathip T, Wattana-Amorn P, Boonsupthip W, Lorjaroenphon Y, Klinkesorn U. 2022. Maillard reaction products-based encapsulant system formed between chitosan and corn syrup solids: Influence of solution pH on formation kinetic and antioxidant activity. *Food Chem* 393:133329
- Kim DH. 2015. Food Chemistry. pp.547-577. Tamgudang
- Kim JS, Lee YK, Park HS, Back MH, Kim DH. 2000. Influence of low dose gamma radiation on the growth of maize (*Zea mays* L.) varieties. *Korean J Environ Agric* 19:328-331
- Kim MJ, Park HJ, Kim SL, Jung GH, Kim JT, Shin SH, Kwon YU, Chung IM. 2014. Changes in the physicochemical characteristics of sweet corn kernels during grain filling stage with different sowing date. *Korean J Crop Sci* 59: 445-456
- Kim SL, Moon HG, Ryu YH. 2002. Current status and prospect of quality evaluation in maize. *Korean J Crop Sci* 47: 107-123
- Kim Y, Kang IJ, Shin DB, Roh JH, Heu S, Shim HK. 2017. Survey of fungal infection and *Fusarium* mycotoxins contamination of maize during storage in Korea in 2015. *Res Plant Dis* 23:278-282
- Korea Seed & Variety Service [KSVS]. 2020. Cultivar name. Available from <http://www.seed.go.kr/seed/199/subview.do> [cited 25 August 2022]
- Korean Society of Crop Science [KSCS]. 2012. The Story of Food Crops That Protect Our Bodies 50. pp. 94-101. CIR
- Kwak IS, Kim HJ, Oh SB, Chung BW, Jahng KY. 2005. Antioxidant activity of Maillard browning reaction products from the various sugars and amino acids model system. *J Eng Res* 36:9-15
- Lara N, Ruales J. 2021. Physical and hydration properties of specialty floury and sweet maize kernels subjected to pan and microwave toasting. *J Cereal Sci* 101:103298
- Lee GD, Kim JS, Kwon JH. 1996. Monitoring of dynamic changes in Maillard reaction substrates by response surface methodology. *Korean J Food Sci Technol* 28:212-219
- Lee HJ, Moon TH, Noh BS, Chang PS, Baek HH, Lee KK, Kim SJ, Yoo SH, Lee GW. 2014. Food Chemistry. pp.364-385. Soohaksa
- Lee JH, Kim HJ, Kim MJ, Jung GH, Lee BW, Lee BK, Woo KS. 2017a. Quality and antioxidant characteristics of roasted maize tea according to cultivation period and variety. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:1316-1326
- Lee JH, Kim HJ, Kim MJ, Jung GH, Lee BW, Lee BK, Woo KS. 2017b. Quality and antioxidant characteristics of roasted maize tea with different moisture contents. *Korean J Food Nutr* 30:1149-1156
- Lee MY, Lee BR, Choi JH, Park BR, Choi HS, Kim JT, Lee JS, Park SY. 2020. Comparison of the processing properties of corn cultivar grown in Korea. *Korean J Food Cookery Sci* 36:58-72
- Lee SH, Lee KH, Kim HJ, Lee SM, Kim JH. 2019. Evaluation of mixed treatment of amino acid liquid fertilizer and compost tea as a substitute for oil-cake in organic cultivation of maize. *Korean J Org Agric* 27:453-461
- Lee S, Park SJ, Kim H. 2001. Removal of some metals in drinking water by preparing barley or corn tea. *Korean J Environ Toxicol* 16:35-41
- Lee SS, Yun SH, Yang SK, Hong SB. 2006. Changes in seed vigour of sweet and super sweet corn hybrids as affected by storage conditions. *Korean J Crop Sci* 51:432-439
- Lee YY, Lee CK, Lee JS, Kim MJ, Kim SL, Kim YH, Park HM, Kim WH, Kwon YU, Kim SK. 2013. Comparison on physicochemical and cooking properties of milled kernel in waxy corn hybrids. *Korean J Crop Sci* 58:424-431
- Liu SC, Yang DJ, Jin SY, Hsu CH, Chen SL. 2008. Kinetics of color development, pH decreasing, and anti-oxidative activity reduction of Maillard reaction in galactose/glycine model systems. *Food Chem* 108:533-541
- Lotfy SN, Saad R, El-Massrey KF, Fadel HHM. 2021. Effects of pH on headspace volatiles and properties of Maillard reaction products derived from enzymatically hydrolyzed quinoa protein-xylose model system. *LWT* 145:111328
- Maeil Business Newspaper [MBN]. 2022. Europe is devastated by the first drought in 70 years...Climate change across the world next year. Available from <https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2022/08/718050/> [cited 25 August 2022]
- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31:426-428
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [MAFRA]. 2021. Statistical Yearbook of Agriculture, Food and Rural

- Affairs. pp.214-215. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Korea Agency of Education Promotion and Information Service. Report No. 11-1543000-000261-10
- National Institute of Crop Science [NICS]. 2018. Evaluation of quality characteristics on corn hybrids for processing application. *National Institute of Crop Science*. pp.42-47. Report No. PJ011172
- Ni ZJ, Liu X, Xia B, Hu LT, Thakur K, Wei ZJ. 2021. Effects of sugars on the flavor and antioxidant properties of the Maillard reaction products of camellia seed meals. *Food Chem X* 11:100127
- Park HY, Kim MJ, Bae HH, Shin DS, Sim EY, Choi HS, Park J, Choi YC, Kim HS. 2020. Comparison of general ingredients, chromaticity and hardness according to kernel type of Korean maize. *Korean J Food Nutr* 33:588-597
- Park S, Chun JK. 1991. Physical properties and rheology effecting on barley tea extraction. *Korean J Food Nutr* 4:61-67
- Rural Development Administration [RDA]. 2019. Agricultural Technology Guide 35: Corn. pp. 63-133. Rural Development Administration
- Research Institute of Korean Studies, Korea University [RIKS]. 2009. Korean dictionary. Available from <https://ko.dict.naver.com/#/entry/koko/998808edc938423dbb1a9ab724fcf98c> [cited 25 August 2020]
- Shin DS, Choi ID, Lee SK, Park JY, Kim NG, Park CH, Choi HS. 2019. Properties of amino acid and volatile flavor compounds of fermented soybean products by soybean cultivar. *Korean J Food Nutr* 32:434-441
- Son IS, Kim HC, Kim MR. 1999. Storage stability of corns irradiated by gamma-ray. *Korean J Soc Food Sci* 15: 178-184
- Vernon-Carter EJ, Alvarez-Ramirez J, Bello-Perez LA, Gonzalez M, Reyes I, Alvarez-Poblano L. 2020. Supplementing white maize masa with anthocyanins: Effects on masa rheology and on the *in vitro* digestibility and hardness of tortillas. *J Cereal Sci* 91:102883
- Ye B, Chen J, Ye H, Zhang Y, Yang Q, Yu H, Fu L, Wang Y. 2022. Development of a time-temperature indicator based on Maillard reaction for visually monitoring the freshness of mackerel. *Food Chem* 373:131448
- Žilić S, Mogol BA, Akilloğlu G, Serpen A, Babić M, Gökmen V. 2013. Effects of infrared heating on phenolic compounds and Maillard reaction products in maize flour. *J Cereal Sci* 58:1-7

---

Received 01 September, 2022  
 Revised 04 September, 2022  
 Accepted 18 September, 2022