

## 국내 육성 팝콘 옥수수 품종별 영양성분 분석 연구

박아름<sup>1</sup> · 이기연<sup>2</sup> · 김태희<sup>1</sup> · 최재근<sup>3</sup> · 이효영<sup>1</sup> · 최성진<sup>1</sup> · 권순배<sup>1</sup> · 김희연<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>강원도농업기술원 농식품연구소 <sup>2</sup>강원도농업기술원 환경농업연구과, <sup>3</sup>강원도농업기술원 옥수수연구소

### Study of Nutrient Analysis by Specie of Domestically Cultivated Popcorns

A Reum Park<sup>1</sup>, Ki Yeon Lee<sup>2</sup>, Tae Hee Kim<sup>1</sup>, Jae Geun Choi<sup>3</sup>, Hyo Young Lee<sup>1</sup>, Sung Jin Choi<sup>1</sup>,  
Sun Bae Kwon<sup>1</sup>, Hee Yeon Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Agriproduct Processing Experiment Station, Gangwon-do Agricultural Research  
and Experiment Services, Chuncheon, Korea

<sup>2</sup>Agricultural Environment Research Division, Gangwon-do Agricultural Research  
and Experiment Services, Chuncheon, Korea

<sup>3</sup>Maize Experiment Station, Gangwon-do Agricultural Research and Experiment Services, Chuncheon, Korea

(Received September 11, 2019/Revised September 16, 2019/Accepted September 26, 2019)

**ABSTRACT** - In this study, the nutrients of a total of 4 species of popcorn, Oryun Popcorn, Oryun Popcorn 2, G-Popcorn and Gichan Popcorn, cultivated in Gangwon-do, were analyzed and compared. The contents of these products, including their general ingredients, inorganic substances, fatty acids, reducing sugar and starch, were analyzed. The moisture, crude ash and crude fat content of the dried popcorn species were 11.54-12.54%, 0.97-1.45% and 2.48-2.62%, respectively. The crude protein content was 9.68-11.75%. As for inorganic substances, the potassium and phosphorus content were the highest. Potassium was 228.25-310.46 mg/100g and was the highest in Oryun Popcorn, and the content of phosphorus was 276.04-310.00 mg/100g. As for fatty acids, 11 types were detected. The content of linoleic acid accounted for 52.89-55.76% of the total fatty acid content showing the highest amount followed by oleic acid (24.31-26.65%) and palmitic acid (14.20-15.92%). As for amino acids, total 16 types of amino acids were detected by specie, with glutamic acid making up 17.70-18.52% of total amino acids, the highest, followed by leucine (12.30-12.54%) and proline (10.34-10.92%) in that order. The creducing sugar content by specie was 4.68-5.13% and starch content was 42.14-46.14%.

**Key words** : Maize, Popcorn, Proximate composition, Amino acids, Fatty acids

옥수수(Corn, *Zea mays* L.)는 세계 3대 작물 중 하나로 사료용, 전분 및 식용유, 간식용 등 다양한 식재료로써 폭 넓게 사용되고 있다. 옥수수는 72%가 전분이며, 나머지는 단백질, 지방, 식이섬유 등으로 구성되어 있고, 필수지방산인 리놀렌산이 많이 함유되어 있다<sup>1)</sup>. 또한 옥수수는 항암, 항당뇨, 항고혈압, 항산화, 항노화 식이성섭요소, 식물성스테롤, 토코페롤 및 카로티노이드 등의 기능성 성분을 함유하고 있어 최근 건강기능식품, 화장품 및 의약품 소재로서 널리 사용되고 있다<sup>2)</sup>. 옥수수 품종에는 경립종, 연립종, 마치종, 감미종, 폭립종 및 나종 등이 있으며, 이중

마치종은 주로 사료용, 전분 및 식용유 제조 원료 사용되고, 나종은 찰옥수수라 하는 것으로 찰기가 있어 주로 간식용으로 사용되고 있으며, 감미종은 단맛이 강하고 연하여 식용 및 통조림용으로 이용되고 있다. 그리고 폭립종은 씨알이 주로 각질로 이루어지고 작아 팝콘의 원료로 널리 사용되고 있다<sup>3)</sup>. 우리나라의 경우 옛날부터 전통적으로 옥수수를 재배하고 있지만, 현재 우리나라에서 소비되는 옥수수는 찰옥수수를 제외하고는 대부분 수입에 의존하고 있으며, 그 중에서 간식용으로 많이 이용되는 팝콘옥수수(튀김옥수수)의 경우도 국내에서 소비되는 대부분은 외국에서 수입되고 있는 실정이다<sup>4)</sup>. 2015년 팝콘용 옥수수의 수입량은 1만 톤으로 수입액이 898만 달러에 이르고 팝콘옥수수의 국내 시장규모는 3,600억원이며, 이중 영화관에서 소비되는 팝콘이 90%로 3,230억원, 봉지팝콘

\*Correspondence to: Hee Yeon Kim, Agriproduct Processing Experiment Station, Gangwon-do Agricultural Research and Experiment Services, Chuncheon 24203, Korea  
Tel: 82-33-248-6526, Fax: 82-33-248-6555  
E-mail: heeya80@korea.kr

은 370억원 추정으로 보고되었다(FACT 2016)<sup>5)</sup>. 팝콘옥수수는 섬유소가 다량 함유되어 있고 적절한 지방과 당 함량이 적어 건강 다이어트 식품으로 각광받고 있으며, 또한 항암효과와 치주질환 치료제로 이용되는  $\beta$ -sitosterol을 다량 함유하고 있어 치아 건강에도 유리하여 별다른 가공 없이 즐길 수 있는 건강한 간식 먹거리로 평가되고 있다<sup>6)</sup>. 기존 국내 육성 팝콘 옥수수에 대한 연구는 품종육성 연구<sup>6,7)</sup>, 분자유전학적 연구<sup>5,8)</sup>, 형태적 특성 연구<sup>9)</sup>, 튀김부피에 영향을 미치는 주요특성 연구<sup>10)</sup> 등이 주로 이루어졌다. 본 연구의 재료인 오륜팝콘, 오륜2호, 지팝콘, 기찬팝콘은 수입산 대응, 기존 팝콘옥수수 재래종 대체 및 고품질 신품종 육성을 위해 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 각각 2012년, 2017년, 2015년, 2018년 품종보호출원을 실시하였다. 팝콘용 옥수수 4 품종은 알곡이 모두 황색이고 다수성에 튀김율이 우수하며, 채종이 용이하다는 공통적인 특성을 지니고 있다. 오륜팝콘은 단교잡종으로 낱알의 형태는 진주형(pearl)이고, 자수는 자색, 옹수는 담자색을 띠는 품종<sup>7)</sup>으로 현재 전국적으로 종자를 보급하여 재배되고 있으며 국내산을 선호하는 생활협동조합을 중심으로 소비가 이루어지고 있다<sup>9)</sup>. 오륜2호는 단교잡종으로 옹수는 담녹색, 자수는 담자색을 띠며 오륜팝콘 대비 튀김부피가 우수하고 도복에 강하다는 특징을 지니고 있다. 지팝콘은 옹수와 자수 모두 담녹색을 띠는 폭열종 옥수수로 오륜팝콘에 비해 재배적으로 안정적이며 튀김부피도 향상된 품종이다<sup>6)</sup>. 기찬팝콘은 다수성과 튀김부피가 우수한 품종으로 국내외 수집 유전자원으로 모집단 형성 후 선발한 계통을 분리 육종하여 2011년도에 교배 후 선발한 품종이다. 이러한 품종들은 재래종 또는 수입종을 농가에서 자가 채종하여 사용함으로써 인해 품질이 낮고 상품성이 떨어져 소비자에게 외면 받던 국산 팝콘옥수수를 고품질 다수성 국내 육성종으로 대체할 목적으로 개발되었다<sup>9)</sup>. 따라서 본 연구는 강원도농업기술원에서 육성한 오륜팝콘 등 4 품종의 영양가치 등을 비교 분석하여 국내 육성 팝콘 옥수수 신품종 개발의 효율성 및 향후 수입대체 팝콘용 옥수수 가공품 개발 등을 위해 기초자료로 활용하고자 본 연구를 수행하였다.

## Materials and Methods

### 실험재료

본 연구에 사용된 오륜팝콘, 오륜2호, 지팝콘, 기찬팝콘은 2018년 강원도 홍천군에 소재한 강원도농업기술원 옥수수연구소 시험포장에서 표준재배법에 준하여 재배 하였다. 종실은 출사일에서 50일 후에 채취하여 수염과 외피를 제거하고 알곡의 수분함량이 약 11-12%에 도달 할 때까지 자연 건조 후 알곡을 분리하였다. 분리된 알곡은 4 mesh 이상 크기인 것을 선별하여 분쇄 후 분석시료로 사용하였다.

### 일반성분 분석

국내 육성 팝콘 품종의 일반성분 분석은 식품공전<sup>11)</sup>에 따라 실시하였다. 일반성분 분석에 사용된 ethyl ether,  $H_2SO_4$ 는 Merck 사(Kenilworth, NJ, USA), KOH는 Sigma 사(St. Louis, MO, USA), 분해촉매제(Kjeltabs)는 FOSS (Hilleroed, Denmark)의 제품을 사용하였다. 수분 함량은 105°C 상압건조법으로 측정하였으며, 조회분은 600°C 직접 회화법으로 측정하여 회화되기 전 시료의 무게와 회화된 후 시료 무게의 차이로 함량을 산출하였다. 조단백질은 Kjeldahl 법을 이용하여 전처리 후 Kjeltac 장치(Kjeltac auto sampler system 1035 Analyzer, FOSS, Hilleroed, Denmark)를 이용하여 질소함량을 측정 한 후, 질소계수(6.25)를 곱하여 조단백질 함량을 산출하였다. 조지방 함량은 soxhlet 추출법을 사용하여 지방 자동추출장치인 Soxtec (2050 SOXTEC, FOSS, Hilleroed, Denmark)을 이용하여 측정하였으며, 탄수화물은 검체 100 g 중 수분, 단백질, 조지방, 조회분, 조섬유 함량을 감하여 얻은 값으로 환산하였다.

### 무기질 분석

무기성분은 식품공전법의 습식분해법<sup>12)</sup>에 따라 분석하였다. 시료 0.5 g에  $HNO_3$  10 mL와 70%  $HClO_4$  10 mL를 넣고 무색이 될 때까지 가열하였다. 증류수를 이용하여 증발접시로 옮겨 증발 시킨 후, HCl 2배 희석액 10 mL로 정용하여 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry, Integra XL, GBC Scientific, Melbourne, Australia)로 분석하였으며, 기기분석조건은 Table 1과 같다. 인 함량은 몰리브덴청 비색법<sup>13)</sup>으로 분광광도계(UV-Visible spectrometer Evolution 201, Thermo, Waltham, MA, USA)를 통하여 470nm에서 비색정량하였다.

**Table 1.** Operating conditions of ICP for the analysis of mineral components

Classification	Condition
Torch height	9.0 mm
RF Power	1200 W
Nebulizer gas flow rate	0.50 L/min
Auxiliary gas flow rate	0.50 L/min
Plasma gas flow rate	10 L/min(Ca, K, Mg), 12 L/min(Fe, Mn)
Wavelength	
Ca	317.933 nm
K	769.896 nm
Mg	279.079 nm
Fe	259.940 nm
Mn	293.930 nm

**지방산 분석**

본 실험에서 추출 및 전처리 과정에 유기용매인 petroleum ether, diethyl ether, chloroform, toluene, *n*-hexane은 Merck 사(Kenilworth, NJ, USA)의 GR등급을 사용하였으며 pyrogallol, sodium sulfate anhydrous, Bom trifluoride-methanol solution (14% in methanol), 표준품으로 사용된 Supelco 37 Component FAME Mix는 (Sigma Co. St Louis, MO, USA), 내부표준물질 Triundecanoin은 (Nu-Chek-prep, INC. Elysian, MN, USA)의 제품을 사용하였다. 국내 육성 팝콘 옥수수 품종의 지방산 조성 및 함량은 시료 내 지방을 산 분해 및 methyl-ester화하여 GC (Gas Chromatography, Agilent, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 분석 시료 0.1 g을 마조니어관에 넣고 내부 표준물질 2 mL와 8.3 M 염산용액 10 mL, pyrogallol 용액 2 mL를 첨가 후 혼합하여 밀봉하였다. 밀봉된 마조니어관의 용액을 70°C water bath에서 40분간 분해시킨 후 실온 냉각하여 에탄올과 ether를 첨가하여 5분간 추출하였다. 분해된 용액을 감압 농축 하여 농축물에 chloroform 2 mL와 diethyl ether 3 mL를 첨가하여 재용해하고 질소 농축 후 7% BF<sub>3</sub>-Methanol 2 mL와 toluene 1 mL를 넣고 밀봉하여 100°C 건조기에서 45분간 반응시켰다. 반응이 끝난 용액을 실온 냉각 후 증류수 5 mL와 *n*-hexane 1 mL를 첨가하여 혼합한 뒤 정치시켰다. 상등액에 sodium sulfate anhydrous 첨가 및 탈수 후 0.45 µm membrane filter에 통과시켜 분석시료로 사용하였다<sup>14)</sup>.

지방산 분석을 위한 column은 SP-2560(100 m × 0.25 mm, 0.2 µm, Supelco, USA)을 사용하였다. 시료주입기와 검출기(Flame Ionization Detector, FID) 온도는 각각 225°C, 285°C, split ratio는 200:1이었다. Carrier gas로서 He을 분당 0.75 mL를 흘려주었다. Column 온도는 100°C에서 4분간 유지 후, 244°C까지 1분당 3°C씩 승온 시켜 15분간 유지하였다.

**아미노산 분석**

아미노산의 분석은 Song 등<sup>15)</sup>의 방법에 따라 가수분해

및 유도체화 과정 후 HPLC (High-performance liquid chromatography, Nanosapce NASCA2, Shiseido, Tokyo, Japan)로 분석하였다. 시료의 가수분해 과정에서 6N HCl 과 1% phenol (Deajung, Siheung, Gyeonggi, Korea)을 사용했으며 아미노산 표준품은 amino acid standard (Waters, Milford, MA, USA)를 구입하여 사용하였다. 컬럼은 AccQ-Tag Ultra Column(2.1 × 100 mm, 1.7 µm)을, 이동상은 AccQ-Tag Ultra Eluent A, B (Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였으며, 유속 0.6 mL/min 으로 18분 동안 분석하였으며, 시료 주입량은 1 µL, column 온도는 60°C로 분석하였으며, 검출기는 PDA(Photo Diode Array) 260 nm로 측정하였다. 분석 시료 0.05 g과 1% phenol이 함유된 6N HCl 15 mL를 가수분해 전용 vial에 넣고 질소가스를 주입한 다음 110°C dry oven에 24시간 가수분해 시킨 후 여과지로 여과하여 증류수로 50 mL 정용하였다. 정용된 시료를 감압 농축하여 남아 있는 염산을 제거한 후 증류수로 재용해한 다음 0.45 µm membrane filter로 여과하였다. 이 여액을 10 µL에 취한 뒤 AccQ-Tag Ultra derivatization kit (waters, Milford, MA, USA) 시약 중 AccQ-Tag Fluor Borate Buffer 70 µL과 AccQ-Tag Ultra Reagent 20 µL를 넣고 55°C에서 10분간 유도체화 반응 시킨 후 HPLC 분석시료로 사용하였다. 시료 내 아미노산 함량은 아래의 계산식에 의해서 산출하였다.

$$\text{아미노산 함량(mg/100g)} = \frac{C \times D \times \text{회석배수}}{W}$$

C : 시험용액의 농도(mg/100 mL)

D : 최종부피(mL)

W : 시료채취량(g)

**환원당 및 전분분석**

국내 육성 팝콘 옥수수 품종의 환원당 및 전분 함량은 dinitrosalicylic acid (DNS)법<sup>16)</sup>을 참고하여 측정하였다. DNS solution 조제에 사용된 시약은 3,5-dinitrosalicylic acid, NaOH, Potassium sodium(+)-Tartrate Tetrahydrate,

**Table 2.** Proximate composition in popcorns

Proximate composition	Dried samples			
	Oryun popcorn	Oryun popcorn 2	G-popcorn	Gichan popcorn
Carbohydrate	71.01 ± 0.07 <sup>b1)2)</sup>	70.99 ± 0.19 <sup>b</sup>	70.59 ± 0.38 <sup>b</sup>	69.36 ± 0.13 <sup>a</sup>
Moisture	11.62 ± 0.05 <sup>a</sup>	12.24 ± 0.11 <sup>c</sup>	11.95 ± 0.06 <sup>b</sup>	11.54 ± 0.05 <sup>a</sup>
Crude ash	1.32 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.07 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.97 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.45 ± 0.08 <sup>b</sup>
Crude fat	2.57 ± 0.13 <sup>a</sup>	2.62 ± 0.17 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.60 ± 0.16 <sup>a</sup>
Crude protein	10.02 ± 0.11 <sup>a</sup>	9.90 ± 0.21 <sup>a</sup>	9.68 ± 0.15 <sup>a</sup>	11.75 ± 0.07 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Mean ± standard deviation (n=3).

<sup>2)</sup>Mean with the same letter in a column are not significantly different at *p*<0.05 by Scheffe's multiple range test.

Phenol, Sodium metabisulfite로 모두 Sigma Co. (St. Louis, USA) 제품을 사용하였다. 국내 육성 팝콘 옥수수 건조 분말시료 0.1 g에 25% HCl과 증류수를 첨가하고 100°C 항온 수조에서 3시간 동안 가열하여 가수분해하였다. 가열하고 식힌 시료를 필터하고 10% NaOH를 첨가하여 중화시킨 다음 100 mL로 정용하여 환원당 측정시료로 사용하였다. 가수분해된 시료 1 mL에 DNS시약 3 mL를 첨가하고 100°C에서 5분간 반응시킨 다음 급냉하여 50 mL로 정용하였다. 반응된 시료액을 분광광도계 (Evolution 201, Thermo, Waltham, MA, USA)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며 blank로 증류수를 사용하여 동일하게 측정하였다. 표준물질로 glucose (Sigma Co., USA)를 사용하여 정량곡선을 작성하고 시료 내 환원당의 함량을 측정하였으며 정량된 환원당 값에 전분과 환원당의 분자량 환산계수인 0.9를 곱하여 전분량으로 환산하였다.

### 통계분석

통계분석 SPSS Statistics (ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 유의적 차이 검증을 위해 Scheffe's multiple range test ( $P < 0.05$ )를 이용하여 분석하였다.

## Results and Discussion

### 일반성분

국내 육성 팝콘 옥수수 품종의 일반성분 분석 결과는 Table 2와 같다. 건조된 팝콘 옥수수 품종의 수분 함량은 11.54-12.24%로 나타났으며, 알곡의 수분함량은 종실내부 수분압력의 강도를 좌우하여 튀김부피와 매우 밀접한 관계를 맺고 있어 가장 중요한 요인으로 평가된다<sup>7)</sup>. Chang<sup>7)</sup>의 연구에서 알곡의 수분함량이 11.5%일 때, Eldrege 등<sup>17)</sup>은 12-13%의 범위에서 최대의 튀김 부피를 얻었다고 보고한 결과에 준하여 본 연구에 사용된 시료는 적당한 수분함량을 가지고 있는 것으로 사료된다. 회분 함량은 0.97-1.45%

인 것으로 나타났으며 이는 농촌진흥청에서 발간한 국가 표준식품성분표<sup>18)</sup>의 말린 메옥수수의 회분(1.5%) 함량 보다는 다소 낮았으며, 팝콘 옥수수 품종의 조지방은 2.48-2.62%인 것으로 나타났으며, Yu 등<sup>1)</sup>이 보고한 찰옥수수 5종, 사료용 3종의 조지방 함량 3.16-12.35%, Park 등<sup>20)</sup>은 팝콘옥수수 6종의 조지방 함량 3.80-4.63%, Miller 등<sup>21)</sup>이 보고한 팝콘 옥수수의 조지방 함량은 5.6%로 기존 선행 연구에 비해 팝콘 옥수수 품종의 조지방 함량이 1-2% 가량 낮은 것으로 나타났다. 조단백질 함량은 9.68-11.75%이었으며 Jess 등<sup>22)</sup>의 연구에서 팝콘 옥수수 알곡의 조단백질의 함량이 8.1-9.9%로 나타나 본 연구결과보다 다소 낮은 수치였는데 이는 품종 및 재배방법 등에 따라 함량의 차이가 있다고 판단된다. 분석된 영양성분의 함량으로부터 산출된 탄수화물의 함량은 69.36-71.01%이었으며 기찬팝콘의 탄수화물 함량이 69.36%로 가장 낮았다. Jess 등<sup>22)</sup>의 연구에서 팝콘용 옥수수 알곡 6종의 탄수화물 함량이 72.3-73.9%인 것으로 보고되어 본 연구결과보다 높은 수치인 것으로 나타났다.

### 무기성분

국내 육성 팝콘 옥수수 품종의 무기성분 분석 결과는 Table 3과 같으며, 주요 무기성분으로 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 철, 망간, 인 성분이 검출되었다. 칼슘의 표준용액 농도는 10, 20, 50, 100 mg/mL, 칼륨과 마그네슘은 10, 20, 50 mg/mL로 제조하였으며, 철과 망간은 0, 1, 2 mg/mL의 농도로 제조하여 표준 검량선을 작성 하였으며, 검량선의 상관계수는 검출된 무기성분 모두  $R^2 = 0.998$  이상으로 우수한 직선성을 나타냈다(Table 4). 각 품종의 칼슘은 23.17-25.52 mg/100 g으로 나타나 국가표준식품성분표<sup>23)</sup>에 고시되어 있는 마른 메옥수수의 칼슘(25 mg)의 함량과 비슷한 수준으로 나타났다. 칼륨은 오륙팝콘에서 310.46 mg/100 g으로 가장 높았으며 오륙팝콘을 제외한 나머지 품종은 228.25-250.48 mg/100 g의 수치를 나타냈다. 각 품종의 마그네슘은 86.47-99.34 mg/100 g의 수준이었으며 지팝콘의 마그네슘 함량이 99.34 mg/100 g으로 가장 높게

Table 3. Mineral components in popcorns

Mineral components (mg/100 g)	Dried samples			
	Oryun popcorn	Oryun popcorn 2	G-popcorn	Gichan popcorn
Ca	24.91 ± 0.64 <sup>a1)2)</sup>	24.70 ± 0.61 <sup>a</sup>	23.17 ± 0.59 <sup>a</sup>	25.52 ± 1.00 <sup>a</sup>
K	310.46 ± 5.12 <sup>a</sup>	250.48 ± 3.32 <sup>b</sup>	242.89 ± 13.69 <sup>b</sup>	228.25 ± 8.56 <sup>b</sup>
Mg	86.47 ± 2.39 <sup>a</sup>	98.79 ± 1.94 <sup>a</sup>	99.34 ± 6.09 <sup>a</sup>	92.98 ± 5.21 <sup>a</sup>
Fe	2.94 ± 0.32 <sup>a</sup>	2.37 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.36 ± 0.34 <sup>a</sup>	2.18 ± 0.11 <sup>a</sup>
Mn	0.77 ± 0.05 <sup>ab</sup>	0.94 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.78 ± 0.05 <sup>ab</sup>	0.75 ± 0.06 <sup>a</sup>
P	310.00 ± 13.27 <sup>a</sup>	290.40 ± 10.87 <sup>a</sup>	276.04 ± 16.77 <sup>a</sup>	277.24 ± 7.51 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Mean ± standard deviation (n=3).

<sup>2)</sup>Mean with the same letter in a column are not significantly different at  $p < 0.05$  by Scheffe's multiple range test.

나타났다. 철과 망간은 각각 2.18-2.94 mg/100 g, 0.75-0.94 mg/100 g의 수준 이었으며, 각 품종의 인 함량은 276.04-310.00 mg/100 g으로 조성된 무기성분 중 칼륨과 함께 가장 조성비가 높은 것을 확인 할 수 있었다. Lee 등<sup>24)</sup>의 결과에 따르면 수확시기- 칼륨, 철, 아연은 각각 0.71-0.46, 83.45-66.30, 18.98-9.59, 793.69-581.33, 3.03-3.07, 9.09-9.22 mg/100 g(dry basis)의 범위로 나타나, 본 연구결과와 주요 무기성분 및 함량이 다소 차이가 있었으나, 이는 옥수수의 품종 및 재배방법, 환경 등의 차이에 따른 것으로 판단된다.

**지방산 분석**

국내 육성 팝콘 옥수수 품종의 지방산 분석 결과는 Table 5과 같다. 팝콘 옥수수 품종별 지방산은 linoleic acid (C18:2n-6), oleic acid (C18:1), palmitic acid (C16:0) 등 11종이 검출되었다. 지방산 조성은 다가불포화지방산인 linoleic acid(C18:2n-6)의 함량이 52.89-55.76%로 가장 높고, 그 다음으로 단일불포화지방산인 oleic acid(C18:1)가 24.31-26.65%, 포화지방산인 palmitic acid(C16:0)가 14.20-

15.92%인 것으로 나타났다. 국내 육성 옥수수 자식계통, F1과 F2 종실의 주요 지방산 조성은 linoleic acid와 oleic acid인 것으로 보고되었으며<sup>25)</sup> 이는 국내 육성 팝콘 옥수수 품종의 지방산 조성 과 유사하였다. linoleic acid(C18:2n-6), linolenic acid(C18:3n-3), arachidonic acid(18:3) 등은 다가불포화 지방산으로 인체 내에서 합성되지 않는 필수 지방산으로 그 중 linolenic acid(C18:2n-6)는 오메가-3 지방산으로 피부의 전이성과 투과성을 증진시키는 bioactive 물질이라고 하였다<sup>26)</sup>. 팝콘 옥수수 품종별 linolenic acid(C18:2n-6) 함량이 1.19-1.34%의 함량을 나타냈으며, 이는 이 등<sup>26)</sup>이 보고한 색소 2호의 1.07%의 함량보다 높은 것으로 나타났다. 팝콘 옥수수 품종별 포화지방산과 불포화지방산의 비율은 16.53 : 83.47-18.93 : 81.07의 분포였고 이 중에서 오륙팝콘의 불포화지방산 함량 비율이 83.47로 가장 높았으며 나머지 품종 모두 oleic acid(C18:1), linoleic acid(C18:2n-6) 및 α-linolenic acid(C18:3n-3) 등을 포함한 불포화지방산의 함량이 전체 지방산의 80%를 차지하는 것을 확인할 수 있었다. Son 등<sup>25)</sup>의 연구에 따르면 국내 육성 옥수수 자식계통 및 교잡종 종실의 포화지방산과 불포화지방산의 함량 비율이 17.6-21.0:79-80.5의 분포로 본 연구결과와 지방산 조성 변이와 유사했으며, Lee 등<sup>24)</sup>의 연구에서 대학찰옥수수의 수확시기에 따른 포화지방산과 불포화지방산의 비율이 25:75이었는데 국내 육성 팝콘 옥수수의 불포화지방산의 조성비 보다는 낮은 수치였다. Jellum 등<sup>28)</sup>은 옥수수의 지방산 조성은 환경보다는 유전적 영향을 크게 받는 다고 보고하였는데, 옥수수 품종에 따른 지방산의 함량과 조성비가 상이한 것은 교잡종을 육종하는데 쓰인 자식계통이 다르므로, 유전적 품종의 차이에 따른 결과로 추정된다.

**Table 4.** Calibration curve equation and correlation coefficient (R<sup>2</sup>) of mineral standards

Mineral components	Calibration curve equation	R <sup>2</sup>
Ca	y = 3,538.5x - 2238	0.999
K	y = 1,847.2x + 8897.1	0.999
Mg	y = 393.89x + 544.54	0.999
Fe	y = 230,207x - 6308.7	0.998
Mn	y = 74,365x + 455.67	0.999

**Table 5.** Fatty acid contents in popcorn

Fatty acids	Contents (mg/100 g)				
	Oryun popcorn	Oryun popcorn 2	G-popcorn	Gichan popcorn	
Saturated	Palmitic acid(C16:0)	523.13±11.30 <sup>a)1)2)</sup>	498.01±13.60 <sup>a</sup>	530.88±25.32 <sup>a</sup>	530.06±12.90 <sup>a</sup>
	Margaric acid(C17:0)	2.71±0.09 <sup>a</sup>	2.79±0.09 <sup>a</sup>	3.70±0.28 <sup>a</sup>	2.77±0.24 <sup>b</sup>
	Stearic acid(C18:0)	51.94±1.06 <sup>a</sup>	64.0±2.36 <sup>b</sup>	79.84±5.01 <sup>c</sup>	59.46±1.66 <sup>b</sup>
	Arachidic acid(C20:0)	14.22±0.41 <sup>a</sup>	13.9±0.45 <sup>a</sup>	13.89±1.09 <sup>a</sup>	13.64±0.68 <sup>a</sup>
	Behenic acid(C22:0)	7.01 1±0.61 <sup>b</sup>	6.02±0.26 <sup>a</sup>	5.71±0.43 <sup>a</sup>	5.74±0.34 <sup>a</sup>
	Lignoceric acid(C24:0)	9.62±0.45 <sup>b</sup>	8.36±0.47 <sup>a</sup>	7.79±0.47 <sup>a</sup>	8.09±0.46 <sup>a</sup>
Mono-unsaturate	Palmitoleic acid(C16:1)	5.27±0.26 <sup>a</sup>	4.11±0.23 <sup>a</sup>	4.57±0.17 <sup>b</sup>	4.30±0.21 <sup>ab</sup>
	Oleic acid(C18:1)	981.3±26.08 <sup>b</sup>	834.61±32.37 <sup>a</sup>	849.23±41.85 <sup>a</sup>	825.63±27.92 <sup>a</sup>
	cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	8.38±6.13 <sup>a</sup>	7.24±0.55 <sup>a</sup>	5.41±3.43 <sup>a</sup>	7.74±0.30 <sup>a</sup>
Poly-unsaturated	Linoleic acid(C18:2n-6)	2,029.99±77.06 <sup>c</sup>	1,657.17±55.99 <sup>a</sup>	1,947.83±111.01 <sup>ab</sup>	1,831.63±85.62 <sup>b</sup>
	α-Linolenic Acid(C18:3n-3)	49.43±1.20 <sup>d</sup>	37.19±1.05 <sup>a</sup>	44.66±1.90 <sup>c</sup>	40.11±1.33 <sup>b</sup>

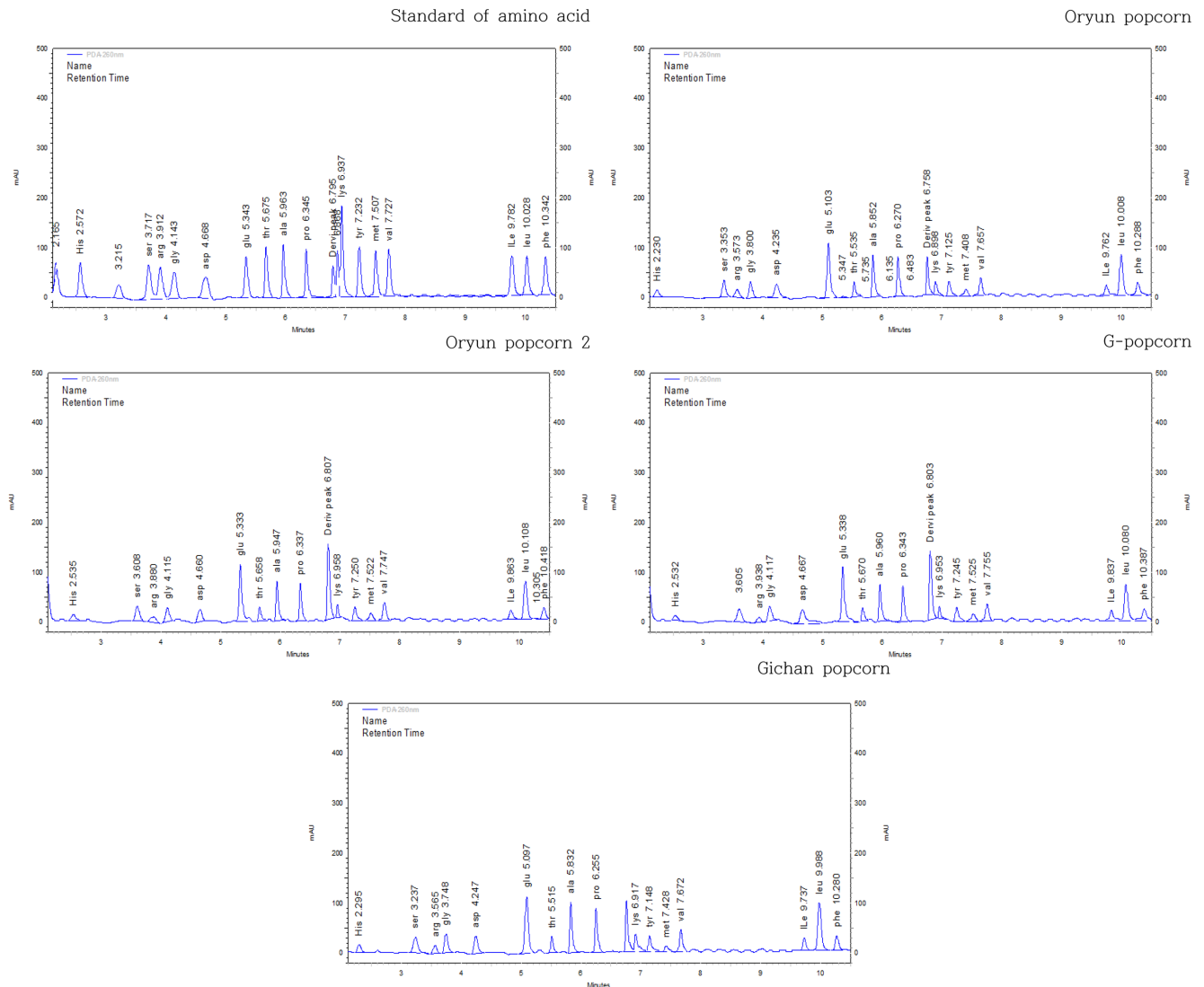
<sup>1)</sup>Mean ± standard deviation (n=3)

<sup>2)</sup>Mean with the same letter in a column are not significantly different at P<0.05 by Scheffe's multiple range test.

**아미노산 분석**

국내 육성 팝콘 옥수수 품종의 아미노산 분석 결과는 Fig. 1과 Table 6과 같다. 팝콘 옥수수 품종별로 총 16종의 아미노산이 분석되었고 glutamic acid가 전체 아미노산의 17.70-18.52%로 가장 높았으며 그다음으로 leucine (12.30-12.54%), proline (10.34-10.92%)의 순으로 조성비가 높았다. 이는 옥수수 단백질은 저장단백질인 zein이 약 45-50%를 차지하며, 주로 glutamic acid, proline, alanine, leucine으로 구성되어 있다고 보고한 결과<sup>26)</sup>와 조성비가 일치하였다. 아미노산 중 lysine, valine, leucine, threonine, isoleucine, phenylalanine, histidine, methionine, tryptophan은 체내에서 합성되지 않아 식품으로부터 섭취가 요구되는 필수 아미노산으로, 국내 육성 팝콘 옥수수 품종의 필수 아미노산은 tryptophan을 제외한 8종이 검출되었으며 모든 품종에서 전체의 약 39% 이상을 차지하였다. 필수 아미노산 중 lysine

과 tryptophan은 옥수수와 같은 화곡류의 제한 아미노산으로 알려져 있어 불완전 단백질에 속하는데<sup>24)</sup>, 팝콘 옥수수 품종별 lysine의 함량은 전체 아미노산의 2.67-3.12%인 것으로 나타나 아미노산 조성 중 가장 낮은 것으로 나타났다. Son 등<sup>25)</sup>은 국내 육성 옥수수 자식계통, F1 종실, F2 종실의 아미노산 조성비 중 lysine 함량이 가장 낮다고 보고하였으며 이는 본 연구의 결과와 일치하였다. 일반 옥수수에 비하여 단백질과 lysine의 함량을 높인 QPM(quality protein maize)계통 및 non-QPM 옥수수 종실의 lysine의 함량이 각각 전체 아미노산의 1.02%, 0.74%라고 보고<sup>29)</sup>하였으며, Son 등<sup>25)</sup>은 국내 육성 옥수수 자식계통 및 교잡종의 종실의 lysine 함량이 0.3-0.37%의 함량이라고 보고한 결과와 비교하였을 때 팝콘 옥수수 품종의 lysine 함량이 다소 높은 것을 확인하여 영양학적인 면에서 건강한 간식으로써 활용도가 높을 것으로 사료된다.



**Fig. 1.** HPLC Chromatogram of amino acid from Standard, Oryun popcorn, Oryun popcorn 2, G-popcorn and Gichan popcorn.

**Table 6.** Amino acids contents in popcorn

Amino acids <sup>1)</sup>	Contents (mg/100 g)			
	Oryun popcorn	Oryun popcorn 2	G-popcorn	Gichan popcorn
Glutamic acid	1,997.22 ± 121.35 <sup>b3)4)</sup>	1,927.72 ± 125.37 <sup>ab</sup>	1,777.00 ± 49.10 <sup>a</sup>	2,334.21 ± 61.09 <sup>c</sup>
Proline	1,133.16 ± 59.14 <sup>a</sup>	1,149.51 ± 39.83 <sup>a</sup>	1,096.35 ± 17.14 <sup>a</sup>	1,303.64 ± 31.30 <sup>b</sup>
Aspartic acid	577.62 ± 34.83 <sup>a</sup>	577.10 ± 89.27 <sup>a</sup>	467.47 ± 61.18 <sup>a</sup>	693.28 ± 13.87 <sup>b</sup>
Alanine	707.14 ± 23.27 <sup>ab</sup>	756.01 ± 59.22 <sup>b</sup>	659.51 ± 31.28 <sup>a</sup>	856.46 ± 15.69 <sup>c</sup>
Glycine	434.50 ± 29.39 <sup>ab</sup>	414.64 ± 57.48 <sup>ab</sup>	380.88 ± 5.27 <sup>a</sup>	463.03 ± 11.30 <sup>b</sup>
Serine	502.52 ± 21.28 <sup>a</sup>	517.31 ± 36.41 <sup>a</sup>	526.93 ± 37.15 <sup>a</sup>	636.13 ± 36.98 <sup>b</sup>
Arginine	614.53 ± 41.38 <sup>ab</sup>	588.59 ± 26.86 <sup>ab</sup>	576.25 ± 21.24 <sup>a</sup>	640.40 ± 24.04 <sup>b</sup>
Tyrosine	539.77 ± 11.95 <sup>a</sup>	574.30 ± 19.16 <sup>a</sup>	547.69 ± 28.02 <sup>a</sup>	650.86 ± 16.71 <sup>b</sup>
Leucine	1,355.94 ± 37.61 <sup>b</sup>	1,323.20 ± 64.94 <sup>ab</sup>	1,239.62 ± 47.69 <sup>a</sup>	1,656.33 ± 50.97 <sup>c</sup>
Isoleucine	381.07 ± 23.66 <sup>b</sup>	343.45 ± 23.04 <sup>ab</sup>	333.17 ± 9.82 <sup>a</sup>	443.98 ± 27.06 <sup>c</sup>
Valine	544.18 ± 20.04 <sup>a</sup>	551.13 ± 30.30 <sup>a</sup>	532.75 ± 5.85 <sup>a</sup>	645.19 ± 7.87 <sup>b</sup>
EAA <sup>2)</sup> Phenylalanine	581.32 ± 8.59 <sup>b</sup>	558.22 ± 42.47 <sup>ab</sup>	519.14 ± 5.04 <sup>a</sup>	699.65 ± 25.14 <sup>c</sup>
Histidine	387.00 ± 7.46 <sup>ab</sup>	374.64 ± 20.97 <sup>a</sup>	376.15 ± 11.56 <sup>a</sup>	404.48 ± 9.05 <sup>b</sup>
Methionine	398.68 ± 13.99 <sup>b</sup>	398.52 ± 18.37 <sup>b</sup>	407.23 ± 17.83 <sup>b</sup>	357.67 ± 17.92 <sup>a</sup>
Threonine	368.64 ± 18.12 <sup>ab</sup>	375.50 ± 39.98 <sup>b</sup>	327.84 ± 14.76 <sup>a</sup>	424.49 ± 7.09 <sup>c</sup>
Lysine	288.89 ± 52.02 <sup>a</sup>	328.24 ± 48.59 <sup>ab</sup>	271.72 ± 13.15 <sup>a</sup>	393.41 ± 41.98 <sup>b</sup>
Sum of all amino acids	10,812.20 ± 524.14	10,758.09 ± 742.24	10,039.69 ± 376.08	12,603.20 ± 398.06
Sum of EAA	4,305.73 ± 181.52	4252.91 ± 288.66	4007.62 ± 125.70	4,600.70 ± 187.08

<sup>1)</sup>Amino acids abbreviations follow IUPAC standard

<sup>2)</sup>Essential amino acids

<sup>3)</sup>Mean ± standard deviation (n=3)

<sup>4)</sup>Mean with the same letter in a column are not significantly different at  $P < 0.05$  by Scheffe's multiple range test.

**Table 7.** Contents of reducing sugar and starch in popcorns

	Dried samples (%)			
	Oryun popcorn	Oryun popcorn 2	G-popcorn	Gichan popcorn
Reducing sugar	5.13 ± 0.04 <sup>a1)2)</sup>	5.05 ± 0.16 <sup>a</sup>	4.90 ± 0.32 <sup>a</sup>	4.68 ± 0.18 <sup>a</sup>
Starch	46.14 ± 0.32 <sup>a</sup>	45.45 ± 1.20 <sup>a</sup>	44.06 ± 2.37 <sup>a</sup>	42.14 ± 1.30 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Mean ± standard deviation (n=3).

<sup>2)</sup>Mean with the same letter in a column are not significantly different at  $P < 0.05$  by Scheffe's multiple range test.

### 환원당 및 전분분석

국내 육성 팝콘 옥수수 품종의 환원당 및 전분의 함량을 분석한 결과는 Table 7과 같다. 품종별 환원당은 오륙팝콘(5.13%), 오륙2호(5.05%), 지팝콘(4.90%), 기찬팝콘(4.68%) 함량을 나타냈으며, 품종 간 환원당 함량의 유의적 차이는 없었다. 전분의 함량은 42.14-46.14%로 품종 간 통계적 유의차는 없었으나, Jung 등<sup>30)</sup>은 국내 옥수수 품종의 평균 전분 함량이 65.7% 라고 보고하였으며, Lee 등<sup>31)</sup>은 대학찰옥수수의 전기, 적기, 후기 옥수수의 전분함량이 각각 43.21%, 46.68%, 52.73%(dry basis)로 보고 하였는데, 본 연구 결과와는 다소 상이한 결과를 보였다. 이는 본 연구에 사용한 시료는 팝콘 옥수수(폭렬종)이었으므로 품

종 및 재배환경 등의 차이에 따른 결과라 생각된다.

### 국문요약

본 연구는 강원도에서 육성한 오륙팝콘, 오륙2호, 지팝콘, 기찬팝콘 총 4품종 팝콘 옥수수의 영양성분을 분석하여 비교하였으며, 항목은 일반성분, 무기성분, 지방산, 아미노산, 환원당 및 전분함량을 분석하였다. 건조된 팝콘 옥수수 품종의 수분함량, 회분, 조지방은 각각 11.54-12.54%, 0.97-1.45%, 2.48-2.62%의 함량을 나타냈다. 조단백질 함량은 9.68-11.75% 이었다. 무기성분으로는 칼륨과 인이 가장 조성비가 높게 나타났으며 칼륨은 228.25-310.46 mg/100 g의

범위로 나타났으며 오륙팝콘이 가장 함량이 높았고, 인의 함량은 276.04-310.00 mg/100 g의 함량을 나타냈다. 지방산은 총 11종이 검출되었으며 linoleic acid의 함량이 전체 지방산 함량의 52.89--55.76%의 분포로 가장 높은 함량을 나타냈고, 그 다음으로 oleic acid(24.31-26.65%), palmitic acid(14.20-15.92%) 인 것으로 나타났다. 아미노산은 품종별로 총 16종의 아미노산이 검출되었으며, glutamic acid가 전체 아미노산의 17.70-18.52%로 가장 높았고, leucine(12.30-12.54%), proline(10.34-10.92%)의 순으로 조성비가 높게 나타났다. 품종별 환원당 함량은 4.68-5.13%이었으며, 전분은 42.14-46.14%의 함량을 나타냈다.

### Acknowledgement

본 연구는 농촌진흥청 공동연구과제(세부과제명 : 품종별 지역농특산물의 아미노산 분석, 과제번호 : PJ013427032019)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### References

1. Yu, M.H., Kim, E.O., Choi, S.W., Quantitative change of hydroxycinnamic acid derivatives and anthocyanin in corn(*Zea mays* L.) according to cultivars and heat processes. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.*, **39**, 843-852 (2010).
2. Plate, A.Y.A, Gallaher, D.D., The potential health benefits of corn components and products. *Cereal Foods World*, **50**, 305-314 (2005).
3. Hyun, Y.H., Goo, B.S., Song, J.E., Kim, D.S., Food material. Hyungseul Publishing Co, Daegu, Korea. p 55-57 (2008).
4. Chang, E.H., Sa, K.J., Kim, J.H., Lee, J.K., Analysis of Morphological Characteristics Among Popcorn Inbred Lines by SSR Markers. *Kor. J. Breed. Sci.*, **43**, 405-412 (2011).
5. Foundation of Agri. Tech. Commercialization & Transfer(FACT 2016). Using domestic corn economic analysis of Popcorn.
6. Choi, J.K., Park, J.Y., Chang, E.H., Ryu, S.H., Seo, Y.H., Park, K.J., A New Single Cross Hybrid fo Popcorn with Lodging Tolerance and High Yield. *Korean J. Breed. Sci.*, **49**, 285-288 (2017).
7. Chang, E.H., Breeding of 'Oryunpopcorn' cultivar Using Popcorn Inbred Lines. M.S degree in Kangwon National University, Korea (2013).
8. Jang, J.S., Molecular Genetic Study on Genetic Variation of Popcorn Inbred Lines using SSR Marker. M.S degree in Kangwon National University, Korea (2015).
9. Chang, E.H., Sa, K.J., Kim, J.H., Lee, J.K., Analysis of Morphological Characteristics Among Popcorn Inbred Lines. *Kor. J. Crop. Sci.*, **58**, 267-273 (2013).
10. Kim, S.L., Park, S.U., Cha, S.W., Seo, J.H., Major Characteristics Affecting Popping Volume of Popcorn. *Kor. J. Crop. Sci.*, **40**, 167-174 (1995).
11. Food standards codex, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea, II(10), pp. 1-33 (2011).
12. Food standards codex, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea, II(10), pp. 56-58 (2011).
13. KFDA. Food Code. Munyoung sa, Seoul, Korea, pp. 3-29 (2002).
14. Food standards codex, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea, II(10), pp. 40-49 (2012).
15. Song, B.S., Kim, M.J., Kim, G.S., Amino acid composition changes in soybean sprouts during cultivation. *Korean J. Food preserv.*, **17**, 681-687 (2010).
16. Miller, G.L., Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem.*, **31**, 426-428 (1959).
17. Eldredge, J.C., Thomas, W.I., Popcorn : It's production, processing and utilization. Iowa State University of Science and Technology. Ames, IABull. p127 (1959)
18. Korean food composition table 9<sup>th</sup> version, National Institute of Agricultural Science, Wanju, Korea. pp. 36-37 (2016).
19. Cho, S.H., Yoon, Z.I., Change of Corn Proteins and Lipids induced by Thermal Processing. *J Korean SOC. FOOD NUTR.*, **18**, 287-299. (1989)
20. Park, D.K., Kenneth, G.D. Allen., Frank, R. Stermitz., Joseph, A. Maga., Chemical Composition and Physical Characteristics of Unpopped Popcorn Hybrids. *J Food composition and analysis.*, **13**, 921-934 (2000)
21. Miller, D.F., Composition of cereal grains and forages. National Academy of Science, National Reserch Council, Publ. NO. 585. Washington, DC.
22. Jess, C. Sweley., Devin, J. Rose., David, S. Jackson., Hybrid and environment effects on popcorn kernel physiochemical properties and their relationship to microwave popping performance. *J Cereal Sci.*, **55**, 188-194
23. Korean food composition table 9<sup>th</sup> version, National Institute of Agricultural Science, Wanju, Korea. pp. 36-37 (2016).
24. Lee, S.H., Hwang, I.G., Kim, H.Y., Lee, H.K., Lee, S.H., Woo, S.H., Lee, J.S., Jeong, H.S., Physiochemical Property and Antioxidant Acrivity of Daehak Waxy Corns With Different Harvest Times. *J. Kor Soc Food Sci Nutr.*, **39**, 719-724 (2010).
25. Son, B.Y., Kim, J.T., Lee, J.S., Baek, S.B., Kim, S.L., Ku, J.H., Hwang, J.J., Cha, S.M., Kwon, Y.U., Chemical composition of seed from inbred lines and hybrids of maize recently developed in Korea. *Korean J. Crop Sci.*, **57**, 188-194 (2012).
26. Wassef, W.N., Lipid. In Fennema(Eds.) Food chemistry, second edition Marcel Dekker, Inc., New York and Basel pp. 140-244. (1985)
27. Lee, K.Y., Kim, T.H., Lim, S.H., Park, J.Y., Kim, K.H., Ahn, M.S., Kim, H.Y., Proximate Free Sugar, Fatty acids Composition and Anthocyanins of Saekso 2 Corn Kernels. *J Food Hyg. Saf.*, **31**, 335-341 (2016).
28. Jellum, M.D., Marion, I. J., Factors affecting oil content and oil composition of corn grain. *Crop Sci.*, **6**, 41-42 (1966).
29. Kim, S.L., Son, B.Y., Jeong, T.Y., Moon, H.G., Son, J.R.,



- Characterization on fatty acids and amino acids of quality protein maize lines. *Korean J. Crop Sci.*, **51**, 458-465 (2006).
30. Jung, K.H., Kim, M.J., Son, B.Y., Kim, S.L., Yoon, M.R., Kwak, J.E., Choi, K.S., Lee, C.K., Characterization of Chemical Compositions on Kernel of Korean Maize Hybrids. *J. Korean Breed Sci.*, **48**, 450-459 (2016).
31. Lee, S.H., Hwang, I.G., Kim, H.Y., Lee, H.K., Lee, S.H., Woo, S.H., Lee, J.S., Jeong, H.S., Starch Properties of *Dae-hak* Waxy Corn with Different Harvest Times. *J. Kor Soc Food Sci Nutr.*, **39**, 573-579 (2010).