pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 32, No. 6, pp. 513~520 (2017)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2017.32.6.513

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

강일옥 옥수수의 영양성분, 카로티노이드 함량분석 및 생리활성 평가

이기연 · 김재은 · 홍수영 · 김태희 · 박아름 · 노희선 · 김시창 · 박종열[1] · 안문섭 · 김희연*
강원도농업기술원 농식품연구소, [1]강원도농업기술원 옥수수연구소

Assessment of Nutritional Components, Carotenoid Content and Physiological Activity of Maize Hybrid for Grain 'Kangilok'

Ki Yeon Lee, Jai Eun Kim, Soo Young Hong, Tae Hee Kim, A-Reum Park, Hee Sun Noh, Si Chang Kim, Jong Yeol Park[1], Mun Seob Ahn, and Hee Yeon Kim*
Agriproduct Processing Experiment Station, Gangwon-do Agricultural Research and Experiment Services, Chuncheon, Korea
[1]Hongcheon Maize Experiment, Gangwon-do Agricultural Research and Experiment Services, Chuncheon, Korea
(Received October 19, 2017/Revised October 25, 2017/Accepted October 30, 2017)

ABSTRACT - This study was performed to provide basic data of 'Kangilok'. The objective of this study was to investigate worth of 4 parts of maize hybrid for grain, 'Kangilok' for functional foods. The 4 parts are kernels, dehulled kernels, skin of kernels and cobs of 'Kangilok'. We evaluated moisture, crude ash, crude lipid, crude protein, crude fiber and mineral content of 'Kangilok'. The moisture of kernels, dehulled kernels, skin of kernels and cobs of 'Kangilok' were 11.27%, 12.40%, 9.45%, 8.85% and the crude ash were 1.26%, 0.73%, 3.19%, 1.42%. Each of the crude lipid were 3.84%, 2.69%, 8.59%, 0.46% and the crude protein were 9.40%, 9.96%, 12.10%, 2.80%. The crude fiber of kernels, dehulled kernels, skin of kernels and cobs of 'Kangilok' were 2.24%, 0.92%, 7.07%, and 33.51%. Among the mineral contents, Ca and K content of cobs were highest by 4.84 mg/100 g, 114.33 mg/100 g and Fe, Mn contents of skin of kernels were highest by 5.30 mg/100 g, 2.64 mg/100 g. Mg content of kernels was the highest by 27.42 mg/100 g. P content of kernels, dehulled kernels, skin of kernels and cobs were 1.20%, 0.96%, 2.41%, and 0.19%. It was performed test on anti-oxidative, anti-inflammatory activities of 60% ethanol extract from 4 parts of Kangilok. The anti-oxidative effect was measured by DPPH and ABTS radical scavenging activity. As a results, DPPH radical scavenging activity (10 mg/mL) was 72.59%~93.05% and ABTS radical scavenging activity (10 mg/mL) was 48.17%~79.88%. The anti-inflammatory effect was measured by ability to inhibit production nitric oxide (NO) in RAW264.7 cell. As a result, all the extract of 4 parts were showed significantly inhibitory effect on NO production. Carotenoid contents quantified by using HPLC. β-Carotene of carotenoid was not analyzed in all the sample. Lutein and zeaxantin ware analyzed in kernels and skin of kernels.

Key words : Proximate composition, Anti-oxidative effect, Anti-inflammatory effect, Carotenoid contents

옥수수(Corn, *Zea may* L.)는 쌀, 밀과 함께 세계 3대 작물 중 하나로, 사료용, 전분 및 식용유, 팝콘 등 다양한 식품원료 용도로 사용되고 있다. 옥수수의 72%가 전분이고, 나머지는 단백질, 지방, 섬유소 등으로 구성되어 있으며, 필수지방산인 리놀렌산이 많이 함유되어 있다[1]. 최근 국내 식용 옥수수의 소비가 증가함에 따라 재배면적도 지속적으로 증가하고 있으며 기후 및 토양에 대한 적응력이 우수하여 우리나라 전역에서 재배가 가능하고 특히 강원도 지역에서 주로 생산되고 있다[2,3]. 세계적으로 다양한 종류의 옥수수는 알곡의 색차이로 흰색, 노란색, 적색, 자색, 흑색 등으로 구분되고, 종실 특성에 따라 사료용으로 사용되는 마치종, 저장성이 높은 경립종, 가공용으로 사용되는 연립종, 튀김용으로 사용되는 폭렬종, 당분 함량이 높은 감미종 등으로 구분된다[4,5]. 옥수수 중에서 황색 마치종이 대부분의 제품 원료로 사용되고 있으며 최근 황색 마치종 이외의 다른 품종들의 색소, 식이섬유, 단백질 원료 등으로 활용하기위한 연구가 진행되고 있다[6,7]. 본 연구에 사용된 강일옥은 강원도 농업기술원 옥수수연구소에서 2005년도에 품종 등록되었으며 단교잡종 옥수수로서

*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

종실은 마치종이고 알곡 과피색은 황색인 종실용 옥수수이다. 잡종강세를 이용한 단교잡종이므로 매년 갱신된 F_1 종자를 사용하여 재배하여야 하며 습해를 방지하기 위해 강우 시 배수관리에 주의해야하는 특성이 있다.

옥수수 생리활성에 관한 연구로 Lee 등[8]의 색소2호 옥수수 알곡과 속대 추출물을 첨가한 고지방-고콜레스테롤 식이를 섭취한 흰쥐의 항산화 활성에 관한 연구가 보고되었으며, Ryu[3]의 연구에서 옥수수 물 추출물이 비장세포 증식능을 촉진하는 효과가 있다고 보고되었다. 또한, 옥수수 수염과 껍질의 항산화 활성에 관한 연구[9,10]와 옥수수 펩타이드가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향에 관한 연구[11] 등이 보고되었다.

국내에서 대부분 찰옥수수와 단옥수수가 식용으로 이용되고 있으며 이에 따라 찰옥수수와 단옥수수 품종의 특성에 관한 연구[12,13]와 옥수수의 가공 특성 연구[5,14]가 주로 이루어지고 있다. 일반 옥수수에 관한 연구는 강다옥, 광평옥 등과 같은 사일리지와 곡실사료 용도로 사용되는 옥수수의 품종 개발과 재배기술에 관한 연구가 이루어지고 있으나[15-17] 일반 옥수수 곡실을 식용 및 가공용으로 이용하기 위한 연구는 미흡한 실정인 것으로 보고되었다[18].

본 연구는 마치종 황색 알곡 품종으로 등록된 강일옥 옥수수의 일반성분 분석, 생리활성 검정 및 색소 함량을 분석을 통하여 향후 기능성 식품에 활용하기 위한 기초자료로 제공하고자 수행되었다.

Materials and Methods

실험재료

재배된 강일옥 옥수수를 수확하여 수염과 외피를 제거하고 냉풍제습기를 사용하여 건조하였다. 건조된 옥수수를 알곡과 속대로 분리하고, 알곡은 거피된 알곡과 알곡 껍질로 분리하였다. 건조하여 분리된 강일옥 옥수수의 알곡(kernels), 거피된 알곡(dehulled kernels), 알곡 껍질(skin of kernels), 속대(cobs)를 분쇄하여 일반성분 분석시료로 사용하였다. 각각의 처리별 분말시료에 60% ethanol을 첨가하고 6시간동안 2반복 교반하여 감압추출 후 완전농축하고 동결건조하여 생리활성 및 색소함량 분석시료로 사용하였다.

일반성분 분석

강일옥 옥수수의 일반성분 분석은 식품공전법[19]에 따라 분석하였다. 수분 함량은 수분 건조기(MA 40, Sartorius, Göttingen, Germany)를 사용하여 측정하였으며 조회분은 600°C 회화로에서 직접 회화시켜 회화되기 전 시료의 무게와 회화된 후의 시료의 무게의 차이로 함량을 산출하였다. 조단백질은 Kjeldahl 법에 의해 분석시료에 분해촉매제와 황산 10 mL를 첨가하여 420°C에서 50분간 가열하여 분해시키고 Kjeltec 장치(Kjeltec auto sampler system 1035 Analyzer, FOSS TECATOR, FOSS, Höganäs, Sweden)를 이용하여 조단백질의 함량을 측정하였다. 조지방 함량은 soxhlet 추출법을 사용하여 분석하였다. 지방 자동추출장치인 Soxtec (2050 SOXTEC, FOSS TECATOR, Höganäs, Sweden)을 이용해 측정하였다. 조지방 분석통을 1시간 건조시킨 후 무게를 측정한 후 원통형 여과지에 시료 1 g을 넣고 솜으로 위를 덮고 ethyl ether 80 mL를 넣고 Soxtec에 장착하였다. 추출장치의 수기를 130°C에서 20분간 끓이고 40분간 세척, 20분간 회수, 20분간 건조되도록 조절하였다. 분석이 완료되면 분석통을 꺼내 흄후드에서 남아있는 ether를 휘발시킨 후 100°C의 건조기에서 1시간 건조한 후 30분간 진공방냉 후 무게를 측정하였다. 조섬유는 AOAC법[20]에 의해 조섬유 분석장치인 Fibertec (FOSS TECATOR, Höganäs, Sweden)을 이용하여 분석하였다. 1.25% H_2SO_4과 1.25% KOH를 사용하여 시료 내 섬유질만을 남긴 후, 회화를 통해 조섬유 함량을 측정하였다.

무기질 분석

강일옥 옥수수의 무기성분은 식품공전법의 습식분해법[21]을 이용하여 분석하였다. 시료 0.5 g에 HNO_3 10 mL를 넣고 약하게 가열하고 건고될 때까지 온도를 높여 가열 후 HNO_3 2배 희석액 10 mL과 70% $HClO_4$ 10 mL를 가하여 무색이 될 때까지 가열하였다. 소량의 증류수를 이용하여 증발접시로 옮겨 증발 건고 한 후, HCl 2배 희석액 10 mL와 증류수 10 mL를 가하여 녹인 후 증류수 100 mL로 정용하여 ICP (Integra XL, GBC Scientific, Melbourne, Australia)로 분석하였으며, 인 함량은 식품공전법에 따라 몰리브덴청 비색법[3]으로 분광광도계(UV-Visible spectrometer (Evolution 201, Thermo, Waltham, MA, USA)를 통하여 470 nm에서 비색 정량하였다.

항산화활성 측정

1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) radical 소거활성

DPPH radical에 대한 소거활성은 Blois[22]의 방법에 따라 수행하였다. 강일옥 옥수수 추출액 0.2 mL에 0.2 mM DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl)용액 0.8 mL를 첨가하여 혼합한 뒤 상온에서 30분간 반응시킨 후 ELISA reader (FLUOstar Omega, BGM LABTECH, Ortenberg, Germany)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 소거능은 시료 용액 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도차이를 백분율로 나타내었으며 양성대조군으로 ascorbic acid (Sigma®, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

DPPH radical scavenging activity (%) =

$$\left(1-\frac{\text{시료첨가구의흡광도}}{\text{무첨가구의흡광도}}\right)\times 100$$

2,2'-azino-bis[3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid] (ABTS) radical 소거활성

ABTS radical에 대한 소거활성은 Pellegrin 등[23]의 방법에 따라 7.4 mM ABTS (2,2'-azino-bis[3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid]) 용액과 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 실온 암소에서 15시간 방치하여 radical을 형성시킨 다음 실험 직전에 ABTS 용액의 흡광도가 734 nm에서 0.70 ± 0.03이 되도록 에탄올로 희석하였다. 강일옥 옥수수 추출액 20 μL에 희석된 ABTS 용액 300 μL를 첨가하여 혼합하고 20분간 실온 방치한 다음 ELISA reader (FLUOstar Omega, BGM LABTECH, Ortenberg, Germany)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS radical 소거능은 시료 용액 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도차이를 백분율로 나타내었으며 양성대조군으로 ascorbic acid (Sigma®, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

ABTS radical scavenging activity (%) =

$$\left(1-\frac{\text{시료첨가구의흡광도}}{\text{무첨가구의흡광도}}\right)\times 100$$

항염활성 측정

세포주 및 배양

실험에 사용된 마우스 대식세포주 Raw264.7 세포는 한국 세포주 은행에서 분양받아 사용하였으며, Raw264.7 세포는 DMEM (Hyclone®, Logan, UT, USA) 배지에 10% Fetal bovine serum (FBS)과 1% 항생제(Penicillin streptomycin solution)를 첨가하여 37°C, 5% CO_2 incubator에서 계대배양하였다.

세포독성평가

강일옥 옥수수의 세포 독성은 EZ-CYTOX assay kit (DAEILLAB SERVICE Co., Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 세포 배양액을 96-well plate에 1×10^5 cell/well의 농도로 100 μL씩 분주하여 37°C, 5% CO_2 incubator에서 24시간 배양한 다음 강일옥 옥수수 추출물을 각 well에 10 μL씩 첨가하고 24시간 배양하였다. 배양 후 EZ-cytox reagent 10 μL를 각 well에 분주하고 4시간 배양한 다음 ELISA reader (FLUOstar Omega, BGM LABTECH, Ortenberg, Germany)를 사용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Nitric oxide (NO) 생성량 측정

Raw264.7 세포주로부터 생성되는 NO의 양은 세포 배양액 중에 존재하는 nitrite 농도를 Griess Reagent를 이용하여 측정하였다[24]. Raw 264.7 세포를 96-well plate에 1×10^5 cell/well이 되도록 분주하여 37°C, 5% CO_2 incubator에서 24시간 동안 배양 후 강일옥 옥수수 추출물을 세포 배양 well에 처리하였다. 시료처리 1시간 후 lipopolysaccharide (LPS, 10 μg/mL)를 처리하여 염증반응을 유도시키고 37°C, 5% CO_2 incubator에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 상등액 100 μL에 2-naphthylamine이 포함된 Griess solution (Fluka Chemie AG, Buchs, Switzerland) 100 μL를 첨가하여 상온에서 10분간 반응시킨 다음 ELISA reader (FLUOstar Omega, BGM LABTECH, Ortenberg, Germany)를 사용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. Sodium nitrite의 농도별 표준곡선을 작성하여 배양액 내에 생성된 NO의 농도를 측정하였다

카로티노이드 색소 함량 정량 분석

강일옥 옥수수 처리별 건조분말시료 0.2 g에 chloroform : methanol (1:1, v/v) 10 mL를 넣고 2시간 진탕 후 감압농축하고, chloroform : methanol (8:2, v/v)로 재용해하여 HPLC (Nano Space SI-2, Shiseido, Japan) 분석시료로 사용하였다. 컬럼은 Cadenza CL-C_{18} (150 × 3 mm, 3 μm, Imtakt, Kyoto, Japan)을 사용하였고, 90% methanol과 100% methanol을 이동상으로 사용하여 시료 주입량 3 μL, 컬럼 온도 37°C, 유속 500 μL/min으로 40분 동안 분석하였다(Table 1). 표준물질로 lutein, zeaxantin, β-carotene (Sigma Chemical Co., St., Louis, MO, USA)을 사용하여 정량곡선을 작성하고 강일옥 옥수수의 카로티노이드 색소 함량을 정량하였다[25].

Results and Discussion

일반성분 분석

강일옥 옥수수의 처리별 시료의 일반성분 분석 결과는

Table 1. HPLC analytical condition of carotenoid contents

Classification	Condition
Instrument	Nano Space SI-2
Column	Cadenza CL-C_{18} (150 × 3 mm, 3 μm)
Column temp	37°C
Mobile phase	Eluent A: 90% methanol Eluent B: 100% methanol
Injection volume	3 μL
Detector	UV 460 nm
Run time	40 min

Gradient table

Time (min)	Flow rate (μL)	%A	%B
Initial	500	0	100
2	500	0	100
15	500	100	0
30	250	100	0
40	250	100	0

Table 2. Proximate components of parts of 'Kangilok'

Parts	Moisture (%)	Crude ash (%)	Crude fiber (%)	Crude fat (%)	Crude protein (%)
Kernels	11.27 ± 0.06[1)]	1.26 ± 0.10	2.42 ± 0.32	3.84 ± 0.08	9.40 ± 0.02
Dehulled kernels	12.04 ± 0.03	1.04 ± 0.13	0.92 ± 0.06	2.69 ± 0.08	9.96 ± 0.07
Skin of kernels	9.45 ± 0.01	3.19 ± 0.09	7.07 ± 0.41	8.59 ± 0.07	12.01 ± 0.16
Cobs	8.85 ± 0.09	1.42 ± 0.16	33.51 ± 0.10	0.46 ± 0.02	2.80 ± 0.13

[1)] Mean ± S.D. (n = 3).

Table 3. Mineral contents of parts of 'Kangilok'

Parts	Ca	K	Mg	Fe	Mn	P
	mg/100 g					
Kernels	3.96 ± 0.17[1)]	29.64 ± 1.47	27.42 ± 0.27	1.82 ± 0.22	0.38 ± 0.01	1198.13 ± 81.87
Dehulled kernels	3.76 ± 0.19	32.25 ± 1.02	25.31 ± 1.33	1.51 ± 0.59	0.20 ± 0.08	961.07 ± 32.69
Skin of kernels	3.90 ± 0.23	98.54 ± 1.94	6.37 ± 0.22	5.30 ± 0.22	2.64 ± 0.19	2412.40 ± 8.55
Cobs	4.84 ± 0.25	114.33 ± 6.22	6.90 ± 0.22	1.42 ± 0.28	0.78 ± 0.01	194.08 ± 3.57

[1)] Mean ± S.D. (n = 3).

Table 2와 같다. 강일옥 옥수수의 알곡, 거피된 알곡, 알곡 껍질, 속대의 수분함량은 각각 11.27%, 12.04%, 9.45%, 8.85%로 거피된 알곡의 수분함량이 가장 높은 것으로 나타났다. Jeong 등[18)]의 국내 육성 마치종 옥수수 6품종에 대한 일반성분 분석 결과 중 안다옥의 조단백질 함량은 9.3%였으며 Waston[26)]의 연구에서 황색 마치종 옥수수 알곡의 조단백질 함량이 9.5%인 것으로 보고되어 강일옥 옥수수 알곡의 조단백질 함량인 9.40%와 유사한 경향을 나타내었다. 강일옥 옥수수 알곡의 조지방 함량은 3.84%인 것으로 나타났으며 Jeong 등[18)]의 국내 육성 마치종 옥수수 6품종에 대한 조지방 함량 분석 결과 중 평강옥의 조지방 함량이 4.0%로 본 연구결과와 가장 유사하였으며, 나머지 마치종 옥수수 품종에 대한 조지방 함량이 4.2%~5.7%인 것에 비하여 다소 낮은 수치였다. 강일옥 옥수수 알곡의 회분 함량은 1.26%로 Jeong 등[18)]의 국내 육성 마치종 옥수수 6품종에 대한 회분 함량 분석 결과 장다옥의 조회분 함량이 1.3%로 본 연구 결과와 가장 유사한 것으로 나타났다. 장다옥을 제외한 마치종 5품종 옥수수의 회분 함량은 1.4~1.5%인 것으로 나타나 본 연구 결과보다 다소 높은 수치였다. Song 등[27)]의 연구에서 품종별 재배방법간 옥수수의 조회분은 1.51~1.69%이었고 Kim 등[12)]은 단옥수수의 조회분 함량은 출사 일수가 경과할수록 감소하는 경향이 있다고 보고하였다. 따라서 옥수수의 재배방법 및 수확시기 등에 따라 조회분의 함량에 차이가 있다고 판단된다. 강일옥 옥수수 알곡 껍질의 조회분, 조섬유, 조지방, 조단백질 함량은 3.19%, 7.07%, 8.59%, 12.01%로 알곡과 거피된 알곡의 일반성분보다 높은 함량은 나타내었다. 특히, 알곡과 알곡 껍질의 조섬유 함량은 거피된 알곡의 조섬유 함량보다 각각 약 2.6배, 약 7.7배 높은 것으로 나타나 옥수수 알곡의 섬유소는 알곡 껍질에 다량 함유되어 있는 것을 알 수 있었다. 또한, 강일옥 옥수수 속대의 조섬유 함량은 33.51%로 알곡의 조섬유 함량보다 약 13배 정도 높은 것으로 나타났다.

무기성분 분석

강일옥 옥수수 처리별 시료의 무기성분 함량을 분석한 결과 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 철, 망간 및 인의 6종이 검출되었다(Table 3). 강일옥 옥수수 처리별 시료에서 공통적으로 검출된 주요 무기성분은 칼륨과 인으로 국가표준 식품성분표[29)]에 고시되어있는 마른 메옥수수와 찰옥수수의 무기성분 함량과는 다소 차이가 있었으나 시료 내 주된 무기성분의 종류와는 일치하는 것으로 나타났다. 강일옥 옥수수의 처리별 시료 중 속대의 칼륨 함량은 114.33 mg/100 g으로 가장 높게 측정되었고, 인 함량은 알곡 껍질, 알곡, 거피된 알곡, 속대 순으로 높게 측정되어 무기성분 중 인은 속대보다 알곡 부위에 함유량이 많은 것을 알 수 있었다. 마그네슘의 함량은 알곡과 거피된 알곡이 알곡 껍질과 속대보다 상대적으로 높았으며 철과 망간의 함량은 각각 5.30 mg/100 g, 2.64 mg/100 g으로 강일옥 옥수수 처리별 시료 중 알곡 껍질이 가장 높은 것으로 나타났다. 강일옥 옥수수의 처리별 시료의 무기성분 분석 결과를 통하여 옥수수에 함유되어있는 무기성분의 함량이 부위마다 다르다는 것을 확인할 수 있었다.

항산화활성

강일옥 옥수수 처리별 시료 추출물의 항산화 활성을 DPPH와 ABTS radical 소거능 측정을 통하여 검정한 결과는 Table 4와 같다. DPPH radical 소거능은 비교적 안정적인 free radical인 DPPH가 ascorbic acid, tocopherol, BHT 등과 같은 항산화제와 반응하여 짙은 보라색에서 노

Table 4. DPPH and ABTS radical scavenging activities in 60% ethanol extracts from parts of 'Kangilok'

Items	DPPH radical scavenging (%)		ABTS radical scavenging (%)	
	10 mg/mL	IC_{50} [1] (mg/mL)	10 mg/mL	IC_{50} (mg/mL)
Vit.C	90.93 ± 0.46[2]	0.05	94.55 ± 0.28	0.28
Kernels	75.95 ± 0.79	6.42	58.02 ± 1.17	8.58
Dehulled kernels	72.59 ± 0.14	6.54	48.17 ± 4.15	10.40
Skin of kernels	83.58 ± 1.41	5.41	59.51 ± 3.03	8.31
Cobs	93.05 ± 0.76	4.15	79.88 ± 2.26	6.11

[1] The half maximal inhibitory concentration
[2] Mean ± S.D. (n = 3).

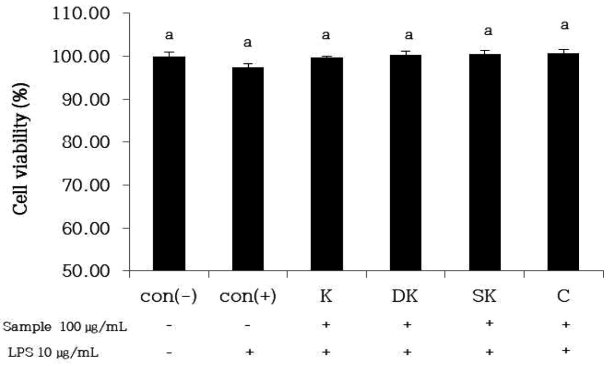

Fig. 1. Effect of 60% ethanol extracts from parts of 'Kangilok' on the cell viability of RAW264.7 cells. (K: kernerls, DK: dehulled kernels, SK: skin of kernels, C: cobs). Each bar represents the mean ± SD of 3 independent experiments. Bars with different letters in the same time are significantly different at $p < 0.05$.

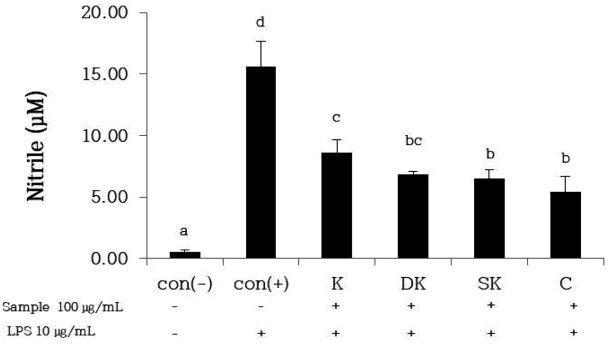

Fig. 2. Effect of 60% ethanol extracts from parts of 'Kangilok' on LPS-induced NO generation in RAW264.7 cells. (K: kernerls, DK: dehulled kernels, SK: skin of kernels, C: cobs). Each bar represents the mean ± SD of 3 independent experiments. Bars with different letters in the same time are significantly different at $p < 0.05$.

란색으로 탈색되는 원리로 측정하였고[29], ABTS radical 소거능은 potassium persulfate와 ABTS 양이온 radical이 항산화제와 반응하여 청록색에서 투명한 하늘색으로 탈색되는 원리로 측정하였다[30]. 강일옥 옥수수 속대 추출물(10 mg/mL)의 DPPH radical 소거능은 93.05%, ABTS radical 소거능은 79.88%로 처리별 시료 중 가장 높게 측정되었으며 알곡, 거피된 알곡 및 알곡껍질 추출물(10 mg/mL)의 DPPH 소거능은 모두 70% 이상으로 우수한 항산화활성을 나타내었다. 같은 추출물을 대상으로 2종류의 radical 소거능을 측정한 결과, 상대적으로 ABTS radical 소거능 보다 DPPH radical 소거능이 우수하다는 것을 알 수 있었다.

세포독성평가

강일옥 옥수수 처리별 시료 추출물이 Raw264.7 대식세포의 세포독성에 미치는 영향에 대해 조사한 결과는 Fig. 1와 같다. 강일옥 옥수수 처리별 시료 추출물의 세포 생존율은 100 μg/mL의 처리농도에서 시료 모두 99% 이상으로 Raw264.7 대식세포의 생존율에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

Nitric oxide (NO) 생성량 측정

대식세포는 체내 모든 조직에 분포하는 면역세포로서 lipopolysaccharide (LPS)와 같은 염증유발물질에 의해 자극을 받은 세포는 NO, prostaglandin E_2(PGE_2), pro-inflammatory cytokine 등과 같은 염증매개 물질을 생산하여 염증에 대한 생체방어 역할을 한다[31,32]. NO는 L-arginine을 기질로 하여 nitric oxide synthase (NOSs)에 의해 생성되는 radical로 세포 내 신경전달물질 운반, 항상성 유지 및 항암작용 등의 다양한 역할을 하지만 과량으로 생성된 NO는 산화적 스트레스를 증가시키며 세포의 파괴, 부종 등의 염증반응을 촉진시키고 다른 염증매개물질과 합성하여 염증질환을 심화시키는 작용을 한다[33,34]. 따라서 LPS에 의해 염증이 유발된 대식세포 배양액 내의 NO 생성량 측정을 통하여 시료의 NO 생성 저해능을 확인하고 항염증 활성을 검정할 수 있다[35]. Raw 264.7 대식세포에 대한 강일옥 옥수수 처리별 시료 추출물이 NO 생성에 미치는 영향에 대해 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. NO의 생성량은 RAW 264.7 세포 배양액 중에 LPS 자극으로 유도된 NO의 함량을 측정하는 것으로 강일옥 옥수수 처리별 시료 추출물이 세포 생존율에 영향을 미치지 않는 농도에서 각 시료를 처리한 세포 배양액에 Griess 시약을 반응시켜 확인하였다. 시료는 100 μg/mL의 농도로 처리하였으며, 대조군으로는 시료 대신 PBS를 사용하여 LPS를 처리 한 control (+)과 시료 및 LPS를 처리하지 않고 PBS만 처리한 blank를 control(−)로 사용하였다. LPS만 처리한 control(+)의 NO 농도는 15.64 μM로 LPS를 처리하지 않은 control(−)의 0.41 μM에 비하여 현저하게 증가한 것으로 보아 RAW

Table 5. Carotenoid contents of 4 parts of 'Kangilok'

	Carotenoid contents (μg/100 g)		
	Lutein	Zeaxantin	β-Carotene
Kernels	115.30 ± 1.52[1)]	50.98 ± 1.78	-
Dehulled kernels	-	-	-
Skin of kernels	37.98 ± 0.95	19.27 ± 0.64	-
Cobs	-	-	-

[1)] Mean ± S.D. (n = 3).

264.7 대식세포에 LPS로 인해 염증반응이 활성화되었음을 알 수 있었다. 강일옥 옥수수 처리별 시료 추출물의 NO 생성량은 모든 시료 처리군에서 LPS 단독 처리군(con(+))에 비하여 유의적으로 NO 생성을 억제 하는 것으로 나타났으며 강일옥 옥수수의 처리별 시료 중 속대 추출물의 NO 생성량은 5.41 μM로 LPS 단독 처리군 대비 65.04%의 NO 생성량 저해효과를 보였다. Ryu[3)]의 연구에서 옥수수 물 추출물이 비장세포 증식능을 촉진하는 효과가 있다고 보고되었으며 옥수수 물 추출물을 4주간 마우스에 경구투여하고 LPS에 의해 활성화된 복강 대식세포가 분비하는 염증성 사이토카인의 생성량을 측정한 결과 옥수수 물 추출물이 마우스의 면역세포와 면역기관의 주요 기능을 증진시킬 가능성이 있음을 시사하였다. 본 연구에서 강일옥 옥수수의 알곡 처리별 시료 및 속대 추출물이 LPS로 염증이 유발된 RAW264.7 세포에서 염증매개물질인 NO의 생성량을 감소시키는 것으로 확인되었으며 추후 강일옥 옥수수의 항염활성을 가진 기능성 식품으로서의 활용가능성을 높이기 위하여 다양한 염증매개물질들을 대상으로 한 체계적인 연구가 필요하다고 판단된다.

카로티노이드 색소 분석

강일옥 옥수수 처리별 건조분말시료의 카로티노이드 색소 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 강일옥 옥수수에 함유되어 있는 카로티노이드 함량은 표준물질로 lutein, zeaxantin, β-carotene을 사용하여 정량곡선을 작성하고 정량하였다. 옥수수의 카로티노이드 성분은 주로 알곡이 노란 옥수수에서 검출되는 것으로 알려져 있다[3,6)]. 강일옥 옥수수의 알곡과 알곡 껍질에서 lutein과 zeaxantin이 검출되었으며 거피된 알곡과 속대에서는 검출되지 않았다. 강일옥 옥수수 알곡의 lutein과 zeaxantin의 함량은 각각 115.30 μg/100 g, 50.92 μg/100 g으로 알곡 껍질보다 높은 것으로 나타났다. 국가표준 식품성분표[28)]에 의하면 말린 메옥수수와 찰옥수수의 β-carotene 함량이 각각 283 μg/100 g, 203 μg/100 g인 것으로 고시되어 있으나 본 연구에서 분석한 결과 강일옥 옥수수의 모든 처리별 시료에서 β-carotene은 검출되지 않았는데 이는 옥수수 품종, 시료의 처리방법, 시료의 추출 및 분석방법간의 차이가 있는 것으로 추론된다.

Acknowledgement

본 연구는 지역특화작목사업 '종실용 색소옥수수 소재 선발 및 영·유아식 개발'과제(사업번호: PJ0111552017)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

국문요약

본 연구는 마치종 황색 알곡 품종으로 등록된 강일옥 옥수수 알곡의 처리별 시료 및 속대의 일반성분, 생리활성 검정, 색소 함량을 분석하여 기초자료로 제공하고자 수행되었다. 강일옥 옥수수를 알곡, 거피된 알곡, 알곡 껍질 및 속대로 분리하여 일반성분 분석 결과, 수분함량은 거피된 알곡이 12.04%로 가장 높았고 알곡 껍질의 조회분, 조지방, 조단백질 함량은 각각 3.19%, 8.59%, 12.01%로 강일옥 옥수수 처리별 시료 중 가장 높은 함량을 나타내었다. 강일옥 옥수수 처리별 시료의 무기성분 함량을 분석한 결과, 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 철, 망간 및 인의 6종이 검출되었으며 공통적으로 검출된 주요 무기성분은 칼륨과 인이었다. 강일옥 옥수수 속대의 칼륨 함량이 114.33 mg/100 g으로 가장 높았으며 알곡 껍질의 인 함량이 2412.40 mg/100 g으로 가장 높게 측정되었다. 강일옥 옥수수 처리별 시료의 항산화 활성 검정 결과, 강일옥 옥수수 속대 추출물의 DPPH radical 소거능은 93.05%, ABTS radical 소거능은 79.88%로 처리별 시료 중 가장 높게 측정되었으며 알곡, 거피된 알곡 및 알곡껍질 추출물의 DPPH 소거능은 모두 70% 이상으로 우수한 항산화활성을 나타내었다. 강일옥 옥수수 처리별 시료의 항염 활성 검정 결과, 강일옥 옥수수 처리별 시료 추출물은 Raw264.7 대식세포의 생존율에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났으며 NO 생성량은 모든 시료 처리군에서 LPS 단독 처리군(con(+))에 비하여 유의적으로 NO 생성을 억제 하는 것으로 나타났다. 강일옥 옥수수 처리별 건조분말시료의 카로티노이드 색소 함량을 분석한 결과, 모든 시료에서 β-carotene은 검출되지 않았고, lutein과 zeaxantin은 알곡과 알곡 껍질에서 검출되었으며 거피된 알곡과 속대에서는 검출되지 않았다. 강일옥 옥수수 알곡의 lutein과 zeaxantin의 함량은 각각 115.30 μg/100 g, 50.92 μg/100 g이었으며 알곡껍질의 lutein과 zeaxantin의 함량은 각각 37.98 μg/100 g, 19.27 μg/100 g이었다.

References

1. Yu M.H., Kim E.O., Choi S.W.: Quantitative change of hydroxycinnamic acid derivatives and anthocyanin in corn (*Zea may* L.) according to cultivars and heat processes. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.,* **39**, 843-852 (2010).

2. Jung T.W., Song S.Y., Son B.Y., Kim J.T., Baek S.B., Kim C.K., Kim S.I., Kim S.J., Kim S.K., Park K.J., Shin H.M., Huh C.S.: A black waxy hybrid corn, "*Heukjinjuchal*" with good eating quality. *Korean J. Breed Sci*., **41**, 599-602 (2009).
3. Ryu H.S.: Effects of a corn extract on mouse splenocyte and cytokine production by peritoneal macrophages. *Korean J. Food & Nutr.*, **24**(1), 65-70 (2011).
4. Li C.Y.: Antioxidant effect of anthocyanins from purple corn and its application to food. MS thesis, Kangwon National University, Korea (2008).
5. Hyun Y.H., Nam H., Pyun J.W.: Quality characteristics of Sulgidduk with prepared glutinous corn flour. *Korean J. Food & Nutr*., **21**, 293-299 (2008).
6. Shukla R., Cheryan M.: Zein: the industrial protein from corn. *Ind. Crop. Prod*., **13**, 171-192 (2001).
7. Zilic S., Milasinovic M., Terzic D., Barac M., Ignjatovic-Micic D.: Grain characteristics and composition of maize specialty hybrids. *Span. J. Agric. Res*., **9**, 230-241(2011).
8. Lee K.Y., Kim J.U., Hong S.Y., Noh H.S., Kim S.C., Park J.Y., Ahn M.S., Kim H.Y.: Effect of Saekso 2 corn kernels and cobs extracts on antioxidant activity in rats fed high fat-cholesterol diet. *J. Food Hyg. Saf*., **31**(6), 399-405 (2016).
9. Ku K.M., Kim S.K., Kang Y.H.: Antioxidant activity and functional components of corn silk (*Zea mays* L.). *Korean J. Plant Res*., **22**(4), 323-329 (2009).
10. Shin K.O., Kim Y.H., Lee K.W., Choi K.S.: Effect of in vitro antioxidant properties and extract of corn husk on serum lipids in mice. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **25**(2), 261-269 (2015).
11. Lee H.M., Chang U.J.: Effect of corn peptide on the lipid metabolism in rats. *Korean J. Dietary Culture*, **16**(5), 416-422 (2001).
12. Kim M.J., Park H.J., Kim S.L., Jung G.H., Kim J.T., Shin S.H., Kwon Y.U., Chung I.M.: Changes in the physicochemical characteristics of sweet corn kernels during grain filling stage with different sowing date. *Korean J. Crop Sci*., **59**, 445-456 (2014).
13. Lee S.H., Hwang I.G., Kim H.Y., Lee H.K., Lee S.H., Woo S.H., Lee J.S., Jeong H.S.: Physicochemical property and antioxidant activity of *Daehak* waxy corns with different harvest times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.,* **39**(5), 719-724 (2010).
14. Lee Y.Y., Lee C.K., Lee J.S., Kim M.J., Kim S.L., Kim Y.H., Park H.M., Kim W.H., Kwon Y.U., Kim S.K.: Comparison on physicochemical and cooking properties of milled kernel in waxy corn hybrids. *Korean J. Crop Sci*., **58**, 424-431 (2013).
15. Son B.Y., Moon H.G., Jung T.W., Kim S.J., Sung B.R., Huh C.S., Ryu S.H.: A new corn hybrid cultivar, "angdaok" for silage. *Korean J. Breed. Sci*., **38**, 149-150 (2006).
16. Moon H.G., Son B.Y., Cha S.W., Jung T.W., Lee Y.H., Seo J.H., Min H.K., Choi K.J., Huh C.S., Kim S.D.: A new single cross hybrid for silage "Kwangpyeongok". *Korean J. Breed. Sci*., **33**, 350-351 (2001).
17. Son B.Y., Moon H.G., Jung T.W., Kim S.J., Kim J.D.: Comparison of agronomic characteristics, yield and feed value of different corn hybrids for silage. *Korean J. Crop Sci*., **51**, 233-238 (2006).
18. Jeong G.H., Kim M.J., Son B.Y., Kim S.L., Yoon M.R., Kwak J.E., Choi I.D., Kwak K.S., Lee C.K.: Characterization of chemical compositions on kernel of Korean maize hybrids. *Korean J. Breed. Sci*., **48**(4), 450-459 (2016).
19. Food standards codex, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea, **II**(10), pp. 1-33 (2011).
20. AOAC.: Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analysis Chemists, Washington, DC., USA., p. 80 (1990).
21. Food standards codex, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea, **II**(10), pp. 56-58 (2011).
22. Blois M.A.: Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, **181**, 1199-200 (1958).
23. Pellegrin N., Re R., Yang M., Rice-Evans C.: Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. *Method Enzymol*., **299**, 379-389 (1998).
24. Byun S.H., Yang C.H., Kim S.C.: Inhibitory effect of Scrophulariae Radix extract on TNF-α, IL-1β, IL-6 and nitric oxide production in lipopolysaccaride-activated Raw264.7 cells. *Kor. J. of Herbol.*, **20**, 7-16 (2005).
25. Seo Y.H., Kim I.J., Min H.K., Rhee H.I., Park J.Y.: Fatty acid composition and antioxidative activitiy in waxy corn (*Zea mays* L.) F_1's. *Korean J. Food Sci. Technol*., **31**, 1415-1420 (1990).
26. Watson S.A.: Description, development, structure and composition of the corn kernel. In Corn: Chemistry and Technology, 2nd ed.; White J, Johnson L, Eds.; AACCH: St. Paul, MN, pp. 69-101 (2003).
27. Song E.M., Kim H.Y., Lee S.H., Woo S.H., Kim H.S., Kyung K.S., Lee J.S., Jeong H.S.: Chemical components and quality characteristics of waxy corns cultured by conventional and environmentally-friendly methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*., **40**, 962-968 (2011).
28. Korean food composition table 9th versionII, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea. pp. 36-37 (2016).
29. Cho M.H., Lee D.J., You S.G.: Radical scavenging activity of ethanol extracts and solvent partitioned fractions from various red seaweeds. *Ocean and Polar Research*, **34**, 445-451 (2012).
30. Moon H.I., Ahn K.T., Lee K.R., Zee O.P.: Flavonoid compounds and biological activities on the aerial parts of *Angelica gigas*. *Yakhak Hoeji*, **44**, 119-127 (2000).
31. Ryu J.H., Ahn H., Kim J.Y., Kim Y.K.: Inhibitory activity of plant extracts on nitric oxide synthesis in LPS-activated macrophages. *Phytother Res*., **17**, 485-489 (2003).
32. Lee B.H., Baik D.S., Yun S.U., Shin J.M., Kim J.H., Yun S.Y., Kim B.H., Kim S.B., Shin J.E., Song I.H.: Peripheral nitric oxide activity in patients with liver cirrhosis. *Korean J. Med.,* **73**, 251-257 (2007).
33. Lee S.H., Suh S.J., Lee K.H., Yang J.B., Choi S.U., Park S.S.: Anti-inflammatory effect of peel extracts from citrus

fruits. *J. Food Hyg. Saf.,* **28**, 342-348 (2013).
34. Lee S.J., Shin J.H., Lee H.J., Tak H.M., Kang M.J., Sung N.J.: Antioxidant and anti-inflammatory activities if functional plant materials. *J. Life Sci.,* **23**, 859-878 (2013).
35. Masferrer J.L., Zweifel B.S., Manning P.T., Hauser S.D., Leahy K.M., Smith W.G., Lsakson P.C., Seibert K.: Selective inhibition of inducible cyclooxygenase 2 in vivo is antiflammatory and nonulcerogenic. *Proc. Natl. Acad. Sci*., **99**, 3228-3232 (1994).
36. Poneleit C.G.: Specialty corns, Second edition. Breeding white endosperm corn. CRC Press, Florida, pp. 225-262 (1994).