

수확시기에 따른 대학찰옥수수의 이화학적 특성과 항산화활성

이상훈¹ · 황인국¹ · 김현영¹ · 이하규¹ · 이성희² · 우선희³ · 이준수¹ · 정현상^{1*}

¹충북대학교 식품공학과

²괴산군 농업연구소

³충북대학교 식물자원학과

Physicochemical Property and Antioxidant Activity of *Daehak* Waxy Corns with Different Harvest Times

Sang Hoon Lee¹, In Guk Hwang¹, Hyun Young Kim¹, Ha Kyu Lee¹, Seong Hee Lee²,
Seon Hee Woo³, Junsoo Lee¹, and Heon Sang Jeong^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

²Goesan Agricultural Technology and Extension Center, Chungbuk 367-863, Korea

³Dept. of Crop Science, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

This study investigated the physicochemical characteristics and antioxidant activities of *Daehak* waxy corns harvested at different times. *Daehak* waxy corns were harvested at 4 days before suitable time (BST), suitable time (ST) and 4 days after suitable time (AST). As harvest time was delayed, weight, length and width of kernel, the crude ash, lipid and protein contents significantly increased. Fructose, glucose and sucrose contents of BST were higher than those of ST and AST. Copper, sodium, calcium and potassium contents of BST in *Daehak* waxy corns increased on different times, and contents of ferrous and zinc did not show any significant difference. The major fatty acids were oleic acid (48.58~49.96%), palmitic acid (19.50~20.64%) and palmitoleic acid (18.70~23.77%) in *Daehak* waxy corns with different harvest times. The highest total polyphenol content and total antioxidant capacity of EtOH extracts from AST were 104.45 mg/100 g and 20.53 mg AA eq/100 g, respectively. There was a high correlation between total polyphenol content and IC₅₀ value of electron donating ability of EtOH extracts from *Daehak* waxy corns harvested at different times, or total antioxidant capacity (p<0.01).

Key words: *Daehak* waxy corn, morphological characteristics, proximate composition, antioxidant activities

서 론

최근 농산물시장의 개방 및 수요 다변화에 따라 농산물의 가격변동이 커지고 있으며, 기존 기간작목의 수익성 저하에 대응하기 위해 지역특성을 고려한 새로운 소득 작목 개발이 활발히 연구되고 있는 실정이다. 최근에는 찰옥수수에 대한 관심이 높아지고 있고, 재배면적이 점차 확대되고 있으며, 대표적인 찰옥수수 품종으로는 찰옥1호, 찰옥2호, 두메찰, 흑점찰과 연농1호 등이 있다(1). 이 가운데 대학찰옥수수(연농1호)는 재래종 찰옥수수에서 선발된 자식계통사이의 열성단교잡종(F₁)으로 육성된 품종으로 외관형태는 일미찰보다 다소 떨어지나 고소한 맛, 차진 맛 및 전반적인 기호도 측면에서는 찰옥1호보다 우수하며, 과피가 얇고 당도가 높아 품질의 우수성이 많이 알려져 있다.

찰옥수수에 대한 연구로는 숙기에 따른 찰옥수수 및 초당

옥수수의 종실특성, 경도, 고형분 및 유리당 함량 등의 변화에 관한 연구(2), 검정찰옥수수와 흰찰옥수수의 품질 관련 특성으로 종실특성, 일반성분 함량, 호화특성 및 관능특성을 분석한 연구(3), 부산·경남 지역에서 수집된 재래종 찰옥수수의 경도와 과피 두께 간의 상관관계를 조사하여 새로운 찰옥수수 품종 육성을 위한 기초자료로 제공하고자한 연구(4) 등이 보고되었다. 또한 찰옥수수의 항산화 활성에 대한 연구로는 항산화 활성이 높은 찰옥수수를 육종하고, 물질을 구명하기 위하여 찰옥수수 자식계통과 재래종의 항산화 활성을 측정한 연구(5), 찰옥수수 F₁의 지방산 조성과 항산화 활성을 분석한 연구(6), 유색찰옥수수의 작물학적 특성과 페놀성 화합물 함량 및 항산화 활성을 분석한 연구(7) 등의 많은 연구들이 진행되었다.

그러나 대학찰옥수수에 대한 연구로는 찰옥수수 F₁ 교잡종인 찰옥1, 2, 4호, 흑점찰 및 수원45호 등의 종실특성, 일반

*Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

성분 함량, 소화특성, 물성 분석 및 관능평가를 통하여 찹옥수수의 식미와 관련된 품질특성에 관한 상관관계를 밝히고자한 연구(8)와 찹옥1, 2호와 함께 파종시기에 따른 생육특성, 경도의 변이 등 등숙특성을 분석하여 찹옥수수 품종개발 및 재배기술에 필요한 기초자료를 제시하고자한 연구(9) 등 다른 찹옥수수 품종에 비하여 연구가 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 수확시기에 따라 대학찰옥수수의 이화학적 특성과 항산화 활성이 어떻게 변화하는지를 살펴보기 위하여 수확시기를 적기(-4일) 및 후기(+4일)로 달리하여 종실특성, 일반성분, 유리당, 무기성분, 지방산 함량 및 항산화 활성 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 대학찰옥수수는 충북 괴산군 일원에서 2009년 3월 27일 파종 및 4월 16일 정식하였으며, 수확 적기인 7월 17일을 기준으로 4일 이전 및 4일 이후에 수확하여 외피와 수염을 제거한 후 진공포장기(Chamber type vacuum packer, DP-901, Dew pack machinery Co., Seoul, Korea)를 이용하여 개별 진공포장한 후 -18°C 의 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

종실특성

수확시기에 따른 대학찰옥수수의 종실특성을 분석하기 위하여 냉동보관 중인 시료를 상온에서 3시간 동안 해동시키고 낱알을 분리하여 표면의 물기를 제거한 후 낱알의 백립중과 크기를 측정하였다. 중간부위 낱알을 고루 혼합한 후 100개의 무게를 10회 측정하여 낱알의 백립중을 측정하였다. 낱알의 크기는 Vernier calipers(Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)로 길이, 폭, 두께를 20회 측정하여 평균값으로 표현하였다(8).

성분분석

수확시기에 따른 대학찰옥수수의 일반성분은 AOAC 방법에 따라 측정하였다(10). 즉, 수분은 105°C 상압건조법, 조단백질은 semi-micro Kjeldhal법, 조지방은 soxhlet 추출법, 조회분은 550°C 직접 회화법으로 측정하였다. 유리당 함량은 Bae 등(11)의 방법을 참조하여 건조분말시료 5 g에 증류수 20 mL을 넣고 1시간 동안 초음파추출 한 후 8,000 rpm으로 30분간 원심분리 하였다. 상등액을 다시 13,000 rpm으로 10분간 원심분리한 후 $0.45\ \mu\text{m}$ syringe filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. 유리당 분석에 사용된 column은 carbohydrate analysis column($4.6 \times 150\ \text{mm}$, TSP, Waters, Newcastle, DE, USA), 검출기는 RI detector(Waters 2414, Waters), 이동상은 75% acetonitrile, 이동속도는 1.0 mL/min, 시료 주입량은 20 μL 이었다. 표준물질은 fructose, glucose, sucrose 및 maltose(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 무기성분 함량은 AOAC 방법에 따라

건식법으로 측정하였다(10). 즉, 시료 1 g을 550°C 에서 회화한 후 0.25 N HNO_3 을 넣고 GF/C 여과지(90 mm, Whatman International Ltd., Maidstone, England)로 여과한 다음 0.5 N HNO_3 25 mL로 정용하여 inductively coupled plasma spectrometer(ICP, Thermo Jarrell Ash, Franklin, MA, USA)로 분석하였다. 지방산 조성은 Lee와 Kye(12)의 방법에 준하여 분석하였다. 즉, 추출된 지방 50 μL 를 취하여 바이알에 넣고 35% 3 N HCl/methanol 용액과 45% methanol을 혼합한 반응시약 4 mL을 첨가하여 60°C 수욕조에서 30분간 반응시킨 다음 *n*-hexane 2 mL을 첨가한 후 교반하였다. 0.88% NaCl 1 mL을 가하여 층 분리시킨 후 원심분리 하여 일정량 취한 상등액을 gas chromatography(Agilent 6850, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA)로 분석하였다. Column은 HP-Innowax 19091 N-133($30\ \text{m} \times 0.2\ \text{mm} \times 0.25\ \mu\text{m}$ film thickness)를, column 온도는 120°C 에서 1분간 유지 후 250°C 까지 1분당 10°C 승온하여 5분간 유지하였다. Injection 온도는 270°C , detector 온도는 280°C 로 하였으며, carrier gas는 N_2 를 1.8 mL/min으로 흘려주었다.

에탄올 추출물 제조

수확시기별 대학찰옥수수의 항산화물질 함량과 항산화활성을 측정하기 위해 대학찰옥수수로부터 낱알을 분리 및 동결건조(FD-5508, Ilshin Lab Co., Seoul, Korea)한 후 분쇄기(Micro hammer cutter mill type-3, Culatti AG, Zurich, Swiss)를 이용하여 100 mesh로 분쇄하였다. 분말시료 10 g에 80% ethanol 300 mL을 가하고 80°C 수욕상에서 3시간 2회 환류추출한 후 감압여과 하였다. 여과된 추출물은 회전진공농축기(EYELA N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)를 이용하여 40°C 에서 용매를 완전히 제거한 후 동결건조 하여 에탄올 추출물을 제조하였으며, 항산화성분 및 활성분석에 사용하였다. 추출수율은 전기, 적기 및 후기 대학찰옥수수가 각각 6.37, 6.43 및 7.62%(wet basis)이었다.

항산화 물질 함량과 항산화 활성 측정

총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(13)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 즉, 각 에탄올 추출물 100 μL 에 2% Na_2CO_3 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하고 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 μL 를 가한 후 30분 반응한 다음 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma, St Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g중의 mg gallic acid로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Choi 등(14)의 방법에 따라 추출물 250 μL 에 증류수 1 mL과 5% NaNO_2 75 μL 를 가한 다음 5분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μL 를 가하여 6분간 방치하고 1 N NaOH 500 μL 를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였고, 표준물질로 (+)-catechin hydrate(Sigma)를 사용하여 구한

Table 1. Morphological characteristics of *Daehak* waxy corn kernels with different harvest times

Samples ¹⁾	100-kernel weight (g)	Kernel size (mm)		
		Length	Width	Thickness
BST	28.56±0.46 ^{c2)}	8.19±0.09 ^c	9.59±0.16 ^c	4.87±0.08 ^b
ST	36.21±0.42 ^b	8.83±0.07 ^b	9.97±0.32 ^b	5.03±0.10 ^a
AST	40.24±0.30 ^a	9.13±0.14 ^a	10.22±0.09 ^a	5.06±0.13 ^a

¹⁾The samples were harvested at 4 days before suitable time (BST), suitable time (ST), and 4 days after suitable time (AST).

²⁾Means in the same column with the different superscripts are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

검량선으로부터 시료 g중의 mg catechin으로 나타내었다.

전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 Blois(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 에탄올 추출물 0.2 mL에 0.2 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma) 용액 0.8 mL를 가하고 잘 혼합한 후 실온에서 30분간 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 구하였으며, 추출물의 EDA(%) 값을 50% 감소시키는 IC₅₀(Inhibitory concentration)을 구하였다. 총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(13)에 의하여 분석하였다. 2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS, Sigma) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS+ 이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수 ($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 1 mL에 추출액 50 μL 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 90분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(Sigma)를 동량 첨가하였고, 총 항산화력은 AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/g)로 표현하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA(Analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였으며, 상관관계는 Pearson's correlation analysis를 통하여 분석하였다.

결과 및 고찰

종실특성

수확시기별 대학찰옥수수의 종실특성으로 낱알의 백립중과 크기를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 낱알 백립중은 전기(-4일), 적기 및 후기(+4일) 대학찰옥수수가 각각 28.56, 36.21 및 40.24 g으로 수확시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 낱알의 길이와 폭은 각각 8.19~9.13 및 9.59~10.22 mm 범위에서 수확시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 증가하였으며($p<0.05$), 두께는 전기의 4.87 mm보다

Table 2. Proximate compositions of *Daehak* waxy corns with different harvest times (Unit: %, wet basis)

Samples ¹⁾	Moisture	Crude ash	Crude fat	Crude protein
BST	72.72±0.03 ^a	0.63±0.02 ^c	0.96±0.03 ^c	3.82±0.03 ^c
ST	64.02±0.01 ^b	0.71±0.02 ^b	1.61±0.06 ^b	4.20±0.02 ^b
AST	54.50±0.01 ^c	0.85±0.01 ^a	2.34±0.01 ^a	5.03±0.04 ^a

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Means in the same column with the different superscripts are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

적기와 후기 대학찰옥수수가 각각 5.03 및 5.06 mm로 증가하였지만, 적기와 후기 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 보성에서 재배된 대학찰옥수수의 종실특성을 연구한 Jung 등(8)의 결과에 따르면, 백립중은 38.6 g, 낱알의 크기는 길이, 폭 및 두께가 각각 8.8, 9.8 및 5.7 mm로 길이와 폭은 본 실험의 결과와 유사하였지만 두께가 약간 크게 나타났다. 이는 재배환경이 다르기 때문으로 생각된다.

수확시기에 따른 일반성분 함량

수확시기에 따른 대학찰옥수수의 수분, 조회분, 조지방 및 조단백질의 함량을 측정한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같이 수확시기가 늦어짐에 따라 수분 함량은 전기, 적기 및 후기에서 각각 72.72, 64.02 및 54.50%로 감소하였으나, 조회분, 조지방 및 조단백질 함량은 각각 0.63~0.85, 0.96~2.34 및 3.82~5.03%(wet basis) 범위에서 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). Son 등(16)의 연구에 의하면 일반 찰옥수수(찰옥1호)의 수확 후 수분함량은 67.73%로 본 실험의 수확적기의 대학찰옥수수보다 약간 높았으나, 조회분, 조지방 및 조단백질 함량은 각각 2.63, 4.15 및 13.11%(dry basis)로 본 연구결과의 건물량 값과 유사하였다. 보성지역에서 재배된 연농1호의 조지방과 조단백질 함량을 각각 5.1 및 11.2%(dry basis)로 보고한 Jung 등(8)의 연구 결과와 약간의 차이를 나타내었다. 옥수수의 수분 함량은 출사 후 생리적 성숙기까지 전분의 생성으로 인하여 감소하고 건물량이 증가하며(17), 수확시기가 늦어질수록 건물수량과 건물률은 유의적으로 증가하고, 생리적 성숙기는 옥수수의 품종과 파종 및 정식시기 등의 환경적인 요인에 많은 영향을 받는다는(18) 연구결과와 비교해 볼 때 본 실험에 사용된 옥수수의 파종 및 수확시기, 재배환경 등의 차이에 의해 약간의 차이가 발생한 것으로 판단된다.

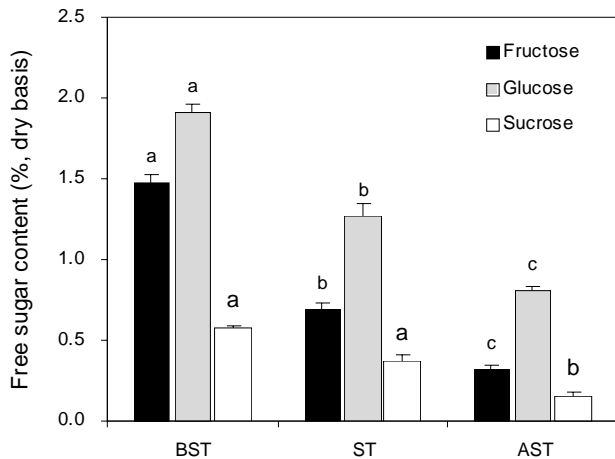


Fig. 1. Free sugar contents of *Daehak* waxy corns with different harvest times. Samples were harvested at 4 days before suitable time (BST), suitable time (ST), and 4 days after suitable time (AST). The bar means with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

수확시기에 따른 유리당 함량

수확시기에 따른 대학찰옥수수의 유리당 함량을 측정 한 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 fructose, glucose 및 sucrose 3개의 당이 검출되었으며, glucose, fructose, sucrose 순으로 높게 나타났다. 수확시기가 늦어짐에 따라 전기, 적기 및 후기의 fructose와 glucose는 각각 1.48~0.32 및 1.90~0.81%(dry basis) 범위에서 감소하였으며($p < 0.05$), sucrose는 0.57~0.15% 범위에서 감소하였으나 전기와 적기에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Jung 등(8)은 6가지 찰옥수수 교잡종의 유리당 함량 측정 결과, fructose, glucose, sucrose 및 maltose가 검출되었으며, 연농1호의 경우 각각 2.0, 2.6, 1.3 및 0.4%(dry basis)의 함량을 보여 본 연구의 측정값보다 약간 높게 나타났는데 이는 재배환경의 영향으로 판단된다. 또한 Kim 등(19)은 찰옥수수(찰옥1호)의 유리당 함량은 출사 후 생리적 성숙기를 기준으로 감소하며, Park 등(20)은 수확 후 냉동 및 저온저장 중에도 유리당 함량은 감소하며, 이당류의 분해정도가 크다고 보고하였는데 본 실험에서도 유리당 총 함량에는 차이가 있으나 수확시기가 늦어질수록 감소하는 경향을 나타내었다.

수확시기에 따른 무기성분 함량

수확시기에 따른 대학찰옥수수의 무기성분 함량을 분석한 결과 구리, 철, 아연, 나트륨, 칼슘 및 칼륨의 6종이 검출되

었다(Table 3). 수확시기에 따라 구리, 나트륨, 칼슘 및 칼륨은 각각 0.71~0.46, 83.45~66.30, 18.98~9.59 및 793.69~581.33 mg/100 g(dry basis) 범위에서 유의적인 감소를 보였지만($p < 0.05$) 철과 아연은 각각 3.03~3.07 및 9.09~9.22 mg/100 g으로 수확시기에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다. Chung(21)의 결과에 따르면 찰옥수수의 주요한 무기성분은 칼슘, 인, 철, 나트륨 및 칼륨이었으며, 각각 8.0, 127.0, 1.8, 2.0 및 180.0 mg/100 g(dry basis)으로 본 연구결과보다는 약간 낮은 함량을 보였으며, Son 등(16)은 찰옥수수(찰옥1호)의 수확 후 무기성분은 칼륨, 인, 마그네슘, 철, 아연, 칼슘 및 망간으로 각각 800, 410, 110, 47, 15, 10 및 8 mg/100 g(dry basis)으로 본 연구결과보다 약간 높은 함량을 보고하였는데 이는 실험에 사용한 옥수수의 품종, 파종 및 수확시기, 재배환경 등의 차이에 의한 결과라 판단된다.

수확시기에 따른 지방산 조성

수확시기에 따른 대학찰옥수수의 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같이 포화지방산으로는 8~24개 탄소원자를 갖는 지방산이 분석되었으며, 불포화지방산으로는 이중결합이 1~3개를 갖는 지방산이 분석되었다. 포화지방산과 불포화지방산의 함량비는 약 25:75이었으며, oleic acid, palmitic acid 및 palmitoleic acid가 주요 지방산으로 나타났다. 포화지방산의 경우 수확시기가 길어질수록 26.15~23.09% 범위에서 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 불포화지방산은 73.85~76.91% 범위에서 증가하였으나 적기와 후기에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 포화지방산의 조성변화를 보면 수확시기가 길어질수록 decanoic acid는 0.97에서 1.48%로, arachidic acid는 0.36에서 0.64%로 증가하였으나, palmitic acid는 20.43에서 19.50%로, behenic acid는 1.45에서 0.88%로 그리고 lignoceric acid는 1.94에서 0.49%로 감소하는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 불포화지방산의 조성변화는 palmitoleic acid가 18.70에서 23.77%로 그리고 oleic acid는 48.58에서 49.96%로 증가하였으나, erucic acid, linoleic acid 및 linolenic acid는 감소하는 경향을 나타내었다. Seo 등(6)에 의하면 찰옥수수 교잡종 13계통에 대한 지방산분석 결과, myristic acid, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid 및 linolenic acid 등이 검출되었으며, 포화지방산과 불포화지방산의 함량은 78~89:11~22의 비율을 갖는다고 하였는데 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 또한 Jellum과 Marion

Table 3. Mineral contents of *Daehak* waxy corns with different harvest times

(Unit: mg/100 g, dry basis)

Sample ¹⁾	Cu	Fe	Zn	Na	Ca	K
BST	0.71 ± 0.12 ^a	3.03 ± 0.05 ^a	9.22 ± 0.69 ^a	83.45 ± 4.80 ^a	18.98 ± 2.86 ^a	793.69 ± 38.47 ^a
ST	0.56 ± 0.05 ^{ab}	3.06 ± 0.03 ^a	9.09 ± 0.28 ^a	71.23 ± 4.78 ^{ab}	11.18 ± 0.58 ^b	650.83 ± 19.14 ^b
AST	0.46 ± 0.01 ^b	3.07 ± 0.07 ^a	9.16 ± 1.07 ^a	66.30 ± 8.49 ^b	9.59 ± 1.12 ^b	581.33 ± 25.30 ^c

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Means in the same column with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 4. Fatty acid compositions of *Daehak* waxy corns with different harvest times (Unit: %)

Fatty acid	BST ¹⁾	ST	AST
Octanoic acid (C8:0)	0.10 ^{a2)}	0.12 ^a	0.10 ^a
Decanoic acid (C10:0)	0.97 ^a	1.45 ^a	1.48 ^a
Palmitic acid (C16:0)	20.43 ^a	20.64 ^a	19.50 ^a
Stearic acid (C18:0)	0.90	ND ³⁾	ND
Arachidic acid (C20:0)	0.36 ^a	0.53 ^a	0.64 ^a
Behenic acid (C22:0)	1.45 ^a	1.51 ^a	0.88 ^a
Lignoceric acid (24:0)	1.94 ^a	ND	0.49 ^a
Saturates	26.15 ^a	24.25 ^b	23.09 ^c
Palmitoleic acid (C16:1)	18.70 ^c	22.25 ^b	23.77 ^a
Oleic acid (C18:1)	48.58 ^a	49.96 ^a	49.29 ^a
Erucic acid (C22:1)	2.05 ^a	ND	0.16 ^a
Monoenes	69.33 ^b	72.20 ^a	73.23 ^a
Linoleic acid (C18:2)	2.36 ^a	1.78 ^b	1.59 ^c
Linolenic acid (C18:3)	2.17 ^a	1.77 ^a	2.09 ^a
T-polyenes	4.52 ^a	3.55 ^b	3.68 ^b
Total	100	100	100

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Means in the same column with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

³⁾Not detected.

Table 5. Total polyphenol content, electron donating ability, and L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity of EtOH extracts from *Daehak* waxy corns with different harvest times

EtOH extracts from Samples ¹⁾	Polyphenol content (mg/100 g)	EDA (IC ₅₀ -value, mg/mL)	AEAC (mg AA eq/100 g)
BST	92.10 ± 3.27 ^b	24.29 ± 1.62 ^a	15.87 ± 1.58 ^b
ST	103.51 ± 7.72 ^a	17.88 ± 1.07 ^b	19.16 ± 0.75 ^a
AST	104.45 ± 7.98 ^a	16.98 ± 1.80 ^b	20.53 ± 3.21 ^a

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Means in the same column with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

(22)은 옥수수의 지방산 조성과 지방함량은 환경보다는 유전적 영향이 크다고 보고하였는데 본 실험에 사용한 옥수수의 품종 및 재배환경 등의 차이에 의하여 지방산조성 및 함량 차이를 보인 것으로 생각된다.

수확시기에 따른 항산화 물질 함량과 항산화 활성

수확시기에 따른 대학찰옥수수 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량, 전자공여능 및 총 항산화력을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 총 폴리페놀 함량은 전기 추출물이 92.10 mg/100 g(wet basis)으로 가장 낮은 함량을 보였으며, 적기와 후기 추출물은 각각 103.51과 104.45 mg/100 g의 함량을 나타냈다. 전자공여능(EDA, %)의 IC₅₀ 값은 전기 에탄올 추출물이 24.29 mg/mL로 가장 높게 나타났으며, 적기와 후기 추출물은 각각 17.88 및 16.98 mg/mL로 유사하게 나타났다. 총 항산화력은 전기 추출물이 15.87 mg AA eq/100 g으로 가장 낮은 값을 보였으며, 적기와 후기 추출물은 각각 19.16

Table 6. Correlation coefficients among total polyphenol content, electron donating ability (EDA), and L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity (AEAC) of EtOH extracts from *Daehak* waxy corns with different harvest times

Factor	Total polyphenol	EDA	AEAC
Total polyphenol	1.000	-0.940 ^{**}	0.982 ^{**}
EDA		1.000	-0.954 ^{**}
AEAC			1.000

^{**} $p < 0.01$.

및 20.53 mg AA eq/100 g으로 유사한 값을 보였다. Seo 등 (5)은 44품종의 옥수수 추출물에 대한 페놀성 화합물의 함량 분포는 102.3~323.5 µg/mL, 전자공여능은 15.5~65.0% 범위로 품종간 페놀성 화합물의 함량 및 전자공여능의 차이가 크게 나타났다고 보고하였다. 또한찰옥수수 F₁ 23품종의 페놀성 화합물은 106.2~229.3 µg/mL, 항산화활성은 17.0~48.2%로 높은 활성을 나타내었는데 이는 항산화 활성과 페놀성 성분이 많았던 검정찰옥수수가 포함되었기 때문이라고 보고하였다(6).

항산화 물질과 항산화 활성 간의 상관관계

수확시기별 대학찰옥수수 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량, 전자공여능 및 총 항산화력 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 6과 같다. 총 폴리페놀 함량이 높을수록 전자공여능의 IC₅₀ 값은 낮아져 높은 활성을 보였으며, 상관계수는 -0.940으로 높은 음의 상관관계를 보였으며($p < 0.01$), 총 항산화력은 0.982로 높은 양의 상관관계를 보였다($p < 0.01$). 또한 전자공여능과 총 항산화력 사이에도 -0.954의 높은 음의 상관관계를 나타내었다($p < 0.01$). 이는 열처리 배즙의 총 폴리페놀, 플라보노이드 함량 및 전자공여능의 IC₅₀ 값과의 상관관계를 분석한 결과, 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량 사이에는 0.89($p < 0.001$), 총 폴리페놀 함량과 IC₅₀ 사이에는 -0.94($p < 0.001$), 총 플라보노이드 함량과 IC₅₀ 사이에는 -0.79($p < 0.001$)의 높은 상관관계가 있다는 결과와(23) 일치하는 현상이었다.

요 약

수확시기에 따른 대학찰옥수수의 이화학적 특성과 항산화 활성 변화를 살펴보기 위하여 수확시기를 적기, 전기(-4일) 및 후기(+4일)로 달리하여 종실특성, 일반성분, 유리당, 무기성분, 지방산 함량 및 항산화 활성 변화를 살펴보았다. 수확시기가 늦어질수록 낱알의 백립중, 높이와 넓이는 유의적으로 증가하였으며, 수분을 제외한 조회분, 조지방 및 조단백 함량도 유의적으로 증가하였다. 유리당은 fructose, glucose 및 sucrose가 검출되었으며, 수확시기가 늦어짐에 따라 감소하였다. 무기성분 중 구리, 나트륨, 칼슘 및 칼륨은 수확시기가 빨라짐에 따라 증가하였으나, 철과 아연은 유의적으로 차이를 보이지 않았다. 지방산은 불포화지방산이 약

75% 비율을 차지하였으며, oleic acid, palmitic acid 및 palmitoleic acid가 주요 지방산이었다. 수확적기 이후에 수확된 대학찰옥수수의 에탄올 추출물은 총 폴리페놀 함량이 104.45 mg/100 g으로 가장 많았으며, 항산화활성도 높게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지역농업 특성화기술개발과제(과제번호: 20090101-054-044-001-01-00)의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

문헌

- So SY, Choi DC, Yu CJ. 2005. Analysis of management conditions of waxy corn in Chonbuk region. *Bulletin of the Agricultural College, Chonbuk National University* 36: 154-164.
- Kim SL, Park SU, Cha SW, Seo JH, Jung TW. 1994. Changes of major quality characters during grain filling in waxy corn and super sweet corn. *Korean J Crop Sci* 39: 73-78.
- Jung TW, Moon HG, Cha SW, Kim SL, Kim SK, Son BY. 2001. Comparison of grain quality characteristics in waxy corn hybrids with a white and a black colored pericarp. *Korean J Breed* 33: 40-44.
- Lee IS, Kim SI. 2007. Pericarp thickness of Korean local waxy corn lines collected from Busan and Gyungnam. *J Life Sci* 17: 116-119.
- Seo YH, Kim IJ, Lee AS, Min HK. 1999. Electron donating ability and contents of phenolic compounds, tocopherols and carotenoids in waxy corn (*Zea mays* L.). *Korean J Food Sci Technol* 31: 581-585.
- Seo YH, Kim IJ, Min HG, Lee HI, Park SU. 1999. Fatty acid composition and antioxidative activity in waxy corn (*Zea mays* L.) F₁'s. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1415-1420.
- Lee HB, Park BY, Ji HC, Cho JW, Kim SH, Mo EK, Lee MR. 2006. Antioxidant activity and agronomic characteristics of colored waxy corns. *Korean J Crop Sci* 51: 179-184.
- Jung TW, Kim SL, Moon HG, Son BY, Kim SJ, Kim SK. 2005. Major characteristics related to eating quality in waxy corn hybrids. *Korean J Crop Sci* 50: 152-160.
- Yun JT, Park SU, Lee SY, Song SH, Moon HG, Kim KH. 1999. Grain filling characteristics of waxy corn hybrids at different planting dates. *Korean J Breed* 31: 7-13.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 31.
- Bae SK, Lee YC, Kim HW. 2001. The browning reaction and inhibition on apple concentrated juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 6-13.
- Lee JI, Kye BM. 1970. Effect of oil quality by extracting hour on rape. *Res Rept RDA (C.P)* 13: 89-94.
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
- Choi Y, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1203.
- Son YK, Kim SL, Hwang JJ, Kim SY, Horino T. 1996. Changes in free sugar and free amino acid contents of vegetable corn. *Korean J Crop Sci* 41: 114-115.
- Lee JK, Park HS, Kim YG, Chung JW, Na KJ, Kim MC, Lee SC, Yook WB. 2004. Effect of the seeding and harvesting dates on the growth characteristics, dry matter yield and quality of corn for silage in alpine areas. *J Kor Grassl Forage Sci* 24: 115-122.
- Lim SH, Kim DA. 1996. Effect of different harvest dates on dry matter yield and forage quality of corn (*Zea mays* L.). *J Kor Grassl Forage Sci* 16: 75-80.
- Kim SL, Park SU, Cha SW, Seo JH, Jung TW. 1994. Changes of major quality characters during grain filling in waxy corn and super sweet corn. *Korean J Crop Sci* 39: 73-78.
- Park SU, Cha SW, Son YH, Son YK. 1992. Changes of sugar content by different storage durations in sweet corn and super sweet corn. *Korean J Crop Sci* 39: 79-84.
- Chung GJ. 2001. *Food Composition Table*. 6th ed. National Rural Living Science Institute, R.D.A., Suwon, Korea. Vol 1, p 48-49.
- Jellum MD, Marion JE. 1966. Factors affecting oil content and oil composition of corn grain. *Crop Sci* 6: 41-42.
- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38: 342-347.

(2010년 2월 1일 접수; 2010년 4월 2일 채택)