

친환경 및 관행 재배 찰옥수수의 성분 함량과 품질 특성

송은미¹ · 김현영¹ · 이상훈¹ · 우선희² · 김홍식² · 경기성³ · 이준수¹ · 정현상^{1*}

¹충북대학교 식품공학과

²충북대학교 식물자원학과

³충북대학교 환경생명화학학과

Chemical Components and Quality Characteristics of Waxy Corns Cultured by Conventional and Environmentally-Friendly Methods

Eun Mi Song¹, Hyun Young Kim¹, Sang Hoon Lee¹, Sun Hee Woo², Hong Sig Kim²,
Kee Sung Kyung³, Junsoo Lee¹, and Heon Sang Jeong^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, ²Dept. of Crop Science, and

³Dept. of Environmental and Biological Chemistry, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

The objective of this study was to investigate the chemical components and quality characteristics of three waxy corn varieties (*Heukjinju*, *Ilmi*, and *Yeonnonng1*) harvested by conventional cultivation (CC) and environmentally-friendly cultivation (EFC). Crude ash content of the three corn varieties was higher, but not significant, in CC than EFC. Crude fat and protein contents in *Heukjinju* were higher in EFC, and amylose content was significantly higher ($p < 0.001$). Free sugar, minerals, and fatty acid composition patterns varied according to the cultivation method. Vitamin E contents in the *Heukjinju* and *Yeonnonng1* cultivars were higher in CC than EFC. Total polyphenol content of waxy corns on EFC and CC were 175.28 and 204.00 mg/100 g, respectively, in the *Heukjinju* cultivar ($p < 0.01$), and 148.64 and 158.42 mg/100 g, respectively, in the *Ilmi* cultivar, and 123.24 and 128.30 mg/100 g, respectively, in the *Yeonnonng1* cultivar. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity on EFC and CC was 1.51 and 1.76 in *Heukjinju* cultivar ($p < 0.05$), 0.29 and 0.34 in *Ilmi* cultivar ($p > 0.05$), and 0.39 and 0.42 mg trolox eq/g in *Yeonnonng1* cultivar ($p > 0.05$), respectively. However, 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) radical scavenging activity was higher in CC than EFC.

Key words: waxy corn, environmentally-friendly cultivation, conventional cultivation, chemical compositions, antioxidant activity

서 론

옥수수(*Zea mays* L.)는 쌀, 밀과 함께 세계적으로 널리 분포되어 재배되는 3대 식량 작물 중에 하나로서 그 용도가 매우 다양하고, 최근 국내 식용옥수수의 소비가 급증함에 따라 재배 면적 역시 7.8천 ha('92), 13천 ha('95), 14천 ha('00), 17천 ha('08)에 이르기까지 지속적으로 증가하고 있다(1-3). 국내 식용 옥수수는 단옥수수, 초당옥수수, 튀김옥수수 및 찰옥수수 등이 있으며, 단옥수수와 초당옥수수는 풋옥수수로 수확하여 주로 간식용으로 이용하고 튀김옥수수는 완숙기에 수확하여 팝콘으로 이용한다(4). 그중 찰옥수수는 일반적으로 수분 7.5%, 단백질 11.5%, 지질 4.6%, 회분 1.7%, 당질 70.8%, 섬유질 3.9%를 함유하고 있으며 85% 이상의 아밀로펙틴을 함유하고 있어 찰성이 높은 특성을 나타낸다(5). 또한 그 용도가 매우 다양하여 풋옥수수 상태의 간식용

으로 이용하거나 가공식품으로 이용하고 있다(6).

국내 농산물의 경쟁력을 높이고 자생력을 확보하기 위해서는 생산단계부터 식탁에 이르기까지 안전성을 보장하고 품질을 향상시킬 수 있는 일괄된 체계를 개발하여 소비자의 신뢰를 지속적으로 유지해야 하는데(7) 이러한 안전성을 확보하기 위하여 친환경 재배를 위한 효과적인 기술개발과 방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 농업방식도 화학비료와 유기합성농약의 사용을 줄이면서 퇴비나 생물농약의 사용을 늘리는 방식으로 변경되어가고 있고, 유기농산물, 전환기 유기농산물, 무농약농산물, 저농약농산물 등 친환경 농산물에 대한 인증제도가 실시되고 있다(8,9).

이처럼 친환경 농산물에 대한 관심과 요구가 급증하면서 친환경 농산물의 재배에 관련된 정보는 많이 알려져 있으나 친환경 옥수수에 대한 가치평가와 활용을 위한 품질 특성에 대한 것은 제한적이다. 또한 최근 친환경 재배 농산물이 관

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

행 재배와 비교해서 건강관련 물질과 관련된 화합물이 다량 분포된다는 연구와 주장이 제기되어 왔지만, 국내에서는 두 가지 재배방법에 따른 옥수수의 품질을 분석한 연구는 미비한 실정이다(10).

따라서 본 연구에서는 친환경 재배와 관행 재배 방법이 찰옥수수의 품질 특성에 미치는 영향을 살펴보기 위한 일환으로, 찰옥수수를 친환경 및 관행 방법으로 재배하고 재배방법별 화학성분 함량과 기능성성분 함량을 비교 분석하여 관행 재배 옥수수와 친환경 재배 옥수수의 차이점 및 관별을 시도해 보고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에 사용된 옥수수는 흑진주찰, 일미찰 및 연농1호 3개 품종으로 충북 괴산에서 2010년 친환경 및 관행 방법으로 재배된 것을 사용하였다. 친환경 재배 옥수수는 기비는 퇴비 1,200 kg/10 a, 혼합 유박 480 kg/10 a, 추비는 혼합 유박 50 kg/10 a로 재배한 무농약 옥수수로서 살충제로는 천연 식물성 기름, 한약재 추출액, 기능성 미생물로 구성된 해충용 복합제제인 응삼이(Koreabio Co., Hwaseong, Korea)를 사용하였다. 관행 재배 옥수수는 기비로 퇴비 1,200 kg/10 a, 유기화학 비료 4 kg/10 a를 사용하였고 추비는 유기화학 비료 20 kg/10 a를 사용하였고 살충제로는 코니도(Bayer Cropscience Co., Deajeon, Korea)로 처리하였다. 재배된 옥수수는 건조 후 외피와 수염을 제거한 후 알곡을 분리하여 핀밀 분쇄기(Pin crusher, Dongkwang Co., Daegu, Korea)로 100 mesh로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

일반성분은 AOAC 방법에 따라 정량하였다(11). 조단백질은 semi-micro Kjeldahl 방법을 이용하여 측정하였으며, 조지방은 soxhlet 방법으로 측정하였고, 조회분은 550°C 직접 회화법으로 측정하였다.

아밀로오스 및 아밀로펙틴 분석

알칼리분해법으로 분리한 찰옥수수 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량은 Juliano의 방법(12)을 변형하여 분석하였다. 분리한 찰옥수수 전분 100 mg을 50 mL 시험관에 넣고 95% ethanol 1 mL과 1 N NaOH 9 mL을 가해 끓는 물속에서 8분간 호화시킨 후 흐르는 물에서 3분간 냉각시켰다. 호화 후 증류수를 이용하여 100 mL로 정용한 후 5 mL을 취해 1 N acetic acid 1 mL과 2% I₂-KI solution 2 mL을 가해 혼합해주었다. 반응액 중 1 mL을 취하여 620 nm의 파장에서 분광광도계(UV-1650 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 흡광도를 측정하였으며, 아밀로오스 함량을 구한 후 100에서 아밀로오스 함량을 뺀 값을 아밀로펙틴의 함량으로 하였다. 표준곡선 작성을 위하여 사용된 아밀로오스는 감자

로부터 제조된 amylopectin-free 제품(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였다.

유리당 분석

옥수수의 유리당 함량은 Bae 등(13)의 방법을 변형하여 측정하였다. 건조된 옥수수 분말시료 5 g에 증류수 20 mL을 넣고 1시간 동안 초음파추출한 후 8,000 rpm으로 30분간 원심분리 하였다. 상등액을 다시 13,000 rpm으로 10분간 원심분리한 후 0.45 µm syringe filter로 여과하여 HPLC (Waters 2695, Newcastle, DE, USA)로 분석하였다. 컬럼은 carbohydrate analysis column(3.9×300 mm, Shodex Co, Kawasaki, Kanagawa, Japan)을, 검출기는 RI detector를 사용하였으며 이동상은 75% acetonitrile, 유속은 1 mL/min이었으며, 시료 주입량은 40 µL로 하였다. 표준물질은 fructose, glucose, sucrose 및 maltose(Sigma Chemical Co.)를 사용하였다.

무기성분 분석

찰옥수수의 무기성분 함량은 AOAC 방법에 따라 건식법으로 측정하였다(11). 시료 1 g을 550°C에서 회화한 후 0.5 N HNO₃을 넣고 GF/C(90 mm, Whatman International Ltd., Maidstone, England) 여과지로 여과한 다음 0.5 N HNO₃ 50 mL로 정용하여 Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP, Thermo Jarrell Ash, Franklin, MA, USA)로 분석하였다. 분석조건은 auxiliary argon flow rate는 1.5 L/min, nebulizer pressure는 30.1 psi, approximate RF power는 950 W, frequency는 27.12 MHz, type simultaneous, analysis pump rate는 130 rpm, pump tubing type은 EP-19로 하였다.

지방산 분석

지방산은 Garces와 Mancha의 방법(14)으로 분석하였다. Hexane으로 추출된 지방에 반응시약[methanol : heptane : benzene : 2,2-dimethoxypropane : H₂SO₄=37:36:20:5:2(v/v)] 2 mL을 넣고 80°C 오븐에서 30분간 반응시켜 층을 분리시킨 후 상등액 일정량을 취하여 gas chromatography(Agilent 6850, Agilent Technologies, Wilmington, NC, USA)로 분석하였다. Column은 HP-Innowax(0.25 µm i.d.×30 m, Agilent Technologies)을 사용하였고, column 온도는 120°C에서 1분간 유지 후 250°C까지 1분당 10°C 승온하여 5분간 유지하였다. Injection 온도는 270°C, detector 온도는 280°C로 하였으며, carrier gas는 N₂를 1.8 mL/min로 흘려주었다.

비타민 E 분석

시료 중의 vitamin E 함량은 Lee 등(15)의 방법으로 측정하였다. 시료 약 2.0 g을 정확하게 칭량하고 50 mL volumetric flask에 취하고 butylated hydroxy toluene(BHT)가 0.01% 함유된 hexane으로 채운 후 HPLC(Young-Lin, Anyang, Korea)로 분석하였다. 컬럼은 LiChrosphere Diol 100 column(4×250 mm, 5 µm, Hibar Fertigsaupe RT, Darm-

stadt, Germany)을 사용하였고, 검출기는 형광검출기(Thermo Separation Products Inc., San Jose, CA, USA)로 파장은 excitation wavelength는 290 nm, emission wavelength는 330 nm로 설정하였다. 이동상은 1.2%의 isopropanol을 함유한 *n*-hexane으로 유속은 1.0 mL/min이었으며 시료 주입량은 80 µL로 하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

시료의 총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(16)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 착색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 각 시료 80% 에탄올 추출물 100 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질로 gallic acid(Sigma Chemical Co.)를 사용하였다. 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 옥수수 100 g(dry basis) 중의 mg gallic acid로 나타내었다.

DPPH assay법에 의한 항산화활성 측정

전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 Blois(17)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 80% 에탄올 추출물 0.2 mL에 0.2 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 용액 0.8 mL를 가하고 잘 혼합한 후 실온에서 30 분간 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 mg trolox eq/g으로 구하였다.

ABTS cation decolorization assay에 의한 총 항산화력 측정

80% 에탄올 추출물의 총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(18)에 의하여 측정하였다. 2,2-Azino-bis-(3-ethyl-benzo-thiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma Chemical Co.) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 60분 후에 흡광도의 변화를 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(Sigma Chemical Co.)를 동량 첨가하였다. 총 항산화력은 옥수수 100 g(dry basis) 중의 mg ascorbic acid(mg AA eq/100 g)로 나타내었다.

통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 시료 간의 차이 유무를 one-way ANOVA(Analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정

하였다. 또한 동일 품종에 대한 친환경과 관행 재배 간의 유의성에 대하여 Student's *t*-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분

친환경 및 관행재배 옥수수의 조단백질, 조지방 및 조회분 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 조회분 함량은 1.51~1.69% 범위였으며 흑진주, 일미 및 연농1호 세 품종 모두 유의적 차이는 보이지 않았으나 친환경 재배에서 좀 더 높은 값을 나타냈다($p>0.05$). 이는 Kim 등(19)의 케일, 신선초, 셀러리, 상추, 파 등 5종의 유기농 및 관행 재배 야채에서 조회분 함량을 측정된 결과 5종 모두 유기농 재배에서 높은 함량을 나타낸 것과 유사한 결과이었다. 조지방 함량은 흑진주 품종에서 친환경 재배구가 관행 재배구보다 높은 함량을 나타내었고($p<0.01$), 이와 반대로 일미 품종에서는 관행 재배가 더 높은 함량을 나타내었다($p<0.01$). 조단백질 함량 또한 흑진주 품종에서는 친환경 재배구가 높았으며($p<0.001$), 연농1호에서는 관행 재배구가 유의적으로 높게 나타났다($p<0.01$). Jung 등(20)은 연농1호의 조단백질과 조지방 함량을 측정된 결과 각각 11.2 및 5.1%(d.b.)의 함량을 나타냈다고 보고하여 본 연구치 11.82와 4.65%(d.b.)와 유사한 것으로 보인다. 또한 품종간의 차이는 있으나 흑진주 친환경 재배 옥수수에서 조지방, 조단백질 및 조회분 함량이 유의적으로 높은 값을 보인 것은 Kim(19)의 연구와 비슷한 경향을 보이며 친환경 재배의 경우 이러한 원인은 주비료를 퇴비로 사용하였기 때문에 상대적으로 유기물 섭취량이 높는데 기인하는 현상의 일부인 것으로 판단되지만, 품종별로 편차가 심하여 차이를 인정하기 어려우며 정확한 원인은 별도의 연구가 필요할 것으로 생각된다. 이러한 결과는 Cha 등(21)의 연구 결과 재배방식이 동일하더라도 품종에 따라 차이를 보이는 것으로 나타나 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

Table 1. Proximate compositions of waxy corns cultivated by conventional and environment-friendly methods (Unit: %, dry basis)

Samples ¹⁾	Crude ash	Crude fat	Crude protein
HJ-E	1.65±0.04 ^{b2)}	6.26±0.13 ^{d**}	11.48±0.09 ^{c***}
HJ-C	1.69±0.10 ^b	5.74±0.21 ^c	9.93±0.06 ^a
IM-E	1.51±0.01 ^a	4.37±0.21 ^a	12.96±0.02 ^e
IM-C	1.51±0.07 ^a	4.80±0.08 ^{b**}	13.43±0.33 ^f
YN-E	1.54±0.02 ^a	4.32±0.18 ^a	10.69±0.10 ^b
YN-C	1.56±0.03 ^a	4.65±0.30 ^b	11.82±0.00 ^{d**}

¹⁾HJ: Heukjinju, IM: Ilmi, YN: Yeonngong1, E: environment friendly cultivation, C: conventional cultivation.

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

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$; Significantly different by Students *t*-test between conventional and environment friendly cultivation.

Table 2. Starch, amylose and amylopectin contents of waxy corns cultivated by conventional and environment-friendly methods¹⁾
(Unit: %, dry basis)

Samples	Starch	Amylose	Amylopectin
HJ-E	45.12	13.83±0.05 ^{d***}	86.17±0.05 ^b
HJ-C	44.53	12.11±0.14 ^b	87.89±0.14 ^{d***}
IM-E	27.72	12.61±0.05 ^{c***}	87.39±0.05 ^c
IM-C	28.77	6.68±0.19 ^a	93.32±0.19 ^{c***}
YN-E	31.01	14.19±0.05 ^{c***}	85.81±0.05 ^a
YN-C	37.06	12.53±0.09 ^c	87.47±0.09 ^{c***}

¹⁾Refer to Table 1.

아밀로오스 및 아밀로펙틴 함량

친환경 및 관행 재배 옥수수의 전분 함량을 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다. 알칼리분해법을 이용하여 분리된 옥수수 전분 함량은 평균 흑진주, 일미 및 연농1호 순으로 44.83, 28.25 및 34.04%(d.b.)로 나타났으며, 연농1호의 경우 Byun 등(22)이 보고한 찰옥수수의 전분 함량 34.14%(d.b.)와 유사한 함량을 보였다. 반면에 흑진주와 일미의 경우는 다소 높거나 낮은 함량을 보이는데 이는 옥수수의 품종, 재배 환경 및 분리방법 간의 차이라고 생각된다. 재배 방법별 차이에서는 아밀로오스 함량은 흑진주, 일미 및 연농1호 모두 친환경 재배에서 높은 함량을 나타내었고(p<0.001), 아밀로펙틴은 세 품종 모두 관행 재배에서 높은 함량을 나타내었다(p<0.05). 일반적으로 아밀로오스 함량은 옥수수의 찰기를 결정하는 주된 인자이며, 아밀로오스와 지방질 복합체가 팽윤력, 용해도 능력과 같은 전분의 이화화학적 특성에 영향을 준다고 알려져 있다. 친환경 재배한 옥수수에서 아밀로오스 함량이 높고 아밀로펙틴 함량이 적은 것은 옥수수의 찰기를 저하시키고 팽윤력과 용해도는 증가시킬 것으로 생각된다.

유리당 함량

친환경 및 관행 재배 옥수수의 유리당 함량을 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 유리당 성분으로는 fructose, glucose, sucrose 및 maltose가 분석되었으며, glucose 함량이 연농1호의 관행 재배와 친환경 재배에서 각각 4.43 및 4.50%(d.b.)로 가장 높게 나타났다. 각 품종별 재배방법 간의 차이를 살펴보면 흑진주의 친환경 재배구에서 glucose 함량이 높게 나타났고(p<0.05), sucrose와 maltose 함량 역시 관행 재배보다 2.4배, 1.6배 정도 높았다(p<0.01). 반면에 일미품

Table 3. Free sugar contents of waxy corns cultivated by conventional and environment-friendly methods¹⁾
(Unit: %, dry basis)

Samples	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
HJ-E	0.97±0.05 ^{ab}	4.05±0.23 ^{b*}	0.12±0.01 ^{a**}	2.82±0.16 ^{a**}
HJ-C	0.93±0.06 ^a	3.47±0.20 ^a	0.05±0.00 ^c	1.81±0.11 ^b
IM-E	0.94±0.08 ^{ab}	4.34±0.36 ^b	0.20±0.02 ^{ab}	2.35±0.19 ^a
IM-C	0.97±0.06 ^{ab}	4.46±0.28 ^b	0.22±0.01 ^{ab}	2.46±0.15 ^{c**}
YN-E	0.96±0.06 ^{ab}	4.43±0.29 ^b	0.20±0.01 ^{ab}	2.78±0.18 ^{d*}
YN-C	1.06±0.06 ^b	4.50±0.27 ^b	0.33±0.02 ^{b***}	2.33±0.14 ^c

¹⁾Refer to Table 1.

종은 친환경 재배보다 관행 재배에서 높은 maltose 함량을 나타내었고(p<0.01), 연농1호 또한 친환경 재배보다 관행 재배에서 sucrose 함량이 높았다(p<0.001). 즉, 품종에 따라 재배방법에 따른 유리당의 함량 변화가 각기 다른 경향을 보이는 것으로 나타났다. Seong 등(23)의 연구결과 일반배추보다 유기농 배추에서 fructose, glucose, sucrose 함량은 각각 1.8, 2.3, 1.7배 정도 높은 함량을 보였으며, 이는 흑진주에서 친환경 재배구가 높은 유리당 함량을 보이는 것과 유사하였다. 하지만 이 역시 품종 별로 상이한 결과를 보여 정확한 원인을 위해서는 별도의 연구가 필요할 것으로 보인다.

무기성분 함량

친환경 및 관행 재배 옥수수의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같이 칼륨의 함량이 가장 높았으며 다음으로 마그네슘, 나트륨, 아연, 칼슘, 철, 구리 순이었다. 연농1호의 경우 친환경 재배에서 아연 함량이 높았지만(p<0.001), 그 외 구리, 철, 나트륨, 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 은에서 재배방법 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다(p>0.05). 다만 품종 간에는 약간의 차이를 나타내었는데 철과 아연을 제외하고 흑진주의 무기질 함량이 일미와 연농1호에 보다 높게 나타났다. Oh와 Kim(24)의 연구결과 관행과 친환경 재배법에 따른 배추의 무기성분 함량에 대한 차이는 관행과 친환경의 시비 조건에 크게 영향을 받는다고 하였다.

지방산 조성

친환경 및 관행 재배 옥수수의 지방산조성을 분석한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같이 주요 지방산은 불포화지방산으로 전체 지방의 77.17~85.56% 범위를 차지하고 있었으며, 대부분은 linoleic acid(C18:2)가 가장 높은 함량을 나타

Table 4. Mineral contents of waxy corns cultivated by conventional and environment-friendly methods¹⁾
(Unit: mg/100 g, dry basis)

Samples	Cu	Fe	Zn	Na	Ca	K	Mg
HJ-E	0.22±0.03 ^{NS2)}	1.14±0.03 ^{NS}	2.68±0.03 ^d	6.09±0.85 ^{NS}	2.42±0.51 ^b	140.86±8.89 ^{ab}	24.32±3.21 ^{NS}
HJ-C	0.22±0.07	1.08±0.07	2.50±0.07 ^b	4.80±1.31	2.04±0.18 ^{ab}	142.88±10.11 ^b	23.74±1.37
IM-E	0.19±0.01	1.03±0.06	2.54±0.02 ^{bc}	4.86±0.93	1.73±0.19 ^a	125.07±7.95 ^{ab}	22.87±2.35
IM-C	0.19±0.04	1.10±0.07	2.60±0.07 ^{cd}	4.74±1.35	1.86±0.06 ^a	123.60±10.16 ^a	21.85±1.71
YN-E	0.21±0.03	1.11±0.10	2.79±0.01 ^c	4.40±1.73	1.83±0.26 ^a	124.76±10.16 ^{ab}	22.58±1.77
YN-C	0.18±0.03	1.26±0.27	2.42±0.01 ^{a***}	5.49±1.50	1.57±0.13 ^a	125.31±8.34 ^{ab}	22.27±2.03

¹⁾Refer to Table 1. ²⁾NS: not significant.

Table 5. Fatty acid compositions of waxy corns cultivated by conventional and environment-friendly methods¹⁾ (Unit: %)

Samples	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid
HJ-E	16.96±0.05 ^a	1.33±0.03 ^a	34.64±0.39 ^c	46.05±0.39 ^a	1.03±0.02 ^a
HJ-C	16.61±0.33 ^a	1.53±0.32 ^{ab}	34.89±0.44 ^c	45.91±0.42 ^a	1.06±0.04 ^{ab}
IM-E	17.07±0.03 ^a	2.12±0.04 ^{bc}	28.45±0.36 ^b	51.24±0.42 ^c	1.12±0.01 ^b
IM-C	17.06±0.53 ^a	2.64±0.74 ^c	29.63±1.57 ^b	49.48±1.84 ^b	1.19±0.08 ^c
YN-E	20.49±0.26 ^{c***}	2.34±0.03 ^{c***}	24.70±0.17 ^{a*}	51.23±0.17 ^c	1.24±0.02 ^{cd}
YN-C	18.58±0.05 ^b	2.09±0.04 ^{bc}	24.34±0.10 ^a	53.73±0.09 ^{d***}	1.26±0.01 ^d

¹⁾Refer to Table 1.

내었다. Ω-3 지방산인 linolenic acid(C18:3) 함량은 흑진주, 일미 및 연농1호 모두에서 친환경보다 관행 재배에서 조금 높게 나타났다. 이와는 반대로 연농1호 품종에서는 포화지방산인 palmitic acid와 stearic acid의 함량이 친환경 재배 옥수수에서 유의적으로 높게 나타났고(p<0.001), oleic acid는 친환경 옥수수에서 높게(p<0.05), linoleic acid는 관행 재배 옥수수에서 높게 나타났다(p<0.001). Jellum과 Marion (25)은 옥수수의 지방산 조성 및 지방 함량은 환경보다는 유전적 영향이 크다고 보고하였으며, Seo 등(26)은 찰옥수수 교잡종 13계통에 대하여 지방산 조성을 분석한 결과 각 지방산들의 함량 차이는 있었으나, 불포화지방산과 포화지방산의 함량이 78~89:11~22의 비율을 갖는다고 보고한 연구와 유사한 경향을 보였다.

비타민 E

친환경 및 관행 재배 옥수수의 비타민 E 함량을 측정된 결과는 Table 6에 나타내었다. α-T, γ-T, δ-T α-T₃, γ-T₃ 및 δ-T₃의 함량은 각각 0.50~0.96, 0.63~2.26, 0.08~0.14, 0.25~0.74, 0.23~0.54 및 0.05 mg/100 g 범위로 γ-T

가 가장 많은 함량을 보였으며, 이러한 결과는 Lee 등(27)의 결과와 유사하게 나타났다. 총 비타민 E 함량은 흑진주 품종에서는 친환경 재배의 3.69보다 관행 재배가 4.46 mg/100 g으로 높은 함량을 나타내었고(p<0.01), 연농1호 역시 친환경 재배의 2.34보다 관행 재배에서 3.80 mg/100 g으로 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 반면 일미는 관행 재배의 1.88보다 친환경 재배에서 2.33 mg/100 g으로 높게 나타났다(p<0.001). 흑진주와 연농1호에 경우에는 관행 재배구가 친환경 재배구보다 높게 나타났지만 일미 품종의 경우에는 친환경 재배구가 높게 나타나 품종간의 차이를 보였다. 따라서 각 품종별 우수한 측정 항목을 평가하여 친환경 재배에 적합한 품종의 선발이 필요하다고 판단된다.

항산화 물질 함량 및 항산화 활성

친환경 및 관행 재배 옥수수 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량, 전자공여능 및 총 항산화력을 측정된 결과는 Table 7과 같다. Seo 등(28)은 찰옥수수 35품종의 메탄올 추출물에 대하여 페놀성 화합물의 함량을 측정된 결과 페놀성 화합물의 함량 분포는 102.3~323.5 mg/100 g 범위이며 평균 181.4

Table 6. Tocopherols and tocotrienols contents of waxy corns cultivated by conventional and environment-friendly methods¹⁾ (mg/100 g)

Samples	α-T	α-T ₃	γ-T	γ-T ₃	δ-T	δ-T ₃	Total
HJ-E	0.85±0.04 ^d	0.58±0.02 ^c	1.87±0.05 ^{bc}	0.31±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a	ND ²⁾	3.69±0.12 ^d
HJ-C	0.96±0.04 ^{es*}	0.74±0.04 ^{b**}	2.26±0.06 ^{c***}	0.36±0.05 ^{ab}	0.14±0.02 ^{a**}	ND	4.46±0.19 ^{es*}
IM-E	0.76±0.00 ^{c***}	0.43±0.00 ^{b*}	0.88±0.02 ^{a***}	0.27±0.01 ^a	ND	ND	2.33±0.04 ^{b***}
IM-C	0.67±0.01 ^b	0.33±0.04 ^{ab}	0.63±0.01 ^a	0.23±0.04 ^a	ND	0.05±0.00 ^a	1.88±0.05 ^a
YN-E	0.50±0.04 ^a	0.25±0.07 ^a	1.86±0.10 ^{ab}	0.32±0.07 ^a	ND	ND	2.34±0.43 ^c
YN-C	0.60±0.01 ^b	0.45±0.01 ^{bc}	2.21±0.06 ^{c**}	0.54±0.01 ^b	ND	ND	3.80±0.09 ^{d*}

¹⁾Refer to Table 1. ²⁾ND: not detected.

Table 7. Total polyphenol content, electron donating ability (EDA), and L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity (AEAC) of waxy corns cultivated by conventional and environment-friendly methods¹⁾

Samples	Polyphenol content (mg GA/100 g)	EDA (mg trolox eq/g)	AEAC (mg AA eq/100 g)
HJ-E	175.28±3.87 ^c	1.51±0.08 ^c	91.77±10.45 ^c
HJ-C	204.00±5.83 ^{d**}	1.76±0.11 ^{d*}	114.72±3.06 ^{d*}
IM-E	148.64±3.54 ^b	0.29±0.02 ^a	53.68±7.35 ^{b*}
IM-C	158.42±6.75 ^b	0.34±0.01 ^{ab**}	38.01±2.89 ^a
YN-E	123.24±11.13 ^a	0.39±0.02 ^{ab}	41.92±6.13 ^{ab}
YN-C	128.30±1.81 ^a	0.42±0.01 ^{b*}	39.64±7.32 ^a

¹⁾Refer to Table 1.

mg/100 g으로 보고하였는데 본 연구결과와 비슷한 값을 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 흑진주 품종의 경우 친환경 재배에서는 175.28 그리고 관행 재배에서는 204 mg/100 g으로 관행 재배에서 약 1.2배 높은 함량으로 유의적인 차이를 보였고($p < 0.01$), 일미 및 연농1호의 관행 재배에서도 5~10 mg/100 g 정도 높은 폴리페놀 함량을 보였으나 유의적 차이는 없었다($p > 0.05$). 이는 Ginevra 등(29)이 유기농 및 관행 재배법에 의해 yellow plums의 총 폴리페놀 함량을 측정할 결과 각각 88 mg/100 g 및 121 mg/100 g으로 나타나 관행 재배구가 1.4배 정도 높게 나타난 결과와 유사한 경향을 보였다. 반면 Juroszek 등(30)의 연구 결과에서는 관행 재배 토마토보다 친환경 재배 토마토에서 더 높은 폴리페놀 함량을 나타내어 본 연구와 상이한 결과를 나타내었다. 전자공여능 역시 큰 차이는 보이지 않으나 모든 품종에서 친환경보다 관행 재배 옥수수에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었으나 이와 반대로 Lee 등(27)은 관행 재배 쌀보다 친환경 재배 쌀에서 더 높은 전자공여능을 보고하였다. 총 항산화력에서는 품종별로 차이를 보였다. 흑진주 품종의 관행 재배가 114.72 mg/100 g으로 친환경 재배보다 높게 나타났지만($p < 0.05$) 일미의 경우 친환경에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었고($p < 0.05$), 연농1호는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

요 약

재배 방법이 찰옥수수의 성분과 품질 특성에 미치는 영향을 규명하기 위해, 친환경 및 관행 방법으로 재배된 흑진주, 일미 및 연농1호 품종의 일반성분과 항산화활성을 분석하였다. 조희분은 흑진주, 일미 및 연농1호 모두 재배 방법에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았고, 조지방은 흑진주에서는 친환경 재배가, 일미에서는 관행 재배가 유의적으로 높았다. 조단백질은 흑진주에서는 친환경 재배가, 연농1호에서는 관행 재배가 유의적으로 높았다. 아밀로오스 함량은 친환경 재배에서 유의적으로 높았으며, 유리당은 흑진주에서 친환경 재배가 높았다. 아연 함량은 연농1호의 친환경 재배에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며, 지방산은 연농1호 친환경 재배에서 palmitic acid, stearic acid 및 oleic acid 함량이 높았다. 비타민 E는 일미품종은 친환경, 흑진주와 연농1호는 관행 재배가 높아 품종 간에 차이를 보였다. 총 폴리페놀 함량 및 전자공여능은 흑진주, 일미 및 연농1호 모두에서 친환경 재배보다 관행 재배에서 높게 나타났으며 총 항산화력에서는 흑진주 관행 재배가 유의적으로 높았고, 일미에서는 친환경 재배에서 유의적으로 높았다. 이상의 결과로부터 각 품종별로 다른 패턴을 나타내고 있어 일정한 차이를 인정하기 어려우며 따라서 각 품종별 우수한 측정 항목을 평가 하여 친환경 재배에 적합한 품종의 선발이 필요하다고 판단된다.

문 헌

- Jung TW, Song SY, Son BY, Kim JT, Baek SB, Kim CK, Kim SI, Kim SJ, Kim SK, Park KJ, Shin HM, Huh CS. 2009. A black waxy hybrid corn, "Heukjinjuchal" with good eating quality. *Korean J Breed Sci* 41: 599-602.
- 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.
- Kim SL, Choi BH, Park SU, Moon HG. 1996. Functional ingredients of maize and their variation. *Korean J Crop Sci* 41: 46-68.
- 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 Sci* 31: 7-13.
- Jung KJ. 2001. *Food composition table*. 6th ed. National Rural Living Science Institute RDA, Suwon, Korea. p 48-49.
- So SY, Choi DC, Yu CJ. 2005. Analysis of management conditions of waxy corn in chongbuk region. *Bulletin Agricultural College, Chongbuk National University* 36: 154-164.
- Kim HJ. 2008. Korean society of food culture. *J Food Proc Preserv* 52: 37-48.
- Lee GS. 2004. Organic agriculture. *Food Preserv Process Ind* 3: 1-9.
- Cho SH, Park TH. 2002. Effect of organic fertilizer, micro-organism and seaweed extract application on growth of Chinese cabbage. *J Kowrec* 10: 81-85.
- Jo JA, Kim WS, Choi HS. 2010. Fruit quality, total phenol content, and antioxidant activity of fruit obtained from a sustainably managed vs conventionally managed Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) orchard. *Korean J Food Preserv* 17: 169-173.
- AOAC. 1995. *Official methods of analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 31.
- Juliano BO. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. In *Rice Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. p 443-524.
- 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.
- Garces R, Mancha M. 1993. One-step lipid extraction and fatty acid methyl esters preparation from fresh plant tissues. *Anal Biochem* 211: 139-143.
- Lee J, Suknar K, Kluitsev Y, Phillips RD, Eitenmiller RR. 1999. Rapid, liquid chromatographic assay of vitamin E and retinyl palmitate in extruded weaning foods. *J Food Sci* 64: 986-972.
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1203.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
- Kim HY, Lee KB, Lim HY. 2004. Contents of minerals and vitamins in organic vegetables. *Korean J Food Preserv* 11: 424-429.
- 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.
21. Cha KH, Oh HJ, Park HG, An KN, Jung WJ. 2009. Comparison of growth, yield and quality between organic cultivation and conventional cultivation in rice (*Oryza sativa* L.) field. *Kor J Org Agric* 2: 199-208.
 22. Byun MW, Kang IJ, Kwon JH, Lee SJ, Kim SK. 1995. The improvement of corn starch isolation process by gamma irradiation. *Korean J Food Sci Technol* 27: 30-35.
 23. Seong JH, Park SG, Park EM, Kim HS, Kim DS, Chung HS. 2006. Contents of chemical constituents in organic Korean cabbages. *Korean J Food Preserv* 13: 655-660.
 24. Oh WK, Kim SB. 1985. Effect of ammonium nitrate plus potash in comparison with urea plus potash on the yield and content of some mineral nutrient elements of Chinese cabbage. *Korean J Soil Sci Fert* 18: 407-412.
 25. Jellum MD, Marion JE. 1966. Factors affecting oil content and oil composition of corn grain. *Crop Sci* 6: 41-42.
 26. Seo YH, Kim IJ, Min HG, Lee HI, Park SU. 1999. Fatty acid composition and antioxidative activity in waxy corn. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1415-1420.
 27. Lee SH, Kim MY, Kim HY, Ko SH, Shin MS. 2010. Comparison of rice properties between rice grown under conventional farming and one grown under eco-friendly farming using hairy vetch. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1684-1690.
 28. Seo YH, Kim IJ, Yie 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.
 29. Ginevra L, Massimo L, Sabina L, Altero A, Marsilio C. 2004. Nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: A comparative study. *J Agric Food Chem* 52: 90-94.
 30. Juroszek P, Lumpkin HM, Yang RY, Ledesma DR, Ma CH. 2009. Fruit quality and bioactive compounds with antioxidant activity of tomatoes grown on-farm: comparison of organic and conventional management systems. *J Agric Food Chem* 57: 1188-1194.

(2011년 3월 31일 접수; 2011년 6월 15일 채택)