

Effects of Extraction Time on the Quality Characteristics of Purple Corn Cob Extract

Ji-yun Jeong · Hee-Jin Park · Byung-Hee Kim · Sung-Soo Kim* 

추출시간에 따른 자색 옥수수 속대 추출물의 품질특성

정지윤 · 박희진 · 김병희 · 김성수*

Received: 1 June 2015 / Accepted: 7 September 2015 / Published Online: 31 December 2015
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2015

Abstract In this study, the quality characteristics of purple corn cob extract (PCCE) by extraction time were examined. The cob of purple corn, which is mainly cultivated in the Andes region of South America, contains more anthocyanin than the corresponding purple corn seeds. The aim of this study was to determine the optimal conditions for the preparation of water extracts from purple corn cob. PCCE had a soluble solid content of 0.6°Brix. The Hunter lightness (L^*), redness (a^*), yellowness (b^*) values of the PCCE were 31.0, 38.4, and 9.0, respectively. The PCCE contained 24.64 mg/g of cyanidin, 0.35 mg/g of pelargonidin, and 17.42 mg/g peonidin, and showed greater antioxidant activity than the other extracts. Therefore, the optimal extracting conditions for preparing PCCE were a temperature of 30°C and an extraction time of 24 h.

Keywords anthocyanidin · antioxidant · cob · purple corn

J.-Y. Jeong · H.-J. Park · S.-S. Kim
Department of Food Processing Technology, Division of Strategic Food Research, Seongnam 463-746, Republic of Korea

B.-H. Kim
Department of Food Science and Technology, Chung-ang University, Anseong 456-756, Republic of Korea

*Corresponding author (S.-S. Kim: sung@kfri.re.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

옥수수(*Zea mays* L.)는 세계 3대 작물로서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다(Kim 등, 2013). 옥수수의 향당뇨(Niwa 등, 2003), 항균(Mellon과 Moreau, 2004), 항산화, 항노화(Choi 등, 2007), 항고혈압, 항암 기능 외에 폴리페놀, 식물성스테롤, 토크페롤 유도체, 카로티노이드 등의 기능성 물질에 대한 연구가 진행되면서 식량 외에도 건강기능식품, 화장품 및 의약품 소재 분야에서 널리 사용되고 있다(Plate와 Gallaher, 2005). 세계적으로 옥수수는 종류가 다양하며 흰색, 노란색, 적색, 자색, 갈색, 녹색과 남색으로 구분한다(Li, 2007). 그 중 자색 옥수수(*Zea mays* L.)는 남아메리카 페루 안데스 산맥에서 자생하는 옥수수의 한 품종으로 안토시아닌 성분이 풍부하며 이로 인해 잎맥, 종식 및 속대가 진한 보라색을 띠고 있다. 안토시아닌은 포도, 베리류, 적양배추, 사과, 순무 등에 주로 존재하며 과일, 줄기, 잎, 뿌리 등 식물체의 각 부위에 폭넓게 분포되어 있는 수용성 색소이다(Coe 등, 1988; Henry, 1992; Dey와 Harborne, 1993). 안토시아닌의 주요 기능은 활성산소종(reactive oxygen species)에서 야기되는 산화적 스트레스(oxidative stress)에 의한 신경세포의 손상을 보호기능을 한다(Smith 등, 2000; Heo와 Lee, 2005). 이 외에 안토시아닌은 항산화활성(Moyer 등, 2002; Chang 등, 2008), 지질대사 조절 기능(Tusba 등, 2003), 시력 및 난소 기능 향상(Kim 등, 2001) 등 다양한 생리활성을 나타낸다. 이에 따라 안토시아닌 색소가 포함된 자색 옥수수를 이용하여 다양한 연구들이 진행되고 있다. 일본의 초지연구소(National Institute of Livestock and Grassland Science)에서는 최근 고탍유 안토시아닌 품종인 Choko C922를 개발하여 사일리지(Silage)로 이용하여 사양시험에 대한 연구를 진행하고 있으며(Kenji 등, 2009), 멕시코에서는 자색 옥수수 유전자원에 대한 색소 연구가 진행되고 있다(Lopez-Martinez 등, 2009). 그러나 Meiers 등(2001)은 외음암에 대한 항암 능력이 안토시아닌보다 안토시아닌에 의해 우선적으로 일어난다고 하였으며 안

토시아닌, 안토시아닌 및 카테킨의 지방의 과산화 저해능을 비교한 연구(Seeram과 Nair, 2002) 의하면 안토시아닌의 철이온 환원력이 안토시아닌보다 높다고 보고되었다. 이는 안토시아닌의 하이드록실기가 갈로일 그룹이나 당으로 대체되어 안토시아닌이 될 경우 안정된 분자였던 B ring이 뒤뜰리면서 평면 구조를 잃고 결합 또한 약해짐에 따라 나타나는 결과이다. 즉 안토시아닌이 안토시아닌에 비해 높은 항산화 기능을 하는 것으로 사료된다. 안토시아닌은 안토시아닌과 달리 당이 결합되어 있지 않은 구조로, 채소 및 과일류에 가장 많이 존재하는 안토시아닌은 cyanidin이며, 이외에 delphinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin 및 malvidin 등이 존재한다(Mazza와 Miniati, 1993). 안토시아닌은 세포나 세포막의 지방 성분이 과산화되는 것을 방지하는 역할을 한다고 알려져 있다(Tsuda 등, 1994; Tsuda 등, 1996). 또한 Malaj 등(2013)에 따르면 안토시아닌은 색소성분 및 질병 예방 효과가 입증되어 인공색소를 대체 가능하다는 장점이 있으며 더 나아가 안토시아닌과 다른 무색의 분자들 사이의 공액색소화에 의해 색상의 강도가 더 강해질 수 있다고 한다. 그러나 기존의 연구들은 자색 옥수수의 안토시아닌에 초점을 맞추고 있어 안토시아닌에 대한 연구는 미비한 실정이다. Yang과 Zhai(2010)는 자색 옥수수 종실(55.8 mg/100 g) 보다 속대(92.3 mg/100 g)의 총 안토시아닌 함량이 높다고 보고하였으며, Li(2007)는 자색 옥수수 부위별 cyanidin 3-O-glucoside 생산량을 확인한 결과 부산물 중 속대(1298.29 mg/g)에서의 생산량이 잎, 줄기, 수술, 겉껍질(60.41–1240.93 mg/g) 보다 높다고 하였다. 자색 옥수수의 부산물은 비가식 부위로 이용도가 낮으나 수량이 많아서 이용도를 높일 경우 새로운 부가가치를 창출할 수 있을 것으로 예상된다(Kim 등, 2013). 따라서 본 연구는 추출 시간에 따른 자색 옥수수 속대 추출물의 안토시아닌 함량과 항산화활성을 확인하고 이를 바탕으로 최적 추출조건을 선정하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료. 본 실험의 재료는 페루에서 재배되어 건조된 자색 옥수수 속대로 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 건조된 자색 옥수수 속대 100 g 기준, 열량 340.5 kcal, 수분 13.57 g, 지방 0.38 g, 단백질 1.80 g, 회분 1.77 g 및 탄수화물 82.48 g인 것을 (주)서한농동(Seoul, Korea)으로 부터 공급받아 사용하였다.

자색 옥수수 속대 추출물 제조. Jing과 Giusti(2007)의 연구에 따르면 정제수, 산성화된 정제수 및 산성화된 에탄올을 이용하여 자색 옥수수의 색소 성분을 추출한 결과 정제수로 추출하였을 때 안토시아닌의 추출량이 0.68 g/100 g dry weight로 산성화된 정제수(0.60 g/100 g dry weight) 및 산성화된 에탄올(0.14 g/100 g dry weight)에 비하여 안토시아닌의 추출이 잘 일어난다고 하였다. 따라서 자색 옥수수 속대 추출물은 건조된 자색 옥수수에서 분리한 속대에 10배의 정제수를 가하여 추출하였다. 추출 기기로는 shake incubator (MR-R505, Mega Science, Korea)를 사용하였으며, 30°C에서 4, 8, 12, 16, 20, 24, 32 및 40시간 추출하였다. 추출물은 Whatman filter paper No. 4로 여과한 후 4°C에서 보관하였다. 자색 옥수수 속대 추출물은 3회 반복하여 품질 평가를 실시하였다.

가용성 고형물 함량. 추출 시간에 따른 자색 옥수수 속대 추출물의 가용성 고형물 함량은 refractometer (PR-201a, Atago, Japan)

를 이용하여 °Brix의 단위로 측정하였다.

색도. 자색 옥수수 속대 추출물의 색도는 원통형 용기(1×4 cm i.d.)에 담아 색차계(CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter value로 측정하였다. 이 때의 표준색은 L값이 94.39, a값이 -0.31, b값이 +0.31인 calibration plate를 표준으로 하였다.

안토시아닌 함량. 자색 옥수수 속대 추출물의 안토시아닌 함량 분석은 Jing과 Giusti(2007)의 방법에 준하여 실시하였다. 표준물질로는 당이 결합되지 않은 cyanidin, pelargonidin 및 pionidin (Chromadex, Irvine, USA)를 사용하였다. 고성능 액체 크로마토그래피(high performance liquid chromatography) 시스템(Chrompass Data System, JASCO, Japan)은 auto sampler (AS-2051 plus, JASCO), Chrompass software (ver. 1.8.6.1, JASCO) 및 photodiode array detector (MD-2010, JASCO)를 이용하여 520 nm에서 측정하였다. 컬럼은 5 µm Symmetry C18 column (250×4.6 mm, SunFire™, Waters Corp, USA)를 사용하였으며, 컬럼의 온도는 30°C로 유지하였다. Injection volume는 50 µL이었으며, 이동상 A는 water/acetic acid/acetonitrile/phosphoric acid (84:10:5:1, v/v/v/v), 이동상 B는 100% acetonitrile을 사용하였다. 이동상은 0–5분에서는 0% B를, 5–45분에서는 0–30% B를, 45–55분에서는 30–0% B로 하여 분석하였다.

항산화활성. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거능은 Blois(1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.1 mL에 0.1 mM DPPH 용액 3 mL를 혼합하여 30°C의 암소에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS (2,2'-azinobis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) 라디칼 소거능 활성은 Pavel 등(2006)의 방법에 준하여 사용하였다. 7.0 mM ABTS와 4.95 mM potassium persulfate를 혼합하여 암소에서 15시간 방치하였다. 731 nm에서 흡광도가 1.0–1.5가 되도록 phosphate buffer로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 3.9 mL과 시료 0.1 mL를 혼합하여 10분간 37°C의 암소에서 정치한 후 731 nm에서 흡광도를 측정하였다. 철 이온 환원력 분석은 Benzie와 Strain(1996)의 방법을 수정하여 사용하였다. 각 시료 0.2 mL에 FRAP 용액(300 mM sodium acetate buffer:10 mM TPTZ:20 mM FeCl₃·6H₂O, 10:1:1, v/v/v) 3.8 mL을 첨가하여 30°C에서 30분간 방치하였으며, 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석. 통계분석은 Statistical Analysis System program version 9.0 (SAS Institute Inc., USA)를 사용하여 실시하였다. 본 실험에서 얻어진 결과는 일원배치 분산분석 (one-way ANOVA)과 사후검정으로 Duncan의 다중검정방법을 이용하여 5% 유의수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

가용성 고형물 함량. 추출 시간에 따른 옥수수 속대 추출물의 가용성 고형물 함량 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 추출 시간에 따른 가용성 고형물의 함량은 0.3–0.6°Brix 범위로 추출 시간이 경과할수록 가용성 고형물의 함량이 높아지는 경향을 보였다. 특히 24시간 추출하여 제조한 추출물의 가용성 고형물 함량은 4–20시간 추출하여 얻은 추출물의 가용성 고형물 함량에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 높았으며 추출 시간 24시간 이후에는 추출물의 가용성 고형물 함량에 유의적인 차이가 없었다. 따라서 자색 옥수수 속대는 24시간 추출하였을 때 가용성 고형물을 최대한 얻을 수 있는 것으로 판단되었다.

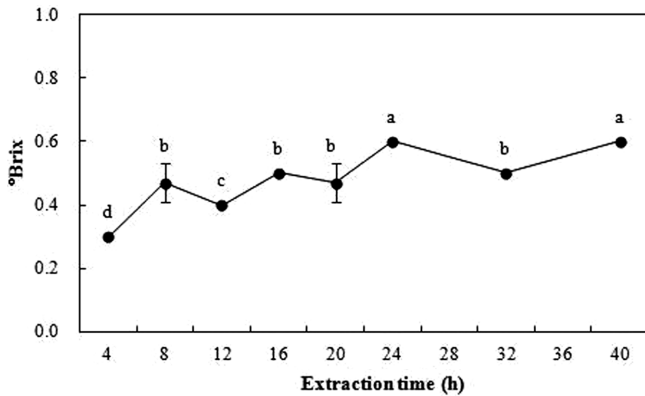


Fig. 1 Changes in soluble solid content of purple corn cob extract as a function of extraction time. Means with different letters (a-d) are significantly different ($p < 0.05$).

색도. Fig. 2는 추출 시간에 따른 옥수수 속대 추출물의 색도 변화를 보여주고 있다. 4시간 추출물에서 명도(L)는 40.6으로 나타났으며, 추출 시간이 길어짐에 따라 30.8까지 감소하여 점점 어두워지는 경향을 나타내었다. 적색도를 나타내는 a값은 4시간 추출물에서 27.2로 명도와 반대로 추출 시간이 경과함에 따라 38.7까지 증가하였다. 황색도(b)는 4-16시간 추출물에서 15.7-16.6 범위로 유의적으로 차이를 보이지 않았으나, 그 이후 8.6까지 감소하여 황색도가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 추출 시간이 길어질수록 자색 옥수수 속대에서 추출되는 안토시아닌이 증가하여 적색 및 청색이 짙어지는데 기인한 것으로 판단되었다. Lee 등(2008)은 흑미의 추출 시간이 경과할수록 명도가 감소하고 적색도는 증가하였다고 보고한 바 있으며 Montes 등

(2005)은 *juboticaba fruit*에서 추출된 안토시아닌의 양과 색도에 상관관계가 있다고 하였다. 또한 Yang 등(2009)의 연구에서도 명도가 높게 나타나는 것은 안토시아닌의 추출량이 적음을 나타낸다고 보고하였다. 자색 옥수수 속대의 경우 24시간 추출하였을 때 명도와 황색도가 낮고 적색도가 높게 나타났으며 추출 24시간을 경과함에 따라 색도의 차이가 나타나지 않았으므로 자색 옥수수 속대의 추출 시간은 24시간이 적합할 것으로 판단되었다.

안토시아닌 함량. 추출 시간에 따른 자색 옥수수 속대 추출물의 cyanidin, pelargonidin, peonidin의 함량 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 추출 시간에 따른 안토시아닌 함량은 색도와 유사한 경향을 나타내었다. Cyanidin 함량은 자색 옥수수 속대 추출 4-24시간에서 추출 시간이 길어짐에 따라 2.03-24.64 mg/g의 범위로 증가하는 경향을 보였으며, 추출 시간 24시간일 때 cyanidin의 함량은 24.64 mg/g으로 유의적으로 가장 높았다($p < 0.05$). 추출물의 pelargonidin 함량 또한 cyanidin의 함량과 유사한 경향으로 나타났다. 4-24시간 추출한 자색 옥수수 속대 추출물의 pelargonidin 함량은 0.35 mg/g으로 가장 높았으며, 24시간 이후 추출물에 대해서는 pelargonidin 함량이 g당 0.19-0.25 mg으로 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 이를 통해 24시간 추출물에서 pelargonidin의 함량이 유의적으로 높은 것을 확인하였다($p < 0.05$). peonidin의 함량은 4-20시간 추출물에 대하여 1.79-6.92 mg/g 농도로 나타나 추출시간이 증가함에 따라 peonidin 함량이 증가하였다. 24시간 추출했을 때, peonidin은 4-20시간 추출물과 유의적 차이를 보이며 17.42 mg/g까지 증가하였다($p < 0.05$). 32시간 추출물의 peonidin 함량(11.33 mg/g)은 24시간 추출물에 비해 감소하였으나 40시간 추출물의 peonidin 함량은 15.27 mg/g으로 24시간 추출물과 유의차를 보이지 않았다. 이에 따라 자색 옥수수 속대 추출물의 안토시아닌 총량

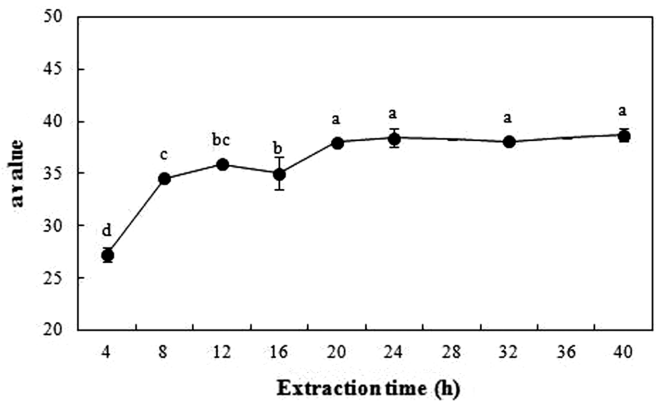
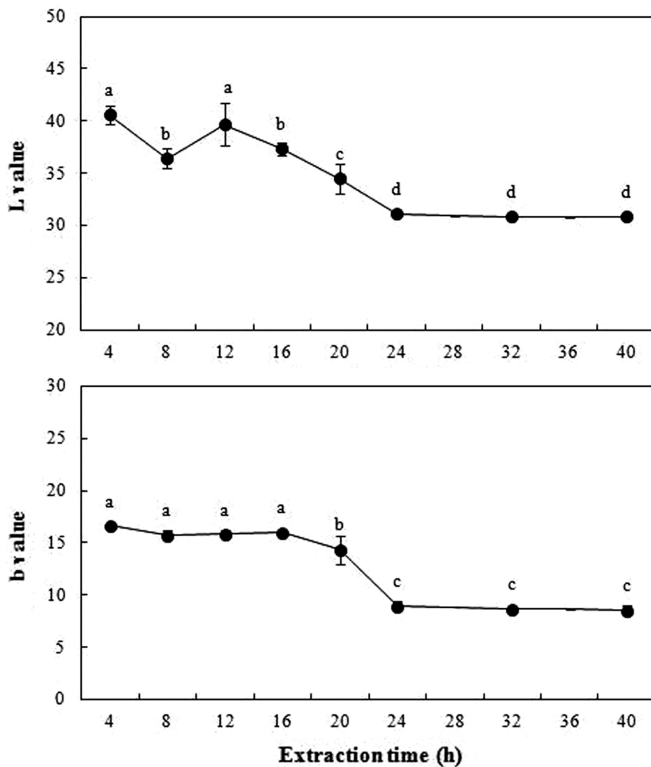


Fig. 2 Changes in hunter color scale value of purple corn cob extract as a function of extraction time. Means with different letters (a-d) are significantly different ($p < 0.05$).

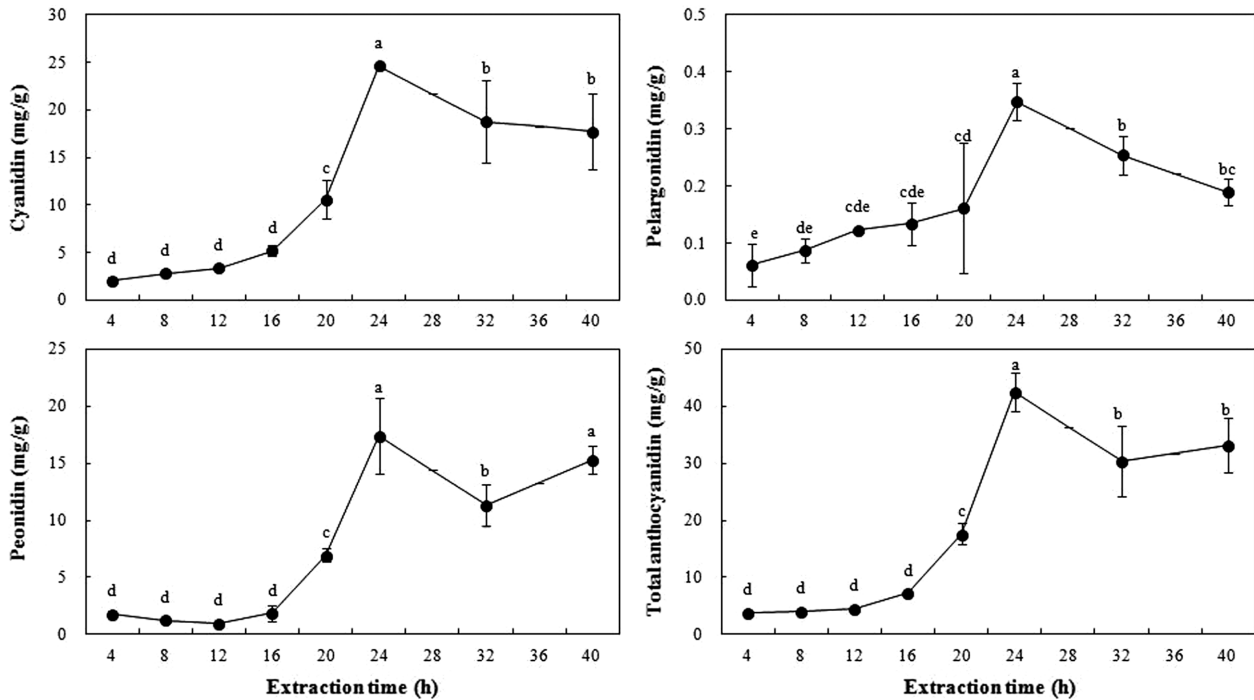


Fig. 3 Changes in cyaniding, pelargonidin, peonidin and total anthocyanin of purple corn cob extract as a function of extraction time. Means with different letters (a-d) are significantly different ($p < 0.05$).

또한 추출 24시간까지 점차 증가하다가 24시간을 초과하여 추출함에 따라 안토시아닌 함량이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). Choung 등(2008)의 보고에 따르면 검종콩 종피의 추출 시간이 3시간에서 12시간까지 증대됨에 따라 총 안토시아닌 함량이 6.38 mg/g에서 8.12 mg/g으로 유의적으로 증가하였으며 24시간 이상 추출할 경우 총 안토시아닌 함량은 6.77 mg/g으로 점차 감소되는 양상을 확인하였는데 이는 색소를 추출하는 시간이 지속될 때 소규모의 구조적 파괴가 수반됨에 따라 나타나는 결과라고 하였다. 따라서 안토시아닌을 최대로 얻을 수 있는 최적 추출 시간은 24시간으로 판단되었으며 이 때 추출물의 cyanidin, pelargonidin, peonidin 함량 및 안토시아닌 총량은 자색 옥수수 속대 g당 각각 24.64, 0.35, 17.42 및 42.41 mg이었다.

항산화활성. 자색 옥수수 속대 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 4시간 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성은 61.0%로 나타났으며, 추출 시간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 라디칼의 소거활성은 24시간 추출했을 때 82.3%로 유의적으로 가장 높게 나타났으며 ($p < 0.05$), 24시간 이상 추출한 추출물의 라디칼 소거능은 각각 82.3 및 81.9%로 24시간 추출물과 차이를 보이지 않았다. TEAC 실험 결과 DPPH 결과와 유사한 경향을 보였다. 4시간 추출물에서 소거활성은 61.5%로 나타났으며 이후 24시간까지의 추출물은 추출 시간의 경과(8, 12, 16, 20 및 24시간)에 따라 소거활성은 66.2, 66.9, 68.6, 71.6 및 83.5%로 증가하는 경향을 보였다. 24시간 추출물의 소거 활성이 유의적으로 가장 높았으며($p < 0.05$), 24시간 이후 추출물에 대해서는 소거 활성이 일정하게 유지되었다. FRAP을 통한 자색 옥수수 속대 추출물의 흡광도 측정한 결과, 4–24시간 추출물의 흡광도는 0.3–0.5

범위로 추출 시간이 길어질수록 흡광도는 증가하여 24시간 흡광도가 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 24시간 이후 추출물(32 및 40시간)은 24시간 추출물과 유의차는 나타나지 않았으나 24시간 추출물에 비해 흡광도가 감소하였다. 안토시아닌이 당과 결합할 경우 안토시아닌으로 존재하는데 Jakobek 등(2007)은 안토시아닌 함량이 항산화능과 밀접한 관계가 있다고 보고하였으며 안토시아닌 함량 또는 추출물과 라디칼 소거능의 직접적인 관계는 직선형 회귀로 분석된다고 하였다(River-Prez 등, 2008; Lachman 등, 2009; Yang과 Zhai, 2010). Ichikawa 등(2001)은 cyanidin이 superoxide 라디칼 소거능에 기여하는 유효성분이므로 cyanidin의 함량이 항산화능에 영향을 미칠 것이라는 결과와 일치하였다. 즉 항산화능이 추출 24시간까지 점차 증가하다가 24시간 이후 유의차가 없는 것은 자색 옥수수 속대를 24시간까지 추출하는 동안 안토시아닌의 함량의 변화와 관계가 있는 것으로 판단되었다. 따라서 항산화능이 높은 자색 옥수수 속대 추출물을 얻기 위해서 30°C에서 24시간 추출하는 것이 적합할 것으로 보인다.

초 록

본 연구는 자색 옥수수 속대의 가공식품 및 기능성 식품의 원료로서 이용 가능성을 평가하기 위하여 자색 옥수수의 속대 추출 시간을 달리하여 추출물을 제조하고 품질특성을 조사하였다. 추출 시간에 따른 자색 옥수수 속대 추출물 분석 결과, 자색 옥수수 속대를 30°C에 24시간까지 추출하면서 시간의 경과에 따라 가용성 고형물 및 적색도의 증가와 명도 및 황색도의 감소가 나타났다. 그러나 추출 시간이 24시간을 경과함에 따라 품

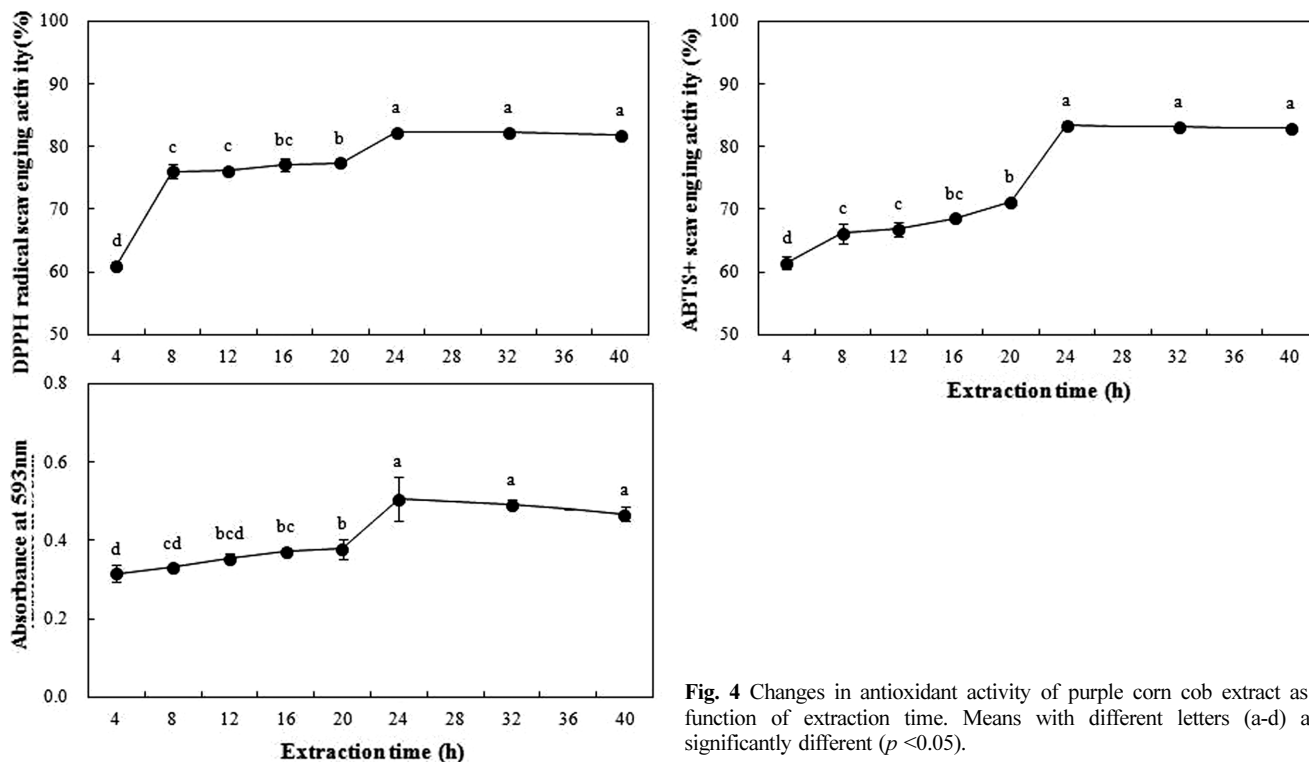


Fig. 4 Changes in antioxidant activity of purple corn cob extract as a function of extraction time. Means with different letters (a-d) are significantly different ($p < 0.05$).

질 특성은 24시간 추출물과 유사하거나 가용성 고형물 및 적색도가 감소하였으며 명도 및 황색도가 증가하였다. 특히 항산화활성은 추출 24시간까지 유의적으로 증가했으며 24시간 이후 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 즉, 자색 옥수수 속대는 가용성 고형물 함량, 안토시아닌 함량, 항산화활성이 24시간에서 유의적으로 높았기 때문에 자색 옥수수 속대의 최적 추출 시간은 24시간으로 판단되었다.

Keywords 속대 · 안토시아닌 · 자색 옥수수 · 향산

References

Benzie IF and Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *J Anal Biochem* **239**, 706.
 Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1990–2100.
 Chang HJ, Choi EH, and Chun HS (2008) Quantitative structure-activity relationship (QSAR) of antioxidative anthocyanins and their glycosides. *Food Sci Biotechnol* **17**, 501–7.
 Choi SW, Lee SK, Kim EO, Oh JH, Yoon KS, Parris N et al. (2007) Antioxidant and antimelanogenic activities of polyamine conjugates from corn bran and related hydroxycinnamic acids. *J Agric Food Chem* **23**, 1090–2.
 Chung MG, Hwang YS, Lee HJ, Choi SSN, Lim JD, Kang ST et al. (2008) Optimal extraction condition of anthocyanins in soybean (*Glycine max*) with black seed coats. *Kor J Crop Sci* **53**, 110–7.
 Coe Jr. EH, Neuffer MG, and Hoisington DA (1988) The genetics of corn. In *Corn and Corn Improvement*, Spague GF and Dudley JW (3rd ed.), pp. 83–258. American Society of Agronomy, USA.
 Dey PM and Harborne JB (1993) In *Plant phenolics methods in plant biochemistry*, (2nd ed.). Academic Press Ltd, UK.

Henry BS (1992) Natural food colors. In *Natural Food Colorants*, Hendry GAF and Houghton JD (eds), pp.39. Blackie and Son Ltd., Scotland.
 Heo HJ and Lee CY (2005) Strawberry and its anthocyanins reduce oxidative stress-induced apoptosis in PC12 cells. *J Agric Food Chem* **53**, 1984–9.
 Ichikawa H, Ichihyanagi T, Xu B, Yoshii Y, Nakajima M, and Konishi T (2001) Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. *J Medicinal Food* **4**, 211–8.
 Jakobek L, Seruge M, Medvidovic-Kosanovic M, and Novak I (2007) Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juices. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* **103**, 58–64.
 Jing P and Giusti MM (2007) Effects of extraction conditions on improving the yield and quality of an anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) color extract. *J Food Sci* **72**, 363–8.
 Kenji H, Bayaru E, Hiroki M, and Shigeru S (2009) Silage fermentative quality and characteristics of anthocyanin stability in anthocyanin-rich corn (*Zea mays* L.). *Asian-Aust J Anim Sci* **22**, 528–33.
 Kim BS, Park YK, and Kang BS (2001) The effect of Rubi fructus on the ovulation and ovary in rats. *Kor J Herb* **16**, 139–52.
 Kim JT, Son BY, Lee JS, Baek SB, Kim SL, Kim MJ et al. (2013) National dyeing fabrics with leaf and stem of purple corn. *Kor J Crop Sci* **58**, 113–8.
 Lachman J, Hanouz K, Šulc M, Orsák M, Pivec V, Hejtmánková A et al. (2009) Cultivar differences of total anthocyanins and anthocyanidins in red and purple fleshed potatoes and their relation to antioxidant activity. *Food Chemistry* **114**, 83643.
 Lee HJ, Jang JS, Choi EY, and Kim YH (2008) Anthocyanin content and color stability in black rice according to different extract conditions and selected stabilizers. *Kor J Food Nutr* **21**, 127–34.
 Li CY (2007) Antioxidant effect of anthocyanins from purple corn (*Zea mays* L.) and its application to food. MS thesis, Kangwon National University, Korea.
 Lopez-Martinez LX, Oliart-Ros RM, Valerio-Alfaro G, Lee CH, Parkin KL, and Garcia HS (2009) Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Sci Technol* **42**, 1187–92.
 Malaj N, Simone BCD, Quartarolo AD, and Russo N (2013)

- Spectrophotometric study of the copigmentation of malvidin 3-O-glucoside with p-coumaric, vanillic and syringic acids. *Food Chem* **141**, 3614–20.
- Mazza G and Miniati E (1993) In *Anthocyanin in fruits, vegetables and grains*, CRC Press, UK.
- Meiers S, Kemeny M, Weyand U, Gastpar R, Von Angerer E, and Marko D (2001) The anthocyanidins cyanidin and delphinidin are potent inhibitors of the epidermal growth-factor receptor. *J Agric Food Chem* **49**, 958–62.
- Mellon JE and Moreau RA (2004) Inhibition of aflatoxin biosynthesis in *Aspergillus flavus* by diferuloylputrescine and p-coumaroylferuloylputrescine. *J Agric Food Chem* **52**, 6660–3.
- Montes C, Vicario IM, Raymundo M, Fett R, and Heredia FJ (2005) Application of tristimulus colourimetry to optimize the extraction of anthocyanin from Jaboticaba (*Myrica Jaboticab Berg.*). *Food Res Int* **38**, 983–8.
- Moyer RA, Hummer KE, Finn CE, Frei B, and Wrolstad RE (2002) Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity in diverse small fruits: vaccinium, rubus, and ribes. *J Agric Food Chem* **50**, 519–25.
- Niwa T, Doi U, and Osawa T (2003) Inhibitory activity of corn-derived bisamide compounds against α -glucosidase. *J Agric Food Chem* **51**, 90–4.
- Pavel S, Bošivoj K, and Vlastimil K (2006) Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables-Evaluation of spectrophotometric methods. *J Agric Food Chem* **54**, 60716.
- Plate AYA and Gallaher DD (2005) The potential health benefits of corn components and products. *Cereal Foods World* **50**, 305–14.
- Rivero-Prez MD, Muñoz P, and González-Sanjosé ML (2008) Contribution of anthocyanin fraction to the antioxidant properties of wine. *Food and Chemical Toxicology* **46**, 281522.
- Seeram NP and Nair MG (2002) Inhibition of lipid peroxidation and structure-activity-related studies of the dietary constituents anthocyanins, anthocyanidins. And catechins. *J Agric Food Chem* **50**, 5308–12.
- Smith MA, Rottkamp A, Nunomura A, Raina AK, and Perry G (2000) Oxidative stress in Alzheimer's disease. *Biochim Biophys Acta* **1502**, 139–44.
- Tsuda T, Shiga K, Ohshima K, Kawakishi S, and Osawa T (1996) Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigment isolated from *Phaseolus Vulgaris L.* *Biochem Pharmacol* **52**, 1033–9.
- Tsuda T, Watanabe M, Ohshima K, Norinobu S, Choi SW, Kawakishi S et al. (1994) Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-O- β -D-glucoside and cyanidin. *J Agric Food Chem* **42**, 2407–10.
- Tusba T, Horio F, Uchida K, Akoi H, and Osawa T (2003) Dietary cyanidin 3-O- β -D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *J Nutr* **133**, 2125–35.
- Yang Z and Zhai W (2010) Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays L.*) *Innov Sci Emerg Technol* **11**, 169–76.
- Yang Z, Chen Z, Yuan S, Zhai W, Piao X, and Piao X (2009) Extraction and identification of anthocyanin from purple corn (*Zea Mays L.*). *Int J Food Sci Technol* **44**, 2485–92.