pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 37. No. 2, 080~087 (2024)
https://doi.org/10.9799/ksfan.2024.37.2.080

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

충북산 토종고추의 계통별 품질 분석

박재은 · 박혜진 · 강혜정* · 김성겸 · 신현만** · 김흥태*** · †엄현주
충청북도농업기술원 지방농업연구사, *충청북도농업기술원 연구원,
**충청북도농업기술원 지방농업연구관, ***충북대학교 식물의학과 교수

Quality Characteristics of by Lines of Native Pepper Grown in Chungbuk Province

Jae Eun Park, Hye Jin Park, Hye Jeong Kang*, Seong Kyeom Kim,
Hyun-Man Shin**, Heung Tae Kim*** and †Hyun-Ju Eom
Associate Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea
**Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea*
***Senior Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea*
****Professor, Dept. of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea*

Abstract

This study examined the quality characteristics of 10 different lines of native peppers collected from organic farms in Chungbuk province. The study found a strong correlation between the redness (a*) and ASTA values, which both contribute to the perceived quality of peppers. The highest values were observed in the Iyugsa line. The content of capsaicinoid and beta-carotene also showed a positive correlation, with Chilsungcho having the highest statistically significant value. While the total polyphenol content did not correlate with the other indicators, Chilsungcho again had the highest levels. The Yuwolcho line exhibited the highest ABTS radical scavenging ability, while the Eumseongcho line showed the highest DPPH radical scavenging ability. Taking into account the overall bioactivity quality, Chilsungcho had the highest values in terms of total polyphenol, beta-carotene, capsaicinoid, and redness. It also had the second highest total flavonoid content, ABTS, and DPPH radical scavenging activity, all statistically significant. Therefore, Chilsungcho can be considered an excellent choice when considering physiological activity. Furthermore, this study provides valuable information about the unique characteristics of these 10 native pepper lines, which can assist in selecting the appropriate pepper for food manufacturing and serve as a helpful resource for future research.

Key words: native pepper, Chilsungcho, capsaicinoid, ASTA values

서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과에 속하는 다년생 작물로, 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 작물이며, 전통발효음식인 고추장과 김치의 주 원료로 우리 식탁에 없어서는 안될 식재료이다(Hwang 등 2014). 고추가 가지고 있는 영양학적 가치로는 비타민 C, 무기질 뿐만 아니라 carotenoid, quercetin, luteolin 및 capsaicinoids와 같은 페놀성 화합물을 다량 함유하고 있어(Byun 등 2016), 이런 성분들로 인해 항산화 활성(Lee 등 1995), 항암활성(Kwon 등 2005), 면역증강 효과(Park 등 2010) 등의 다양한 기능성을 가진다. 고추의 매운맛은 주로 capsaicin과 dihydrocapsaicin 성분에 기인하며, 고추는 매운맛 정도에 따라 식품 소재로의 활용도가 다양하다(Kawada 등 1985; Chiang GH 1986; Nam 등 2020). 또한 기능성 물질로서의 capsaicin은 고추의 매운맛 성분이면서 동시에 항균작용, 통증완화 효과, 식욕증진(Park 등 1999), 혈중 지질 개선 및 항비만 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(Surh 등 1998; Jung 등 2011). 또한 고추의 색소는 carotenoid류 중

† Corresponding author: Hyun-Ju Eom, Associate Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea. Tel: +82-43-220-5691, Fax: +82-43-220-5679, E-mail: hyunjueom@korea.kr

카로틴류의 베타카로틴(beta-carotene)과 잔토필류의 캡산틴(capsanthin)에서 유래하는데(Hwang 등 2010), 고추가 숙성되면서 엽록소의 함량이 적어짐에 따라 이들 성분들이 점차 증가하면서 빨간색으로 바뀌게 된다. 고추의 품질판정은 주로 외관적 요소 중 적색소에 평가되므로 그 색소 성분의 함량은 중요한 요소 중 하나이다(Hwang 등 2014).

고추는 다년생 작물이지만 연작장애가 심하고 집중호우 등 기상여건에 의해 작황이 달라지기 때문에 내병성 또는 내재해성 품종이 많이 개발되고 재배되어 왔다. 반면, 토종고추는 예전부터 우리나라 각 지역에서 재배되어 왔으나 역병이나 탄저병에 취약하고 생산성이 적다는 이유로 품종선택에서 배제되어 왔다(Hwang & Chung 1998). 하지만, 최근에는 종의 다양성, 국내산 품종에 중요성 및 기존 품종과의 차별화 등의 이유로 토종고추 종자에 대한 관심이 증가하고 있다. 토종고추 중 품종 등록이 되어있고, 가장 연구가 많이 된 '수비초'는 매운맛과 단맛이 조화롭고, 색택은 좋으나 역병에 약한 단점으로 인해 역병저항성 유전인자 도입을 하는 연구가 그동안 진행되어 왔으며, 이외에도 경북을 중심으로 일부 연구가 진행되어 왔다. 우리나라 토종고추는 종의 다양성 확보 및 보존, 다양한 색, 맛 등의 품질 특성을 고려한다면 보다 많은 기관에서의 연구가 필요하다(Hwang & Chung 1998; Jung 등 2011).

따라서 본 연구는 충북 괴산 지역에서 유기농으로 재배되는 토종고추 10종에 대한 색도, 생리활성, 베타카로틴 및 신미성분을 평가하였으며 이들 결과를 활용하여 앞으로 충북의 새로운 특산품으로의 가능성을 확인해보고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료 및 전처리

본 연구에 사용된 토종 고추는 충북 괴산군의 유기농 고추 농가에서 재배한 것으로, 2023년에 수확한 것을 구입하였고, 열풍건조(SI-70S2, Shin Heung Industry Co., Cheongju, Korea)는 45℃에서 72시간 건조하였고, 꼭지를 제거한 뒤 분쇄기를 이용하여 12 mesh 정도로 곱게 갈았다. 분쇄한 고추시료의 생리활성 분석은 분말 10 g을 60% 에탄올 90 mL로 2시간 동안 진탕 추출하였고, 원심분리(12,157×g, 20 min) 하여 감압여과(Adventec No.2, Adventec, Tokyo, Japan) 후 분석하였다. 베타카로틴 분석에 사용한 베타카로틴 표준품(≥95% HPLC, Darmstadt, Germany)은 Merck Co.에서 구입하여 사용하였다. Pyrogallol, dibutyl hydroxyl toluene(BHT), potassium hydroxide, ethanol, magnesium sulfate anhydrous는 일반시약(normal-grade)을 사용하였으며, 정량을 위한 기기분석에서 사용된 n-hexane, ethyl acetate, chloroform, acetonitrile, methanol은 특급시약(HPLC grade)을 사용하였다. Capsaicinoids 측정에 이용된 표준물질인 capsaicin과 dihydrocapsaicin은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며 acetonitrile, methanol, water는 J.T. Baker(Phillipsburg, NJ, USA)로부터 HPLC 등급을 구입하여 사용하였다.

2. 색도 측정

색도 측정은 색도색차계(CM-3500d, Tokyo, Japan)를 이용하여 수행하였다. 10 g의 분쇄된 시료를 petri-dish에 담아 3회 측정한 값의 평균을 취하여 계산하였으며, 이는 명도 L 값(lightness), 적색도 a값(redness) 그리고 황색도 b값(yellowness)으로 나타내었다. 표준백색판의 값은 L=96.89, a=－0.07, b=－0.18이었다.

3. ASTA 값 측정

토종고추의 붉은색은 ASTA(American Spice Trade Association) color value로 측정하였다. 각 고추 분쇄 시료 0.15 g을 200 mL flask에 넣고 100 mL acetone을 첨가하여 16시간 동안 암소에 방치한 후 상등액을 분리하였다. 추출물은 Whatman No. 2(Whatman, Maidstone, UK)를 이용하여 여과한 후 100 mL로 정용하여 460 nm에서 흡광도를 측정하였다. ASTA 값은 다음 공식을 활용하여 산출하였으며(Hwang 등 2011), 모든 시료는 3회 반복 실험하였다.

ASTA color value＝A×16.4/W

A: absorbance at 460 nm, W: sample weight(g)

4. 총 폴리페놀 함량 측정

토종고추의 총 폴리페놀 함량은 Amerine & Ough(1980) 방법을 이용하여 측정하였다. 토종고추 추출물 50 μL에 2% Na_2CO_3 1 mL를 혼합하여 3분 동안 방치한 후, 1 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma-Aldrich Co.) 50 μL를 혼합하여 30분 동안 반응시켰다. 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 검량선은 표준물질 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 작성하였다. 값은 mg gallic acid equivalent (GAE)/g(dry basis)로 표시하였다.

5. 총 플라보노이드 측정

총 플라보노이드 함량은 Chung HJ(2014)의 방법을 변형하여 수행하였다. 토종 고추 추출물 200 μL에 1 N NaOH 600 mL와 diethylene glycol 4 mL를 가하여 37℃에서 1시간 동안 반응시킨 후, 420 nm에서 반응액의 흡광도 값을 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 rutin(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성한 후, mg rutin equivalent(RE)/g(dry basis)로 표

시하였다.

6. 항산화 활성 측정

토종고추의 항산화 활성을 평가하기 위해 ABTS 및 DPPH 라디컬 소거능을 측정하였다. ABTS라디칼 소거능(Re 등 1999)은 7.4 mM ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich Co.)와 2.6 mM potassium persulfate를 24시간 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 1.3~1.5의 흡광도 값이 나오도록 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL와 토종고추 시료 50 μL를 혼합하여 30분간 반응시킨 후 흡광도를 735 nm에서 측정하였고, ABTS 값은 시료 첨가구와 시료 비첨가구의 흡광도를 백분율로 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능(Choi 등 2003)은 0.4 mM DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich Co.) 용액을 1.5~1.7의 흡광도 값이 나오도록 희석한 후 희석된 추출물 0.2 mL에 DPPH 용액 0.8 mL를 가하여 실온에서 30 분간 방치한 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 측정과 마찬가지로 DPPH 값 또한 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

7. 베타카로틴 측정

토종고추의 베타카로틴 분석은 검화방법으로 추출 후 HPLC를 이용하여 분석하였다(Eom 등 2019). 고추가루 시료를 약 1.5 g 취하여 6% pyrogallol ethanol 20 mL를 첨가한 뒤 30초간 질소가스로 충진한 후 sonication을 5분간 수행하였다. 60% KOH를 8 mL 첨가 후 질소 충진 후 용기에 냉각관을 연결 후 shaking water bath(BS-21, Lab Companion, Jeiotech, Daejeon, Korea)에서 진탕하며 50분간 70℃에서 검화시켰다. 검화 후 1시간 동안 충분히 냉각한 추출관에 2% NaCl 용액, 0.01% butylated hydroxytoluene(BHT)이 포함된 추출용매(n-hexane: ethyl acetate=85:15, v/v)를 각 30 mL, 20 mL를 첨가하여 혼합한 후 층분리가 되었을 때 상층액을 취하고, 이를 3회 반복하여 상층액을 취하여 베타카로틴 성분을 추출하였다. 추출한 상층액은 무수 $MgSO_4$가 포함된 여과지를 통과시켜 수분을 제거한 후 50 mL로 정용하였다. 정용한 추출액 10 mL를 취하여 질소가스로 용매를 제거한 후 재용해용매(acetonitrile:chloroform=6:4, v/v) 1 mL를 가하여 재용해했다. 0.45 μm PTEF syringe filter(Whatman, Clifton, NJ, USA)로 재용해한 추출액을 여과하여 HPLC 분석 시료로 사용하였다. HPLC는 자외부흡광검출기(1290 Infinity, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)가 있는 HPLC(Agilent 1200 series) 시스템을 이용하였으며, 컬럼은 35℃의 온도로 유지하였다. 자외부흡광검출기의 파장은 excitation 파장 473 nm를 이용하였으며, 이동상으로는 acetonitrile:ethanol(7:3, v/v), 유속은 1.0 mL/min 및 시료 주입량은 20 μL였다.

8. 캡사이시노이드 함량 분석

Hwang 등(2014)의 방법에 따라 토종고추의 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량 분석을 실행하였다. 토종고추 건조 시료 1 g과 methanol 40 mL를 혼합하여 homogenizer(HG-15D, WiseMix™, Daihan SCI, Wonju, Korea)를 사용해 2분간 교반하여 추출하였다. 균질화 후 Whatman No. 2를 이용하여 100 mL volumetric flask에 여과한 뒤 methanol로 정용하였다. 다음 정용화한 용액에서 1 mL를 취하여 0.20 μm nylon syringe filter(Whatman)로 한번 더 여과하였다. 분석은 HPLC(Agilent 1200 series)를 이용하였다. 분석은 ZORBAX Eclipse XDB-C18 column(5 μm, 4.6×150 mm, Agilent)을 사용하였으며, VWD (variable wavelength detector) detector(Ex λ 280 nm)를 이용하여 검출하였다. HPLC 조건은 이동상으로는 acetonitrile:water: glacial acetic acid(60:39:1, v/v/v) 조건의 용액을 사용하였고, flow rate는 1.0 mL/min이며, 시료의 주입량은 20 μL였다.

9. 통계처리

모든 시험은 3반복 진행하였으며 결과는 평균±표준편차(standard deviation, SD)로 나타낸 후 통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Ver 12.0 SPSS INC. Chicago, IL, USA)를 이용하였고, 동질성을 비교하기 위해 일원배치 분산분석(ANOVA)을 실시한 후 측정값 간의 유의성을 Duncan's multiple range test로 $p<0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 색도 및 ASTA 값 측정

충북 괴산에서 재배되고 있는 토종고추 10종에 대한 색도 및 ASTA 함량 결과는 Table 1에 나타내었다. 토종고추 계통간 명도(L 값)는 48.03~52.24 값의 범위로 나타났고, 적색도(a 값)의 경우는 16.22~20.43, 황색도(b 값)는 11.50~15.89로 나타났다. 명도의 경우는 오이고추(52.24)가 가장 높은 값을 나타냈고, 유월초(48.15), 금패황양각초(48.03)가 가장 어둡게 나타났으며, 2계통에 대한 유의적인 차이는 없었다. 고추의 외관 품질에 가장 중요한 요소인 적색도의 경우, 칠성초(20.43), 이육사(20.42), 금패황양각초(19.77)가 가장 높은 값을 나타냈고, 다음으로는 음성초(18.56), 사근초(19.02), 앉은뱅이 고추(18.68)로 나타났다. 가장 적색도가 낮은 것은 오이고추(16.22), 청룡초(16.46) 및 울릉초(16.75)로 나타났다. 황색도의 경우, 적색도에 낮은 값을 보였던, 오이고추(15.89)가 높은 값으로 나타났다($p<0.05$).

ASTA는 American Spice Trade Association의 약어로, 고추

Table 1. Comparison of color and ASTA value among 10 lines of native pepper grown in Chungbuk province

Sample	L*	a*	b*	ASTA value
Eumseongcho	48.76±0.05$^{D1)}$	18.56±0.19^{BC}	12.27±0.12^{D}	111.13±0.47^{B}
Yuwolcho	48.15±0.27^{E}	18.09±0.35^{C}	11.5±0.37^{D}	65.40±2.15^{E}
Cheonglyongcho	49.21±0.40^{CD}	16.46±0.44^{D}	11.64±0.48^{D}	89.36±2.26^{D}
Chilsungcho	49.36±0.12^{CD}	20.43±0.24^{A}	13.97±0.16^{B}	98.11±2.33^{CD}
Oigochu	52.24±0.54^{A}	16.22±0.23^{D}	15.89±0.35^{A}	22.88±0.50^{G}
Sageuncho	49.81±0.20^{BC}	19.02±0.39^{B}	13.63±0.36^{BC}	96.89±3.44^{CD}
Ulleungcho	50.20±0.41^{B}	16.75±0.67^{D}	14.03±0.65^{B}	35.35±1.55^{F}
Geumpaehwangyanggagcho	48.03±0.16^{E}	19.77±0.11^{A}	12.10±0.26^{D}	96.12±3.91^{CD}
AnjeunbaengI	49.07±0.09^{D}	18.68±0.16^{BC}	13.11±0.16^{C}	102.80±11.09^{C}
Iyugsa	49.43±0.29^{CD}	20.42±0.36^{A}	13.72±0.40^{BC}	148.91±7.95^{A}

[1)] Each values mean±S.D.

[A-G]Values with different capital letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

와 같은 향신료의 색상을 측정하고 표준화하기 위한 지표이자, 색상의 강도와 채도를 나타내는 값이다. ASTA 값은 주로 고추의 외관적 품질을 객관화할 때 사용되며, 0~160까지의 범위를 가지고 있고, 이는 natural, extra light, light, medium, dark 등 5~6개의 단계로 구분되며, ASTA 값이 높을수록 붉은색소의 함량이 많은 것을 의미한다(Lee 등 2007; Hwang 등 2011; Hwang 등 2014). 괴산에서 재배되고 있는 토종고추 10종의 평균적인 ASTA 값은 86.70의 값을 가지며, 가장 높은 값은 이육사로 148.91 값을 보였고, 그 다음으로 음성초(111.13), 앉은뱅이고추(102.80) 순으로 낮아졌고, 가장 낮은 값은 오이고추로 22.88 값을 나타나, 계통간 높은 차이가 있음을 알 수 있다. ASTA 값을 색도계로 측정한 적색도와 비교하였을 때, 가장 높은 계통이 이육사, 가장 낮은 값은 오이고추로 나타난 것은 동일한 연구결과로 보여 지며, 적색도와 ASTA 값의 상관관계를 나타낸 Table 2와 같이 상관계수(R)가 0.747로 적색도가 높으면 ASTA 값도 높다고 볼 수 있다. Hwang 등(2011)의 연구에 따르면, 청양 고추의 ASTA 값은 재배지역에 따라 76.54~139.57의 다양한 범위를 나타낸다고 하였고, 한국산 고춧가루의 ASTA 값이 고추 품종과 재배한 지역에 따라 60.5~183.4까지 차이를 나타낸다고 보고한 연구(Choi 등 2000)와 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

2. 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량 및 라디칼 소거 활성

충북 괴산에서 유기농으로 재배되고 있는 토종고추 10종에 대한 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량 및 항산화 활성 결과는 Table 3에 나타내었다. 먼저, 총 폴리페놀 함량은 1,874.33~2,500.32 mg% 함량을 나타냈고, 칠성초(2,500.32 mg%)와 앉은뱅이 고추(2,486.63 mg%)가 수치적으로는 가장 높은 함량을 나타냈고, 이육사가 1,874.33 mg%로 가장 낮은 함량을 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이는 없다고 나타났다. 다음으로 총 플라보노이드 함량은 321.72~640.06 mg% 함량을 나타냈고, 금패황양각초(640.06 mg%), 앉은뱅이 고추(628.15 mg%), 음성초(608.79 mg%)가 유의적으로 가장 높은 함량을 나타냈으며, 다음으로 칠성초가 558.87 mg%로 높은 값을 나타냈다. 마지막으로 오이고추(321.72 mg%)가 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내, 가장 높은 총 플라보노이드 함량을 나타낸 금패황양각초와는 두배 차이를 보였다. 플라보노이드류에 속하는 베타카로틴과의 상관관계(Table 3)를 살펴보면 상관계수(R)가 0.882(p<0.01) 수준에서 양의 관계가 성립되었다. 이외에도 총 플라보노이드 함량은 적색도 및 캡사이시노이드 함량, ASTA 값과는 양의 관계가, 명도와는 음의 관계에서 높은 상관계수를 보였다(Table 3). Lee 등(1995)의 연구에 따르면 품종, 지역 및 환경에 따른 폴리페놀 성분에 대한 함량 차이가 생길 수 있다고 보고하였다. 토종고추 10종의 ABTS 라디칼 소거능을 분석하기 위하여 고추시료를 60% EtOH에 10배 희석하여 측정한 결과, 유월초는 90.98%로 가장 우수한 ABTS 라디칼 소거 활성을 나타내었다. 다음으로는 청룡초(83.95%), 칠성초(81.66%), 음성초(78.83%)가 높은 활성을 보였고, 세 계통간 유의적인 차이는 없었다. 사근초(72.50%), 울릉초(71.07), 앉은뱅이 고추(72.85%), 이육사(67.98%), 오이고추(68.74%)는 가장 낮은 활성이 나타났다. DPPH 라디칼 소거능의 경우 또한 고추 시료를 60% EtOH에 10배 희석하여 사용하였다. 결과는 음성초(82.60%)가 가장 높게 나오고, 나머지 계통간에는 유의적인 차이는 없었다. Yi 등(2019)에 따르면 고추의 성숙시기와 품종에 따라 항산화 활성이 다르고, ABTS 측정법과 DPPH 측정법 간의 품종

Table 2. Correlation analysis of experimental results

	L*	a*	b*	capsaicinoid	β-carotene	ASTA value	Total polyphenol	Total flavonoid	ABTS radical scavenging activity	DPPH radical scavenging activity
L*	1									
a*	−0.4461*[1)]	1								
b*	0.899**	−0.068	1							
Capsaicinoid	−0.544**	0.792**	−0.184	1						
β-carotene	−0.383*	0.772**	−0.066	0.536**	1					
ASTA value	−0.546**	0.747**	−0.368*	0.386*	0.670**	1				
Total polyphenol	−0.154	0.136	−0.140	0.038	0.216	0.149	1			
Total flavonoid	−0.596**	0.708**	−0.321	0.515**	0.882**	0.645**	0.396*	1		
ABTS radical scavenging activity	−0.583**	−0.045	−0.687**	0.223	−0.242	−0.006	0.290	−0.010	1	
DPPH radical scavenging activity	−0.003	−0.009	−0.096	−0.090	−0.053	0.049	−0.049	−0.044	0.262	1

[1)] The number of asterisks indicates the level of significance: one (*) signifies a significant correlation, while two (**) indicates a highly significant correlation.

Table 3. Comparison of antioxidant activity (ABTS, DPPH), total polyphenol and total flavonoid content among 10 lines of native pepper grown in Chungbuk province

Sample	ABTS radical scavenging activity (%)	DPPH radical scavenging activity (%)	Total polyphenol (mg%)	Total flavonoid (mg%)
Eumseongcho	78.83±1.11$^{BC1)}$	82.60±10.25^{A}	2,404.50±273.87^{AB}	608.79±10.39^{A}
Yuwolcho	90.98±0.37^{A}	70.41±4.32^{B}	2,114.74±211.77^{ABC}	415.51±23.60^{D}
Cheonglyongcho	83.95±1.67^{B}	71.84±6.01^{B}	2,310.68±263.42^{ABC}	406.10±12.42^{D}
Chilsungcho	81.66±7.39^{B}	71.44±2.38^{B}	2,500.32±411.60^{A}	558.87±35.45^{B}
Oigochu	68.74±4.23^{E}	71.50±1.00^{B}	2,059.55±199.28^{ABC}	321.72±16.18^{E}
Sageuncho	72.50±0.66^{DE}	67.87±3.71^{BC}	2,334.08±193.89^{ABC}	516.95±3.73^{C}
Ulleungcho	71.07±1.20^{DE}	65.35±7.65^{BC}	1,936.69±130.69^{BC}	411.25±43.95^{D}
Geumpaehwangyanggagcho	75.75±1.09^{CD}	68.24±2.98^{BC}	2,107.68±161.97^{ABC}	640.06±20.24^{A}
Anj-eunbaengI gochu	72.85±0.96^{DE}	60.00±1.14^{C}	2,486.63±394.80^{A}	628.15±17.85^{A}
Iyugsa	67.98±2.57^{E}	67.67±2.42^{BC}	1,874.33±53.07^{C}	493.14±19.96^{C}

[1)] Each values mean±S.D.

[A-E]Values with different capital letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

별 차이가 있었으며 ABTS 측정법으로 측정시 더 높은 항산화 활성을 나타냈다고 보고했다. 이러한 결과는 충북 토종 고추 항산화 실험에서도 확인되었다. Yoon 등(2010)의 연구에 따르면 노지, 비가림 등의 재배 방식 간에는 고추의 항산화 활성에서 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 품종 간에는 차이가 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 토종 고추 10종의 항산화 활성 차이는 품종간 생리활성 물질의 함량차이에 기인한 것으로 추측된다.

3. 베타카로틴 분석

베타카로틴은 강력한 항산화 효과뿐만 아니라 항암 및 항노화 등의 효과를 가지고 있다고 한다(Kim 등 2009). 고추 품종별로 그 함량의 차이가 있으며, 특히 붉은색 계열의 고추가 다른색의 고추보다 베타카로틴의 함량이 높다고 알려져

있다(Marín 등 2004; Matsufuji 등 2007; Ornelas-Paz 등 2013). 토종고추 10종에 대한 베타카로틴 함량은 Fig. 1에 나타내었다. 베타카로틴의 범위는 6.03~18.80 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타낸 금패황양각초는 가장 낮은 유월초와는 3배가량 차이를 나타냈다. 금패황양각초 다음으로 100 g 당 칠성초 17.20 mg, 앉은뱅이고추 15.88 mg 및 음성초 15.55 mg을 나타냈고, 4개 종류 사이에는 유의적인 차이는 없었다. 가장 낮은 값을 나타낸 유월초뿐만 아니라 청룡초 7.30 mg/100 g, 오이고추 7.50 mg/100 g, 울릉초 7.70 mg/100 g도 유의적으로 가장 낮은 값을 나타냈다. 빨간색의 고춧가루의 경우 국내 데이터(RDA 2016)를 살펴보면, 100 g에 13.94 mg으로 보고하고 있는데 음성초, 칠성초, 금패황양각초, 앉은뱅이 및 이육사는 기존의 보고보다 다소 높게 검출되었고, 나머지 5종은 낮은 값을 나타내 고추의 베타카로틴은 나라별, 품종별 다양한 수치를 나타냈으며, 특히 채소 중 고추는 베타카로틴 함량이 높은 편에 속한다고 보고하였다(Eom 등 2019). 베타카로틴과 적색도, 캡사이시노이드, ASTA 값, 총 플라보노이드 함량과의 상관관계(Table 2)를 살펴보면 상관계수(R)가 각각 0.772, 0.536, 0.670 및 0.882(p<0.01)로 양의 관계가 성립되어 베타카로틴 함량이 높으면 적색도, 캡사이시노이드, ASTA 값 및 총플라보노이드 함량이 높다 할 수 있다.

4. 캡사이시노이드 함량

한국산 고추의 매운맛은 캡사이시노이드 중 캡사이신과 디하이드로캡사이신에 기인한다고 보고되고 있고, 매운맛의 유무 또는 매운 정도에 따라 식품소재로의 활용도가 다양해질 수 있다(Shin & Lee 1991; Jung 등 2010). 따라서 토종고추 10종에 대한 캡사이시노이드 중 캡사이신과 디하이드로캡사이신 함량을 분석하였다(Fig. 2). 먼저 캡사이신의 범위는 0~890.97 ppm으로 가장 높은 함량을 나타낸 칠성초와는 반대로 청룡초와 오이고추는 전혀 검출되지 않았다. 또한 디하이드로캡사이신의 함량은 0~450.68 ppm으로 캡사이신과 같이 가장 높은 함량을 나타낸 품종은 칠성초였고, 청룡초와 오이고추는 검출되지 않았다. 총 캡사이시노이드는 칠성초가 1,341.65 ppm으로 가장 높은 수치를 나타냈고, 다음으로 금패황양각초가 1,064.89 ppm을 나타냈다. 농림축산식품부의 기준으로 매운맛을 등급을 살펴보면 150 ppm 이하는 순한맛, 150~300 ppm 보통 매운맛, 300~500 ppm 덜 매운맛, 500~1,000 ppm은 매운맛 및 1,000 ppm 이상은 매우 매운맛으로 나타내고 있으며(Ahn 등 2022), 이런 기준으로 괴산에서 재배되는 토종고추 10종을 분류해보면, 칠성초와 금패황양각초는 매우 매운맛, 음성초, 유월초, 사근초, 울릉초, 앉은뱅이 및 이육사는 매운맛에 속하며, 마지막으로 청룡초와 오이고추는 순한맛에 속한다. 따라서 식품에 적용 시 매운맛을 원할 경우 칠성초 또는 금패황양각초를 사용하고, 매운맛을 싫어하거나 또는 어린이처럼 매운맛을 먹지못하는 사람들에게는 청룡초 또는 오이고추를 이용할 수 있으며, 일반적으로는 나머지 6종을 사용하면 될 것이다. 캡사이시노이드와 양의 상관관계가 높은 것은 적색도, 베타카로틴 및 플라보노이드이고, ASTA 값과도 양의 상관관계가 나타났으며, 명도와는 음의 상관관계가 높게 나타났다(Table 2). 따라서 분석한 시료의 상관관계를 통해서 고추의 품질특성 중 적색도, 총플

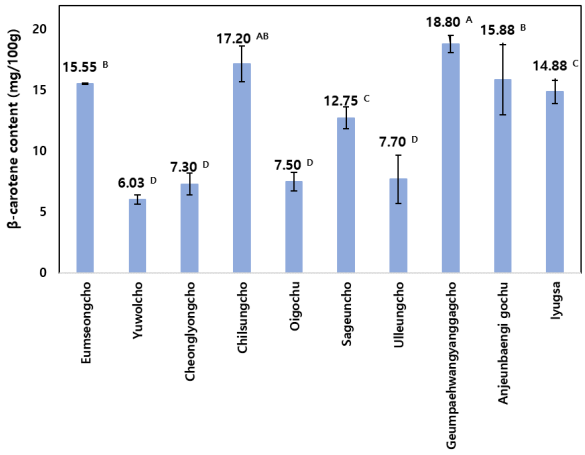

Fig. 1. Analysis of β-carotene content among 10 lines of native pepper grown in Chungbuk province. $^{A-D}$Values with different capital letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

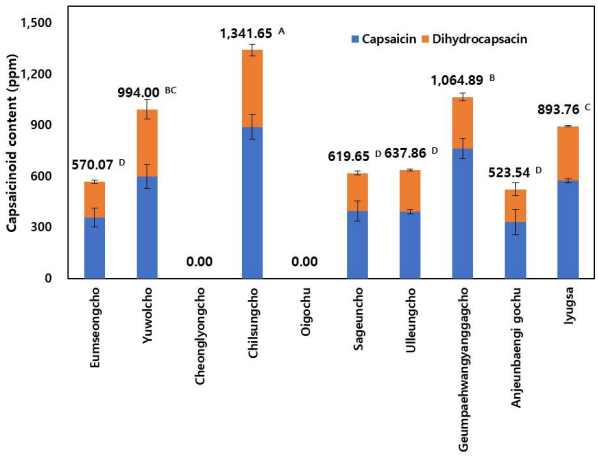

Fig. 2. Analysis of capsaicinoid content among 10 lines of native pepper grown in Chungbuk province. $^{A-D}$Values with different capital letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

라보노이드, 베타카로틴 및 캡사이시노이드는 높은 상관관계가 있음을 알 수 있다.

요약 및 결론

본 연구는 충북 괴산의 유기농 농가에서 채집한 토종고추 10종을 대상으로 캡사이신 함량, 항산화 활성, ASTA 값 등의 품질 특성을 분석하여 토종고추 계통 간의 품질 특성을 분석하고 비교하였다. 고추의 외관적 품질에 영향을 미치는 적색도(a*)와 ASTA 값은 상관관계를 통해 높은 관련성을 확인하였는데 두 값을 모두 고려하였을 때 이육사가 제일 높은 수치로 나타났다. 캡사이시노이드 함량, 베타카로틴 함량은 높은 양의 상관관계를 나타냈는데, 칠성초가 통계적으로 가장 높은 값을 보였다. 총 폴리페놀 함량 또한 다른 지표와 상관관계를 보이진 않으나 마찬가지로 칠성초가 가장 높은 함량을 보였다. ABTS 라디컬 소거능은 유월초가 가장 높은 활성을 보였으며 DPPH 라디컬 소거능은 음성초가 가장 높은 활성을 보였다. 종합적으로 생리활성 등 품질을 고려했을 때, 칠성초가 총 폴리페놀, 베타카로틴, 캡사이시노이드, 적색도에서 통계적으로 가장 높은 값을 나타내고 그 외의 총 플라보노이드 함량, ABTS 및 DPPH 라디컬 소거능 활성 또한 통계적으로 두번째로 높은 수치를 나타냈기 때문에 생리활성 면에서 우수한 토종고추 품종으로 판단된다. 본 연구는 토종고추 10품종의 고유한 특성 정보를 제공함으로써 식품 제조 시 적합한 고추 품종을 선택할 수 있는 유용한 정보와 향후 다양한 연구에 도움이 될 것으로 판단된다.

References

Ahn D, Park E, Kim S, Ku KH, Lim JH, Lee J. 2022. Capsaicinoid content and quality attributes of commercial red pepper powder according to the labeled pungency levels. *Korean J Food Preserv* 29:907-917

Amerine MA, Ough CS. 1980. Methods for Analysis of Musts and Wines. pp.176-180. Wiley

Byun EB, Park WY, Ahn DH, Yoo YC, Park C, Park WJ, Jang BS, Byun EH, Sung NY. 2016. Comparison study of three varieties of red peppers in terms of total polyphenol, total flavonoid contents, and antioxidant activities. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:765-770

Chiang GH. 1986. HPLC analysis of capsaicins and simultaneous determination of capsaicins and piperine by HPLC-ECD and UV. *J Food Sci* 51:499-503

Choi SM, Jeon YS, Park KY. 2000. Comparison of quality of red pepper powders produced in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 32:1251-1257

Choi Y, Kim M, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:723-727

Chung HJ. 2014. Comparison of total polyphenols, total flavonoids, and biological activities of black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1349-1356

Eom HJ, Kang HJ, Yoon HS, Kwon NR, Kim Y, Hong ST, Park J, Lee J. 2019. A study on contents of beta-carotene in local agricultural products. *Korean J Food Nutr* 32:335-341

Hwang IG, Kim HY, Lee JS, Kim HR, Cho MC, Ko IB, Yoo SM. 2011. Quality characteristics of Cheongyang pepper (*Capsicum annuum* L.) according to cultivation region. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1340-1346

Hwang IG, Yoo SM, Lee J. 2014. Quality characteristics of red pepper cultivars according to cultivation years and regions. *Korean J Food Nutr* 27:817-825

Hwang IK, Kim JW, Byun JW, Han JS, Kim SH, Park CK. 2010. Essential Food Science. pp.162-164. Suhagsa

Hwang JM, Chung KM. 1998. Guidebook for Pepper Cultivation. Yeongyang Pepper Research Institute

Jung MR, Hwang Y, Kim HY, Cho MC, Hwang IG, Yoo SM, Jeong HS, Lee JS. 2011. Evaluation of biological activity in pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding lines. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:642-648

Jung MR, Hwang Y, Kim HY, Jeong HS, Park JS, Park DB, Lee JS. 2010. Analyses of capsaicinoids and ascorbic acid in pepper (*Capsicum annum* L.) breeding lines. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1705-1709

Kawada T, Watanabe T, Katsura K, Takami H, Iwai K. 1985. Formation and metabolism of pungent principle of Capsicum fruits: XV. Microdetermination of capsaicin by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. *J Chromatogr A* 329:99-105

Kim YG, Lee YH, Kang MK, Lee BH, Yun JK, Kim SB, Kim CJ. 2009. Preparation of functional cosmetics containing β-carotene derived from recombinant *Escherichia coli* and evaluation of anti-wrinkle efficacy by clinical testing. *Kor J Microbiol Biotechnol* 37:399-404

Kwon KS, Park JH, Kim DS, Jeong JB, Sim YE, Kim MS, Lee HK, Chung GY, Jeong HJ. 2005. Antioxidant activity and identification of lunasin peptide as an anticancer peptide on

growing period and parts in pepper. *J Life Sci* 15:528-535

Lee HE, Lim CI, Do KR. 2007. Changes of characteristics in red pepper by various freezing and thawing methods. *Korean J Food Preserv* 14:227-232

Lee Y, Howard LR, Villalón B. 1995. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. *J Food Sci* 60:473-476

Marín A, Ferreres F, Tomás-Barberán FA, Gil MI. 2004. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J Agric Food Chem* 52:3861-3869

Matsufuji H, Ishikawa K, Nunomura O, Chino M, Takeda M. 2007. Anti-oxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and red (*Capsicum annuum* L.). *Int J Food Sci Technol* 42:1482-1488

Nam CW, Cho YS, Moon HJ, Chae SY, Yang EY, Cho MC. 2020. Yield and fruit quality of pepper as affected by different liquid fertilizer in organic farming. *Korean J Org Agric* 28:387-403

Ornelas-Paz JJ, Cira-Chávez LA, Gardea-Béjar AA, Guevara-Arauza JC, Sepúlveda DR, Reyes-Hernández J, Ruiz-Cruz S. 2013. Effect of heat treatment on the content of some bioactive compounds and free radical-scavenging activity in pungent and non-pungent peppers. *Food Res Int* 50:519-525

Park JS, Kim MH, Yu R. 1999. Approximate amounts of capsaicin intakes determined from capsaicin contents in powdered soups of Korean instant noodles and hot peppers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:501-504

Park MY, Kim DH, Jin MR. 2010. Immunomodulatory effects of orally administrated capsicum extract on Peyer's patches. *Korean J Orient Physiol Pathol* 24:446-451

Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237

Rural Development Administration [RDA]. 2016. Korean Food Composition Table. 9th ed. Rural Development Administration

Shin HH, Lee SR. 1991. Quality attributes of Korean red pepper according to cultivars and growing areas. *Korean J Food Sci Technol* 23:296-300

Surh YJ, Lee E, Lee JM. 1998. Chemoprotective properties of some pungent ingredients present in red pepper and ginger. *Mutat Res* 402:259-267

Yi TG, Park Y, Choi IY, Park NI. 2019. Comparison of metabolite levels and antioxidant activity among pepper cultivars. *Korean J Breed Sci* 51:326-340

Yoon J, Ji JJ, Lim SC, Lee KH, Kim HT, Jeong HS, Lee JS. 2010. Changes in selected components and antioxidant and antiproliferative activity of peppers depending on cultivation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:731-736

Received 13 March, 2024
Revised 01 April, 2024
Accepted 08 April, 2024