

국내산 키위의 색상별 항산화능 및 아질산염 소거능 비교

정해정^{1,*} · 김천제² · 최윤상³

¹대진대학교 식품영양학과, ²건국대학교 축산식품생물공학과, ³한국식품연구원 식품가공기술연구센터

Comparison of Antioxidant and Nitrite Scavenging Activities of Different Colored Kiwis Cultivated in Korea

Hai-Jung Chung^{1,*}, Cheon-Jei Kim², Yun-Sang Choi³

¹Department of Food Science and Nutrition, Daejin University

²Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University

³Food Processing Research Center, Korea Food Research Institute

Abstract

This study was conducted to investigate the antioxidative activity of 70% ethanol extracts of kiwi of three different colors (gold, green and red) by measuring DPPH, ABTS radical scavenging activity, tyrosinase inhibitory effect, metal chelating effect, reducing power, and nitrite scavenging activity. Total polyphenol contents were: gold kiwi, 3.09 mg GAE/g, green kiwi 2.71 mg GAE/g, and red kiwi 4.59 mg GAE/g, respectively. Red kiwi showed higher antioxidant activity than gold and green kiwi. DPPH and ABTS radical scavenging activity, and nitrite scavenging activity of red kiwi exhibited 94.83, 99.57, and 97.88%, respectively, at a concentration of 20 mg/mL, which were equal to those of ascorbic acid (positive control). Metal chelating effect of red kiwi was superior to that of ascorbic acid. Therefore, the availability of red kiwi will be increased in the field of functional material for food additives and value added products.

Key Words: kiwi, total polyphenol, antioxidative activity, nitrite scavenging activity

1. 서 론

Hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$), superoxide anion radical ($\cdot\text{O}_2^-$), hydrogen peroxide (H_2O_2), peroxy radical ($\text{ROO}\cdot$), singlet oxygen ($^1\text{O}_2$) 등의 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 노화, 암, 동맥경화, 당뇨병과 같은 인체질환을 유발하거나 악화시키는 주요 원인으로 보고되고 있다(Aruoma 1994; Halliwell et al. 1995; Samak et al. 2009). 활성산소와 관련된 질환에서 항산화물질의 효능이 인정되면서 활성산소종을 제거하기 위한 항산화제의 사용이 증가하고 있는데 butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT) 등의 합성항산화제는 가격이 저렴하고 효능이 매우 우수한 장점이 있으나 세포 내 독성을 나타내거나 암을 유발할 수 있다는 보고(Branen 1975)가 있어 최근에는 이를 대체할 수 있는 식물소재의 천연 항산화 물질의 개발요구가 높아지고 있다. 이에 채소, 과일, 자생식물들로부터 항산화 효과가 우수한 종을 발굴하려는 연구가 활발히 진행되고 있는데 그 중 과일은 기호성과 항산화력이 우수하며 특히 유

리기를 소거하는 능력이 탁월한 것으로 보고되고 있어 지속적인 관심을 받고 있다(Lee et al. 2012).

키위(*Actinidia deliciosa*)는 다래나무과(*Acinidiaceae*) 다래나무속(*Actinidia*)에 속하는 덩굴성 나무로 원산지는 중국 양자강 유역의 아열대지역이다. 우리나라에서는 흔히 참다래라 부르기도 하며(Jeong et al. 2007) 과육의 색에 따라 그린키위, 골드키위, 레드키위 등으로 분류하는데 전 세계적으로 가장 많이 재배되고 있는 것은 그린키위 품종이다(Kim et al. 2013). 우리나라에는 1977년 뉴질랜드산 품종이 도입되어 재배되기 시작하였으며 2007년부터 국내에서 육성한 품종들이 속속 개발되어 외국산 키위와 경쟁을 벌이고 있다(Rho et al. 2002). 키위는 비타민 C와 섬유소가 풍부할 뿐 만 아니라 나트륨이 적고 칼륨이 많아 고혈압 예방효과가 있으며 단백질 가수분해 효소인 actinidin이 함유되어 있어 육류 연화작용이 있는 과일로 알려져 있다(Rho et al. 2002; Jeong et al. 2007). 또한 키위에는 quinic acid, malic acid, citric acid 등의 유기산이 다량 함유되어 있어 특유의 풍미를 지니고 있다(Jin et al. 2014). 우리나라는 키위를 연중 소비하고 있고

*Corresponding author: Hai-Jung Chung, Department of Food Science and Nutrition, Daejin University, 1007 Hoguk-ro, Pocheon-si, Gyeonggi, Korea
Tel: 82-31-539-1861 Fax: 82-31-539-1860 E-mail: haijung@daejin.ac.kr

최근 들어 골드, 그린, 레드 등 다양한 색상의 키위가 국내에서도 생산되어 그 수요가 매년 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 국내에서 생산되는 키위의 색상별 항산화능 및 아질산염 소거능을 비교 탐색하여 기능성 소재로서의 선택적 이용 가능성을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 키위는 충남 소재 농원에서 2014년 9월에 구입하여 각각의 조직을 파쇄한 후 동결건조기(TFD, Ilshin, Seoul, Korea)를 이용하여 건조한 다음 분말화하여 -20°C 에 냉동보관하며 사용하였다. Folin-ciocalteau's phenol reagent, gallic acid, naringin, 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), potassium persulfate, tyrosinase, ferrozine, potassium ferricyanide, sodium nitrite 등은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고 그 외에 사용된 시약은 특급 및 일급을 구입하여 사용하였다.

2. 추출액의 제조 및 추출수율 측정

추출물의 제조는 각각의 분말 시료에 20배의 70% 에탄올을 가하고 80°C 에서 2시간 환류냉각 추출과정을 2회 반복하였다. 추출액을 여과지(Whatman filter paper No. 1)로 여과한 후 진공농축기(Buchi R-114, Flawil, Switzerland)로 감압 농축하여 동결 건조시킨 다음 각각의 추출수율을 측정하였다. 이 중 일부를 취하여 1, 5, 10, 20 mg/mL의 농도가 되도록 50% dimethyl sulfoxide에 용해하여 시료를 제조하였으며, 양성대조군으로는 ascorbic acid를 1 mg/mL 농도로 제조하여 사용하였다.

3. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Dewanto et al.(2002)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 각 시료용액 0.1 mL에 증류수 1.9 mL와 Folin-ciocalteau's phenol reagent 0.2 mL를 가하여 실온에서 3분간 반응시킨 후 포화 Na_2CO_3 용액 0.4 mL와 증류수 1.9 mL를 가하여 혼합하였다. 이것을 실온에서 1시간 반응시킨 후 725 nm (Smart Plus SP-1900PC, Seoul, Korea)에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 gallic acid를 이용하여 농도별 표준곡선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량을 gallic acid 기준으로 환산하였다.

4. DPPH radical 소거능 측정

시료용액의 DPPH radical 소거능은 Blois의 방법(1958)에 준하여 측정하였다. 각 시료용액 0.3 mL에 0.1 mM DPPH 용액 2 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가군과 무첨가군

간의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

5. ABTS radical 소거능 측정

시료 용액의 ABTS radical 소거능은 Re et al.(1999)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate 용액을 14:1로 혼합(v/v)하여 실온의 어두운 곳에서 20시간 동안 반응시킨 후 증류수를 가하여 734 nm에서의 흡광도값이 0.70 내외가 되도록 희석하였다. 이 중 1.6 mL를 취하여 시료용액 0.1 mL를 가하고 실온에서 5분간 반응시킨 다음 734 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가군과 무첨가군 간의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

6. Tyrosinase 저해 효과

시료용액의 tyrosinase 저해 효과는 Yagi(1987)의 방법을 변형하여 측정하였다. 기질로서 10 mM L-DOPA 0.2 mL와 0.175 M phosphate buffer (pH 6.8) 0.2 mL에 시료용액 0.5 mL를 가하여 잘 혼합한 다음 mushroom tyrosinase (110 unit/mL) 0.1 mL를 가하였다. 이 혼합액을 35°C 에서 2분간 반응시킨 후 475 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가군과 무첨가군 간의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

7. Metal chelating effect 측정

시료용액의 metal chelating effect는 Gulcin(2006)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 각 시료용액 0.5 mL에 2 mM FeCl_2 0.05 mL를 가하고 5 mM ferrozine 0.05 mL와 ethanol 2 mL를 가한 후 실온에서 10분간 방치한 다음 562 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가군과 무첨가군 간의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

8. 환원력 측정

시료용액의 환원력 측정은 Wong & Chye(2009)의 방법을 변형하여 각 시료용액 0.5 mL에 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) 0.5 mL와 1% potassium ferricyanide 0.5 mL를 혼합하여 50°C 에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% TCA 용액 0.5 mL와 0.1% FeCl_3 0.2 mL를 가한 다음 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

9. 아질산염 소거능 측정

시료용액의 아질산염 소거능(nitrite scavenging activity)은 Kato et al. (1987)의 방법을 변형하여 측정하였다. 각 시료용액 0.5 mL에 1 mM sodium nitrite 0.1 mL를 가하고 0.1 N HCl (pH 1.2) 0.4 mL를 가한 다음 37°C 에서 1시간 동안 반응시켰다. 그 후 2% acetic acid 2 mL와 Griess 시약 0.4 mL를 가하고 혼합하여 실온에서 15분간 방치한 다음 520 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가군과 무첨가군 간의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

<Table 1> Extraction yield and total polyphenol contents from different colored kiwis cultivated in Korea

	Gold kiwi	Green kiwi	Red kiwi
Yield (%)	62.42±2.22 ^{1)a2)}	55.20±3.95 ^a	73.45±2.50 ^b
Total polyphenol contents (mg GAE/g)	3.09±0.25 ^a	2.71±0.03 ^a	4.59±0.21 ^b

¹⁾Each value is mean±SD.

²⁾Means with different letters within a row are significantly different from each other at p<0.05 as determined by Duncan's multiple range test.

10. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였고 SPSS (Version 12.0 for Window)를 이용하여 평균±표준편차를 구하였다. 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의적 차이가 있는 항목은 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 시료간의 유의차를 p<0.05에서 검정하였다.

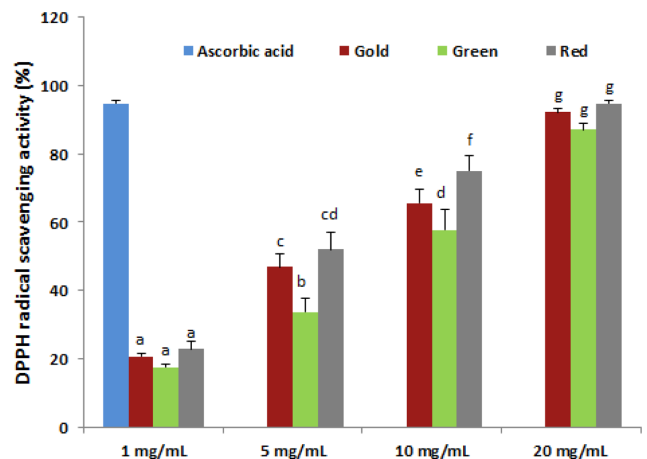
III. 결과 및 고찰

1. 추출 수율 및 총 폴리페놀 함량

키위를 70% 에탄올로 추출한 후 추출 수율 및 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 <Table 1>과 같다. 추출 수율은 골드키위 64.42%, 그린키위 55.20%, 레드키위 73.45%로 나타났다(p<0.05). 총 폴리페놀 함량은 골드키위와 그린키위가 각각 3.09 mg GAE/g과 2.71 mg GAE/g으로 유의적인 차이 없이 나타난 반면, 레드 키위는 4.59 mg GAE/g으로 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). Jin et al.(2014)은 키위의 80% 에탄올 추출물에서 총 폴리페놀 함량을 3.16 mg GAE/g으로 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 반면에, Park et al. (2014)은 7종류 키위 에탄올 추출물의 폴리페놀 함량을 4.18~14.48 mg GAE/g으로 보고하였고, Jeong et al.(2007)은 골드 키위 열수 추출물의 총 폴리페놀 함량을 0.047 mg GAE/g으로 보고하여 본 실험의 결과와 차이를 보였다. 이와 같이 폴리페놀 함량에 차이가 나는 것은 품종, 재배지, 재배 환경, 분석방법 등이 각기 다르기 때문에 나타난 것으로 추측된다. 폴리페놀 화합물은 과일, 채소, 허브 등의 식물계에 널리 분포되어 있으며 항노화, 항암, 혈중 콜레스테롤 농도 감소, 골다공증 개선 등의 효과가 우수한 것으로 보고되고 있다(Graf et al. 2005). 또한 폴리페놀 화합물은 항산화 활성과 밀접한 관계가 있는데 키위에는 pyrogallol, quercetin, ferulic acid, gallic acid 등이 주된 폴리페놀 성분으로 존재하는 것으로 알려져 있다(Bursal & Gulcin 2011) 따라서 본 실험에서는 총 폴리페놀 함량이 높은 레드 키위에서 항산화 활성이 높게 나타날 것으로 예측된다.

2. DPPH radical 소거능

DPPH radical 소거능은 DPPH radical이 항산화 활성을

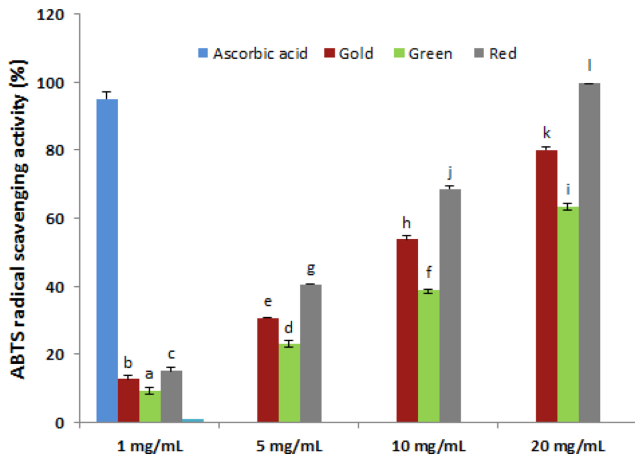


<Figure 1> DPPH radical scavenging activity of 70% ethanol extracts from different colored kiwis cultivated in Korea. Different letters above the bars indicate significantly different at p<0.05.

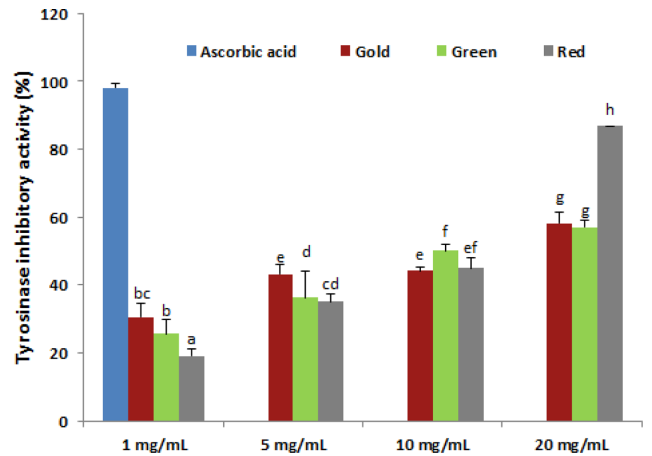
갖는 물질과 반응하면 짙은 보라색이 탈색되어 흡광도가 감소하는 원리를 이용하여 측정하는데(Gulcin et al. 2005) 방법이 간단하고 단시간 내에 많은 시료의 항산화능을 측정할 수 있어 널리 이용되고 있다. 색상별 키위의 DPPH radical 소거능을 측정한 결과는 <Figure 1>과 같다. 시료 농도 1 mg/mL에서는 17.52~22.73%의 소거능을 나타내었고 5 mg/mL에서 33.56~52.05%, 10 mg/mL에서 57.67~75.15%로 농도 증가에 따라 유의적인 증가추세를 보였다(p<0.05). 시료 추출물의 농도 20 mg/mL에서는 그린키위가 87.12%를 나타내었으며 골드키위와 레드키위가 각각 92.29%와 94.83%로 양성대조군으로 사용한 ascorbic acid의 94.47%와 대등한 소거능을 보여주었다. Jeong et al.(2007)은 한국산 키위 열수 추출물의 DPPH radical 소거능을 측정한 결과 1.5~25 mg/mL의 범위에서 농도 의존적으로 소거능이 증가하여 25 mg/mL에서는 86.87%의 소거활성을 나타내었다고 보고하였다. 본 실험에서도 DPPH radical 소거능이 농도 의존적으로 증가하였으며 레드키위가 다른 두 종의 키위보다 다소 우수한 것으로 나타났다.

3. ABTS radical 소거능

ABTS radical 소거능은 ABTS 용액과 potassium persulfate 용액 간의 반응에 의해 생성된 청록색의 ABTS cation radical (ABTS^{•+})이 시료 중에 존재하는 항산화 물질에 의해 제거되면서 청록색이 탈색되는 점을 이용하여 측정하였다(Lee et al. 2011). ABTS radical 소거능은 DPPH radical 소거능 측정원리와 같이 인위적인 radical을 제거하는 것이며 DPPH radical 소거능과 유의적인 상관성을 보인다는 보고가 있다(Lee et al. 2011). 색상별 키위의 ABTS radical 소거능을 측정한 결과는 <Figure 2>와 같다. 시료 농도 1 mg/mL에서는 9.41~15.14%로 그린키위가 유의적으로 낮게 나타났고 레



<Figure 2> ABTS radical scavenging activity of 70% ethanol extracts from different colored kiwis cultivated in Korea. Different letters above the bars indicate significantly different at p<0.05.



<Figure 3> Tyrosinase inhibitory activity of 70% ethanol extracts from different colored kiwis cultivated in Korea. Different letters above the bars indicate significantly different at p<0.05.

드키위가 가장 높게 나타났다(p<0.05). 추출물의 농도 증가에 따라 소거능은 지속적으로 증가하여 5 mg/mL에서 22.90~40.52%, 10 mg/mL에서 38.97~68.54%, 20 mg/mL에서 63.38~99.57%를 나타내었다. 레드 키위는 모든 농도 범위에서 다른 두 종류의 키위보다 높은 활성을 보여주었고 특히 20 mg/mL 농도에서는 양성대조군인 ascorbic acid의 95.11%와 대등하였는데 이는 다른 색상의 키위보다 레드키위의 폴리페놀 함량이 높은 것과 관련이 있다고 하겠다. 또한 레드키위의 과육에는 carotenoid, chlorophyll 색소 외에 안토시아닌 색소가 함유되어 있어(Montefiori et al. 2005) 항산화 작용에 영향을 준 것으로 추측되나 좀 더 심층적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다. Bursal & Gulcin(2011)은 키위물 추출물의 ABTS radical 소거능을 측정된 결과 0~30 µg/mL 범위에서 농도 의존적으로 증가하였다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. Jin et al.(2014)의 연구에서도 키위 n-hexane 분획물의 ABTS radical 소거 활성이 농도 증가에 따라 증가하는 경향을 나타내었다고 보고하였다.

4. Tyrosinase 저해 효과

Tyrosinase는 피부에 침착되는 색소인 melanin의 생합성에 관여하는 key enzyme이다. Melanin은 동물, 식물 및 미생물에 널리 분포하는 고분자물질로 자외선에 의한 피부손상을 막아주는 중요한 역할을 하지만, 과잉으로 생성되는 경우에는 점, 주근깨, 기미와 같은 미용적 문제를 야기시킨다(Jeong et al. 2007; Im & Lee 2014) 따라서 멜라닌 생성에 관여하는 tyrosinase의 활성을 저해하는 것은 미백 기능성과 관련이 높기 때문에 식품업계 및 화장품업계에서는 천연물 유래의 tyrosinase 저해제에 대한 개발이 활발히 진행되고 있다. 색상별 키위의 tyrosinase 저해 효과 측정 결과는 <Figure 3>과 같다. 시료 농도 1 mg/mL에서는 19.17~30.51%로 나타났

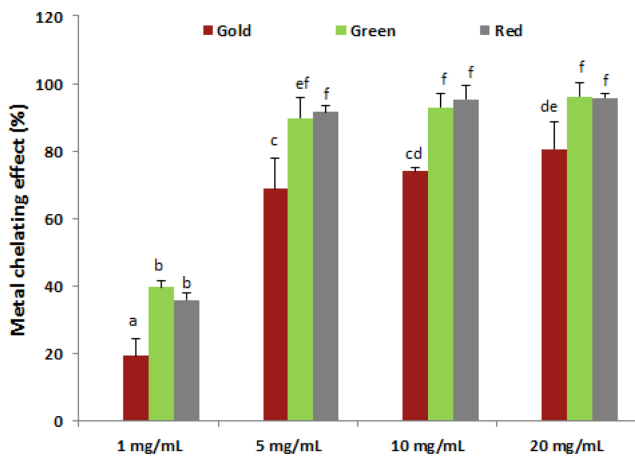
고 그 이후 증가추세를 보여 5 mg/mL에서 35.17~43.11%, 10 mg/mL에서 44.09~50.00%를 나타내었다(p<0.05). 시료 농도 20 mg/mL에서는 57.06~86.76%로 레드키위의 저해효과가 가장 높게 나타났는데 이는 총 페놀함량이 높을수록 tyrosinase 저해 활성이 높게 나타난다고 한 연구 보고(Heo et al. 2013)와 일치하는 결과라 하겠다.

5. 금속 킬레이트 효과

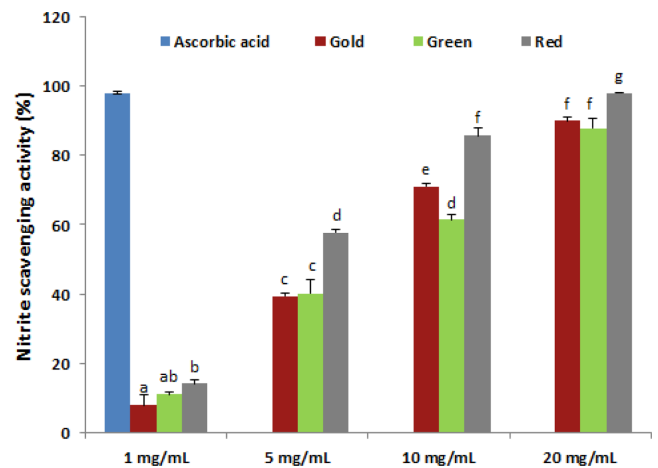
금속 킬레이트 효과는 ferrozine이 Fe²⁺와 반응하여 붉은색을 띠게 되고 이 때 시료 추출물 중에 킬레이트 효과를 가진 성분이 존재하면 Fe²⁺-ferrozine 복합체 형성을 방해하여 발색이 저해되는 원리를 이용하여 측정하였다(Gulcin I 2005). 색상별 키위의 금속 킬레이트 효과는 <Figure 4>에 나타난 바와 같이 시료 농도 1 mg/mL에서 19.24~39.63%를 나타내었고 5 mg/mL에서 68.78~91.53%로 급격히 증가하였으며 특히 레드키위는 90% 이상의 높은 효과를 나타내었다. 그 이후 증가 추세는 둔화되어 10 mg/mL에서 74.00~95.27%, 20 mg/mL에서 80.57~95.65%를 나타내었다. 양성대조군으로 사용한 ascorbic acid는 모든 농도에서 활성이 나타나지 않았는데 이는 ascorbic acid가 Fe²⁺에 대한 킬레이트 효과가 없다고 한 다른 연구보고와 유사한 결과이다(Yen et al. 2002; Chung 2014). 본 실험결과 Fe²⁺에 대한 킬레이트 효과는 골드키위가 가장 낮았고 그린키위와 레드 키위가 우수한 것을 알 수 있었다.

6. 환원력

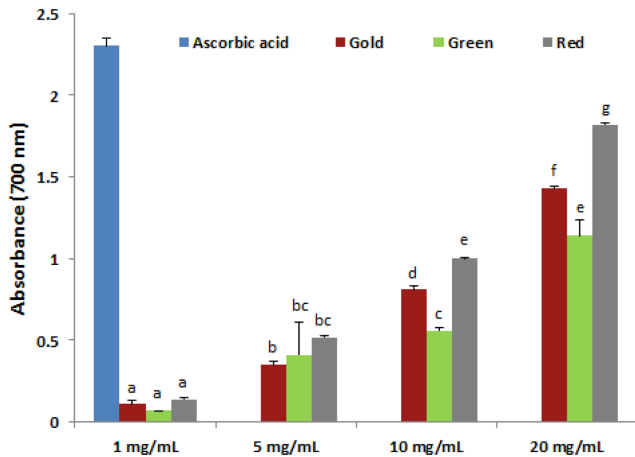
환원력은 폴리페놀 화합물의 항산화 활성을 나타내는 지표로 자주 이용되고 있다. 시료 추출물 중에 항산화력을 지닌 환원성 물질이 존재하면 ferric ion (Fe³⁺)이 ferrous ion (Fe²⁺)으로 환원되면서 노란색에서 청녹색으로 변하게 되고



<Figure 4> Metal chelating effects of 70% ethanol extracts from different colored kiwis cultivated in Korea. Different letters above the bars indicate significantly different at $p < 0.05$.



<Figure 6> Nitrite scavenging activity of 70% ethanol extracts from different colored kiwis cultivated in Korea. Different letters above the bars indicate significantly different at $p < 0.05$.



<Figure 5> Reducing power of 70% ethanol extracts from different colored kiwis cultivated in Korea. Different letters above the bars indicate significantly different at $p < 0.05$.

700 nm에서 최대의 흡광도를 가지게 된다. 이 때 흡광도 수치가 높을수록 높은 환원력을 나타낸다(Terpinc et al. 2012). 색상별 키위의 환원력을 측정한 결과는 <Figure 5>와 같다. 시료 농도 1 mg/mL에서는 0.07~0.14로 나타났고 시료 농도 증가에 따라 환원력은 점진적으로 증가하여 5 mg/mL에서 0.35~0.52, 10 mg/mL에서는 0.56~1.00으로 나타났다. 시료 농도 20 mg/mL에서는 1.43~1.82로 레드키위가 높은 환원력을 보여주었는데 양성 대조군인 ascorbic acid의 환원력에는 미치지 못하였으나 다른 두 종류의 키위보다는 월등한 효과를 보여주었다. Jeong et al.(2007)은 한국산 골드키위 열수 추출물의 환원력을 측정한 결과 1.5~50 mg/mL의 범위에서 0.27~3.21로 농도 의존적으로 환원력이 증가하였다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다.

7. 아질산염 소거능

육가공품 제조 시 거의 필수적으로 사용되는 아질산염은 육색의 발색 및 안정화, *Clostridium botulinum*균의 성장 억제, 풍미 개선 등의 역할을 담당하지만(MacDougall et al. 1975; Park 2005) 과다 섭취할 경우에는 단백질 식품이나 의약품에 존재하는 2급 및 3급 아민류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성한다(Fiddler et al. 1973; Park 2005). 니트로사민은 인체 내 위의 pH 영역에서 쉽게 생성되므로 산성영역에서 니트로사민의 생성인자인 아질산염을 분해하는 효과 검색을 위해 색상별 키위의 아질산염 소거능을 측정할 결과는 <Figure 6>과 같다. 시료농도 1 mg/mL에서는 8.08~14.20%의 낮은 소거능을 나타내었으나 시료 농도가 증가함에 따라 증가하여 5 mg/mL에서는 39.40~57.77%로 레드키위가 가장 높은 소거능을 보여주었다. 시료 농도 20 mg/mL에서는 골드키위와 그린키위가 각각 89.87%와 87.68%를 나타내었고 레드키위가 97.88%를 나타내어 다른 두 종의 키위보다 유의적으로 높은 소거능을 보여주었으며($p < 0.05$) 이는 ascorbic acid의 98.01%와 대등한 활성이었다. 아질산염은 폐놀성 물질에 의해 분해되어 nitroso화 반응이 억제된다고 보고되고 있고(Lim et al. 2007) 본 실험에서 레드키위의 총 폐놀 함량이 다른 색상의 키위에 함유되어 있는 총 폐놀 함량보다 높아 우수한 활성을 보인 것으로 사료된다. 이로써 레드키위 추출물은 nitrosamine의 생성을 효과적으로 억제하여 항암작용에 기여할 것으로 기대된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 국내에서 생산되는 색상별 키위의 기능적

특성을 비교하기 위하여 총 폴리페놀 함량, DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능, tyrosinase 저해효과, 금속 킬레이트 효과, 환원력, 아질산염 소거능 등을 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 골드키위 3.09 mg GAE/g, 그린키위 2.71 mg GAE/g, 레드키위 4.59 mg GAE/g으로 나타났다. 레드키위는 본 실험에서 조사한 항산화활성에서 골드키위나 그린키위보다 우수한 효과를 나타내었고, 추출물의 농도가 증가함에 따라 전반적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히 DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능 및 아질산염 소거능은 20 mg/mL의 농도에서 양성대조군으로 사용한 ascorbic acid와 대등한 활성을 보여주었고 금속 킬레이트 효과는 ascorbic acid보다 우수한 효과를 보여 주었다. 이로써 레드 키위 추출물은 총 페놀 함량이 높고 항산화능도 다른 색상의 키위보다 높게 나타나 기능성 소재로써 활용될 가능성이 높을 것으로 사료된다.

References

- Aruoma OI. 1994. Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidant. *Food and Chem. Toxicol.*, 32(7):671-683
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical *Nature*, 181:1199-1200
- Branen AL. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 52(2):59-63
- Bursal E, Gulcin I. 2011. Polyphenol contents and in vitro antioxidant activities of lyophilised aqueous extract of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Res. Int.*, 44(5):482-489
- 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(9):1349-1356
- Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.*, 50(17):4959-4964
- Fiddler W, Pensabene JW, Kushnir I, Piotrowski EG. 1973. Effect of frankfurter cure ingredients on N-nitrosodimethylamine formation in a model system *J. Food Sci.*, 38(4):714-717
- Graf BA, Milbury PE, Blumberg JB. 2005. Flavonols, flavones, flavanones, and human health: epidemiological evidence. *J. Med. Food*, 8(3):281-290
- Gulcin, I. 2006. Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicol.*, 217(2):213-220
- Gulcin I, Berashvili D, Gepdiremen A. 2005. Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankinensis* decne. *J. Ethnopharmacol.*, 101(1-3):287-293
- Halliwel B, Aeschbach R, Loliger J, Aruoma OI. 1995. The characterization of antioxidants. *Food Chem Toxicol.*, 33(7):601-617
- Heo DJ, Kim SJ, Choi AR, Park HR, Lee SC. 2013. Tyrosinase inhibitory activity and neuronal cell protection of hydrothermal extracts from watermelons. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 42(10):1707-1711
- Im DY, Lee K. 2014. Antioxidative activity and tyrosinase inhibitory activity of the extract and fractions from *Arctium lappa* roots and analysis of phenolic compounds. *Kor. J. Pharmacogn.*, 45(2):141-146
- Jeong CH, Lee WJ, Bae SH, Choi SG. 2007. Chemical components and antioxidative activity of Korean gold kiwifruit. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 36(7):859-865
- Jeong JA, Kwon SH, Kim YJ, Shin CS, Lee CH. 2007. Investigation of antioxidative and tyrosinase inhibitory activities of the seed extracts. *Korean J. Plant Res.*, 20(2):177-184
- Jin DE, Kim HJ, Jeong JH, Jo YN, Kwon OJ, Choi SG, and Heo HJ. 2014. Nutritional components of zespri green kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*) and neuronal cell protective effects of the n-hexane fraction. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 46(3):369-374
- Ji YS, Chang JP. 2013. Antioxidative activity of the durian (*Durio zibethinus*) extract. *Korean J. Medicinal Crop. Sci.*, 21(4):255-261
- Kato H, Le, IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric. Biol. Chem.*, 51(5):1333-1338
- Kim GH, Lee YS, Jung JS, Hur JS, Koh YJ, 2013. Optimal spray time, interval and number of preventive fungicides for the control of fruit rots of green and gold kiwifruit cultivars. *Res. Plant Dis.*, 19(1):1-6
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin, YJ Hong MH, Pyo YH. 2012. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 44(5):540-544
- Lee YM, Bae JH, Jung HY, Kim JH, Park DS. 2011. Antioxidant activity in water and methanol extracts from Korean edible wild plants. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 40(1):29-36
- Lim JA, Yun BW, Baek SH. 2007. Antioxidative activity and nitrite scavenging ability of methanol extract from *Salvia plebeia* R. Br. *Korean J. Med. Crop Sci.*, 15(3):183-188
- Macdougall DB, Mottran DS, Rhodes DN. 1975. Contribution of nitrite and nitrate to the colour and flavor of cured meats. *J. Sci. Food Agric.*, 26(11):1743-1746
- Montefiori M, McGhie TK, Costa G, Ferguson AR. 2005. Pigments in the fruit of red-fleshed kiwifruit (*Actinidia chinensis* and *Actinidia deliciosa*). *J. Agric. Food Chem.*, 53(24):9526-30

- Park YB. 2005. Determination of nitrite-scavenging activity of seaweed. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34(8):129-296
- Park YS, Namiesnik J, Vearasilp K, Leontowicz H, Leontowicz M, Barasch D, Nemirovski A, Trakhtenberg S, Gorinstei S. 2014. Bioactive compounds and the antioxidant capacity in new kiwi fruit cultivars. *Food Chem.*, 165(15):354-361
- 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(9):1231-1237
- Rho JH, Kim YB, Kil BI. 2002. The effect of bulking agent on quality of kiwifruit powder in the process of domestic kiwifruit tenderizer. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 34(5):805-810
- Samak G, Shenoy RP, Manjunatha SM, Vinayak KS. 2009. Superoxide and hydroxyl radical scavenging actions of botanical extracts of *Wagatea spicata*. *Food Chem.*, 115(2):631-634
- Terpinc P, Ceh B, Ulrih, NP, Abramovic H. 2012. Studies of the correlation between antioxidant properties and the total phenolic content of different oil cake extracts. *Ind. Crops. Prod.*, 39:210-217
- Wong JY, Chye FY. 2009. Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms. *J. Food Compos. Anal.*, 22(4):269-277
- Yagi K. 1987. Lipid peroxide and human disease. *Chem. Phys. Lipids*, 45(2): 337-351
- Yen GC, Duh PD, Tsai HL. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem.*, 79: 307-313

Received February 24, 2015; revised April 1, 2015; accepted April 3, 2015