J East Asian Soc Dietary Life
26(1): 80~87 (2016)
http://dx.doi.org/10.17495/easdl.2016.2.26.1.80

한국에서 재배한 설향 및 장희 딸기의 성숙도별 일반 품질 및 항산화능 분석

임수진 · 황혜성 · 신영재†

단국대학교 환경원예학과

Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of '*Seolhyang*' and '*Janghee*' Strawberries from Different Ripening Stages Grown in Korea

Sujin Lim, Hyesung Hwang and Youngjae Shin†

Dept. of Environmental Horticulture, Dankook University, Cheonan 31116, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the physicochemical properties and antioxidant activities of strawberries from different cultivars and ripening stages grown in Korea. *Fragaria ananassa* '*Seolhyang*' and '*Janghee*' in unripe and ripe stages were used in this study. Overall, firmness of unripe fruits was harder than that of ripe fruits, whereas firmness of '*Seolhyang*' was harder than that of '*Janghee*'. There was no significant difference in soluble solid content (SSC) between the two cultivars, whereas SSC increased when fruits matured. Total phenolic and flavonoid concentrations of '*Seolhyang*' were greater than those of '*Janghee*' cultivar. However, there was no ripening effect on total phenolic concentration in both cultivars. Total anthocyanin concentrations of the two cultivars were higher in ripe stage while that of '*Janghee*' was greater than that of '*Seolhyang*' statistically. Total antioxidant activities of '*Seolhyang*' were greater than those of '*Janghee*'. Total phenolic and flavonoid concentrations were highly correlated with antioxidant activities but there was no correlation between total anthocyanins and total antioxidant activities.

Key words : Anthocyanin, antioxidant, cultivar, ripening stage, strawberry

서 론

딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 봄철에 생식으로 많이 섭취하는 대표 원예작물로서 노지에서는 3월 초부터 5월 말까지 수확을 하고, 하우스 재배를 통하여서는 연중 생산이 가능하다(Choi HG *et al* 2013). 국내의 경우, 2005년 이전에는 일본 딸기 품종인 '레드펄'과 '장희'가 주종을 이루며 재배가 이루어졌지만, 국내에서 사용료 문제를 해결하고자 딸기 품종 육성사업을 실시하며, 국내 농가에 '설향' 및 '매향' 등의 보급이 확대되며 국내 품종의 재배 면적이 증가되었고, 그 중 '설향'이 뛰어난 생산성을 보여 많은 재배농가에서 주 품종으로 재배되어지고 있다(Kim DY *et al* 2011).

딸기는 신맛과 단맛의 조화가 좋고 비타민 C가 풍부히 들어있으며, 안토시아닌뿐만 아니라, 플라보노이드, 폴리페놀 등 다양한 항산화 물질이 함유되어 있다(Youn SJ *et al* 2007; Kim YJ & Shin Y 2015). 이러한 항산화 물질은 활성산소와 같은 물질에 의해 생성되는 암 유발 세포를 억제하고, 항 돌연변이원성을 비롯하여 콜레스테롤 저하작용 등의 기능을 가진다고 여러 연구를 통하여 보고되었다(Ham SS *et al* 1997; Meyers KJ *et al* 2003). 식물체 내에 함유되어 있는 이러한 기능성 식물화합물(Phytochemicals)은 과실의 성숙 정도나 품종, 저장방법, 성장조건의 차이에 따라 달라질 수가 있으며(Montero TM *et al* 1996; Shin Y *et al* 2008; Kim YJ & Shin Y 2015), 최근 다양한 작물을 통하여 연구가 이루어지고 있다. 제주산 참다래의 품종 및 성숙도에 따른 항산화 물질 함량 변화와 항산화능의 변화를 살펴본 결과, 국내의 같은 지역에서 재배되는 참다래도 품종에 따라 기능성 성분의 함량이 다르게 나타나며, 미숙과실의 참다래가 완숙과실보다 총 페놀화합물 함량이 높게 나타났고, 이와 함께 활성이 높게 나오는 것으로 보고하였다(Oh HJ *et al* 2011). 또, 유자의 경우에는 과피가 숙성될수록 페놀화합물 함량이 증가하였으나, 과육의 경우는 다소 감소하는 것으로 보고하였다(Yoo KM *et al* 2005). 이외에도 복분자 미숙과 추출물의 콜레스테롤 저해능력(Choi HR *et al* 2013), 블랙 라스베리 과실의 성숙별, 품종별 항산화 능력 변화(Park YK *et al* 2007) 등의 실험들을 통해 다양한 작물들의 미숙과실의 효능을 입증하고 있다. Shin Y 등(2008)은 딸기의 숙성도와 저장조건의 차이에 따른

† **Corresponding author** : Youngjae Shin, Tel: +82-41-550-3648, Fax: +82-41-559-7881, E-mail: ys234@dankook.ac.kr

항산화 물질 함량과 활성을 연구한 사례가 있으며, 이 연구의 결과, 미숙과실이 완숙과실에 비하여 총 페놀화합물 함량과 플라보노이드 함량이 높다고 보고한 바 있다. 그 이외에 딸기를 이용한 항산화 물질에 대한 연구는 저장조건(Wicklund T *et al* 2005; Choi HG *et al* 2013)이나 성장조건(Wang SY & Zheng W 2001), 품종별(Wang SY & Lin HS 2000), 추출방법(Youn SJ *et al* 2007) 등에 따른 연구들이 수행되어 왔으나, 국내산 딸기의 성숙도에 따른 항산화 성분에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다.

최근 국민들의 건강증진에 대한 관심이 증가하며 기능성 식품의 수요가 늘어났고, 더불어 천연 원료에 대한 생리활성 물질을 탐색하고, 기능성 식품으로 개발하고자 하는 연구가 이루어지는 추세이다(Oh HJ *et al* 2011). 딸기는 국내에서 주로 생과로 이용하거나, 냉동 딸기 제조 또는 딸기잼으로 가공으로 섭취되고 있으나, 딸기의 특성상 저장기간이 짧아서 이를 이용한 다양한 가공 제품의 개발이 요구된다.

본 연구는 국내에서 재배한 딸기들의 품종별, 성숙도에 따른 일반 성분분석과 항산화 물질함량, 항산화능을 비교하여 다양한 기능성 소재로서의 가치를 탐색하기 위한 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 제조방법

본 실험에 사용된 딸기는 2014년 6월에 경기도 일산의 한 농가에서 하우스 재배한 딸기 '설향'(*Fragaria ananassa* 'Seolhyang')과 '장희'(*Fragaria ananassa* 'Janghee') 등 두 품종을 각각 착색이 30% 정도 진행된 미숙단계와 100% 착색이 이루어진 완숙단계에서 직접 수확하였다(Fig. 1). 농가에서 수확한 당일 바로 실험실로 이동하여 일반성분 분석을 실시하였으며, 남은 시료는 꼭지를 제거한 후 세로방향으로 4등분하여 액체질소에 급속 냉각한 후 −25℃에 보관하면서 항산화 물질의 추출과 분석, 항산화능 측정에 사용하였다.

2. 일반성분 분석

1) 경도 측정

경도는 경도계(FHM-1, Demetra, Tokyo, Japan)를 이용하여 과실 측면을 3회 측정한 후 그 평균값을 사용하였다. 경도계의 탐침은 원추형 θ12 H10을 사용하였다. 모든 실험군과 대조구의 샘플은 각각 딸기 10개씩을 3반복 실시하였다.

2) 당도 측정

당도 측정은 실험군과 대조구의 딸기 10개씩을 거즈를 이용하여 착즙한 액을 디지털 당도계(Manual, ATAGO, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 시료당 3반복씩 측정 후 그 평균값을 나타내었다.

3) 적정산도 측정

적정산도는 위의 착즙액 1 g을 정량 취하여 1차 증류수 100 mL에 희석하고, 표준용액(0.1 N NaOH)을 이용하는 중화적정법에 따라 아세트산으로 환산하여 계산하였다. 실험은 시료당 3반복씩 실시 후 그 평균값을 나타내었다.

$$\text{산도(\%)} = \frac{A \times 0.006 \times 100}{S}$$

A: 0.1 N NaOH 소비량
S: 시료 사용량(g)

4) pH 측정

pH는 위의 착즙액을 pH meter(Starter 300, Ohaus, NJ, USA)를 이용하여 측정하였고, 시료당 3반복씩 측정 후 그 평균값을 나타내었다.

Seolhyang unripe *Seolhyang* ripe *Janghee* unripe *Janghee* ripe

Fig. 1. Appearance of unripe and ripe strawberries at harvest.

5) 색상 측정

색상측정은 색차계(Chroma meter CG-400, Minolta, Tokyo, Japan)을 이용하여 표준판(Y=87.8, X=0.3156, y=0.3229)으로 교정시킨 후 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였다. 명도를 나타내는 L값은 100에 가까울수록 밝은 정도를 나타내고, 적색도를 나타내는 a값은 positive(+) 값을 나타낼수록 빨간색을, negative(−) 값을 나타낼수록 초록색을 나타낸다. 황색도를 나타내는 b값은 positive(+) 값을 나타낼수록 노란색을, negative(−) 값에 나타낼수록 파란색을 나타낸다. 실험은 시료당 3반복씩 측정 후 그 평균값을 나타내었다.

3. 항산화 물질 분석

1) 항산화 물질 추출

냉동시료를 막자사발을 이용하여 분쇄 후, 80% 에탄올과 혼합하여 블랜더(Philips HR-2171, Seoul, Korea)로 각 3분씩 3회 반복하여 추출하였다. 추출물을 감압 여과장치를 이용하여 여과시킨 후, 감압식 회전농축기(N-1000, Eyela, Tokyo, Japan)를 이용하여 농축하였다. 추출물은 −25℃에 냉동 보관하여 항산화 물질 분석과 항산화능 분석에 사용하였다.

2) 총 안토시아닌 함량 분석

안토시아닌 함량 분석은 pH differential method를 이용하여 측정하였다(Meyers KJ *et al* 2003; Shin Y *et al* 2008). 딸기 추출물을 0.025 M KCl buffer(pH 1.0)와 0.4 M sodium acetate buffer(pH 4.5)에 각각 혼합하여 spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 510 nm와 700 nm 파장에서 흡광도를 측정한 후, 계산식을 이용하여 함량을 계산하였다. 단위는 mg cyanidin 3-O-glucoside equivalents(CGE)/100 g FW로 표시하였다.

$$\text{안토시아닌 함량(mg CGE/100 g FW)} = \frac{A \times MW \times D \times 1000}{\epsilon}$$

A(absorbance value) = $[(A_{510\ nm} - A_{700\ nm})_{pH1.0} - (A_{510\ nm} - A_{700\ nm})_{pH4.5}]$

MW(cyanidin-3-glucoside 분자량) = 449.2

D(dilution factor) = 희석 배수

ε(cyanidin-3-glucoside 몰 흡광계수) = 26,900

3) 총 플라보노이드 함량 분석

플라보노이드 함량은 colorimetric assay를 이용해 측정하였으며, 표준용액은 (+)-catechin을 사용하였다. 딸기 추출물과 1차 증류수를 혼합한 후, 5% $NaNO_2$을 0.3 mL씩 넣고, vortexing 후 5분간 방치 후 다시 10% $AlCl_3$을 0.3 mL씩 넣고 vortexing 후 6분간 방치한다. 1 N NaOH를 2 mL 넣고 증류수를 2.4 mL 더하여 총량이 10 mL가 되도록 한 후 spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 510 nm 파장에서 측정하였다. 단위는 mg (+)-catechin equivalents (CE)/100 g fresh weight(FW)로 표시하였다(Meyers KJ *et al* 2003; Shin Y *et al* 2008).

4) 총 페놀화합물 함량 분석

총 페놀화합물 함량은 Folin-Cioicalteu colorimetric 방법을 이용하여 측정하였으며, 표준용액은 gallic acid를 사용하였다. 딸기 추출물과 1차 증류수를 혼합한 후 Folin-Ciocalteu regent 0.2 mL씩 넣고 vortexing 후 6분간 실온에서 방치한 후 7% $NaCO_3$를 2 mL씩 넣고 90분간 암소에서 상온 방치한 후, spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 750 nm 파장에서 측정하였다. 단위는 mg gallic acid equivalents(GAE)/100 g FW로 표시하였다(Meyers KJ *et al* 2003; Shin Y *et al* 2008).

4. 항산화능 분석

1) 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) Radical 소거능

DPPH radical 능력은 Thaipong K 등(2006)의 방법을 참고하여 DPPH assay를 이용하였다. 딸기 추출물 50 μL를 0.2 mM의 DPPH solution 2,950 μL와 혼합한 후, 30분간 암소에서 반응시킨 다음 spectrophotometer(Optizen POP, Mecasys, Daejeon, Korea)를 이용해 517 nm 파장에서 측정하였다. 표준용액은 비타민 C를 사용하였으며, 측정한 값은 mg vitamin C equivalents (VCE)/100 g FW로 환산하여 표기하였다.

2) 2,2'-Azinobis(3-ethylbenzothizoline-6-sulfonic acid) (ABTS) Radical 소거능

ABTS radical 소거능 또한 Thaipong K 등(2006)의 방법을 참고하여 ABTS assay를 이용하였다. 딸기 추출물 20 μL를 70℃에서 40분간 반응시킨 ABTS solution 980 μL와 37℃에서 10분간 반응시킨 후, spectrophotometer(Optizen pop, Mecasys, DaeJeon, Korea)를 이용해 734 nm 파장에서 측정하였다. 표준용액은 비타민 C를 사용하였으며, 측정한 값은 mg vitamin C equivalents(VCE)/100 g FW로 환산하여 표기하였다.

5. 통계처리

각 실험의 통계처리는 SAS 9.3 version을 이용한 분산분석(analysis of variance)을 실시하였고, Duncan의 다중범위검정

법(Duncan's multiple range test)로 유의성을 검정하였으며, 상관관계는 Pearson의 적률 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 이용하여 유의성을 표기하였다.

결과 및 고찰

1. 딸기의 품종별, 성숙도별 일반분석

1) 경도, 당도, 적정산도, pH 측정

경도 측정 결과, 착색이 30% 진행된 미숙과가 8.34 N(설향), 6.50 N(장희)으로 완숙과의 4.93 N(설향), 4.08 N(장희)보다 더 단단한 것으로 측정되었다(Table 1). 이는 과일이 성숙하며 β-galactosidase의 생성이 활발해지고, 그에 영향을 받아 세포벽이 분해되며, 경도가 낮아지는 것으로 보고되고 있다(Ahemed AE & Labavitch JM 1980). 품종별 차이는 '설향' 품종이 '장희' 품종보다 미숙과와 완숙과 모두 경도가 단단하게 나타났다. 당도는 품종간에 차이가 없었으며, 미숙과가 완숙과로 숙성하면서 당도가 유의차 있게 증가하는 것으로 나타났다(Table 1). 산도는 두 품종 모두 딸기가 성숙됨에 따라 낮아지는 경향을 보였고, 완숙과의 품종간 산도는 '장희'가 '설향'보다 더 높게 측정되었다(Table 1). 당도와 적정 산도의 비율(당산비)은 생과나 과즙의 맛에 많은 영향을 끼치는데, 이는 '설향'의 완숙과가 13.03으로 '장희'의 완숙과 11.88보다 높게 나타났다(Table 1). Kim YJ & Shin Y(2015)의 '설향' 품종과 '장희' 품종을 재배 지역별로 비교한 연구에 따르면 '설향'과 장희' 품종간의 당산비가 재배 지역에 따라 차이가 나는 것으로 보아 같은 품종이라도 성숙도와 재배 지역에 따라 당산비가 차이가 날 수 있다고 보고하였다. 딸기의 pH는 과일이 숙성이 진행되면서 증가하는데, 이는 성숙으로 인한 유기산의 소모로 산도가 낮아지면서 pH가 상대적으로 증가된 것으로 판단된다(Table 1).

2) 색상

미숙 딸기가 완숙 딸기로 숙성이 진행되면서 밝기를 나타내는 L값이 낮아지고, 붉은 정도를 나타내는 a값이 높아지며, 녹색을 띄는 b값이 낮아지면서 전체적으로 짙은 빨간색으로 착색이 완료되는 것을 확인하였다(Table 2). Bae KS 등(2008)의 연구에 의하면 '매향' 품종으로부터 딸기의 빨간색을 나타내는 안토시아닌의 합성을 관찰한 결과, 딸기의 안토시아닌은 성숙이 진행되면서 합성이 시작되며, 완숙기에 최대치를 나타낸다. 따라서 미숙과일 때보다 완숙과일 때 붉은색의 발현으로 인해 밝기가 낮아지고, a값이 높게 나타나는 것으로 판단된다.

2. 딸기의 품종별, 성숙도별 항산화 물질 분석

1) 총 안토시아닌 함량

총 안토시아닌 함량은 두 품종 모두 착색이 완료된 성숙과의 함량이 증가한 것을 볼 수 있다(Table 3). 미숙과와 완숙과 모두 '장희' 품종이 '설향' 품종보다 안토시아닌 함량이 유의차 있게 높게 측정되었다. '설향' 품종의 미숙과와 완숙과의 안토시아닌 함량은 각각 0.97 mg CGE/100 g FW와 8.93 mg CGE/100 g FW로 완숙이 되면서 안토시아닌 함량은 약 9.2배 증가하였으며, '장희' 품종은 약 7.7배 증가한 것으로 나타났다. Wang SY & Lin HS(2000)의 연구에 따르면 라즈베리와 블랙베리, 딸기 모두 완숙과로 진행되었을 때 안토시아닌 함량이 크게 증가한 것으로 나타났으며, Kim YJ & Shin Y(2015)의 연구 결과에서도 완숙 딸기의 안토시아닌 함량이 재배 지역에 따라 차이가 나지만, '설향'은 5.03~11.68 mg CGE/100 g FW, '장희'는 5.14~15.22 mg CGE/100 g FW로 보고되어 본 연구와 동일하게 '설향' 품종보다는 '장희' 품종의 안토시아닌 함량이 높게 나타났다. 이와 같이 딸기는 성숙이 진행됨에 따라 안토시아닌의 함량이 증가하는데, 딸기의 주요 안토시아닌은 pelargonidin과 cyanidin으로 알려져 있으며(Lopes da Silva F *et al* 2002), 이는 Kalt W & McDonald JE(1996)가 보고한 바와 같이 딸기의 경우 수확 후에도 완숙

Table 1. Firmness, soluble solid content, titratable acidity, SSC/TA ratio and pH of unripe and ripe strawberries

	Stage	Firmness (N)	Soluble solid content (Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	*SSC/TA ratio	pH
Seolhyang	Unripe	8.34±0.87[1)a]	7.95±0.39[b]	0.74±0.01[a]	10.65	3.53±0.02[d]
	Ripe	4.93±0.98[c]	8.87±0.10[a]	0.68±0.01[c]	13.03	3.69±0.02[b]
Janghee	Unripe	6.50±1.29[b]	7.93±0.64[b]	0.76±0.01[a]	10.48	3.57±0.02[c]
	Ripe	4.08±0.73[d]	8.57±0.23[a]	0.72±0.01[b]	11.88	3.73±0.01[a]

1) Mean±S.D.
[a~d] Values in the same column not sharing a common superscript are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
* SSC/TA ratio is calculated by SSC (°Brix)/Titratable acidity (%).

Table 2. Color of unripe and ripe strawberries

	Stage	Hunter L (Lightness)	Hunter a (Redness)	Hunter b (Yellowness)
Seolhyang	Unripe	67.13±4.38[1)a]	1.67±6.80[b]	24.20±1.73[a]
	Ripe	40.97±3.27[c]	35.98±3.18[a]	18.30±1.57[c]
Janghee	Unripe	63.99±2.68[b]	3.67±5.27[b]	21.59±1.39[b]
	Ripe	39.66±3.74[c]	38.51±2.13[a]	18.37±1.60[c]

[1)] Mean±S.D.
[a~c] Values in the same column not sharing a common superscript are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

에 도달할 때까지 안토시아닌 합성은 계속 이루어진다는 연구 결과로 판단된다.

2) 총 플라보노이드 및 총 페놀 화합물 함량

'설향' 품종의 미숙과와 완숙과의 플라보노이드 함량은 각각 60.60, 52.32 mg CE/100 g FW로 성숙도 간의 함량 차이가 통계적 유의차이를 보이지 않았으나, '장희'의 경우 미숙과가 48.76 mg CE/100 g FW, 완숙과가 39.11 mg CE/100 g FW로 미숙과가 완숙과에 비해 플라보노이드 함량이 더 높게 나타났다(Table 3). 이러한 결과는 Shin Y 등(2008)의 미국에서 수확한 'Jewel' 품종의 연구에서도 플라보노이드 함량이 미숙과가 더 많이 함유하고 있다는 본 연구와 유사한 결과로 나타났다. Kosar M 등(2004)의 연구에서도 딸기의 플라보노이드 성분 중 quercetin의 함량이 green, pink, ripe stage로 진행이 될수록 감소한다고 보고하였으며, 이는 품종, 재배 지역 등에 따라 차이가 나는 것으로 사료된다. 따라서 딸기는 성숙할수록 안토시아닌 함량은 증가하지만 quercetin의 함량의 감소에 따라 완숙과의 총 플라보노이드 함량은 유의적 차이가 없거나 감소하는 것으로 판단된다.

총 페놀화합물 함량은 두 품종 모두 성숙도에 따라 통계적 유의차는 관찰되지 않았으나, '설향' 품종이 '장희' 품종보다 미숙과와 완숙과 모두 높게 나타났다(Table 3). '설향'의 미숙과와 완숙과의 총 페놀화합물은 각각 226.07과 229.28 mg GAE/100 g FW로 나타났으며, '장희'는 각각 188.89과 177.78 mg GAE/100 g FW로 관측되었다. Kim YJ & Shin Y(2015)의 연구결과에서도 논산에서 재배한 '설향'의 총 페놀화합물 함량이 '장희'보다 유의차 있게 높게 나온 것으로 보고되었으나, 다른 지역에서는 재배한 품종의 경우에는 본 연구와 다소 다른 결과로 나타나 같은 품종이라도 지역 간의 차이를 두고 연구가 더 이루어져야 할 것으로 사료된다.

3. 딸기의 품종별, 성숙도별 항산화능 분석

총 항산화능 분석은 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능 비교 평가 결과, '설향' 품종이 '장희' 품종보다 더 높은 라디칼 소거능을 보였다(Fig. 2a). 이는 본 실험에서 총 페놀화합물 함량과 플라보노이드 함량이 '설향'이 '장희'보다 더 높게 나타났기 때문으로 사료된다(Table 3). Meyers KJ 등(2003)의 연구에서도 딸기의 항산화능과 총 페놀 화합물의 함량과는 매우 상관 관계가 높은 것으로 보고한 바 있다. '설향'의 경우, 성숙과와 미숙과의 DPPH 라디칼 소거능은 유의적 차이는 보이지 않지만, '장희' 품종은 미숙과가 266.29 mg VCE /100 g FW로 성숙과의 207.45 mg VCE /100 g FW보다 유의차 있게 높은 소거능을 보였다. 블랙 라즈베리의 성숙도에 따른 총 항산화능도 차이가 나는데, 과실이 성숙해지면서 서서히 감소하는 것으로 보고된바 있다(Park YK *et al* 2007). ABTS 라디칼 소거능도 '설향'이

Table 3. Total phenolics, flavonoids and anthocyanins of unripe and ripe strawberries

	Stage	Total anthocyanins (mg CGE/100g FW)	Total flavonoids (mg CE/100g FW)	Total phenolics (mg GAE/100g FW)
Seolhyang	Unripe	0.97±0.15[1)c]	60.60±5.39[a]	226.07± 9.80[a]
	Ripe	8.93±0.56[b]	52.32±6.29[ab]	229.28±26.87[a]
Janghee	Unripe	1.48±0.20[c]	48.76±5.47[b]	188.89± 3.60[b]
	Ripe	11.43±1.31[a]	39.11±0.86[c]	177.78± 6.02[b]

[1)] Mean±S.D.
[a~c] Values in the same column not sharing a common superscript are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

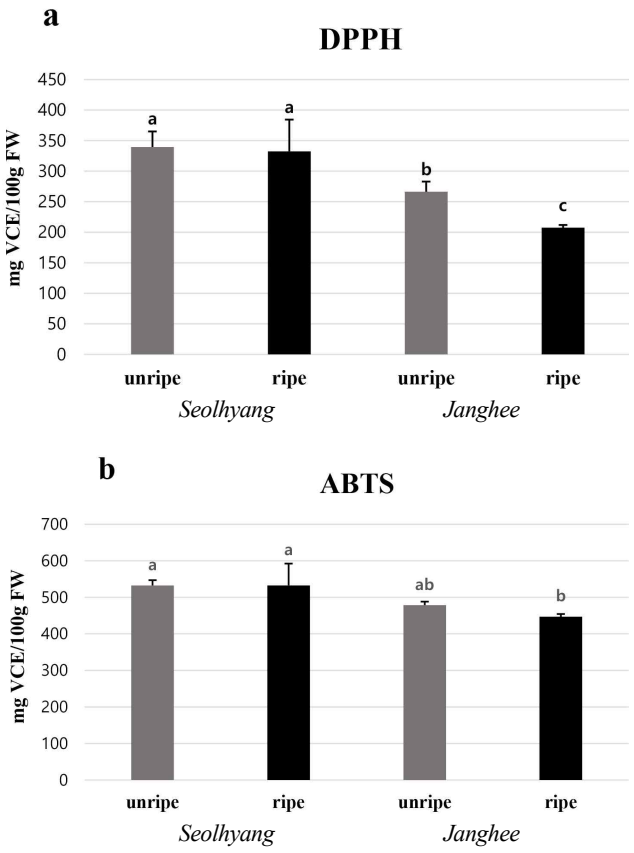

Fig. 2. Total antioxidant activities of strawberries using DPPH and ABTS methods.

'장희'보다 높은 수치를 보였지만, 완숙과의 경우에서만 통계적 유의차를 보였다(Fig. 2b).

DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능은 품종에 따라 차이가 나타났고, 미숙과와 성숙과의 항산화능의 차이도 딸기의 품종에 따라 다른 양상을 보였다. Wang SY & Lin HS(2000)의 연구에서도 유사한 결과를 볼 수 있는데, 라즈베리 5품종의 항산화능이 green stage와 ripe stage에서 비슷한 수준으로 나타났다. 하지만 중간 정도의 성숙도인 pink stage에서는 오히려 항산화능이 감소하는 것으로 보고하였다.

4. 딸기의 항산화 물질과 항산화능의 상관관계

총 페놀화합물, 플라보노이드, 안토시아닌, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능의 상관관계는 Table 4에 나타내었다. 과일의 항산화 물질 함량과 항산화능에 관한 연구는 계속 보고되고 있으며, 일반적으로 항산화 물질 함량이 높을수록 항산화능도 높은 것으로 나타났다(Rekika D *et al* 2005; Shin Y *et al* 2008; Shin Y 2012). 본 실험에서 사용한 딸기 두 품종의 총 페놀화합물의 함량과 총 항산화능과의 상관관계는 DPPH가 r=0.9524, ABTS가 r=0.9469로 상당히 높은 상관관계를 보여주었다. 이는 Orak HH(2007)의 연구에서도 적포도의 총 페놀 함량과 항산화능의 높은 상관성을 보였다고 보고한 바 있다.

총 플라보노이드 함량과 DPPH, ABTS 라디칼 소거능도 각각 r=0.8745와 r=0.8221로 높은 상관관계를 보였으나, 총 안토시아닌 함량은 항산화능과는 모두 상관관계를 보이지 않았다. 따라서 딸기에 존재하는 페놀성 화합물이 항산화능에 많이 기여한 것으로 판단되나, 안토시아닌과 항산화능과의 낮은 상관관계는 딸기의 성숙도에 따른 안토시아닌의 함량이 미숙과와 완숙과 간에 차이가 매우 크기 때문에, 안토시아닌뿐만 아니라, 총 플라보노이드와 총 페놀성 화합물의 총 항산화능에 기여하는 정도와의 상관관계는 낮은 것으로 판단된다. Shin Y(2012)의 연구에서도 딸기의 총 페놀화합물과 플라보노이드 함량은 총 항산화능과 높은 상관관계가 있는 것으로 보고하였으며, 총 안토시아닌과 총 항산화능과는 상관관계가 없는 것으로 나타나, 본 연구와 상당히 유사한 결과로 나타났다.

요 약

본 연구는 '설향'과 '장희' 두 품종의 품종별, 성숙도별에 일반 성분분석과, 항산화 물질함량, 항산화능을 비교하였다.

Table 4. Pearson correlation among antioxidant compounds and activities of strawberries

	Phenolics	Flavonoids	Anthocyanin	DPPH
Phenolics	-	-	-	-
Flavonoids	0.7927[1)*]	-	-	-
Anthocyanin	−0.2242[ns]	−0.6056[*]	-	-
DPPH	0.9524[***]	0.8745[***]	−0.4103[ns]	-
ABTS	0.9469[***]	0.8221[**]	−0.2945[ns]	0.9523[***]

1) Pearson correlation: * significance at $p<0.05$, ** significance at $p<0.01$, *** significance at $p<0.001$.
[ns] no significance.

미숙과가 완숙과보다 경도가 더 높았으며, '설향'이 '장희'보다 단단하였다. 당도에서는 품종별의 차이를 보이지 않았으나, 과일이 성숙이 되면서 당도는 증가하였다. 산도는 미숙과가 완숙과보다 높게 측정되었으며, 과일이 완숙이 되었을 때는 '설향'보다 '장희'의 적정 산도가 더 높게 측정되었다. 총 페놀화합물 함량과 플라보노이드 함량에서는 '설향'이 '장희' 품종보다 더 우수하게 나타냈으며, 총 페놀화합물 함량의 경우 미숙과와 완숙과와는 유의차가 없었다. 총 안토시아닌 함량은 두 품종 모두 성숙과가 많은 양을 나타내었고, '장희' 품종이 '설향'보다 더 높게 나타났다. 항산화능에서는 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디컬 소거능 모두 '설향'이 '장희' 품종보다 더 우수하게 나타났다. 안토시아닌을 제외한 항산화 물질함량과 총 항산화능과는 매우 높은 상관 관계를 나타내었다. 본 연구 결과를 종합해 볼 때, 딸기의 당산비 등을 고려했을 때 완숙과를 섭취하는 것이 관능적으로 우수할 것으로 판단되나, 품종에 따라서 미숙과의 항산화 물질 및 항산화능이 높은 경우도 있어서 이러한 미숙과나 재배 중 발생하는 적과, 태풍 등 자연 환경변화에 따른 낙과를 이용한 다양한 기능성 원료의 개발도 충분히 가치가 있다고 사료된다.

REFERENCES

Ahmed AE, Labavitch JM (1980) Cell wall metabolism in ripening fruit. *Plant Physiol* 65: 1009-1013.

Bae KS, Kihl JY, Pyee JH (2008) Set of anthocyanin biosynthetic genes are differentially expressed in strawberry (*Fragaria ananassa* cv Maehyang) during the fruit development process. *J of Life Sci* 18: 234-240.

Choi HG, Kang NJ, Moon BY, Kwon JK, Rho IR, Park KS, Lee SY (2013) Changes in fruit quality and antioxidant activity depending on ripening levels, storage temperature, and storage periods in strawberry cultivars. *Korean J Hort Sci Technol* 31: 194-202.

Choi HR, Lee SJ, Lee JH, Kwon JW, Lee HK, Jeong JT, Lee TB (2013) Cholesterol-lowering effects of unripe black raspberry water extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1899-1907.

Ham SS, Lee SY, Oh DH, Kim SH, Hong JK (1997) Development of beverages drinks using mountain edible herbs. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 92-97.

Kalt W, McDonald JE (1996) Chemical composition of lowbush blueberry cultivars. *J Amer Soc Hort Sci* 121: 142-146.

Kim DY, Kim TI, Kim WS, Kang YI, Yun HK, Choi JM, Yoon MK (2011) Changes in growth and yield of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang) in response to defoliation during nursery period. *J Bio-Env Con* 20: 283-289.

Kim YJ, Shin Y (2015) Antioxidant profile, antioxidant activity, and physicochemical characteristics of strawberries from different cultivars and harvest locations. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 58: 587-595.

Kosar M, Kafkas E, Paydas S, Baser KHC (2004) Phenolic composition of strawberry genotypes at different maturation stages. *J Agric Food Chem* 52:1586-1589.

Lopes-da-Silva F, De Pascual-Teresa S, Rivas-Gonzalo J, Santos-Buelga C (2002) Identification of anthocyanin pigments in strawberry (cv Camarosa) by LC using DAD and ESI-MS detection. *Eur Food Res Technol* 214: 248-253.

Meyers KJ, Watkins CB, Pritts MP, Liu RH (2003) Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *J Agric Food Chem* 51: 6778-6892.

Montero TM, Molla EM, Esteban RM, Lopez-Andreu FJ (1996) Quality attributes of strawberry during ripening. *Sci Hortic* 65: 239-250.

Oh HJ, Jeon SB, Kang HY, Tang YJ, Kim SC, Lim SB (2011) Chemical composition and antioxidative activity of kiwifruit in different cultivars and maturity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 343-349.

Orak HH (2007) Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations. *Sci Hortic* 111: 235-241.

Park YK, Choi SH, Kim SH, Han JG, Chung HG (2007) Changes in antioxidant activity, total phenolics and vitamin C content during fruit ripening in *Rubus occidentalis*. *Korean J Plant Res* 20: 461-465.

Rekika D, Khanizadeh S, Deschenes M, Levasseur A, Charles MT, Tsao R, and Yang R (2005) Antioxidant capacity and phenolic content of selected strawberry genotypes. *Hortsci* 40: 1777-81.

Shin Y, Ryu JA, Liu RH, Nock JF, Watkins CB (2008) Harvest maturity, storage, temperature, and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Biol and Technol* 49: 201-209.

Shin Y (2012) Correlation between antioxidant concentrations and activities of yuja (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) and other citrus fruit. *Food Sci Biotechnol* 21: 1477-82.

Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH (2006) Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compos Anal* 19: 669-675.

Wang SY, Lin HS (2000) Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *J Agric Food Chem* 48: 140-146.

Wang SY, Zheng W (2001) Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *J Agric Food Chem* 49: 4977-4982.

Wicklung T, Rosenfeld HJ, Martinsen BK, Sundfor MW, Lea P, Bruun T, Blomhoff Rune, Haffner K (2005) Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar storage conditions. *Leb-ensm Wiss Technol* 38: 387-392.

Yoo KM, Park JB, Seoung KS, Kim DY, Hwang IK (2005) Antioxidant activities and anticancer effects of Yuza (*Cirtus junos*). *Food Science and Industry* 38: 72-77.

Youn SJ, Cho JG, Choi UK, Kwoen DJ (2007) Change of biological activity of strawberry by frozen storage and extraction method. *J Life Sci* 17: 1734-1738.

Date Received Nov. 16, 2015
Date Revised Jan. 20, 2016
Date Accepted Jan. 30, 2016