

## 최소 가공용 사과의 품종별 갈변정도

†홍정진 · 설희경\* · 정은호 · 김영봉\*\* · 홍광표\*\*\*

경상남도농업기술원 사과이용연구소 농업연구사, \*경상남도농업기술원 사과이용연구소 연구원,  
\*\*경상남도농업기술원 사과이용연구소 농업연구관, \*\*\*경상남도농업기술원 연구개발국 농업연구관

### Browning Degree of Various Apple Cultivars for Minimal Processing

†Jeong Jin Hong, Hui Gyeong Seol\*, Eun Ho Jeong, Yeong Bong Kim\*\* and Kwang Pyo Hong\*\*\*

Researcher, The Institute of Apple Utilization, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Geochang 50124, Korea

\*Researcher, The Institute of Apple Utilization, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Geochang 50124, Korea

\*\*Senior Researcher, The Institute of Apple Utilization, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Geochang 50124, Korea

\*\*\*Senior Researcher, Dept. of Research & Development, Gyeongnam Agriculture Research and Extension Services, Jinju 52733, Korea

#### Abstract

This study was carried out to select apple cultivars suited for the fresh cutting or minimal processing as investigating correlation between total phenol and ascorbic acid as browning factors and the enzymatic browning degree. In soluble solid-acid ratio, 'Gamhong' and 'Arisoo' were highest value of 71.69 and 71.52 compared with other cultivars. And the change of lightness ( $\Delta L$ ) and color ( $\Delta E$ ) in 'Gamhong' and 'Arisoo' showed lower than other cultivars while 'Arkansas black' was highest change of lightness and color as  $\Delta L$  8.27,  $\Delta E$  13.86 respectively. Total phenol and ascorbic acid contents in 'Arkansas black' were highest such as 334.3 mg GAE/100 g and 9.22 mg/100 g, respectively. And polyphenol oxidase (PPO) activity also was the highest such as 14.43unit in 'Arkansas black'. The correlation test showed browning of apple was significantly dependent on  $\Delta L$ ,  $\Delta E$ , total phenol, ascorbic acid contents and PPO activity ( $p < 0.01$ ). On the contrary, no significant correlation had been determined between the browning and ascorbic acid oxidase (AAO) activity. Thus, it seemed that the browning of apple was not only due to oxidation of ascorbic acid but also total phenol. It was suggested that 'Gamhong' and 'Arisoo' were suitable for fresh cutting or minimal processing.

Key words: apple, cultivars, total phenol, ascorbic acid, browning

## 서 론

최근 소비자들은 단순 컷팅 과일 등 다양한 신선편이용 과일에 대해 관심이 증가하고 있는 추세이다(Jeong 등 2006). 그러나 사과의 경우 박피, 절단 등 가공과정에서 산화에 의한 갈변으로 상품성이 떨어지면서 가공 산업에서 중요한 문제점으로 대두되고 있다. 특히 사과 슬라이스와 같은 제품의 색은 중요한 품질의 지표가 되므로, 신선편이용 또는 최소가공에 적합한 제품을 생산하기 위해서는 우선 사과 과육의 색 변화가 적은 품종을 선발하는 것이 중요한 단계이다(Kim 등

1995). Kim 등(1995)의 연구에 따르면 11가지 국외 품종별 사과의 갈변정도를 조사한 결과,  $\Delta L$ 값이 4.5~14.6으로 'Golden Delicious'와 'New York 674'가 가장 낮은  $\Delta L$ 값을 보여 품종에 따라 갈변정도가 다르다고 보고한 바 있으나, 국내산 사과의 품종별 갈변정도를 비교한 사례는 없어 이에 대한 연구가 필요하다.

사과의 갈변현상을 억제하기 위한 기술로 주로 황화합물을 사용하였으나, 안전성의 문제로 제한받게 됨에 따라 이를 대체할 물질이나 방법에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Son SM 2007). 사과 주스의 갈변방지를 위한 연구는 한외여

† Corresponding author: Jeong Jin Hong, Researcher, The Institute of Apple Utilization, Gyeongnam A.R.E.S, Geochang 50124, Korea. Tel: +82-55-254-1653, FAX: +82-54-254-1659, E-mail: jjhong7911@korea.kr

과(Gokmen 등 1998), 전기투석(Tronc 등 1997) 등으로 고형물을 제거하는 방법이 보고되어 있으며, 최소 가공 사과와 갈변 방지를 위한 방법으로는 alginate 코팅 같은 물리적인 방법(Olivas 등 2007)과 ascorbic acid, citric acid, calcium chloride 등 다양한 첨가물을 이용한 화학적 방법(Jeong 등 2006) 그리고 초음파 및 ascorbic acid의 물리화학적 인 병용처리(Cho 등 2012)에 대한 보고가 있다. 그러나 상업적으로 이를 적용하기에는 기존의 황화합물처럼 강력한 항갈변 효과를 보기 어렵고, 경제적인 가치가 보장되는 대체물을 찾기 못한 실정이다(Son SM 2007). 한편, 사과의 효소적 갈변 요인인 phenol 화합물과 polyphenol oxidase에 대한 연구는 많이 보고(Amiot 등 1992; Persic 등 2017) 되어 있으나, 사과 내의 ascorbic acid 함량이 항산화제로서 갈변정도에 미치는 영향에 대한 연구는 보고되어 있지 않다.

따라서 본 연구는 국내의 재배되고 있는 8가지 품종별 사과의 갈변정도를 비교하고, 총 phenol 함량과 ascorbic acid 함량 및 polyphenol oxidase, ascorbic acid oxidase에 의한 효소적 갈변정도의 상관관계를 조사하여 최소가공에 적합한 품종을 제시할 뿐만 아니라, 가공용 신품종 사과를 육성하는데 기초 자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용한 사과는 사과이용연구소(거창군)에서 2017년도에 생산된 품종 중 저온냉장고(4°C)에 저장되어 있는 후지(동북 7호, 피텍스), 핑크레이디, 감홍, 알칸사스블랙, 황옥, 아리수, 껌즈 8종을 사용하였으며, 품종별 사진은 Fig. 1과 같고, 교배조합 특성 및 수확 시기는 Table 1과 같다.

### 2. 실험방법



**Fig. 1. Photograph of 8 apple cultivars used in this experiment.** 1: Dongbuk 7, 2: Fidex Fuji, 3: Pink Lady, 4: Gamhong, 5: Arkansas Black, 6: Whangok, 7: Arisoo 8: Jazz.

### 1) 당도 및 산도

당도는 품종별 생 사과를 착즙하여 굴절당도계(Refractometer PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정(°Brix)하였고, 산도는 착즙한 사과즙을 산도측정기(G20 compact Titrator, METTLER TOLEDO, Schwerzenbach, Switzerland)를 이용하여 pH 8.3이 될 때까지 적정한 값을 malic acid로 환산하여 측정(%)하였다. 당산비는 당도를 산도로 나누어 계산하였다.

### 2) 색도 및 갈변도

색도는 휴대용 색도계(Spectrophotometer CM-700d, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 사과 품종별 절단면의 L(Lightness)값, a(redness)값, b(yellowness)값을 각각 3반복 측정하였으며, 시료 측정 전 백색판(L=99.54, a=+0.05, b=-0.32)으로 표준화하였다. 갈변도는 절단 후 상온에서 1시간 뒤 L값, a값, b값을 측정하여  $\Delta L(L_{\text{값 at } t=0} - L_{\text{값 at } t=1})$ 과

$$\Delta E\sqrt{[(L_{\text{값 at } t=0} - L_{\text{값 at } t=1})^2 + (a_{\text{값 at } t=0} - a_{\text{값 at } t=1})^2 + (b_{\text{값 at } t=0} - b_{\text{값 at } t=1})^2]}$$

으로 나타내었다(Huang 등 2017). L값과 E값의 변화가 클수록 갈변이 많이 진행되었음을 의미한다.

**Table 1. Characteristics of 8 apple cultivars used in this experiment**

No.	Cultivars	Origin	Cross combination	Harvest period
1	Dongbuk 7(Fuji)	Japan	Ralls Janet × Delicious	Sep. 15~30
2	Fidex Fuji	Italy	Fuji Kiku®8 mutation	Oct. 20~Nov. 10
3	Pink Lady	Australia	Golden Delicious × Lady Williams	Nov. 15
4	Gamhong	Korea	Spur Earlyblaze × Spur Golden Delicious	Oct. 10~20
5	Arkansas Black	USA	-	Oct. 20~Nov. 10
6	Whangok	Korea	Kogetsu × Yataka Fuji	Sep. 15~30
7	Arisoo	Korea	Yoko × Tensu	Sep. 10
8	Jazz	New Zealand	Braeburn × Royal Gala	Oct. 20

### 3) 총 phenol 함량

품종별 사과의 총 phenol 함량은 Folin-Ciocalteu 법(Lachman 등 2006)을 응용하여 측정하였고, 시료는 박피 및 제심한 사과를 동결건조(FDT-8632, Operon, Gimpo, Korea)한 다음 분쇄(HR 2860, philips, Guangdong, China)한 것을 데시게이터에 보관하며 사용하였다. 동결건조 사과 분말 0.1 g에 75% MeOH 20 mL를 가하여 교반 추출(BS-21, JEIO Tech, Daejeon, Korea)한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리(Centrifuge S810R, Eppendorf, Hamburg, Germany)한 후 여과지(No.2, Whatman, Madistone, UK)로 여과하여 추출물을 시료로 사용하였다. 시료액 1 mL를 증류수 4 mL로 희석시키고, Folin-Ciocalteu 시약 0.5 mL를 넣고 3분간 방치한 다음 sodium carbonate 포화 용액 1 mL와 증류수 3.5 mL를 가하고 혼합하여 실온에서 1시간 동안 반응시켜 spectrophotometer(Libra S22, Biochrom, Cambridge, England)로 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid(Sigma Co., Darmstadt, Germany)를 사용하여 동일한 방법으로 작성된 검량선으로부터 총 phenol 함량으로 환산하였다.

### 4) Ascorbic acid 함량

Ascorbic acid 함량은 2,4-dinitrophenyl hydrazin 비색법에 준하여 측정하였다(KFN 2000). 동결건조시킨 사과 분말 0.1 g에 5% metaphosphoric acid 수용액 20 mL를 넣고 섞은 후 80 mL의 5% metaphosphoric acid 수용액을 넣고 원침하여 여과한 추출물을 시료로 사용하였다. 시료 2 mL에 0.2% 2,6-dichlorophenol indolphenol 용액을 1~4방울 넣어 홍색이 될 때 2% thiourea 2 mL를 가하고, 2% 2,4-dinitrophenyl hydrazin(DNP) 용액을 1 mL씩 넣어 37°C에서 3시간 반응한 다음 85% 황산을 5 mL씩 첨가하여 실온에서 30분간 방치한 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 아스코르빈산 함량도 표준물질 L-ascorbic acid(Sigma Co., Darmstadt, Germany)를 5% metaphosphoric acid 용액으로 희석해 농도별로 측정하여 만든 표준곡선을 토대로 산출하였다.

### 5) Polyphenol oxidase 활성

Polyphenol oxidase 활성은 Arias 등(2007)의 방법을 응용하여 측정하였다. 박피 및 절단한 사과 10 g에 polyvinylpyrrolidone(PVPP)을 1 g 첨가한 후 50 mM의 potassium phosphate buffer(pH 5.5)를 20 mL를 가하여 균질화(T-20, IKA Konigswinte, Germany)한 후 원심분리해서 얻은 상등액을 조효소액으로 사용하였다. 50 mM의 potassium phosphate buffer (pH5.5) 2 mL에 기질 200 mM catechol 용액 0.2 mL를 넣고 조효소액 0.3 mL를 가하여 혼합한 다음 30°C에서 1분간 반응시켜 420 nm에서 3분간 흡광도의 변화를 측정하였다. PPO

활성은 시료 g당 1분당 흡광도 값이 0.001 변하는 것을 1 unit으로 하였다.

### 6) Ascorbic acid oxidase 활성

Ascorbic acid oxidase 활성은 Yoshihiro & Sanae(2008)의 방법을 응용하여 측정하였다. 박피 및 절단한 사과 10 g에 0.1 M의 phosphate buffer(pH 6.5) 20 mL를 가하여 2분간 균질화한 후 3,000 rpm에서 15분 동안 원심분리해서 얻은 상등액을 조효소액으로 사용하였다. 효소 활성 측정을 위한 기질로 8.8 mg ascorbic acid를 0.1 M의 phosphate buffer(pH 5.6) 300 mL에 용해시켜 2.9 mL에 조효소액 0.1 mL를 넣어 혼합한 다음 1분간 반응시켜 265 nm에서 5분간 흡광도의 변화를 측정하였다. AAO 활성은 시료 g당 1분당 흡광도 값이 0.001 변하는 것을 1 unit으로 하였다.

### 7) 통계처리

본 실험 결과에 대한 자료의 처리와 분석은 SPSS software (Version 20., SPSS Inc., Chicago, IL., USA)을 사용하였으며, one-way ANOVA를 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 다중범위검정(Duncan's multiple range test)에 의해 각 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.  $\Delta L$ 과  $\Delta E$ 값, 총 phenol 함량과 ascorbic acid 함량 및 PPO, AAO에 의한 효소적 갈변정도의 상관관계 분석은 Pearson's correlation coefficient( $r$ )를 이용하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 당도, 산도 및 당산비

품종별 사과의 당도와 산도를 측정한 결과, Table 2에서 보는 바와 같이 당도는 12.07~18.73 °Brix 범위로 감홍이 유익적으로 가장 높았으며( $p < 0.05$ ), 산도는 0.22~0.66%로 핑크레이디가 가장 높았다( $p < 0.05$ ). 당산비는 감홍, 아리수가 71.69, 동북 7호가 63.06으로 높게 나타나( $p < 0.05$ ) 다른 품종에 비해 감미가 높은 품종이었고, 핑크레이디와 알칸사스블랙은 각각 22.38, 28.91로 산미가 높은 품종이었다. 당도는 사과의 맛에 주된 영향을 미치는 품질 특성으로 소비자가 가장 중요하게 생각하는 품질 기준이다. 농촌진흥청에서 안전성이 높고 맛있는 과일을 생산하기 위한 'Top Fruit Project'의 품질 기준 중 당도는 14 °Brix 이상으로(RDA 2012), 본 실험에 사용된 알칸사스블랙과 껌즈를 제외한 다른 품종은 최적 당도에 부합하였다. Ku 등(2016)은 상품가격에 따른 후지 사과의 품질 특성을 보고한 결과, 당도는 9.61~13.92 °Brix였고, 산도는 0.22~0.32%로 당산비가 37.61~48.20 범위로 본 연구에 사용된 후지인 동북 7호의 당산비는 63.06, 피텍스는 57.35로 이보다는 높은 편이었다. 이것은 재배지의 토양환경에 따라 후

**Table 2. Soluble solid, titratable acidity and soluble solid-acid ratio of various apple cultivars**

Cultivars	Soluble solid content (°Brix, A)	Titratable acidity (% B)	Soluble solid-acid ratio (A/B)
Dongbuk 7(Fuji)	15.13±0.15 <sup>1)d</sup>	0.24±0.01 <sup>f</sup>	63.06 <sup>b</sup>
Fidex Fuji	14.37±0.15 <sup>f</sup>	0.25±0.01 <sup>ef</sup>	57.35 <sup>c</sup>
Pink Lady	14.87±0.06 <sup>e</sup>	0.66±0.01 <sup>a</sup>	22.38 <sup>f</sup>
Gamhong	18.73±0.06 <sup>a</sup>	0.26±0.01 <sup>de</sup>	71.69 <sup>a</sup>
Arkansas Black	12.60±0.10 <sup>g</sup>	0.44±0.02 <sup>b</sup>	28.91 <sup>e</sup>
Whangok	16.10±0.10 <sup>b</sup>	0.36±0.01 <sup>c</sup>	44.85 <sup>d</sup>
Arisoo	15.73±0.06 <sup>e</sup>	0.22±0.01 <sup>g</sup>	71.52 <sup>a</sup>
Jazz	12.07±0.06 <sup>h</sup>	0.27±0.01 <sup>d</sup>	44.69 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

<sup>a-g</sup> indicate significant difference Duncan's multiple comparison at  $p<0.05$ .

지 사과의 당도 등 품질이 달랐다는 Kim 등(2011)의 연구와 주산지별 후지 사과의 품질특성에 차이가 있었다는 Lee 등(2003)의 연구에서 보는 바와 같이 재배 방법이나 재배 지역에 따라 차이가 나는 것으로 생각되었다.

## 2. 색도 및 갈변도

품종별 L, a, b값과  $\Delta L$ ,  $\Delta E$ 값의 변화를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 핑크레이디는 다른 품종에 비해 절단면의 L값이 84.43으로 높았으나, a, b 값은 각각 0.71, 16.47로 낮게 나타났( $p<0.05$ ). 알칸사스블랙과 황옥은 b값이 27.43, 27.81로 다른 품종에 비해 yellowness가 높았고,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ 값의 변화도 큰 품종이었다( $p<0.05$ ).  $\Delta L$ 값은 감홍이 0, 아리수가 0.85로 변화율이 가장 낮았으며, 알칸사스블랙은 8.27, 황옥은 5.41로 높게 나타났( $p<0.05$ ).  $\Delta E$ 값 또한 감홍과 아리수가 각각 0.92, 1.59로 유의적으로 낮았고( $p<0.05$ ), 알칸사스블랙 13.86, 황옥 9.33으로 높게 나타나 L값의 변화와 같은 경향을 보였

다. 동북 7호, 피텍스, 핑크레이디, 쟈즈의  $\Delta E$ 값은 4.24~5.81 사이로 품종 간에 큰 차이는 없었다. 감홍과 아리수는 다른 품종에 비해  $\Delta L$ 값과  $\Delta E$ 값 모두 유의적으로 낮게 나타나 ( $p<0.05$ ) 갈변이 적은 품종으로 조사되었으며, 당도도 높은 편이므로 커팅용 사과 등 최소가공에 적합할 것으로 생각되었다. Kim 등(1995)은 11종 사과를 저장하는 동안 색변화를 조사한 결과,  $\Delta L$ 값은 4.5~14.6의 범위로 Golden Delicious와 New York 674가 가장 낮은 변화율을 보였고,  $\Delta E$ 값 또한 Golden Delicious와 New York 674의 변화가 가장 적은 것으로 나타났으며, 이는 본 연구에 사용된 감홍과 아리수의  $\Delta L$ 값보다 높은 수치였다. 또한, Burke AE(2010)의 보고에서 'Gala', 'Pink lady', 'Grannysmith', 'Empire' 같은 품종이 갈변도가 낮고, 시간이 경과해도 경도를 유지하기 때문에 신선 커팅용 과일이 주로 사용되고 있다고 하였으나, 본 연구에 사용된 핑크레이디는 절단면의 L값은 가장 높았던 반면  $\Delta L$ 과  $\Delta E$ 값이 감홍이나 아리수보다 크게 나타나 갈변율이 높은 것으로 조

**Table 3. Hunter's color value and browning color value of various apple cultivars**

Cultivars	Hunter's color value			Browning color value	
	L (Lightness)	a (+; redness)	b (+; yellowness)	$\Delta L$	$\Delta E$
Dongbuk 7 (Fuji)	80.81±1.01 <sup>1)cd</sup>	2.44±0.82 <sup>a</sup>	19.20±1.44 <sup>cd</sup>	0.98±0.26 <sup>d</sup>	4.24±0.57 <sup>bc</sup>
Fidex Fuji	80.98±0.42 <sup>cd</sup>	1.77±0.46 <sup>ab</sup>	21.96±0.69 <sup>bc</sup>	3.00±0.29 <sup>c</sup>	5.80±0.66 <sup>bc</sup>
Pink Lady	84.43±0.08 <sup>a</sup>	0.71±0.22 <sup>c</sup>	16.47±0.40 <sup>d</sup>	0.95±0.12 <sup>d</sup>	4.49±1.16 <sup>bc</sup>
Gamhong	83.73±0.20 <sup>ab</sup>	1.08±0.17 <sup>bc</sup>	18.79±0.57 <sup>cd</sup>	0.00±0.10 <sup>d</sup>	0.92±0.48 <sup>c</sup>
Arkansas Black	81.92±1.14 <sup>bc</sup>	2.58±0.58 <sup>a</sup>	27.43±2.42 <sup>a</sup>	8.27±2.79 <sup>a</sup>	13.86±5.51 <sup>a</sup>
Whangok	77.37±2.81 <sup>c</sup>	1.95±0.60 <sup>ab</sup>	27.81±4.73 <sup>a</sup>	5.41±1.23 <sup>b</sup>	9.33±4.99 <sup>ab</sup>
Arisoo	82.40±0.42 <sup>ab</sup>	2.23±0.37 <sup>a</sup>	18.64±0.45 <sup>cd</sup>	0.85±0.66 <sup>d</sup>	1.59±0.58 <sup>c</sup>
Jazz	79.38±0.73 <sup>de</sup>	1.24±0.65 <sup>bc</sup>	23.01±1.25 <sup>b</sup>	3.58±0.31 <sup>bc</sup>	5.81±1.44 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

<sup>a-c</sup> indicate significant difference Duncan's multiple comparison at  $p<0.05$ .

사되어 차이를 보였다.

### 3. Ascorbic acid 및 총 phenol 함량

품종에 따른 ascorbic acid 및 총 phenol 함량을 조사한 결과는 Table 4와 같다. Ascorbic acid 함량은 알칸사스블랙이 9.22 mg/100 g으로 유의적으로 가장 높았고( $p < 0.05$ ), 감홍, 껌즈, 아리수는 각각 2.38, 1.91, 0.73 mg/100 g으로 알칸사스블랙에 비해 75~92% 정도 낮은 함량을 보였다. 품종별 총 phenol 함량은 240.58~34.33 mg GAE/100 g 범위로 알칸사스블랙이 ascorbic acid 뿐만 아니라, 총 phenol 함량도 유의적으로 가장 높았다( $p < 0.05$ ). Vrhovsek 등(2004)은 서유럽에서 재배되고 있는 8종 사과의 총 phenol 함량을 조사한 결과, 66.2~211.9 mg GAE/100 g이었는데, 본 연구에 사용된 알칸사스블랙의 34.33 mg GAE/100 g보다는 높은 수치를 보였다. Burke AE(2010)는 미국에서 생산되는 상업적인 12가지 품종과 육성 중인 5가지 신품종에서 총 비타민 C와 총 phenol 함량을 조사하였는데, 총 비타민 C 함량은 평균 9.54 mg/100 g 이었으며, 특히 'Braeburn' 품종은 21.7 mg/100 g으로 가장 높았다. 또한, 총 phenol 함량은 저장된 품종별 사과에서 382~1,122 mg GAE/100 g으로 평균 764 mg GAE/100 g이었으며, 특히 'McIntosh'와 'AutumCrisp × Fujii'가 높았고, 'Braeburn'은 가장 낮은 것으로 보고하였다. 본 연구에서 사용된 품종 중 가장 높은 함량을 보였던 알칸사스 블랙의 ascorbic acid와 총 phenol 함량은 각각 9.22 mg/100 g, 334.33 mg GAE/100 g으로 'Braeburn' 품종보다는 모두 낮은 함량을 보였다. 이것은 저장기간이 길어짐에 따라 '후지'의 총 phenol 함량이 감소하는

**Table 4. Contents of ascorbic acid and total phenol in various apple cultivars**

Cultivars	Content	
	Ascorbic acid contents (mg /100 g, D.W <sup>1)</sup> )	Total phenolic contents (mg GAE/100 g, D.W)
Dongbuk 7(Fuji)	2.85±0.82 <sup>cd</sup>	259.8±5.45 <sup>c</sup>
Fidex Fuji	4.27±1.47 <sup>bc</sup>	296.0±7.60 <sup>b</sup>
Pink Lady	6.86±3.24 <sup>ab</sup>	229.3±4.39 <sup>e</sup>
Gamhong	2.38±1.08 <sup>de</sup>	254.3±10.18 <sup>cd</sup>
Arkansas Black	9.22±0.82 <sup>a</sup>	334.3±18.55 <sup>a</sup>
Whangok	5.21±1.08 <sup>bc</sup>	280.2±7.22 <sup>b</sup>
Arisoo	0.73±0.41 <sup>e</sup>	240.6±7.53 <sup>de</sup>
Jazz	1.91±1.23 <sup>de</sup>	258.1±12.52 <sup>cd</sup>

<sup>1)</sup> Dry weight

<sup>2)</sup> Mean±S.D.

<sup>a-e</sup> indicate significant difference Duncan's multiple comparison at  $p < 0.05$ .

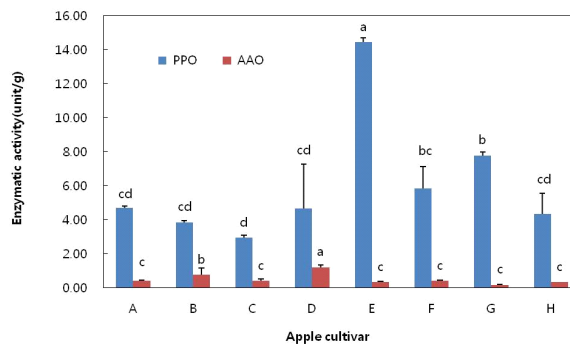
경향을 보였다는 Jin 등(2014)의 연구에서 보는 바와 같이 저장 방법 및 기간이 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

### 4. Polyphenol oxidase 및 ascorbic acid oxidase 활성

Fig. 2는 품종별 polyphenol oxidase 및 ascorbic acid oxidase 효소 활성을 비교한 결과이다. 알칸사스블랙의 PPO 효소 활성은 14.43 unit/g으로 다른 품종에 비해 2~5배 정도 높은 활성을 보였으며( $p < 0.05$ ), 이는 총 phenol 함량이 높은 것과 관계가 있는 것으로 생각된다. Burke AE(2010)의 연구에서 'Braeburn'은 총 phenol 함량이 가장 낮았지만, 'Braeburn'과 'Braeburn × AutumCrisp' 품종이 가장 높은 PPO 활성을 가지는 것으로 조사되어 차이를 보였다. 품종별 AAO 효소 활성은 PPO 효소보다 전반적으로 낮은 활성을 보였는데, 감홍과 피텍스가 각각 1.20과 0.75 unit/g 순으로 유의적으로 높았으나( $p < 0.05$ ), 다른 품종은 0.16~0.41 unit/g 범위로 유의적인 차이는 없었다. Yoshihiro & Sanae(2008)는 브로콜리 등 9종의 채소에서 ascorbic acid oxidase 활성정도와 ascorbic acid, dehydro ascorbic acid 함량과의 상관관계를 조사한 결과, 효소 활성이 높을수록 dehydro ascorbic acid의 비율은 증가하고, 총 ascorbic acid 함량은 감소한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 감홍은 다른 품종에 비해 ascorbic acid 함량이 가장 낮고, AAO 활성은 높은 경향을 보였지만, 이는 ascorbic acid가 산화되기 이전의 함량으로 AAO 효소 활성에 의한 감소는 아닌 것으로 생각되었다.

### 5. 갈변요인 상관관계

품종별 사과의  $\Delta L$ 값,  $\Delta E$ 값, 총 phenol 함량과 ascorbic acid 함량 및 PPO, AAO에 의한 효소적 갈변정도의 상관관계를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 모든 요인 중에서  $\Delta L$ 값과  $\Delta E$ 값의 상관계수는 0.946( $p < 0.01$ )으로 가장 강한 상관관계를 보



**Fig. 2. Enzymatic activity of PPO and AAO in various apple cultivars.** A: Dongbuk 7, B: Fidex Fuji, C: Pink Lady, D: Gamhong, E: Arkansas Black, F: Whangok, G: Arisoo H: Jazz. <sup>a-d</sup> indicate significant difference Duncan's multiple comparison at  $p < 0.05$ .

**Table 5. Linear correlation coefficients (*r*) between change of Lightness ( $\Delta L$ ), change of color ( $\Delta E$ ), ascorbic acid content, total phenol content and polyphenol oxidase (PPO), ascorbic acid oxidase (AAO) activity of 8 apple cultivars**

	$\Delta L$	$\Delta E$	Ascorbic acid	Total phenol	PPO	AAO
$\Delta L$	1	-	-	-	-	-
$\Delta E$	.946**	1	-	-	-	-
Ascorbic acid	.601**	.677**	1	-	-	-
Total phenol	.776**	.687**	.521**	1	-	-
PPO	.682**	.706**	.798**	.624**	1	-
AAO	-.323 <sup>NS</sup>	-.304	-.131	-.028	-.202	1

\*\* significant at  $p < 0.01$

<sup>NS</sup> No significant.

였고, 총 phenol 함량과  $\Delta L$ 값은 0.776( $p < 0.01$ ), ascorbic acid 함량과 PPO 효소는 0.798( $p < 0.01$ )로 강한 상관관계를 나타냈다. 또한, 총 phenol 함량과  $\Delta E$ 값, PPO 효소는 각각 0.687, 0.624( $p < 0.01$ )이었고, ascorbic acid 함량과  $\Delta L$ 값,  $\Delta E$ 값은 각각 0.601, 0.677( $p < 0.01$ )로 높은 상관관계를 나타냈다. 하지만 AAO는 모든 요인과 음의 관계로 유의적인 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 따라서 총 phenol 함량과 PPO 활성이 높으면 갈변정도가 커진다는 Amiot 등(1992)과 Costeng & Lee (1987)의 연구 결과와 같은 경향을 나타냈다. 또한, Phenol이 산화되기 전에 외부적으로 ascorbic acid를 첨가했을 때는 환원제 역할을 하므로 갈변방지 효과가 있다는 Queiroz 등(2008)과 Cocci 등(2006)의 보고와 다른 것은 사과 자체의 ascorbic acid 함량은 오히려 효소적 또는 비효소적 산화에 의해 파괴되면서 갈변의 요인이 되기 때문인 것으로 생각되었다. 이는 Ponting & Joslyn(1948) 연구에서 사과 조직에 있는 ascorbic acid의 산화는 ascorbic acid oxidase 효소보다 polyphenol oxidase system에서 중요하게 기인되며, 사과 조직의 변색은 ascorbic acid가 파괴될 때 즉시 일어났다는 결과와 일치하였다. 한편, Kim 등(1995)의 연구에서도 11가지 품종별 사과의 PPO 활성과 색깔 변화간의 상관관계를 조사한 결과,  $\Delta L$ 값보다는  $\Delta a$ 값과 PPO 활성간에 높은 상관관계( $r = 0.843$ )를 가졌으나, 고도의 유의성은 없었으므로 이는 사과의 색 변화가 효소적 갈변 뿐만 아니라, 비효소적 갈변 또한 작용되는 것으로 추측하였는데 본 연구결과와 일치하였다.

## 요약 및 결론

본 연구는 최소가공에 적합한 품종을 제시할 뿐만 아니라, 가공용 신품종 사과를 육성하는데 기초자료로 활용하고자 국내외 재배되고 있는 동북 7호 등 8가지 품종별 사과의 갈변정도를 비교하고, 총 phenol 함량과 ascorbic acid 함량 및 polyphenol oxidase, ascorbic acid oxidase에 의한 효소적 갈변

정도의 상관관계를 조사하였다. 당도는 감홍이 18.73 °Brix로 가장 높았으며, 산도는 핑크레이디가 0.66%로 가장 높았다 ( $p < 0.05$ ). 당산비는 감홍과 아리수가 각각 72로 유의적( $p < 0.05$ )으로 높았으며,  $\Delta L$ 값과  $\Delta E$ 값 또한 다른 품종에 비해 감홍과 아리수가 유의적( $p < 0.05$ )으로 낮게 나타나 갈변이 적은 품종으로 조사되었다. 품종별 ascorbic acid 및 총 phenol 함량은 알칸사스블랙이 각각 9.22 mg/100 g, 334.33 mg GAE/100 g으로 유의적( $p < 0.05$ )으로 가장 높았다. Polyphenol oxidase 효소 활성은 알칸사스블랙이 14.43 unit/g으로 다른 품종에 비해 2~5배 정도 높은 활성을 보여( $p < 0.05$ ) 이는 총 phenol 함량이 높은 것과 관계가 있는 것으로 보였다. Ascorbic acid oxidase 효소 활성은 감홍이 1.20 unit/g으로 가장 높았으나( $p < 0.05$ ), 다른 품종 간에는 유의적 차이가 없었다. 품종별 사과의  $\Delta L$ 값,  $\Delta E$ 값, 총 phenol 함량과 ascorbic acid 함량 및 PPO, AAO에 의한 효소적 갈변정도의 상관관계를 조사한 결과, 모든 요인 중에서  $\Delta L$ 값과  $\Delta E$ 값의 상관계수는 0.946( $p < 0.01$ )으로 가장 강한 상관관계를 보였고, 총 phenol 함량과  $\Delta L$ 값은 0.776 ( $p < 0.01$ ), ascorbic acid 함량과 PPO 효소는 0.798( $p < 0.01$ )로 강한 상관관계를 나타냈다. 또한, 총 phenol 함량과  $\Delta E$ 값, PPO 효소는 각각 0.687, 0.624( $p < 0.01$ )이었고, ascorbic acid 함량과  $\Delta L$ 값,  $\Delta E$ 값은 각각 0.601, 0.677( $p < 0.01$ )로 높은 상관관계를 나타냈다. 하지만 AAO는 모든 요인과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 잘 알려진 바와 같이 총 phenol 함량과 PPO 활성이 높으면 갈변정도가 커진다는 것을 확인할 수 있었으며, 반면 총 phenol이 산화되기 전에 외부적으로 ascorbic acid를 첨가했을 때는 환원제 역할을 하므로 갈변방지 효과가 있다고 알려져 있으나, 사과 자체의 ascorbic acid 함량은 오히려 효소적 또는 비효소적 산화에 의해 파괴되면서 갈변의 요인이 되는 것으로 생각되었다. 따라서 당도가 높고  $\Delta L$ 과  $\Delta E$ 값의 갈변도가 낮으며, 총 phenol 및 ascorbic acid 함량이 낮아 상대적으로 갈변에 영향을 적게 미치는 ‘감홍’과 ‘아리수’가 커팅용 사과 등 최소가공에 적합한 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 결과물은 농촌진흥청 지역특화작목기술개발사업(PJ-012041)의 연구비 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

## References

- Amiot MJ, Tacchini M, Aubert S, Nicolas J. 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *J Food Sci* 57:958-962
- Arias E, Gonzalez J, Oria R, Lopez-Buesa P. 2007. Ascorbic acid and 4-hexylresorcinol effects on pear PPO and PPO catalyzed browning reaction. *J Food Sci* 72:422-429
- Bae SK, Lee YC, Kim HW. 2001. The browning reaction and inhibition of apple concentrated juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:6-13
- Burke AE. 2010. Quantifying flesh browning, polyphenoloxidase, total phenol content and vitamin C in select apple varieties and progeny. Ph.D. Dissertation, Cornell Univ. Ithaca. USA
- Cho JS, Moon KD, Jeong MC. 2012. Effects of ultrasound and ascorbic acid cotreatment on browning of fresh-cut 'Tsugaru' apples. *Korean J Food Preserv* 19:323-327
- Cocci E, Roccuclli P, Romani S, Dalla Rosa M. 2006. Changes in nutritional properties of minimally processed apple during storage. *Postharvest Biol Technol* 39:265-271
- Costeng MY, Lee CY. 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *J Food Sci* 52:985-989
- Gokmen V, Borneman Z, Nijhuis HH. 1998. Improved ultrafiltration for color reduction and stabilization of apple juice. *J Food Sci* 63:504-507
- Jin SY, Sim KH, Lee EJ, Gu HJ, Kim MH, Han YS, Park JS, Kim YH. 2014. Changes in quality characteristics and anti-oxidant activity of apples during storage. *Korean J Food Nutr* 27:999-1005
- Kim DM, Kim KH, Smith NL, Lee CY. 1995. Changes in flesh color and PPO activity by apple cultivars. *Food Biotechnol* 4:222-225
- Kim JC, Kim SC, Park KJ, Jeong JW, Jeong SW. 2006. Development of dipping solution to extend a shelf-life of fresh-cut apples. *Korean J Food Sci Technol* 38:35-41
- Kim MY, Zhang CY, Lee JJ, Huang Y. 2017. Study on commercialization of ready-to-eat pear products by development of anti-browning agents. *Korean J Food Nutr* 30:139-147
- Kim SH, Choi IM, Han JW, Cho JG, Son IC, Lim TJ, Yun HK. 2011. Relative contribution rate on soil physico-chemical properties related to fruit quality of 'Fuji' apple. *Korean J Soil Sci* 44:722-726
- Korean Society of Food Science and Nutrition [KFN]. 2000. Handbook of Experiments in Food Science and Nutrition. 1<sup>st</sup> ed. pp.256-259
- Ku KH, Choi EJ, Kim SS, Jeong MC. 2016. Quality characteristics and sensory evaluation of Fujii apple based on commodity price. *Korean J Food Preserv* 23:1065-1073
- Lachman J, Sulc M, Sus J, Pavikova O. 2006. Polyphenol content and antiradical activity in different apple varieties. *Hort Sci* 33:95-102
- Lee JW, Kim SH, Hong SI, Jeong MC, Park HW, Kim DM. 2003. Internal and external quality of Fuji apples. *Korean J Food Preserv* 10:47-53
- Olivas GI, Mattinson DS, Barbosa-Canovas GV. 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Bio Technol* 45:89-96
- Persic M, Mikulic-Petkovsek M, Slatnar A, Veberic R. 2017. Chemical composition of apple fruit, juice and pomace and the correlation between phenolic content, enzymatic activity and browning. *LWT-Food Sci Technol* 82:23-31
- Ponting JD, Joslyn MA. 1948. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. *Arch Biochem* 19:47-63
- Queiroz C, Lopes MLM, Fialho E, Valent-Mesquita VL. 2008. Polyphenol oxidase: Characteristics and mechanisms of browning control. *Food Rev Int* 24:361-375
- Rural Development Administration [RDA]. 2012. Manual for the Production of Top Fruit. Apple. pp.7-8
- Son SM. 2007. Natural antibrowning treatments on fresh-cut apple slices. *J Korea Acad Industr Coop Soc* 8:151-155
- Tronc JS, Lamarche F, Makhlof J. 1997. Enzymatic browning inhibition in cloudy apple juice by electro dialysis. *J Food Sci* 62:75-78
- Vrhovsk U, Rigo A, Tonon D, Mattivi F. 2004. Quantitation of polyphenols in different apple varieties. *J Agric Food Chem* 52:6532-6538
- Yoshihiro S, Ko S. 2008. Ascorbic acid and ascorbic acid oxidase in vegetables. *Chugokugakuen J* 7:7-10

Received 31 July, 2018

Revised 12 September, 2018

Accepted 19 September, 2018