Research Report

봉지종류가 적색과피 서양배 ‘Kalle’의 과피색 발현에 미치는 영향

김윤경^{1*}, 강삼석¹, 최장전¹, 박경섭², 원경호¹, 이한찬¹, 한태호³¹국립원예특작과학원 배시험장²국립원예특작과학원 시설원예시험장³전남대학교 원예학과

The Effect of Several Paper Bags on Fruit Skin Coloration of Red Skin European Pear ‘Kalle’

Yoon-Kyeong Kim^{1*}, Sam-Seok Kang¹, Jang-Jeon Choi¹, Kyoung-Sub Park², Kyeong-Ho Won¹, Han-Chan Lee¹, and Tae-Ho Han³¹Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Naju 520-821, Korea²Protected Horticulture Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Busan 618-800, Korea³Department of Horticulture, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Abstract: This study was conducted to elucidate the relationship between light and coloring and to obtain basic results for promoting redness expression in ‘Kalle’ (*Pyrus communis* L.) pear skin. It was investigated in location of anthocyanin layer by microscopic observation and differences in skin color expression of ‘Kalle’ bagged with paper bag which has different light transmittance rate and inside temperature. However, there was no anthocyanin layer in the brown skin and golden yellow color, anthocyanin layer was distributed in epidermins or hyperdermis of red skin pear and apple. Dark red colored ‘Kalle’ had more anthocyanin content, 29.8 mg·100 g⁻¹ FW than light red colored apple ‘Hongro’. Light transmittance rate of physical characteristics used paper bags was the highest in white paper bag, 42.2% and it also had more light quantity, 8.9 μmol than any other tested paper bags in specific wave length 650-655 nm. The maximum temperature of inner bag was higher about 3°C in yellow paper bag. The red coloration and anthocyanin contents in no bagged fruits were higher than in any other bagged fruit. However, red color expression among the bagged fruits was higher in white paper bag than in double layered black paper bag and yellow paper bag. Also, chromaticity value seemed to be a good index to explain variation of fruit skin color, because anthocyanin content and chromaticity value were higher. Based on these results, it is desirable to cultivate ‘Kalle’ without bag for stable redness expression but bagging is essential for decreasing damage by insect in Korea. Further examination to find suitable time of removing paperbag for redness expression and decreasing insect damage. In addition, it is required to develop paperbag whose transmittance rate is high in specific light wavelength or temperature of inner bags is low.

Additional key words: anthocyanin, bagging, chromaticity value, light transmittance, *Pyrus communis* L.

서 언

배의 과피색은 갈색, 녹색, 적색, 선황색으로 구분되며 과피에 존재하는 주 색소 성분 중 하나는 안토시아닌이다. 특히 적색과피는 아름다운 외관 때문에 국제 소비시장에서 전

망이 밝을 것으로 기대되고 있다(Brewer and Palmer., 2011). ‘Kalle’는 미국 Michigan의 Adrian G. Kalle에 의해 발견된 ‘Clapp Favorite’의 아조변이로 Missouri의 Stark Brothers 묘목회사에서 1956년 ‘Starkrimson’이라는 이름으로 판매하기 시작하였다. 생육특성은 ‘Clapp Favorite’와 비슷하나 과피

*Corresponding author: horti8992@korea.kr

※ Received 18 March 2013; Revised 24 September 2013; Accepted 7 November 2013.

© 2014 Korean Society for Horticultural Science

전면이 붉게 착색되고 숙기는 8월 중하순으로 알려져 있다 (<http://www.ars-grin.gov/PI541312>).

사과의 적색 발현과 관련한 안토시아닌은 식물체에 강한 광이 조사되었을 때 식물세포 내에서 활성산소와 반응하여 free radical 수를 감소시켜주는 항산화물질로서 세포보호 작용을 하며 사과와 *Pyrus* 속의 적색발현에 관여하는 색소는 다른 장미과에는 존재하지 않는 cyanidin-3-galactoside로 보고 되었다(Francis, 1970). 배 과피의 적색도 안토시아닌에 의해 나타나며, 그 발현은 기본적으로 색소의 농도 차이에 따라 달라지고, 전면 또는 부분착색 되기도 한다(Steyn et al., 2007). 과피착색과 관련되는 안토시아닌은 수용성이어서 극히 불안정하고 주로 과피 세포의 액포에 존재하지만 품종에 따라서는 과피에 인접한 여러 층의 과육세포에도 존재한다(Cepoiu et al., 1991). 과피의 적색 발달은 환경과 재배적인 요인에 의해 영향을 받는데, 특히 온도와 광이 적색 발달에 가장 크게 영향을 준다(Dussi et al., 1995). 사과에서는 고온이 과실의 적색 발달을 저해하였고(Faragher, 1984), 만개 한달 후 사과 과실에 봉지를 씌워 시기별로 수확한 다음 백색광과 UV 312nm를 혼합 조사했을 때 과피 내 안토시아닌 축적이 증가되었다(Arakawa et al., 1988). 사과를 포함한 대부분의 과수는 성숙하는 동안 안토시아닌 축적이 점점 높아지지만(Saure, 1990), 적색 과피 배는 일정기간까지 안토시아닌 성분이 증가하다가 성숙기가 가까워짐에 따라 적색이 퇴색된다는 점에서 사과 착색과는 큰 차이를 보인다(Steyn et al., 2004)고 보고되어 있어 적색배의 착색에 대한 보다 면밀한 검토가 필요하다. 또한, 동일한 품종이라 할지라도 봉지에 따른 투광량의 차이로 인해 과피색 발현에 차이가 나는 것으로 보고(Hong et al., 1999; Kim et al., 2010)된 바 있고, 적색배 ‘Rosmarie’ 품종은 기온에 따라 착색 발현의 차이가 심한 것에 비해 ‘Bon Rouge’, ‘Flamingo’, ‘Forelle’ 품종 등은 온도 변화에 덜 민감한데, 이와 같이 품종에 따라 광과 온도에 의해 안토시아닌 축적이나 분해도 차이를 보인다(Faragher, 1984).

한국과 일본에서는 배 재배 시 병해충 방제와 과피미려도를 증진시키기 위해 봉지재배를 하고 있다. 특히 배에 봉지를 씌웠을 때 검은별무늬병은 71-89.9%, 노린재류는 76-93.7%의 방제가가 있다(Zhang et al., 2002)고 보고한 바 있고 국내에서는 아직까지 무봉지재배가 검토되지 않는 실정므로 봉지재배에 따른 적색과피 배의 과피색 발현양상을 검토해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다. 따라서 적색과피 배 품종육성을 위한 과피색 발현 생리에 대한 자료와 적색

발현에 보다 효과적인 봉지재배 기술개발에 필요한 기초 자료를 획득할 목적으로 과피 전면이 적색으로 착색되는 ‘Kalle’ 품종 과피의 해부학적 관찰을 통해 안토시아닌의 분포위치를 확인하였다. 또한 투광량이 다른 봉지를 이용하여 성숙기 과실의 과피색 발현에 미치는 영향을 구명코자 하였다.

재료 및 방법

안토시아닌 층 확인을 위한 해부학적 관찰

안토시아닌은 에탄올, 메탄올과 같은 알코올에 잘 용해되는 성질을 갖고 있어 현미경관찰을 위한 검경시료의 탈수, 고정 중에 사용되는 에탄올에 의해 안토시아닌이 모두 세포 밖으로 빠져 나가 고정이 불가능하다. 따라서, 현재 일반적으로 사용하고 있는 광학현미경 관찰용 고정, 탈수, 염색 방법만으로는 안토시아닌을 관찰할 수 없으므로 본 연구에서는 2011년 봉지를 씌우지 않고 재배한 서양배 ‘Kalle’(적색)와 ‘만풍배’ × ‘대원홍’ 조합의 교배실생 중 양광면이 착색되는 2개 계통(7-26-147, 7-25-50), 사과 ‘홍로’(적색), 신문봉지를 씌워 재배한 ‘만풍배’(갈색), 황금배 전용봉지를 사용한 ‘황금배’(선황색)를 각각 적숙기에 수확하여 과피의 생체조직을 검경에 이용하였다. 과실은 약 1.0-1.2mm 두께로 적도부를 절단한 수직단면을 광학현미경(Nikon Diphot300, Japan)으로 관찰하였다.

봉지 투광률에 따른 안토시아닌 발현 분석

2012년 나주시 봉황에 있는 8년생 ‘Kalle’를 이용하여 만개 30일 후 백색봉지, 황색봉지, 이중착색봉지를 씌우고, 만

Fig. 1. Three kinds of paper bags. A, white paper bag; B, yellow paper bag; C, double layered black paper bag.

개 후 120일에 수확한 과실을 이용하여 5과씩 3반복으로 안토시아닌 함량과 과피색의 변화를 분석하였다. 백색봉지와 황색봉지는 각각 겉지와 내지가 동일한 색깔과 재질이며 이중착색봉지는 겉지의 외부는 백색, 내부는 흑색, 내지는 청색이다(Fig. 1). 과피색은 과실 양광면의 적도면을 색차계(Minolta CR400, Japan)로 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 측정하고 이를 이용하여 Chromaticity value($L^*(a^*b^*)^2$)를 산출하였다(Dussi et al., 1995).

안토시아닌 분석은 1cm 지름의 과피 disk 0.5g을 암소에서 20시간 Methanol-HCl에 보관 추출하여 UV spectrophotometer (Hitachi U-3900, Japan) 530nm에서 측정하였다(Ferreira, 2007). 투광률은 맑은 날 오후 2시경 휴대용 분광기(Li-Cor,

USA)로 측정, 자연광과 비교하여 계산하였다. 봉지 내부 온도는 70% 차광망 그늘 하에서 thermo recorder(TR-72ui, Japan)를 이용하여 2010년 7월 10일부터 21일까지 30분 간격으로 측정하였다. 조사한 데이터는 R 프로그램으로 평균간 유의차 검증은 95% 수준에서 Duncan's multiple range test로 분석하였다.

결과 및 고찰

'Kalle' 품종의 과피 내 안토시아닌 함량과 해부학적 관찰

배는 과피색에 따라 적색, 갈색, 녹색 또는 선황색 등으로 구분되므로 적색과피 배 'Kalle', '만풍배' × '대원홍' 조합의

Fig. 2. Microscopic observation of pear and apple skin (100×). A, 'Kalle' (pear); B, 'Hongro' (apple); C, 7-26-147 ('Manpungbae' × 'Oharabenni'); D, 7-25-50 ('Manpungbae' × 'Oharabenni'); E, 'Manpungbae' (pear); F, 'Whangkeumbae' (pear); Co L, cork Layer; E, epidermis; Cu L, cuticle layer; H, hypodermis; Co, coretex; SC, stone cell. **Fruit skin part which was observed by microscope.

교배실생 중 양광면이 착색되는 2개 계통(7-26-147, 7-25-50), 갈색과피 ‘만풍배’, 선황색 과피 ‘황금배’와 적색과피 사과 ‘홍로’ 과실 적도부의 생체 과피를 관찰하였다. 그 결과, 육안으로 적색이 확인된 ‘Kalle’, ‘7-26-147’, ‘7-25-50’, ‘홍로’에서는 안토시아닌 층이 확인되었으나 갈색과피의 만풍배와 선황색 과피의 황금배에서는 안토시아닌 층이 확인되지 않았다(Fig. 2). 또한, 전면 착색된 ‘Kalle’의 과피 중 한 줄로 적색이 퇴색된 녹색 부분에서는 안토시아닌 층이 전혀 확인되지 않은 반면 적색부분에서만 안토시아닌 층이 확인되었다(Fig. 3).

사과 ‘홍로’와 적색과피 배 교배실생 ‘7-26-147’, ‘7-25-50’의 경우, 세포 조직 내의 안토시아닌 층은 과육과 가까운 아표피의 하부에 존재하지만 ‘Kalle’는 표피와 아표피 전체에 걸쳐 두껍게 분포하였다. ‘Kalle’ 과피의 두께는 50-60 μ m 이고 그 중 큐티클 층 이하부터 약 38.9 μ m, 홍로는 약 16.7 μ m 두께의 안토시아닌 층이 확인되었다. 이는 Dayton(1966)이 적색 과피 배의 안토시아닌은 일반적으로 색소가 없는 표피와 1-2개의 비색소층 아래에 존재하나, ‘Starkrimson’은 예외적으로 표피에도 색소층이 존재한다고 보고하였던 결과와도 일치하며, 전자현미경을 통해 안토시아닌의 전구물질인 tannin granule이 확인된 사과 세포의 생체과피 조직에서도 적색의 안토시아닌 층이 확인되었던 결과(Bae et al., 2006; Lee, 1999)

와도 유사하다. 과피 내에 분포하는 안토시아닌 함량은 ‘만풍배’와 ‘황금배’는 각각 2.6, 2.9mg $\cdot$ 100g⁻¹FW이나 과피는 전혀 적색을 띄지 않았으며, ‘홍로’는 16.2mg $\cdot$ 100g⁻¹FW, ‘Kalle’는 29.8mg $\cdot$ 100g⁻¹FW로 안토시아닌 함량도 많았고 육안으로 관찰하였을 때 적색을 띄었다(Table 1 and Fig. 2). 이것으로 보아 과피의 적색은 안토시아닌 층과 관계가 있는 것으로 생각된다.

봉지 투광률에 따른 안토시아닌 발현 분석

성숙기에 도달한 ‘Kalle’의 봉지별 과피색의 변화를 조사한

Table 1. Anthocyanin contents and redness of skin in pear ‘Kalle’, ‘Manpungbae’, ‘Whangkeumbae’, and apple ‘Hongro’ at harvest time respectively.

	Cultivars	Anthocyanin contents (mg $\cdot$ 100 g ⁻¹ FW)	Hunter value a ^z
Pear	Kalle	29.8 a ^y	15.9 a
	Manpungbae	2.6 c	5.6 b
	Whangkeumbae	2.9 c	-5.3 c
Apple	Hongro	16.2 b	18.7 a

^zHunter value a: redness, -a (green) to +a (red).

^yMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $P = 0.05$.

Fig. 3. Green color site (black line, A) has no anthocyanin layers in ‘Kalle’ skin. A, fruit of one line decoloration skin mutation; B, black line (A) part was observed in microscope (200 $\times$) and green color site has no anthocyanin layers.; Cu L, cuticle layer; E, epidermis; H, hypodermis; Co, cortex.

결과(Table 2), L값은 이중착색봉지 > 황색봉지 > 백색봉지 > 무봉지, a값은 무봉지 > 백색봉지 > 이중착색봉지 > 황색봉지 순으로 각각 유의한 차이를 보였고, 안토시아닌 함량은 무봉지가 $26.5\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$ 로 가장 높고, 백색봉지 > 황색봉지 > 이중착색봉지 순으로 낮아졌는데 황색봉지나 이중착색봉지는 거의 적색이 남아있지 않았다. 또한, Dussi et al.(1995)이 ‘Red Bartlett’ 과피의 안토시아닌 함량과 chromaticity value의 비교적 높은 상관관계를 확인하였던 바, 본 연구에서도 chromaticity value를 분석하였다. 그 결과, 봉지를 씌우지 않았던 과실에서 안토시아닌 함량과 chromaticity value가 봉지재배 처리에 비해 유의하게 높았고(Table 2), 봉지재배를 할 경우, 안토시아닌 함량이 확인되지 않는 황색봉지나 이중착색 봉지에서는 안토시아닌 함량과 적색도가 낮은 값을 보여주어 시각적으로 보여지는 과피색 변화를 잘 설명해 주

었다. 즉, 봉지처리 내에서 실제 과피색과 chromaticity value에 있어서 백색봉지와 황색봉지나 이중착색봉지 간에는 큰 차이를 보여주어 봉지 처리만을 대상으로 분산분석한 경우에는 광 투과율이 높았던 백색봉지가 유의하게 높은 것으로 확인되었다.

봉지별 과실의 색깔발현은 광의 차단 여부 또는 내부 온도변화 등의 물리적 특성에 의해 달라지므로 사용했던 봉지의 투광률 및 온도를 분석하였다(Table 3). Dussi et al.(1995)은 400-500nm의 파장대는 배 과피를 어둡게 하여 다소 탁하고, 과실이 더 붉어 보이는 영향을 준다고 하였는데 본 연구에서도 400-500nm 파장대의 광량이 많을수록 L값은 낮은 경향을 보였다. 즉, 봉지를 씌우지 않은 과실에 조사되는 400-500nm 파장대의 광량은 $162.6\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$ 으로 명도값이 가장 낮고, 황색봉지와 이중착색봉지는 각각 0.2,

Table 2. Coloric characteristics of matured ‘Kalle’ fruit skin by treated bags.

Paper bags	Anthocyanin contents ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$)	Hunter value ^z			Chromaticity value ^y	Fruit skin color
		L	a	b		
White paper bag	9.8 b ^x	38.5 c	12.2 c	11.8 b	41.2 b A ^w
Yellow paper bag	4.2 c	57.1 b	-5.5 b	23.1 d	3.2 b B
Double layered paper bag	3.3 d	61.6 a	6.5 a	20.6 c	6.1 b B
No paper bag	26.5 a	28.9 d	15.5 d	6.0 a	192.9 a

^zHunter value: L, lightness, 0 (black) to 100 (white); a, redness, -a (green) to +a (red); b, yellowness, - b (blue) to +b (yellow).

^yChromaticity value = $L^*(a^*b^*)^2$, reported by Dussi et al. (1995).

^xSeparation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

^wCapital letter: Separation compared only among the three kinds of paper bags by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

Table 3. Relative light transmittances ratio and temperatures of the bags tested.

Paper bag	Light transmittance ^z (%)	Light quantity at specific wavelength ^y ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$)			Temperature ^x (°C)		
		300-320 nm	400-500 nm	650-655 nm	Mean	Maximum	Minimum
White paper bag	42.2	0.03 b ^w	68.2 b	8.9 b	26.1 a	34.1 ab	21.5 a
Yellow paper bag	36.2	0.00 b	0.2 c	4.3 c	26.5 a	35.6 a	21.5 a
Double layered black paper bag	0.7	0.00 b	0.1 c	0.0 d	26.1 a	32.7 ab	21.5 a
Outside of paper bag	100.0	0.78 a	193.9 a	15.9 a	25.7 a	32.1 b	21.6 a

^zLight transmittance is measured outer and inner paper bag simultaneously.

^ySpecific wave means the optimum wavelength for anthocyanin synthesis reported by Arakawa et al. (1985).

^xTemperatures were measured 10 through 21 July., 2010.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

$0.7\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$ 로 L값이 가장 높아 400-500nm파장대의 투광량이 적을수록 L값이 증가하였다.

투광률 42.2%인 백색봉지를 씌운 성숙기 'Kalle'는 안토시아닌 함량이 $9.8\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$ 로 봉지를 씌우지 않은 과실의 40%수준이었고, 투광률 36.2%의 황색봉지를 씌운 과실은 안토시아닌 $4.2\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$, 투광률 0.7%인 이중착색봉지의 안토시아닌 함량은 $3.3\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$ 이었다. 즉, 황색봉지와 이중착색봉지를 씌운 경우는 안토시아닌이 전혀 없는 '만풍배'와 '황금배' 수준으로 낮은 함량을 보여주었다 (Tables 1 and 2). 특히 황색봉지는 이중착색봉지에 비해 투광률이 현저하게 높음에도 안토시아닌이 거의 발현되지 않았으며, 녹색이 많은 특성을 보여 다른 봉지와 과피착색에서 확연한 차이가 났다. 과피의 안토시아닌 함량의 조절 및 합성에 고도로 효과적인 파장이 650-655nm와 280-320nm (UV B)라는 보고(Arakawa, 1988; Jakson et al., 1980)를 바탕으로 본 연구에서도 300-320nm, 650-655nm 파장대의 광량을 검토하였다. 300-320nm, 650-655nm 파장대의 자연광량이 각각 $0.78\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$, $15.9\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$ 인 것에 비해 봉지내부로 투과되는 300-320nm 파장대의 광량은 거의 확인되지 않아 세 봉지 모두 차이가 없었다. 그러나 650-655nm 파장대의 광량은 백색봉지가 $8.9\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$ 로 가장 많았고, 황색봉지 $4.3\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$, 이중착색봉지는 $0.0\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$ 로 각각 유의한 차이를 보였다(Table 3). 650-655nm 파장은 안토시아닌 합성에 영향을 줌과 동시에 엽록소 내 광합성을 촉진하는 파장이다. 백색 봉지와 황색봉지나 이중착색봉지 간에 안토시아닌 함량의 차이는 400-500nm와 650-655nm 파장대의 광량의 차이로 인한 것으로 추정된다.

봉지내부의 평균기온과 최소기온은 봉지에 따른 차이가

없었으나 일중 최고기온은 황색봉지가 가장 높았고 백색봉지, 이중착색봉지 > 자연상태 순으로 낮아지는 경향을 보였으며, 황색봉지는 일중 최고기온이 다른 봉지재배나 자연조건에 비해 3°C 가량이 높았다(Table 3). Laleh et al.(2006)이 *Berberis* plant의 4가지 종(*B. khorasanica*, *B. integririma*, *B. orthobotrys*, and *B. vulgaris*)에서 온도가 올라갈수록 안토시아닌의 분해가 가속화되며, 고온보다는 저온에서 PAL(L-phenylalanine ammonia-lyase)의 활성이 더 높다고 보고하였다. 그 이유는 고온에 의해서는 PAL이 불활성화되기 때문에 안토시아닌 분해가 촉진되는 것(Faragher, 1984)으로 추정되며 본 시험에서 황색봉지를 씌웠을 경우, 투광률 및 안토시아닌 합성 유효파장인 650-655nm의 광량이 이중착색봉지와 유의한 차이를 보였음에도 안토시아닌 발현에 차이가 없었던 이유는 황색봉지 내의 최고온도가 높은 것에 기인한 것으로 판단되었다.

적색과피 배에서 과피색 발현은 봉지의 투광량과 봉지 내부의 온도에 영향을 받으며, 봉지를 씌우면 봉지 종류에 상관없이 L값은 높고, a값은 낮은 경향을 보였는데, 특히 투광률이 낮을수록 L값은 높고, a값은 낮은 경향을 보여 차광으로 인해 안토시아닌 발현이 상당부분 억제되며, chromaticity value는 안토시아닌 함량과 정의 상관 관계가 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과로, 'Kalle'의 안정적인 적색 발현을 위해서는 봉지를 사용하지 않는 것이 가장 이상적이나 한국에서는 해충방제를 위해 봉지재배를 하고 있으므로 적색과피배 재배를 위해서는 과실의 피해는 줄이면서 적색이 균일하게 발현될 수 있도록 봉지제거 시기의 구멍 또는 안토시아닌 합성에 유효한 특정 파장의 광 투과율이 높거나 온도

가 과도하게 상승하지 않는 등 과피착색에 유리한 전용봉지의 개발을 위한 물리성 개선도 고려해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

초 록

본 연구는 적색과피 서양배 ‘Kalle’(*Pyrus communis* L.) 품종 과피의 해부학적 관찰을 통해, 안토시아닌의 분포위치를 확인하고, 투광량이 다른 봉지를 이용하여 성숙기 과실의 과피색 변화를 구명함으로써 봉지 물성에 따른 착색발현 양상을 밝혀, 보다 안정적인 적색배 생산을 위한 기초자료를 확보하고자 수행하였다. 적색과피 배와 사과에서는 안토시아닌 층이 표피나 아표피에서 관찰되었으나 황갈색이나 선황색 배에서는 안토시아닌 층이 확인되지 않았다. 암적색으로 전면이 착색된 ‘Kalle’의 과피 내 안토시아닌 함량은 $29.8\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$ 으로 밝은 적색을 보인 사과 ‘홍로’보다 많은 경향을 보였다. 사용 봉지의 물리적 특성 중 투광률은 백색봉지에서 42.2%로 사용한 봉지 중 가장 높았고, 봉지 내로 투과되는 650-655nm 파장의 광량도 $8.9\mu\text{mol}$ 로 가장 많았다. 봉지 내부의 최고온도는 황색봉지에서 자연조건이나 다른 봉지에 비해 3°C 가량 높게 나타났다. 봉지를 씌운 과실의 과피색과 안토시아닌 함량을 조사한 결과, 봉지를 씌우지 않고 재배한 경우, 적색 발현이 가장 좋았고, 안토시아닌 함량도 가장 높았다. 봉지를 씌운 처리에서는 봉지를 씌우지 않은 처리에 비해 적색 발현이 유의하게 낮아졌는데 봉지 종류간에는 백색봉지가 가장 적색이 많았으며, 이중착색봉지와 황색봉지에서는 적색 발현이 매우 낮은 수준을 보였다. 특히, chromaticity value는 안토시아닌 함량이 높을수록 높은 값을 보여 안토시아닌 발현에 따른 과피색 변화를 비교적 잘 표현할 수 있는 것으로 판단되었다. 이상의 결과로는 ‘Kalle’의 안정적인 적색 발현을 위해서는 봉지를 씌우지 않는 것이 가장 이상적이나 한국에서는 해충방제를 위해 봉지재배를 하고 있으므로 적색과피 배 재배를 위해서는 과실의 피해는 줄이면서 적색이 균일하게 발현될 수 있도록 봉지제거 시기의 구멍 또는 안토시아닌 합성에 유효한 특정 파장의 광 투과율이 높거나 온도가 과도하게 상승하지 않는 등 과피착색에 유리한 전용봉지의 개발을 위한 물리성 개선도 고려해볼 수 있을 것으로 생각된다.

추가 주요어 : 안토시아닌, 봉지재배, 색도값, 투광률, *Pyrus communis* L.

인용문헌

- Arakawa, O. 1988. Characteristics of color development in some apple cultivars: Changes in anthocyanin synthesis during maturation as affected by bagging and light quality. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 57:373-380.
- Bae, R.N., K.W. Kim, T.C. Kim, and S.K. Lee. 2006. Anatomical observation of anthocyanin rich cells in apple skins. HortScience 41:733-736.
- Brewer, L.R., and J.W. Palmer. 2011. Global pear breeding programmes: Goals, trends and progress for new cultivars and new rootstocks. Acta Hort. 909:105-119.
- Cepoiu, N., L. Ungureanu, and T.A. Tudor. 1991. Studies on pomological and morphological characteristics of the apple varieties Wijck and McIntosh. Scientia Hort. 34:39-47.
- Dayton, D.F. 1966. The pattern and inheritance of anthocyanins distribution in red pears. Proc. Soc. Hort. Sci. 89:110-116.
- Dussi, M.C., D. Sugar, and R.E. Wrolstad. 1995. Characterizing and quantifying anthocyanins in red pears. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:785-789.
- Faragher, J.D. 1984. Anthocyanin accumulation in apple skin during ripening: Regulation by ethylene and phenylalanine ammonia-lyase. Scientia Hort. 22:89-96.
- Ferreira, R.M., S.Z. Vina, A. Mugridge, and A.R. Chaves. 2007. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. Scientia Hort. 112:27-32.
- Francis, F.J. 1970. Anthocyanins in pears. HortScience 5:1-42.
- Hong, K.H., J.K. Kim, H.I. Jang, J.H. Choi, J.H. Han and K.Y. Kim. 1999. Effect of paper sources for bagging on the appearance of fruit skin in oriental pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai cvs. Gamcheonbae and Yeongsanbae). J. Kor. Hort. Sci. 40:554-558.
- Jackson, J.E. 1980. Light interception and utilization by orchard systems V, In: J. Janick. (ed.). Horticultural reviews. Vol. 2. AVI Publ. Co., Westport, Conn.
- Kim, Y.K., S.S. Kang, K.S. Cho, and S.B. Jeong. 2010. Effects of bagging with different pear paper bags on the color of fruit skin and qualities in ‘Manpungbae’. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28:36-40.
- Laleh, G.H., H. Frydoonfar, R. Heidary, R. Jameei, and S. Zare. 2006. The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four berberis species. Pakistan J. Nutr. 5:90-92.
- Lee, H.C. 1999. Physiological and ecological factors affecting fruit coloration and color enhancement in *Malus domestica* Borkh. cv. Fuji. Ph.D. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.

- National Clonal Germplasm Repository (NCGR). 1981. PI 541312.
www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/acc/search.pl?accid=%20PI+541312.
- Saure, M.C. 1990. External control of anthocyanin formation in apple. *Sci. Hort.* 42:181-218.
- Steyn, W.J. 2003. Red colour development and loss in pear fruit. Ph.D. thesis, University of Stellenbosch, Stellenbosch, South Africa.
- Steyn, W.J., D.M. Holcroft, S.J.E. Wand, and G. Jacobs. 2004. Anthocyanin degradation in detached pome fruit with reference to preharvest red color loss and pigmentation patterns of blushed and fully red pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129:13-19.
- Steyn, W.J., S.J.E. Wand, D.M. Holcroft, and G. Jacobs. 2007. Red colour development and loss in pear. *Acta Hort.* 671:79-85.
- Zhang, S.L., Z.J. Chen, and F.Z. Zhang. 2002. Ecological efficiency of pear fruit bagged to main pests and diseases. *Chinese J. Eco-Agri.* 10:37-40.