‘만풍배’의 생육기별 해부학적 구조와 과신품질

박지은¹ · 권용희¹ · 이별하나¹ · 박요섭¹ · 정명희¹ · 최진호² · 박희승^{1*}

¹중앙대학교 생명자원공학부 식물시스템과학전공, ²국립원예특작과학원 배시험장

The Characteristics of Anatomical Structure and Fruit Quality According to Fruit Developmental Stage of *Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Manpungbae

Ji-Eun Park¹, YongHee Kwon¹, ByulHaNa Lee¹, YoSup Park¹,
MyungHee Jung¹, Jin-Ho Choi², and Hee-Seung Park^{1*}

¹The Department of Integrative Plant Science, School of Bioresource and Bioscience,
Chung-Ang University, Anseong 456-756, Korea

²Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Naju 523-820, Korea

Abstract. This study was carried out to understand the physiological characteristics of ‘Manpungbae’ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) pears through the seasonal changes of pericarp structure and anatomical differences between bagging and non-bagging treatment, and also fruit quality and peel coloration characteristics at the harvest time. The pericarp at full bloom was consists of outer epidermis, hypodermis, parenchyma cell, and inner epidermis from the exterior. The cell layers from the outer epidermis to vascular bundle increased rapidly 7-10 layers to 18-26 layers from full bloom (FB) to 77 days after full bloom (DAFB) and did not change significantly until maturity. Thus, the cell division period of ‘Manpungbae’ pear was until 77 DAFB and during this period, the thickness from hypodermis to vascular bundle increased from 73.1 μ m to 195 μ m in this period. Stone cells were formed from seven to 21 DAFB and stone cell clusters were formed around 49 DAFB. The cork cell layer was formed between 49 and 77 DAFB. ‘Manpungbae’ fruit pericarp was consists of 4.5 layers of the cork cell layers and seven layers of hypodermis which has the tannin at harvest time (161 DAFB). Comparison of the fruit enlargement and fruit structure development by bagging or non-bagging showed that ‘Manpungbae’ fruits without bagging had more than three cork cell layer than those with bagging at maturity. The size of stone cell clusters were varied in two treatments. Fruit weight was higher in the non-bagging treatment but there was no difference in soluble solid contents (SSC) between two treatments. The weight of the ‘Manpunbae’ fruit was distributed from 301 g to more 900 g and the average fruit weight was 677.2 g at harvest time, and fruits in the range of 551-800 g accounted for 71.6% of total production. The SSC, acidity and SSC/acidity ratio was 10.2-12.1 °Brix, 0.10-1.24% and 9.76-14.31 respectively, and the SSC was higher in bigger fruit which had a very higher positive correlation with a fruit weight. However, the fruit firmness tended to be lower with fruit size which had a very higher negative correlation with the fruit weight and SSC. The cork cell layer numbers between yellowish brown and green pericarp were not different significantly, in 3.8 and 3.5 respectively.

Additional key words: cork cell layer, epidermis, stone cell, ultrastructure

서 언

‘만풍배’(*Pyrus pyrifolia* Nakai)는 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서 1982년 ‘풍수’와 ‘만삼길’을 교배하여 육성한 중생종으로, 육질은 극히 유연하고 과즙이 풍부하며

식미가 매우 우수한 것으로 보고(Cho et al., 2003)되었으나, 과실이 성숙되어도 과피에 녹색이 많이 남아 과실의 상품성이 저하되는 요인이 되고 있다(Kim et al., 2010). 그러나 ‘만풍배’의 이러한 문제점에도 불구하고, 이를 해결하기 위한 과실 특성 연구는 매우 미흡하고 기초자료가 부족한

*Corresponding author: koussa@cau.ac.kr

※ Received 25 July 2012; Revised 8 February 2013; Accepted 25 March 2013. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업의 지원(PJ9069932012)에 의해 수행되었음.

실정이다.

현재까지 국내에서 배 과실의 해부학적 연구는 까끌한 조직감 특성으로 과실 품질을 저해하는 석세포에 대해 주로 이루어져 있다(Choi et al., 2003; Lee and Kim, 2001). 또한 일부 수확 후 저장 중에 발생하는 생리장해와 관련하여 과피흑변, 얼룩과, 탈피과의 발생과정에 관한 연구가 있으나(Hong et al., 2008) 대부분 ‘신고’에 대한 것으로 점차 재배면적이 확대되고 있는 ‘만풍배’에 관한 해부학적 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 고품질 중생종으로 육성된 ‘만풍배’의 만개기에서 성숙기까지 과실 발달과 변화과정, 봉지씌우기(괘대) 유무에 따른 형태학적 차이를 알아보고 과실 품질 분석과 착색특성 구명을 통하여 향후 ‘만풍배’의 생리적 특성을 이해하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

시험재료

농촌진흥청 국립원예특작과학원 과수과 배 유전자원포장(경기도 화성시 봉담읍 수영리)에 재식된 12년생 ‘만풍배’(*Pyrus pyrifolia* Nakai) 나무에서 만개기부터 수확기까지 과실을 채취하여 생육시기별 해부학적 구조와 과실품질을 조사하였다. 과실의 세포 및 조직 발달 과정을 관찰하기 위하여 과실의 초기 발달이 빠르게 일어나는 만개기부터 만개 후 60일까지는 1주 간격으로 3개씩 과실을 현장채취하여 즉시 현미경 검정용 시료 제작과 과실품질을 조사하였다. 또한 봉지씌우기(괘대) 처리에 따른 과실의 해부학적 차이를 관찰하기 위해 황색 이중 노루지(겉지 황/내지 황, (주)농협아그로) 봉지를 사용하여 괘대처리를 실시하였고 만개 후 60일에 봉지를 씌운 후 수확기까지는 2주 간격으로 3개씩 시료를 채취하였다. ‘만풍배’의 수확기 과실의 과중 및 품질 분포를 구명하기 위하여 전라남도 나주의 재배농가에서 생장조절제 등 아무것도 처리 되지 않은 채 관행재배된 4주를 선정한 후 과실을 전량 수확하여 과중등급을 나누어 4반복씩 품질을 분석하였다.

광학현미경 검경

시료의 제작은 Park(1995)의 방법을 이용하여 생육기별로 과실의 적도부위에서 절편을 채취하여 5mL Vial에 넣어 2.5% glutaraldehyde와 1% osmic acid 용액을 이용한 이중 고정방법을 사용하였다. 고정된 시료는 40%, 60%, 80%, 90%, 95%, 100% ethanol을 이용하여 탈수한 이후, ethanol과 propylene oxide를 1:1의 비율로 섞은 용액에 15분간 시료를

침지시키고 propylene oxide로 유리화 하였다. 그 뒤 propylene oxide와 epon을 2:1과 1:1에 섞은 용액에 각각 1시간 동안 처리한 뒤 순수한 epon에서 하룻밤 동안 보관하고, 다음날 silicon mold에 epon에 DMP-30(2,4,6-(Tri(Dimethylaminoethyl)phenol)을 섞은 것과 앞서 만들어진 시료를 넣어 60°C의 oven에서 4일간 경화시켰다. 그 뒤 얻어진 epon block은 단면도로 treaming 작업을 거쳐 초미세절단기(Powertome X, RMC, USA)에서 1,500nm의 두께로 절단하여 PAS(periodic acid Schiff) 방법으로 염색한 후 광학현미경(Olympus SZX10, Japan)으로 관찰하였다.

과실품질 분석

생육기간 동안의 과실품질 변화를 알아보기 위해 시기별로 3개씩 시료를 채취하였다. 또한 수확기 과실의 과중 등급별 품질을 알아보기 위해 수확된 과실을 과중 50g 단위로 등급 분류하고, 등급별로 vernier calipers(Mitutoyo Corp., CD-15CP, Japan)를 이용하여 종경과 횡경을 측정하고 정도는 texture analyzer(Stable micro systems, TA_XT express, UK)를 이용하여 조사하였다. 과실의 품질은 디지털 당도계(Suntex Corp., SP-2000, Japan)를 이용하여 가용성 고형물 함량을 측정하였으며 pH meter(Suntex Corp., SP-2200, Japan)를 이용하여 0.1N NaOH로 적정산도를 측정하였다.

과피의 엽록소 함량 분석

‘만풍배’의 수확기 과피 착색 특성을 관찰하기 위해 과중 분포 등급을 나누어 각각 4개씩 선별하고 과피의 황갈색 부분과 녹색 부분을 구분하여 직경 1.1cm의 cork borer를 이용하여 disk를 각각 10개씩 채취하였다. 채취한 시료들은 100% MeOH에 담가 암조건에서 24시간 추출한 후 Spectro Photometer(Shimadzu., UV mini 1240, Japan)를 이용하여 651nm와 664nm에서 흡광도를 측정한 뒤 총 엽록소 함량을 환산하였다.

통계분석

수집된 데이터들의 통계처리는 PASW Statistics 18(SPSS Inc., USA) 프로그램을 이용하여 Duncan 다중검정($P = 0.05$)과 T-검정($P = 0.05, 0.01$)을 실시하여 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

‘만풍배’의 조직발달 및 과실비대

만개기의 과실 구조는 가장 바깥쪽으로부터 한 층의 외표피층과 아표피층, 유조직층, 내표피층으로 구성되었다.

만개기 과실의 유관속 조직으로는 Esau(1977)의 구분과 같이 아표피층부터 유조직층까지 바깥쪽부터 5종류(주변, 약편, 화판, 측부, 중앙심피)의 유관속 조직들이 관찰되었다 (Fig. 1A). 그러나 만개기에는 세포의 분화가 완전히 이루어지지 않아 과피와 과육조직을 형태적으로 구분하는 것은 불가능하였다.

만개 후 21일부터는 과실의 외곽에 위치한 외표피와 아표피층의 세포들은 내부의 과육세포에 비해 납작하고 얇은 형태로 신장하는 것이 관찰되어 과육세포와 과피세포의 구분이 가능하였고, 만개 후 49일에는 과실 표면에 있는 기공이

퇴화되어 과점이 형성된 것(Glenn and Pooviah, 1985)을 관찰할 수 있었다(Figs. 1B, 1C, and 1D). 만개 후 77일에는 코르크층이 쉽게 관찰되어(Fig. 1E) ‘만풍배’는 만개 후 49일과 77일 사이에 코르크층이 발달되는 것으로 조사되었다. 이는 만개 후 50일 경에 과피의 코르크화가 상당히 진행된 ‘화산’(Park et al., 2002)에 비해 늦는 경향을 보였다.

아표피층을 구성하는 세포 수는 과피와 과육세포의 구분이 가능하게 된 만개 후 21일에 4-6층부터 만개 후 77일에 9-13층으로 증가하였으며 이후에는 성숙기까지 오히려 감소하였다(Table 1). 이는 Park(1995)이 보고한 포도의 과피

Fig. 1. Cross section of 'Manpungbae' pear fruit at full bloom (A), 7 (B), 21 (C), 49 (D), 77 (E), and 161 (F) days after full bloom. C, cork layer; F, flesh; H, hypodermis; IE, inner epidermis; L, lenticels; LCVB, lateral carpellary vascular bundle; LO, locule; MCVB, median carpellary vascular bundle; OE, outer epidermis; PPVB, periphery vascular bundle; PVB, petal vascular bundle; SVB, sepal vascular bundle; TC, tannin cell; SC, stone cell.

발달과 유사한 양상으로 유관속 조직 위에 있는 아표피 조직의 일부가 과육조직으로 분화되어 과피를 구성하는 세포 수가 감소하는 것으로 생각되었다. 따라서 ‘만풍배’의 세포 분열 기간은 만개 후 77일까지인 것으로 관찰되었으며, 이후에는 세포비대에 의해 과실비대가 진행되는 것으로 생각

Table 1. Seasonal changes of hypodermal cell numbers and flesh cell diameters of fruit from full bloom to maturity in ‘Manpungbae’ pear.

DAFB ^z	Number of hypodermis cell layers	Flesh cell diameters (μm)
FB ^y	7-10 bc ^x	10.2 k
7	9-12 ab	11.6 k
14	10-12 a	16.6 j
21	4-6 d	17.0 j
35	6-8 cd	18.0 ij
49	7-10 bc	20.0 hi
63	8-10 abc	21.0 h
77	9-13 a	25.0 g
91	7-10 bc	36.8 f
105	7-8 c	52.6 e
119	7-8 c	55.3 d
133	7-8 c	58.2 c
147	6-9 c	63.2 b
161	6-9 c	69.2 a

^zDays after full bloom.

^yFull bloom.

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

되었다. 과육 세포의 횡경을 시기별로 조사한 결과 과육 세포는 만개기의 10.2μm에서 성숙기의 69.2μm까지 계속 크기가 증가하였으며 만개 후 77일 이후에 급격히 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 ‘만풍배’의 과실비대는 만개 후 77일까지는 세포분열과 세포비대에 의해 크기가 증가하였으며 그 이후에는 세포비대에 의해서만 과실이 비대하는 것으로 조사되었다.

배 과육의 석세포는 리그닌의 합성과 이동, 축적으로 유세포의 2차 세포벽이 비후하여 형성된 후벽세포로써(Li et al., 2007; Tao et al., 2009), ‘만풍배’에서는 만개 후 7일부터 유조직에서 석세포로 추정되는 세포들이 한 두 개씩 형성되기 시작하여 만개 후 49일에는 석세포 군을 이루는 것이 뚜렷하게 관찰되었으며 만개 후 161일에는 석세포 군의 발달에 따라 모든 주변 세포들이 방사형으로 신장되는 형태를 보였다(Figs. 1C, 1D, and 1F). 따라서 ‘만풍배’의 석세포 군은 ‘신고’보다 늦게 형성되며, 좌우로 신장하는 ‘신고’와는 다른 모양을 보였다(Choi et al., 2003).

성숙기인 만개 후 161일 ‘만풍배’ 과실의 구조는 바깥쪽으로부터 코르크층, 아표피층, 유조직층으로 되어 있었으며 코르크층 수는 4.2개, 코르크층을 포함하여 과피를 이루는 세포층 수는 약 11-12개였다(Fig. 1F).

한편 ‘만풍배’의 조직발달 관찰과 더불어 만개기부터 성숙기까지 생육기별 과실비대 양상을 조사한 결과(Table 2), 생육일수가 증가함에 따라 과중은 만개기에 0.02g에서 만개 후 77일까지는 46.0g으로 약 1,600배가 증가하였으며 만개

Table 2. Fruit quality by bagging and non-bagging cultivation in ‘Manpungbae’ pear.

DAFB ^z	Control	Weight (g)	Length (mm)	Diameter (mm)	SSC ^y (°Brix)	Acidity (%)	SSC/acidity
FB	Bagging	-	-	-	-	-	-
	Non-bagging	0.02	3.28	3.34	-	-	-
35	Bagging	-	-	-	-	-	-
	Non-bagging	6.54	22.74	22.82	7.6	0.25	30.4
49	Bagging	-	-	-	-	-	-
	Non-bagging	13.92	27.87	29.49	7.7	0.36	21.4
77	Bagging	36.10	36.10	41.50	6.7	0.24	27.9
	Non-bagging	46.00*	40.09**	44.81ns	6.6ns	0.21ns	31.4ns
91	Bagging	92.50	50.94	59.63	6.9	0.17	40.6
	Non-bagging	97.13ns	50.73ns	58.15ns	6.6ns	0.16ns	41.3ns
147	Bagging	538.00	84.01	103.57	12.4	0.11	112.7
	Non-bagging	562.67ns	85.82ns	103.82ns	12.3ns	0.11ns	111.8ns
161	Bagging	721.00	96.61	113.70	13.1	0.11	119.1
	Non-bagging	754.00**	98.69*	113.98**	13.0ns	0.12ns	108.3ns

^zDays after full bloom.

^ySoluble solid contents.

ns,*,** Nonsignificant, significant at 5%, 1% level by t-test.

후 77일부터 성숙기까지는 약 16배가 증가하여 생육 초반의 세포 분열 시기에 과실이 급격히 비대하는 것을 확인할 수 있었다. 반면에 가용성 고형물 함량은 만개 후 91일까지는 6-8°Brix 사이로 낮게 유지되다 이후 증가하여 성숙기인 만개 후 161일에는 13.0°Brix까지 증가하였다. 이는 ‘원황’이나 ‘화산’의 초기 생장과는 다른 패턴을 나타냈으며, 성숙기의 가용성 고형물 함량은 ‘원황’과 비슷하였다(Chun and Lee, 2011). 반면에 산함량은 만개 후 49일에 3.56%로 가장 높았으나 그 후 서서히 낮아져 성숙기에는 1.09%로 생육이 진전될수록 당산비가 높아지는 것으로 관찰되어 ‘원황’과 비슷한 경향을 나타내었다(Chun and Lee, 2011).

‘만풍배’의 패대유무에 따른 조직발달 및 과실비대

Han et al.(1999)은 동양배 나무에서는 더 선명한 색과 부드러운 과피를 가진 과실을 생산하기 위해 봉지재배를 한다고 하였으며, 이러한 봉지재배는 과실의 코르크층을 발달시키는 환경적 그리고 재배적 요인으로부터 과실을 보호한다고 하였다. 따라서 ‘만풍배’의 패대 유무에 따른 조직발달 및 과실비대의 차이를 알아보기 위하여 만개 후 60일에 봉지를 씌워 광학현미경을 이용하여 관찰한 결과, 코르크층은 만개 후 77일에 뚜렷이 구분되었고 층 수가 증가되었으며

유대과실은 3-4층으로 무대과실이 2층인 것에 비해 약 2층이 더 많이 형성되었다(Figs. 2A and 2B). 그러나 성숙기에는 코르크층이 무대과실 6-7층으로 유대과실 3-4층보다 약 3층이 더 형성되어, 무대재배가 ‘만풍배’의 코르크층 형성을 촉진하는 것으로 판단되었다(Figs. 2C and 2D). 이와 같은 결과는 패대 직후 갑작스런 과실 주변의 환경변화에 대하여 유대과에서 오히려 초기에 코르크층의 형성이 진행된 것으로 보이며 이후에는 외부 환경과 계속적으로 접촉을 하는 무대재배과에서 지속적인 코르크세포의 발달이 진행된 것으로 추정되었다. Han et al.(1999)은 ‘풍수’ 배의 유대재배한 과실의 표면에 분포한 코르크 함량이 무대재배에 비해 75% 적으며, 코르크층의 수, 경도 및 크기 또한 낮게 나타난다고 하여, 본 연구의 결과와 유사하였다.

또한 수확기에 가까워질수록 유대재배구가 무대재배구에 비해 아교피층 수가 더 많이 감소하는 경향을 보였으며, 이는 봉지에 의해 과실이 수분, 광, 온도, 균류 감염, 제초제 살포 등 재배적으로 보호되는 환경에서(Berill, 1956; Hofman et al., 1997; Joyce et al., 1997; Kitagawa et al., 1992; Van Dyk and Saayman, 1989) 과피층이 두껍게 형성될 필요가 적어지기 때문인 것으로 판단되었다.

성숙기의 ‘만풍배’ 과실 내 석세포군은 주로 과피 직하에

Fig. 2. Cross section of ‘Manpungbae’ pear fruit of between bagging (A), non-bagging (B) at 77, bagging (C) and non-bagging (D) at 161 days after full bloom. C, cork layer; F, flesh; H, hypodermis; L, lenticels; TC, tannin cell; SC, stone cell; SG, starch granule.

넓게 분포되어 있었으며, Choi et al.(2003)이 보고한 ‘신고’의 경우와 같이 석세포군 간의 크기 차이가 많고 불균일하게 분포되어 있으나 평균적으로 유대재배구는 종경 118 μ m, 횡경 152 μ m이었고 무대재배구는 종경 179 μ m, 횡경 235 μ m로 무대재배구에서 생산된 과실의 석세포군의 크기가 더 크게 나타났다(Figs. 2C and 2D). 석세포는 토양 수분 스트레스 같은 환경 요인(Lee et al., 2006)이나 기계적인 장해를 극복하기 위한 과정에서 나타나는 리그닌화로 인해 발생이 촉진될 수 있으며(Choi et al., 2003), 따라서 과실 내의 세포 수나 저장양분 같은 내적 요인과 광, 온도, 수분 같은 외적 요인(Choi, 2007)이나 생리적 요인은 석세포의 크기에 영향을 미칠 수 있다고 생각되었다.

한편 봉지를 씌운 뒤 유대재배구와 무대재배구의 생육기별 과실 비대양상을 비교한 결과(Table 2), 껍대 처리 후부터 성숙기인 만개 후 161일까지 무대재배 과실이 유대재배 과실에 비해 크기가 큰 것으로 조사되었다. 가용성 고형물 함량은 만개 후 91일까지 유대재배구와 무대재배구에서 6.6-6.9°Brix로 낮게 유지되다가 그 이후 증가하여 만개 후 147일에 12.0°Brix 이상 도달하였으며, 성숙기에는 유대재배구와 무대재배구 모두 13.0-13.1°Brix를 나타내었다. ‘신고’ 배의 경우 무대재배된 과실의 가용성 고형물 함량이 유대재배된 과실에 비하여 높았으며, 저장기간 동안에도 이러한 상태가 유지된다고 하였다(Hong and Lee, 1997). 또한 봉지를 씌운 과실은 과피의 엽록소 생성저하, 광 차단에 의한 광합성능 저하 등의 요인에 의해 가용성 고형물 함량이 낮아진다고 하였으나(Hong and Lee, 1997), ‘만풍배’에서

는 유대재배구와 무대재배구의 수확기 과실품질에서는 가용성 고형물 함량, 산도 및 당산도의 차이가 거의 없었다. 따라서 ‘만풍배’는 껍대 유무에 따라 과실 크기에는 차이를 보였으나 가용성 고형물 함량 저하가 거의 나타나지 않아 품종 고유의 당도를 올리는 데는 큰 문제가 없는 것으로 생각되었다.

수확기 과실품질

2011년 ‘만풍배’의 수확기 과중등급별 품질분석을 위해 수확한 과실을 300g부터 900g 이상까지 총 13개의 등급으로 분류하였으며, 전체 과실 등급 중 701g-750g의 과중 등급이 16.9%로 가장 많이 분포하였으며 이 범위의 평균 과중은 729.3g으로 ‘만풍배’의 과중이 770g 내외의 극대과라는 기존의 보고(Cho et al., 2003)와 비슷한 결과를 나타내었다. 등급당 비율이 10% 이상인 과실의 분포는 551g-800g 사이의 과실로 71.6%를 차지하였으며 이 범위의 평균 과중은 677.2g으로 나타났다(Table 3). 반면에 가용성 고형물 함량이 12°Brix를 전후한 상품성 있는 과실은 과중이 601g 이상 되어야 하는 것으로 조사되었으며 이에 해당하는 과실 생산량은 전체의 70.8%였다. 과실의 외관 특성과 품질과의 상관분석을 수행한 결과, 과중은 종경, 횡경, 가용성 고형물 함량과 높은 정의 상관을 나타내었고 산 함량과는 부의 상관을 나타내었다(Table 4). 사과와 배 과실에 있어서, 과실의 크기나 과피색 등의 외관 품질인자들은 내부 품질 인자에 의한 영향을 받으므로(Kingston, 1991), 따라서 ‘만풍배’는 과실의 크기가 클수록 단맛이 높을 것으로 생각되었다. 정도

Table 3. Fruit quality according to weight ranges in ‘Manpungbae’ pears.

Fruit Weight (g)	Weight distribution percentage (%)	SSC ^z (°Brix)	Acidity (%)	SSC/acidity	Firmness (N)
301-350	0.8	11.1 b ^y	0.06 ab	185.0 c	45 a
351-400	2.0	10.1 c	0.05 abc	202.0 c	30 bcde
401-450	4.0	11.0 b	0.05 abc	220.0 abc	35 b
451-500	5.2	11.6 ab	0.05 abc	232.0 abc	29 bcde
501-550	5.6	11.0 b	0.05 bc	220.0 abc	36 b
551-600	11.6	10.9 bc	0.05 abc	218.0 bc	32 bcd
601-650	15.5	11.7 ab	0.05 abc	234.0 c	25 de
651-700	14.5	11.8 ab	0.06 a	196.7 b	31 bcde
701-750	16.9	11.9 ab	0.05 abc	238.0 abc	28 bcde
751-800	13.1	12.1 a	0.05 bc	242.0 ab	26 cd
801-850	7.4	11.9 ab	0.06 abc	198.3 abc	34 bc
851-900	3.0	11.9 ab	0.05 bc	238.0 abc	26 cd
900 <	0.4	11.7 ab	0.04 c	292.5 a	23 e

^zSoluble solid contents.

^yMeans separation within columns by Duncan's multiple range test, at $p = 0.05$.

Table 4. Correlation between internal and external fruit quality in 'Manpungbae' pear.

PCC ^z	Weight (g)	Length (mm)	Diameter (mm)	SSC ^y (°Brix)	Acidity (%)	SSC/acidity
Length (mm)	0.949**					
Diameter (mm)	0.968**	0.927**				
SSC (°Brix)	0.583**	0.592**	0.578**			
Acidity (%)	-0.183ns	-0.088ns	-0.107ns	0.024ns		
SSC/acidity	0.354*	0.265ns	0.280*	0.355**	-0.913**	
Firmness (N)	-0.519**	-0.506**	-0.473**	-0.268ns	0.213ns	-0.264ns

^zPearson correlation coefficient.^ySoluble solid contents.ns,*,**Nonsignificant, significant at $p = 0.05$, $p = 0.01$.

는 과중, 종경, 횡경 및 가용성 고형물 함량과 상관계수가 음의 값을 나타내어 과실크기가 클수록 경도는 낮은 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 Kwon et al.(2011)이 보고한 '신고'와 '황금배'의 과실 외적 특성과 품질간 상관관계 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 특히, Cho et al.(2003)의 보고에 의하면 '만풍배'는 수확 후 경도의 저하 등 상온 저장력이 약한 편이므로 고품질을 위한 대과 생산 시 향후 저장력에 관한 연구가 수반되어야 할 것으로 생각되었다.

과피 착색과 코르크 조직 발달

배 과실에서, 고품질 배 과실의 기준은 당도, 경도와 함께 과피의 선명도가 이용되고 있다(Lee et al., 2003). '만풍배'는 국내에서 재배되고 있는 동양배의 주요 품종들과는 달리 수확기에도 과피에 녹색을 띠는 특성을 가지고 있으며, Lancaster et al.(1997)은 과실의 외관을 나타내는 과피 색은 클로로필, 카로티노이드, 그리고 플라보노이드 등의 색소들로 인해 나타나는데 이러한 요인들 외에도 과피 표면에 있는 큐티클층의 왁스, 코르크층, 표피의 털이나 표피와 아표피층 세포들의 방향에 따라서도 결정된다고 하였다. 또한 Han et al.(1999)에 따르면 '장십랑', '풍수', '행수' 등 과피 색이 갈색인 과실은 성숙기에 가까울수록 코르크층이 전면 에 고르게 발달하고, '풍수'의 경우 유대재배가 코르크층의 두께와 수가 모두 작았으며, 유대재배를 할 경우 과피의 코르크 발달과 슈베린화를 지연시키기 때문에 무대재배에 비해 과피가 덜 붉으면서 더 밝은 색의 외관을 나타낸다고 하였다. 이에 착안하여 수확기에도 과피에 부분적으로 녹색을 띠는 '만풍배'의 과피 착색 특성을 관찰하기 위해 과피의 녹색부위와 황갈색 부위의 코르크층의 발달을 조사한 결과 각 부위의 코르크 세포층 수는 황갈색 부위는 3.8층, 녹색부위가 3.5층으로 거의 차이를 보이지 않았다(Table 5). 반면에 부위별 총 엽록소 함량을 조사하여 비교한 결과, 황갈색 부분은 $0.13\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, 녹색부분은 $0.49\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 으로 녹색부분

Table 5. Comparison of cork cell layers according to skin color in 'Manpungbae' pear.

Skin color	Number of cork cell layers	Total chlorophyll contents ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)
Yellow	3.8	0.13
Green	3.5	0.49
Significance	ns	**

ns, **Nonsignificant, significant at 1% level by t-test.

에서 더 많았으며 유의성 분석 결과 차이가 나타났다. 이에 따라 '만풍배'의 과피색은 코르크층의 두께에 의한 영향이 거의 없고 아표피에 존재하는 엽록소의 분해 정도에 따라 녹색을 띠는 것으로 추정되었다.

초 록

본 연구는 '만풍배'의 생육단계 및 껍대 유무에 따른 과실의 해부학적 차이를 알아보고, 수확기 과실의 품질 및 착색 특성 관찰을 통하여 '만풍배'의 생리적 특징을 이해하기 위하여 수행되었다. 만개기의 과실구조는 바깥쪽으로부터 외표피층, 아표피층, 유조직층, 내표피층으로 구성되어 있으며 아표피층을 이루는 세포 층수는 만개기부터 만개 후 77일까지 9-13층까지 최대로 증가하여 '만풍배'의 세포 분열 기간은 만개 후 77일까지로 조사되었다. 이 기간 동안 아표피층에서 유관속조직까지의 두께는 $73.1\mu\text{m}$ 부터 $195\mu\text{m}$ 까지 증가하였다. 석세포는 만개 후 7일부터 관찰되어 만개 후 49일에는 석세포군이 형성되어 있었다. 코르크층은 만개 후 49-77일 사이에 형성되었다. 성숙기인 만개 후 161일 '만풍배' 과실의 과피는 바깥쪽부터 코르크층은 4.5층, 아표피층은 7개의 세포층으로 구성되어 있었고 아표피층에는 탄닌이 분포해 있었다. '만풍배'의 껍대 유무에 따른 과실비대 및 조직발달을 비교한 결과, 껍대 초기에는 코르크층이 유대재배구에서 더 빨리 생겨나는 것으로 관찰되었으나 성숙기에

는 3층 정도 무대재배구에서 더 두꺼워지는 것을 관찰할 수 있었다. 석세포군의 크기는 두 실험구 모두 불균일하게 분포되어 있었으며 과중은 무대재배구에서 더 높았으나 수확기의 당도는 껍대 유무에 따른 차이를 보이지 않았다. ‘만풍배’의 수확기 과중 등급은 301g부터 900g 이상까지 분포하였고, 그 중 551-800g의 과실이 총 수확량의 71.6%로 가장 많았으며 이 범위의 평균 과중은 677.2g이었다. 과실품질은 가용성 고형물 함량 10.1-12.1°Brix, 산도 0.10-1.24%, 당산비 9.76-14.31로 분포하였으며 과중과 가용성 고형물 함량은 매우 높은 정의 상관관계를 나타내어 과실 크기가 클수록 가용성 고형물 함량도 높았다. 반면에 경도는 과중 및 가용성 고형물 함량과 높은 부의 상관관계를 나타내어 과실크기가 클수록 낮은 경향을 나타냈다. 과피의 황갈색 부분과 녹색 부분을 구분하여 코르크층 수와 함께 엽록소 함량을 조사한 결과, 코르크층은 황갈색 부분은 3.8층, 녹색부분은 3.5층으로 거의 차이를 보이지 않았으나 엽록소 함량은 녹색부분이 많은 것으로 조사되었다.

추가 주요어 : 코르크층, 과피, 석세포, 미세구조

인용문헌

- Berrill, F.W. 1956. Bunch covers for bananas. Queens-land Agricultural J. 82:435-439.
- Cho, K.S., S.S. Kang, H.M. Cho, G.C. Koh, K.H. Hong, D.S. Son, W.C. Kim, and K.Y. Kim. 2003. Breeding of a very soft, juicy, large sized, and high quality mid-season pear cultivar ‘Manpungbae’. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21:25-28.
- Choi, J.H., H.S. Suh, J.J. Choi, H.S. Park, W.S. Kim, and S.H. Lee. 2003. Anatomical observation on stone cell formation in fruit flesh of Asian pear ‘Niitaka’. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:885-888.
- Choi, J.H. 2007. Export high-quality pear production technology. Korea Agricultural Trade Informtaion (KATI), Seoul. p. 70-83.
- Chun, J.P. and U.Y. Lee. 2011. Evaluation of quality indices during fruit development and ripening in ‘Wonhwang’ and ‘Whasan’ pears. CNU. J. Agri. Sci. 38:405-411.
- Kingston, C.M. 1991. Maturity indices for apple and pear. Horticultural Rev. 13:407-432.
- Esau, K. 1977. Anatomy of seed plants. John Wiley & Sons, Inc., New York. p. 445-450.
- Glenn, G.M. and B.W. Poovaiah. 1985. Cuticular permeability to calcium compounds in ‘Golden Delicious’ apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:192-195.
- Han, J.W., H.J. Lee, H.I. Jang, K.H. Hong, J.J. Choi, K.Y. Kim, and J.O. Guh. 1999. Comparison of skin characteristics between non-bagged and bagged ‘Hosui’ pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:439-442.
- Hofman, P.J., L.G. Smith, D.C. Joyce, G.I. Johnson, and G.F. Meiburg. 1997. Bagging of mango (*Mangifera indica* cv. ‘Keitt’) fruit influences fruit quality and mineral composition. Postharvest Biol. Technol. 12:83-91.
- Hong, J.H. and S.K. Lee. 1997. Postharvest changes in quality of ‘Nittaka’ pear fruit produced with or without bagging. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:396-398.
- Hong, Y.P., S.K. Lee, Y.M. Park, and H.S. Park. 2008. Developmental anatomy and features of the exocarp as related with fruit skin disorders in ‘Niitaka’ pear fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 77:382-387.
- Joyce, D.C., D.R. Beasley, and A.J. Shorter. 1997. Effective on preharvesting on fruit calcium levels, and storage and ripening characteristics of ‘Sensation’ mangoes. Austral. J. Experimental Agr. 37:383-389.
- 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.
- Kitagawa, H., K. Manabe, and E.B. Esguerra. 1992. Bagging of fruit on the tree to control disease. Acta Hort. 321:871-875.
- Kwon, Y.H., Y.S. Park, J.E. Park, and H.S. Park. 2011. Changes of fruit characteristics by fruit load control in ‘Niitaka’ and ‘Whangkeumbae’ pear trees on Y-trellis training system. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29:523-530.
- Lancaster, J.E., C.E. Lister, P.F. Reay, and C.M. Triggs. 1997. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122:594-598.
- Lee, J.E. and W.S. Kim. 2001. Morphological characters of stone cells and their effect on fruit quality of pears. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:449-452.
- Lee, J.W., S.H. Kim, S.I. Hong, M.C. Jeong, H.W. Park and D.M. Kim. 2003. Quality distribution of Korean shingo pears. Kor. J. Food Preserv. 10:162-168.
- Li, S.H., B. Schneider, and J. Gershenzon. 2007. Microchemical analysis of laser-micro dissected stone cells of Norway spruce by cryogenic nuclear magnetic resonance spectroscopy. Planta. 225:771-779.
- Park, H.S., J.K. Kim, and I.K. Yoon. 2002. Characteristics of fruit tissue development and fruit splitting occurrence in ‘Whasan’ pear. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20(Suppl. II):88. (Abstr.)
- Lee, S.H., J.H. Choi, W.S. Kim, T.H. Han, Y.S. Park, and G. Hiroi. 2006. Effect of soil water stress on the development of stone cells in pear (*Pyrus pyrifolia* cv. ‘Nittaka’) flesh. Sci. Hort. 110:247-253.
- Tao, S.T., S. Khanizadeh, H. Zhang, and S.L. Zhang. 2009. Anatomy, ultrastructure and lignin distribution of stone cells in two *Pyrus* species. Plant Sci. 176:413-419.
- Van Dyk, B.W. and D. Saayman. 1989. The effect of different bunch covers on colour development, ripening and damage of Barlinka and Muscat Hamburg bunches. Deciduous Fruit Grower 39:276-279.