

만수 품종 배의 과피 갈변 원인 구명

이중섭* · 서형호¹ · 윤익구¹ · 최장전 · 최진호 · 김점국¹
국립원예특작과학원 배시험장, ¹국립원예특작과학원 과수과

Occurrence of Skin Browning by Mechanical Injuries on the Fruits of 'Mansu' Pear

Jung Sup Lee*, Hyung Ho Seo¹, Ik Gu Yun¹, Jang Jeon Choi, Jin Ho Choi and Jeom Kuk Kim¹
Pear Research Station National Institute of Horticultural & Herbal Science, Naju 440-310, Korea
¹Fruit Research Division National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-310, Korea
(Received on November 7, 2008)

This research was carried out to elucidate the causes of fruit skin browning in 'Mansu' pear for the last 2 years. It was observed that skin browning was induced even by the small mechanical injury produced during grading and packing for the market supplies after harvest on the fruits of 'Mansu' pear. The incidences of fruit skin browning in pears treated with artificial mechanical injuries were investigated between 'Niitaka' and 'Mansu' pears. The results showed that fruits of 'Mansu' are more susceptible to skin browning than those of 'Niitaka'. We also found that the epidermis of fruits in 'Mansu' pear was thinner than that of 'Niitaka', and that there was lower incidence of fruit browning in epidermis of pears with high chlorophyll content than those with low chlorophyll content. The skin browning in fruits could be considerably reduced by sorting and grading them wrapped with paper bags for the fruits of 'Mansu' pear.

Keywords : Anti-oxidation, Fruit bag, 'Mansu', Pear, Skin browning

신육성 품종의 보급 증가와 더불어 배 재배지역에 따라 여러가지 생리장해가 발생되어 생산성과 과실 품질을 저하시키는 요인이 되고 있다. 새롭게 육성된 품종의 보급 증가와 더불어 재배지역에 따라 여러 가지 생리장해가 발생되고 있으며 이로 인한 생산성과 과실 품질을 저하시키는 요인이 되고 있다. 최근 새로 육성보급된 배 '만수' 품종은 수확 후 과피가 흑갈색으로 변하여 과실 품질이 저하되거나 심한 경우 상품성이 없어 재배농가의 문제점이 되고 있다. 배 과피가 흑변하는 원인에 대해 저온 저장 중 발생하는 금춘추 품종의 과피 흑변은 polyphenol oxidase의 작용으로 polyphenol이 산화되어 유색 물질이 생성됨으로써 나타나는 결과로 보고된 바 있다(Kim, 1974). 이와 같은 흑변은 수확시기(Choi 등, 1995) 및 봉지 재배 여부(Kim 등, 1992)에 따라 발생에 차이가 있으며 대개 저장 중 저온 및 다습 조건에서 발생이 많은 것으로 보

고되고 있다(Choi 등, 1995; Yang, 1997). 또한 Lim 등(2005)과 Park과 Kwon(1999)은 수확 즉시 저온에 저장될 때 나타나며 저온 저장시 점진적으로 온도를 저하시키면 과피 흑변이 발생되지 않는다고 보고하였다. 그럼에도 불구하고 만수 품종에서 발생하는 과피 갈변 현상은 이들 증상과 다소 형태적으로 차이가 있을 뿐만 아니라 지금 까지 이에 대해 전혀 밝혀진 바가 없다.

따라서 본 시험은 만수 품종에서 발생하는 과피 갈변의 발생 원인을 구명하고자 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

과피 갈변 조사. 배 만수 품종의 과피 갈변 발생 양상을 2006년부터 2007년까지 원예연구소 시험포장 및 저온저장시설에서 조사하였다. 수확 후 선과시 미세한 물리적 압력에 의한 상처 부위가 쉽게 갈변되는 현상을 관찰할 수 있었기 때문에 만수 품종과 신고 품종을 이용하여 과피에 인위적 상처를 준 후 24시간 후 과피 갈변 정도를 품종간 비교하였다. 이처럼 과피 갈변이 선과에 의해

*Corresponding author
Phone) +82-61-330-1560, Fax) +82-61-330-1533
E-mail) jslee@rda.go.kr

발생되는지의 여부를 구명하기 위해 만수와 신고 품종을 공시하여 중량식 선별기를 이용하여 선과한 후 품종간 과피갈변 발생정도를 조사하였다. 또한 봉지 종류에 따른 과피 갈변 발생 정도를 검토하고자 만수 품종을 이용하여 차광도가 높은 흑색 봉지, 차광도가 낮은 롤지 봉지, 봉지를 씌우지 않은 무처리를 두어 수확 후 봉지를 벗긴 후 중량식 선별기를 이용하여 1회 및 3회 연속 선과에 따른 과피 갈변 정도를 비교하였으며 과피 갈변 조사는 처리 후 24시간 경과 후 조사하였다. 한편 만수 품종의 중량식 선별기에 의한 선과중에 발생하는 과피 갈변 방지를 위해 흑색 봉지를 씌워 재배한 과실을 이용하여 선과 방법을 봉지 씌운채 선과, 스티로폼망을 씌운 후 선과, 봉지를 벗기고 선과하는 방법과 선과 시기를 달리하여(수확 직후 및 수확 3개월 후) 과피 갈변 발생정도를 조사하였다.

과피 조직의 해부학적 특성. 과피 조직의 해부학적 특성 조사는 외형이 균일한 과실의 과피 절편을 채취하여 4°C에서 2.5% glutaraldehyde에 90분간 1차 고정시켰다. 1차 고정 후 0.1M phosphate buffer(pH 7.2)로 20분 간격으로 4~5회 세척한 후 40, 60, 80, 90, 95% ethanol로 각각 5분씩, 그리고 100% ethanol로 5, 15, 30분간 탈수하였다. 그 후 ethanol과 polypylene oxide를 1:1로 섞은 용액에 sample을 15분간 침지후 propylene oxide에 15, 15, 30분간 침지하였다. 최종적으로 epon에 매몰하기 위하여 propylene oxide와 epon을 2:1, 1:1로 섞은 용액에 각각 1시간동안 처리한 순수 epon에서 12시간 처리하였다. 처리후 새로운 epon으로 바꾸어 15분간 재처리후 epon+D.M.P 30(epon의 1.5% 첨가)을 시료 절편과 함께 silicon mold에 넣어 60°C에서 4일간 처리하여 epon block를 완성하였다.

현미경 검경은 완성된 epon block 중 무작위로 3개의 epon block을 선택하여 초미세절편기(Ultracut R, Leica, Germany)를 이용하여 1~1.5 μm 의 두께로 시료를 절단하여 slide glass위에 증류수 1방울을 떨어뜨려 치상하고, 60°C에서 5시간 이상 건조시킨 후 염색하였다.

염색 과정은 제작된 조직절편은 0.5% periodic acid(H_2IO_6) 용액에 30분간 담근 후 증류수로 10분간 2~3번 세척하고 Schiff's reagent에 15분간 처리후, 다시 1% sodium bisulfite 용액에 5분간 처리하여 흐르는 물로 30분간 세척하는 순서로 실시하였다. 염색이 끝난 시료는 재 건조 후 cover glass로 덮고 현미경(Axioskop 2Carl Zeiss, Germany)으로 검경하였다.

과실 부위별 함량분석. 과실 부위별 총 페놀, 총 플라보노이드 및 항산화능 함량을 분석하기 위해 채취한 과실을 과피와 과육으로 분리한 후 동결건조기(FD5518, PVTFD10A)를 사용하여 72시간 건조후 막자사발로 마쇄

하여 사용하였다. 먼저 2~3 g의 동결건조 시료를 80% MeOH 30 ml을 첨가하여 1분간 균질처리 후 100% MeOH 30 ml를 사용하여 여분의 균질액을 흡입 여과후 감압농축기로 농축하였다. 농축액을 다시 100% MeOH 40 ml로 녹여 12,000 rpm에서 20분간 원심분리로 상정액을 채취 후 총 페놀, 총 플라보노이드 및 항산화능 분석 시료로 사용하였다.

총 페놀함량 분석은 전처리 시료 125 μl 와 표준용액에 증류수 0.5 ml을 각각 첨가후 folin-ciocalteu reagent 125 μl 을 첨가하여 6분간 실온에 정치하였다. 그 후 7% sodium carbonate를 1.25 ml을 첨가후 증류수 1 ml을 첨가하여 90분간 상온에 방치하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid를 사용하여 0~600 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 농도 범위에서 표준곡선을 작성하여 정량하였다.

총 플라보노이드 함량 분석은 전처리 시료와 (+)-catechin 표준용액 0.25 ml에 증류수를 1.25 ml 가한 후 5% NaNO_2 75 μl 를 첨가하였다. 6분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μl 를 첨가하고 5분 후 1M NaOH 0.5 ml을 첨가한 다음 증류수 2.5 ml을 첨가하여 잘 섞어주고 즉시 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 (+)-catechin을 표준물질로 하여 0~500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 농도 범위에서 정량곡선을 작성하였다. 항산화능 분석은 150 mM NaCl을 함유하는 100 mM potassium phosphate- buffer(pH7.4)을 이용하여 1 mM AAPH[2,2'-azobis(2-amidino-propane)dihydrochloride]와 2.5 mM ABTS[2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)]농도로 혼합하여 제조 후 68°C 항온수조에 13분간 반응시켰다. 이 반응용액 980 μl 을 갈색 vial에 넣고 전처리 시료 20 μl 를 첨가하여 10분간 37°C에서 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하여 vitamin C 표준곡선을 사용하여 정량하였다.

과피 내 chlorophyll 함량 분석은 외형이 균일한 10개의 과실을 3반복으로 선정된 과실을 cork borer(11 mm Φ)로 각 과실의 적도면에서 10개의 과피 절편을 채취하여 100% MeOH 용액 20 ml에 침지하여 냉암소에서 24시간 경과시킨 후, PVPP (PolyVinyl Polypyrrolidone)을 이용하여 anthocyanin을 제거하고, spectro-photometer(Shimadzu, UV mini 1240, Japan)로 651 nm와 664 nm에서 흡광도를 측정하여 chlorophyll의 함량으로 환산하였다.

결과 및 고찰

배 만수 품종의 과피 갈변 발생 양상을 2006년부터 2007년까지 조사한 결과 수확 후 저장을 위한 선과 과정에서 발생되었으며 수확 후 저장 온도 및 습도와는 관계가 없

었다. 다만 수확후 선과시 미세한 물리적 압력에 의한 상처 부위가 쉽게 갈변되는 현상이 관찰되었다. 따라서 만수와 신고 품종을 이용하여 과피에 인위적으로 상처를 준 후 24시간 경과 후 품종간 과피 갈변 상태를 비교한 결과 신고 품종에 비해 만수 품종은 상처 부위의 갈변 정도가 심하여 품종간에 현저한 차이를 나타내었다(Fig. 1). 이와 같은 과피 갈변 현상이 증량식 선별기를 이용한

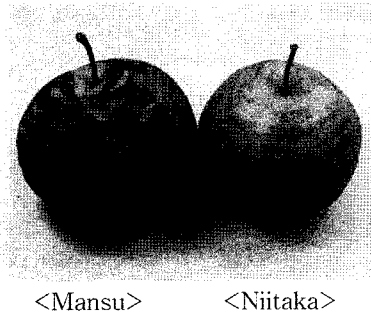


Fig. 1. Skin browning induced by artificial injuries on 'Mansu' (left) and 'Niitaka' (right).

Table 1. Occurrence of skin browning by fruit grading on two cultivars

Cultivars	Number of fruit treatment (unit)	Number of skin Browning (unit)	Occurrence of skin browning (%)
Mansu	174	142	81.6 ± 3.7 a
Niitaka	180	0	0.0 ± 0.0 b

Table 2. Degree of skin browning according to frequency of fruit grading and various fruit bags

Treatment of paper bags	Skin browning (%)	
	1st grading	3rd grading
Black bags	81.5 ± 3.8 a	90.9 ± 6.7 a
Roll bags	63.4 ± 2.7 b	90.5 ± 5.8 a
Non-paper bags	37.0 ± 2.1 c	41.9 ± 1.6 b

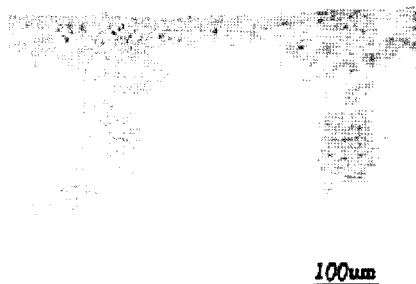
선과시 발생 여부를 검토하기 위해 롤지 봉지를 씌워 재배한 만수와 신고 품종의 과피 갈변 정도를 조사한 결과 신고 품종은 과피 갈변이 발생되지 않았으나 만수 품종은 과피 갈변 발생과율이 81.6%로 품종간 현저한 차이를 나타내었다(Table 1).

또한 봉지 종류 및 선과 횟수에 따른 만수 품종의 과피 갈변 발생 정도를 보면 1회 선과시 무대 재배 37.0%에 비해 롤지 봉지 63.4%, 흑색 봉지 81.5%로 무대 재배에 비해 봉지 재배에서 과피 갈변 발생률이 높았으며 봉지 종류간에는 광투과율이 높은 봉지에서 과피 갈변 발생이 적었으며 선과 횟수가 많을수록 과피 갈변 발생이 많았다(Table 2).

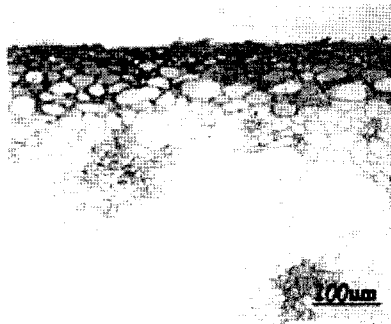
한편 만수 품종과 신고 품종의 과피 갈변 차이가 과피 조직 또는 과실 내부에 어떤 물질의 차이에 의한 것인가를 구명하고자 과피 조직 특성과 과피 내 산화 물질 및 엽록소 함량을 만수와 신고 품종을 비교 조사한 결과(Fig. 2, Table 3, 4) 과피 조직 특성은 만수 품종이 신고 품종에 비해 세포 크기가 작고 표피층이 얇았으며 표피층 세포 내부 탄닌 함량은 만수 품종에서 많았다(Fig. 2).

또한 과실 부위별 총페놀과 플라보노이드 함량 및 항산화능(ABTS)를 조사한 결과 과육은 품종간 차이가 없었으나 과피에서는 만수 품종보다 신고 품종에서 총페놀 및 플라보노이드 함량이 많고 항산화능도 높았으며(Table 3) 봉지 종류에 따른 과피 내 엽록소 함량은 두 품종 모두 무대 재배가 가장 많고 다음으로 롤지 봉지, 흑색 봉지 순으로 봉지 종류간 현저한 차이가 있었으며 품종간에는 신고 품종에 비해 만수 품종에서 많은 경향이였다.

신고배의 과피 흑변은 아표피조직 아래 과육세포의 붕괴에 따른 변색에 의한 것이라보고 하였고(박과 권, 1999) 이와 같은 식물 조직의 갈변 또는 흑변은 조직내 phenol 화합물의 산화와 관련이 있는 것으로 알려져 있으며(Mori 등, 1965), 俞(1974)은 배 금춘추 품종의 저장 중 발생하



<Mansu, ×100>



<Niitaka, ×100>

Fig. 2. Morphological characteristics of skin tissue on the fruits of 'Mansu' (left) and 'Niitaka' (right).

Table 3. Comparison of the content of phenols and plavonoids and the activities of anti-oxidation in the tissues of skin and fresh for 'Mansu' and 'Niitaka' cultivars

Tissues of fruit	Cultivars	Total phenol ($\mu\text{mol/gdw}$)	Total plavonoid ($\mu\text{mol/gdw}$)	Anti-oxidation (mg/gdw)
Skin	Mansu	29.40 ± 3.74 b	0.101 ± 0.026 b	2.025 ± 0.147 b
	Niitaka	67.29 ± 6.57 a	0.232 ± 0.019 a	4.636 ± 0.262 a
Fresh	Mansu	5.35 ± 1.07 a	0.018 ± 0.007 a	0.369 ± 0.098 a
	Niitaka	4.43 ± 0.92 a	0.015 ± 0.004 a	0.305 ± 0.076 a

Table 4. Chlorophyll contents in the skin tissues of 'Mansu' and 'Niitaka' cultivars treated by three different paper bags

Types of paper bags	Chlorophyll content ($\mu\text{g/cm}^2$)	
	Mansu	Niitaka
Black bag	0.063 ± 0.014 a	0.031 ± 0.011 a
Roll bag	0.015 ± 0.003 b	0.008 ± 0.003 b
Non-paper bags	0.002 ± 0.001 c	0.002 ± 0.001 c

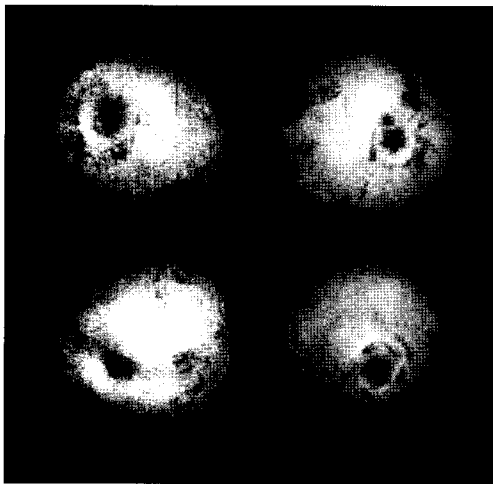


Fig. 3. Skin browning occurred on the fruits of 'Mansu' cultivar during the fruit grading.

는 과피 흑변은 polyphenol oxidase(PPO)의 작용으로 phenol 화합물이 산화되어 유색 물질의 생성에 의해 발생된다고 하였다.

본 시험에 있어서 만수 품종의 과피 갈변은 배 신고와 금춘추 품종에서 발생하는 과피 흑변과는 발생 양상 및

형태적으로 차이는 있으나 과피 조직이 얇고(Fig. 2) 신고 품종에 비해 인위적 상처 부위가 쉽게 갈변 되는 것으로 볼 때(Fig. 3) 박과 권(1999) 및 김(1974)의 보고와 같이 수확 후 선과시 미세한 물리적 압력에 의해 과피 조직 세포가 붕괴되어 갈변되는 것으로 신고 및 금춘추 품종에서 발생하는 과피 흑변과 동일한 생리적 현상으로 판단되었다. 그러나 김(1974)은 과실 내 polyphenol 함량이 많을수록 흑변 현상이 많다고 하였는데 본 시험에서는 만수 품종이 신고 품종에 비해 과피 내 총페놀 및 총 플라보노이드 함량이 낮았으나(Table 3) 과피 갈변은 오히려 만수 품종에서 심하게 발생되어(Table 1) 상반된 결과를 보였다. 과피 흑변에 관해 황과 김(1991)은 금춘추와 신고 품종의 과피 흑변 부위는 정상부위에 비해 PPO의 활성이 높다고 하였고 김과 이(1993)는 황산화제인 diphenylamine(DPA) 처리로의 과피흑변 발생이 억제된다고 하였으며 본 시험에서 과피 내 항산화능 조사 결과 과피갈변 발생이 심한 만수 품종에 비해 과피갈변이 발생되지 않는 신고의 과피에서 현저히 높았다(Table 3). 이러한 결과를 종합해 볼 때 과피흑변 또는 갈변은 phenol 함량 보다는 PPO의 활성, 황산화 물질의 다소, 얇은 과피 조직에 의한 산소와의 결합 용이성 등이 관여하는 것으로 생각되나 앞으로 보다 정밀한 검토가 필요한 것으로 판단된다. 한편 무대 재배 과실은 유대 재배 과실에 비해 흑변 발생이 많으며(김 등, 1992) 최 등(1995)은 과피내 엽록소 함량이 많은 과실일수록 저장중 과피흑변 발생이 적다고 하였는데 본 시험에서도 이들 결과와 일치하였으며 과피내 엽록소 함량은 과피갈변을 억제하는 것으로 판단된다. 배 만수 품종의 수확 후 선과시 발생하는 과피

Table 5. Occurrence of skin browning on the fruits of 'Mansu' cultivar by the different grading practices

Grading practices	Skin browning (%)		Degree of skin browning ^a	
	After harvest	After 3 months storage	After harvest	After 3 months storage
Wrapped with paper bags	18.7 ± 3.7 c	34.6 ± 6.1 b	+	+
Wrapped with styrofoam covers	41.7 ± 4.3 b	100.0 ± 6.2 a	++	++
Non-paper bags (control)	100.0 ± 2.6 a	100.0 ± 5.6 a	++	+++

^aDegree of browning : low + ~ very severe +++.

갈변을 방지하기 위해 증량식 선별기를 이용하여 봉지를 씌운 채 선과, 봉지를 벗기고 선과, 스티로폼 그물망을 씌우고 선과하는 방법과 수확 후 선과 시기를 달리하여 과피갈변 발생률을 조사한 결과 수확 직후 선과시 봉지 씌운 채 선과한 처리가 18.7%로 가장 낮고 스티로폼 그물망 처리는 41.7%, 봉지 벗기고 선과한 처리는 100%로 처리간 현저한 차이가 있었으며 선과 시기간에는 수확 직후 선과 처리에 비해 저장 3개월 후 선과 처리구가 과피 갈변 발생률이 높았으며 처리간 과피 갈변 발생정도도 같은 경향이었다(Table 5). 이와 같이 처리별 과피 갈변 발생 차이는 증량식 선별기에 의한 선과시 과실을 올려 놓는 접시에서 과실이 떨어져 과실이 구르는 속도 차이에서 과실과 접속시 발생하는 미세한 압상 차이에 기인된 것으로 판단되며 선별 시기에 따른 과피 발생 정도는 저장에 따른 과피 정도 저하, 과피 내 엽록소 함량이 적어진 것이 그 원인으로 추정되었다.

요 약

배 만수 품종에서 발생하는 수확 후 과피 갈변 발생원인을 구명하기 위해 2년간 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

배 만수 품종의 과피 갈변은 수확 후 선과시 발생하는 미세한 물리적 상처 부위에서 갈변이 발생되었다. 따라서 과피에 인위적 상처를 낸 후 품종간 과피 갈변 정도를 비교한 결과 신고 품종에 비해 만수 품종이 과피 갈변 발생정도가 심하여 품종간 차이를 나타내었다. 또한 만수 품종은 신고 품종에 비해 과피 조직이 얇았으며, 과피내 황산화능이 높고 함량이 많을수록 과피 갈변 발생이 적었다. 결과적으로 만수 품종의 과피 갈변은 수확후 선과주에 발생하는 물리적인 미세상처 발생을 억제하기 위해

수확 후 봉지를 씌운 채 선과하면 과피의 상처 발생감소로 갈변 발생이 현저히 억제되었다.

참고문헌

- Choi, S. J., Hong, Y. P. and Kim, Y. B. 1995. Prestorage treatments to prevent fruit skin blackening during storage of Japanese pear 'Shingo' (Niitaka). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 36: 218-223.
- 황해성, 김휘천. 1991. 수출용 배 과피 흑변 방지 시험. 과수 연구소 시험 연구 보고서. pp. 138-142.
- Kim, J. H. 1974. Studies on the causal factors of skin browning during storage and its control method in Imanura-aki pear (*Pyrus serotina* Rehder). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 16: 1-25.
- 김월수, 이한찬. 1993. 수출배 생리 장애 방지에 관한 연구. 과수 연구소 시험 연구 보고서. pp. 159-165.
- 김정호, 김봉섭, 이한찬, 신건철. 1992. 수출 과실의 생리 장애 방지에 관한 연구, 과수 연구소 시험 연구 보고서. pp. 186-190.
- Lim, B. S., Kim, J. K., Gross, K. C., Hwang, Y. S. and Kim, J. H. 2005. Gradual postharvest cooling reduce blackening disorder in 'Niitaka' pear (*Pyrus Pyrifolia*) fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 46: 311-316.
- Mori, M., Harada, Y. and Tsuboi, Y. 1965. Studies on the Enzymatic browning during cold storage of white flesh colored peaches. Part I. changes in polyphenolic compounds with maturities and the characteristics of polyphenol oxidase. *Jour. Jap. Food sci. Tech.* 12: 88-94.
- Park, Y. M. and Kwon, K. Y. 1999. Prevention of the incidence of skin blackening by postharvest curing procedures and related anatomical changes in 'Niitaka' pears. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40: 65-69.
- Yang, Y. J. 1997. Inhibition of the skin blackening by postharvest factors in 'Niitaka' pear fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38: 730-733.