

신품종 배 ‘감천’과 ‘추황’의 수확시기에 따른 저장반응

황용수^{1*} · 천종필¹ · 이재창¹ · 서정학²

¹충남대학교 식물자원학부, ²충청남도농업기술원

Storage Response of ‘Kamchun’ and ‘Chuhwang’ Pears by Harvest Dates

Yong Soo Hwang^{1*}, Jong Pil Chun¹, Jae Chang Lee¹, and Jung Hak Seo²

¹Division of Plant Science and Resources, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

²Div. of Horticultural Research, Chungnam Agricultural Research & Extension Service, Taejon 305-313, Korea

*corresponding author

ABSTRACT The study was conducted to examine the storage potential of recently developed oriental pears, ‘Kamchun’ and ‘Chuhwang’. The content of soluble solids of ‘Kamchun’ pears was above 13.2% but the acidity was below 0.082% at three harvest dates. Although skin browning disorder did not occur in ‘Kamchun’, about 40% of fruits were affected by core breakdown especially when harvested after middle of October. In contrast, flesh browning was also observed in early harvested fruit. Flesh firmness of ‘Chuhwang’ was higher than that of ‘Kamchun’ at harvest as well as after storage. The acidity of ‘Chuhwang’ was constantly higher than that of ‘Kamchun’. Severe skin browning (approximately 80%) occurred in ‘Chuhwang’ pears regardless of harvest dates. Also, more flesh browning disorder was found in fruit harvested early in the season. Further research is required to determine the optimum harvest date of both cultivars and postharvest managements to inhibit the physiological disorders.

Additional key words: core breakdown, internal browning, Oriental pears, physiological disorder, skin browning

서 언

배 ‘신고’는 그동안 우리나라를 대표하는 주 품종으로서 자리잡아 전체 배 재배면적의 73%를 차지하는 등 생산과잉의 문제가 나타나고 있어 새로운 대체 품종의 도입이 요구되고 있다. ‘감천’은 1970년에 과수연구소에서 ‘만삼길’에 ‘단배’를 교배하여 1990년에 선발한 품종으로 숙기는 10월 중순으로 만숙, 대과종(600g)이며 당도가 높고 산미는 극히 적어 식미가 우수하나 적숙기에도 과피에 엽록소가 남아 있는 단점이 있다. ‘추황’은 1967년에 과수연구소에서 ‘금춘추’에 ‘이십세기’를 교배하여 1985년에 선발한 품종으로 숙기는 10월 중순으로 만숙종이며 과실크기는 400g 내외의 중과종으로 당도가 높고 식미가 우수한 것으로 알려졌는데 과피후변 현상이 발생하는 단점을 가지고 있다(품종해설집, 농촌진흥청). 과실의 수확시기는 수확 후 품질과 저장성에 많은 영향을 미치는데 동양배에서 흔한 생리적 장애는 과피후변, 과심 및 과육 갈변 등의 장애가 발견된다. 수확시기에 따라라도 장애 발생에 차이를 나타내는데 ‘신고’의 경우 조기 수확한 과실에서 후변 장애가 많이 발생한다고 한 반면(Choi 등, 1995) ‘금춘추’ 품종에서는 이와 상반된 결과를

보고하였다(Kim, 1975). 또한 저장 중 과심 또는 과육에 갈변 등의 장애가 발생하여 품질이 저하되는 경우가 흔하다(Lee 등, 1992). 따라서 본 연구는 국내에서 육성한 신품종 배에 대하여 수확시기에 따른 저장반응과 품질을 조사함으로써 이들 신품종의 이용을 증대시키기 위한 기초 자료를 구하고자 실시되었다.

재료 및 방법

‘감천’은 충남 서산시 소재 개인 농장에서 1994년 10월 4일, 14일, 24일에 각각 수확하였고 ‘추황’ 배는 경기도 화성군 소재 개인 농장에서 10월 8일, 18일, 28일에 각각 수확하여 실험실로 수송한 다음 선별하여 사용하였다. 수확한 과실은 상온에서 1일간 방치한 후 15kg 골판지 상자에 담은 다음, 1℃ 저장고에 저장하였으며 저장 3개월까지 1개월 단위로 처리별로 60개 과실을 출고하여, 반은 출고 즉시 조사하였고 나머지 반은 5일간 상온에 노출시킨 다음 분석하였다.

감모율은 저장 전의 무게에서 저장 후의 무게를 제하여 이를 백분율로 나타내었고 경도는 휴대용 경도계(Ø8mm)를 이용하여 과피를

* Received for publication 23 October 2000. Accepted for publication 10 February 2001. This study was supported by Rural Development Administration in 1994.

제거한 과실의 적도면에서 2회씩 측정하였다. 가용성 고형물 함량은 굴절당도계(Atago, Japan)로, 산함량은 과즙 5mL를 10배로 희석하여 0.1N NaOH로 적정한 후 사과산으로 환산·표시하였다. 에틸렌 분석은 FID를 장착한 gas chromatograph (Analytical Instrument, Model 92)를 이용하여 분석하였는데 밀폐통(3.5L)에 2개의 과실을 담아 4시간 후 head space에서 가스표본 1mL를 취하여 분석하였다. 흑변 발생은 발생의 정도에 관계없이 장해가 발견되면 장해과실로 표시하였고 발생 정도에 따라 0(sound, 건전과)–5 (severe, 표면적 50% 장해)으로 나누어 육안으로 판단하였다. 과육 갈변과 과심갈변 등의 생리적 장해 발생정도는 과실 적도면을 절단하여 절단면을 육안으로 조사하여 흑변 장해 평가방법과 동일하게 조사하였다. 조사를 마친 과실은 조직을 취하여 냉동보관(-20℃)한 후 냉동조직 5g을 취하여 80% 에탄올로 마쇄하여 가용성 물질을 3회 추출한 후, 추출물을 대상으로 총당(Dubois 등, 1956), 환원당(Gross, 1982) 및 총 페놀 성분(phenol reagent 법)을 분석하였다.

모든 실험은 3반복으로 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 수확시기에 따른 품종별 품질 비교

숙기에 따른 저장반응을 살펴보기 위하여 ‘감천’은 10월 4일부터, ‘추황’은 10월 8일부터 10일 간격으로 수확하여 과실의 전반적인 생리적 특성을 조사하였는데 두 품종 모두 수확시기가 지연됨에 따라 경도가 점진적으로 낮아지는 경향을 보였으나 품종간에는 ‘추황’의 경도가 ‘감천’에 비하여 비슷한 수확시기에서 전반적으로 높았다(Table 1).

‘감천’의 가용성 고형물 함량은 13.2–13.6%로 수확시기에 따라 뚜렷한 차이 없었으나 ‘추황’의 가용성 고형물 함량은 수확시기가 늦어질수록 증가하는 경향이였다. 산 함량은 두 품종 사이에 현저한 차이를 나타내어 ‘감천’의 산함량은 0.082–0.073%로 비교적

Table 1. Changes of quality parameters in oriental pears, ‘Kamchun’ and ‘Chuhwang’ during storage at 1℃.

Storage (month)	Harvest Date	Weight loss (%)	Firmness (kg)	Soluble solids (%)	Acidity (%)
Kamchun					
0	Oct. 4	-	3.48±0.34 ^z	13.2±0.6	0.082±0.005
	Oct. 14	-	3.01±0.02	13.6±0.2	0.081±0.003
	Oct. 24	-	3.09±0.13	13.3±0.3	0.073±0.004
1	Oct. 4	1.88±0.12(3.40±0.17)	3.02±0.14(2.88±0.17)	13.2±0.4(13.8±0.4)	0.081±0.003(0.070±0.008)
	Oct. 14	1.94±0.14(2.99±0.04)	2.71±0.09(2.69±0.08)	13.6±0.2(14.0±0.5)	0.074±0.004(0.075±0.002)
	Oct. 24	1.47±0.02(3.73±0.05)	2.64±0.09(2.85±0.02)	13.4±0.2(13.5±0.4)	0.067±0.004(0.077±0.005)
2	Oct. 4	3.33±0.09(4.52±0.22)	2.61±0.15(2.91±0.22)	14.0±0.3(13.7±0.4)	0.063±0.001(0.065±0.002)
	Oct. 14	2.94±0.28(4.43±0.27)	2.60±0.21(2.57±0.15)	13.8±0.4(14.1±0.3)	0.075±0.007(0.067±0.001)
	Oct. 24	2.75±0.24(4.29±0.23)	2.52±0.07(2.59±0.21)	13.7±0.7(13.9±0.2)	0.077±0.002(0.076±0.003)
3	Oct. 4	4.25±0.24(5.33±0.58)	2.52±0.07(2.62±0.06)	14.2±0.1(14.4±0.3)	0.075±0.001(0.065±0.006)
	Oct. 14	4.04±0.35(5.56±0.27)	2.35±0.03(2.55±0.11)	14.4±0.2(14.2±0.4)	0.069±0.001(0.068±0.004)
	Oct. 24	3.76±0.23(5.21±0.23)	2.56±0.08(2.58±0.07)	13.6±0.2(13.8±0.4)	0.070±0.001(0.073±0.003)
Chuhwang					
0	Oct. 8	-	3.53±0.10	12.4±0.5	0.124±0.022
	Oct. 18	-	3.48±0.15	12.9±0.5	0.117±0.008
	Oct. 28	-	3.35±0.09	13.5±0.3	0.114±0.014
1	Oct. 8	1.84±0.07(4.05±0.28)	3.28±0.06(3.41±0.12)	12.8±0.5(13.1±0.3)	0.132±0.010(0.124±0.006)
	Oct. 18	1.90±0.11(4.22±0.27)	3.19±0.20(3.13±0.12)	12.4±0.6(12.9±0.6)	0.113±0.007(0.112±0.009)
	Oct. 28	1.93±0.17(4.75±0.04)	2.92±0.01(3.06±0.08)	13.7±0.3(14.5±0.2)	0.110±0.002(0.111±0.010)
2	Oct. 8	3.27±0.37(5.63±0.36)	3.21±0.11(3.30±0.12)	12.9±0.2(13.4±0.2)	0.126±0.001(0.134±0.007)
	Oct. 18	3.76±0.33(5.61±0.64)	2.88±0.02(2.95±0.01)	13.4±0.4(13.1±0.5)	0.116±0.008(0.116±0.002)
	Oct. 28	3.61±0.19(6.10±0.77)	2.91±0.10(3.03±0.09)	14.1±0.1(14.2±0.4)	0.121±0.009(0.115±0.004)
3	Oct. 8	3.49±0.20(6.56±0.53)	2.99±0.03(3.17±0.06)	13.3±0.3(13.7±0.1)	0.129±0.006(0.115±0.005)
	Oct. 18	4.68±0.65(6.46±0.54)	2.94±0.02(3.04±0.05)	12.8±0.9(13.2±0.5)	0.112±0.010(0.111±0.003)
	Oct. 28	5.18±0.52(7.39±0.74)	2.88±0.03(2.92±0.01)	13.8±0.6(14.0±0.4)	0.118±0.006(0.118±0.006)

^zData were the average of three replications±SD. Numbers in parenthesis were the data obtained 5 days after exposure to ambient temperature.

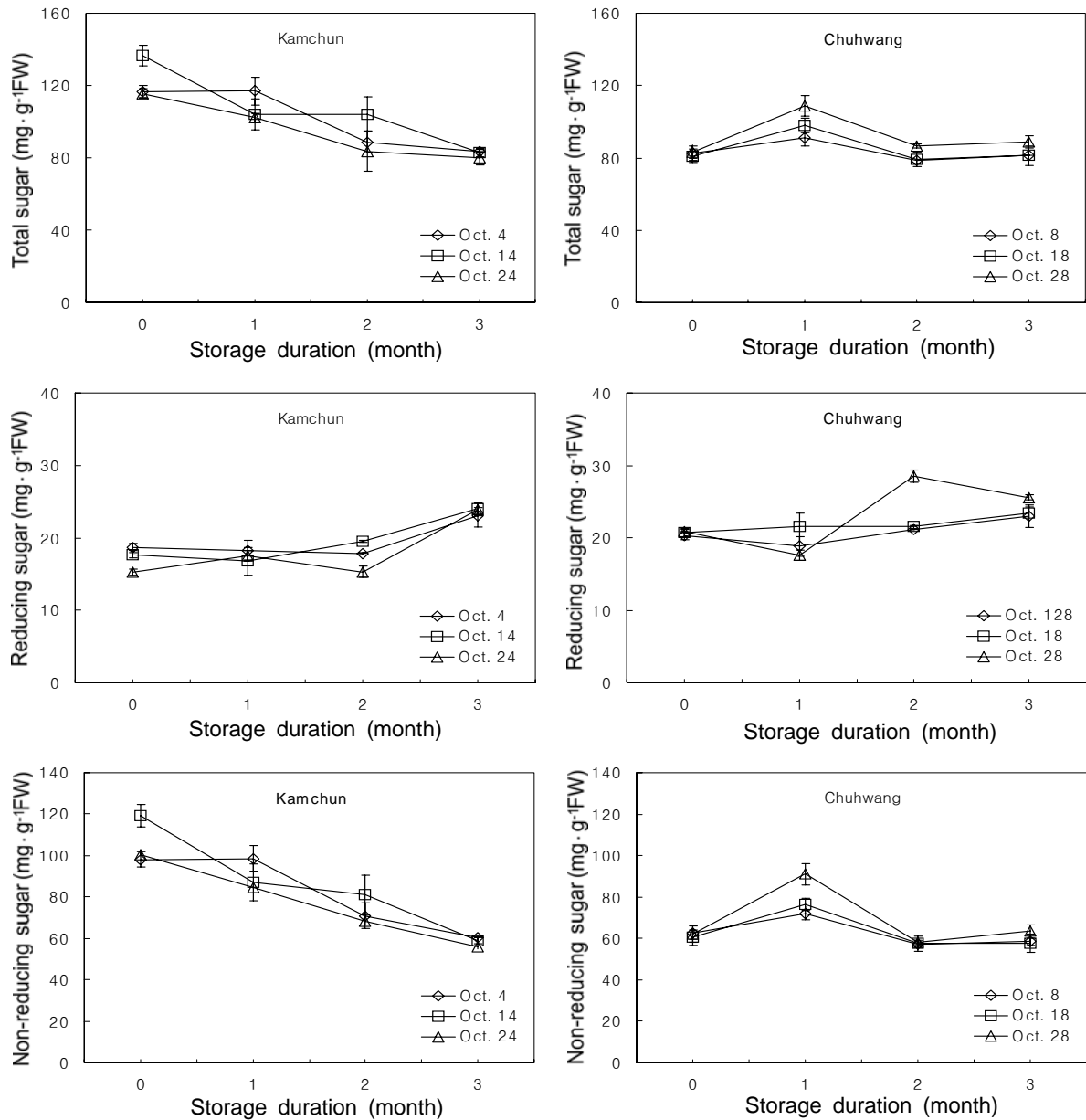


Fig. 1. Changes in soluble sugar contents of oriental pears, 'Kamchun' and 'Chuhwang' during storage at 1°C as influenced by harvest dates.

낮았으며 수확시기에 따른 차이도 현저하지 않았다. 반면에 '추황'은 '감천'에 비하여 산함량이 높았으며 수확시기가 지연될수록 감소하는 경향이 명확하였다. 그러나 가용성 고형물과 달리 수확시기별 산함량의 증감은 관찰되지 않았다.

총 당함량은 '감천'에서는 10월 14일에 수확한 과실이 조기 또는 후기 수확한 과실에 비하여 높았으나 '추황'에서는 이러한 경향이 없었다(Fig. 1). '감천'의 총당 함량은 112 - 143mg · g⁻¹FW의 범위로 비교적 높았지만 '추황'은 78 - 86mg 수준으로 '감천'에 비하여 현저히 낮았다. 그러나 품종간 환원당 함량은 '추황'이 '감천'에 비하여 수확시기에 관계없이 다소 높았고 특징적으로 총당에 대한 환원당의 상대적 비율은 '추황'에서 '감천'보다 항상 높게 조사되어

품종간 저장 탄수화물의 조성에 차이를 보였다.

2. 수확시기에 따른 저장성 비교

품질요인의 변화 : 두 품종 모두 수확 후 1°C 저장고에 관행적인 방법으로 저장한 후 1개월 단위로 3개월까지 무게 감량과 경도를 조사하였다(Table 1). 무게감량은 저장기간이 길어질수록 높아졌는데 '감천'은 조기 수확한 과실의 감량이 후기 수확한 과실보다 높았으며 이러한 경향은 저장 3개월 후까지도 유사하였다. 반면 '추황'은 후기 수확한 과실의 감량이 더욱 크게 나타나 품종간 차이를 보였다. 두 품종 모두 상온에 5일간 노출시킨 다음에는 수확기에 따른 감량의 차이가 적었으나 품종간에는 '추황'의 감량이 '감천'에

비하여 같은 저장기간일 경우에도 높아 저장 3개월 후의 경우 ‘감천’은 5.21–5.56%의 감량이 발생하였지만 ‘추황’은 6.46–7.39%로 높았고 특히 ‘추황’은 후기 수확한 과실의 감량이 조기 수확한 과실에 비하여 계속 높은 경향이였다.

경도는 저장기간이 길어짐에 따라 지속적으로 감소하였는데 수확당시 경도가 높았던 ‘추황’의 경도가 저장 기간에 관계없이 계속 높게 유지되어 저장 3개월 후 ‘감천’은 2.35–2.56kg의 경도로 조사되었으나 ‘추황’은 이 보다 높은 2.88–2.99kg의 경도를 유지한 것으로 나타났다. 또한 ‘추황’의 경도가 상온노출 후에도 ‘감천’보다 높아 육질이 더욱 단단하였다(Table 1).

가용성 고형물 함량은 두 품종 모두 저장 1개월까지는 특징적인 차이가 나타나지 않았으나 ‘감천’의 경우 상온노출 후에는 비교적 큰 폭으로 증가하였고 ‘추황’은 저장직후와 거의 같은 수준이었다(Table 1). ‘감천’은 저장기간이 길어질수록 가용성 고형물 함량이 증가되었는데 10월 4일, 14일 수확한 과실은 저장 3개월 후 14.2–14.4%로 10월 24일에 수확한 과실의 13.6%보다 높았다. 한편 ‘추황’은 저장 1개월의 과실을 제외하고는 조기 수확한 과실의 가용성 고형물 함량이 낮았으나 그 이후 수확한 과실의 고형물 함량은 저장 후 증가한 경향이 뚜렷하였다. 또한 대체적으로 상온에 5일간 노출시킨 후에도 유사한 경향이였다. 산 함량은 ‘감천’에서는 차이는 크지 않았으나 저장기간이 경과함에 따라 감소한 경향을 보여주고 ‘추황’의 산함량은 ‘감천’에 비하여 변화가 적었다. 이러한 경향은 상온 노출 후에도 유사하였다.

저장 직후 과육 조직의 총당 및 환원당 함량을 측정된 결과를 보면(Fig. 1) ‘감천’의 총당함량은 저장기간이 길어짐에 따라 서서히 감소하는 추세를 나타낸 반면 ‘추황’에서는 수확당시와 거의 같은 수준을 보였다. 환원당은 두 품종 모두 저장1개월에는 수확당시와 거의 같은 수준이었지만 그 이후로는 점진적으로 증가하여 저장기간이 길어질수록 비환원당의 소모가 상대적으로 많았다.

동양매의 에틸렌 생합성 양상은 품종에 따라 현저한 차이를 나타내어 일반적으로 조생종일수록 에틸렌 합성량이 많고 만생종은 상대적으로 낮은 경향을 나타낸다고 하였다(Itai 등, 1999). ‘감천’의 최대 에틸렌 발생량은 $0.1\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 이하이었던 ‘추황’은 다소 보다 높은 수준이었다. 또한 ‘감천’의 에틸렌 발생량은 비슷한 수확시기에서도 ‘추황’보다 낮았고 후기 수확한 과실은 증가폭은 적었

으나 저장기간이 길어질수록 다소 증가하였다(Fig. 2). 반면에 ‘추황’은 ‘감천’과 달리 에틸렌 발생량에서 climacteric과 유사한 현상을 나타내었는데 이러한 현상은 10월 18일 이후 수확한 과실에서 보다 명확하였다. 저장 후 상온에 노출한 다음 조사하였을 때 ‘감천’에서 에틸렌 발생량에 변화를 보이지 않은 반면 ‘추황’의 경우는 저장기간에 따라 다소 차이가 있었지만 상온노출 후에 일반적으로 증가하는 경향이였다(미발표 자료). 에틸렌은 과실조직의 연화와 밀접한 관련이 있으나 에틸렌 생합성량이 높은 ‘추황’의 경도에 에틸렌 합성량이 낮은 ‘감천’보다 항상 높게 유지된 점이 특이하였다. 배의 에틸렌 생합성 특성은 ACC synthase 유전자의 우열에 따라 결정되는 것으로 보고되었으나(Itai 등, 1999) 국내 육성종이 어느 그룹에 속하는지는 밝혀진 바 없다. 국내 육성종의 수확후 생리적 특성이 종합적으로 조사된 바 없다.

생리장애 : 과실의 외관을 육안으로 관찰하였을 때 ‘감천’의 경우 조기 수확한 과실의 표피는 저장 후에도 비교적 신선도를 잃지 않고 있었으나 ‘추황’의 경우에는 저장 1개월에 이미 과피면이 탄성을 잃거나 거친 성상을 보여주어 신선도가 저하되었다(미발표자료). 생리적 장애의 발생유형과 정도를 과육 및 과피 갈변(속썩음병)과 과피 장해를 대상으로 조사하였다(Table 2). 수확시기 또는 저장기간에 관계없이 ‘감천’에서는 과피 흑변이 전혀 관찰되지 않

Table 2. Occurrence of physiological disorders during low temperature storage at 1°C in ‘Kamchun’ and ‘Chuhwang’ pears.

Harvest Date	% Incidence ²		
	Internal breakdown	Core breakdown	Skin browning
Kamchun			
Oct. 4	13.3 (0.4)	16.7 (0.2)	0
Oct. 14	11.0 (0.1)	36.7 (0.6)	0
Oct. 24	3.3 (0.1)	40.0 (0.7)	0
Chuhwang			
Oct. 8	40.0 (0.8)	3.3 (0.1)	86.7 (2.3)
Oct. 18	36.7 (0.8)	0	80.0 (2.0)
Oct. 28	20.0 (0.2)	0	86.7 (2.0)

²Fruits were examined 3 months after storage and date were the average of 30–33 fruit without replication. Numbers in parenthesis indicated the severity in the ranges from 0 (sound) to 5 (very severe).

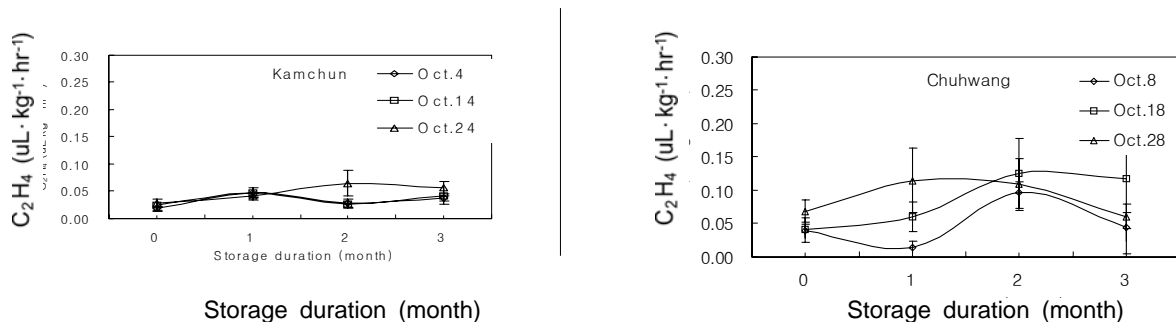


Fig. 2. Ethylene production pattern of oriental pears, ‘Kamchun’ and ‘Chuhwang’, during storage at 1°C as influenced by harvest dates.

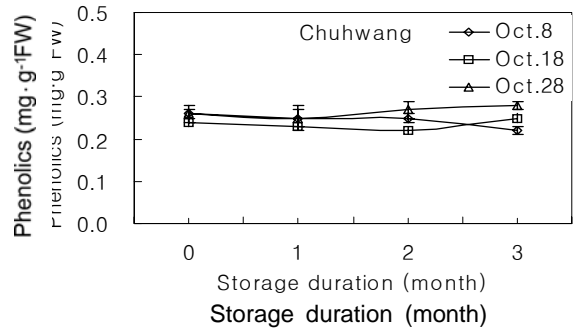
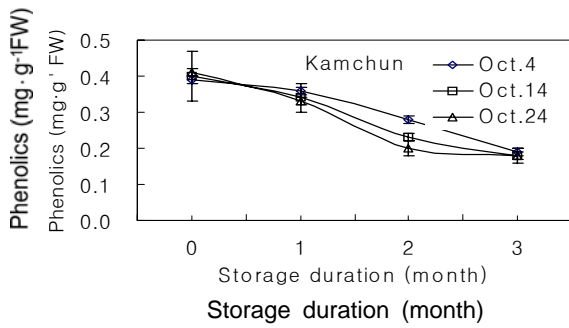


Fig. 3. Changes in total phenolic contents in oriental pears, 'Kamchun' and 'Chuhwang' during storage at 1°C as influenced by harvest dates.

있던 반면에 과심과 과육에서 갈변 장애가 관찰되었는데 과육갈변은 수확시기에 따른 차이가 적었으나 과심 갈변은 후기 수확한 과실에서 40%로 조기 수확한 과실의 16.7% 보다 높았다. 반면에 '추황'은 과심 갈변은 조기 수확한 과실에서 일부 관찰되었으나 전반적으로 심하지 않았으나 과육 갈변은 수확시기가 빠를수록 심한 경향이였다. 또한 과피 흑변 장애는 수확시기에 관계없이 심하게 발생하여 80% 이상의 과실에서 관찰되었다. 흑변은 기존의 보고와 마찬가지로 저장초기에 집중적으로 발생하였으나(Kim, 1975; Lee 등, 1992) '신고'에서 관찰되는 얼룩 증상은 전혀 관찰되지 않았다. 또한 '감천'에서는 과육 갈변이 국소적으로 발생하였던 것에 비하여 '추황'에서는 갈변 장애를 일으킨 조직이 함몰되어 공동이 형성되는 경우도 있었으며 상온노출 후에 현저히 증가되어 저온에서 고온환경으로 전환된 이후 과육 갈변이 심화되는 것으로 생각되었다.

과피 흑변은 동양배 수확 후 관리에서 문제점으로 지적되고 있는데 흑변의 발생 원인으로는 저온, 고이산화탄소, 습도 환경 등이 제시되었으며(Yang, 1997) 흑변을 일으킨 조직은 과피 직하의 조직이 붕괴되는 현상을 수반한다고 보고되었다(Park과 Kwon, 1999). 또한 흑변은 페놀화합물의 산화와 관련이 있는 것으로 알려져 있어(Kim, 1975; Lee 등, 1992) 흑변에 대한 반응이 전혀 다른 두 품종의 페놀 함량을 조사하였다. 저장 중 총페놀 함량은 두 품종간의 현저히 달라(Fig. 3), 저장 1개월 후 '감천'의 페놀함량은 0.39mg·g⁻¹FW으로 '추황'의 0.25mg·g⁻¹FW에 비하여 높았으며 저장 중 '감천'의 페놀함량은 지속적으로 감소하여 저장 3개월 후에는 수확당시에 비하여 거의 절반 이하의 수준으로 낮아졌으나 '추황'의 경우에는 페놀함량이 저장기간 중 거의 감소되지 않아 저장 3개월 후에도 수확당시와 유사한 수준이었다. 이러한 결과를 고려할 때 과피 흑변 장애에서 총페놀 물질의 산화 정도보다는 특정 페놀물질의 산화가 더욱 중요할 가능성을 의미하는 것으로 추정할 수 있다. 배의 과육 갈변과 과피의 흑변이 동일한 원인에 의하여 발생하는 장애인지는 명확하지 않으나 Amiot 등(1993)은 과육 갈변과 페놀함량과는 상관관계가 없으나 불용성 갈색 색소와 flavanol 함량과는 상관관계가 확인된다고 하였다. 또한 '신고'에서 부분

정제된 polyphenol oxidase isozyme을 대상으로 페놀화합물에 대한 기질 특이성을 조사하였을 때 isozyme 별로 기질특이성에 차이가 있다고 하였다(Seo, 1999). 이에 대해서는 추후 정밀한 연구가 수행될 필요가 있다.

이상과 같이 신품종 배 '감천'과 '추황'에 대한 수확시기별 저장성을 검토해 본 결과, '감천'은 과실이 크고, 당도가 높으며 산도가 낮아 전반적으로 상품성이 우수하였으나 과심 갈변 장애를 일으킬 우려가 많으며 특히 수확기가 지연될 경우 더욱 심하였다. '추황'은 산미가 상대적으로 높아 신선한 감을 주어 품질은 좋지만 과피 흑변이 심하게 발생하고 과육이 갈변되는 장애가 조기에 수확한 과실에서 더욱 발생하였으며 과심 갈변은 관찰되지 않았다. 따라서 이들 신품종에 대한 이용성을 확대하기 위해서는 수확 후 관리 측면에서 보다 정밀한 수확시기 판정과 본 연구에서 관찰된 생리적 장애를 제어할 수 있는 수확 후 관리방안에 대한 연구가 수행될 필요가 있다.

초 록

본 연구는 신품종 '감천'과 '추황' 배 과실에 있어 수확시기에 따른 저장성을 조사하여 이들 품종의 수확 후 관리를 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다. '감천'은 대과로서 당도는 13.2% 이상으로 수확시기에 관계없이 높았고 산도는 0.082% 이하로 낮아 전반적인 품질이 우수하였고 저장 중 과피 흑변이 전혀 발생하지 않았지만 과심 갈변이 10월 중순 이후 수확한 과실에서 40% 정도로 높게 발생하였다. '추황'은 경도가 높고 산함량이 높으며 저장 중 과피 흑변이 수확시기에 관계없이 80% 이상 높게 발생하였고 과육 갈변도 조기 수확한 과실에서 심하게 발생하였다. 따라서 수확 후 생리적 장애를 회피할 수 있는 적절한 수확시기와 이들 장애를 방지할 수 있는 수확 후 관리 기술의 개발이 필요하다.

추가 주요어 : 과심갈변, 과육갈변, 동양배, 생리적 장애, 과피흑변

- Amiot, M.J., S. Aubert, and J. Nicolas. 1993. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple and pear cultivars at maturity. *Acta Hort.* 343:67-69.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350-356.
- Gross, K.C. 1982. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. *Hort-Science* 17:933-934.
- Itai, A., T. Kawata, K. Tanabe, F. Tamuro, M. Uchiyama, M. Tomomitsu, and N. Shiraiwa. 1999. Identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase genes controlling the ethylene level of ripening fruit in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Mol. Gen. Genet.* 261:42-49.
- Kim, J. H. 1975. Studies on the causal factors of skin browning during storage and its control method in 'Imamuraaki' pear (*Pyrus serotina* Rehder). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 16:1-25.
- Lee, J.C., Y.S. Hwang, and K. Tanabe. 1992. Factors of skin browning development in stored 'Niitaka' pears. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62 (Suppl. 2):40-41.
- Lee, J.C., Y.S. Hwang, K.Y. Kim, J.P. Chun, J.H. Seo, and H.K. Shim. 1992. Improvement of export technique and marketability of 'Niitaka' pears. Research Report. Ministry of Science and Technology, Korea.
- Park, Y. and K. Kwon. 1999. Prevention of the incidence of skin blackening by postharvest curing procedures and related anatomical changes in 'Niitake' pears. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:65-69.
- Seo, J.H. 1999. Potential factors associated with the occurrence of skin browning in stored oriental pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai). Ph.D dissertation, Chungnam National University.
- Yang, Y.J. 1997. Inhibition of the skin blackening by postharvest factors in 'Niitaka' pears. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:730-733.