

## ‘한아름’ 배의 저장 및 유통온도 조건에 따른 품질 및 생리장애 발생 비교

이육용<sup>1</sup> · 황용수<sup>1</sup> · 안영직<sup>2</sup> · 천종필<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 원예학과, <sup>2</sup>배재대학교 산학협력단

### Comparison of fruit quality and occurrence of physiological disorders during storage and simulated marketing at different temperature conditions in ‘Hanareum’ pears

Ug-Yong Lee<sup>1</sup>, Yong-Soo Hwang<sup>1</sup>, Young-Jik Ahn<sup>2</sup>, Jong-Pil Chun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>2</sup>Foundation of University-Industry Research Collaboration, Paichai University, Daejeon 302-735, Korea

Received on 7 February 2013, revised on 27 May 2013, accepted on 27 May 2013

**Abstract :** This study was conducted to investigate the effect of temperature during transportation and continuing shelf-life on fruit quality and the occurrence of physiological disorder to set up the appropriate exportation temperature condition in Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) ‘Hanareum’. In the experiment of simulated exportation headed for USA, the fruits transported at 1°C showed less weight loss than those of 5°C. Market temperature appeared as a key factor for keeping freshness of exported pear fruits rather than transportation temperature. Quality factors such as high flesh firmness and low incidence of fruit rot and physiological disorders including core breakdown and pithiness were attained at the fruits maintained at 18°C. Approximately two times higher incidence of physiological disorders and of fruit decay rates were observed in the fruits distributed at 25°C than the those of 18°C. Therefore, temperature management during marketing resulted as an important factor for maintaining fruits quality in the process of pear fruit exportation.

**Key words :** Firmness, Fruit decay, Core breakdown, Pithiness

## I. 서론

우리나라 배 품종의 재배면적 비율은 ‘신고’를 중심으로 하는 중생종이 89% 이상을 차지하고 있으며 일부 국내에서 육성한 조생종 품종이 6% 정도 재배되고 있다. 조생종의 경우, ‘원황’이 5% 이상을 점유하고 있어 다른 조생종 품종은 생산량은 아직 미흡한 실정이다. ‘한아름’은 국립원예특작과학원에서 1988년 ‘신고’에 ‘추황’을 교배하여 지역적응성을 시험한 후 선발된 조생종 품종으로 검은 무늬병에 저항성이 있으며 배나무잎 검은점병에 비발현성인 내병성 품종으로 품질이 우수한 배이다(Hwang et al., 2005). ‘한아름’은 현재 우리나라에서 추석에 수확하여 유통되고 있는

‘원황’보다 수확시기가 빨라 8월 하순이면 수확이 가능하므로 여름 단경기 소비 수요를 충족시킬 수 있을 것으로 기대되며 고당도의 과실을 원하는 대만 및 미국으로의 수출도 기대되는 품종이다. 우리나라에서 배의 수출은 미국과 대만에 90% 이상 수출하고 있는 실정인데 일반적으로 대미 수출과정에 있어 선적 후 수송기간은 서부지역은 30일, 동부지역은 40일 정도 소요되며 대만에 비해 장기간 저온에서 과실을 수송하고 현지에서 검역을 거쳐 유통되는 기간 중 온도변화에 의한 품질저하 및 생리장애 발생이 증가하기 때문에 주의를 요한다.

배에 있어 과실 내, 외부의 생리장애의 발생은 조생종인 ‘원황’이 중생종인 ‘신고’에 비하여 유의하게 높는데, 이는 조생종 배의 경우 성숙에 이르는 기간이 중생종에 비해 짧아 세포벽구성물질의 축적이 상대적으로 적고 가용성펙틴의

\*Corresponding author: Tel: +82-42-821-5733

E-mail address: [jpchun@cnu.ac.kr](mailto:jpchun@cnu.ac.kr)

양적차이 등 과실의 보구력에 관련된 요인의 차이가 하나의 원인으로 보고된 바 있다(Oanh et al., 2010). 한편 조생종 배들은 유통온도가 높거나 유통기간이 길어지면 과실의 신선도가 현저히 저하되어(Park, 1994) 상품성을 잃게 되는 경우가 있다. 따라서 이들 품종을 장거리로 수출할 경우 과육수침 및 과심갈변을 비롯한 생리장해발생으로 인한 품질 저하가 우려된다. 일반적으로 과실 내 생리장해의 발생은 수확시기와 저장 온도에 따라 다르게 나타나는데 기존의 보고에 의하면 서양배에서는 수확 시기가 늦을수록 과심갈변이 쉽게 나타나지만 이른 시기에 수확한 과실의 저온저장은 과심갈변을 촉진시키는 것으로 보고된 바 있다(Wang et al., 1971). '원황' 배에서는 0°C로 저온 저장한 과실에서 수침상이 발생하였고 이를 저온에 의한 피해로 간주한 바 있으나(Lee et al., 2002) 다른 연구에서는 '원황'의 과심갈변은 저온장해가 아닌 수확 후 유통온도가 높을수록 발생률이 높았다는 상반된 결과를 보인 바 있다(Lim et al., 2007).

이에 본 실험에서는 '한아름' 배의 대미수출과정을 모의하여 유통단계에서 발생하는 품질 저하와 생리장해 발생의 문제점을 개선하기 위하여 과실의 적정 수송온도 및 유통온도 조건을 알아내고 새로운 수출배 품종으로써의 현지의 유통과정 중 품질저하에 의한 클레임을 최소화하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 과실 재료

과실 재료는 충청남도 천안시 성환읍 소재 농가에서 수세가 균일한 5년생 '한아름' 배(*Pyrus pyrifolia* Nakai)를 공시하였다. 지베렐린 도포제 및 기타 생장조절제 처리를 하지 않은 것을 대상으로 만개 후 50일에 수출용 황색이중물 봉지를 패대한 과실을 사용하였고 만개 후 110일인 2009년 8월 17일에 과실을 수확하여 공시하였다. 수확 후 과실을 그늘에서 1일간 예조한 후 부패 및 기형과를 선과하고 미주 수출과정에서 관형적으로 이루어지는 내지포장 및 그물망을 씌운 후 수출용 5 kg 종이박스에 10과씩 포장한 후 실험을 수행하였다.

### 2. 수출 과정 중 수송 온도와 유통과정 중의 온도 설정

미주 모의수출 과정 중 온도설정은 Lin 등(2007)과 Lee

등(2002)의 연구에서 과실의 품질보전에 가장 유리하였던 수송온도인 1 및 5°C를 설정하였다. 모의수출기간은 관형적인 수송수단인 선박을 이용하는 경우의 1개월로 설정하여 저온저장고에 저장하였다. 저온저장 후 유통과정에서의 온도 환경설정은 상온유통온도에서 가장 높은 온도인 25°C와 상대적 저온인 18°C로 나누어 설정하였다.

### 3. 품질 조사

수송과 유통기간을 부여한 후 과실의 품질을 비교 조사하였다. 품질 조사는 저장온도별로 1 및 5°C에서 각각 1개월 저장 후 상온유통 21일간 7일 간격으로 3회 실시하였다. 분석용 과실은 각각 설정된 유통 온도 조건에서 무작위로 2 box(n=30 fruits)를 분석하였다. 과실 감모율은 수확 후 측정된 과중과 저온수송 및 유통 후 측정된 과중의 차이를 백분율로 표현하였다. 과피색은 색도계(CR-400, Minolta, Japan)를 이용하여 CIELAB model의 L\*, a\*, b\*값을 측정하였다. 과육 경도는 과피를 제거한 다음 적도부위에서 8 mm flat-tipped probe를 사용 Rheometer (CR-100D, Sunscientific, Japan)로 경도를 측정하고 N으로 표시하였다. 가용성고형물 함량은 굴절당도계(PR-1, Atago, Japan)로 측정하였고, 산함량은 과즙을 희석 후 0.1 N NaOH로 적정한 후 사과산 함량을 기준으로 계산하였다.

### 4. 생리장해 발생과 측정

생리장해는 과실 중앙부를 절단하여 절단면에서 장해발생 여부를 육안으로 관찰하여 판단하였다. 과육에 발생하는 갈변, 바람들이, 수침증상은 건전과는 0, 과육면적의 20% 미만은 1, 40% 미만은 2, 60% 미만은 3, 80% 이상은 5로 구분하였으며 flesh spot decay (FSD)는 건전한 경우 0, 붕괴가 1~2개는 1, 4~5개는 3, 8개 이상은 5로 구분하였다. 과심에 발생하는 갈변은 과심면적을 기준으로 건전한 것은 0, 20% 미만은 1, 60% 미만은 3, 80% 이상은 5로 구분하여 장해지수를 측정된 후 생리장해 항목별로 총합을 과실수로 나누어 지표와 발생 유무에 따른 발생률을 산출하였다.

### 5. 통계

본 실험에서는 SPSS 프로그램(version 14.0, SPSS,

Inc., Chicago, Illinois, USA) 을 사용하였다. 분산분석 (ANOVA)은  $p < 0.05$ 의 유의수준에서 실행되었으며, 평균은 Duncan's multiple range test로 차이를 검정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 모의유통 과정 중의 품질 비교

만개 후 110일에 수확한 '한아름' 배를 1 및 5°C로 30일간 저온저장하면서 모의수출기간을 부여하고 18 및 25°C에서 21일간 모의유통 과정을 거친 후 품질을 비교한 결과는 다음과 같다. 과실의 감모율은 유통기간이 경과함에 따라 증가하였고 유통온도가 높은 경우 증가율이 높게 나타났는데 유통기간의 경과와 더불어 그 차이가 더 크게 나타나는 경향으로 21일 후에는 3-4%의 차이를 보였다(Table 1). 또한 수송온도가 5°C로 설정되었던 과실의 감모율은 1°C설정보다 동일한 유통온도 조건에서 다소 높게 나타났는데 즉 유통 21일 후의 감모율은 1°C에서 수송되어 25°C에서 유통한 경우 8.9%였고 5°C에서 수송되어 25°C에서 유통한 경우

10.2%로 완전히 상품성을 상실하였다. 따라서 조생종 '한아름' 배의 감모율은 수송온도도 중요하지만 수송 이후에 겪게 되는 현지유통 온도가 더 큰 영향을 미치는 것으로 생각되어 수출 이후의 현지유통 과정에서의 온도관리가 중요한 요소라고 판단되었다(Table 1).

과실의 신선도를 가늠하는 주요 품질 구성요소로 작용하는 과실 경도를 조사하였다. 수확기 과실 경도는 34.2 N이었고 모의유통 7일 후부터 처리구간의 유의한 차이를 보여 1°C의 수송과 18°C의 유통온도 처리구가 32.1 N으로 가장 높았으며 5°C 수송 및 25°C 유통구가 28.4 N으로 가장 낮게 조사 되었다. 유통 14일 후에는 유통온도에 따른 차이가 크게 나타나 수송온도에 관계없이 18°C 유통온도구가 27.1-25.6 N으로 25°C 유통처리구의 21.5-19.6 N 보다 약 6N 정도 높았고 유통 21일 후에도 유사한 경향으로 조사 되었다(Table 1). 유통기간이 길어질수록 과실의 경도는 감소하는 경향을 보였는데, 단기간 유통에서는 수송온도에 의한 과실의 경도 차이를 나타내지 않았지만 시간이 경과함에 따라 수송온도의 조건도 복합적으로 관여한다는 것을 기존의 보고(Kim et al., 2011)와 유사한 결과를 보였으며

**Table 1.** Changes in fruit quality indices during 21 days of shelf-life in 'Hanareum' pear as influenced by various transportation and distribution temperatures.

Temp (°C) during		Shelf-life (days)	Weight loss (%)	Firmness (N, 8 mmΦ)	SSC (°Brix)	TA (%)	SSC/TA
transport	distribution						
-	-	0	-	34.2	12.1	0.11	112.6
1	18	7	3.97 c <sup>1)</sup>	32.1 a	12.0 a	0.08 a	145.9 a
	25		5.52 b	29.0 ab	12.2 a	0.08 a	150.9 a
5	18	14	4.36 c	28.9 ab	12.2 a	0.07 a	156.3 a
	25		6.04 a	28.4 b	12.1 a	0.08 a	155.1 a
1	18	21	4.73 b	27.1 a	11.7 a	0.09 a	128.3 b
	25		7.06 a	21.5 b	12.0 a	0.08 a	156.0 ab
5	18	21	5.19 b	25.6 a	11.8 a	0.09 a	131.0 b
	25		7.57 a	19.6 b	12.1 a	0.07 a	169.6 a
1	18	21	5.80 c	23.8 a	12.0 a	0.08 a	150.2 a
	25		8.90 b	23.2 a	12.0 a	0.07 a	164.1 a
5	18	21	6.08 c	19.6 ab	12.1 a	0.07 a	160.9 a
	25		10.21 a	18.4 b	12.2 a	0.07 a	158.6 a
ANOVA <sup>2)</sup>							
Distribution temp (A)			***	***	*	*	**
Shelf life (B)			***	***	*	NS	NS
(A) × (B)			***	*	NS	**	**

<sup>1)</sup>Mean separation within columns within each shelf-life by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$

<sup>2)</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* indicate non-significant and significant difference at  $p < 0.05=*$ ,  $p < 0.01=**$ ,  $p < 0.001=***$

유통온도와 유통기간의 경과와 밀접한 관련이 있는 것으로 조사되었다(Table 1).

가용성고형물 함량과 산함량은 과실의 단맛과 신맛을 의미하는 요인으로 특정 과실의 고유의 풍미와 직접적인 연관이 있는 중요한 품질 평가요인으로 일반적으로 배에서는 과실의 성숙이 진행되면서 가용성고형물은 증가하는 경향을 보이며 동일한 품종에서는 수확시기가 늦어질수록 증가하는 경향을 보이고 유통기간의 경과에 따라 가용성고형물의 증가가 일어나는데 산함량은 감소하는 경향을 보인다(Oh et al., 2010). 본 실험에서 가용성고형물함량을 조사한 결과, 만개 후 110일에 수확한 '한아름' 배 과실의 수확기 당도는 12.1°Brix였는데 21일의 유통기간 중 그 수준의 증감이 거의 나타나지 않았고 유통온도에 따른 유의한 차이를 보이지 않아 다른 조, 증생중 배 품종과는 다소 상이한 결과를 보였다(Lee et al., 2011). 산함량의 경우, 수확 당시 0.11%에서 유통기간이 경과하면서 점진적으로 감소하고 21일 유통 후 0.07% 수준으로 조사되어 약 0.04%의 산이 감소하였다. 이는 '원황' 품종에서는 모의수출 후 유통 중 약 0.02% 정도의 감소를 보였다는 결과(Lee et al., 2012)를 감안하면 상대적으로 산의 감소율이 큰 결과였다. 이에 따라 과실의 당산비가 수확기 112.6에서 유통기간 중 급격하게 높아졌는데 가용성고형물의 증가가 거의 없었음에도 산함량의 감소에 의한 당산비의 증가로 이해되었다.

과실 부패율의 경우, 유통 7일 후에는 수송온도 및 유통온도에 관계없이 발생하지 않았지만 14일 후에는 1°C 수송 조건인 25°C 유통 처리구에서 3.3%의 부패율을 나타내었다. 유통 21일 후에는 1°C 수송에 18°C 유통조건에서 6.7%, 25°C 유통조건은 40%의 발생을 보였으며 5°C 수송에 18°C 유통조건에서 3.3%, 25°C 유통조건은 33.3%로 나타내어 수송온도보다는 유통온도가 과실의 부패에 더욱 큰 영향을 주는 것으로 사료되며 만개 후 110일에 수확한 '한아름'의 부패율을 고려한 판매한계기간은 14일 이내로 판단되었다(Fig. 1).

## 2. 모의유통 과정 중의 생리장애 발생 비교

배 과실에서의 생리장애는 과육 또는 과심의 갈변, 과육 붕괴에 의한 공동화 현상 등이 대표적이다(Hwang et al., 2003; Franck et al., 2007; Lim et al., 2007; Moon et al., 2008). 서양배에서는 수확 시기가 늦을수록 과심갈변

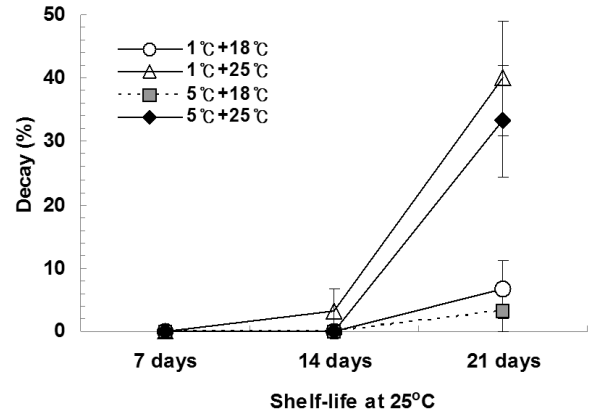


Fig. 1. Occurrence of fruit decay during 21 days of shelf-life in 'Hanareum' pear as influenced by various transportation and distribution temperatures.

이 쉽게 나타나지만 이른 시기에 수확한 과실에서 저온저장은 과심갈변을 촉진시키는 것으로 보고(Wang et al., 1971)되었으나 Lim 등(2007)에 의하면 '원황' 배에서는 저온장해가 아닌 수확 후 누적된 온도가 높을수록 발생률이 높은 결과를 보인 바 있다.

본 연구에서 공시하였던 '한아름' 배의 수송온도 및 유통온도에 따른 생리장애의 발생을 검토한 결과 과육갈변의 경우 1°C의 수송조건에서는 18°C보다 25°C의 처리구에서 발생율이 높았으며 유통 14일 후부터 발생 하였으나 5°C 수송조건에서는 유통 7일부터 발생하였으며 유통온도간의 유의한 차이는 보이지 않았다(Fig. 2). 바람들이는 유통 7일부터 모든 처리구에서 발생하였으며 수송온도가 상대적으로 낮은 처리구에서 발생이 다소 낮았으며 유통온도에 따른 유의한 차이는 보이지 않았다. 과심갈변도 바람들이와 유사한 경향을 나타내었지만 유통 7일에는 1°C의 수송온도 처리구에서 현저히 낮게 발생하였는데 유통 14일부터는 수송온도에 관계없이 발생을 하였다. 과육수침 증상의 경우도 과심갈변과 비슷한 경향을 나타내었지만 1°C의 수송온도 처리구에서는 유통 7일에는 전혀 발생하지 않았다(Fig. 2).

과심갈변 및 바람들이는 이산화탄소 축적 및 노화에 의한 장애로 보고되고 있고(Larrigaudière et al., 2004; Shim et al., 2007) 과육연화는 특정 세포벽 물질의 분해에 의한 것으로 알려져 있다(Murayama, 2002; Yoo et al., 2002). 본 실험의 결과 바람들이 및 과심갈변 발생은 유통기간의 연장 및 25°C 유통온도에서 발생지수가 높게 나타났다(Fig. 1, 2). 증상이 심하게 발생한 처리구에서는 다른 처리

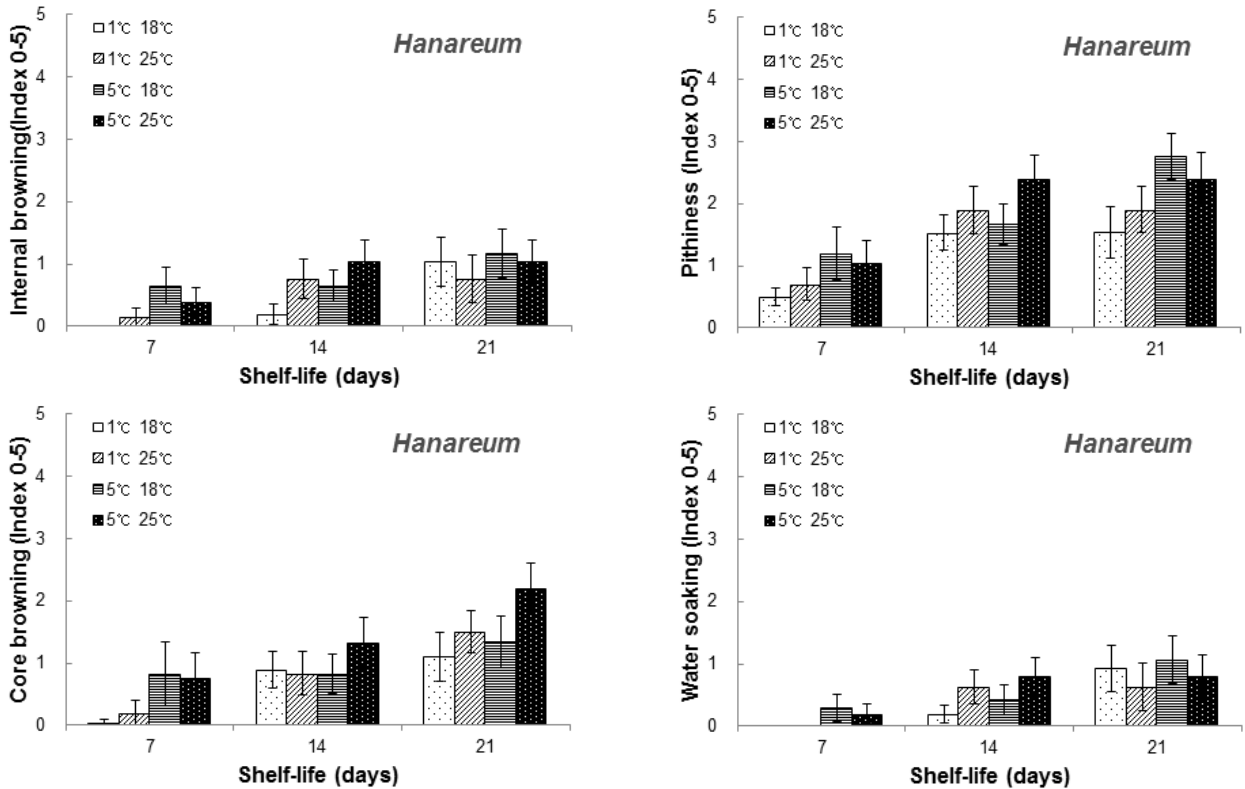


Fig. 2. Severity of physiological disorder during 21 days of shelf-life in 'Hanareum' pear as influenced by various transportation and distribution temperatures.

구에 비해 경도의 감소가 유의하여 과실의 노화과정의 진전에 따른 과육 연화가 동반되는 것으로 사료되었다.

종합적으로 볼 때 생리장해 발생을 고려하면 '한아름'의 상온 유통판매기간은 1°C로 수송되어 18°C로 유통되는 경우에는 14일간 품질 유지가 가능하지만 25°C에서 유통되는 경우에는 7일 이내가 한계유통기간으로 추후 '한아름' 배의 대미 수출을 증가시키기 위해서는 과실의 품질 및 경제성과 직접적인 관련이 있는 과실의 감모율을 줄이기 위한 새로운 포장방법 및 기능성 포장재에 대한 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

#### IV. 결론

본 연구는 수확 후 과실의 수송온도 및 유통 온도의 설정을 위해 과실의 유통시기별 과실의 품질변화 및 생리장해를 조사하였다. 수확직 후 경도가 34.2 N의 과실을 유통시킨 결과 1°C의 수송온도와 18°C의 유통조건에서는 32.1 N에서 23.7 N으로 감소하였고 5°C의 수송조건과 25°C의 유통조건의 과실은 28.3N에서 18.4 N으로 나타났다. 과실의

부패는 모든 처리구에서 유통7일에는 발생하지 않았지만 25°C의 유통조건에서 14일부터 발생하여 21일 후에는 30% 이상의 부패율을 나타내었다. 과실의 생리장해의 발생을 측정된 결과, 1°C의 수송온도 보다 5°C의 수송조건에서 다소 높게 나타났으며 유통온도의 경우에는 수송온도 보다는 온도간의 유의차가 다소 낮게 나타났다. 따라서 신육성 품종 '한아름'을 수출하기 위해서는 수송온도를 1°C로 설정하는 것이 바람직하며 유통온도 18°C의 조건이 과실의 품위유지에 유용할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 논문은 IPET 배수출연구사업단의 지원에 의해 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

Franck C, Lammertyn J, Ho QT, Verboven P, Verlinden B, Nicolai BM. 2007. Browning disorders in pear fruit. *Postharvest Biology and Technology* 43:1-13.

- Hwang YS, Park IY, Lee JC. 2003. Potential factors associated with skin discoloration and core browning disorder in stored 'Niiitaka' pears. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 44:57-61.
- Hwang HS, Shin IS, Kim WC, Shin YU, Hwang JH, Hong SS. 2005. Breeding of good quality, large size, and early summer season pear cultivar 'Hanareum' (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 23:60-63.
- Kim JG, Oh KY, Lee UY, Ma KB, Hwang YS, Choi JM, Chun JP. 2011. Change of fruit quality according to temperature environment and marketing period during simulated exportation in 'Whasan' pears. *Journal of Bio-Environment Control* 20:399-405.
- Larrigaudière C, Lenthéric I, Puy J, Pintó E. 2004. Biochemical characterisation of core browning and brown heart disorders in pear by multivariate analysis. *Postharvest Biology and Technology* 31:29-39.
- Lee UY, Oh KY, Choi JH, Hwang YS, Chun JP. 2011. Evaluation of fruit quality during shelf-life at high temperature environment in 'Wonhwang' and 'Hwasan' pears. *Journal of Bio-Environment Control* 20:233-240.
- Lee UY, Oh KY, Moon SJ, Hwang YS, Chun JP. 2011. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruit quality and occurrence of physiological disorders of Asian pear (*Pyrus pyrifolia*), 'Wonhwang' and 'Hwasan' during shelf-life. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 30:534-542.
- Lee SJ, Park SM, Jeong CS, Ngo BX, Kim JH. 2002. Changes of fruit quality by storage temperature for marketing during off-season in 'Wonhwang' pear. *Journal of Korean Society for Horticultural Science* 43:716-720.
- Lim BS, Hwang YS, Chun JP, Jung HW. 2007. Effect of storage temperature on the core breakdown of 'Wonhwang' and 'Niiitaka' pear fruits. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 25:212-216.
- Moon SJ, Han CH, Lim BS, Lee CH, Kim MS, Hwang YS. 2008. Effect of storage temperature and 1-MCP treatment on the incidence of flesh browning disorder in 'Wonhwang' pears. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 26:144-148.
- Murayama H, Katsumata T, Horiuchi O, Fukushima T. 2002. Relationship between fruit softening and cell wall polysaccharides in pears after different storage periods. *Postharvest Biology and Technology* 26:15-21.
- Oanh VTK, Lee UY, Choi JH, Lee HC, Chun JP. 2012. Changes of Fruit Characteristics and Cell Wall Component during Maturation and Ripening in Asian Pear 'Hanareum', 'Manpungbae' and 'Niiitaka' (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 30:345-356.
- Oh KY, Lee UY, Moon SJ, Kim YO, Yook HS, Hwang YS, Chun JP. 2010. Transportation and distribution temperature affect fruit quality and physiological disorders in 'Wonhwang' pears. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 28:434-441.
- Park HS, Lim HT, Park YM. 1994. Effect of fruit maturity on the quality of 'Tsugaru' apples during cold storage and simulated marketing. *Journal of Korean Society for Horticultural Science* 35:593-598.
- Shim HK, Seo JH, Moon SJ, Han CH, Matsumoto K, Hwang YS, Chun JP. 2007. Cell wall characteristics of pithiness tissues in 'Niiitaka' pears during storage. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 25:223-229.
- Wang CY, Mellenthin WM, Hansan E. 1971. Effect of temperature in development of premature ripening in Bartlett pears. *Journal of American Society for Horticultural Science* 96:122-126.
- Yoo WJ, Kim DH, Lee DH, Byun JK. 2002. Changes in respiration rates, cell wall components and their hydrolase activities during the ripening of 'Whangkeumbae' pear fruit. *Journal of Korean Society for Horticultural Science* 43:43-46.