

# 밤바구미 방제를 위한 온도 및 시간별 침지처리 효과와 종실 변화

김영재 · 김현경<sup>1</sup> · 이가순<sup>2</sup> · 김길하<sup>1\*</sup>

충청남도산림환경연구소, <sup>1</sup>충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, <sup>2</sup>금산인삼약초시험장

## Effects of Immersion Temperatures and Times on Chestnut Fruit and Mortality of the Chestnut Weevil, *Curculio sikkimensis* Heller

Young-Jae Kim, Hyun Kyung Kim<sup>1</sup>, Ka-Soon Lee<sup>2</sup> and Gil-Hah Kim<sup>1\*</sup>

Chungcheongnam-do Institute of Forest Environment Research, Sejong 339-803, Korea

<sup>1</sup>Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

<sup>2</sup>Geumsan Ginseng & Medicinal Crop Experiment Station, Geumsan 312-823, Korea

**ABSTRACT:** To control populations of the chestnut weevil, *Curculio sikkimensis* Heller, the effects of various immersion temperatures and times on the chestnut weevil were tested. The effects of immersion treatments on chestnut fruits were also analyzed. The mortality levels of *C. sikkimensis* larvae were evaluated at various temperatures (30°C, 35°C, 40°C, 45°C, and 50°C) and time intervals (1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 22, and 24 h). Changes in the chestnut fruit due to the immersion treatment were measured in terms of color (lightness, redness, and yellowness), physiological effects (germination rate and decay rate), hardness, and change in constituent properties (moisture content, free sugar content, and tannin content). Mortality levels of *C. sikkimensis* larvae after immersion treatment at 30°C were over 70% and 100% after 2 h and 7 h, respectively. Color (lightness, redness, and yellowness) of the chestnut fruits was not significantly different at 30°C and 35°C; however, the color was affected at temperatures over 40°C. The germination rate of the fruit was not affected by the immersion treatments, but the decay rate at 40°C increased with an increase in immersion time. The hardness of the fruits decreased with an increase in immersion times and temperatures.

These results can be used in the future for developing methods for the control of chestnut weevil populations.

**Key words:** Chestnut weevil, *Curculio sikkimensis*, Submerged treatment, Physical control

**초록:** 밤재배원에서 발생하는 밤바구미를 물리적으로 방제하기 위하여 침지처리 온도 및 시간별로 유충에 대한 방제효과와 밤 종실에 미치는 성분변화 등을 조사하였다. 밤 종실내의 밤바구미 유충을 방제하기 위하여 다양한 온도조건(30, 35, 40, 45, 50°C)과 시간별(1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 22, 24시간)로 처리하여 방제활성을 조사하였다. 침지처리에 의한 밤 종실의 변화 조사로는 밝기(lightness), 적색도(redness), 황색도(yellowness) 등의 색도의 변화와 발아율, 부패율과 같은 생리적 변화, 경도(hardness)와 같은 물리적 변화, 수분함량과 유리당, 탄닌과 같은 성분변화를 조사하였다. 침지처리를 이용한 밤바구미 유충의 방제 효과는 30°C 에서 2시간 후부터 70%이상의 살충효과를 보였으며, 7시간 후부터는 100% 방제 효과를 보였다. 40°C 에서는 2시간 후부터 90%의 효과를 보였으며, 45°C 이상에서는 침지 처리 1시간 후부터 90%이상의 살충효과를 나타내었다. 밤 종실에 대한 색도의 변화는 30°C 와 35°C 에서는 큰 유의차가 없었으나 40°C 이상의 온도에서는 시간이 증가할수록 밝기, 적색도, 황색도에 영향을 미쳤다. 발아율의 경우 침지처리에 대한 영향은 크지 않은 것으로 조사되었으나, 40°C 이상의 온도조건에서는 침지시간이 증가할수록 부패율이 증가하는 것으로 조사되었다. 경도는 온도와 침지처리 시간이 증가할수록 감소하였다. 침지처리에 의한 종실 성분의 변화는 온도와 침지처리 시간이 증가할수록 유리당함량이 감소하였다. 이상의 결과는 적절한 온도와 시간조건에서의 침지처리가 밤바구미 유충 방제에 효과적이며, 밤 종실의 상품성에 큰 영향을 미치지 않음을 보여주었다. 따라서 본 연구결과는 밤 종실의 침지조건을 선별하는데 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

**검색어:** 밤바구미, *Curculio sikkimensis*, 침지처리, 물리적방제

\*Corresponding author: [khkim@chungbuk.ac.kr](mailto:khkim@chungbuk.ac.kr)

Received May 9 2014; Revised September 12 2014

Accepted October 1 2014

밤나무(*Castanea vrenata* Siebold & Zucc.)는 참나무과(Fagaceae) 밤나무속(*Castanea*)에 속하는 낙엽활엽교목으로 일본, 만주 등에 분포한다(Korea Forest Research Institute, KFRI, 1987). 밤은 연간 약 1,400억원의 소득을 올리는 경제수종이다(Kim, 2012). 밤 재배시 직·간접적으로 피해를 주는 해충은 217종으로 그 중 밤바구미(*Curculio sikkimensis* Heller)는 가장 중요한 해충 중 하나로 알려져 있다(Kim and Kim, 1984; Lee and Jung, 1997). Shin et al. (1998)은 밤바구미가 밤나무의 조생종인 경우 약 5-10%, 중생종의 경우 20-30%, 만생종의 경우 60-70%의 피해를 입히고 있다고 보고하였다. 특히 다른 종실 해충과는 달리 수확 후 저장 중에 피해를 주어 출하시 상품가치를 하락시켜 다른 종실해충보다 더 큰 피해를 준다고 보고하였다. 밤바구미의 산란시기는 밤나무 품종의 숙기에 따라 약 10일의 차이가 있으나 대개 수확일로부터 3주 전으로 알려져 있다(Park et al., 1984). 밤바구미는 종피와 과육 사이에 산란된 알에서 부화한 유충이 과육을 먹고 자라며 똥을 밖으로 배출하지 않아 밤을 수확하여 쪄보거나 또는 유충이 탈출하기 전까지는 그 피해를 식별하기가 어렵다(Lee and Jung, 1997). 밤 종실 내 존재하는 밤바구미의 특성 상 이들을 방제하기 위해서는 일반적으로 밤 종실을 수확하여 저장하기 전에 화학적 약제(인화늄, 이류화탄소, 메틸브로마이드 등)를 이용한 훈증을 하게 된다(Lee and Jung, 1997). 그러나 식품 안전성에 대한 소비자들의 인식 변화와 환경오염을 줄이기 위해서는 훈증에만 의존해 오던 방법을 환경친화적이고 안전한 물리적방제 방법으로 대체해야 할 필요성이 대두되고 있다.

따라서 본 연구는 약제를 이용하는 훈증법을 대체할 수 있는 물리적 방제법으로 밤 종실에 대한 침지처리 방법을 모색하였고, 침지처리가 밤 종실에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시험재료

2006년 10월 공주지역에서 수확한 별레 먹은 만생종 밤 1,000 Kg을 구입하여 실험에 사용하였다.

### 침지처리에 의한 방제효과 검증

침지처리는 9가지의 온도조건( $1\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,  $5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,  $10\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $40\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $50\pm 1^{\circ}\text{C}$ )으로 수행하였고, 시간대별(1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 22, 24시간, 단  $50^{\circ}\text{C}$ 에서는 1-7시간까지만 측정)로 측정하였다. 저온( $1-20^{\circ}\text{C}$ ) 침지는

김치냉장고(WINIA DD-943D DELUXE, Korea)를 이용하였고, 고온( $30-50^{\circ}\text{C}$ ) 침지는 보온상자( $1000 \times 600 \times 550 \text{ cm}$ )를 이용하여, 2시간마다 온도를 확인하며 적정온도를 맞추었다. 침지 후 사육상자( $60 \times 40 \times 15 \text{ cm}$ )에 넣고 10월 16일부터 11월 24일까지 상온상태( $25^{\circ}\text{C}$ )에서 밤바구미 유충의 탈출을 유도한 후 피해 밤을 조사하였다. 침지 처리는 온도와 시간당 200개씩 3반복 하였고 대조구는 침지처리를 하지 않았다.

### 고온 침지에 따른 밤 종실의 발아율 및 부패율 조사

고온조건( $30-50^{\circ}\text{C}$ )에서 침지한 밤 종실에 대하여 온도조건과 시간대별로 무작위로 100개씩 수취하여 10월 16일부터 11월 24일까지 보관 후 건전과, 발아과(germinated fruit) 및 부패과(decayed fruit)의 비율을 확인하였다.

### 밤 종실의 성분변화 분석

#### 색도

침지처리에 따른 밤의 색도변화를 조사하기 위하여 색차계(Chromameter, CR-200, Minolta, Japan)를 이용하여 껍질을 제거한 밤 종실 표면의 밝기(lightness), 적색도(redness) 및 황색도(yellowness)를 측정하였다. 각각의 온도와 시간대별로 100개씩 3반복으로 색도를 분석하였다.

#### 경도

침지처리에 따른 밤의 경도변화는 texture analyzer(TA-XT2, Stable micro system Ltd., England)를 이용하여 TPA(texture profile analysis) mode에서  $\phi 5 \text{ mm}$  cylinder probe, test speed 10 mm/s, distance 100 mm의 조건에서 측정하였다. 색도와 동일한 시료를 가지고 각각의 온도와 시간대별로 100개씩 3반복으로 경도를 분석하였다.

#### 수분, 유리당 및 탄닌 함량

침지처리에 따른 밤의 수분 및 당의 함량은 Association of Analytical Communities (AOAC) (1995) 방법에 준하였다. 수분함량은  $105^{\circ}\text{C}$  상압건조법을 이용하여 처리조건에 따른 밤의 수분함량을 측정하였다. 유리당의 함량은 내피를 벗긴 밤의 과육을 일정조각으로 자른 후 일정부위를 고르게 채취한 후 10 g을 취하였다. 그리고 10배량의 증류수를 가한 후  $30^{\circ}\text{C}$ 에서 3시

간 추출한 다음 여과하여 그 여과액으로 Anthron 방법으로 유리당 함량을 측정하였다. 탄닌 함량은 Iwasa (1975) 방법을 이용하였다. 밥 시료 1 g에 물 50 ml를 가하여 비등수 욕조에서 30분간 가운 후 냉각하고 100 ml로 맞춘 다음 여과한 여액 5 ml에 ferric tartrate 용액 5 ml과 soresen's phosphate buffer 용액 15 ml을 가하여 540 nm에서 O.D.값을 측정하여 지표물질 ethyl gallate를 표준용액으로 이용하여 정량하였다. 모든 실험은 각각의 온도와 시간대별로 100개씩 3반복으로 동일한 종실을 가지고 성분변화를 분석하였다.

### 통계분석

실험결과에 대한 분석은 Scheffe's test로 온도와 시간별로 방제효과, 성분변화, 수분, 유리당 및 탄닌의 함량을 비교하였다(SAS Institute, 2004).

### 결과 및 고찰

#### 침지처리에 의한 방제효과

온도와 시간별로 침지 처리를 달리하여 밤바구미 유충의 방제효과를 검정한 결과는 Table 1과 같다.

1, 5, 10℃의 온도로 침지한 밤에서는 밤바구미 유충에 대한 살충효과가 거의 나타나지 않았으며, 20℃에서 4시간 침지 후부터 3.3%의 매우 낮은 살충율을 나타냈다. 30℃에서 침지 2시간 후에는 77.3%의 살충율을 보였다. 30℃와 35℃에서 7시간 후부터 100%의 살충효과를 보였다. 또한 40℃에서는 2시간 이후 90%이상 높은 살충효과를 보였으며, 45℃와 50℃에서는 1시간 침지 후부터 90%이상의 살충효과가 나타났다. 이상의 결과를 요약하면, 침지를 이용한 밤바구미의 효과적인 방제를 위해서는 30℃에서 7시간, 35℃에서는 6시간, 40℃에서는 2시간, 45℃와 50℃에서는 1시간동안의 침지처리가 요구됨을 보여주었다.

일반적으로 침지처리는 건전한 밤 종실을 선별하기 위하여 이용되기도 하는데 현재까지는 침지처리로 인한 해충방제에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 딸기잎선충(*Aphelenchoides fragariae* (Ritzema Bos) Christie)에 대한 방제방법으로 침지처리를 이용하지만 살선충제를 혼합하기도 한다(Kim et al., 2008). Gill et al. (2007)은 검역해충을 방제하기 위해 고온(37℃ 이상)의 물을 이용한 연구는 단시간 처리(60 또는 120초)하는 방법을 사용하였다. 일반적으로 침지처리법은 상품의 손상을 줄이기 위하여 단시간에 걸쳐 일정 온도 이하를 처리하게 된다. 이들은

**Table 1.** Effects of immersion temperatures and times on the mortality of chestnut fruit weevil larvae, *C. sikkimensis*

Temp. (°C)	Mortality (%), Mean ± SE)											
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr	7 hr	10 hr	15 hr	22 hr	24 hr	
1	0.0 ± 0.0dA <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0cA	0.0 ± 0.0cA	0.0 ± 0.0cA	0.0 ± 0.0cA	1.8 ± 1.8cA	4.1 ± 2.1cA	
5	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0cA						
10	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0dA	0.0 ± 0.0cA						
20	0.0 ± 0.0dC	0.0 ± 0.0dC	0.0 ± 0.0dC	3.3 ± 1.8dBC	2.2 ± 2.2dBC	0.0 ± 0.0cC	10.6 ± 1.3bAB	9.5 ± 2.3bAB	11.7 ± 3.7bAB	21.9 ± 1.0bA	28.8 ± 3.8bA	
30	38.5 ± 1.4cC	77.3 ± 3.1bcB	73.0 ± 1.0cBC	77.2 ± 3.1cB	74.8 ± 9.4cB	78.6 ± 3.6bB	100.0 ± 0.0aA	100.0 ± 0.0aA	92.3 ± 3.9aAB	99.0 ± 1.0aA	100.0 ± 0.0aA	
35	56.8 ± 1.7cD	63.9 ± 2.7cD	92.7 ± 1.3bBC	92.4 ± 1.9bcBC	77.6 ± 2.9bcCD	95.2 ± 3.3aAB	100.0 ± 0.0aA					
40	84.1 ± 3.2bC	90.3 ± 0.3bBC	92.6 ± 2.3bBC	97.3 ± 1.4abAB	92.8 ± 0.3abcBC	96.6 ± 1.8aAB	100.0 ± 0.0aA					
45	95.1 ± 2.5aA	100.0 ± 0.0aA	100.0 ± 0.0aA	94.8 ± 0.9abA	97.0 ± 3.0abA	100.0 ± 0.0aA	94.4 ± 2.8aA	100.0 ± 0.0aA	100.0 ± 0.0aA	100.0 ± 0.0aA	100.0 ± 0.0aA	
50	91.0 ± 1.2abB	97.6 ± 2.4aAB	98.4 ± 1.6aAB	100.0 ± 0.0aA	100.0 ± 0.0aA	100.0 ± 0.0aA	100.0 ± 0.0aA	-	-	-	-	

<sup>a</sup>The means within column followed by the same lower-case letter and within row followed by the same upper-case letter are not significantly different (Scheffe's test at P = 0.05).

모두 채소류나 화훼류에 처리하기 위한 것으로 밤 종실내에 존재하는 해충을 방제하기 위해서는 종실내부까지 변화된 온도의 영향을 받기 위해서는 충분한 온도와 시간이 필요하다. 그러나 종실내의 밤바구미 유충을 방제하기 위하여 고온 처리를 하게 되면 종실의 손상을 초래할 수 있고, 단시간내에는 종실내부의 해충을 방제할 수 없으므로 최대한 효율적인 온도를 찾아야 할 것이다. 따라서 본 연구는 다양한 침지온도 조건과 시간에 대한 방제효과를 조사함으로써 효과적인 밤바구미 유충의 방제조건을 찾는 데 기초자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

### 밤 종실의 발아율 및 부패율 조사

밤 종실에 대한 침지처리는 물의 온도와 처리시간에 따라 발아율과 부패율에 영향을 미친다(Kim et al., 2006; Choi and Seo, 2009). 밤 종실에 대한 다양한 온도(30, 35, 40, 45, 50°C)와 시간 조건(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 15, 22, 24시간)에 따라 침지 처리했을 때 발아율 및 부패율은 Fig. 1과 같다. 발아율은 온도와 상관없이 모두 차이를 보이지 않았다(Fig. 1A). 그러나 부패율의 경우 30°C와 35°C에서는 큰 영향은 없으나 40°C 이상이 되면 시간이 지날수록 부패율이 증가했다(Fig. 1B). 30°C에서 침지처리했을 때 발아율은 최대 0.08%, 부패율은 최대 0.10%로 나타났다. 35, 40, 45, 50°C에서의 처리시간별 발아율은 최대 0.15%, 부패율은 최대 0.75%로 고온 침지가 발아율에는 큰

영향을 미치지 않았으나 부패율의 경우에는 45°C 이상의 온도에서는 부패율이 시간이 증가함에 따라 급격한 증가를 보임을 알 수 있었다.

종자발아에서 수분의 흡수는 환경적 요인인 침지온도와 시간이 중요하게 작용하는데 삼나무(*Cryptomeria japonica* (L. f) D. Don) 종자의 경우 종자의 수분흡수율은 30과 35°C에서 높게 나타났으며 특히 침지 후 6시간이 지나면 차이가 나타나기 시작하였고, 종대황(*Rheum undulatum* L.)의 경우 25와 40°C의 발아온도조건에서 저장조건에 따라 2일 침지처리시 발아율이 가장 높았다(Choi et al., 2007; Yoo et al., 2012). 삼나무의 발아는 온도 및 시간에 따라 침지처리된 종자의 발아율에는 일정한 경향을 나타내지 않았다. 이러한 결과는 본 실험의 결과와 유사하였다(Fig. 1A).

### 색도

밤 종실을 다양한 온도와 시간 조건으로 침지했을 경우 밤의 색도변화를 측정된 결과, 온도에 따른 밝기(lightness)는 대조구(32.9)와 비교하여 유의성에 큰 차이를 보이지 않았다(Table 2). 그러나 밝기변화는 40°C 이상에서 시간대별로 차이를 보였다. 40°C 이상에서 10시간이상의 침지처리 후 밝기의 차이를 보였으며 50°C에서는 3시간 이상이 되면 밝기에 유의적인 차이를 보였다. 이상의 결과, 밤종실의 밝기는 온도와 침지시간에 영향을 받으며 특히 온도가 증가할수록 짧은 침지시간에도 종실의 밝기에 영향을 줄 수 있음을 알 수 있다.

적색도(redness)는 침지처리 후 온도에 따라서는 특별한 경향이 나타나지 않았다(Table 3). 그러나 45°C에서 10시간 이상과 50°C에서 6시간 이상이 되면 침지시간이 증가할수록 적색도에 차이를 보였다. 45°C에서 24시간이상 침지 처리가 되면 수치가 급락하여 상품성에 영향을 미칠 것으로 보인다. 적색도는 각각의 실험구별로 통계적 유의성은 보이나 대조구와 비교하여 특정 경향성을 보이지 않았다. 그러므로 침지시간과 온도가 밤 종실의 적색도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

황색도(yellowness)의 변화는 40°C에서 10시간이상 침지처리 후 유의성있는 변화를 보이기 시작하고 45°C에서는 7시간, 50°C에서는 4시간 이후부터 수치가 10이하로 차이를 보였다. 30°C와 35°C에서는 대조구(12.7)와 비교했을 때 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 40°C와 45°C에서 22시간이후 대조구보다 3이상의 수치가 감소하였다(Table 4). 온도나 침지시간에 따른 경향성은 보이지 않으나 온도가 40°C 이상에서 침지시간이 길어지면 종실의 황색도는 감소하는 것으로 보인다. 이것은 온도가 밤종실의 황색도에 영향을 준다는 것을 보여준다.

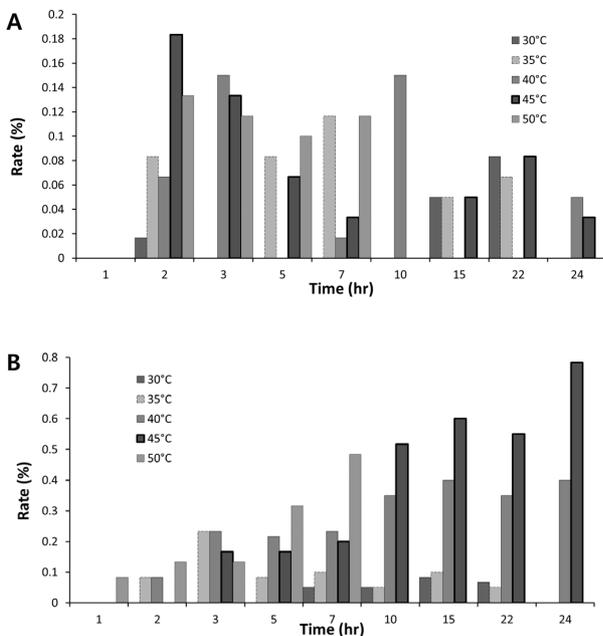


Fig. 1. Effects of immersion temperatures and times on the A: germination rate and B: decay rate of chestnut fruit.

**Table 2.** Effects of immersion temperatures and times on the lightness of chestnut fruit

Temp. (°C)	Lightness (Mean ± SE)											
	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr	10hr	15hr	22hr	24hr	
30	32.3 ± 0.3aAB <sup>a</sup>	31.9 ± 0.9abAB	31.6 ± 1.0aAB	<sup>b</sup>	31.1 ± 0.3bAB	-	31.4 ± 0.1bcAB	30.1 ± 0.2cB	32.4 ± 0.2aAB	33.2 ± 0.2aA	-	
35	32.6 ± 0.4aABC	33.2 ± 0.3abAB	31.8 ± 0.2aC	-	31.9 ± 0.3abBC	-	32.8 ± 0.2aABC	32.5 ± 0.3abABC	32.7 ± 0.1aABC	33.8 ± 0.2aA	-	
40	31.6 ± 0.2abABC	32.4 ± 0.2abAB	32.8 ± 0.2aA	-	32.3 ± 0.2abAB	-	32.2 ± 0.2abAB	31.5 ± 0.3bBC	30.1 ± 0.1bD	31.2 ± 0.2bBCD	30.8 ± 0.2bCD	
45	30.6 ± 0.2bBC	31.3 ± 0.2bAB	32.4 ± 0.1aA	-	32.3 ± 0.3abA	-	30.9 ± 0.2cBC	31.5 ± 0.2bAB	30.4 ± 0.1bBC	29.7 ± 0.2cCD	28.7 ± 0.2cD	
50	32.7 ± 0.2aAB	33.7 ± 0.1aA	31.7 ± 0.2aBC	30.8 ± 0.2C	31.1 ± 0.1bC	30.6 ± 0.3C	31.4 ± 0.1bcC	-	-	-	-	

<sup>a</sup>The means within column followed by the same lower-case letter and within row followed by the same upper-case letter are not significantly different (Scheffe's test at  $P=0.05$ ).

<sup>b</sup>Bar indicates no treatment.

**Table 3.** Effects of immersion temperatures and times on the redness of chestnut fruit

Temp. (°C)	Redness (Mean ± SE)											
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr	7 hr	10 hr	15 hr	22 hr	24 hr	
30	11.8 ± 0.1dE <sup>a</sup>	13.8 ± 0.1aAB	13.3 ± 0.0aBC	<sup>b</sup>	12.3 ± 0.1bDE	-	12.7 ± 0.1bcCD	13.9 ± 0.1aA	13.4 ± 0.1aAB	12.2 ± 0.1bDE	-	
35	12.4 ± 0.1cdC	13.4 ± 0.2abA	13.1 ± 0.1abAB	-	13.0 ± 0.1aABC	-	2.9 ± 0.1abABC	12.5 ± 0.1bBC	12.3 ± 0.1bC	12.9 ± 0.2abABC	-	
40	12.3 ± 0.1cdB	12.5 ± 0.1cB	12.2 ± 0.1cdB	-	12.4 ± 0.1bB	-	12.4 ± 0.0cdB	12.3 ± 0.2bB	13.3 ± 0.1aA	10.3 ± 0.2cC	12.1 ± 0.0bB	
45	12.7 ± 0.2bcAB	12.8 ± 0.1bcAB	12.7 ± 0.2bcAB	-	13.0 ± 0.1aA	-	12.2 ± 0.1dBC	11.7 ± 0.1cC	12.4 ± 0.0bABC	10.9 ± 0.1cD	8.6 ± 0.1cE	
50	13.3 ± 0.0abA	12.4 ± 0.2cB	12.0 ± 0.1dBC	13.7 ± 0.1A	12.2 ± 0.1bBC	11.8 ± 0.1C	10.8 ± 0.1eD	-	-	-	-	

<sup>a</sup>The means within column followed by the same lower-case letter and within row followed by the same upper-case letter are not significantly different (Scheffe's test at  $P=0.05$ ).

<sup>b</sup>Bar indicates no treatment.

**Table 4.** Effects of immersion temperatures and times on the yellowness of chestnut fruit

Temp. (°C)	Yellowness (Mean ± SE)											
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr	7 hr	10 hr	15 hr	22 hr	24 hr	
30	11.4 ± 0.0cD <sup>a</sup>	11.6 ± 0.19cD	12.2 ± 0.1abcBC	<sup>b</sup>	11.4 ± 0.1bD	-	11.8 ± 0.0bCD	11.5 ± 0.1bD	12.4 ± 0.1aB	13.4 ± 0.2aA	-	
35	12.5 ± 0.0aA	12.5 ± 0.0bA	12.4 ± 0.1abA	-	11.8 ± 0.1bA	-	13.0 ± 0.1aA	12.6 ± 0.1aD	11.7 ± 0.1bA	13.9 ± 0.0aA	-	
40	12.6 ± 0.1aA	12.4 ± 0.1bAB	11.7 ± 0.1cBC	-	11.4 ± 0.1bC	-	11.2 ± 0.1bcC	10.3 ± 0.1cA	10.0 ± 0.1cD	9.6 ± 0.2cD	10.0 ± 0.1bD	
45	11.6 ± 0.2bcBC	11.1 ± 0.0dCD	12.3 ± 0.1abA	-	12.0 ± 0.1abAB	-	10.8 ± 0.1cDE	10.4 ± 0.1cEF	10.1 ± 0.1cF	8.9 ± 0.1dG	7.3 ± 0.0cH	
50	12.1 ± 0.1abB	13.4 ± 0.1aA	11.9 ± 0.1bcB	10.3 ± 0.1CD	10.4 ± 0.2cC	9.5 ± 0.3bD	9.6 ± 0.2dCD	-	-	-	-	

<sup>a</sup>The means within column followed by the same lower-case letter and within row followed by the same upper-case letter are not significantly different (Scheffe's test at  $P=0.05$ ).

<sup>b</sup>Bar indicates no treatment.

이상의 결과, 30, 35, 40, 45°C에서 7시간까지, 50°C에서 3시간까지는 밝기, 적색도, 황색도의 큰 변화가 없어 밤 종실은 정상이었으나, 모든 처리구에서 고온으로 갈수록, 시간이 길어질수록 색도값이 낮아지는 경향을 보였다.

### 경도

밤 종실을 다양한 온도와 조건으로 침지처리 했을 경우 밤의 침지처리 전과 이후의 경도변화를 측정할 결과(Fig. 2), 30°C에서 1, 2, 3, 5, 7, 10시간 침지처리 시 대조구보다 높은 수치를 나타냈으나, 15, 22시간에서 7,710 g, 6,716 g으로 대조구 8,783 g보다 낮은 수치를 보였다. 모든 온도조건에서 15, 22시간 침지

처리하였을 때 밤종실의 경도는 대조구보다 모두 낮은 수치를 보였다. 50°C는 침지처리 후 1, 2, 3시간까지는 대조구보다 높았으나 5, 7시간 후에는 낮아졌다. 침지시간에 따른 정확한 경향성은 보이지 않았으나 일정시간 이상이 되면 대조구보다 경도가 감소하는 것으로 보아 밤종실의 경도는 온도보다는 침지시간이 더 밀접한 영향을 미치는 것으로 보인다.

### 수분, 유리당 및 탄닌 함량

밤 종실을 다양한 온도와 시간 별로 침지처리 했을 경우 밤의 침지처리 전과 이후의 수분 및 유리당, 탄닌 함량을 측정하였다(Figs. 3, 4, 5).

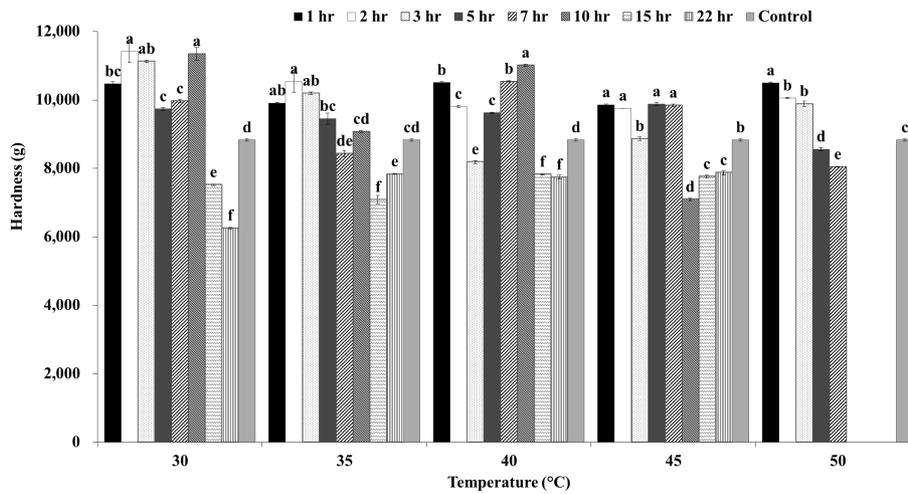


Fig. 2. Effects of immersion temperatures and immersion times on the hardness of chestnut fruit. Means within bars for hardness followed by the same letter are not significantly different.

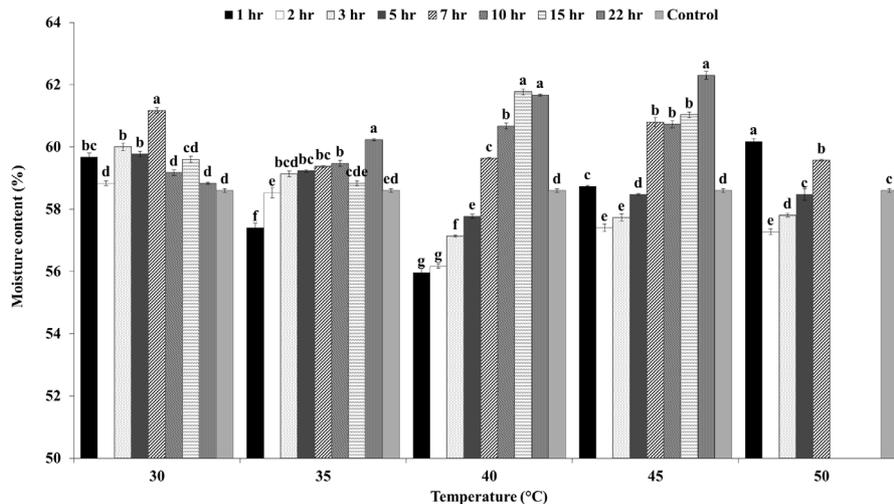


Fig. 3. Effects of immersion temperatures and times on the moisture content of chestnut fruit. Means within bars for moisture content followed by the same letter are not significantly different.

일반적으로 종자의 침지시간이 길어지면 수분흡수율도 늘어나게 되고 침지수의 온도가 높을수록 흡수속도가 증가된다고 하였다(Dawson et al., 1952; Choi et al., 2007). 본 실험에서는 온도조건을 달리 처리했을 때 함수량은 30와 35°C에서는 거의 변화가 없었으나, 40°C 이상의 온도에서는 침지처리 시간이 짧을수록 대조구 58.6%보다 더 낮은 함량을 보였다(Fig. 3). 45와 50°C에서 침지처리 1시간 후에는 높은 함수량을 보이다가 2시간 후부터는 급격히 감소한 후 다시 증가하는 경향을 보였다.

유리당 함량은 30°C에서 1시간 침지 처리하였을 때 0.49%로 변화가 없었으며 2시간 후부터 유리당 함량이 떨어지기 시

작해 7시간 후에는 0.36%로 유리당 함량이 낮아졌다(Fig. 4). 유리당의 경우 모든 온도조건에서 침지처리 시간이 증가할수록 유리당 함량이 감소하였다.

탄닌 함량은 30°C에서 7시간까지, 35°C는 5시간까지, 40°C와 45°C는 2시간까지 침지처리 전보다 탄닌 함량이 높아졌다가 이후 유리당과 마찬가지로 고온에서 침지시간이 길어질수록 값이 낮아졌다(Fig. 5). 50°C에서는 1시간까지 대조구와 유사하였다. 탄닌의 경우 온도와는 상관없이 침지시간이 짧으면(1-2시간) 대조구 0.81%보다 탄닌 함량이 증가했다가 시간이 길어질수록 탄닌의 함량은 감소하였다. 이는 침지시간 경과에

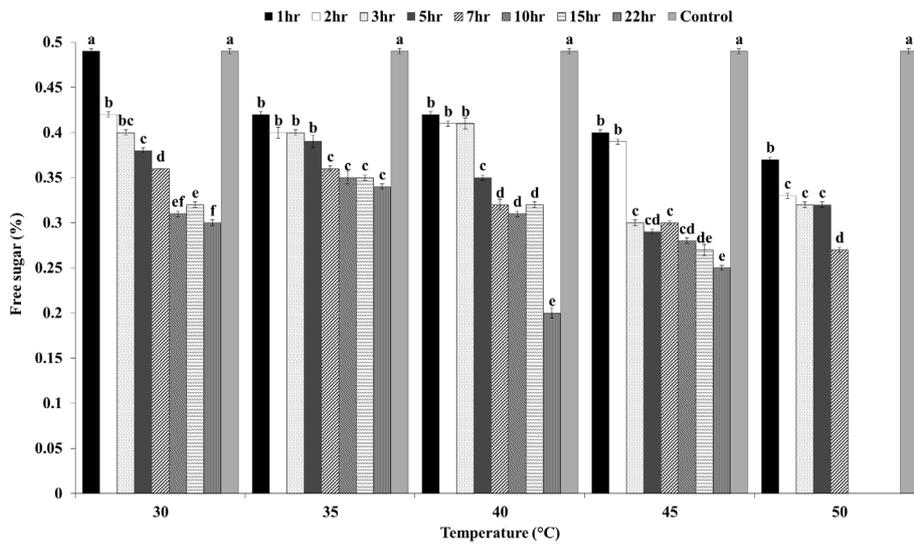


Fig. 4. Effects of immersion temperatures and times on the free sugar content of chestnut fruit. Means within bars for free sugar followed by the same letter are not significantly different.

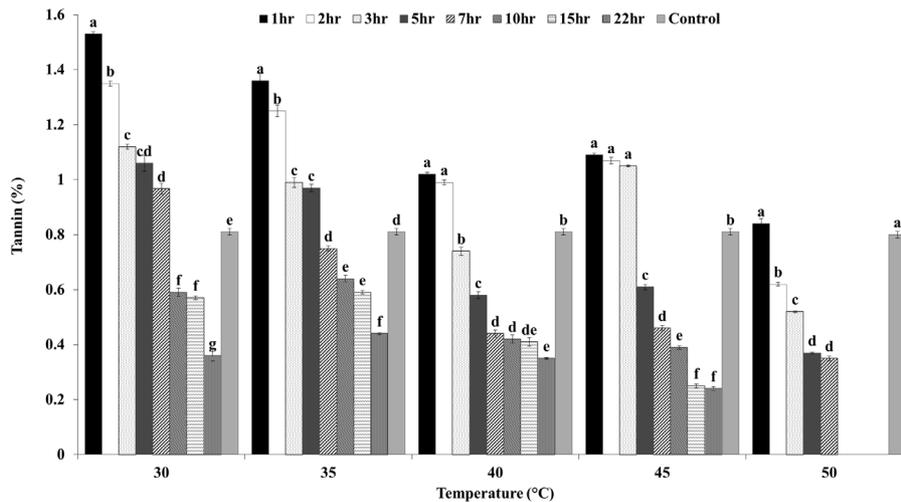


Fig. 5. Effects of immersion temperatures and times on the tannin content of chestnut fruit. Means within bars for tannin followed by the same letter are not significantly different.

따른 콩의 EC(electrical conductivity)와 TDS(total dissolved solids)를 측정된 결과 침지시간이 길어짐에 따라 증가한다는 연구결과와 유사하다(Jung et al., 2013). 일반적으로 TDS농도는 용액속에 용해된 유기물과 무기물의 총량을 나타내는 것으로 본 실험에서도 유리당 및 탄닌의 함량이 감소하는 것은 유리당은 열에 의해 처음부터 당이 침출되고, 탄닌은 껍질의 탄닌 성분이 고온침지처리 초기에 과육 속으로 스며들었다가 침지시간이 길어질수록 과육 밖으로 침출되는 것으로 추측된다.

이상의 결과, 밤 재배원에서 수확한 밤을 다양한 온도조건과 시간에서 침지 처리했을 경우 밤 과육의 조직변색, 발아율, 부패율, 색도, 경도, 수분, 유리당, 탄닌 성분에 변화를 주었으나 방제 가능한 최저 온도조건(30°C)에서의 영향은 미미하였다. 또한 밤바구미 유충에 대하여 물리적방제 가능성을 보여준 온도조건 및 시간 중 가장 단시간 내에 효율적으로 방제 가능한 것은 40°C 에서 2시간과 45°C 에서 1시간으로 판단되나 이는 매우 높은 온도에서 실용적으로 이용하기에는 어렵다. 따라서, 실제 농가에 적용 가능한 침지소독법 개발을 위해서는 보다 대규모의 시험과 분석이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## Literature Cited

- AOAC, 1995. Official methods of analysis of AOAC International. 16<sup>th</sup> edition, Association of Analytical Communities. Arlington, VA, USA.
- Choi, C.H., Cho, K.J., Tak, W.S., 2007. Effect of immersion temperatures and times on moisture absorption and germination of *Cryptomeria japonica* seeds. Korean J. Plant Resour. 20, 398-403.
- Choi, C.H., Seo, B.S., 2009. Effect of soaking and prechilling treatment on seed germination of *Phellodendron amurense* Rupr. Korean J. Plant Res. 22, 111-115.
- Dawson, E.H., Lamb, J.C., Toepfer, E.W., Warren, H.W., 1952. Development of rapid methods of soaking and cooking dry beans. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 1051.
- Gill, S., Schuster, C., Ross, D., Rosenkranz, G., Shrewsbury, P., Klick, S., 2007. Keeping the heat on pests: using a hot water immersion system effectively can control certain plant pests during propagation. American Nurseryman 205, 22-32.
- Iwasa, K., 1975. Method of chemical analysis of green tea. Jpn. Agri. Res. Quarterly. 9, 161.
- Jung, G.H., Kwon, Y.U., Lee, J.E., Kim, Y.H., Kim, D.W., Son, B.Y., Kim, J.T., Lee, J.S., Shin, S.H., Baek, S.B., Lee, B.M., Chung, I.M., Kim, S.L., 2013. Influence of seed-filling temperature on the seed quality and water soaking properties of soybean. Korean J. Crop Sci. 58, 308-318.
- Kim, D.G., Kang, M.W., Lee, J.H., 2008. Effect of Nematicide-dipping methods for the control of *Aphelenchoides fragariae* in strawberry. Korean J. Appl. Entomol. 47, 101-105.
- Kim, K.C., Kim, C.P., 1984. Studies on damage, emergence, and overwintering of the chestnut curculio, *Curculio sikkimensis* in Chonnam Province. Korean J. Plant Prot. 23, 132-136.
- Kim, M.J., 2012. Investigation for commercial extension and possibility as a functional food. National Forestry Cooperative Federation, Seoul, Korea. pp. 81-85.
- Kim, T.J., Kim, Y.J., Jung, B.M., Kim, U.R., Choi, W.S., Jung, H.K., Jeon, H.N., Sung, C.H., Yoo, S.H., Kim, W.J., 2006. Effect of various presoaking treatments on the microbial contamination and germination ratio of soybeans. J. Korean Society Food Sci. Nutri. 35, 1280-1285.
- Korea Forest Research Institute, 1987. Coloured woody plants of Korea. KFRI. pp. 496.
- Lee, B.Y., Jung, Y.J., 1997. Pest of trees in Korea. Sungandang. Paju, Korea. pp.224-245.
- Park, J.D., Park, G.N., Goh, J.H., 1984. The relationship between ovipositional season and damage of *Curculio sikkimensis* and oak forest. Annual report of forestry examination. 31, 152-159.
- SAS Institute, 2004. SAS/STAT guide for personal computers, version 6. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Shin, S.C., Choi, K.S., Lee, S.M., Moon, I.S., Boo, K.S., Jung, J.K., Han, K.S., Jung, C.H., Park, J.W., 1998. Development of attractant(s) for the chestnut weevils, *Curculio* spp. Report of Ministry of Agriculture and Forest in Korea. Gwacheon, Korea. pp. 2-38.
- Yoo, J.H., Hwang, I.S., Seong, E.S., Lee, J.G., Kim, H.Y., Kim, N.J., Lim, J.D., Ham, J.K., Ahn, Y.S., Yu, C.Y., 2012. The germination characteristics of *Rheum undulatum* L. seeds in treatment conditions. Korean J. Medicinal Crop Sci. 20, 393-397.